بسم الله الرحمن الرحیم

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

فناوری‌های نوین مورد استفاده در صنعت ساختمان

شماره نشر: ک-۱۰۱۹

تجدید نظرهفتم: ۱۴۰۱

عنوان و نام پدیدآور	: فناوری‌های نوین مورد استفاده در صنعت ساختمان/ زیر نظر کمیته تخصصی [مرکز تحقیقات راه،مسکن و شهرسازی].
مشخصات نشر	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری	: ۳۹۱ص.مصور
فروست	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شماره نشر: ک -۱۰۱۹
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۴۳۰-۲
وضعیت فهرستنویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه:ص.۳۸۷-۳۹۱.
موضوع	: ساختمان‌سازی -- صنعت و تجارت -- نوآوری
موضوع	: Construction industry -- Technological innovations
موضوع	: مصالح ساختمانی -- نوآوری
موضوع	: Building materials -- Technological innovations
موضوع	: معماری و تکنولوژی
موضوع	: Architecture and technology
شناسه افزوده	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. کمیته تخصصی
شناسه افزوده	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
شناسه افزوده	: Road, Housing and Urban Development Research Center
رده بندی کنگره	: TH۱۴۵
رده بندی دیویی	: ۶۹۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۹۸۵۸۰۸
وضعیت رکورد	: فیپا

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

نام کتاب: فناوری‌های نوین مورد استفاده در صنعت ساختمان
زیر نظر کمیته تخصصی
شماره نشر: ک- ۱۰۱۹
ناشر: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
نوبت چاپ: اول ویرایش هفتم
تیراژ: ۵۰۰۰ جلد
قطع: وزیری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: اداره انتشارات و چاپ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
قیمت: ۱۲۰۰۰۰۰ ریال
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۴۳۰-۲ **ISBN**: 978-600-113-430-2

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.
کلیهٔ حقوق چاپ و انتشار اثر برای مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی محفوظ است.

نشانی ناشر: تهران، بزرگراه شیخ فضل ا... نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت صندوق پستی: ۱۳۱۴۵-۱۶۹۶ تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ دورنگار: ۸۸۳۸۴۱۳۲
پست الکترونیکی: pub@bhrc.ac.ir فروش الکترونیکی: http:// pub.bhrc.ac.ir

کمیته تدوین (به ترتیب حروف الفبا)

ردیف	نام	نام خانوادگی	تخصص و محل اشتغال
۱.	رسول	احمدی	عضو هیات علمی بازنشسته بخش سازه – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۲.	لیلی	ارشاد	پژوهشگر بخش سازه – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۳.	جعفر	اسماعیلیان	پژوهشگر بخش تاسیسات – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۴.	عطا	آقایی آرایی	دانشیار بخش ژئوتکنیک – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۵.	سعید	بختیاری	دانشیار بخش آتش –مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۶.	محمدرضا	بیات	پژوهشگر بخش سازه – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۷.	علیرضا	پورخورشیدی	عضو هیات علمی بخش مصالح – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۸.	لیلا	تقی اکبری	پژوهشگر بخش آتش – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۹.	مسعود	جمالی آشتیانی	عضو هیات علمی بخش آتش – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۱۰.	مریم	خرمی‌آذر	پژوهشگر بخش سازه – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۱۱.	کیان	خلیلی جهرمی	پژوهشگر بخش سازه – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۱۲.	نادر	خواجه احمد عطاری	استاد بخش سازه – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۱۳.	سیده مریم	دشتی‌زند	کارشناس ارشد سازه – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۱۴.	شهرام	دلفانی	دانشیار بخش تاسیسات – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۱۵.	علی	دوستی	عضو هیات علمی بخش مصالح – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۱۶.	حامد	رشیدی اقدم	پژوهشگر بخش هوشمندسازی – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۱۷.	آزاده	رئیسیان	پژوهشگر بخش آکوستیک – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۱۸.	مژده	زرگران	دانشیار بخش سازه – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۱۹.	جعفر	سبحانی	دانشیار بخش بتن – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۲۰.	آزاده	عسگری‌نژاد	عضو هیات علمی بخش مصالح – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۲۱.	محمد	شکرچی زاده	استاد دانشگاه تهران
۲۲.	ناهید	عطارچیان	عضو هیات علمی بخش ژئوتکنیک – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۲۳.	فرهنگ	فرحبد	دانشیار بخش سازه – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

۲۴.	ندا	فرهودی	عضو هیات علمی بخش آتش – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۲۵.	فهیمه	فیروزیار	پژوهشگر بخش مصالح – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۲۶.	عقیل	قدیم	پژوهشگر بخش قیر و آسفالت – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۲۷.	ارسلان	کلالی	عضو هیات علمی بخش آتش – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۲۸.	فرهنگ	کوشا	پژوهشگر بخش انرژی و نور – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۲۹.	سید سهیل	مجیدزمانی	عضو هیات علمی بخش سازه – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۳۰.	بهروز	محمدکاری	دانشیار بخش انرژی و نور – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۳۱.	مهناز	مظلومی ثانی	پژوهشگر بخش مصالح – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۳۲.	الهام	هراتیان‌نژاد	پژوهشگر بخش انرژی و نور – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۳۳.	سهراب	ویسه	عضو هیات علمی بازنشسته بخش مصالح – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۳۴.	شقایق	یگانه	مدیر تحقیق و توسعه شرکت گروه سرمایه‌گذاری مسکن

کمیته تهیه متن نهایی

نادر	خواجه احمد عطاری	استاد مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
عقیل	قدیم	پژوهشگر مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
سیده مریم	دشتی‌زند	کارشناس ارشد مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

کمیته بررسی و تصویب (به ترتیب حروف الفبا)

محمد تقی	احمدی	استاد دانشگاه تربیت مدرس
محمد مهدی	حیدری	رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
نادر	خواجه احمد عطاری	استاد مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
فیاض	رحیم زاده رفویی	استاد دانشگاه شریف
سیده مریم	دشتی‌زند	کارشناس ارشد سازه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

عبدالرضا	سروقدمقدم	دانشیار پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله
عقیل	قدیم	پژوهشگر مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

پیشگفتار

در دهه‌های اخیر رشد روز افزون و دائم جمعیت و افزایش تمایل به زندگی در شهرها، تأمین مسکن را به چالشی اساسی برای کشورهای مختلف تبدیل کرده است. این نیاز در برخی مقاطع به دلیل بروز بحرانی‌هایی مانند جنگ یا بلایای طبیعی و در نتیجه نیاز به بازسازی و ساخت مسکن، عدم مدیریت مناسب و مستمر برای تأمین مسکن، عمر کمتر از استاندارد ساختمان و یا در مقاطعی به سبب رشد فزاینده و نیاز قشر جوان کشور به تشکیل خانواده و به‌طور طبیعی مسکن و ...، باعث انباشته شدن تقاضای مسکن شده است.

تجارب گذشته کشور و همچنین دیگر کشورها در مواجهه با این معضل نشان می‌دهد استفاده از انبوه‌سازی صنعتی یکی از راهکارهای موثر در حل این مشکل می‌باشد. بر این اساس در قوانین و برنامه‌ریزی‌های کلان، دست‌یابی به این مهم مورد توجه قرار گرفته است. به‌طور خاص در قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن (مصوب سال ۱۳۸۷) و آیین‌نامه‌های اجرایی آن به‌طور ویژه بر انبوه‌سازی به روش صنعتی و استفاده از فناوری‌های نوین تکیه شده است.

در راستای دستیابی به اهداف مدنظر برای توسعه صنعتی‌سازی و اجرای قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن، دو وظیفه اصلی به مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی واگذار شده است:

۱- تسهیل و تسریع در بررسی و اظهارنظر درخصوص فناوری‌های جدید ساخت صنعتی، ظرف دو ماه از زمان معرفی فناوری توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (ماده ۲۶ آیین نامه اجرایی قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن مصوب سال ۱۳۸۸).

۲- شناسایی و ارزیابی مداوم فناوری‌های نوین ساختمان، تهیه برنامه و توسعه روند ارزیابی و اعطای نظریه‌ها و گواهینامه‌های فنی برای مصالح، فرآورده‌ها و سامانه‌های نوین ساختمان توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (ماده ۱۶ آیین نامه اجرایی ماده «۱۴» قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن مصوب سال ۱۳۹۵).

با عنایت به ابلاغ آیین‌نامه‌های اجرایی قانون مذکور و پیرو فعالیت‌های صورت گرفته در مرکز، مجموعه کاملی از مستندات علمی و فنی و نتایج جامعی از مطالعات آزمایشگاهی برای هریک از فناوری‌های نوین شناسایی یا معرفی شده، بدست آمده است. اگرچه، سابقه فعالیت مرکز در این موضوع به سال ۱۳۸۶ و مجموعه اقدامات صورت گرفته در اجرای ضوابط بند «د» تبصره ۶ قانون بودجه سال ۱۳۸۶ بر می‌گردد و گنجینه ارزشمندی از مطالعات مربوطه در اختیار مرکز می‌باشد. از سال ۱۳۸۸ و پس از تثبیت جایگاه

استفاده از صنعتی‌سازی در انبوه‌سازی، این مرکز نسبت به تهیه مجموعه‌هایی با محتوای فنی در جهت معرفی هر چه بهتر و بیشتر فناوری‌های نوین اقدام نمود که از شاخص‌ترین آن مجموعه‌ها می‌توان به «کتابچه فناوری‌های نوین ساختمانی» – که پنجمین ویرایش آن در اسفندماه ۱۳۸۸ منتشر شد – اشاره کرد. با عنایت به تداوم استفاده از فناوری‌های معرفی شده در این کتابچه در طرح‌های انبوه‌سازی، انتشار مراجع فنی با موضوع معرفی جزئیات طراحی و اجرای این فناوری‌ها در برنامه کاری بخش‌های تخصصی مرکز قرار گرفت. ضمن اینکه با تقویت جایگاه نظریه فنی و گواهینامه فنی در پروژه‌های ساختمانی، سامانه جامعی برای شناسایی فناوری‌های نوین به واسطه درخواست متقاضیان تدارک دیده شد.

پیرو گسترش استفاده از فناوری‌های مختلف ساختمانی شامل سیستم‌ها، مصالح و شیوه‌های اجرایی در طرح‌های مهندسی و انبوه‌سازی، در سال ۱۳۹۹ بازبینی اطلاعات ارائه شده در ویرایش پنجم کتابچه فناوری‌های نوین آغاز شد و در نتیجه آن، مجموعه حاضر به عنوان ویرایش ششم این کتابچه تهیه شد.

در این ویرایش، تغییراتی در ساختار و نحوه معرفی سیستم‌ها و مصالح نسبت به ویرایش پنجم اعمال شده و ضمناً تلاش شده تا اطلاعات مربوط به سیستم‌های «نوین» و «مطرح» و برخی دستاوردهای بدست آمده از فعالیت‌های مطالعاتی یک دهه اخیر پژوهشگران مرکز و دیگر متخصصین کشور به نحو مطلوب ارائه شده و در اختیار سازمآن‌ها و ارگآن‌های موضوع قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن، جامعه مهندسی و اساتید و دانشجویان این صنعت قرار گیرد.

بدیهی است در صورتی‌که این اطلاعات و سایر اطلاعات مشابه آن به درستی مورد توجه قرار گیرد، مثمر ثمر واقع خواهد شد و ساز و کار اجرایی حاکم بر استفاده از فناوری‌های نوین ساختمانی در پروژه‌های انبوه‌سازی را به خوبی تقویت می‌نماید. اگرچه، حصول این امر مستلزم آن است که شرکت‌های انبوه‌سازی – بخصوص شرکت‌های دولتی و نیمه دولتی – به عنوان اصلی‌ترین بازوهای اجرایی دولت، اصول فنی مربوط به صنعتی‌سازی را به درستی دنبال کنند. از تجارب موفق در این زمینه می‌توان به مشارکت موفق گروه سرمایه‌گذاری مسکن در پروژه‌های انبوه سازی اشاره کرد. این شرکت که از سال ۱۳۶۹ آغاز به کار نموده، تاکنون عملیات اجرایی بیش از ۷۰ هزار واحد مسکونی را در ۴۳۶ پروژه به انجام رسانده و ۶۰ هزار واحد آن را تحویل داده است. فعالیت‌های این گروه به عنوان یک گروه موفق در به کارگیری روش‌های تولید صنعتی ساختمان، مبتنی بر شناخت کافی از پروژه‌های تحت سرپرستی و مدیریت فناوری و نوآوری ساخت در چرخه عمر پروژه‌هاست. سنجش چرخه عمر فناوری‌های نوین در چرخه عمر پروژه‌ها و تعیین سطح آمادگی فناوری در فرآیند طراحی و ساخت پروژه‌ها از جمله مواردی است که به طور خاص باید در فازهای امکان سنجی و طراحی (پیاده سازی معماری و بهینه سازی طرح)، اجرا و بهره‌برداری پروژه

مدنظر قرار گیرد. در این رابطه، گروه سرمایه‌گذاری مسکن توانسته است با تکیه بر دانش فنی و فناورانه خود و تدوین مدل‌ها و فرایندهایی در چرخه عمر پروژه‌های د رحال ساخت، نوآوری و فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی را برنامه‌ریزی، عملیاتی و ارزیابی نماید.

در صورتی‌که تجارب ارزشمند اجرایی گروه‌ها و شرکت‌های فعال در شناخت فناوری‌های نوین و به کارگیری آن‌ها در تولید صنعتی در کنار تجارب مطالعاتی و پژوهشی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و همچنین، شناخت این مرکز از کلیه تولیدکنندگان فناوریهای نوین مورد توجه قرار گیرد و به خوبی در مسیر توسعه صنعت ساخت و ساز به کار گرفته شود، اجرای طرح‌های شاخص و موفق، در گستره جغرافیایی کشور با اقلیم‌های جغرافیایی مختلف، ملاحظات لرزه‌خیزی متفاوت و همچنین، نیازهای کاربردی و عملکردی متنوع به سهولت میسر خواهد شد. ضمن آنکه، در ساز و کارهای مبتنی بر این تجارب، امکان تعریف فرآیندهای اجرایی و نظارتی صحیح و دستیابی به رضایت حداکثری بهره برداران پروژه‌های ساختمانی فراهم خواهد شد.

دکتر محمدمهدی حیدری

رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

دکتر یاسر امامی

مدیرعامل شرکت گروه سرمایه‌گذاری مسکن

مقدمه

تعریف انبوه‌سازی و مقوله صنعتی‌سازی در سنوات مختلف با رویکردهای به نسبت مختلفی ارایه شده است ولی اصولاً، سه شاخص: بهبود در بهره‌وری از منابع، افزایش سرعت ساخت و افزایش سطح کنترل کیفی در جهت افزایش کیفیت و یکسان‌سازی، از مهمترین معیارهای تمایزدهنده تولید صنعتی می‌باشد. استفاده از فناوری‌های نوین یکی از ابزارهای تحقق صنعتی‌سازی معرفی شده است.

برخی از واژگان، عبارات و اصطلاحات که در این مجموعه مورد استفاده قرار گرفته است به شرح زیر تعریف می‌شوند:

صنعتی‌سازی ساختمان: رویکردی برای احداث ساختمان که با بهره‌گیری از ساختار منظم و برنامه‌ریزی شده (مدولار) و قابلیت جایگزینی نسبی ماشین‌آلات به جای نیروی‌انسانی، تحت مدیریت یکپارچه باعث بهبود بهره‌وری، افزایش سرعت ساخت و یکسان سازی کیفیت می‌شود.

انبوه‌سازی صنعتی: ساخت تعدادی واحد یا مجموعه واحدهای ساختمانی با رعایت مباحث مختلف مقررات ملی، طی زمان مناسب و با توجیه اقتصادی است. تعداد این واحدها بر اساس آیین‌نامه اجرایی ماده «۱۴» قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن، در شهرهای بالای یک میلیون نفر جمعیت مشتمل بر حداقل ۸۰ واحد، در شهرهای بالای ۲۰۰ هزار نفر جمعیت، حداقل ۲۵ واحد و در سایر شهرها و مناطق روستایی حداقل ۱۰ واحد مسکونی مشخص شده است.

پیش‌ساختگی: پیش‌ساختگی، تولید صنعتی قسمت‌های مختلف ساختمان در محیطی کنترل شده می‌باشد. در این محیط، تأثیر عواملی همچون شرایط محیطی، نیروی انسانی و ماشین‌آلات بر فرآیند تولید و کیفیت محصولات، کنترل شده و به حداقل ممکن می‌رسد، لذا سرعت تولید و کیفیت محصول افزایش می‌یابد و با پیش‌ساختگی، میزان ضایعات ساختمانی و قابلیت بازیافت نیز مقدور خواهد شد. محیط کنترل شده می‌تواند کارخانه یا کارگاه تولیدی مجزا یا بخشی از کارگاه پروژه ساختمانی باشد.

مدولارسازی: به طراحی ساختمان بر اساس اجزای ساختمانی دارای یک مدول تعریف شده، اطلاق می‌شود.

غیر انبوه‌سازی صنعتی: در غیر انبوه‌سازی صنعتی به سبب تکرار محدود، استفاده از روش‌های صنعتی ویژه انبوه‌سازی، میسر نیست و ملاک صنعتی‌سازی، استفاده از قطعات پیش‌ساخته کارخانه‌ای و احداث بنا با امکان نصب سریع آن‌ها و یا پیش‌سفارشی صنعتی کل ساختمان است.

بهره‌وری: ترکیب بهینه و موزون از منابع و زمان، برای دستیابی به اهداف تعریف‌شده است و معیاری برای ارزیابی فعالیت‌های تولیدی می‌باشد.

فناوری نوین: فناوری که ترجمه واژه technology است، ریشه یونانی داشته و از دو واژهtechno به معنی هنر و logia به معنی علم و دانش، تشکیل شده است. فناوری را می‌توان مجموعه‌ای از دانش، فرآیند، ابزار، روش و سیستم‌های به کار رفته در ساخت محصولات و ارائه خدمات تعریف کرد. بر این پایه واژه فناوری اغلب به نوآوری‌ها و ابزارهای جدیدی اشاره دارد که از اصول و فرایندهای نوین بهره می‌گیرند، لذا ترکیب «فناوری نوین»، می‌توان تاکیدی بر استفاده از دانش یا روش‌های نو و جدید قلمداد باشد. اما در صنعت ساخت به دلیل گستردگی در استفاده از دانش، فرآیند تولید، روش اجرا و ماشین‌آلات در تولید محصول یا اجرای ساختمان، تعریف واحد و جامعی برای فناوری نوین وجود ندارد. بر این اساس آن‌چه که در این مجموعه و به طور کلی در ارزیابی سیستم‌ها و محصولات ارایه شده برای اخذ نظریه (تاییدیه) فنی در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ملاک عمل است، براساس احراز یکی از شرایط زیر می‌باشد:

- سیستم‌های ساختمانی یا محصولاتی که در «طراحی» و یا «ساخت و تولید» و یا «نصب و اجرا» از دانش یا ابزاری جدید استفاده شده و یا به میزان کافی در جامعه شناخته شده نمی‌باشد.
- برای طراحی یا کنترل کیفیت سیستم یا محصول، استاندارد، مقررات ملی یا آیین‌نامه ملی یا بین‌المللی قابل استناد وجود ندارد.
- به‌رغم تدوین استاندارد یا ضوابط ملی، اما به دلایل مختلف از جمله پیچیدگی یا نوین بودن روش طراحی و محاسبات، ساخت یا اجرا، آیین‌نامه‌ها و معیارها نیز در دوران تکامل می‌باشند و یا مسایل فرهنگی و یا عوامل دیگرِ آن سیستم یا محصول پس از گذشت سال‌ها از ورود فناوری به کشور همچنان توسعه کافی نیافته و برای عموم جامعه مهندسی و کارفرمایان ناشناخته و کاربرد آن توام با احتیاط باشد.

با توجه به بازخوردهایی که از ویرایش قبلی اخذ شده و ابهامی که در اطلاق فناوری نوین به برخی از سیستم‌ها یا مصالح وجود داشت، ضمن تعریف بالا از «فناوری نوین»، در عنوانِ این مجموعه، واژه «مطرح» نیز اضافه شده است.

تأییدیه (نظریه) فنی: بر اساس آیین‌نامه اجرایی قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن مصوب سال ۱۳۸۸، مدرک رسمی، نشان دهنده قابلیت تولید یک سیستم از لحاظ فنی، اجرایی و

شرایط کشور است که پس از راه‌اندازی خط تولید باید گواهینامه فنی (یا نشان استاندارد) دریافت کند. در عمل نیز اخذ نظریه فنی به استناد نتایج تحقیقات آزمایشگاهی و مستنداتی است که نشان دهنده انطباق مشخصات آن فناوری با الزامات مندرج در مقررات ملی یا آیین‌نامه‌های ملی (یا در موارد خاص بین‌المللی) بوده و با رعایت آن‌ها، مقاومت، پایداری، بهره‌برداری، دوام و انسجام در ساختمان تأمین شده و سلامت و ایمنی استفاده‌کنندگان از آن‌ها حفظ شود.

در راستای ابلاغ قانون کسب و کار و مصوبه هیأت مقررات زدایی از ابتدای سال ۱۴۰۱ اخذ کلیه مجوزهای مورد تائید، از طریق درگاه ملی مجوز کسب و کار انجام می‌شوند و همچنین نام نظریه (تائیدیه) فنی این مرکز به "تائید فنی" تغییر یافت.

۱- پیشینهٔ نظریهٔفنی و ارزیابی سیستم‌های ساختمانی

در رابطه با پیشینه جهانی نظریه فنی می‌توان به کشور فرانسه که از اولین پیشگامان تأییدیهٔ فنی بود، اشاره کرد. در سال‌های بعد از جنگ الجزایر، فرانسه با بازگشت ناگهانی مهاجران فرانسوی به کشور مواجه شد و برای جوابگویی به نیازهای جدید مسکن، ساخت و ساز انبوه در فرانسه به امری ضروری تبدیل شد. در این مقطع زمانی، با توجه به لزوم اجرای سریع ساختمان‌ها، روش‌ها و مصالح نوینی در صنعت ساخت و ساز مطرح شد که با توجه به تنوع محصولات و عدم وجود تجربه و شناخت کافی در مورد هرکدام، امکان تدوین کلیه استانداردهای لازم به‌ویژه برای تایید نوآوری‌ها امری غیرممکن بود. با توجه به نیاز سرمایه‌گذاری‌های کلان برای احداث کارخانه‌های تولید این نوع مصالح، سیاستگذاران و تصمیم‌گیرندگان را برآن‌داشت که ساختاری را برای ارزیابی و تأیید نوآوری‌ها بنا نهند. در سال ۱۹۵۸میلادی، وظیفهٔ بررسی و اعطای تأییدیهٔفنی طبق قانون تصویب شده به مرکز تحقیقات ساختمان فرانسه محول شد. عملکرد مرکز تحقیقات ساختمان فرانسه در این زمینه بسیار موفق و در حدی بود که دیگر کشورهای اروپایی نیز بعد از چند سال، رویه‌ای مشابه را در پیش گرفتند. در ابتدا هلند و پرتقال، و سپس بلژیک، ایتالیا و اسپانیا الگوهای مشابهی را در سال‌های بعد اختیار کردند و به‌این‌ترتیب، شالودهٔ اتحادیهٔ اروپایی تأییدیهٔ فنی پایه‌گذاری شد. در انگلستان نیز در سال ۱۹۶۰ مطالعاتی برای ارزیابی و ممیزی تأییدیهٔ فنی صورت گرفت و نتیجهٔ جمع بندی مطالعات انجام شده تدوین «کتاب سفید» بود که منجر به تأسیس مرکزی مشابه مرکز تحقیقات ساختمان فرانسه در انگلستان شد. درحال حاضر، اتحادیهٔ اروپایی تأییدیهٔ فنی دارای ۱۴ عضو است. همچنین اتحادیه کشورهای هم‌سود (کامن‌ولت) که شامل انگلیس، آفریقای جنوبی، استرالیا، نیوزیلند، کانادا، ... و آفریقای شمالی (مراکش، الجزایر، ...) می‌باشند نیز قوانینی برای خود تدوین نموده‌اند.

در سال ۱۹۶۹، قانون دیگری درفرانسه به تصویب رسید و ضمن مطرح‌کردن نظریهٔفنی به جای تائیدیهٔ فنی، در متن آن یک کمیسیون ملی نیز تعریف شد. در سال‌های بعد، برای حمایت از تولیدکنندگانی که محصولاتی مطابق با نظریه‌های فنی موجود یا فراتر از آن را عرضه می‌کنند، مهر تأییدی با عنوان گواهینامه فنی برای تولیدات فوق تعریف شد که توسط مرکز تحقیقات ساختمان فرانسه اعطا می‌گردد. مطرح‌شدن و گسترش اتحادیه اروپا باعث شد طرح جدید تأییدیه فنی اروپایی به سرعت و بدون برخورد به مانع، مورد قبول بخش بزرگی از کشورهای اروپایی قرار گیرد.

در همهٔ کشورها برای انجام نظارت فنی و نظام‌مند بر روی محصولات و فرآورده‌های ساختمان و صدور گواهی‌نامه‌های لازم روش‌های معینی وجود دارد. نکته مهم در این رابطه، تفاوت بین‌گواهینامه‌ها و نظریه‌های فنی کاربرد یا مصرف می‌باشد. وضعیت و میزان این تفاوت در کشورهای مختلف متفاوت است. مرحله اول در صدور گواهینامه فنی انعقاد قرارداد بین یک تولیدکننده با یک موسسهٔ صلاحیت‌دار است. صلاحیت آزمایشگاه چنین موسسه‌ای برای صدور گواهینامه باید توسط یک موسسه ملی که دارای مسئولیت یادشده است تأیید گردیده باشد. در انگلستان صدور این تأیید صلاحیت توسط NAMAS، در کانادا توسط شورای استاندارد کانادا، و در آلمان توسط مؤسسه فناوری‌های ساختمان انجام می‌گیرد.

روند اقدامات یادشده معمولا به این صورت است که پس از ارائه کلیه مدارک فنی لازم و بررسی‌های اولیه که اکثراً شامل بازدید نماینده آزمایشگاه از خط تولید و محصول ، انجام آزمایش‌های کنترل کیفی مطابق با روش‌های استاندارد مورد تأیید مؤسسه صلاحیت‌دهنده است، صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، آزمایشگاه برای بررسی کیفی محصول نمی‌تواند از شیوهٔ دلخواه استفاده نماید بلکه باید مطابق روش‌های استانداردی که مورد تأیید مقام عالی‌تری باشد عمل نماید. پس از انجام آزمایش‌ها و احراز مشخصات فنی، گواهینامه صادر می‌شود. در سیستم حاکم در آلمان این گواهینامه صرفاً برای ارائه به مؤسسه فناوری‌های ساختمان و درخواست صدور تأییدیه است. به این منظور مؤسسه مذکور گواهینامه مربوطه را به همراه مدارک لازم در کمیته کارشناسی که سالی چندبار تشکیل می‌شود، بررسی می‌نماید. در صورت تشخیص کمیتهٔ فوق تأییدیه مصرف برای تولیدکننده و محصول مورد نظر صادر می‌گردد. موسسهٔ ارائه دهندهٔ گواهینامه، سالی چندبار نمونه‌گیری آزمایش‌های لازم را برروی محصول انجام‌می‌دهد. همیشه تائیدیه‌ها دارای تاریخ اعتبار مشخص هستند. در تمام این سیستم‌ها صدور گواهینامه رافع مسئولیت‌های حقوقی تولیدکننده نبوده و نیز رافع مسئولیت تولیدکننده برای تهیه گواهینامه‌های مطابقت با الزامات مقررات ساختمان نیست.

در کشور ایران، بررسی و ارزیابی فرآورده‌ها و شیوه‌های ساختمان در اساسنامهٔ قانونی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، به عنوان یکی از وظایف اصلی مورد تاکید قرار گرفته است. دراوایل دهه پنجاه شمسی پیرو تماس‌های برقرار شده مابین وزارت راه و شهرسازی (وزارت آبادی و مسکن وقت) با مسئولین مرکز تحقیقات ساختمان فرانسه و براساس موافقت‌نامه‌های مبادله شده در سال ۱۳۵۴ که منجر به تجهیز مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، و آموزش متخصصان آن شد، فعالیت‌هایی در زمینه ارزیابی برخی فرآورده‌های ساختمان ازجمله پانل‌های پیش‌ساخته و تعدادی سیستم ساختمان پیش‌ساخته سبک که از طریق شرکت‌های خارجی برای انبوه‌سازی در ایران پیشنهاد شده بودند انجام پذیرفت و گزارش‌های مربوطه تهیه گردید که به‌دلیل کم توجهی مسئولین وقت درخصوص اهمیت این ارزیابی‌ها، گزارش‌های تهیه‌شده عملاً مورد بهره‌برداری قرار نگرفت.

در دهه‌های اخیر و نظر به طرح مسئله انبوه‌سازی در ایران، و استناد به قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن، بحث نظریه و گواهینامه‌های فنی مجدداً مورد توجه قرار گرفته و با توجه به پشتوانهٔ علمی و فنی موجود در کشور و همچنین گسترش تجهیزات آزمایشگاهی، زمینهٔ لازم برای انجام بررسی و ارزیابی برروی فرآورده‌ها و سیستم‌های ساختمانی به مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی واگذار شد.

از اواخر دهه ۸۰ با لزوم استفاده از فناوری‌های نوین و صنعتی سازی برای ساخت انبوه مسکن در قالب طرح مسکن مهر، و همچنین ابلاغ قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن و ایین‌نامه‌های اجرایی آن، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی نسبت به تشکیل ساختار بررسی درخواست‌های ارسال شده توسط متقاضیان حقیقی و حقوقی از طریق سامانه مدیریت خدمات الکترونیک اقدام نمود. از آن تاریخ تاکنون بیش از هزاران طرح مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است که از میان آن‌ها ۵۷۰ مورد نظریه (تاییدیه) فنی صادر شده که حدود ۲۲۹ مورد از آن‌ها فناوری نوین محسوب می‌شده‌اند.

از دیگر اقداماتی که مرکز در سال‌های اخیر علاوه بر فعالیت‌های قبلی خود انجام داده، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- انجام چندین پروژه تحقیقاتی بمنظور شناسایی و معرفی سیستم‌های ساختمانی (در این راستا می‌توان به انتشار مجموعه ۱۲ جلدی «بررسی و ارزیابی چند سیستم مطرح در پروژه‌های انبوه‌سازی ساختمان‌های مسکونی» اشاره کرد).

- انجام پژوهش بمنظور تدوین دستورالعمل و آیین‌نامه طراحی و ساخت برخی از سیستم‌ها و فناوری‌های نوین (از جمله «آیین نامه طراحی سازه‌های سبک فلزی سرد نورد»، «راهنمای طراحی و اجرای سیستم ساختمانی ICF » و ...).

- تهیه و تدوین کتابچه فناوری‌های نوین (که مجموعه حاضر ویرایش ششم آن می‌باشد).

- تشکیل دبیرخانه صنعتی‌سازی در مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی بمنظور ایجاد وحدت رویه و هدف‌گذاری در این زمینه.

- برگزاری دوره‌های آموزشی متعدد در زمینه معرفی سیستم‌ها و فناوری‌های نوین و همچنین آموزش اصول صحیح طراحی، کنترل و بازرسی این سیستم‌ها.

- همکاری در برگزاری همایش‌های صنعتی‌سازی و فناوری‌های نوین که توسط نظام مهندسی و وزارت راه و شهرسازی برگزار شده است.

- ارایه چندین مورد سیستم و فناوری نوین بومی (مانند، نیک سیستم).

- راه‌اندازی سامآن‌های جهت تسهیل بررسی سیستم‌ها و فناوری‌های نوین و اعطای تاییدیه (نظریه) فنی و همچنین با توجه به قانون دسترسی آزاد، کلیه نظریه‌های فنی صادر شده و الزامات آن در سایت مرکز برای عموم در دسترس می‌باشد.

- تشکیل کارگروه‌ها و کمیته‌های تخصصی در طرح مسکن مهر با هدف ارایه شناسایی، معرفی و تایید سیستم‌ها و فناوری‌های نوین و همچنین بازرسی‌های اتفاقی از برخی پروژه‌های در دست ساخت.

- توسعه کمی و کیفی بخش‌ها و آزمایشگاه‌های تخصصی (در اکثر موارد منحصر بفرد در کشور) به منظور بررسی کیفی محصولات راه و ساختمان و اعطای گواهینامه فنی.

۲- روش ارزیابی

تولید صنعتی ساختمان به عنوان یکی از مهمترین روش‌های حل مشکل مسکن در ایران محسوب می‌شود تا علاوه بر رعایت استانداردها و ضوابط مربوط به پایداری و پایایی ساختمان‌ها در شرایط مختلف اقلیمی و لرزه‌خیزی کشور، سرعت اجرای پروژه‌های ساختمانی به ویژه در پروژه‌های انبوه‌سازی مسکن افزایش یابد. در این راستا، قوانینی برای اعطای تسهیلات در جهت توسعه و حمایت از انبوه‌سازان مسکن که از فناوری‌های نوین و صنعتی در ساخت واحدهای ساختمانی استفاده می‌کنند،

تولیدکنندگان صنعتی اجزای مدولار و همچنین تولیدکنندگان مصالح ساختمانی با فناوری‌های نوین، تدوین شده است. بر اساس این قانون، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به عنوان مرجع تایید فناوری‌های نوین و کمیته مبحث ۱۱ مقررات ملی مسئول تعیین مصادیق صنعتی‌سازی ساختمان تعیین شده‌اند و کلیه تولیدکنندگان و واردکنندگان فناوری‌های نوین ساختمانی، ملزم به اخذ «تاییدیه (نظریه) فنی» از این مرکز هستند.

مهم‌ترین عامل در ارزیابی و انتخاب نظام‌مند سیستم متناسب با مختصات پروژه، استفاده از شیوه‌ای است که امکان بازنگری مداوم بر اساس شرایط مختلف، به روزکردن و یا اصلاح نتایج را فراهم آورد. علاوه برآن چنین شیوه‌ای باید امکان کنترل کلیه مراحل را نیز میسر سازد. در فرایند ارزیابی سیستم‌های ساختمانی، باید ابتدا معیارهای ارزیابی بر اساس شرایط و دیدگاه‌های طرح مشخص شوند. پس از آن، اعتبار بخشیدن به هریک از معیارها یا به عبارت دیگر تعیین ارزش هریک از آن‌ها بدست آید. از سوی دیگر شناخت نحوهٔ به کارگرفتن معیارها و انواع مدارک و امکاناتی که برای ارزیابی مبتنی بر مبانی علمی لازم است، امری ضروری می‌باشد. در این راستا مدیریت در چرخه عمر ساخت یکی از ابزارهای مورد استفاده در ارزیابی مداوم و هوشمند سیستم و فناوری‌های نوین می‌باشد که در ادامه به شرح مختصری از این روش پرداخته شده است. گروه سرمایه‌گذاری مسکن توانسته است با تدوین مدل‌ها و فرآیندهایی در فاز امکان‌سنجی، طراحی، ساخت و بهره‌برداری به صورت سیستماتیک، فناوری را برنامه‌ریزی، عملیاتی و ارزیابی نماید. بنابراین با سنجش چرخه عمر فناوری‌های نوین در چرخه عمر پروژه‌های ساخت، لازم است سناریوهای مختلفی با ارزیابی چند جانبه اقتصاد پروژه – فناوری استفاده بهینه ازمنابع و تامین‌کنندگان صورت گیرد.

ارزیابی مدیریت فناوری در چرخه عمر پروژه های ساخت

- **مدیریت فناوری در فاز امکان‌سنجی پروژه‌ها**

با توجه به سطح دقت مشخصات فنی و فناوری پروژه‌ها در فاز امکان‌سنجی، مطالعات و سناریوهای فناوری مبتنی بر تحلیل شاخص‌های اقتصادی و امکان‌سنجی پروژه‌ها انجام شده و با مجموعه‌ای از معیارهای اصلی زمان، هزینه، رضایت ذی‌نفعان (کیفیت)، ایمنی و محیط زیست با مدل تیپولوژی فناوری راهبری می‌گردد.

- **مدیریت فناوری در فاز طراحی معماری و کانسپت**

در فرآیند شکل‌گیری کانسپت بهینه و طراحی کالبدی پروژه، از فناوری‌های نرم‌افزاری چون مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و ابزارهای رایانه‌ای و دیجیتال به‌کارگرفته می‌شود، و سعی می‌گردد اجزا و اهداف بنای در دست طراحی با تفسیر مشخصات فنی و عملکردی و ایجاد جلوه‌های بصری بدرستی نمایش داده شود.

- **مدیریت فناوری در فاز ارزیابی سیستم‌ها و فناوری‌ها**

پیش از تکمیل و نهایی‌سازی فاز یک مطالعات و طراحی پروژه، مجموعه‌ای از سیستم‌ها و فناوری‌های ساخت پروژه در بخش‌های مختلف بهسازی بستر و پایدارسازی گود، فونداسیون، سازه و ابنیه، سفت‌کاری و عایق‌کاری، تاسیسات مکانیکی، الکتریکی و سیویل و محوطه‌سازی دسته‌بندی شده و در قالب کمیته راهبری طراحی در پروژه‌ها ارزیابی و بهینه‌کاوی می‌گردد که علاوه بر پیشنهادهای مشاور و طراح پروژه، معیارها و زیرمعیارهای کارفرما و بهره‌بردار در آن‌ها تجمیع شده و تدقیق می‌گردد. در این مسیر از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) و سند راهنمای «ارزیابی و انتخاب تکنولوژی» استفاده می‌گردد.

مدل ارزیابی نظر بهره‌برداران به روش QFD، با سابقه‌ای بیش از ۱۵ سال به عنوان متدولوژی کارکردگرا جهت تبدیل خواسته‌های بهره‌برداران به مشخصات فنی و طراحی پروژه های آتی تبدیل گردیده است و به‌کارگیری این مدل فرآیندمحور در بیش از ۲۰ هزار واحد مسکونی تولیدی گروه سرمایه‌گذاری مسکن به انجام رسیده است و از تحلیل نتایج آن الویت‌بندی خواسته‌های مشتریان، الزامات فنی و طراحی و بر اساس نیازهای آتی سازمان، ارزیابی رقبای صنعت و شاخص‌های بهبود سازمانی حاصل می‌شود و در اغلب موارد، با به‌کارگیری نوآوری در طراحی آتی، به‌کارگیری تکنولوژی‌های ساخت یا بهره‌برداری امکان سنجی و پیاده‌سازی می‌گردد.

- **مدیریت فناوری در فاز بهینه‌سازی طرح**

یکی دیگر از رویکردهای نوین در مدل‌های طراحی و ساخت، به‌کارگیری فناوری‌های نرم‌افزاری و مغزافزاری از جمله مدل‌های سیستماتیک (مهندسی ارزش) به‌منظور بهینه‌سازی طراحی و مدل‌سازی پروژه‌ها و مدیریت ریسک فناوری‌های نوین است. بعنوان نمونه گروه سرمایه‌گذاری مسکن پس از طی فرآیند طراحی فاز یک پروژه‌ها، با استفاده از ابزارهای بهینه‌سازی، پلتفرم‌های نوین و هوشمند، طراحی را بهینه‌سازی نموده و یکی از شاخص‌های مهم پایداری که مصرف بهینه مصالح استراتژیک و منابع است را مدیریت می‌نماید.

- **مدیریت فناوری در فاز اجرا**

گاهی اوقات، با تغییر شرایط محیطی و مدیریتی پروژه، ارزیابی و انتخاب فناوری در فاز اجرای پروژه‌ها رخ می‌دهد و در این خصوص رویکرد سه جانبه بهینه‌کاوی در سبد فناوری‌های ساخت، معیارهای به روز شده ذی‌نفعان پروژه و همچنین سبد تامین‌کنندگان فناوری‌های نوین معتبر، با مدل فرآیندی پیچیده‌تری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- **سنجش فناوری و بهره‌وری در فاز بهره‌داری**

تعدادی از فناوری‌های نوین ساخت، در فاز بهره‌برداری ساختمان‌ها دارای کارکرد فعال بوده و به صورت زیرساختی عمل نمی‌کنند. اکثر این فناوری‌ها، نقش افزایش سطح آسایش و رفاه، ایمنی، تامین انرژی و زیبایی ساختمان را داشته و به صورت مصالح، تاسیسات و تجهیزات نوینی چون انرژی‌سنج‌های فرعی، سیستم‌های نوین تهویه، مدیریت بازیافت و تصفیه، تامین هم‌زمان برق و حرارت، انرژی‌های تجدیدپذیر، هوشمندسازی و ... بوده و قابل سنجش و ممیزی می‌باشند و برخی دیگر از فناوری‌های نوین جنبه زیرساختی داشته و عملکرد غیرفعال دارند؛ همانند فناوری میراگر، جداساز لرزه‌ای، شیشه‌های هوشمند، عایق‌های دوفازی، مصالح ساختمانی بر پایه نانو و ... که کارکرد آن‌ها در شرایط بحرانی و یا عادی به صورت غیرفعال جلوه‌گر می‌گردد و بر کیفیت عملکرد و ایمنی ساختمان اثرگذار می‌باشد. بنابراین باید روش‌های سنجش فناوری و بهره‌وری متناسب با هر نوع از فناوری‌های نوین، طراحی و برنامه‌ریزی می‌گردد.

در این میان، لازم است ارزش افزوده‌های ایجاد شده همانند افزایش بهره‌وری فضاها و تجهیزات، ارتقای مدیریت نگهداری و بهره‌برداری، افزایش آسایش و رفاه ساکنین به صورت شاخص‌های ارتقای کلاس اقتصادی یا کیفی ساخت مورد توجه بازار قرار گرفته و نیاز به ساختمان پایدار و با کیفیت به‌صورت خواسته بهره‌بردار (مشتریان و فعالان این بازار) قرار گیرد و با دیدگاه آینده‌پژوهی و تمرکز بر شاخص‌های زیست محیطی هم‌چون کاهش انتشار گازهای گلخآن‌های، مصرف بهینه انرژی و آب در ساختمان، به‌کارگیری و مصرف بهینه مصالح و تجهیزات به عنوان **شاخص ارزش افزوده پایدار** در ساختمان‌ها محسوب گردد که در آن تفکر ساخت از حالت اقتصادگرایی به کیفیت‌گرایی سبز ارتقا خواهد یافت.

مدل پورتفوی (سبد) تکنولوژیک فناوری های ساخت در گروه سرمایه‌گذاری مسکنمجموعه شاخص‌های بنیادین در ارزیابی فناوری‌های نوین صنعت ساختمان عبارتند از: سرعت، هزینه، کیفیت، ایمنی و تاثیر بر محیط زیست که با توجه به هر یک از عناصر ساختمان، مجموعه‌ای از زیرمعیارهای

مرتبط با هر یک از شاخص‌های اصلی و همچنین متناسب با شرایط اقلیمی، لرزه‌خیزی، ضوابط منطقه‌ای و جامعه شناختی سایت پروژه به عنوان مجموعه‌ای از معیارهای مورد نظر ذی‌نفعان پروژه و در قالب المآن‌های محدودکننده ثانویه در مدل تصمیم‌گیری چند معیاره تاثیرگذار خواهد بود. همچنین در این مدل مسایلی چون ارزیابی و انتخاب صحیح تامین‌کننده فناوری‌های نوین با توجه به معیارهایی چون ارائه گواهینامه‌های فنی معتبر، پراکندگی جغرافیایی، تولید از مصالح بومی، سوابق حرفه‌ای و اجرایی شرکت‌های فن‌آور و دانش بنیان به عنوان فاکتورهای مهم دیگر در نظر گرفته می‌شود و شاخص اصلی در این ارزیابی، میزان ارزش افزوده پایدار و ارتقا برند حاصل از فناوری‌ها در صنعت ساخت است.

بنابراین لازم است پورتفوی (سبد) تکنولوژیک ساخت از نظر سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در فرآیندهای ساخت، نظارت و بهره‌برداری و فروش، شکل بگیرد و به صورت دوره‌ای و با تدوین شاخص‌های مورد نظر در هر گروه، مانیتور و کنترل شده و از طریق داشبورد فناوری‌های نوین در سطح پروژه‌ها تحلیل و قابل ارائه گردد. با این مدل می‌توان میزان تطابق‌پذیری شاخص‌های اصلی و معیارهای موثر توسط فن‌آوران با میزان واقعی و تحلیل اثربخشی آن‌ها در مقیاس پروژه تحلیل شده و در صورت وجود اختلافات زیاد، مدل قراردادی اصلاح و پروژه‌های بهبود یا بازنگری در فرآیند تولید یا اجرا تعریف شود.

شاخص‌های مد نظر در این مجموعه

در این مجموعه شاخص‌های زیر ملاک بررسی و انتخاب سیستم‌ها و فناوری‌های نوین و مطرح بوده است، اگرچه شاخص‌های دیگری همچون: توسعه پایدار، هزینه و میزان انرژی مصرفی در فرآیند تولید و حمل، آنالیز هزینه‌های طراحی، ساخت، حمل و نصب هم بصورت کیفی و در حد مقدورات مورد توجه بوده‌است ولی امید است در بازنگری بعدی بتوان بصورت کمی تاثیر این پارامترها را درنظر گرفت.

همچنین در ارزیابی هر فناوری بسته به موضوع، ابتدا شاخص‌های مرتبط با سلامت و ایمنی بعنوان خط قرمز (شرط لازم) قلمداد شده و در صورت اثبات برآورده نمودن الزامات مربوط، از نظر بقیه شاخص‌ها نیز بررسی انجام می‌پذیرد.

شاخص‌های ارزیابی سازه و زلزله سیستم

- تاریخچه، ابداع، تولید و کاربرد سیستم
- عملکرد سیستم در کشورهای لرزه‌خیز

- تحقیقات انجام شده به روز
- آئین‌نامه، استانداردها و دستورالعمل‌ها
- سازگاری با آئین‌نامه‌های موجود کشور

شاخص‌های ارزیابی حریق

- رفتار اجزا ساختمانی در برابر حریق
- مشخصات مصالح تشکیل دهنده از نظر واکنش در برابر آتش و مقاومت در برابر آتش
- رعایت استانداردهای معتبر بین المللی ایمنی در برابر حریق و تطبیق با ضوابط و مقررات ملی ساختمان

شاخص‌های ارزیابی انرژی

- شاخص‌ها و پارامترهای انتقال انرژی در جدارهای خارجی
- گروه بندی ساختمان مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان
- قابلیت استفاده از انرژی های موجود طبیعت در تهویه، سرمایش و گرمایش

شاخص‌های ارزیابی آکوستیک

- میزان شاخص کاهش صوت، تراگسیل در دیوارهای داخلی و خارجی
- ویژگی های مصالح مصرفی سقف طبقات به لحاظ انتقال صوت کوبه ای

شاخص‌های ارزیابی تولید صنعتی

- سرعت اجرا
- سبک سازی
- نیروی انسانی ماهر و دارای گواهینامه صلاحیت حرفه ای
- تولید کارخآن‌های
- استقرار نظام کنترل کیفی QC و تضمین کیفیتQA

- حمل و نقل و نصب در محل
- تطبیق با معیارهای پی‌َنویس مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان
- **سایر موضوعات**
- معماری ایرانی – اسلامی
- انعطاف پذیری در طرح های معماری
- مصرف مصالح
- تعمیر و نگهداری
- عمر مفید و دوام

بر این اساس از میان سیستم‌ها و فناوری‌های ارسال شده به مرکز و همچنین مطالعات و تجارب ملی و بین‌المللی سال‌های اخیر، مجموعه حاضر در ۸ فصل ارایه شده است. شایان ذکر است معرفی این فناوری‌ها و ترتیب ارایه آن‌ها به معنی رجحان آن‌ها بر هم و یا بر دیگر سیستم‌ها و فناوری‌های مطرح و یا سنتی نیست و با توجه به مختصات هر پروژه، مهندس مشاور و طراح باید بر اساس شاخص‌هایی مانند: مقاومت، پایداری سازه‌ای، مشخصات عملکردی، ملاحظات اقتصادی، دوام و پایایی، سهولت و سرعت اجرا و ...، نسبت بر اولویت‌بندی و انتخاب گزینه یا گزینه‌های مناسب اقدام نماید.

سعی شده است در این ویرایش به جای معرفی فناوری براساس نام‌های تجاری یا انحصاری، بر مبنای تعاریف و طبقه‌بندی‌های علمی یا فنی رایج اقدام شود و لذا ممکن است در زیرمجموعه برخی از فناوری‌ها تعداد زیادی سیستم یا فناوری بصورت انحصاری تعریف نمود که قطعا اخذ تائید فنی برای هر یک الزامی می‌باشد.

شایان ذکر است فصل نهم به سیستم‌ها و فناوری‌هایی اختصاص دارد که به دلایلی همچون عدم اقبال عمومی به استفاده، تغییر الزامات طراحی و اجرا بر اساس مباحث مختلف مقررات ملی ساختمان، بین‌نامه ایمنی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) و دیگر آین‌نامه‌های معتبر مرتبط، مباحث اقتصادی و غیره، دارای اولویت نبوده و بدلیل سابقه صدور تاییدیه (نظریه) فنی، تنها نام آن‌ها ذکر شده‌اند.

فهرست مطالب

فصل اول: سیستم‌های سازه‌ای

۳۳.....

بخش اول سیستم‌های ساختمانی کامل ۳۳

۱-۱ قاب‌های سبک فولادی سردنورد

۳۳

۱-۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۳۳

۱-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۳۴

۱-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۳۵

۱-۱-۴ روش طراحی و اجرا ۳۶

۱-۱-۵ مبانی طراحی و اجرا ۳۶

۱-۲ سیستم ساختمانی نیمه پیش ساخته بتنی متشکل از پانل‌های دیوار دولایه و سقف و بتن درجا

۴۰

۱-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۴۰

۱-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۴۰

۱-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۴۱

۱-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا ۴۲

۱-۲-۵ الزامات کلی سیستم ۴۳

۱-۳ ساختمان‌های نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی با بتن پاششی 3D (دیوار باربر) ۴۵

۱-۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۴۵

۱-۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۴۶

۱-۳-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۴۶

۱-۳-۴ مبانی طراحی و اجرا ۴۶
۱-۳-۵ الزامات کلی سیستم ۴۹
۱-۴ دیوار باربر بتن‌مسلح با قالب‌های عایق ماندگار(ICF) ۵۱
۱-۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۵۱
۱-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۵۱
۱-۴-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۵۱
۱-۴-۴ مبانی طراحی و اجرا ۵۶
بخش دوم سیستم‌های سازه‌ای **۵۹**
۱-۵ قاب‌های بتن‌آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته ۵۹
۱-۵-۱ معرفی اجزاء فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۵۹
۱-۵-۲ مبانی طراحی و اجرا ۶۹
۱-۶ سیستم قاب خمشی مختلط بتنی- فولادی (RCS)، تیر پیوسته ۷۱
۱-۶-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۷۱
۱-۶-۲ مبانی طراحی و اجرا ۷۲
۱-۷ سیستم ساختمانی مبتنی بر پانل‌های دیواری و سقفی باربر AAC ۷۴
۱-۸ سیستم ساختمان پیش‌ساخته بتنی سریع‌الاحداث ۸۰
۱-۹ سیستم ساختمان ساخته شده با پرینت سه بعدی ۸۶
۱-۱۰ سیستم مهاربندی‌های کمانش تاب (BRB) ۹۰
۱-۱۱ سیستم سازه‌ای دارای دیوارهای برشی فولادی ویژه سخت نشده ۹۵
۱-۱۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۶۴
۱-۱۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۹۶
۱-۱۲سیستم اسکلت فولادی پیش‌ساخته با اتصالات پیچ و مهره‌ای ۹۸
بخش سوم روش‌های اجرا **۱۰۰**

۱-۱۳ساختمان‌های بتن آرمه به روش قالب تونلی
۱۰۰
۱-۱۳-۱معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده ۱۰۰
۱-۱۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۱۰۳
۱-۱۳-۳روش اجرایی و کنترل کیفی ۱۰۴
۱-۱۳-۴مبانی طراحی و اجرا مطابق آیین‌نامه‌ها و استانداردها ۱۰۵
۱-۱۴سیستم قالب‌بندی سقف‌های بتن‌مسلح با استفاده از میزپرنده
۱۰۹
۱-۱۴-۱معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده ۱۰۹
۱-۱۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت ها ۱۱۱
۱-۱۴-۳ روش اجرایی و کنترل کیفی ۱۱۲
۱-۱۴-۴ مبانی طراحی و اجرا مطابق آیین‌نامه‌ها و استانداردها ۱۱۲
فصل دوم: سقف‌ها ۱۱۵
بخش اول سقف‌های یک‌طرفه ۱۱۵
۲-۱ تیرچه فولادی یکپارچه از ورق فولادی
۱۱۵
۲-۱-۱معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۱۱۵
۲-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۱۱۶
۲-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۱۱۶
۲-۱-۴ مبانی طراحی و اجرا ۱۱۷
۲-۲ تیرچه فولادی بدون جوش
۱۲۰
۲-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۱۲۰
۲-۲-۲ دامنه کاربرد ۱۲۱

۲-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۱۲۱
۲-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا ۱۲۲
۲-۳ تیرچه ورق فولادی با برشگیر دندانه‌ای
۱۲۴
۲-۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۱۲۴
۲-۴ سقف مرکب دال – عرشه فولادی
۱۲۹
۲-۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۱۲۹
۲-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۱۳۰
۲-۴-۳ مبانی طراحی و اجرا ۱۳۰
۲-۵ سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه‌ای ۱۳۳
۲-۵-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۱۳۳
۲-۵-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۱۳۴
۲-۵-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۱۳۴
۲-۵-۴ مبانی طراحی و اجرا ۱۳۷
۲-۶ سقف مرکب با قالب‌های فولادی قوسی ۱۳۹
۲-۶-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۱۳۹
۲-۶-۲ دامنه کاربرد ۱۴۰
۲-۶-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۱۴۰
۲-۶-۴ مبانی طراحی و اجرا ۱۴۰
۲-۷ پانل‌های سقفی پیش‌ساخته سبک موسوم به LCP ۱۴۲
۲-۷-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۱۴۲
۲-۷-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۱۴۲
۲-۷-۳ مبانی طراحی و اجرا ۱۴۳

۲-۷-۴ بررسی انطباق خواص محصول و اجزاء تشکیل دهنده آن با الزامات ۱۴۵
۲-۷-۴-۱ ویژگی‌های مکانیکی ناودانی فولادی ۱۴۵
۲-۷-۴-۲ویژگی‌های مکانیکی بتن پُر کننده داخل پانل ۱۴۵
۲-۸ دال‌های نیمه پیش ساخته بتن مسلح دابل تی با بتن رویه ۱۵۰
۲-۸-۱معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۱۵۰
۲-۸-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۱۵۱
۲-۸-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۱۵۱
۲-۸-۴ مبانی طراحی و اجرا ۱۵۱
۲-۹ سقف‌های مجوف پیش‌ساخته پیش‌تنیده HOLLOW CORE SLABS ۱۵۳
۲-۹-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۱۵۳
۲-۹-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۱۵۳
۲-۹-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۱۵۴
۲-۹-۴ مبانی طراحی و اجرا ۱۵۴
۲-۹-۵ –الزامات کلی سیستم ۱۵۶
بخش دوم سقف‌های دو طرفه **۱۵۹**
۲-۱۰ سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از بلوک توخالی ماندگار ۱۵۹
۲-۱۰-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۱۵۹
۲-۱۰-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۱۶۰
۲-۱۰-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۱۶۱
۲-۱۰-۴ مبانی طراحی و اجرا ۱۶۱
۲-۱۰-۵ الزامات کلی سیستم ۱۶۲
۲-۱۱ سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از گوی‌های توخالی ماندگار ۱۶۶
۲-۱۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۱۶۶

۲-۱۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۱۶۸
۲-۱۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۱۶۸
۲-۱۱-۴ مبانی طراحی و اجرا ۱۶۹
۲-۱۱-۵ الزامات طراحی ۱۷۰
۲-۱۲ سقف‌های بتن‌مسلح دو طرفه با استفاده از قالب‌های ماندگار ۱۷۵
۲-۱۳ سقف‌های بتنی پیش‌تنیده پس‌کشیده ۱۷۹
۲-۱۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۱۷۹
۲-۱۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۱۷۹
۲-۱۳-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۱۸۰
۲-۱۳-۴ مبانی طراحی و اجرا ۱۸۱
۲-۱۳-۵ الزامات کلی سیستم ۱۸۳
۲-۱۴ سقف پانلی کامپوزیتی با پارچه سه بعدی از الیاف شیشه پر شده با ملات سیمانی، مورد استفاده برای سقف با تیرچه‌های فولادی ۱۸۶
۲-۱۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۱۸۶

فصل سوم: دیوارهای غیر سازه‌ای ۱۹۳

۳-۱ دیوارهای غیر سازه‌ای سبک پیش‌ساخته LSF ۱۹۳
۳-۱-۱معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده ۱۹۳
۳-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت ها ۱۹۳
۳-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۱۹۴
۳-۱-۴ مبانی طراحی و اجرا ۱۹۵
۳-۱-۵ الزامات کلی سیستم ۱۹۶
۳-۲ دیوارهای غیر سازه‌ای سبک نیمه پیش‌ساخته صفحات ساندیچی 3D ۱۹۷
۳-۲-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده ۱۹۷

۳-۲-۲ دامنه کاربرد ۱۹۸
۳-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۱۹۸
۳-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا ۱۹۹
۳-۲-۵ الزامات سیستم ۲۰۰
۳-۳ بلوک‌های بتنی هوادار اتوکلاو شدهAAC ۲۰۱
۳-۴ پانل دیواری مسلح ساخته شده با بتن سبک اتوکلاو شده AAC ۲۰۴

فصل چهارم: مصالح و فناوری‌ها ۲۱۱

بخش اول مصالح ساختمانی ۲۱۱

۴-۱ تخته گچی مقاوم در برابر رطوبت و آتش ۲۱۱
۴-۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۲۱۱
۴-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۱۲
۴-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۱۳
۴-۱-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۱۳
۴-۲ سنگ مصنوعی ۲۱۴
۴-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۱۴
۴-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۱۵
۴-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۱۵
۴-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۱۶
۴-۳ چسب دوجزئی اپوکسی ۲۱۸
۴-۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۱۸
۴-۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۱۸
۴-۳-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۱۹
۴-۳-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۱۹

۴-۴ چسب پلی‌یورتان (فوم ملات) جایگزین ملات پایه سیمانی ۲۲۲
۴-۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۲۲۲
۴-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۲۳
۴-۴-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۲۴
۴-۴-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۲۴
۴-۵ وصله مکانیکی میلگردها با کوپلرهای پیچی ۲۲۵
۴-۵-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۲۵
۴-۵-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۲۶
۴-۵-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۲۶
۴-۵-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۲۷
بخش دوم مصالح مورد استفاده در ابنیه **۲۲۸**
۴-۶ ژئوسنتتیک‌ها ۲۲۸
۴-۶-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۲۸
۴-۶-۲ دامنه کاربرد و محدودیتها ۲۲۹
۴-۷ قیر اصلاح شده با پودرلاستیک ۲۳۵
۴-۷-۱معرفی فناوری و اجزای تشکیل دهنده ۲۳۵
۴-۷-۲ دامنه کاربرد و محدویت‌ها ۲۳۷
۴-۷-۳ مبانی طراحی و اجرا ۲۳۸
۴-۸ گرانول های اصلاح کننده پلیمری ۲۴۰
۴-۸-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۴۰
۴-۸-۲ دامنه کاربرد و محدودیتها ۲۴۱
۴-۸-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۴۲
۴-۸-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۴۳

۵-۱ نمای خشک با استفاده از پانل بتن حاوی الیاف شیشه GFRC ۲۴۵
۵-۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده ۲۴۵
۵-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۴۶
۵-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۴۶
۵-۱-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۴۷
۵-۲ صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف ۲۴۸
۵-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۴۸
۵-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۴۹
۵-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۵۰
۵-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۵۰
۵-۳ سامانه مرکب نمای بیرونی ETICS ۲۵۳
۵-۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۵۳
۵-۳-۲ دامنه کاربرد، محدودیت‌ها ۲۵۵
۵-۳-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۵۵
۵-۳-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۵۶
۵-۴ چوب فرآوری شده با حرارت (ترموود) ۲۶۱
۵-۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۶۱
۵-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۶۳
۵-۴-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۶۳
۵-۴-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۶۵
۵-۵ ورقه‌های تزئینی پرس شده چندلایه HPL ۲۶۶
۵-۵-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۶۶

۵-۵-۲ دامنه کاربرد، محدودیت‌ها ۲۶۷
۵-۵-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۶۸
۵-۵-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۶۸
۵-۶ آجرنمای نسوز طرح اسکوپ دار ۲۷۰
۵-۶-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۷۰
۵-۶-۲ روش طراحی و اجرا ۲۷۱
۵-۷ آجر نمای نسوز ۲۷۲
۵-۷-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۷۲
۵-۷-۲ دامنه کاربرد، محدودیت‌ها ۲۴۶
۵-۷-۳ ویژگی‌های مورد بررسی و روش طراحی و اجرا ۲۷۵

فصل ششم: عایق‌ها ۲۷۷

بخش اول عایق‌های رطوبتی ۲۷۷

۶-۱ عایق رطوبتی مایع به‌کارونده ۲۷۷
۶-۱-۱ معرفی و اجزاء تشکیل دهنده ۲۷۷
۶-۱-۲ دامنه کاربرد، محدودیت‌ها ۲۷۸
۶-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۷۹
۶-۱-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۸۰

بخش دوم عایق‌های حرارتی ۲۸۱

۶-۲ فوم الاستومری انعطاف پذیر (FEF) ۲۸۱
۶-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۸۱
۶-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۸۲
۶-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۸۲
۶-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۸۴

۶-۳ عایق‌های فوم پلی‌یورتان پاششی ۲۸۵
۶-۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۲۸۵
۶-۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۸۷
۶-۳-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۸۷
۶-۳-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۸۸
۶-۴ عایق شیشه سلولی ۲۹۰
۶-۴-۱ معرفی، اجزاء تشکیل دهنده ۲۹۰
۶-۴-۲ دامنه کاربرد ۲۹۱
۶-۴-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۹۱
۶-۴-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۹۳
۶-۵ عایق‌های فوم فنولیک ۲۹۴
۶-۵-۱ معرفی و اجزاء تشکیل دهنده ۲۹۴
۶-۵-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۹۶
۶-۵-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۲۹۶
۶-۵-۴ مبانی طراحی و اجرا ۲۹۸
۶-۶ پوشش‌های بازتابنده حرارت ۲۹۹
۶-۶-۱ معرفی فناوری اجزاء تشکیل دهنده ۲۹۹
۶-۶-۲ دامنه کاربرد، محدودیت‌ها ۳۰۰
۶-۶-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۳۰۰
۶-۶-۴ مبانی طراحی و اجرا ۳۰۱
۶-۷ پنجره از جنس یوپی‌وی‌سی یا آلومینیوم گرماشکن ۳۰۱
۶-۷-۱ معرفی فناوری اجزاء تشکیل دهنده ۳۰۱
۶-۷-۲ دامنه کار برد و محدودیت‌ها ۳۰۲

۶-۷-۳ روش تولید و کنترل کیفیت ۳۰۲
۶-۷-۴ مبانی طراحی و اجرا ۳۰۳
بخش سوم عایق‌های آکوستیک **۳۰۸**
۶-۸ جذب کننده صدا ۳۰۸
۶-۹ تایل‌های آکوستیکی ۳۰۸
۶-۹-۱ معرفی فناوری و دامنه کاربرد ۳۰۸
۶-۹-۲ روش تولید و کنترل کیفیت ۳۰۹
۶-۱۰ بافل‌ها ۳۱۰
۶-۱۰-۱ معرفی و دامنه کاربرد ۳۱۰
۶-۱۰-۲ روش تولید و کنترل کیفیت ۳۱۱
۶-۱۱ پانل‌های آکوستیکی ۳۱۱
۶-۱۱-۱ معرفی فناوری و دامنه کاربرد ۳۱۱
۶-۱۱-۲ روش تولید و کنترل کیفیت ۳۱۲
۶-۱۲ مواد الاستیک مورد استفاده در عایق‌بندی صوتی ۳۱۲
۶-۱۳ کف شناور ۳۱۳
۶-۱۳-۱ معرفی و دامنه کاربرد ۳۱۳
۶-۱۳-۲ روش تولید و کنترل کیفیت ۳۱۴
فصل هفتم: فناوری‌های محافظت کننده در برابر آتش **۳۱۹**
۷-۱ پوشش‌های محافظ حریق پایه معدنی پاششی برای محافظت سازه‌های فولادی در برابر آتش ۳۱۹
۷-۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۳۱۹
۷-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۳۲۰
۷-۱-۳ مبانی طراحی و اجرا ۳۲۱
۷-۲ پرده‌های مقاوم در برابر آتش و دود ۳۲۲

۷-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۳۲۲
۷-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۳۲۵
۷-۲-۳ مبانی طراحی و اجرا ۳۲۷
۷-۳ درهای مقاوم در برابر آتش ۳۲۸
۷-۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۳۲۸
۷-۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۳۲۹
۷-۳-۳ مبانی طراحی و اجرا ۳۳۲
۷-۴ مصالح و سیستم‌های آتش‌بند و درزبندی آتش ۳۳۳
۷-۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۳۳۳
۷-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۳۳۵
۷-۴-۳ مبانی طراحی و اجرا ۳۳۶

فصل هشتم: تاسیسات مکانیکی و الکتریکی ۳۳۹

بخش اول تاسیسات مکانیکی (برودتی و حرارتی) ۳۳۹

۸-۱ پمپ‌های گرمایی متصل به زمین ۳۳۹
۸-۱-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل دهنده ۳۳۹
۸-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۳۴۱
۸-۱-۳ مبانی طراحی و اجرا ۳۴۱
۸-۲ ترکیب انرژی خورشید با سیستم‌های گرمایی و سرمایی متداول ۳۴۲
۸-۲-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل دهنده ۳۴۲
۸-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۳۴۳
۸-۲-۳ مبانی طراحی و اجرا ۳۴۳
۸-۳ سوپاپ هوا گذر (Air Admittance Valve) ۳۴۵
۸-۳-۱ معرفی و اجزای تشکیل دهنده ۳۴۵

۸-۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۳۴۶
۸-۳-۳ روش طراحی و اجراء ۳۴۶
۸-۴ گرمایش و سرمایش منطقه‌ای ۳۵۲
۸-۴-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل دهنده ۳۵۲
۸-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۳۵۳
۸-۴-۳ روش طراحی و اجرا ۳۵۳
بخش دوم سیستم‌های الکتریکی و اتوماسیون و مدیریت ساختمان ۳۵۵
۸-۵ سیستم های اتوماسیون و مدیریت ساختمان ۳۵۵
۸-۵-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده ۳۵۵
۸-۵-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۳۶۳
۸-۵-۳ مبانی طراحی و اجرا ۳۶۳
۸-۵-۳-۱ الزامات طراحی ۳۶۳
۸-۵-۳-۲ الزامات اجرا و نصب ۳۶۳
۸-۶ شبکه نوری غیرفعال، POLAN ۳۶۴
۸-۶-۱معرفی فناوری و اجزای تشکیل دهنده ۳۶۴
۸-۶-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌های ۳۷۲
۸-۶-۳ مبانی طراحی و اجرا ۳۷۲
فصل نهم: سایر فناوری‌های مطرح ۳۸۳
۹-۱ فهرست سایر فناوری‌های مطرح ۳۸۳
فصل دهم: منابع و مراجع قابل استفاده ۳۸۷

فصل اول

سیستم‌های سازه‌ای

بخش اول

سیستم‌های ساختمانی کامل

۱-۱ قاب‌های سبک فولادی سردنورد

۱-۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

قاب‌های سبک فولادی سرد نورد (Light Weight Steel Frame) موسوم به سیستم LSF از جمله سیستم‌های کامل ساختمانی است که قابلیت اجرا به روش تولید صنعتی را دارد. سیستم LSF از سه جزء اصلی شامل مقاطع ساخته‌شده از ورق‌های فولادی سرد نورد شده به عنوان اجزاء باربر سازه‌ای، صفحات تخته گچی بعنوان پوشش رویه داخلی، و لایه عایق حرارتی و صوتی تشکیل می‌شود و عمده اتصالات به کاررفته در آن، از نوع پیچی است.

در سیستم LSF، اجزاء باربر قائم به اِستاد و اجزاء باربر افقی به تیرک معروفند و مقاطع به‌کاررفته در آن‌ها، در اشکال و ابعاد متنوع و در محدوده ضخامت ۰/۶ تا ۳ میلی‌متر تولید می‌شوند. اِستادها معمولاً از مقاطع C شکل یا ترکیب آن‌ها و تیرک‌ها از مقاطع ناودانی یا Z شکل انتخاب می‌شوند. با تکرار

اِستادها در فواصل مشخص (که براساس محاسبات نیرویی تعیین می‌شوند)، دیواره‌هایی از اجزاء قائم تشکیل می‌شود؛ به این ترتیب قاب‌های سبک فولادی سردنورد به عنوان سیستم دیوار باربر شناخته می‌شود.

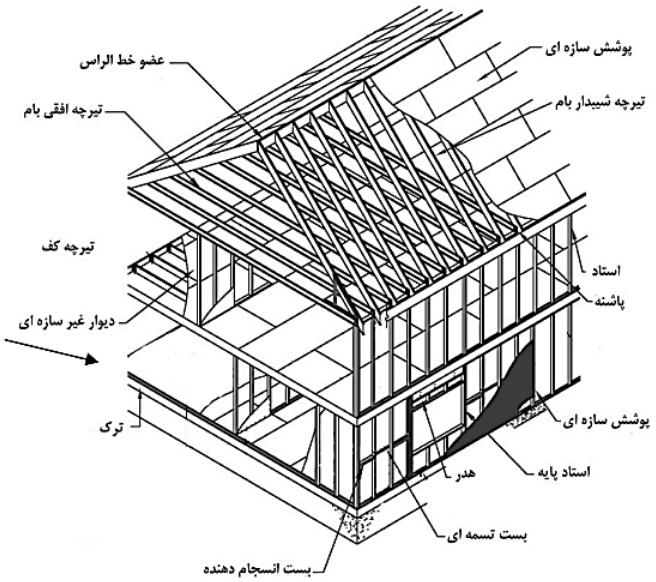
سقف در سیستم LSF با اجرای تیرچه‌های سقفی در خط‌المرکز اِستادها – به منظور جلوگیری از ایجاد برون محوری و خمش در اعضاء – و در نظر گرفتن یک لایه رویه همراه است. با توجه به کاربری ساختمان و بارهای وارد بر کف، لایه رویه می‌تواند به صورت خشک (با استفاده از تخته‌های چوبی یا سیمانی) یا به صورت تر (اجرای بتن رویه) درنظر گرفته شود.

مجموعه اتصالات در سیستم سازه‌های فولادی سبک سردنورد، عمدتاً به صورت پیچ خودکار درنظر گرفته شده و تنها در شرایط خاص، که رعایت الزامات اجرای آن میسر باشد، اتصالات جوشی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

سیستم دیوار باربر متشکل از قاب‌های سبک فولادی سردنورد به عنوان یکی از سیستم‌های سازه‌ای در جدول (۳-۴) ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ به رسمیت شناخته شده است. با استناد به ردیف «الف» از جدول مذکور، استفاده از مهارهای تسمه‌ای فولادی یا صفحات پوشش فولادی به عنوان سیستم باربر لرزه‌ای در کنار سیستم دیوار باربر متشکل از قاب‌های سبک فولادی سردنورد مجاز است و طراحی سازه طبق ضوابط مطرح‌شده در این استاندارد و با رعایت محدودیت‌های متناظر با حداکثر ارتفاع و مناطق لرزه‌خیزی مجاز انجام می‌شود. در صورت رعایت مفاد مندرج در جدول مورد اشاره امکان اجرای ساختمان با سیستم دیوار باربر متشکل از قاب‌های سبک فولادی سردنورد تا ۱۵ متر مجاز است.

با توجه به ساختار کلی سازه و قرارگیری قطعات فلزی در فواصل مشخص برای تشکیل پنل‌های دیواری و سقفی، در انتخاب جزئیات اجرایی مطابق ضوابط ارائه شده در مباحث فیزیک ساختمان (از جمله انرژی، آکوستیک و آتش) ملاحظاتی وجود خواهد داشت. این ملاحظات ممکن است در کنار کاربری ساختمان و همچنین، موقعیت جغرافیایی احداث بنا، محدودیت‌هایی در اجرای سازه‌ایجاد نماید.



شکل ۱-۱ اعضای سیستم قاب سبک فولادی

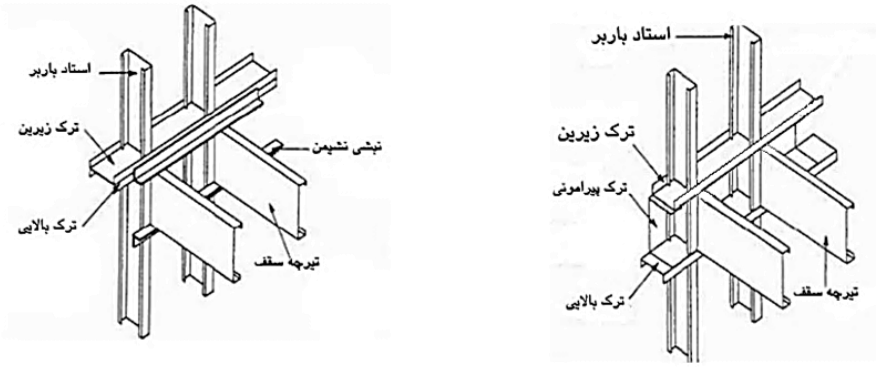
۱-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

ساخت و اجرای یک سیستم دیوار باربر سبک فولادی سردنورد از تولید قطعات سردنورد در کارخانه آغاز می شود. با توجه به اینکه اغلب فرآیندهای برش، فرم دهی و سوراخ کردن قطعات تشکیل دهنده این سیستم به صورت خودکار انجام می شود، ضروری است رواداری‌ها و کنترل‌های مرحله ای مندرج در نشریه ۶۱۲ سازمان مدیریت در این فرآیند مورد توجه قرار گیرد. علاوه بر این، با توجه به ویژگی‌های فلز پایه، ضخامت و هندسه قطعات و همچنین، کاربری و موقعیت ساختمان، کنترل نوع پوشش اجرا شده بر روی قطعات و ضخامت آن از اهمیت بالائی برخوردار است.

لازم به ذکر است، اجرای موفق این سیستم وابسته به دقت به کار رفته در ساخت قطعات، اجرای سوراخکاری‌ها و انتخاب مناسب ادوات اتصالات می باشد. از این رو، کلیه این موارد باید در زمان ساخت قطعات و سپس نصب آن‌ها به دقت کنترل شود. رعایت ملاحظات کلی مرتبط با اجرای شالوده، پرکننده‌ها، سقف‌ها و ... نیز متناسب با اسناد معتبر در دسترس از جمله نشریه ۶۱۲ سازمان مدیریت الزامی است.

۱-۱-۴ روش طراحی و اجرا

اجرای قاب‌های سبک فولادی به دو روش طبقه‌ای و یکپارچه صورت می‌گیرد؛ در روش طبقه‌ای، تمامی مراحل اجرای سازه در محل ساختمان و به صورت طبقه به طبقه انجام می‌شود. این در حالیست که در روش یکپارچه، قطعات دیواره‌ای با ارتفاعی بیشتر از یک طبقه و در محل کارگاه ساخته شده و برپا می‌شود.



الف) سیستم قاب بندی طبقه‌ای (Platform Framing) ب) سیستم قاب بندی دیواری ممتد (Balloon Framing)

شکل ۱-۲ روش‌های مختلف اجرا و قاب بندی در ساختمان‌های سبک فولادی سرد نورد

سیستم قاب‌های سبک فولادی سردنورد در قالب هر دو روش اجرای طبقه‌ای و یکپارچه، در زمره فناوری‌های مورد تائید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی قرار می‌گیرد. با توجه به مطالب عنوان شده در متن، دنبال کردن ضوابط طراحی و اجرا براساس مراجع مورد اشاره برای استفاده از این فناوری در صنعت ساختمان ضروری است. ضمن اینکه، دریافت گواهینامه فنی برای مقاطع ساخته‌شده از فولادسرد نورد توسط کارخانجات تولیدکننده این محصولات الزامی است.

۱-۱-۵ مبانی طراحی و اجرا

کفایت عملکرد سیستم متشکل از دیوارهای باربر سبک فولادی سردنورد تحت اثر بارهای ثقلی، با پیروی از ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ایران و آئین‌نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سبک سردنورد (LSF) (نشریه ض-۶۰۸ مرکز و نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه) ارزیابی می‌شود. برای تعیین نیروی طراحی دیوارهای برشی به کارگرفته شده در این سیستم، رعایت ضوابط ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ الزامی است. علاوه بر این، در شرایطی که سیستم‌های دیگری – از جمله دیوارهای

برشی بتن‌آرمه یا پوشش صفحات سازه‌ای چوبی (OSB و PlyWood) – به عنوان سیستم باربر لرزه‌ای مورد توجه قرار گرفته باشد، مراجعه به جزئیات طراحی و اجرای مورد اشاره در آئین‌نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سبک سردنورد (LSF) (نشریه ض–۶۰۸ مرکز و نشریه ۶۱۲ سازمان مدیریت)، بخش‌های مرتبط از استاندارد ۲۸۰۰ ضروری است.

علاوه بر موارد فوق، ضروری است صلب بودن سقف به جهت توزیع مناسب نیرو و همچنین، تامین کفایت عملکرد ثقلی و لرزه‌ای مجموعه سازه و سقف، مورد توجه قرار گیرد. این مسئله باید با استفاده از مدلسازی‌های عددی و با درنظر گرفتن ضوابط پیوست ۴ از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران کنترل شود.

ضمناً، موارد مرتبط با طراحی اتصالات پیچی نیز براساس آئین‌نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سبک سردنورد (LSF) (نشریه ض–۶۰۸ مرکز و نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه) مورد استناد قرار می‌گیرد.

علاوه بر جزئیات سازه‌ای فوق، صدابندی هوابرد جداکننده‌ها در کاربری‌های مختلف باید مطابق با الزامات مطرح شده در بند ۱۸–۲ مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان باشد و اصول تعیین‌شده در خصوص صرفه‌جویی در مصرف انرژی، در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان نیز به دقت دنبال شود. لازم است ملاحظات کامل هوابندی در جداره‌های داخلی و خارجی، بازشوها و همچنین محل نصب اجزاء اتصالی نظیر پیچ و مهره، با توجه به اقلیم مورد نظر و نیز خطر میعان به عمل آید.

ضمن آنکه، مقاومت پوشش‌های این سیستم در برابر آتش براساس مبحث سوم مقررات ملی و نشریه ض–۶۰۸ مرکز بررسی و ارزیابی شود. در کلیه موارد مذکور، رعایت موارد مندرج در و نشریه ۶۱۳ سازمان برنامه و بودجه الزامی است.

کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام، خوردگی، زیست محیطی و غیره می‌بایستی بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران یا آئین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تأیید، به کار گرفته شود.

۶-۱-۱ الزامات کلی سیستم

۱- در مناطق با لرزه‌خیزی (مطابق ویرایش چهارم آئین‌نامه ۲۸۰۰ ایران) استفاده از این سیستم سازه‌ای همراه با مهاربند تسمه‌ای فولادی یا صفحات با پوشش فولادی حداکثر در پنج طبقه یا ارتفاع ۱۵ متر از تراز پایه بلامانع است.

۲- بکارگیری حداکثر دهانه ۶ متر و حداکثر ارتفاع ناخالص (با احتساب ضخامت سقف) ۳/۶۰ متر برای هر طبقه در این سیستم مجاز می‌باشد.

۳- طراحی کلیه اجزاء و اتصالات آن باید بر اساسنشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه انجام گیرد.

۴- کنترل سازه در مقابل باراد بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران مبحث ششم انجام گردد.

۵- رعایت محدودیت حداکثر بار زنده و مرده به ترتیب ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع برای سقف‌ها الزامی است.

۶- رعایت مشخصات فولاد سرد نورد شده بر اساس نشریه ۶۱۲سازمان برنامه و بودجه الزامی است.

۷- تأمین ضوابط دیافراگم صلب برای کلیه سقف‌ها الزامی است.

۸- کلیه اتصالات اعضاء قائم به اعضاء افقی می‌بایستی به گونه‌ای باشند که یکپارچگی اعضاء در ارتفاع سازه تأمین گردد.

۹- ضوابط مربوط به اجزاء اتصالی شامل پیچ خودکار، پیچ و مهره می‌بایستی مطابق الزامات نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه تأمین‌گردد.

۱۰- در صورت استفاده از اتصالات جوشی، رعایت ضوابط و مقررات مربوط به جوشکاری اعضاء سرد نورد شده مطابق نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه الزامی است.

۱۱- سقف سازه‌ای این سیستم متشکل از تیرچه فلزی و دال بتن آرمه فوقانی به صورت مقطع مرکب می‌باشد که می‌بایستی بر مبنای ضوابط مقاطع مرکب مطابق نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تأمین گردد.

۱۲- بکارگیری مصالح بنائی در دیوارهای خارجی و داخلی مجاز نمی‌باشد. حداکثر وزن متر مربع سطح دیوار تمام شده در جداکننده‌های داخلی نبایستی بیشتر از ۵۰ کیوگرم بر متر مربع و در دیوارهای خارجی نبایستی بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع باشد.

۱۳- لازم است تمهیدات لازم جهت عدم مشارکت پانل‌های غیر باربر و جدا کننده‌ها در سختی جانبی سازه مطابق با پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ صورت پذیرد.

۱۴- لازم است تمهیدات لازم متناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران صورت پذیرد.

۱۵- کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام، خوردگی، زیست محیطی و غیره می‌بایستی بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آئین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تأیید، بکار گرفته شود، در غیر این صورت اخذ تأییدیه فنی در این خصوص از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.

۱۶- الزامات مربوط به انرژی باید مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان رعایت گردد.

۱۷- در صورتی که عایق حرارتی به‌صورت پرکننده اجرا شود، باید نوع و ضخامت عایق، مقاومت حرارتی مورد نیاز را تأمین نماید.

۱۸- به منظور کاهش اثر پل حرارتی، لازم است حد فاصل ستونک ها (Stud) و لایه خارجی جداره با نوعی عایق حرارتی متراکم پر گردد.

۱۹- لازم است ملاحظات کامل هوابندی در جداره‌های داخلی و خارجی، بازشوها و همچنین محل نصب اجزاء اتصالی نظیر پیچ و مهره، با توجه به اقلیم مورد نظر و نیز خطر میعان بر اساس نشریه ۶۱۳ سازمان برنامه و بودجه به عمل آید.

۲۰- رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان درخصوص حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره‌ها در مقابل حریق با درنظر گرفتن ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی اجزاء ساختمانی الزامی است.

۲۱- صدابندی هوابرد جداکننده های بین واحد های مستقل و پوسته خارجی ساختمان و صدابندی سقف بین طبقات می‌بایست مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تامین گردد.

۱-۲ سیستم ساختمانی نیمه پیش ساخته بتنی متشکل از پانل‌های دیوار دولایه و سقف و بتن درجا

۱-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

این سیستم ساختمانی برای تولید انبوه مسکن به روش صنعتی در دهه هشتاد میلادی در اروپا ابداع شده‌است. این سیستم متشکل از دیوارهای باربر برشی بتنی و سقف‌های دال بتنی خمشی است. سیستم را باید نیمه پیش‌ساخته نامید، به این دلیل که بخشی از پانل‌های دیواری و دال سقف در کارخانه ساخته می‌شوند و پس از حمل پانل‌ها و استقرار طبق پلان ساختمان، بخش نهایی اجرای سازه توسط بتن‌ریزی در کارگاه صورت می‌گیرد. هدف اصلی از نیمه پیش‌ساخته بودن سیستم، ایجاد سرعت در احداث ساختمان و نیز یکپارچگی کامل اجزاء آن است. همانگونه که در شکل ۱-۳ دیده می‌شود، پانل‌های دیوار دارای دو لایه بتن مسلح داخلی و خارجی هستند که به وسیله خرپاهای فولادی قائم به یکدیگر متصل شده‌اند. در فضای مابین دو لایه، شبکه‌های میلگرد فولادی قرار داده می‌شود و سپس، بتن‌ریزی داخل پانل انجام می‌شود. پانل‌های سقف دارای یک لایه بتن مسلح تحتانی هستند و تیرچه‌های فولادی در فواصل منظم به آن متصل شده‌اند. در حد فاصل تیرچه‌ها از بلوک‌های پلی استایرن برای سبک‌سازی سقف استفاده می‌شود. پس از استقرار پانل‌های دیواری طبق پلان، دال‌های سقف روی لبه فوقانی پانل‌های دیواری مستقر می‌شوند و سپس، بتن‌ریزی فضای داخلی دیوار و روی دال سقف همزمان صورت می‌گیرد. در این سیستم، لایه‌های بتنی پیش‌ساخته پانل‌های دیوار نقش قالب را بازی می‌کنند و عملاً فقط بتن ریخته شده درون آن‌ها در کارگاه می‌تواند پس از کسب مقاومت در سیستم باربر جانبی مشارکت کند. همانطور که در شکل ۱-۴ و شکل ۱-۵ مشاهده می‌شود، با توجه به فضای داخلی پانل‌های دیوار قبل از بتن‌ریزی امکان تعبیه سیم‌کشی برق در آن‌ها وجود دارد و روی پانل‌های سقف نیز می‌توان لوله‌کشی آب و فاضلاب را قبل از بتن‌ریزی نصب نمود.

۱-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

از نظر سازه‌ای، با توجه به عدم امکان فولادگذاری دیوارها برای تامین شکل‌پذیری متوسط و ویژه، سیستم دیوار دو لایه را می‌توان دارای شکل‌پذیری کم تلقی نمود که برای مقاومت در برابر زلزله، بیشتر به یکپارچگی قابل توجه اجزاء سازه و اضافه مقاومت دیوارهای متعدد خود متکی است. بر اساس استاندارد ۲۸۰۰، کاربرد این سیستم به عنوان دیوار برشی بتنی معمولی برای ساختمان‌های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد مجاز نیست. براساس ارزیابی‌های بعمل آمده در مرکز تحقیقات راه، مسکن و

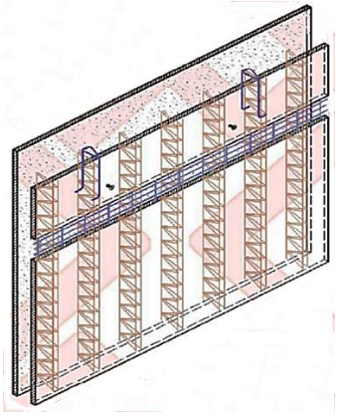
شهرسازی، از این سیستم می‌توان در مناطق با خطر نسبی کم و متوسط برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط با حداکثر ارتفاع ۱۵ متر استفاده نمود.

با توجه به اتکای سیستم بر پانل‌های پیش ساخته، برای اجرای آن به خط تولید مجهز و همچنین جرثقیل در کارگاه برای نصب پانل‌ها نیاز می باشد. شعاع حمل اقتصادی با توجه به شرایط پروژه و حجم کار باید از مقایسه هزینه حمل پانل‌ها و صرفه جویی ناشی از کاربرد آن‌ها و افزایش سرعت اجرا بدست آید.

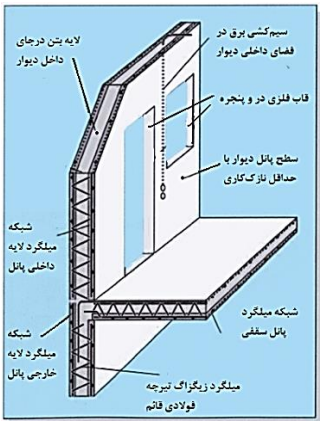
برای تامین عایق حرارتی ساختمان، لازم است لایه عایق با مشخصات فنی لازم بر اساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در خارج یا داخل ساختمان نصب شود.

۱-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

روش تولید این سیستم شامل دو بخش کارخآن‌های و کارگاهی است. در کارخانه برای ساخت پانل‌ها از میزهای بتن‌ریزی و لرزاننده مخصوص استفاده می‌شود (شکل ۱-۷). پس از میلگردگذاری، بتن‌ریزی و تراکم لایه اول پانل دیوار، قالب به محفظه عمل‌آوری منتقل می‌شود و تحت گرما و بخار سریعاً سخت می‌شود. بتن لایه دوم پانل درون قالب ریخته شده و لایه اول به همراه تیرچه‌های فولادی متصل به آن به صورت وارونه روی لایه دوم فرود می‌آید (شکل ۱-۸). سپس تراکم بتن لایه دوم صورت می‌گیرد و مجدداً به محفظه عمل‌آوری منتقل می‌شود.



شکل ۱-۳ نمایی از پانل دیوار و تیرچه‌های قائم فولادی



شکل ۱-۴ نمایی از سیستم دیوار دو لایه بتنی

شکل ۱-۵ سقف پیش ساخته قبل از بتن‌ریزی

شکل ۱-۶ نصب پانل‌های دیوار در سیستم دیوار دولایه بتنی

پانل‌های سقف تک لایه هستند و در یک مرحله بتن‌ریزی و عمل‌آوری می‌شوند. کنترل کیفیت شامل کنترل مصالح سنگی، سیمان و آب برای تولید بتن، طرح اختلاط بتن، رژیم حرارتی و رطوبتی محفظه عمل‌آوری و کنترل‌های رواداری ابعاد پانل است. تیرچه‌های فولادی رابط دو لایه بتنی پانل از شرکت‌های تولیدکننده خریداری می‌شوند و مدارک کنترل کیفیت آن‌ها پیش از استفاده بررسی می‌شود.

۱-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا

طراحی و اجرای این سیستم از نظر تعیین بارهای وارده بر ساختمان تابع مبحث ششم و از نظر طرح و اجرای بتن مسلح تابع مبحث نهم مقررات ملی ساختمان است. در مورد این سیستم قبلاً دو نشریه توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی تهیه شده است که به جزئیات طراحی و اجرای سیستم دیوار دو لایه می‌پردازند. نشریه ض- ۵۸۵ با عنوان «دستورالعمل اجرایی سیستم ساختمانی نیمه پیش ساخته متشکل از پانل‌های دیوار و سقف و بتن درجا» و نشریه گ- ۴۸۷ با عنوان «سیستم دیوار دو لایه با قالب سرخود بتنی».

شکل ۱-۷ پانل دیوار در مرحله بتن ریزی و تراکم روی میز لرزان

شکل ۱-۸ لایه اول پانل دیوار در حال فرود روی لایه دوم

صدابندی هوابرد و کوبه‌ای جداکننده‌ها (دیوارها و سقف‌ها) در کاربری‌های مختلف باید مطابق با الزامات مطرح شده در بند ۱۸-۲ مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین گردد.

لازم است طراحی و اجرای این سیستم با رعایت اصول تعیین‌شده در خصوص صرفه‌جویی در مصرف انرژی، در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و همچنین گزارش تحقیقاتی سیستم دیوار دو لایه با قالب سرخود بتنی (گ- ۴۸۷ چاپ ۱۳۸۷) مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، صورت گیرد.

به طورکلی در خصوص این سیستم سازه‌ای، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای این نوع سیستم سازه‌ای با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ابعاد کافی برای اعضای بتنی و پوشش بتنی میلگردها و یا کابل‌ها، قابل تامین خواهد بود.

۱-۲-۵ الزامات کلی سیستم

۱- حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان ۱۵ متر از تراز پایه برای ساختمان‌ها با اهمیت متوسط می‌باشد.

۲- طرح سازه‌ای و لرزه‌ای این سیستم باید براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان انجام گیرد.

۳- امکان اجرای این نوع سیستم در مناطق با خطر لرزه‌خیزی کم و متوسط براساس آخرین ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ ایران وجود دارد.

۴- حداکثر دهانه باربر ثقلی ۵ متر وحداکثر طول آزاد و ارتفاع خالص پانل‌های دیواری به ترتیب ۶ و۳/۲۰ متر است.

۵ - تـمـهیـدات لازم در مـورد بـازشـوها بـراسـاس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان لحاظ شود.

۶- رعـایت مبـاحـث منـدرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در اتصالات سازه‌ای و رعایت مشخصات بتن پاششی براساس ACI 506-R الزامی است.

۷- منظم بودن ساختمان در ارتفاع الزامی است.

۸- بار زنده قابل اعمال در محدودهٔ ۴۰۰-۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع است.

۹- کنترل سازه در مقابل باربادِ بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران مبحث ششم و با در نظر گرفتن سیستم مقاوم در مقابل بارجانبی ناشی از زلزله انجام شود.

۱۰- مشخصات شبکهٔ جوش باید براساس استاندارد ASTM باشد.

۱۱- تمهیدات لازم در شرایط مختلف اقلیمی برای بتن مسلح مانند فولاد گالوانیزه و بتن مقاوم در محیط خورنده لحاظ شود.

۱۲- حداقل تنش تسلیم فولادها ۲۴۰ مگاپاسکال و حداقل قطر آن‌ها ۳ میلی‌متر باشد.

۱۳- عمل سختی‌زدایی در صورت استفاده از فولاد پس کشیده انجام شود.

۱۴- کاربرد پلی‌استایرن منبسط شونده از نوع کندسوز مطابق با دستورالعمل ارائه شده مرکز و یا استاندارد ASTM مجاز است.

۱۵- رعایت مباحث مربوط به انرژی، آتش و آکوستیک بر اساس مقررات ملی ساختمان الزامی است.

۱۶- امکان اجرای نما از نوع تر و یا با رعایت تمهیدات خاص از نوع خشک وجود دارد.

۱۸- کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری، سازه‌ای و تأسیسات مکانیکی و برقی از حیث دوام، خوردگی، زیست محیطی، بهداشتی و غیره باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آئین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تأیید به کار گرفته شود،

۱-۳ ساختمان‌های نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی با بتن پاششی 3D (دیوار باربر)

۱-۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

این سیستم ساختمانی در دهه هشتاد میلادی به بازارهای جهانی معرفی شد و در صنعت ساختمان مورد استفاده قرار گرفت. کشورهای ارائه کننده این سیستم در ابتدا اتریش و ایتالیا بودند. در ایران نیز نسل اول این پانل‌ها چندین دهه قبل تولید و مورد استفاده قرار گرفت. ساختمان‌های نیمه پیش‌ساخته ساندویچ پانل، متشکل از پانل‌های دیواری و سقفی می‌باشند. پانل‌های دیواری دو عملکرد اصلی را در این ساختمان‌ها به عهده دارند، اول آنکه بعنوان دیوارهای اصلی جدا کننده بعنوان یک عضو معماری ایفای نقش می‌نمایند و دوم این پانل‌ها، نقش اعضا سازه‌ای در تحمل بارهای ثقلی و جانبی را دارند. به عبارت دیگر، به طور متعارف اعضای تیر و ستون در این ساختمان‌ها وجود ندارند. پانل‌های سقفی که تحمل بارهای کف و انتقال آن را به پانل‌های دیواری برعهده دارند، بصورت مستقیم و بدون وجود المان تیر، به پانل‌های دیواری متصل می‌گردند. ضخامت پانل‌های دیواری و سقفی بسته به محاسبات متفاوت می‌باشند. شکل ۱-۱۰ تصویری از یک ساختمان با ساندویچ پانل را نشان می‌دهد. پس از نصب پانل‌های دیواری و سقفی هر طبقه، بتن ریزدآن‌های به روی دو وجه داخلی و خارجی پانل‌ها پاشیده می‌شود (شکل ۱-۱۰). اجرای بتن پاششی سقف باید بعد از سخت شدن بتن دیوارها انجام شود.

شکل ۱-۹ نصب پانل‌ها

شکل ۱-۱۰ بتن پاشی بر روی پانل‌ها

۱-۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

استفاده از این سیستم به عنوان سیستم دیوار باربر و به صورت سامانه پانلی کامل براساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، در تمام مناطق لرزه‌خیز کشور، تا ارتفاع حداکثر ۱۰ متر از تراز پایه مجاز می‌باشد.

ضریب رفتار این سیستم باید $R_u=3$ در نظر گرفته شود.

ساختمان باید در پلان و ارتفاع منظم باشد.

حداکثر نسبت ارتفاع به عرض ساختمان در سامانه‌های پانلی کامل به ۲ محدود می‌گردد.

حداکثر دهانه باربر ثقلی به ۶ متر، حداکثر طول آزاد افقی به ۶ متر و حداکثر ارتفاع آزاد طبقات به ۳/۲۰ متر محدود می‌شود.

۱-۳-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

صفحه‌ها به روش صنعتی به عرض یک متر و طول سه متر یا بیشتر به صورت پیوسته در کارخانه تولید می‌گردند. میلگردهای به‌کار برده شده در شبکه پانل‌ها به صورت مفتول‌های فولادی پیش نورد شده سرد به قطرهای ۲/۵، ۳ و ۳/۵ میلی‌متر توسط دستگاه کشش، تهیه شده و عمل سختی و تنش زدائی جهت رسیدن به شکل پذیری مورد نیاز برروی میلگردهای صورت می‌گیرد. چشمه شبکه پانل اکثراً به ابعاد ۵۰×۵۰، ۸۰×۸۰ و۱۰۰×۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد که از قرارگیری مفتول‌ها به صورت شبکه عمود بر هم و جوش شدن به هم با استفاده از دستگاه جوش اتوماتیک (قوس الکتریکی) ایجاد می‌شوند. مفتول‌های مورب به قطرهای ۳ یا ۴ میلی‌متر که دو صفحه شبکه را به هم متصل می‌کنند، توسط ماشین خودکار به شبکه جوش می‌شوند و قطعات نهایی پانل در طول مورد نیاز توسط دستگاه بریده می‌شوند.

۱-۳-۴ مبانی طراحی و اجرا

۱-۳-۴-۱ الزامات طراحی:

طراحی سازه‌ای صفحات ساندویچی بر مبنای مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و طرح لرزه‌ای آن مطابق آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران صورت می‌پذیرد. برای طراحی سازه‌ای روش طراحی بر مبنای حالت‌های حدی است و ضرایب جزئی ایمنی و ضرایب افزایش یا کاهش بار مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان حالات ترکیب بارگذاری‌ها نیز اعمال می‌گردد.

برای نوع عملکرد ساختمان‌های مرکب از صفحات ساندویچی در برابر آثار ناشی از زلزله مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ ایران با ضریب رفتار $R_u=3$ و با در نظرگرفتن تمامی ملاحظات و ضوابط و مقررات متن آئین‌نامه به کار برده می‌شود.

مشخصات و ویژگی‌های پانل‌های ساندویچی سبک سه بعدی باید در تطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۷۱۴۳ باشد.

ضخامت لایه بتن پاششی در هر طرف لایه پلی استایرن دیوار، حداقل باید ۴۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

ضروری است برای تامین شکل‌پذیری لازم در سازه‌های پانلی مقاوم در برابر زلزله، از کلاف‌های قائم و برای تامین یکپارچگی و انسجام سقف و انتقال نیروهای جانبی از دیافراگم سقف به اعضای باربر جانبی نیز از کلاف‌بندی افقی استفاده شود. کلاف‌های قائم ضروری است در گوشه‌های اصلی ساختمان، در طول دیوار و ترجیحاً در نقاط تقاطع دیوارها با حداکثر فاصله محور تا محور ۵ متر از یکدیگر تعبیه شوند. سطح مقطع معادل میلگردهای طولی کلاف‌ها نباید کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر مربع باشد.

مقاومت مشخصه بتن پاششی حداقل باید ۲۰ مگا پاسکال باشد. به دلیل ماهیت اجرایی بتن پاشیده شده و تفاوت طرح اختلاط آن با بتن معمولی و هم چنین تاثیر قابل توجه اپراتور بتن پاش در کیفیت نهایی آن ضروری است آزمایش های لازم قبل، حین و بعد از اجرای بتن پاشی با دقت کافی انجام شود.

صدابندی هوابرد و کوبه‌ای جداکننده‌ها (دیوارها و سقف‌ها) در کاربری‌های مختلف باید مطابق با الزامات مطرح شده در بند ۱۸-۲ مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین گردد.

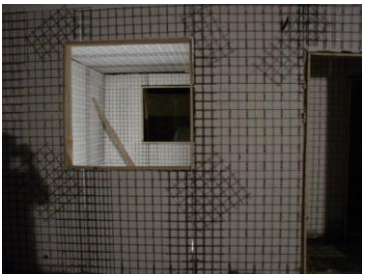
لازم است طراحی و اجرا با رعایت اصول تعیین‌شده در خصوص صرفه‌جویی در مصرف انرژی، در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و همچنین گزارش تحقیقاتی سیستم صفحات ساندویچی با بتن پاششی (گ- ۴۵۹، ۱۳۸۷) مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، صورت گیرد.

۱-۳-۴-۲ الزامات اجرا:

در این سیستم می‌توان بازشوها را اعم از پنجره و یا درب، بعد از نصب پانل‌ها و یا قبل از نصب تعبیه نمود که معمولاً در مورد پانل‌های دیواری این عمل بعد از نصب انجام می‌گردد. استفاده از شبکه

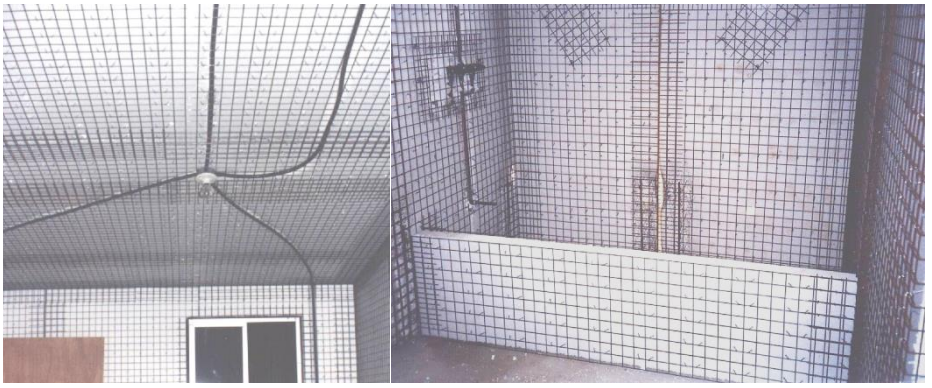
میلگرد جوش شده در گوشه بازشوها از جزئیات اجرائی می باشد که باید رعایت گردد. جهت دستیابی به ابعاد صحیح و صاف در اطراف بازشوها، معمولاً از یک قالب چوبی استفاده می‌گردد که در شکل ۱- نشان داده شده است.

یکی از خصوصیات این سیستم، انعطاف پذیری آن به هنگام اجرای تاسیسات مکانیکی و برقی می باشد. پس از نصب پانل‌ها و قبل از بتن پاشی عملیات اجرای تاسیسات در داخل ورق پلی استایرن مشروط بر آن که میلگردهای بریده شده با تعبیه شبکه مفتول فولادی مناسب و هم پوشانی با سایر میلگردهای شبکه جایگزین شوند انجام می‌شود.



شکل ۱-۱۱ شبکه جوش شده اضافی در گوشه بازشو و قالب چوبی پیرامون بازشو

تصاویر ارائه شده در شکل ۱- تاسیسات برقی و مکانیکی نصب شده بر روی مجموعه پانل‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۲تاسیسات مکانیکی و برقی نصب شده بروی مجموعه پانل‌ها

بتن پاشی بر روی پانل‌های نصب شده بر اساس آئین‌نامه ACI 506R انجام می‌شود. پس از انجام بتن پاشی، باید سطح بتن پرداخت گردد. این عمل در دو مرحله بوسیله ماله تخته‌ای و ماله فلزی انجام می‌شود. شکل ۱- عملیات بتن پاشی را با استفاده از دو ابزار متفاوت نشان می‌دهد.

شکل ۱-۱۳ تصاویر مربوط به بتن پاشی پانل‌ها

به طور کلی در خصوص این سیستم سازه‌ای، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود.

پلی‌استایرن منبسط شده مورد استفاده در این سیستم باید از نوع خود خاموش‌شو (کندسوز) باشد. نحوه محافظت این پلی‌استایرن با پوشش مانع حرارتی و سایر نکات مربوطه از جمله نحوه قطع این پلی‌استایرن به منظور جلوگیری از گسترش حریق باید مطابق بخش ۳-۷-۴ و بند اختصاصی ۳-۷-۴-۴ ویرایش سوم مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران باشد.

۱-۳-۵ الزامات کلی سیستم

۱- حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان ۱۰ متر از تراز پایه یا سه طبقه مسکونی است.

۲- طرح سازه‌ای و لرزه‌ای این سیستم باید براساس نشریه ۳۸۵ سازمان برنامه و بودجه و ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ انجام گیرد.

۳- امکان اجرای این نوع سیستم در همهٔ انواع زمین‌ها و کلیهٔ پهنه‌های لرزه‌خیزی ایران براساس آخرین ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ ایران وجود دارد.

۴- حداکثر دهانه باربر ثقلی ۵ متر وحداکثر طول آزاد و ارتفاع خالص پانل‌های دیواری به ترتیب ۶ و۳/۲۰ متر است.

۵ - تمهیدات لازم در مورد بازشوها براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان لحاظ شود.

۶- رعایت مباحث مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در اتصالات سازه‌ای و رعایت مشخصات بتن پاششی براساس ACI 506-R الزامی است.

۷- منظم بودن ساختمان در ارتفاع الزامی است.

۸- بار زنده قابل اعمال در محدودهٔ ۴۰۰-۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع است.

۹- کنترل سازه در مقابل باراد بر مبنای مقررات ملی ساختمان مبحث ششم و با در نظر گرفتن سیستم مقاوم در مقابل بارجانبی ناشی از زلزله انجام شود.

۱۰- مشخصات شبکهٔ جوش باید براساس استاندارد ASTM باشد.

۱۱- تمهیدات لازم در شرایط مختلف اقلیمی برای بتن مسلح مانند فولاد گالوانیزه و بتن مقاوم در محیط خورنده لحاظ شود.

۱۲- حداقل تنش تسلیم فولادها ۲۴۰ مگاپاسکال و حداقل قطر آن‌ها ۳ میلی‌متر باشد.

۱۳- عمل سختی‌زدایی در صورت استفاده از فولاد پس کشیده انجام شود.

۱۴- کاربرد پلی‌استایرن منبسط شونده از نوع کندسوز مطابق با دستورالعمل ارائه شده مرکز و یا استاندارد ASTM مجاز است.

۱۵- رعایت مباحث مربوط به انرژی، حریق و آکوستیک بر اساس مقررات ملی ساختمان الزامی است.

۱۶- امکان اجرای نما از نوع تر و یا با رعایت تمهیدات خاص از نوع خشک وجود دارد.

۱۸- کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری، سازه‌ای و تأسیسات مکانیکی و برقی از حیث دوام، خوردگی، زیست محیطی، بهداشتی و غیره باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان و یا آئین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تأیید به کار گرفته شود

۱-۴ دیوار باربر بتن‌مسلح با قالب‌های عایق ماندگار(ICF)

۱-۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

در ساختمان‌های دیوار باربر بتن‌مسلح، انتقال نیروهای ثقلی و زلزله توسط دیوارها انجام می‌شود. این سیستم سازه‌ای در آیین‌نامه‌های ساختمانی از جمله استاندارد ۲۸۰۰ ایران شناخته شده است و ضوابط طراحی و اجرای آن تدوین شده است. قالب‌های عایق ماندگار دیواری پرشونده با بتن (قالب گُم دیواری) اساساً قالب‌های دائمی هستند که برای بتن‌ریزی و ساخت دیوارهای بتن مسلح استفاده می‌شوند. قالب‌های ICF[1] پس از بتن‌ریزی به عنوان جزئی از دیوار محسوب شده و نقش عایق حرارتی را ایفا می‌کنند.

۱-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

از این سیستم ساختمانی می‌توان برای احداث انواع ساختمان‌ها در چارچوب ضوابط سازه‌ای مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران بهره گرفت و محدودیت‌های ارتفاعی منوط به رعایت شکل پذیری متوسط یا زیاد مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و مطابق با آن می‌باشد.

۱-۴-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

این قالب‌ها معمولاً در انواع پانلی، نواری یا بلوکی تولید می‌شوند که از نظر ابعاد، شکل هندسی سوراخ‌ها و یا فضای خالی برای بتن ریزی، با یکدیگر متفاوت هستند.

به لحاظ شکل هندسی بدنه داخلی قالب و به عبارت دیگر شکل هندسی بخش بتنی پس از اجرا، دیوار حاصل می‌تواند یکی از حالت‌های زیر باشد:

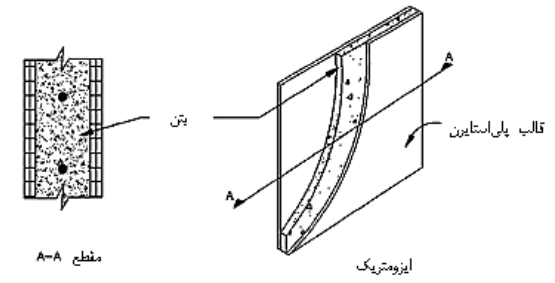
- تخت و صاف[2]
- شبکه‌ای دو بعدی بدون حفره[3]
- شبکه‌ای دو بعدی حفره دار[4]

1- Insulating concrete form
2 -Flat
3 -Waffle Grid
4 -Screen Grid

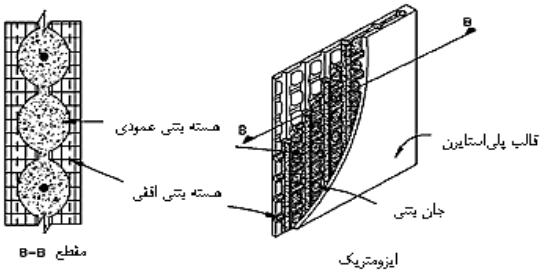
شکل ۱- نمونه‌هایی از انواع این قالب‌ها را نشان می‌دهد. نوع تخت و صاف متداول‌ترین نوع این قالب‌ها بوده و به ندرت از نوع شبکه‌ای دو بعدی حفره‌دار نیز استفاده می‌شود.

قالب‌های ICF از نظر شکل و ابعاد به سه دسته بلوکی، تخته‌ای یا نواری و پانلی تقسیم می‌شوند. بلوک‌ها ابعاد کوچکتری نسبت به انواع دیگر دارند و معمولاً تا ابعاد ۳۰ × ۱۲۰ سانتی‌متر تولید می‌شوند.

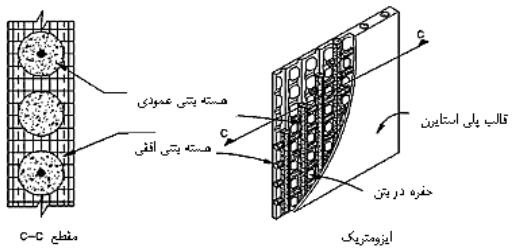
قالب‌های تخته‌ای یا نواری دارای ابعاد بزرگ‌تر تا حدود ۳۰ ×۲۴۰ سانتی‌متر هستند که معمولاً به شکل دو تخته جداگانه با ضخامت ۵ سانتی‌متر به محل ساختمان منتقل شده و سپس به‌وسیله اتصالات پلاستیکی به هم متصل می‌شوند. ابعاد پانل‌ها بسیار متنوع بوده و معمولاً تا ابعاد ۱۲۰×۳۶۰ سانتی‌متر نیز تولید می‌شوند. ضخامت جداره‌ها و فاصلهٔ دو لایه عایق از یکدیگر بر اساس نیازهای سازه‌ای و حرارتی تعیین می‌گردد. پانل‌ها می‌توانند به‌صورت عمودی یا افقی در ساختمان به‌کار روند (شکل ۱-).



الف: قالب تخت وصاف

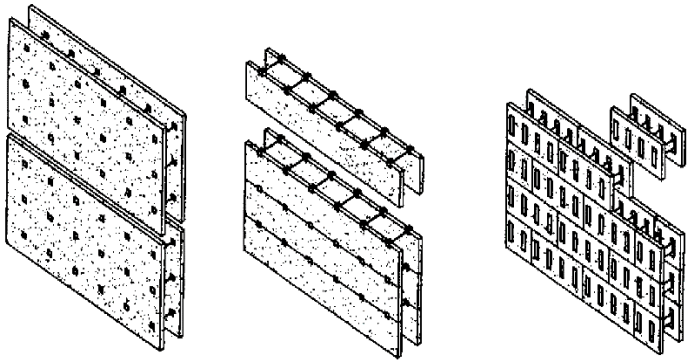


ب: قالب شبکه‌ای دو بعدی بدون حفره



پ: قالب تیکه ای دو بعدی حفره دار

شکل ۱-۱۴ شمایی از انواع قالب‌های عایق ماندگار بتن از لحاظ هندسهٔ داخل قالب



شکل ۱-۱۵ انواع مختلف قطعات قالب ماندگار دیواری از نظر ابعاد (بلوکی، نواری و پانلی)

با وجود این‌که انواع قالب‌های عایق ماندگار دیواری با هدف مشابهی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ اما با یکدیگر تفاوت‌هایی دارند که به شرح زیر می‌باشد:

قالب‌های ماندگار دیواری ICF از نوع پانلی معمولاً اغلب دارای رابط‌های فلزی بوده و مقداری از میلگردگذاری داخل دیوار (میلگردهای افقی یا قائم) در محل کارخانه در قالب‌ها منظور می‌گردد (شکل ۱-). بدین ترتیب از عملیات میلگردگذاری در محل اجرای ساختمان کاسته می‌شود. اما در انواع قالب‌های ماندگار بلوکی، اغلب میلگردگذاری به طور کامل در محل اجرای ساختمان صورت می‌گیرد.

شکل ۱-۱۶ یک نمونه قالب ماندگار پانلی دارای میلگردگذاری کارخآن‌های

شکل ۱-۱۷۲ نمونه قالب ماندگار نواری قائم

بتن‌ریزی در انواع قالب‌های ماندگار بلوکی می‌تواند در چند مرحلهٔ ارتفاعی انجام شود، درصورتی‌که در انواع قالب‌های پانلی معمولاً بتن‌ریزی در یک مرحله انجام می‌شود. این موضوع ممکن است از لحاظ ضوابط بتن‌ریزی در ارتفاع محدودیت‌هایی را به‌دنبال داشته باشد. در این خصوص لازم است عملیات اضافه‌ای مانند استفاده از فوق‌روان‌کننده‌ها یا ایجاد دریچه در ارتفاع قالب صورت گیرد.

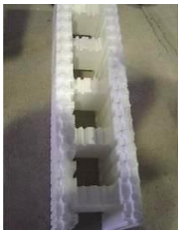
قطعات عرضی یا رابط‌ها، اتصال صفحات دو طرف قالب را ممکن می‌سازند. برای ساخت این اتصالات معمولاً از یکی از مصالح زیر استفاده می‌شود:

- رابط‌هایی از جنس پلی‌پروپیلن با دانسیته بالا (HDPP)
- رابط‌هایی از جنس پلی‌استایرن منبسط شونده (EPS)

- رابط‌هایی از جنس پلی‌استایرن با مقاومت ضربه‌ای بالا (HIPS)
- رابط‌های فلزی معمولاً از جنس ورق گالوانیزه یا میلگرد

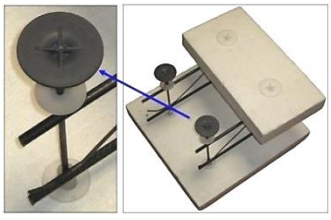
رابط‌ها می‌توانند به یکی از سه روش زیر منظور گردند:

- به‌صورت یکپارچه و هم‌جنس صفحات عایق (از جنس پلی‌استایرن منبسط شده- شکل ۱-۱۸الف)
- غیر هم‌جنس با صفحات عایق و به صورت همزمان با تولید صفحات عایق (شکل ۱-۱۹الف)
- غیر هم‌جنس و جدا از صفحات عایق که در زمان اجرا نصب می‌گردند (شکل ۱-۱۸ب و ج و د و شکل ۱-۱۹ب و ج)



الف

ب



ج

د

الف- رابط پلی‌استایرن، ب- رابط پلاستیکی، ج- رابط فلزی از نوع میلگرد با سر پلاستیکی، د- رابط از جنس ورق فولادی

شکل ۱-۱۸ قطعات عرضی یا رابط‌ها،

الف ب ج

شکل ۱-۱۹ الف- رابطها در زمان تولید صفحات عایق منظور می‌شوند؛ ب و ج- رابطها در زمان اجرای قالب‌بندی در کارگاه منظور می‌شوند.

تعداد و ابعاد مقطع رابطها باید بر اساس تحمل بارهای حین اجرا ناشی از بتن تازه و ضربات حاصل از عملیات ویبره طراحی گردند. طول این رابطها بر اساس ضخامت دیوار طراحی می‌گردد.

مساحتی که توسط رابطهای داخلی اشغال می‌گردد نباید بیشتر از ۳ درصد سطح مقطع عضو بتن‌مسلح باشد، درغیر این‌صورت، مقطع تضعیف شدهٔ دیوار باید در محاسبات سازه‌ای ملاک عمل قرار گیرد.

۱-۴-۴ مبانی طراحی و اجرا

مدل‌سازی تحلیلی دیوارهای پانلی مبتنی بر روش اجزای محدود بوده و با استفاده از المآن‌های ایزوپارامتریک غشایی انجام می‌شود. اصول تحلیل سیستم‌های کامل پانلی و اجزای پانلی سیستم‌های مختلف و روش‌های مدل‌سازی آن‌ها مطابق ضوابط بند ۹-۱۹ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان می‌باشد.

در مدل‌سازی دیوارهای باربر به‌خصوص دیوارهای دارای بازشو، باید شبکه‌بندی المآن‌ها به‌گونه‌ای باشد که بتواند رفتار واقعی دیوار را از نظر توزیع تنش و تغییرشکل‌های نسبی دربرابر بارهای داخل صفحه و عمود بر صفحهٔ دیوار تامین نماید.

مرجع مورد استفاده برای طراحی و اجرای این سیستم نشریه شماره ض-۵۷۵ مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی با عنوان "راهنمای طراحی و اجرای سیستم ساختمانی دیوار باربر بتن‌مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF) از جنس پلی‌استایرن منبسط شده" می‌باشد. همچنین در این مرجع اطلاعات و ضوابط مربوط به فیزیک ساختمان از جمله حریق، اکوستیک و انتقال حرارت به طور کامل ذکر شده است.

به طور کلی در خصوص این سیستم سازه‌ای، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود.

پلی‌استایرن منبسط شده مورد استفاده در این سیستم باید از نوع خودخاموش‌شو (کندسوز) باشد. نحوه محافظت این پلی‌استایرن با پوشش مانع حرارتی و سایر نکات مربوطه از جمله نحوه قطع این پلی‌استایرن به منظور جلوگیری از گسترش حریق باید مطابق بخش ۳-۷-۴ و بند اختصاصی ۳-۷-۴-۳ ویرایش سوم مبحث سوم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱-۴-۵ الزامات کلی سیستم

۱-در صورتی‌که ضوابط شکل‌پذیری بر اساس آئین‌نامه ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ایران رعایت نشود و با استناد مبحث نهم مقررات ملی ، کاربرد این سیستم صرفاً در مناطق با خطر نسبی کم و متوسط و برای ساختمان‌های دارای اهمیت کم و متوسط تا حداکثر ارتفاع ۱۰ متر مجاز می‌باشد. بدیهی است در صورتی‌که ضوابط شکل‌پذیری رعایت شود، ضمن رعایت ضوابط مقاومت در برابر حریق، حداکثر ارتفاع ساختمان براساس ضوابط آئین‌نامه ۲۸۰۰ ایران، ۵۰ متر از تراز پایه می‌باشد.

۲- در صورت استفاده از رابط‌های پلاستیکی، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان به دوطبقه محدود می‌شود.

۳- طراحی و اجرای این سیستم بر اساس نشریه ۵۷۵ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی انجام می‌شود.۴- استفاده از این روش اجرا برای احداث دیوارهای باربر برشی بتنی قابل استفاده می‌باشد.

۵- بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای سیستم سازه‌ای حاصل از این روش اجرا به ترتیب براساس آخرین ویرایش‌های مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران صورت گیرد.

۶- لازم است در طراحی و ساخت دیوارهای باربر برشی، تمامی الزامات و ضوابط مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ ایران "آئین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله"، و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان رعایت شود.

۷- هرگونه محدودیت کاربرد برای این سیستم با توجه به مشخصات هندسی و میلگردگذاری دیوارها و مشخصات مصالح، با توجه به مراجع فوق، باید رعایت شود.

۸- مشخصات کلیه مصالح مصرفی مربوط به اجزاء قالب‌بندی ماندگار، باید مطابق با استانداردهای بین‌المللی معتبر و اسناد ارائه شده باشد.

۹- مشخصات سایر مصالح مصرفی باید مطابق استانداردها و آئین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی باشد.

۱۰- پلی استایرن منبسط شونده باید از نوع کندسوز مطابق با استاندارد ASTM یا سایر استانداردهای معتبر بین‌المللی باشد.

۱۱- محافظت پلی استایرن با ضخامت کافی از اندودهای مناسب با توجه به شرایط داخلی و خارجی صورت گیرد.

۱۲- مقاومت لازم در برابر آتش با توجه به تعداد طبقات برای دیوار و سقف مطابق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق و الزامات نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره‌ها در مقابل حریق تأمین شود.

۱۳- تمهیدات لازم جهت صدابندی دیوار و سقف مطابق با مبحث شماره ۱۸ مقرات ملی ساختمان به عمل آید.

۱۴- رعایت مباحث مربوط به صرفه‌جویی در مصرف انرژی مطابق مبحث شماره ۱۹ مقرات ملی ساختمان ضروری است.

۱۵- پوشش ملات مناسب برای مفتول‌های فولادی در بدنه داخلی و خارجی تأمین گردد.

۱۶- تمهیدات لازم در شرایط اقلیمی مختلف کشور برای پوشش نهایی جهت مقابله در محیط‌های خورنده و نیز استفاده از فولاد گالوانیزه در این محیط‌ها و رعایت الزامات مربوط به مبحث نهم مقررات ساختمان ملی الزامی است.

۱۷- بتن مصرفی می‌بایست از نوع بتن سازه‌ای و با حداقل مقاومت ۲۰MPa باشد.

بخش دوم

سیستم‌های سازه‌ای

۵-۱ قاب‌های بتن‌آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته

در سال‌های اخیر استفاده از قاب‌های بتن‌آرمه پیش‌ساخته به علت ارتقای کیفیت ساخت ناشی از تولید کارخانه‌ای قطعات، افزایش سرعت و کاهش زمان ساخت، کاهش عملیات اجرایی در سایت (محل پروژه)، امکان اجرا و نصب سیستم سازه در فصول نامناسب، رشد فزاینده‌ای نه تنها در جهان بلکه در ایران داشته است. قاب‌های بتن‌آرمه پیش‌ساخته در زمره سیستم‌های سازه‌ای خطی به شمار می‌روند؛ به عبارتی، سیستم‌هایی که در آن‌ها اجزای خطی تیر و ستون به یکدیگر متصل شده و اتصالات ساده (گره‌های مفصلی) یا اتصالات خمشی (گره‌های گیردار) را به وجود می‌آورند. تمایز عمده قاب‌های بتن آرمه پیش‌ساخته با قاب‌های بتن‌آرمه درجا، در اتصالات آن‌ها است. قاب‌های بتن‌آرمه پیش‌ساخته یا نیمه پیش‌ساخته را با توجه به ابعاد و روش اجرای قطعات پیش‌ساخته آن‌ها می‌توان به انواع مختلفی دسته بندی نمود. همچنین این گونه قاب‌های بتن‌آرمه را از دیدگاه عملکرد سازه‌ای و لرزه‌ای نیز می‌توان به دسته‌های متنوع دیگری تقسیم نمود. در ادامه، ابتدا به معرفی انواع قاب‌های بتن‌آرمه پیش‌ساخته از هر دو منظر اجرایی، سازه‌ای و لرزه‌ای پرداخته خواهد شد. سپس تعدادی سیستم سازه‌ای متشکل از قاب‌های بتن آرمه پیش‌ساخته معرفی شده و ضمن بیان این که در کدام یک از دسته‌ها از نظر اجرایی و سازه‌ای قرار خواهند گرفت، مبانی طراحی و محدودیت‌های کاربری آن‌ها نیز ارائه خواهد شد.

۵-۱-۱ معرفی اجزاء فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

انواع قاب‌های بتن‌آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته با توجه به روش اجرا

قاب‌های بتن‌آرمه پیش ساخته را با توجه به ابعاد هندسی قطعه پیش‌ساخته یا نیمه پیش‌ساخته و روش اجرای سازه آن می‌توان به انواع مختلف قاب‌های با ستون‌های پیوسته، قاب‌های با ستون‌های منقطع، و قاب‌های با قطعات پرتال تقسیم نمود. در این دسته بندی قطعاً عواملی مانند ارتفاع کل ساختمان،

تعداد و ارتفاع طبقات، دهانه و فواصل قاب‌ها، امکانات و عوامل اجرایی و بهره‌گیری از روش‌های مختلف ساخت، موثر خواهند بود. در این قسمت، جزییات مربوط به این سه نوع روش اجرایی معرفی می‌گردد.

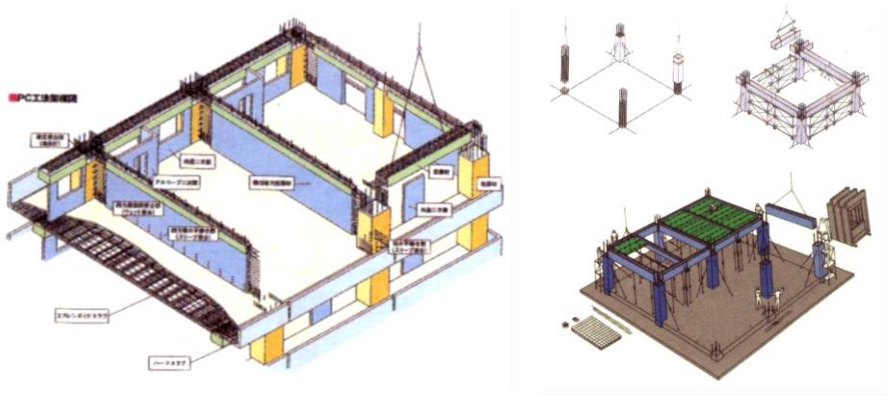
الف- قاب‌های بتن‌آرمه پیش‌ساخته با ستون‌های پیوسته

ستون‌ها در این سیستم یکپارچه بوده و تیرها به طول دهانه قاب ساخته و با اتصال گیردار یا مفصلی به ستون‌ها متصل می‌شوند. محل اتصال تیر به ستون به طور معمول، در محل لنگر صفر یا لنگر خمشی حداقل در تیر صورت می‌گیرد. به طور معمول، این روش در اجرای ساختمان‌های کوتاه‌تر از ۳۵ متر به کار گرفته می‌شود (شکل ۱-).

شکل ۱-۲۰ نمونه‌ای از قاب بتن مسلح پیش ساخته اجرا شده با ستون‌های پیوسته

ب- قاب‌های بتن‌آرمه پیش ساخته با ستون‌های مجزا

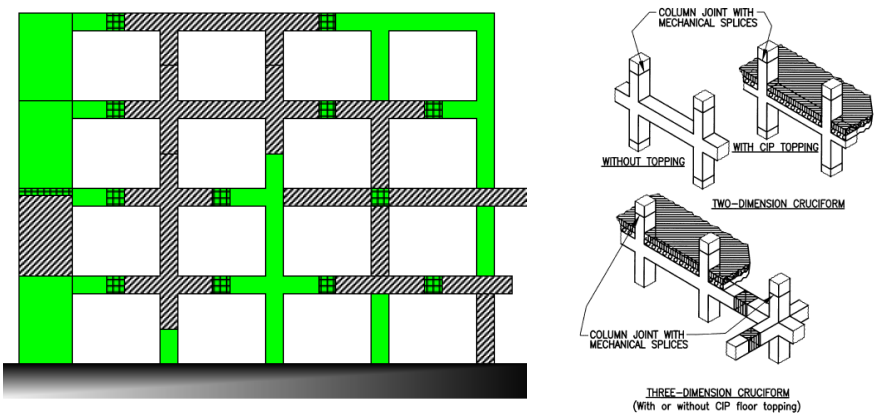
ستون‌ها در این سیستم به طور معمول برای ارتفاع یک طبقه به صورت پیش ساخته در نظر گرفته می‌شوند. اتصال تیر به ستون در این سیستم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار و این سیستم می‌تواند برای ساختمان‌های بلند (حتی با ارتفاع بیش از ۳۵ متر) نیز مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۱-۲۱ نمونه‌ای از اجرای قاب بتن مسلح پیش‌ساخته با ستون‌های منقطع در هر طبقه

پ- قاب‌های بتن مسلح پیش ساخته با قطعات پرتال

در این سیستم، قطعات تیر و ستون در هر طبقه به صورت یکپارچه و به شکل‌های T، H، صلیبی، قطعات دو بعدی یا سه بعدی، ساخته و در محل نصب می‌شوند. در این سیستم تعداد قطعات پیش‌ساخته و اتصالات نسبت به دو سیستم دیگر کاهش می‌یابد. ولی به علت سنگینی قطعات و هندسه غیر مستقیم آن‌ها، حمل و نصب با دشواری انجام می‌شود (شکل ۱-۲۲).



شکل ۱-۲۲ نمونه هایی از قطعات دو بعدی و سه بعدی پرتال برای اجرای قاب‌های بتن مسلح پیش‌ساخته

انواع اتصالات در قاب‌های بتن‌آرمه پیش ساخته با توجه به عملکرد سازه‌ای و لرزه‌ای

قاب‌های خمشی بتن‌آرمه پیش ساخته علاوه بر شیوه اجرا، با توجه به عملکرد سازه‌ای و لرزه‌ای نیز به دو دسته مهم قاب‌های همگون‌سازی شده با اتصالات درجا[1] و قاب‌های دارای اتصالات غیر همگون[2] تقسیم می‌شوند.

الف- اتصالات همگون یا یکپارچه معادل

این نوع اتصالات در اعضای بتن آرمه پیش‌ساخته، به علت همگون سازی اتصالات از نظر سختی، مقاومت، ظرفیت شکل‌پذیری و مشخصه‌های استهلاک انرژی، می‌توانند رفتاری مشابه با اتصالات درجای قاب‌های بتن‌آرمه متداول داشته باشند. بنابراین، مشروط بر طرح و اجرای صحیح این گونه اتصالات همگون در قاب‌های پیش ساخته، کلیه ضوابط طرح لرزه‌ای قاب‌های بتن‌آرمه درجا، برای قاب‌های پیش‌ساخته نیز مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ صادق و قابل اعمال خواهد بود. معادل‌سازی اتصالات در یک سیستم پیش ساخته در تشابه با یک سیستم درجا، بر پایه انجام مطالعات آزمایشگاهی متعدد نتیجه می‌شود که نمونه‌هایی از این نوع اتصالات از پیش تایید شده در ادامه ارائه خواهد شد. لازم به ذکر است اعضای تیر یا ستون در این نوع اتصالات، به طور معمول از نوع قطعات نیمه پیش‌ساخته می‌باشند. اتصالات همگون سازی شده با اتصالات درجا را می‌توان به دو دسته زیر تقسیم بندی نمود:

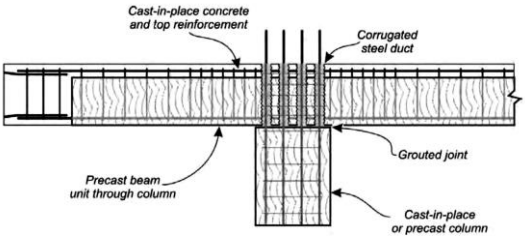
I- اتصالات قوی[3] با شکل‌پذیری محدود

اتصالات قوی با شکل‌پذیری محدود در یک سیستم همگون سازی شده با اتصالات درجا، باید به اندازه‌ای قوی طراحی شده باشد که چشمه اتصال به هنگام اعمال نیروهای شدید زلزله، در محدوده خطی باقی بماند. در این شرایط، تسلیم شدگی و تشکیل مفاصل پلاستیک باید در تیر پیش‌ساخته و در واقع ناحیه‌ای به غیر از گره اتصال رخ دهد. با توجه به توضیح فوق، شکل‌پذیری اتصال تحت اثر نیروهای رفت و برگشتی زلزله محدود می‌شود. نمونه‌ای از این نوع اتصال قوی در شکل ۱- مشاهده می‌شود.

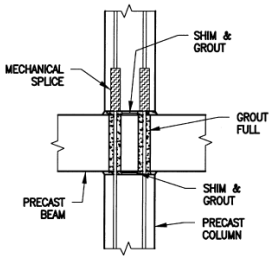
II - اتصالات قوی شکل‌پذیر

1 -Emulation or Equivalent monolithic
2 -Jointed systems or non-emulative joint
3 -Strong Connections

اتصالات قوی شکل‌پذیر در سیستم همگون‌سازی شده با اتصال درجا، باید برای مقاومت لازم طراحی شده و انتظار می‌رود که میلگرد طولی ناحیه چشمه اتصال، در زلزله‌های شدید وارد محدوده غیر ارتجاعی شود. نمونه‌ای از اتصال قوی شکل‌پذیر همگون با اتصال درجا در شکل ۱-۲۳ مشاهده می‌شود.

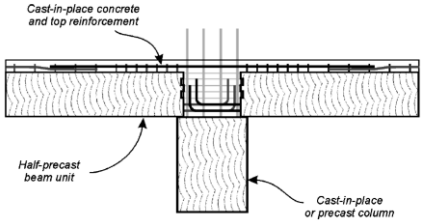


الف- استفاده از غلاف فولادی کنگره‌ای در محل اتصال تیر- ستون نیمه پیش‌ساخته و گروت ریزی داخل غلاف

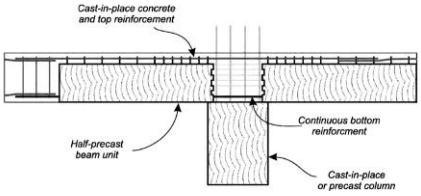


ب- اتصال تیر- ستون پیش ساخته و اتصال ستون پیش ساخته فوقانی به تحتانی از طریق وصله مکانیکی غلافی

شکل ۱-۲۳ نمونه‌هایی از اتصال همگون قوی با شکل‌پذیری محدود



الف- استفاده از میلگرد تحتانی دارای قلاب هوک در چشمه اتصال



ب- استفاده از میلگرد تحتانی طولی سراسری در چشمه اتصال

شکل ۱-۲۴ نمونه هایی از اتصالات همگون قوی شکل‌پذیر

همان گونه که در شکل ۱-۲۴ ملاحظه می‌شود، انتظار می‌رود که مفصل پلاستیک در تیر و در وجه ستون تشکیل شده و جاری شدگی در ناحیه چشمه اتصال توسعه یابد. لازم است دقت خاصی نیز در

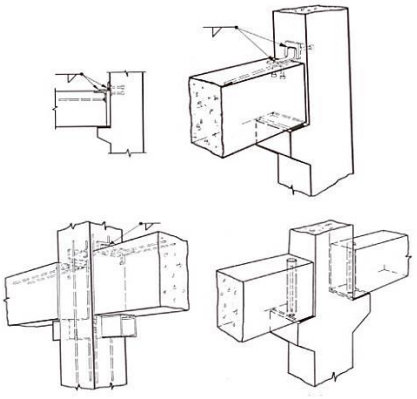
انتهای تیر یا وجه ستون از طریق اتصال با کلید مکانیکی یا تامین زبری مناسب برای انتقال نیروی برشی عمودی و جلوگیری از وقوع لغزش در ناحیه اتصال به عمل آید.

ب- اتصالات غیر همگون[1]

در سیستم‌های اتصال غیر همگون، اتصالات ضعیف‌تر از اعضای پیش ساخته مجاور خود هستند. به عبارتی، در این نوع سیستم اتصال، همگون سازی با اتصالات سازه‌های بتن درجا به عمل نخواهد آمد. اعضای تیر یا ستون در این نوع سیستم اتصال به طور معمول از نوع قطعات کاملا پیش‌ساخته می‌باشند. اتصالات غیرهمگون را می‌توان به دو دسته زیر تقسیم نمود:

I- اتصالات غیر همگون با شکل‌پذیری محدود

اتصالات غیر همگون با شکل‌پذیری محدود، معمولاً از نوع اتصال خشک به صورت جوشی، یا پیچ و مهره، یا ورق‌های فولادی جایگذاری شده همراه با شاخک‌های فولادی در قطعه بتنی پیش‌ساخته هستند. این نوع اتصالات به طور کلی شکل‌پذیری محدودی در قاب‌های بتن‌آرمه پیش‌ساخته دارند و بنابراین برای رفتار الاستیک طراحی خواهند شد. چنین اتصالاتی با توجه به شکل‌پذیری کم در زمره قاب‌های خمشی بتن‌آرمه معمولی به شمار می‌روند. شکل ۱-۲۵ نمونه‌ای از این نوع اتصال غیر همگون را نشان می‌دهد.



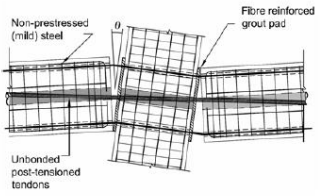
شکل ۱-۲۵ نمونه‌هایی از اتصالات غیر همگون با شکل‌پذیری محدود به صورت جوشی یا پیچ و مهره (اتصال خشک) برای اتصال تیر به کربل ستون پیش ساخته

1 Jointed system or non-emulative connection

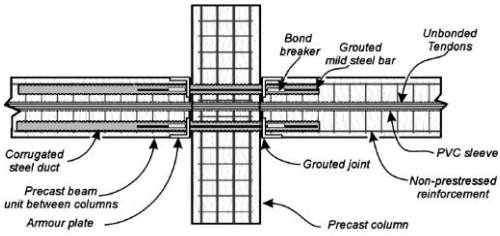
II- اتصالات غیر همگون شکل‌پذیر

اتصال شکل‌پذیر در یک سیستم غیر همگون نیز به طور معمول از نوع اتصال خشک می‌باشند که در آن، از کابل‌های پس کشیده بدون چسبندگی با غلاف همراه با میلگردهای فولادی طولی، به منظور اتصال اعضای بتن مسلح پیش ساخته به یکدیگر استفاده می‌شوند. چنین اتصالاتی می‌توانند به عنوان اتصالات شکل‌پذیر طرح و اجرا شوند. تغییر شکل غیرارتجاعی عضو به هنگام وقوع زلزله در درز اتصال تیر به ستون پیش ساخته که باز و بسته خواهند شد، متمرکز می‌شود. کابل پس کشیده بدون چسبندگی نیز در محدوده ارتجاعی باقی می‌ماند.

اتصالات هیبریدی نیز، نوعی اتصال غیر همگون با شکل‌پذیری زیاد و در زمره قاب‌های خمشی بتن آرمه ویژه به شمار می‌روند. در این اتصال خمشی خشک، کابل پس کشیده در هسته مرکزی اتصال با میلگردهای فولادی طولی غیر پیش تنیده در ناحیه فوقانی و تحتانی ترکیب خواهد شد (شکل ۱-۲۶).



ب- تغییر شکل اتصال هیبریدی تیر – ستون تحت اثر بارهای جانبی



الف- اتصال هیبریدی شامل کابل پس کشیده در هسته اتصال و میلگرد فولادی نرمه غیر پیش تنیده در بالا و پایین گره اتصال

شکل ۱-۲۶ نمونه هایی از اتصالات غیر همگون شکل‌پذیر

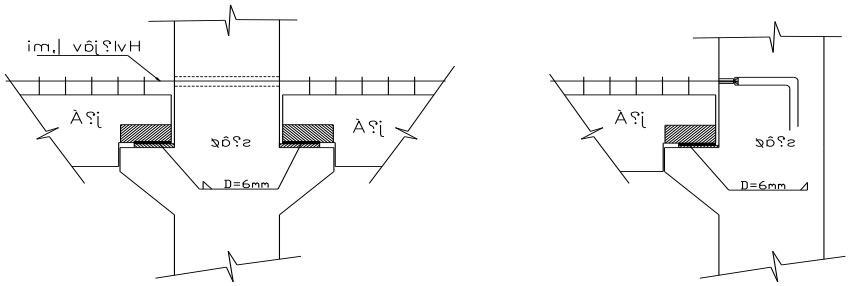
تیرهای پیش ساخته توسط کابل پس کشیده بدون چسبندگی که از داخل غلاف (مانند غلاف PVC) واقع در مرکز تیر عبور می‌نماید، به ستون‌های پیش ساخته چند طبقه متصل می‌شوند. به منظور جلوگیری از خرد شدگی لبه‌های بتن تیر در دورآن‌های بزرگ ناشی از نیروهای شدید زلزله، درز اتصال میان تیر و وجه ستون، با نوعی گروت مسلح به الیاف پر می‌شود. میلگردهای فولادی غیرپیش‌تنیده در داخل یک غلاف فولادی کنگره‌ای در بالا و پایین تیر تعبیه شده، و از داخل اتصال و ستون عبور نموده و گروت ریزی خواهند شد. میلگردهای مذکور با تسلیم شدگی و جاری شدن در کشش و فشار، و در ناحیه کوچکی بلافاصله پس از چشمه اتصال تیر- ستون که به صورت عمدی فاقد چسبندگی خواهد بود (گروت ریزی در این طول کوتاه صورت نمی‌گیرد)، شرایط لازم را برای استهلاک انرژی فراهم

می‌آورند. کاهش خرابی و عدم وقوع تغییر شکل‌های ماندگار پس از وقوع زلزله، از جمله مزایای این نوع اتصال شکل‌پذیر محسوب می‌شود.

سیستم قاب ساختمانی ساده بتن‌آرمه با ستون پیش‌ساخته، تیر نیمه پیش‌ساخته سقف Hollow core و دیوار برشی بتن آرمه درجا

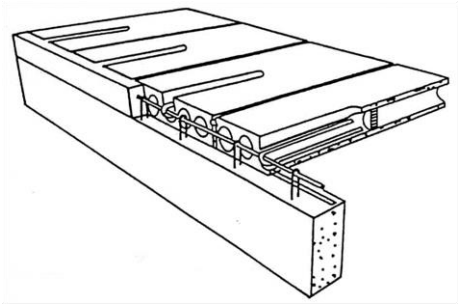
این سیستم ساختمانی متشکل از ستون‌های بتن‌آرمه پیش‌ساخته، تیرهای نیمه پیش‌ساخته، و سقف‌های پیش ساخته از نوع با هسته توخالی (Hollow core) و دیوارهای برشی بتن آرمه درجاست. سیستم مذکور از نظر اجرایی در دسته قاب‌های بتن‌آرمه پیش ساخته با ستون پیوسته، و از نظر سازه‌ای و لرزه‌ای، در دسته‌ی قاب‌های ساختمانی ساده بتن‌آرمه به همراه دیوار برشی بتن‌آرمه درجا مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران قرار می‌گیرد که در آن، قاب‌های ساختمانی ساده بتن‌آرمه پیش‌ساخته، وظیفه باربری ثقلی و دیوارهای برشی بتن‌آرمه درجا، وظیفه باربری جانبی و لرزه‌ای را ایفا می‌نماید (شکل ۱-۲۷). در این سیستم، اتصال تیرها به ستون‌ها از نوع اتصال ساده نشیمن می‌باشد، که با جوش دادن ورق فولادی تعبیه شده روی نشمین بتنی ستون به نبشی تعبیه شده در قسمت نشیمن تیر نیمه پیش‌ساخته محقق می‌شود. به منظور تامین یکپارچگی و افزایش درجه نامعینی سیستم و ممانعت از بروز مودهای خرابی پیشرونده، خاموت‌های انتظار در روی تیرها تعبیه شده است تا در محل نشیمن تیر روی ستون، با عبور دادن آرماتورهای منفی از داخل خاموت‌های مذکور و سوراخ‌های تعبیه شده در داخل ستون، یکپارچگی بین ستون و تیر تامین شود (شکل ۱-۲۸).

شکل ۱-۲۷ قاب ساختمانی ساده بتن آرمه پیش ساخته و دیوار برشی بتنی درجا و سقف‌های پیش ساخته

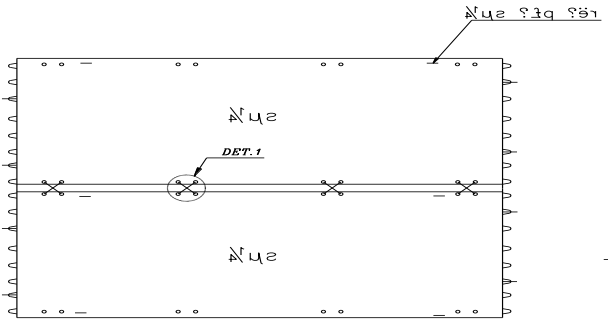


شکل ۱-۲۸ اتصال ساده تیر نیمه پیش ساخته به ستون بتن آرمه پیش ساخته دارای نشیمن بتنی

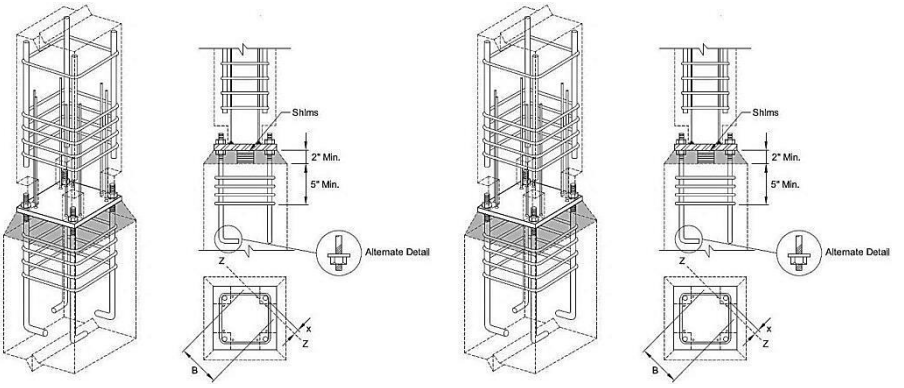
از جمله موارد حائز اهمیت در سیستم‌های بتنی پیش‌ساخته، تامین یکپارچگی سازه و اجرای صحیح و دقیق اتصالات آن می‌باشد. از این رو در این سیستم به منظور تامین یکپارچگی و صلبیت لازم در دیافراگم سقف، باید در محل اتصال پانل‌های سقف پیش‌ساخته به تیر نیمه پیش‌ساخته و همچنین اتصال قطعات پیش ساخته سقف Hollow Core به یکدیگر، میلگردهای تامین‌کننده یکپارچگی اعضا، به طور مناسب طراحی و اجرا شوند (شکل ۱-۲۹ و شکل ۱-۳۰). به منظور اتصال ستون‌های پیش‌ساخته به فونداسیون بتن آرمه سازه، که به طور معمول به صورت درجا اجرا می‌شود، لازم است تمهیداتی در پای ستون‌های بتنی پیش‌ساخته در نظر گرفته شود. در این سیستم، این اتصال به کمک ورق‌های فولادی پای ستون و میل مهارهای فولادی انجام می‌شود (شکل ۱-۳۱).



شکل ۱-۲۹ اتصال سقف پیش ساخته Hollow Core به تیر نیمه پیش ساخته



شکل ۱-۳۰ اتصال قطعات پیش ساخته سقف Hollow Core به یکدیگر



الف- پهنای صفحه فولادی پای ستون بزرگ‌تر از پهنای ستون پیش‌ساخته

ب- پهنای صفحه فولادی پای ستون هم اندازه با ستون پیش‌ساخته

شکل ۱-۳۱ جزییات اتصال پای ستون پیش‌ساخته بتنی به کف ستون فولادی

سیستم قاب ساده بتنی نیمه پیش ساخته K با دیوار برشی بتن مسلح درجا

در سیستم قاب ساده بتنی نیمه پیش‌ساخته K با دیوار برشی بتن مسلح درجا، اعضایی همچون تیر، ستون و سقف به صورت نیمه پیش‌ساخته در کارخانه تولید شده که پس از انتقال به محل کارگاه، با استفاده از بتن ریزی درجا در محل اتصالات، پیوستگی سازه حاصل می‌شود و دیوارهای برشی نیز به صورت بتن درجا اجرا می‌شود. در این سیستم، تیرها و ستون‌ها به همراه اتصالاتشان تشکیل یک قاب ساده بتن مسلح پیش ساخته را می‌دهند و از نظر اجرایی در دسته قاب‌های بتن‌آرمه پیش ساخته با ستون منقطع قرار می‌گیرد. به گونه‌ای که بارهای ثقلی در این سیستم توسط قاب‌های پیش‌ساخته و بارهای جانبی توسط دیوارهای برشی بتن آرمه درجا مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ ایران تحمل می‌شود. در واقع نیروهای جانبی از طریق دیافراگم سقف پیش دال (که به طور معمول ابتدا به صورت نیمه پیش

ساخته بوده و سپس با اجرای بتن درجا در رویه دال کامل خواهند شد) به دیوار برشی بتن آرمه درجا و در نهایت شالوده که آن نیز به صورت درجا اجرا می‌شود، منتقل خواهد شد. دیافراگم سقف در این سیستم از نوع صلب می‌باشد. سایر قطعات الحاقی به ساختمان مانند راه پله‌ها نیز به صورت پیش‌ساخته تولید می‌شود. به علت نیمه پیش‌ساخته بودن قطعات، به نیرو و زمان کمتری جهت ساخت این سیستم نیاز بوده و کنترل کیفیت اعضا به راحتی در کارخانه صورت می‌گیرد.

سیستم قاب‌های خمشی بتن‌آرمه پیش‌ساخته با فناوری R-PC

فناوری ساختمانی (سازه‌ای) بتن مسلح پیش‌ساخته به روش R-PC فناوری کشور ژاپن است که با تولید داخلی اجزاء اتصالات میلگردهای پرمقاومت بتن‌های کارگاهی با مقاومت بالا، بومی‌سازی شده است. در این روش ساخت اتصال قطعات اصلی یعنی ستون‌ها، تیرها و دیوارهای برشی با هر نوع کاربری قابل استفاده است. در این اتصال که میلگردها پیوستگی لازم را بدست می‌آورند، اتصال مابین قطعات پیش‌ساخته ستون‌ها و تیرها و همچنین بخش فوقانی اتصال تیرها با سقف پیش‌تنیده با بتن درجا یکپارچگی سازه را تضمین می‌کند. از مزیت‌های این فناوری سرعت اجرای زیاد مصرف کمتر مصالح، کنترل کیفیت آسان‌تر و سازگاری با محیط زیست و تقاضای کارفرماست(شکل ۱-۳۲).

۱-۵-۲ مبانی طراحی و اجرا

با توجه به توضیحات ارائه شده در خصوص معرفی اجزاء و جزییات مربوط به اتصالات هر یک از سیستم‌های بتن‌آرمه پیش‌ساخته، بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای این سیستم‌ها، به ترتیب باید براساس آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران و استاندارد ۲۸۰۰ ایران صورت گیرد. طراحی، ساخت، نصب و اجرای اعضا و اتصالات قطعات بتن‌آرمه پیش‌ساخته، نیز باید براساس آخرین ویرایش آئین‌نامه ACI 318 به ویژه فصل مربوط به طرح لرزه‌ای این آیین‌نامه، آخرین ویرایش آیین‌نامه ACI 550.1R و راهنمای طراحی PCI[1] انجام شود.

1 - Precast/Prestressed *Concrete* Institute

شکل ۱-۳۲ جزئیاتی از سیستم سازه‌ای R-PC به عنوان قاب خمشی بتن مسلح

پیوستگی و انسجام لرزه‌ای به منظور تامین دیافراگم صلب برای کلیه سقف‌ها و نیز جلوگیری از خرابی پیشرونده یکی از نکات بسیار مهمی است که باید در طراحی تمامی اتصالات رعایت شده و مورد توجه قرار گیرد.

ضروری است حداقل مقاومت فشاری نمونه استوانه‌های استاندارد در بتن سازه برابر ۳۰ مگاپاسکال و حداقل تنش تسلیم برای کلیه میلگردهای مصرفی در سازه برابر ۴۰۰ مگاپاسکال در نظر شود.

مشخصات گروت و غلاف اتصال آرماتور در اتصالات مربوط به وصله مکانیکی میلگردها باید به گونه‌ای باشد که در حالت نهایی، گسیختگی کششی در آرماتور رخ دهد و ظرفیت مجموعه غلاف و گروت از ظرفیت آرماتور بیشتر باشد.

گروت مورد استفاده در غلاف اتصال باید مطابق استاندارد ASTM A536-85، از نوع غیر انقباضی با حداقل مقاومت فشاری ۶۵ مگاپاسکال برای وصله مکانیکی نوع ۱ و حداقل مقاومت فشاری ۷۷ مگاپاسکال برای وصله مکانیکی نوع ۲ آئین‌نامه ACI 318 باشد.

وصله مکانیکی نوع ۱ مطابق آخرین ویرایش آیین نامه ACI 318 باید در کشش و فشار دارای مقاومت حداقل برابر ۱/۲۵ برابر مقاومت تسلیم میلگرد باشد. در وصله مکانیکی نوع دوم باید در کشش و فشار دارای مقاومت حداقل برابر ۱/۲۵ برابر مقاومت تسلیم میلگرد بوده و همچنین وصله مکانیکی در کشش باید دارای مقاومت حداقل مقاومت کششی نهایی میلگرد باشد. وصله مکانیکی نوع ۱ نسبت به وصله‌های نوع ۲ دارای محدودیت بیشتری از نظر محل استفاده است. به عنوان مثال استفاده از وصله‌های مکانیکی نوع ۱ در فاصله‌ای مساوی دو برابر ارتفاع عضو از بر تیر یا ستون در قابهای خمش بتن آرمه ویژه مجاز نمی‌باشد. توصیه می‌شودکه کلیه سازه‌های بتن‌آرمه پیش‌ساخته در پلان و ارتفاع منظم باشند.

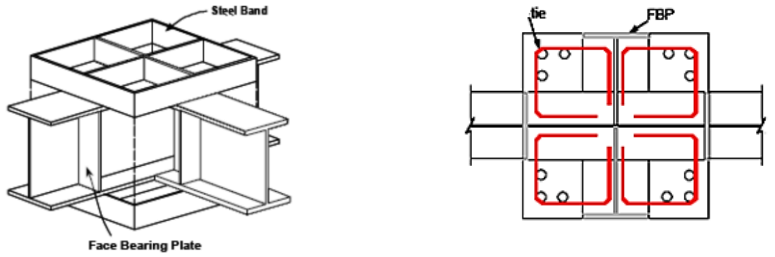
به طور کلی در خصوص این سیستم سازه‌ای، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای این نوع سیستم سازه‌ای با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ابعاد کافی برای اعضای بتنی و پوشش بتنی میلگردها و یا کابل‌ها، قابل تامین خواهد بود.

۱-۶ سیستم قاب خمشی مختلط بتنی- فولادی (RCS)، تیر پیوسته

۱-۶-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

سیستم قاب خمشی مختلط بتنی- فولادی RCS[1] با تیر پیوسته شامل ستون‌های بتن مسلح درجا، تیرهای فولادی و اتصالات مختلط بتنی- فولادی مطابق شکل ۱-۳۳ می‌باشد. این سیستم به وسیلهٔ اتصالات ممان‌گیر آن در مقابل بارهای جانبی مقاومت می‌کند. در سیستم قاب خمشی RCS با تیر پیوسته که به عنوان جایگزینی برای قاب خمشی فولادی ویژه می‌باشد، جهت کم کردن هزینه‌ها، ستون بتنی با مقاومت بالا جایگزین ستون فولادی می‌گردد.

1 - Reinforced Concrete column with Steel beam



شکل ۱-۳۳ نمونه اتصال RCS دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

براساس ارزیابی‌های به عمل آمده در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، استفاده از این سیستم مشروط بر رعایت الزامات آن تا حداکثر ۵۰ متر از تراز پایه در کلیه پهنه‌های لرزه‌خیزی کشور مجاز می‌باشد و از لحاظ رده‌بندی، معادل قاب خمشی فولادی ویژه رده‌بندی می‌شود.

۱-۶-۲ مبانی طراحی و اجرا

مشخصات کلیه مصالح مورد استفاده در سازه اعم از فولاد، بتن و فلز جوش باید مطابق استانداردهای ملی یا بین‌المللی رعایت شود.

حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه استوآن‌های استاندارد بتن سازه باید برابر ۲۵ مگاپاسکال باشد.

بارگذاری ثقلی این سیستم باید بر اساس آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و بارگذاری لرزه‌ای آن با در نظر گرفتن ضریب رفتار R=7 بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ انجام شود.

طراحی کلیه اجزاء و اتصالات آن باید بر اساس ضوابط قاب‌های خمشی ویژه مختلط (C-SMF) مطابق با آیین‌نامه AISC 341، راهنمای طراحی اتصالات تیر فولادی به ستون بتنی ASCE1994 و گزارش شماره ۱۵۵ دانشگاه استنفورد (کوردبا و دیرلین) صورت گیرد.

اجرای تسمه‌های فولادی دور ستون در بالا و پایین تیر طبق ضوابط ASCE1994 الزامی است.

اجرای ورق‌های اتکایی جانبی در جان تیر در محل اتصال طبق ضوابط ASCE1994 الزامی است.

ستون‌های بتنی در محل اتصال با تیر فولادی باید دارای خاموت گذاری طبق ضوابط ASCE1994 و یا ورق پوششی باشد.

حداکثر جابجایی جانبی نسبی مجاز در این سیستم ۵۰ درصد مقادیر مجاز در استاندارد۲۸۰۰ برای قاب خمشی فولادی ویژه می‌باشد.

جوش‌های اتصال تیر باید برای تمام ظرفیت مقاطع طراحی شوند.

در صورت استفاده از کوپلر در ناحیه اتصال باید از کفایت جزئیات اتصال آن، به نحو مناسبی اطمینان حاصل شود.

میلگردهای اتصال تراز بام باید به منظور جلوگیری از لغزش آرماتورها و شکست اتکایی، به نحو مناسبی در سقف مهار شوند.

رعایت کلیه ضوابط آیین‌نامه ACI 318-05 به خصوص ضوابط ویژه لرزه‌ای (شکل‌پذیری ویژه) فصل ۲۱ این آیین‌نامه برای طراحی مقاطع بتن مسلح الزامی است.

ضوابط مربوط به طراحی و جوشکاری تمام اتصالات به ویژه چشمه اتصال پیش ساخته شامل اتصال تیر فولادی به حلقه نواری بالا و پایین تیر در چشمه اتصال، اتصال ورق‌های سخت کننده داخل چشمه اتصال به بال تیر و حلقه نواری بالا و پایین و هم‌چنین اتصال سخت‌کننده‌های جان تیر در وجه ستون، باید بر اساس آیین‌نامه‌های AWS[1] و AISC[2] رعایت شود.

قالب‌بندی و بتن‌ریزی ستون هر طبقه با توجه محدودیت ایجاد شده توسط چشمه اتصال، باید در دو تراز میانه ارتفاع طبقه و تراز طبقه نسبت به طبقه زیرین صورت گیرد. استفاده از مواد فوق روان‌کننده مناسب برای تامین کارایی بتن سازه بدون افت مقاومت آنو تامین ضوابط مربوط به صلبیت دیافراگم سقف‌های سازه الزامی است.

به طور کلی در خصوص این سیستم سازه‌ای، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. الزامات مقاومت در برابر آتش برای اجزای غیرسازه‌ای در فصول ۳-۳ و ۳-۸ ویرایش سوم مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ارائه شده است. رعایت تمهیدات لازم متناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران الزامی است.

1 - American Welding Society
2 - American Institute of Steel Construction

ضروری است تمهیدات لازم برای عدم مشارکت پانل‌های غیر سازه‌ای و جداکننده‌ها در سختی جـانبی سازه مطابق پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، به‌عمل آید.

۱-۷ سیستم ساختمانی مبتنی بر پانل‌های دیواری و سقفی باربر AAC

۱-۷-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده

دیوارها و سقف‌های پانلی باربر بتن مسلح AAC نوع جدید از سیستم سازه‌ای است که قابلیت اجرای ساختمان تا سه طبقه به صورت سیستم دیوار باربر را ایجاد می‌کند. بتن AAC از سیلیس، سیمان، گچ، آهک، پودر آلومینیوم و آب ساخته می‌شود که حاصل ترکیب این مصالح وجود میلیون‌ها سلول ریز هواست که ویژگی سبک وزنی و عایق حرارتی بودن بتن را به دنبال دارد. پانل بتن مسلح AAC در حقیقت پانل‌های AAC پیش ساخته در کارخانه می‌باشد که کاربردهای مختلفی دارند(شکل ۱-۳۴) یکی از این کاربردها استفاده از آن‌ها به عنوان سیستم باربر دیوار و سقف می‌باشد. ماتریس این پانل‌ها بتن هوادار اتوکلاو می‌باشد و المان مسلح کننده آن‌ها عموما دو لایه شبکه میلگرد فولادی می‌باشد. به طور کلی مقاومت برشی درون صفحه پانل AAC به مقاومت برشی AAC غیر مسلح محدود می‌شود. در رفتار خمشی خارج از صفحه این پانل‌ها پیوستگی بین میلگرد و بتن سبک توسط لهیدگی بتن در تماس با میلگردهای عمودی مش تامین می‌شود. بنابراین آجدار بودن یا بدون آج بودن میلگرد در این پانل‌ها تفاوتی از لحاظ طراحی ایجاد نمی‌کند و رفتار خمشی داخل صفحه دیوار براساس میلگردهای مسلح کننده که در بین پانل‌ها اجرا می شود، تامین می‌گردد. طراحی این سیستم باید براساس ضوابط ارائه شده در آیین نامه ACI 526R-19 انجام پذیرد.

شکل ۱-۳۴ خط تولید بلوک‌های AAC

۱-۷-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

استفاده از این سیستم در تمام پهنه‌های لرزه‌خیزی کشور با رعایت ضوابط مربوطه مجاز است.

سیستم سازه‌ای مبتنی بر پانل‌های باربر بتن مسلح AAC در دو جهت دارای ضریب رفتار R_u=2.5، C_d=2.5 و Ω_0=2 می‌باشد.

حداکثر تعداد طبقات مجاز ساختمان ۳ طبقه و حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان از روی فونداسیون ۱۰ متر می‌باشد.

۱-۷-۳ مبانی طراحی و اجرا

۱-۷-۳-۱ الزامات فونداسیون

فونداسیون در این سیستم ساختمانی از نوع بتن معمولی به صورت نواری و با حداقل عرض ۵۰cm و حداقل ارتفاع۵۰cm برای دیوارهای سازه‌ای و با حداقل عرض ۳۵cm و ارتفاع ۵۰cm برای دیوارهای غیر سازه‌ای (غیربابر) می‌باشد. ابعاد فونداسیون براساس نوع خاک و مقاومت خاک محل احداث ساختمان می‌تواند افزایش یابد و باید با توجه به شرایط خاک محل طراحی شود.

۱-۷-۳-۲ الزامات پانل‌های دیواری

- حداقل ضخامت دیوارهای باربر بتن مسلح AAC ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد و میزان ضخامت و آرماتورگذاری باید بسته به شرایط ساختمان و تعداد طبقات آن طراحی شود.

– پانل‌های دیوار باید در دو سمت به صورت کام بوده و در فضای خالی ایجاد شده بین پانل‌ها باید میلگرد تعبیه شده و با بتن حداقل C30 یا گروت پر شود.

– میلگرد قرار گرفته در فواصل بین پانل‌های دیواری باربر باید به نحوه مناسبی در پی سازه مهار شوند.

– در پانل‌های قرار گرفته در کناره‌های بازشو ها باید صفحات فولادی متصل به شبکه میلگرد یا تو رفتگی جهت قرارگیری نعل‌درگاه‌های پیش‌ساخته AAC یا نعل‌درگاه‌های فولادی تعبیه شود.

– در بالای بازشوها باید از مقاطع فولادی محاسبه شده براساس طراحی یا نعل درگاه‌های پیش‌ساخته AAC با توجه به دهانه بازشو به عنوان تیر نعل‌درگاه استفاده شود.

– در تراز سقف و بر روی دیوارها باید یک کلاف افقی اجرا شود. میزان و نحوه قرارگیری میلگردهای کلاف افقی باید با طراحی تعیین شود.

– در محل تقاطع سقف و دیوار باید میلگردهای L شکلی تعبیه شود که یک سمت آن‌ها در شکاف سقف و سمت دیگر در فاصله بین پانل‌های دیواری قرار داده شود تعداد و فواصل این میلگردها براساس طراحی لرزه ای دیافراگم سقف تعیین می‌شود.

– در پی ساختمان باید در زمان اجرا در فواصل محل قرار گیری دیوارها میلگرد L شکل با طول برابر با طول مهاری میلگرد کار گذاشته شود و در هنگام اجرا میلگرد های قائم به این میلگردهای بسته شوند.

– در محل اتصال پانل‌های دیوارهای طبقات فوقانی بر روی طبقات زیرین، ضروری است در درز قائم مجاور هر پانل مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان از میلگرد انتظار با طول مهاری لازم در بالا و پایین سقف طبقه مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان استفاده شود.

۱-۷-۲-۳ مشخصات پانل‌های سقفی

- سقف سازه از پانل‌های پیش ساخته بتن سبک هوادار می‌باشد که باید با توجه به دهانه باربر آن طراحی شود. ضخامت پانل سقفی و مشخصات میلگردگذاری آن با طراحی تعیین می‌شود.

– باید کفایت سقف برای تامین سقف صلب با طراحی کنترل و تامین گردد.

– دو سمت پانل پیش‌ساخته سقفی در راستای طولی باید دارای فرو رفتگی به صورت L شکل باشد که پس از نصب دو پانل مجاور یکدیگر، در آن محل میلگرد کار گذاشته و گروت‌ریزی می‌شود.

– باید در محل اتصال دیوار و سقف حتما کلاف بتنی افقی درجا با مشخصاتی که در طراحی تعیین می شود، اجرا گردد.

– در ناحیه اتصال دیوار و سقف باید از میلگردهای L شکل برای اتصال دیوار و سقف استفاده نمود.

۱-۷-۲-۴ مشخصات مصالح مورد استفاده

- حداقل مقاومت بتن مورد استفاده در ساخت اجزای بتن‌آرمه براساس مقاومت مشخصه مطابق زیر باید باشد:

– بتن مصرفی در فونداسیون باید از رده حداقل C20 (با مقاومت ۲۸ روزه نمونه استوآن‌های استاندارد برابر با ۲۰ مگا پاسکال) باشد.

– حداقل مقاومت فشاری AAC در پانل‌های دیواری و سقفی باید برابر با ۴ مگا پاسکال باشد.

– میلگردهای مورد استفاده در ساخت دیوارها و سقف‌های این سیستم باید مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و یا استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۳۲ به شرح ذیل باشد:

-- میلگردهای طولی و عرضی پانل‌ها، میلگردهای طولی فونداسیون و میلگردهای طولی کلاف افقی سقف باید از نوع S340 باشد.

-- میلگردهای عرضی فونداسیون و میلگردهای مورد استفاده به عنوان خاموت کلاف افقی می تواند از نوع S340 باشد.

-- در صورت استفاده از گروت در فضای خالی مجاور پانل‌ها یا سایر موارد باید از نوع غیر انقباضی با مقاومت فشاری حداقل ۴۰ مگاپاسکال باشد.

-- بتن مورد استفاده در محل اتصال دو پانل سقفی یا دیوار مجاور یکدیگر باید حداقل از نوع C30 باشد.

-- چسب لایه نازک باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۷۰۶ باشد.

– طراحی سازه‌ای سیستم ساختمانی مبتنی بر پانل‌های باربر AAC مستلزم طی مراحل مدل‌سازی، بارگذاری ثقلی و زلزله، تحلیل و طراحی براساس آیین نامه ACI 526R-19 می‌باشد.

– رعایت مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان "صرفه‌جویی در مصرف انرژی" بر اساس ویرایش ۱۳۹۹، الزامی است. علاوه بر این باید موارد زیر نیز، توسط مهندسان طراح، محاسب و مجری، مبنای کار قرار گیرد:

-- با فرض ناچیز بودن اثر میلگردهای سازه‌ای، حداقل ضخامت لازم پانل برای پاسخگویی به انتظارات تعیین شده در مبحث نوزدهم مقرارت ملی ساختمان، برای ساختمان‌های گروه ۱ برابر با ۳۰سانتی‌متر و برای ساختمان‌های گروه ۲ برابر با ۲۰ سانتی‌متر خواهد بود. بدیهی است در صورت استفاده از پانل‌های با ضخامت کمتر از مقادیر فوق، افزودن یک لایه عایق حرارتی تکمیلی الزامی خواهد بود.

-- در نظر گرفتن ملاحظات مربوط به محافظت در برابر رطوبت و میعان و همچنین محدود کردن میزان نشت هوا، با توجه به شرایط گوناگون اقلیمی در پهنه جغرافیایی ایران،

-- در نظر گرفتن اثر پل‌های حرارتی ناشی از عناصر فولادی سازه، و همچنین نوع و ضخامت عایق حرارتی، با توجه به گروه انرژی ساختمان،

-- در نظر گرفتن حالت دیوار با عایق حرارتی از داخل، به‌عنوان مبنای محاسبات، در صورت مشخص نبودن موقعیت قرارگیری عایق حرارتی،

-- در نظر گرفتن ملاحظات کامل هوابندی و بخاربندی، در محل تلاقی دیوارها و بازشوهای پوسته خارجی ساختمان، متناسب با شرایط آب و هوایی و خطر میعان.

- به طور کلی در خصوص این سیستم دیواری باربر، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط ایمنی در برابر حریق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق" به ویژه ضوابط مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که ضوابط مقاومت در برابر آتش برای این نوع سیستم دیواری با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ضخامت کافی برای اجزا و پوشش بتنی میلگردهای فولادی، قابل تامین خواهد بود.

- صدابندی هوا برد جداکننده‌های بین واحدهای مستقل و پوسته خارجی ساختمان و صدابندی سقف بین طبقات باید بر اساس آخرین ویرایش مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان"عایق‌بندی و تنظیم صدا" تامین شود.

۱-۷-۲-۵ نکات اجرایی

- برای اتصال لبه‌های کام پانل‌ها به یکدیگر باید از چسب استاندارد لایه نازک پرین با ضخامت حداقل ۲ تا ۳ میلی‌متر مطابق با دستورالعمل اجرایی به صورت غلیظ و با کاردک دندانه‌دار استفاده شود.

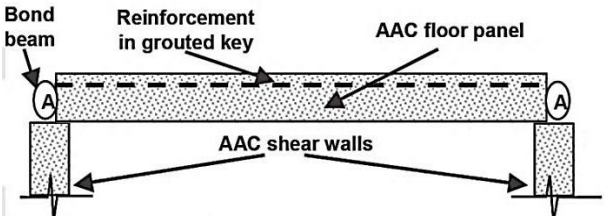
حداقل نشیمن پانل سقفی بر روی دیوار ۶۰ میلی‌متر یا L/80 است. (L طول پانل می‌باشد)

حداقل نشیمن پانل نعل‌درگاه ۵۰۰ میلی‌متر است. دور تا دور بازشوها باید قاب فلزی ناودانی با حداقل ضخامت ۲ میلی‌متر مطابق شکل۱- ۳۵ نصب شود.

شکل ۱-۳۵ نصب نعل‌درگاه و بازشوها

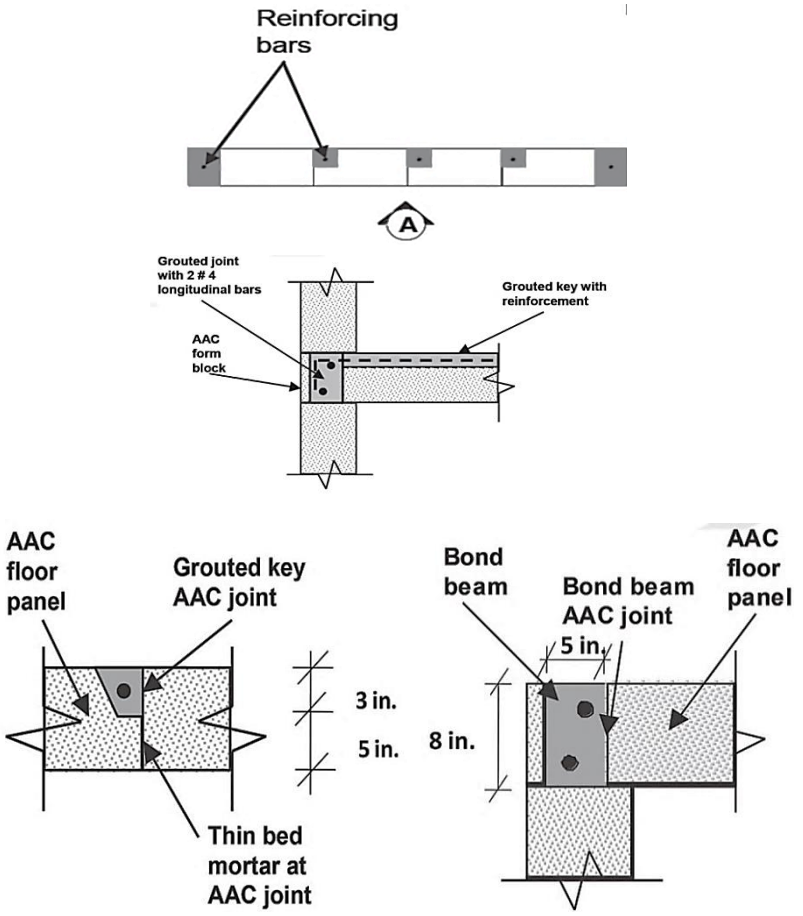
هنگام نصب، از دستکش کار و لوازم ایمنی استفاده شود. نکات ایمنی حمل و نقل بار رعایت گردد.

مطابق شکل ۱- ۳۶ هنگام نصب پانل‌های دیواری بر روی فونداسیون بتنی یا سقف، ضروری است در زیر دیوارها از گروت به منظور ایجاد سطحی تراز برای نصب پانل استفاده شود.



شکل ۱-۳۶ نصب پانل‌های دیواری بر روی فونداسیون بتنی یا سقف

چنانچه در گوشه‌ها اتصال دو دیوار پانلی به یکدیگر نیاز به استفاده از دو میلگرد طولی باشد، لازم است میلگردهای طولی به یکدیگر توسط میلگردهای عرضی جهت تثبیت موقعیت استقرار آن‌ها در فضای خالی گوشه اتصال به صورت نردبانی متصل شوند (شکل ۱ – ۳۷).



شکل ۱-۳۷ جزییات اجرایی اتصالات پانل

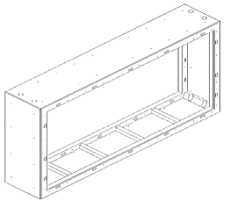
۱-۸ سیستم ساختمان پیش‌ساخته بتنی سریع‌الاحداث

۱-۸-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده

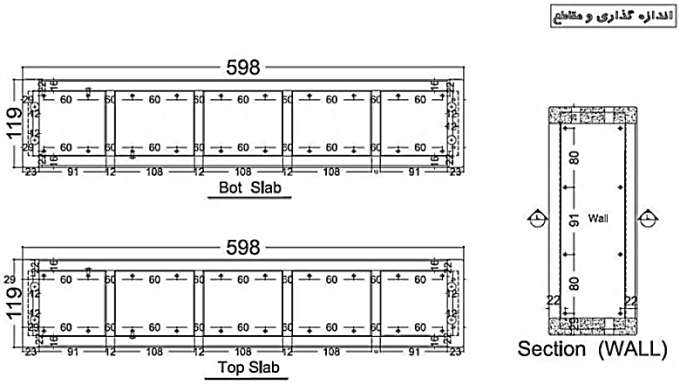
این سیستم مبتنی بر اجرای ساختمان بتن مسلح پیش‌ساخته با استفاده از قطعات مدولار می‌باشد. قطعات مورد نظر شامل بخشی از کف، سقف و دیوارهای بتن‌آرمه بوده که با قرارگیری در مجاورت یکدیگر در تراز افق یا قرارگیری بلوک‌ها بر روی یکدیگر با استفاده از اتصالات پیچ و مهره‌ای

ساختمان‌های یک و دو طبقه ایجاد می‌شود (شکل ۱- ۳۸). این سیستم درامتداد عرضی بلوک‌ها به صورت دیوار برشی بتنی باربر بوده و در جهت طولی بلوک‌ها رفتاری مشابه قاب خمشی دارد.

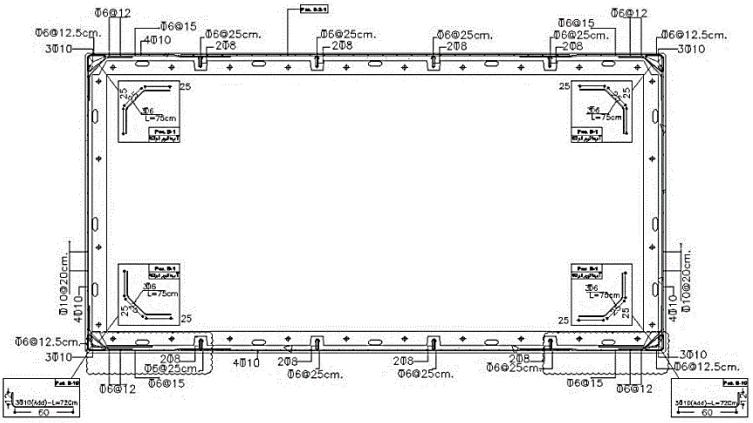
هر بلوک شامل پوسته بتن‌آرمه به ضخامت حداقل ۷۵ میلی‌متراست که در کلیه لبه‌ها با کلاف‌های پیرامونی تقویت شده‌اند (شکل۱-۳۹). در این سیستم برای عبور لوله‌های برقی و تاسیساتی، تمهیداتی پیش بینی شده است که هیچگونه تخریب یا اصلاحی در زمان اجرا مورد نیاز نباشد.



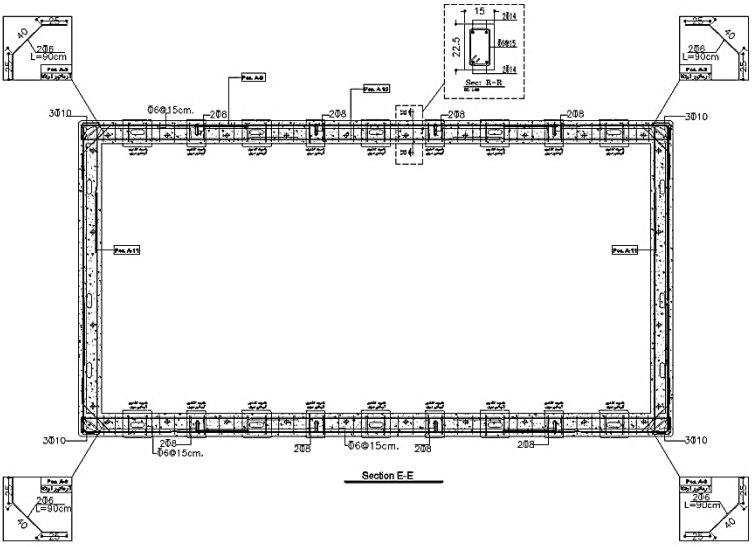
شکل ۱-۳۸ نمای کلی بلوک



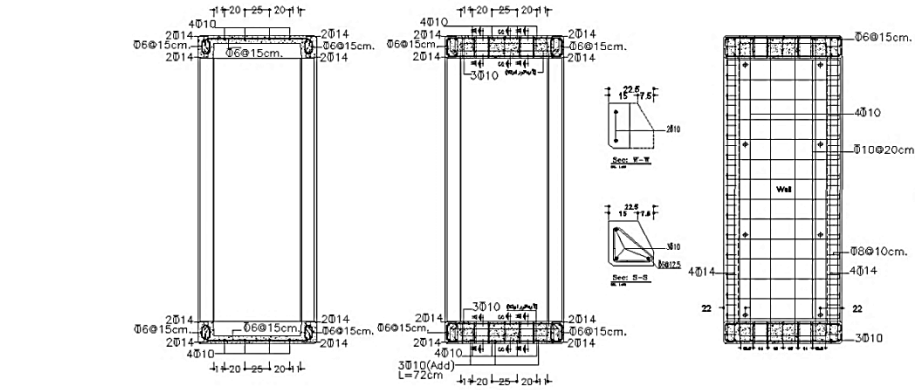
شکل ۱-۳۹ اندازه گذاری بلوک

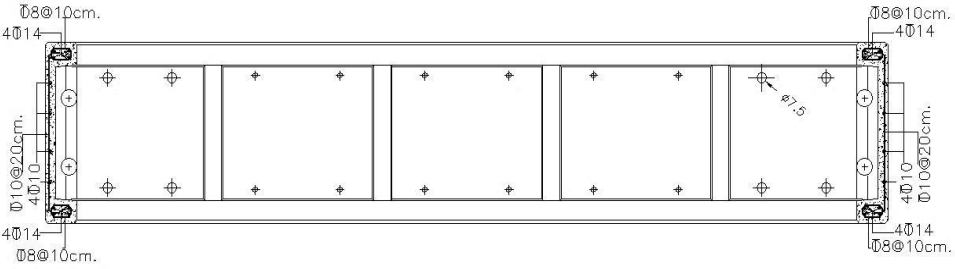


شکل ۱-۴۰ آرماتورگذاری در پوسته بلوک - مقطع طولی

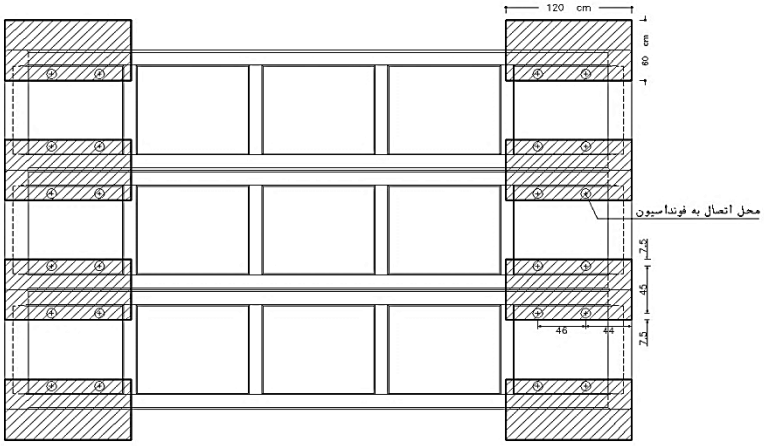


شکل ۱-۴۱ جزئیات آرماتورگذاری در کلاف‌های پیرامونی بلوک- مقطع طولی





شکل ۱-۴۲ جزئیات آرماتورگذاری در کلاف‌های پیرامونی بلوک- مقطع عرضی



شکل ۱-۴۳ پلان موقعیت قرارگیری فونداسیون‌های پیش‌ساخته و نقاط اتصال بلوک به فونداسیون

۱-۸-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

استفاده از این سیستم در تمام پهنه‌های لرزه‌خیزی کشور با رعایت ضوابط مربوطه مجاز است.

ساختمان‌های پیش‌ساخته بتن مسلح تولیدی تا حداکثر دو طبقه هر یک به ارتفاع ۳/۵ متر، در جمع ۷ متر از تراز پایه قابل احداث می‌باشند.

سیستم سازه‌ای مبتنی بر قطعات سه بعدی پیش‌ساخته پیشنهادی با جزییات فوق الذکر در جهت عرضی دارای ضریب رفتار $R_u=3$، $C_d=3$ و $\Omega_0=2$ و در جهت طولی دارای $R_u=4$، $C_d=4$ و $\Omega_0=2.5$ می‌باشد.

۱-۸-۳ مبانی طراحی و اجرا

۱-۸-۳-۱ الزامات فونداسیون

فونداسیون براساس نوع و مقاومت خاک وشرایط محل احداث ساختمان طراحی می‌شود. به عنوان پیش فرض، فونداسیون در این سیستم ساختمانی از نوع منفرد با حداقل ابعاد عرض ۶۰cm ، طول ۱۲۰cm و ارتفاع ۷۰cm می‌باشد. فونداسیون‌های منفرد در زیر هر پانل مطابق جزییات نشان داده شده در شکل۱-۴۳ اجرا می شوند. طول هر بلوک فونداسیون می‌تواند تا ۱۰۰ سانتی‌متر کاهش داده شود مشروط بر این که مساحت زیرین فونداسیون در مجاورت خاک از ۰/۷۲ متر مربع کمتر نشود.

۱-۸-۳-۲ الزامات قطعات پیش ساخته سه بعدی

– حداقل ضخامت پوسته بلوک ۷/۵ سانتی‌متر و در قسمت کلاف های پیرامونی ۲۲/۵ سانتی‌متر می باشد.

– حداقل عرض کلاف های پیرامونی ۱۵ سانتی‌متر می‌باشد.

– هر قطعه در قسمت کف و سقف باید دارای حداقل ۴ کلاف عرضی مطابق با شکل ۳۹ باشد.

–کلاف های طولی باید دارای ۴ عدد آرماتور طولی و با قطر حداقل ۱۴میلی‌متر و به صورت کلاف بسته دارای خاموت باشد.

– هر قطعه سه بعدی پیش ساخته باید در هر انتها در ۴ نقطه(هر بلوک مجموعاً دارای ۸ اتصال) به فونداسیون متصل شود. قطر سوراخ پیش بینی شده در کف بلوک برای این منظور ۷۵میلی‌متر است و

مختصات موقعیت اتصالات در شکل ۱-۴۲ نشان داده شده است. نقاط اتصال می‌توانند حداکثر ۵± سانتی‌متر از موقعیت نشان داده شده در شکل ۱-۴۳ جابجا شوند.

– در محل اتصال بلوک به فونداسیون، میلگرد تعبیه شده به قطر ۱۸میلی‌متر(پس از رزوه کاری) با مقاومت حداقل معادل میلگرد رده S400 باید از قطعه عبور کرده و پس از اجرای گروت یا چسب در اطراف آن، با نصب صفحه فولادی به ابعاد حداقل ۳۰۰×۲۰۰ میلی‌مترمربع و به ضخامت ۱۰ میلی‌متر مهار شود(شکل ۱-۴۴).

– اتصال بلوک فوقانی به بلوک زیرین، باید توسط حداقل ۱۰ عدد میله دو سر رزوه به قطر ۱۸ میلی‌متر (پس از رزوه کاری) با مقاومت حداقل معادل میلگرد رده S400 با نصب صفحات فولادی به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ میلی‌مترمربع و به ضخامت ۸ میلی‌متر در زیر و روی اتصال صورت گیرد. میله های دو سر رزوه از طریق سوراخ های به قطر ۲۲ میلی‌متر که در سقف قطعه زیرین و کف قطعه فوقانی تعبیه شده است عبور نموده و آرایش قرارگیری آن‌ها در پلان قطعه باید به گونه ای باشد که حداکثر مقاومت در برابر خمش و برش در راستای طولی و عرضی بلوک را ایجاد نماید.

شکل ۱-۴۴ نحوه اتصال بلوک به فونداسیون

– در این سیستم ساختمانی چیدمان بلوک‌ها باید به گونه‌ای باشد که در هیچ حالتی بلوک منفرد بدون اتصال به قطعه مجاور واقع نگردد یا به بیان دیگر ساختمان باید حداقل دارای دو بلوک هم‌جوار متصل باشد. هر دو پانل کنار هم باید با اجرای میل مهار و تزریق گروت به یکدیگر متصل شوند. بدین منظور لازم است هر دو بلوک مجاور توسط ۱۶ عدد میله تمام رزوه به قطر ۱۸میلیمتر با حداقل تنش تسلیم ۶۴۰ MPa و مقاومت کششی نهایی ۸۰۰ MPa که در هر وجه سقف، کف و دیوارها حداقل در چهار نقطه اجرا می‌گردد، به یکدیگر متصل شوند.

– دال کف، سقف و دیوارها دارای یک لایه شبکه فولادی مطابق جزئیات آرماتورگذاری در شکل ۱-۴۰ می باشد و باید به گونه‌ای اجرا شود که کلاف های طولی بر روی میلگرد زیرین قرار گیرد.

۱-۸-۳-۳ مشخصات مصالح مورد استفاده

– بتن مصرفی در بلوک‌ها و فونداسیون حداقل از رده $C40$ (مقاومت ۲۸ روزه نمونه استوآن‌های استاندارد برابر با $۴۰MPa$) می‌باشد.

– میلگردهای مورد استفاده در ساخت فونداسیون، دیوارها و سقف‌های این سیستم باید مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۳۲ به شرح ذیل باشد.

– میلگردهای طولی و عرضی پانل‌ها، میلگردهای طولی فونداسیون و میلگردهای طولی کلاف‌ها باید از نوع $S400$ باشد.

– میلگردهای عرضی فونداسیون و میلگردهای مورد استفاده به عنوان خاموت کلاف‌ها از نوع S340 می‌باشد.

۱-۹ سیستم ساختمان ساخته شده با پرینت سه بعدی

۱-۹-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده

در سال‌های اخیر اهمیت تکنولوژی پرینتسه بعدی در صنعت ساخت و ساز افزایش یافته است و چاپگرهای سه بعدی بتن در بین معماران و شرکت‌های ساختمانی محبوبیت پیدا کرده‌اند. با وجود قیمت بالای پرینترهای سه بعدی بتن، استفاده از این چاپگرها به جای روش‌های تولیدی سنتی مزایای مختلفی دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به سرعت بیشتر، هزینه کمتر، افزایش دقت ساخت و بهبود ایمنی در اجرا اشاره نمود. پرینترهای سه بعدی بتن نه تنها تولید پسماند را به حداقل می‌رسانند، بلکه تعداد کارکنان فعال مورد نیاز در محل و همچنین زنجیره‌های تأمین را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهند. علاوه بر این، امکان ساخت سازه‌های پیچیده‌تر و انعطاف پذیرتری با استفاده از این فناوری فراهم می‌شود. این سیستم سازه‌ای جدید برای احداث ساختمان یک طبقه می‌باشد که دیوارهای باربر بتنی با پرینت سه بعدی ساخته شده و سقف از نوع تیرچه‌بلوک یا پانل‌های AAC یا سقف‌های دیگری که قابلیت تامین صلبیت را داشته باشد، اجرا می‌گردد. در این سیستم دیوارها با استفاده از ربات

در محل کارگاه (سایت) اجرا می‌شوند و در تراز سقف، کلاف افقی و سقف سازه‌ای به صورت هم زمان در محل اجرا می‌شود. سقف‌های سازه‌ای می‌تواند از نوع درجا یا پیش‌ساخته باشد (شکل ۱-۴۵).

شکل ۱-۴۵ تصویر از دستگاه پرینت سه بعدی

۱-۹-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

- استفاده از این سیستم در تمام پهنه‌های لرزه‌خیزی کشور با رعایت ضوابط مربوطه مجاز است.
- سیستم سازه پرینت سه بعدی در دو جهت دارای ضریب رفتار $R_u=2$، $C_d=2$ و $\Omega_0=2$ می‌باشد.
- حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان از روی فونداسیون تا تراز سقف برای این سیستم ۱۲ متر می‌باشد و حداکثر تعداد طبقات ۳ طبقه می باشد.

۱-۹-۳ مبانی طراحی و اجرا

۱-۹-۳-۱ الزامات فونداسیون

فونداسیون در این سیستم ساختمانی برای دیوارهای سازه‌ای از نوع بتن مسلح نواری و با حداقل عرض $400mm$ و ارتفاع $350mm$ و برای دیوارهای غیر سازه‌ای با حداقل عرض $300mm$ و ارتفاع $350mm$ می‌باشد. ابعاد فونداسیون براساس نوع خاک و مقاومت خاک محل احداث ساختمان می‌تواند افزایش یابد و باید با توجه به شرایط خاک محل طراحی شود.

۱-۹-۳-۲ الزامات دیوارهای پرینتی

- حداقل ضخامت دیوارهای باربر پرینتی ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد که هر دیوار باید شامل جدارهای داخلی و خارجی و جدار میانی به ضخامت حداقل ۵۰ میلی‌متر باشد.

– جدار میانی دیوار باربر پرینتی باید به صورت سینوسی شکل (S شکل) با گامی که در طراحی تعیین می‌شود، پرینت شود.

– در دیوارهای پرینتی باربر باید فضای بین S شکل‌ها در فواصلی که براساس طراحی تعیین می‌شود با بتن حداقل رده $C25$ که با میلگرد قائم تسلیح شده است، پر شود. نمره میلگرد و فواصل میلگرد گذاری براساس طراحی تعیین می‌شود. حداکثر فاصله میلگردهای قائم ۳ متر و حداقل قطر آن‌ها ۱۰ میلی‌متر می‌باشد.

– دیوارهای پرینتی باربر باید در لایه‌های مشخص با میلگرد بستر افقی به گونه‌ای که جدارهای داخلی و خارجی را به نحو مناسب به یکدیگر متصل نماید، مسلح شوند. فواصل، شکل و قطر میلگرد بستر براساس طراحی تعیین می‌شود. حداکثر فاصله مجاز این میلگردها یک متر می‌باشد.

– در صورتی که در محل اتصال دیوارهای باربر متعامد به یکدیگر به واسطه ماهیت اجرای پرینت سه بعدی، قوس ایجاد گردد، لازم است در ابتدا و انتهای دیوارهای قوسی با شعاع بیش از ۵۰۰ میلی‌متر، در فضای خالی مابین S شکل‌ها، میلگرد قائم تعبیه و با بتن رده $C25$ پر شود. در قوس‌های کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر، می‌توان جزییات مذکور را می توان در داخل قوس اجرا نمود.

– در ابتدا و انتهای بازشوهای دیوارهای باربر، باید در فضای خالی مابین S شکل‌ها، میلگرد قائم تعبیه و با بتن رده $C25$ پر شود.

–در بالای بازشوها باید از مقاطع فولادی محاسبه شده بر اساس طراحی و با توجه به دهانه بازشو به عنوان تیر نعل درگاه استفاده شود.

– دیوارهای پرینتی غیر سازه‌ای باید از پرینت دو جدار با ضخامت حداقل ۵۰ میلی‌متر، که پس از پرینت کاملا به یکدیگر خواهند چسبید، اجرا شوند.

– در تراز سقف و برروی دیوارها باید یک کلاف افقی اجرا شود. میزان و نحوه قرار گیری میلگردهای کلاف افقی باید با طراحی تعیین شود.

– میلگردهای قائم باید با استفاده از کوپلرهای کار گذاشته در پی، به پی ساختمان متصل شوند. کوپلرها باید با استفاده از شاخک های فولادی خمیده در پی مهار شوند.

۱-۹-۳-۳ الزامات سقف

- سقف می‌تواند به صورت بتن درجا ریز از نوع تیرچه بلوک یا تیرچه کرمیت و یا پیش ساخته بتنی و یا پیش ساخته بتن سبک هوادار باشد.

– در هر مورد صرف‌نظر از نوع سقف باید کفایت آن برای تامین سقف صلب با طراحی کنترل و تامین گردد.

- باید توجه شود که در محل اتصال دیوار و سقف باید حتما کلاف بتنی افقی درجا با مشخصاتی که در طراحی تعیین می‌شود، اجرا شود.

- در ناحیه اتصال دیوار و سقف باید از میلگردهای L شکل برای اتصال دیوار و سقف استفاده نمود.

۱-۹-۳-۴ مشخصات مصالح مورد استفاده

-- حداقل مقاومت بتن مورد استفاده در ساخت اجزای بتن‌آرمه براساس مقاومت مشخصه مطابق زیر باید باشد:

-- بتن مصرفی در فونداسیون از رده C20 (با مقاومت ۲۸ روزه نمونه استوآن‌های برابر با ۲۰ مگا پاسکال)

-- بتن مصرفی در دیوارهای پرینت سه بعدی از رده C40 (با مقاومت ۲۸ روزه نمونه استوآن‌های برابر با 40 مگا پاسکال)

-- بتن مصرفی سقف‌های سازه‌ای از رده C25 (با مقاومت ۲۸ روزه نمونه استوآن‌های برابر با ۲۵ مگا پاسکال)

-- پانل‌های AAC سقفی در صورت استفاده باید دارای نظریه فنی از مرکز باشند.

-- میلگردهای مورد استفاده در ساخت دیوارها و سقف‌های این سیستم باید مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و یا استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۳۲ به شرح ذیل باشد.

-- میلگردهای طولی تیرچه‌های سقف، میلگردهای طولی فونداسیون و میلگردهای قائم دیوار سه بعدی و میلگردهای طولی کلاف افقی سقف باید از نوع S400 باشد.

-- میلگردهای عرضی فونداسیون و میلگردهای مورد استفاده به عنوان خاموت تیرچه و خاموت کلاف افقی می تواند از نوع حداقل S340 باشد.

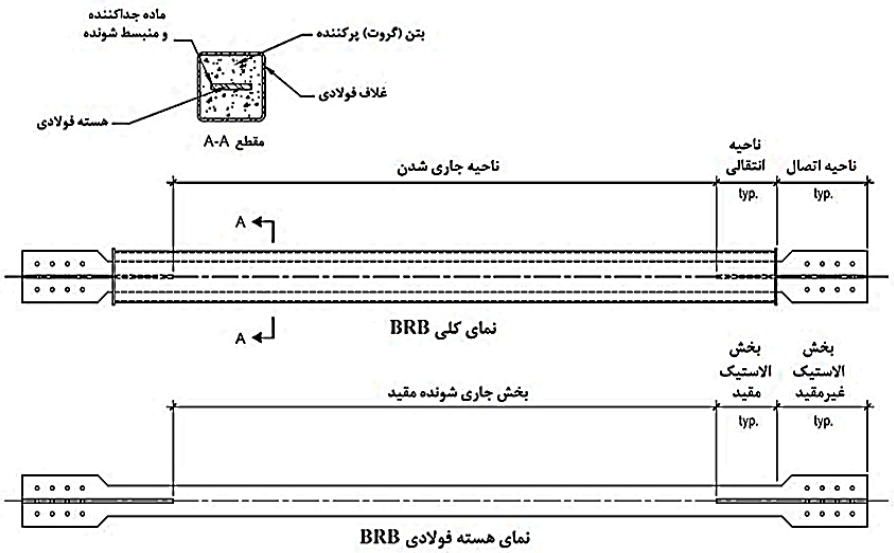
-- فونداسیون باید به گونه‌ای اجرا شود تا سطح تمام شده رویه بتن فونداسیون حتی‌المقدور مسطح و فاقد پستی و بلندی باشد.

-- برای قرارگیری دستگاه باید از یک لایه بتن مگر به ضخامت ۱۰ سانتی متر یا صفحات فولادی استفاده نمود.

۱-۱۰ سیستم مهاربندی‌های کمانش تاب(BRB)

۱-۱۰-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده

-سیستم مهاربندی کمانش تاب (کمانش‌ناپذیر) نوع ویژه‌ای از سیستم‌های مهاربندی همراه با شکل‌پذیری و اتلاف انرژی قابل توجه می‌باشد که با هدف بهبود رفتار لرزه‌ای مهاربندهای متداول طراحی شده‌اند. شکل‌پذیری و قابلیت جذب انرژی بالای این قاب‌ها نسبت به قاب‌های مهاربندی ویژه که نتیجه محصور بودن هسته فولادی مهاربندها در مقابل کمانش است از ویژگی‌های این نوع مهاربند می‌باشد. این نوع مهاربندها دارای یک هسته فولادی هستند که درون غلافی از جنس فولاد قرار گرفته و درون این غلاف باگروت یا بتن پر می‌شود. هسته فولادی می‌تواند مقاطعی همچون ورق مسطح یا صلیبی شکل باشد(شکل ۱- ۴۶). مهاربندهای کمانش تاب بگونه‌ای ساخته و طراحی می‌شوند که هسته بتواند در راستای طولی مستقل از ساز و کار جلوگیری از کمانش عمل کند. به بیان دیگر، تمام نیروی محوری که به مهاربند وارد می‌شود توسط هسته تحمل می‌شود. با جلوگیری از کمانش هسته، این المان می‌تواند در فشار همانند کشش جاری شده و بدین ترتیب توانایی جذب انرژی آن افزایش می‌یابد.



شکل ۱-۴۶ مقطع متداول BRB

۱-۱۰-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

از این نوع مهاربند می‌توان در سازه های جدید و همچنین به منظور مقاوم سازی سازه های موجود با هدف تامین شکل‌پذیری سازه، اتلاف انرژی و ارتقای سطح عملکرد سازه در برابر نیروهای جانبی زلزله بهره گرفت.

۱-۱۰-۳ مبانی طراحی و اجرا

این مهاربندها، ضوابط پذیرش استاندارد AISC 341-16 را باید به شرح زیر برآورده نماید:

الف) منحنی‌های نیرو – تغییرشکل حاصله به صورت پایدار و تکرار شونده با سختی مثبت افزایشی می‌باشند.

ب) هیچگونه گسیختگی یا ناپایداری در مهاربند رخ نداده و اتصالات انتهایی مهاربند بدون عیب و نقص هستند.

ج) در هر چرخه بارگذاری که در آن تغییرشکل از Δ_{by} بزرگتر است، نیروهای کششی و فشاری حداکثر از مقاومت اسمی هسته بیشتر می‌باشند.

د) در هر چرخه بارگذاری که در آن تغییرشکل از Δ_{by} بزرگتر است، نسبت نیروی فشاری حداکثر به نیروی کششی حداکثر از ۱/۵ کوچکتر می‌باشد.

مقدار ضریب β (ضریب تعدیل مقاومت فشاری) و ضریب ω (ضریب تعدیل سخت‌شدگی کرنشی) در این مهاربندها باید بر اساس مشخص گردد.

۱-۱۰-۳-۱ تغییرشکل

– قاب‌های دارای مهاربند کمانش تاب از آنجایی که به عنوان سیستم مقاوم لرزه‌ای عمل می‌کنند، کنترل‌کننده تغییرشکل‌ها و متعاقباً حافظ پایداری سازه در هنگام وقوع زمین‌لرزه می‌باشند. طراحی این سیستم باید به گونه‌ای انجام شود تا در تغییر شکل‌های غیرالاستیک بزرگ ایمنی جانی ساکنین حفظ شود و از فروریزی سازه در زلزله‌های شدید جلوگیری کند.

– مقدار تغییرشکل مورد انتظار مهاربند کمانش تاب ($2\Delta_{bm}$) باید بزرگترین مقدار بین ۲٪ ارتفاع طبقه و دو برابر تغییرمکان نسبی طرح طبقه باشد.

۱-۱۰-۳-۲ الزامات طراحی و اجرا

ضرایب طراحی سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی دارای مهاربند کمانش تاب باید مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ و آیین‌نامه ASCE 7-16 به شرح جدول ۱–۱ در نظر قرار گیرد.

جدول ۱–۱ مقادیر ضرایب طراحی سیستم□های باربر جانبی مجهز به مهاربندهای کمانش تاب

سیستم سازه	R	Ω_0	C_d	H_m (m)
قاب ساختمانی + مهاربند کمانش تاب	۷	۲/۵	۵	۵۰*
سیستم دوگانه (قاب خمشی + مهاربند کمانش تاب)	۸	۲/۵	۵	۲۰۰

* ارتفاع مجاز در سیستم قاب ساختمانی با مهاربند کمانش تاب، در صورتیکه شرایط زیر موجود باشد، می‌تواند از ۵۰ متر به ۷۵ متر افزایش یابد:

الف) زمین ساختگاه از نوع I، II یا III جدول ۲–۴ استاندارد ۲۸۰۰ باشد.

ب) ساختمان دارای نامنظمی در پلان از نوع شدید پیچشی نباشد.

ج) ساختمان در هر امتداد اصلی دارای سیستم مقاوم جانبی در دو طرف مرکز جرم باشد.

– زمان تناوب تجربی ساختمان‌های متعارف مجهز به سیستم مهاربند کمانش تاب را می‌توان از رابطه تجربی $T=0.0731H^{0.75}$ محاسبه نمود. تبصره بند ۳-۳-۳-۱ استاندارد ۲۸۰۰ در مورد حد بالای زمان تناوب اصلی نوسان سازه در محاسبه نیروی جانبی زلزله باید رعایت گردد.

– این مهاربندها باید برای ترکیبات بار مطابق با مبحث ششم مقررات ملی ایران طراحی شوند.

– طراحی مهاربندهای کمانش تاب باید برای سطح نیروی لرزه‌ای کاهش یافته انجام شود به گونه‌ای که به حد تسلیم برسند و تغییرشکل‌های غیر ارتجاعی را در طول زلزله طرح تحمل نمایند. در حالی که سایر اجزای سیستم که براساس ظرفیت مهاربندها طراحی شده‌اند در محدوده الاستیک باقی بمانند.

– سه روش تحلیل شامل روش تحلیل استاتیکی معادل، روش تحلیل طیفی پاسخ مودال و روش تحلیل تاریخچه زمانی برای تحلیل پاسخ لرزه‌ای سازه‌های مجهز به مهاربندهای کمانش تاب و همچنین استفاده از روش‌های تحلیل غیرخطی مطابق با ضوابط آیین‌نامه ASCE 41-17 در تحلیل پاسخ لرزه‌ای سازه‌های مجهز به مهاربندهای کمانش تاب نیز مجاز می‌باشد.

– مهاربند کمانش تاب با انواع مختلف اتصال مفصلی (جوشی، پیچی، پینی یا وصله‌ای) به ورق اتصال (گاست پلیت) مجاز می‌باشد.

– مقاومت مورد نیاز ستون‌ها، تیرها و اتصالات در قاب‌های مجهز به مهاربند کمانش تاب باید براساس نیروی زلزله‌ای مطابق با مقاومت تعدیل شده مهاربندها تعیین شود. در محاسبه این نیروی جانبی باید فرض شود که تمام مهاربندها به مقاومت تعدیل شده خود در کشش یا فشار رسیده‌اند. مقاومت تعدیل شده مهاربند در فشار به مقدار $\beta_\omega R_y P_{ysc}$ می‌باشد که ω ضریب تعدیل سخت‌شدگی کرنشی و β ضریب تعدیل مقاومت فشاری و P_{ysc} مقاومت تسلیم محوری هسته بر حسب (MPa) است. مقاومت کششی مهاربند نیز برابر با $\omega R_y P_{ysc}$ است.

درصورتی‌که مقدار P_{ysc} به طور دقیق از آزمون کشش فولاد مصرفی در هسته مهاربند به دست آید نیازی به اعمال پارامتر R_y نمی‌باشد.

– ضریب تعدیل مقاومت فشاری، β، برابر با نسبت بیشترین نیروی فشاری به بیشترین نیروی کششی نمونه آزمون است که از آزمون‌های تایید عملکرد مهاربند برای تغییرشکل مورد انتظار بدست می‌آید.

– ضریب تطبیق سخت‌شدگی کرنشی، ω، برابر با نسبت بیشترین نیروی کششی اندازه‌گیری شده از آزمون‌های تایید عملکرد مهاربند (برای تغییر شکل‌های مورد انتظار) به نیروی تسلیم اندازه گیری شده RyPysc از نمونه آزمون می‌باشد.

– اعضای تیر و ستون باید الزامات اعضای با حداقل شکل‌پذیری متوسط را تامین نمایند.

– تست کشش (کوپن) ورق‌های فولادی به کار رفته در هسته مهاربند باید براساس ضوابط یکی از استانداردهای ASTM A6، ASTM A370 یا ASTM E8 باشد. در صورتی‌که ضخامت ورق مصرفی ۵۰ میلی‌متر یا بیشتر باشد، باید حداقل الزامات سختی را برآورده نمایند. استفاده از وصله در منطقه جاری شدن هسته فولادی مهاربندها ممنوع است.

– سیستم مهاربند کمانش تاب (غلاف پیرامونی هسته مهاربند، تیرها و ستون‌های قاب مهاربندی و ورق اتصال (گاست پلیت)) باید از کمانش موضعی و کلی هسته فولادی برای تامین تغییرشکل‌های مورد نیاز جلوگیری کند.

– هسته فولادی برای مقاومت در برابر نیروی محوری مهاربند طراحی می‌شود. مقاومت محوری طراحی مهاربند $P_{ysc}\phi$ (LRFD) و مقاومت محوری مجاز $P\ ysc/\Omega_0$ (ASD) در کشش و فشار مطابق با حد تسلیم از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$P_{ysc}=F_{ysc}A_{sc}$$

$\phi=0.90$ (LRFD) و $\Omega_0=1.67$ (ASD)

A_{sc}: سطح مقطع قطعه تسلیم شده هسته فولادی بر حسب mm^2

F_{ysc}: تنش تسلیم مشخصه حداقل هسته فولادی یا تنش تسلیم واقعی هسته فولادی که از آزمون کوپن بدست می‌آید (MPa)

ترکیبات بار محاسبه شده براساس مقاومت‌های تعدیل شده مهاربند نباید با ضریب اضافه مقاومت تشدید شوند.

– نواحی حفاظت شده شامل هسته فولادی مهاربند و سایر اجزایی که هسته فولادی را به تیرها و ستون‌ها متصل می‌کنند بوده و هرگونه ناپیوستگی ناشی از عملیات ساخت و نصب در آن ناحیه ممنوع می‌باشد.

- جوش‌های زیر از نوع جوش‌های بحرانی مورد نیاز هستند و باید الزامات مربوطه را مطابق با آیین‌نامه (AWS D1.8/D1.8M) برآورده نمایند.

- جوش‌های شیاری در وصله ستون
- جوش‌های اتصال ستون به ورق پای ستون
- جوش‌های اتصالات ستون‌ها به تیرها

– در اتصالات تیر به ستون وقتی که مهاربند یا گاست پلیت به هر دو عضو تیر و ستون متصل می شوند الزامات زیر باید رعایت شود.

در حالتی که مقدار دوران مورد نیاز در اتصال تیر به ستون به اندازه ۰/۰۲۵رادیان باشد، اتصال باید از نوع ساده منظور شود

۱-۱۱سیستم سازه‌ای دارای دیوارهای برشی فولادی ویژه سخت نشده

۱-۱۱-۱معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

دیوارهای برشی فولادی در تعداد زیادی از ساختمان‌ها در چند دهه‌ی گذشته حتی پیش از پیدایش ضوابط آئین‌نامه‌ای جدید استفاده شده‌اند. لیکن استفاده از آن‌ها با انجام تحقیقات و گسترش آئین‌نامه‌ها، سرعت گرفته است. دیوارهای برشی فولادی می‌توانند برای مقابله با زلزله‌های شدید، نیروی باد و زلزله‌های سطح پایین مورد استفاده قرار گیرند. دیوارهای برشی فولادی در سازه‌ها، تنوع گوناگونی دارند. متداول‌ترین نوع دیوارهای مورد استفاده، دیوارهای سخت نشده، با جان لاغر است. این دیوارها اساس سیستم دیوار برشی فولادی ویژه هستند که در آئین‌نامه‌های ASCE7 و AISC341 به عنوان "سیستم مقاوم لرزه‌ای پایه" شناخته می‌شوند. دیوارهای برشی فولادی ویژه مقاومت فشاری کمی دارند؛ در نتیجه، کمانش برشی در سطح پایینی از نیرو در آن‌ها رخ می‌دهد. نیروهای جانبی با عملکرد کششی قطری (و نه برشی) ورق جان (همانند عملکرد میدان کششی در تیر ورق‌ها) تحمل می‌شود. اجزای مرزی به نحوی طراحی می‌شوند که اجازه‌ی عملکرد کششی قطری ورق جان و رسیدن آن به حداکثر ظرفیت برای طراحی لرزه‌ای را ممکن نمایند.

شکل ۱-۴۷ دیوار برشی فولادی

۱-۱۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

براساس ارزیابی‌های بعمل آمده در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، محدودیتی برای استفاده از این سیستم در پهنه‌های مختلف لرزه‌خیزی کشور - به شرط رعایت ضوابط مربوطه - وجود ندارد. با توجه به نکات مطرح در به کارگیری این دیوارها بعنوان یک سیستم باربر لرزه‌ای و یا بخشی از آن و به منظور اطلاع از محدودیت‌های ارتفاعی و پارامترهای طراحی، لازم است به مراجع مرتبط و نظریه‌های فنی اعطاشده مراجعه شود. برای سیستم قاب ساده فولادی با دیوار برشی فولادی ویژه سخت نشده، ضریب رفتار $R_u=7$، $C_d=6$ و $\Omega_0=2$ می باشد. برای سیستم سازه‌ای دوگانه شامل قاب خمشی فولادی ویژه با دیوار برشی فولادی ویژه سخت نشده، ضریب رفتار $R_u=8$ ، $C_d=6.5$ و $\Omega_0=2.5$ می باشد. حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان برای سیستم قاب ساده فولادی با دیوار برشی فولادی ویژه سخت نشده ۵۰ متر و برای سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی ویژه با دیوار برشی فولادی ویژه سخت نشده ۱۵۰ متر می‌باشد.

۱-۱۱-۳ مبانی طراحی و اجرا

طراحی و اجرای دیوارهای برشی فولادی ویژه ، اعضای مرزی و اتصالات آن برای معیارهای نیرویی و تغییرمکانی باید بر اساس الزامات و ضوابط راهنمای طراحی دیوارهای برشی فولادی Design Steel Guide20، الزامات لرزه‌ای آیین‌نامه AISC341-16 و آیین‌نامه طراحی دیوارهای برشی فولادی تهیه شده توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی انجام شود.

در طراحی و تعیین سهم دیوارهای برشی بر اساس ASCE-G20، استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی یا دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی مجاز می‌باشد. در صورت انجام تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی، بسته به محل سایت باید از رکورد مناسب زلزله میدان نزدیک و یا دور، بر اساس لیست

رکوردهای نشریه FEMA 695 و یا رکوردهای متناسب با خاک محلی استفاده شود. برای طراحی با شکل پذیری ویژه مقاومت تسلیم فولاد باید کمتر از ۳۴۵ مگا پاسکال باشد.

اعضای مرزی افقی و قائم و اعضای مرزی میانی باید با الزامات بند D1.1 آیین‌نامه AISC341-16 مربوط به اعضای با شکل‌پذیری ویژه مطابقت داشته باشند.

مطابق آیین نامه AISC341-16 نواحی زیر حفاظت شده بوده و باید الزامات بند D1.3 را برآورده نماید.

الف) جان‌های دیوار برشی فولادی ویژه؛

ب) اجزایی که جان‌ها را به اعضای مرزی قائم و افقی متصل می کند؛

ج) ناحیه مفاصل پلاستیک در هر انتهای عضو مرزی افقی؛

مهار اعضای مرزی افقی باید با الزامات مربوط به مهار تیرها با شکل پذیری متوسط مطابق بند D1.2a آیین نامه AISC341-16 مطابقت داشته باشد.

اتصالات اعضای مرزی قائم به اعضای مرزی افقی باید از نوع اتصال خمشی با گیرداری کامل باشند و باید الزامات بند E1.6b آیین‌نامه AISC341-16 را ارضا نمایند.

اتصال ورق جان به اعضای مرزی باید برای مقاومت تسلیم مورد انتظار ورق جان در کشش طراحی شود.

تمهیدات لازم باید به منظور تضمین عملکرد صلب و یکپارچه دیافراگم‌های سقف درنظرگرفته شود. نیروهای برشی در تراز سقف باید بوسیله المآن‌های جمع کننده، اعضای لبه‌ای و برشگیرهای متصل به قاب فولادی از دیافراگم به دیوار برشی منتقل شود. در نظر گرفتن تمهیدات لازم جهت طراحی صحیح این المآن‌ها ضروری است.

در اتصال ورق جان به اعضای مرزی صرفا باید از ورق اتصال لبه (fish plate) به کمک جوش یا پیچ استفاده شود. در صورت استفاده از پیچ جهت اتصال ورق فولادی به ورق اتصال لبه (fish plate)، رعایت ضوابط راهنمای طراحی دیوارهای برشی Steel Design Guide20 ، در مورد طراحی اتصالات پیچی و همچنین توجه به رواداری‌های نصب و اجرا در طراحی جزئیات اتصالات پیچی ضروری می باشد.

مطابق آیین‌نامه AISC341-16 اعضای مرزی میانی باید در مجاورت تمام بازشوها به کار رود به طوری که در تمام عرض و ارتفاع دیوار ادامه یابد.

ناپیوستگی‌های ناشی از روش‌های ساخت و اجرا در نواحی حفاظت شده طبق آیین‌نامه AISC341-16 مجاز نیست.

جوش‌های زیر از نوع جوش‌های بحرانی هستند و باید الزامات مربوطه را مطابق بند A3.4b و I2.3 آیین‌نامه AISC341-16 برآورده نمایند.

الف) جوش‌های شیاری در وصله ستون؛

ب) جوش‌های اتصال ستون به ورق پای ستون؛

ج) جوش‌های اتصالات اعضای مرزی قائم به اعضای مرزی افقی؛

باید از اتصال عناصر الحاقی به ورق‌های جان اجتناب شده و دیوار معماری در هر یک از طرفین ورق جان طوری تعبیه شود تا تغییرمکان جانبی ناشی از کمانش روی ملحقات دیوار تاثیرگذار نباشد. اتصال دیوارهای غیر باربر و جداکننده‌ها به سیستم سازه‌ای باید به نحوی باشد که ضمن تحمل بارهای وارده مانند طوفان، زلزله و ضربه مشارکتی در سختی جانبی سازه نداشته باشند.

به طور کلی درخصوص این سیستم، لازم است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود. سطح انتظارات مقاومت در برابر آتش در جدول ۳-۳-۲- الف این مبحث ارائه شده است.

۱-۱۲سیستم اسکلت فولادی پیش‌ساخته با اتصالات پیچ و مهره‌ای

۱-۱۲-۱معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

در سال‌های اخیر استفاده از پیچ و مهره در اتصالات سازه‌های فولادی در کشور، خصوصاً در بخش های صنعتی مانند سوله‌ها و در بخش ساختمان‌های بلند مرتبه و انبوه‌سازی، رشد چشمگیری داشته است. پرهیز از مشکلات ناشی از کنترل کیفیت جوشکاری در محل اجرای ساختمان، به ویژه در ارتفاع سازه، موجب شده است تا توجه بیشتری به اتصالات پیچ و مهره‌ای شود. در این روش، معمولاً پس از طراحی و تهیه نقشه‌های ساخت اسکلت، قسمتی از قطعات به همراه اتصالات آن‌ها به ویژه محل‌های بحرانی سازه توسط جوش در محل کارخانه به صورت پیش‌ساخته و کنترل شده ساخته شده و در محل

اجرا با پیچ و مهره به هم متصل می‌شوند. نصب قطعات در محل توسط پیچ و مهره از سرعت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. در اتصالات پیچ و مهره‌ای، تنش‌های پسماند به وجود آمده ناشی از جوشکاری و خطای نصب، به مراتب کمتر از اتصالات تمام جوشی است. در سازه‌های پیچ و مهره‌ای، امکان باز کردن مجدد اتصال به منظور ترمیم یا ایجاد تغییرات ثانویه میسر است.

شکل ۱-۴۸ اسکلت پیچ و مهره‌ای

الزامات و مشخصات مصالح و روش طراحی و اجرای این سیستم سازه‌ای باید براساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان با عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی" باشد.

بخش سوم

روش‌های اجرا

۱-۱۳ساختمان‌های بتن آرمه به روش قالب تونلی

۱-۱۳-۱معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده

سیستم اجرای قالب تونلی از جمله روش‌های متداول در انبوه سازی ساختمان‌های بتن‌آرمه است. به دلیل مشابهت نحوه کاربرد این نوع قالب با تکنیک اجرایی بتن ریزی در تونل‌ها، این روش به نام روش قالب تونلی موسوم شده است. ساختمان حاصل از این روش اجرایی، شامل سیستم سازه‌ای دیوار بتن آرمه باربر و سقف دال بتن آرمه است. در این سیستم اجرا، بتن ریزی دیوارها و سقف به صورت همزمان صورت می گیرد و این امر باعث یکپارچگی اتصالات و بهبود عملکرد سازه‌ای و رفتار لرزه‌ای می‌شود. همچنین، با توجه به حذف درز بین قالب‌ها، نمای بتن اجراشده کاملاً یک‌دست و یکپارچه خواهد بود که این امر، امکان ایجاد نمای خارجی یا داخلی در معرض دید بتنی را فراهم می‌کند. در این روش اجرایی، همزمان با اجرای آرماتوربندی دیوار و سقف، پیش‌بینی اجرای تاسیسات و جانمایی مسیرها و لوله های تاسیساتی صورت می‌گیرد و لذا با همپوشانی فعالیت تاسیساتی و فعالیت اجرای سازه‌ای، زمان اجرا کاهش می‌یابد.

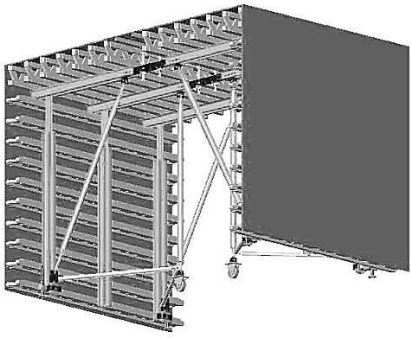
از اصول مهم در کاربرد این فناوری، طراحی مدولار و احتراز از تنوع بیش از حد در دهانه‌ها و ارتفاع طبقات است و لذا، این اصل باید از ابتدای طراحی مدنظر قرار گیرد. در پروژه‌های انبوه سازی که به ساخت بلوک‌های مشابه منتهی می‌شود، استفاده از قالب‌های تونلی در طبقات ساختمان‌های مجاور نیز امکان‌پذیر است. تعداد استفاده از یک واحد قالب تونلی متفاوت بوده و عواملی چون نحوه حمل و نقل، نگهداری و کار با قالب در آن موثر است؛ در تجارب موجود، استفاده به تعداد ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ مرتبه گزارش شده است.

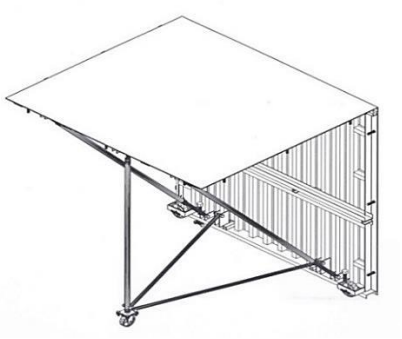
شکل ۱-۴۹ ساختمان بتن آرمه در دست احداث به روش قالب تونلی

ساخت و ساز ساختمان‌های بتن آرمه به شیوه قالب تونلی در کشور، به ویژه در پروژه‌های انبوه‌سازی دارای سوابق زیادی است . همچنین در خارج از کشور نیز این سیستم کاملاً شناخته شده بوده و شرکت‌های بزرگ فعال در زمینه داربست و قالب گزینه های متنوعی از قالب تونلی را تولید و ارائه می نمایند. در این شیوه اجرایی به طور معمول اجزای زیر به کار گرفته می‌شود:

- قالب‌های تونلی

بخش اصلی تجهیزات مورد نیاز در این سیستم اجرایی قالب‌های تونلی هستند. ساختار قالب ها می‌تواند به صورت یکپارچه وکامل، دو نیم قالب (شکل ۱-۵۰) و در صورتی که دهانه سقف بزرگ باشد، به صورت دو نیم قالب و صفحه میانی باشد.

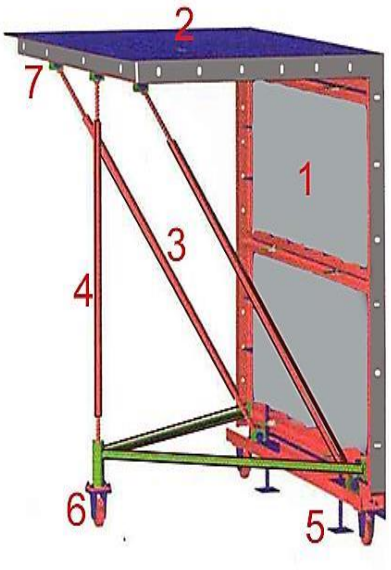




الف- نیم قالب **ب- قالب متشکل از دو نیم قالب**

شکل ۱-۵۰ انواع قالب‌های مورد استفاده در روش اجرا با قالب تونلی

اجزای یک مجموعه قالب به طور معمول شامل موارد زیر است (شکل ۱-۵۱):



۱. قالب قائم برای اجرای دیوار؛

۲. قالب دال؛

۳. اعضای دو پیچ مورب به‌منظور تنظیم زاویه قالب دال و دیوار و نیز تحمل بارهای حین ساخت و وزن بتن؛

۴. اعضای دو پیچ قائم چرخ دار برای تنظیم ارتفاع و تحمل بارهای حین ساخت و وزن بتن؛

۵. پیچ تنظیم زیر قالب دیوار؛

۶. چرخ زیر قالب دیوار به منظور بیرون آوردن قالب و در آخر، انتقال به طبقه فوقانی؛

۷. عضو اتصال دو نیم قالب مجاور هم که منجر به تشکیل یک قالب کامل می شود.

شکل ۱-۵۱ اجزای قالب تونلی

برخی از انواع تولید شده قالب همراه با سکوی کار می باشد و لذا امکان تردد عوامل کار به روی قالب برای انجام عملیات آرماتوربندی و بتن ریزی فراهم خواهد شد.

- قالب اجرای دیوارهای خارجی و داربست‌های موقت

وجه داخلی دیوارهای خارجی به کمک قالب تونلی و وجه خارجی آن با قالب معمولی دیوار ساخته می شود. در شکل ۱-۵۲ نحوه اجرای این قالب به همراه سکوی موقت پیش‌بینی شده، نمایش داده شده است.

شکل ۱-۵۲ دیوار خارجی و سکوهای موقت

- رامکا

در قالب‌بندی دیوارهای سیستم تونلی از رامکا به عنوان تکیه‌گاه قالب استفاده می‌شود. برای اجرای رامکا از قالب‌های نواری به ارتفاع حدود ۱۰ سانتی متر استفاده می‌شود. در قالب بندی رامکاها، کف درگاه‌ها نیز باید لحاظ شوند. بتن ریزی رامکاها همراه با بتن‌ریزی سقف‌ها انجام شده و پس از بازکردن قالب آن‌ها، آرماتوربندی دیوارها در امتداد میلگردهای انتظار خارج شده از رامکا انجام می‌شود. در شکل ۱-۵۳ نمونه‌ای از قالب بندی رامکا نمایش داده شده‌است.

شکل ۱-۵۳ نمونه‌ای از قالب رامکا که قبل از بتن‌ریزی سقف

۱-۱۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

اجرای این سیستم در کلیه پهنه‌های لرزه‌خیزی ایران (مطابق استاندارد ۲۸۰۰) حداکثر تا ۱۵ طبقه یا ۵۰ متر از تراز پایه بلامانع است. این روش اجرا در ساختمان‌های بتنی با سیستم دیوارهای سازه‌ای و سقف بتنی درجا مورد استفاده قرار می‌گیرد. اجرای ساختمان‌ها به ویژه با طراحی مدولار با کاربرد این

روش، اقتصادی و سریع است. لازم است طراحی و اجرا با رعایت دامنه کاربرد و محدودیت‌های گزارش تحقیقاتی سیستم بتنی قالب تونلی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، با شناسه گ-۴۹۵ چاپ ۱۳۸۷، صورت گیرد.

۱-۱۳-۳روش اجرایی و کنترل کیفی

اجرای ساختمان بتن مسلح با استفاده از قالب‌های تونلی شامل مراحل زیر است:

اجرای شالوده: شالوده این سیستم معمولاً نواری و به صورت شالوده دیوار است. این شالوده تکیه‌گاه سراسری برای کلیه دیوارهای باربر سازه‌ای فراهم می‌کند. در مواردی که مشخصات ژئوتکنیکی خاک زیر پی ایجاب کند و یا بارهای منتقل شده از سازه زیاد باشد، شالوده به صورت گسترده اجرا خواهد شد. روش اجرای شالوده در این سیستم تفاوت شاخصی با روش‌های مرسوم اجرای شالوده نواری و یا گسترده ندارد.

اجرای دیوارهای بتن مسلح و سقف‌ها: در قالب‌بندی دیوارهای سیستم تونلی از رامکا به عنوان تکیه‌گاه قالب استفاده می‌شود. آرماتوربندی دیوارها، به صورت درجا در محل نصب، یا به صورت پیش بافته بر روی زمین انجام و سپس به محل نصب منتقل می‌شود. برای تثبیت فاصله شبکه آرماتور با جداره قالب‌ها و حفظ حداقل پوشش بتن، از فاصله گذارهای پلاستیکی به فواصل مشخص بر روی میلگردها استفاده می‌شود. محل‌های بازشو مانند درگاه‌ها، با قالب بندی فلزی و بازشوهای کوچک تاسیساتی به وسیله قالب چوبی یا پلی‌استایرنی پر می‌شود تا بتن وارد فضای مورد نظر نشود.

نصب قوطی کلید و پریزهای برق و پیش‌بینی محل تابلوها و تاسیسات دیگر باید قبل از قالب بندی صورت گیرد. پس از آنکه تمامی اقدامات و پیش‌بینی‌های لازم در داخل دیوارها انجام شد، قالب‌ها به وسیله تاورکرین یا جرثقیل و با هدایت نیروی انسانی قالب‌بند، در محل خود کار گذاشته می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از پیچ‌های تنظیم، اتصال چرخ و کف قطع شده و در ادامه توسط دوپیچ های قائم و مورب، زاویه دیوار و کف و همچنین تراز بودن کف، کنترل می‌شود. قالب‌های دو طرف دیوار، که هر یک مربوط به قالب تونلی مجزایی است، با پیچ مهارهای پیش بینی شده در ارتفاع تنظیم می‌شود. پس از اجرای آرماتور بندی و تنظیم قالب دیوارها، آرماتوربندی سقف انجام می‌شود. آرماتوربندی و پیش بینی اقلام تاسیساتی و الکتریکی و همچنین داکت های تاسیساتی باید با دقت در این مرحله انجام شود. در راستای سرعت وسهولت کار، در مواردی رامکای هر طبقه با سقف و دیوار طبقه پایین قالب بندی و به صورت یک جا بتن‌ریزی می‌گردد.

اجرای راه پله‌ها: با توجه به وجود دیوارهای بتنی در اطراف چشمه پله در ساختمانی که با سیستم اجرای قالب تونلی ساخته می‌شود، با پیش‌بینی صفحات فولادی در سطح دیوارها امکان اتصال رمپ‌های راه پله پیش ساخته بتنی یا فولادی (تیر ریزی شمشیری و اجرای دال مرکب) وجود دارد. در نتیجه، سرعت اجرای راه پله نیز تا حدودی منطبق با پیشرفت اجرای طبقات خواهد بود و تردد عوامل کاری به سقف‌های در حال اجرا تسهیل می‌گردد. علاوه بر روش اجرای فوق، اجرای راه پله به روش متداول نیز قابلیت تطابق با شیوه اجرای تونلی را داراست.

اجرای دیوارهای پیرامونی: به دلیل ایجاد امکان ورود و خروج قالب‌های تونلی، به طور معمول در بعضی از دهانه‌های ساختمان دیوارهای خارجی اجرا نشده و در مراحل بعدی و پس از اجرای اسکلت با انواع مصالح دیگر از قبیل پانل‌های پیش ساخته بتنی، پوشش داده می‌شود.

۱-۱۳-۴مبانی طراحی و اجرا مطابق آیین‌نامه‌ها و استانداردها

ساختمان‌های بتن مسلح اجرا شده با قالب‌های تونلی در دسته سازه‌های دارای دیوارهای باربر سازه‌ای و سقف بتن‌آرمه قرار می‌گیرد. طرح لرزه‌ای و سازه‌ای به ترتیب بر اساس آخرین ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ ایران، مبحث نهم مقررات ملی ساختمان یا آئین‌نامه ACI 318-14 و ویرایش های بعد از آن انجام می‌گیرد. در اجرای سازه بتنی و سایر ملحقات غیر سازه‌ای، تاسیسات برقی و مکانیکی باید ضوابط کلیه مباحث مقررات ملی ساختمان مورد توجه قرار گیرد. لازم است طراحی و اجرا با رعایت اصول تعیین‌شده در خصوص صرفه‌جویی در مصرف انرژی، در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و همچنین گزارش تحقیقاتی سیستم بتنی قالب تونلی (گ-۴۹۵، ۱۳۸۷) مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، صورت گیرد.

به طور کلی در خصوص سیستم سازه‌ای بتن مسلح حاصل از این روش اجرا، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای سیستم‌های سازه‌ای بتن مسلح با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ابعاد کافی برای اعضای بتنی و پوشش بتنی میلگردها و یا کابل‌ها، قابل تامین خواهد بود.

۱-۱۳-۵ الزامات سیستم کلی

۱- مبانی کلی طراحی این سیستم مطابق با ساختمان‌های بتن آرمه از نوع دیوار باربر صورت گرفته و شیوه اجرای آن به روش قالب‌های تونلی انجام می‌شود.

۲- اجرای این سیستم در کلیه پهنه‌های لرزه‌خیزی ایران (مطابق استاندارد ۲۸۰۰) حداکثر تا ۱۵ طبقه یا ۵۰ متر از تراز پایه بلامانع است.

۳- طرح لرزه‌ای و سازه‌ای به ترتیب بر اساس آخرین ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ ایران و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان انجام گیرد.

۴- رعایت ضوابط مربوط به شکل‌پذیری متوسط و زیاد متناسب با لرزه‌خیزی مناطق مختلف ایران مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران الزامی است.

۵- منظم بودن ساختمان در پلان و ارتفاع ضروری است.

۶- بکارگیری حداکثر دهانه ۵/۵ متر برای سقف و حداقل ضخامت ۱۵ سانتی‌متر برای دیوارهای هر طبقه در این سیستم مجاز می‌باشد.

۷- سطح مقطع اسمی دیوارهای سازه‌ای یک جهت باید حداقل ۸۰ درصد جهت دیگر باشد.

۸- دیوارهای سیستم تونلی باید به گونه ای طراحی شود که حداکثر نیروی محوری ناشی از ترکیب بارهای ثقلی و جانبی از ۳۵٪ ظرفیت محوری دیوار بر مبحث نهم مقررات ملی ساختمان بیشتر نشود. در غیر این‌صورت باید ضخامت دیوار افزایش یابد.

۹- رعایت حداقل مقاومت فشاری نمونهٔ استوآن‌های ۲۵ مگاپاسکال برای بتن سازه‌ای و حداقل تنش تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال برای فولاد الزامی است.

۱۰- در نظر گرفتن ملاحظات خاص در پلان معماری، جهت بستن و باز نمودن قالب‌های تونلی ضروری است.

۱۱- قالب برداری اجزاء سازه‌ای باید مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران صورت گیرد.

۱۲- استفاده از مواد افزودنی شیمیایی (روان کننده، فوق روان کننده و افزودنی‌های تسریع کنندهٔ گیرش بتن) باید مطابق با مقررات ملی ساختمان ایران و یا سایر مراجع معتبر بین المللی بوده، همچنین نوع و میزان مصرف آن‌ها بر مبنای مشخصات اجرایی و اقلیمی کشور انتخاب گردد.

۱۳- در شرایط مختلف اقلیمی ، باید تمهیدات لازم در طراحی و اجرای ساختمان‌ها در نظر گرفته شود.

۱۴- طراحی و اجرای جزئیات مناسب در محل اتصال دیوارهای غیر سازه‌ای به منظور عدم مشارکت در سختی جانبی سازه الزامی است.

۱۵- تهیه نقشه های دقیق شامل جزئیات اجرایی لوله ها، مسیرها و محل نصب اقلام برقی و تأسیساتی در دیوارها و سقف های بتن‌آرمه ضروری است.

۱۶-در نظر گرفتن تمهیدات و تجهیزات لازم جهت اجرای بتن‌ریزی یکپارچه دیوارها و سقف در هر طبقه ضروری است.

۱۷- عایق کاری حرارتی جداره‌های خارجی ساختمان مطابق الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ایران الزامی است.

۱۸- رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران درخصوص حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با درنظر گرفتن تعداد طبقات، ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی عنصر ساختمانی ضروری است.

۱۹- صدابندی هوابرد جداکننده‌های بین واحدهای مستقل و پوسته خارجی ساختمان و صدابندی سقف بین طبقات باید مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان ایران تامین شود.

۲۰- به طور کلی در خصوص این سیستم سازه‌ای بتن مسلح شامل دیوارهای باربر برشی بتن مسلح و سقف بتن مسلح، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق" و همچنین الزامات نشریه شماره ض-۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با عنوان "آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن ابعاد ساختمان، تعداد طبقات، مساحت ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای این سیستم سازه‌ای بتن مسلح با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ضخامت مورد نیاز برای اجزا و پوشش بتنی میلگردها، قابل تامین خواهد بود.

۲۱- **صدابندی دیوار:** با توجه به این نکته که در اغلب موارد دیوار بتنی بین واحدها ضخامتی بیش از ۱۵ سانتیمتر دارد، در عمل صدابندی هوابرد بین واحدها بدون نیاز به لایه تکمیلی محقق می‌شود. صدابندی هوابرد دیوار بتنی ارائه شده در گزارش شرکت، به ضخامت۲۰ سانتیمتر بسته به چگالی آن متفاوت است. مقدار شاخص کاهش صدای وزن‌یافته برای دیوار بتنی۲۰ سانتیمتری با چگالی حدوداً بین ۴۴۰ تا ۴۹۰ کیلوگرم، از ۵۳ تا ۵۹ دسی‌بل متغیر است. بر اساس مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان، شاخص کاهش صدای وزن‌یافته، R_w، آن‌ها از ۵۰ دسی‌بل بیشتر برای دیوار خارجی و دیوار بین واحدهای مستقل قابل قبول هستند. در صورت استفاده از ضخامت‌های کمتر، اعلام نظر قطعی در مورد امکان یا عدم امکان استفاده از جدار، تنها در صورتی عملی خواهد بود که افت صوتی آن مورد اندازه‌گیری قرار گیرد.

به‌عنوان راهنما در مورد آگاهی از عملکرد آکوستیکی سیستم بتنی قالب تونلی، مطالعه فصل هشتم از گزارش تحقیقاتی شماره :گ-۴۹۵ این مرکز توصیه می‌گردد.

۲۲- **صدابندی سقف:** در مورد سقف‌ها، ضخامت دال بتنی باعث می‌شود که همانند دیوارها، کاهش صدای هوابرد جوابگوی انتظارات تعیین شده باشد ولی در مورد صدابندی کوبه‌ای لایه بتنی به تنهایی جوابگو نیست و لازم است بر روی سقف تمهیداتی انجام پذیرد که مؤثرترین روش استفاده از کف شناور با جزئیات مناسب است.

با توجه به ضوابط ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، سقف‌هایی که شاخص تراز صدای کوبه‌ای معمول شده وزن‌یافته، L_{nw}، کمتر از ۵۰ دسی‌بل داشته باشند، برای سقف بین طبقات در ساختمان‌های مسکونی قابل قبول است. (لذا جزئیات اجرایی ذکر شده در بند ۲ مدارک ارائه شده از طرف شرکت، در پاسخ به مدارک درخواستی در زمینه عملکرد آکوستیکی با L_{nw} برابر با۶۲ دسی‌بل به‌هیچ وجه جوابگوی این مبحث نمی‌باشد و لازم است با توجه به صدابندی سقف پیش دال بتنی، کف شناور باجزئیات مناسب انتخاب گردد)

روش درست اجرای کف شناور در گزارش تحقیقاتی شماره: گ-۵۹۶ این مرکز به تفصیل شرح داده شده است.

۲۳. در تمامی مراحل طراحی، تولید و اجرا، مسئولیت نظارت عالیه و کنترل کیفی بر عهده شرکت متقاضی می‌باشد.

۱-۱۴سیستم قالب‌بندی سقف‌های بتن‌مسلح با استفاده از میز پرنده

۱-۱۴-۱معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده

سیستم اجرای قالب میز پرنده روشی صنعتی و سریع در اجرای سقف بتنی در ساختمان‌های بتن آرمه است .دراین روش، اجزاء مختلف قالب دال سقف از قبل به یکدیگر متصل شده و اصطلاحاً عرشه را تشکیل می دهند. با حمل یکباره عرشه به محل اجرای سقف، فرآیند اجرا با سرعت و دقت بالایی انجام می شود. بعد از بتن ریزی و رسیدن مقاومت بتن به میزانی که امکان قالب برداری باشد، قالب دال (بدون جداسازی سازه قالب) از بتن جدا شده و از زیر سقف خارج و به سمت طبقه بالا حمل تا در مکان جدید مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۱-۵۴).

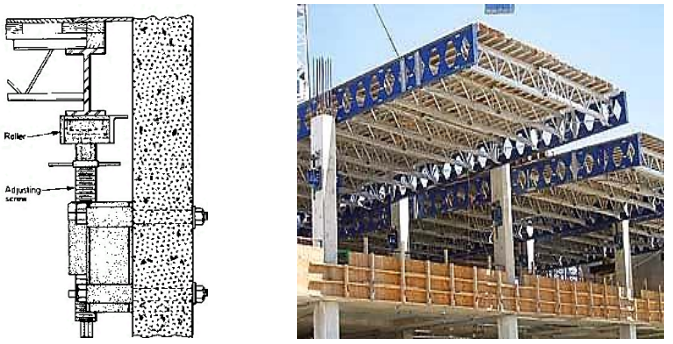
شکل ۱-۵۴ نمونه‌هایی از قالب میزپرنده در حال انتقال

این روش برای اجرای انواع دال‌ها تطبیق‌پذیر بوده و با تمهیداتی برای اجرای سقف‌های تیردال، دال با تیرچه‌های یکطرفه و دال با تیرهای لبه با برآمدگی بالا یا پایین قابل کاربرد است. همچنین اجرای انواع سقف‌های مجوف که نیازمند اجرای قالب موقت می‌باشد، با استفاده از قالب پرنده امکان‌پذیر است. اجرای ساختمان‌های با اسکلت بتن مسلح یا فولادی با طراحی مدولار – که در طرح آن‌ها تنوع دهانه‌ها حداقل باشد – با کاربرد این روش، اقتصادی و سریع خواهد بود. در ضمن، در پروژه‌های انبوه‌سازی که شامل بلوک‌های مشابه می‌باشد، استفاده از قالب‌های پرنده در دهانه‌های مشابه ساختمان‌های مجاور امکان‌پذیر است. نمونه‌های متداول قالب میزپرنده به شرح زیر می‌باشد:

قالب‌های خرپایی: این نوع قالب، شامل خرپای با ارتفاع زیاد است که بر روی آن تیرچه‌ریزی شده و صفحه قالب به تیرچه‌ها متصل می‌شود. خرپا در محل گره‌های یال زیرین بر کف طبقه تکیه می‌کند. معمولاً خرپاها به منظور کاهش وزن از آلومینیم ساخته می‌شود. تیرچه‌ها از جنس چوب، آلومینیم یا پروفیل‌های فولادی سبک سردنورد می‌باشند و از طریق اتصال پیچی به یال فوقانی خرپاها متصل می‌شوند. صفحات کف قالب معمولاً از نوع تخته چندلایی می‌باشند که به تیرچه‌ها متصل می‌گردند. ارتفاع خرپاها از ۱/۵ الی ۱/۸ متر متغیر بوده و با شمع‌های قابل تنظیم بر روی کف طبقه زیرین تکیه داده می‌شوند (شکل ۱-۵۵).

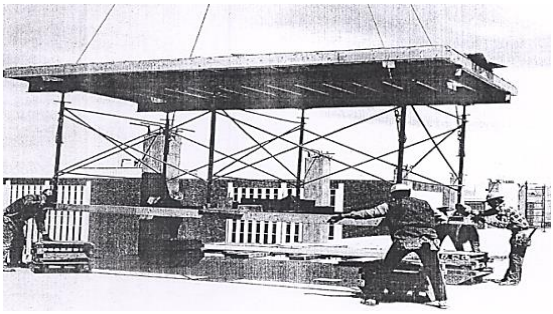
شکل ۱-۵۵ قالب های میز پرنده خرپایی

قالب متکی بر نشیمن: در این نوع قالب، صفحات قالب سقف بر تیرچه‌هایی که می تواند مقاطع فولادی مشبک یا خرپاها باشد قرار گرفته و مجموعه تیرچه‌های مذکور به مقطع I شکل بال پهن تکیه می‌نماید. بار روی قالب از طریق نشیمن به دیوارها یا ستون‌های موجود منتقل می‌گردد و لذا به شمع‌های قائم نیازی نیست. در این نوع قالب‌بندی، تکیه قالب به سازه از طریق نشیمن پیش‌بینی شده در دیواره ستون و یا بدنه دیوار بتن‌آرمه صورت می‌گیرد (شکل ۱-۵۶).



شکل ۱-۵۶ قالب پرنده وجزییات نشیمن پیش بینی شده در ستون‌ها

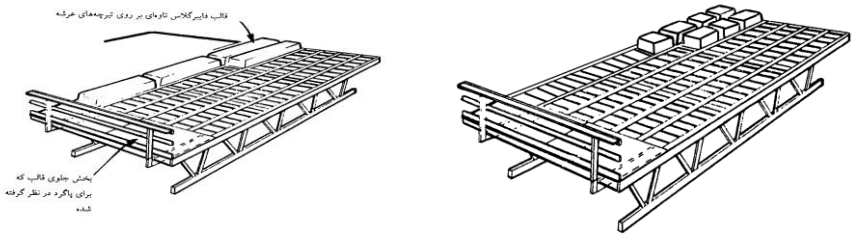
قالب با پایه‌های مهار شده: نوع متداول قالب میز پرنده شامل عرشه‌ای است که بر روی شمع‌های دائمی (پایه‌ها) قرار گرفته و این ساختار با وجود مهارهای قطری از مقطع لوله پایدار شده است. قالب با تنظیم پیچ‌های تلسکوپی که در پایه‌ها پیش بینی شده بالا و پایین برده می شود. پس از بتن ریزی و سخت شدن بتن، مجموعه قالب و پایه‌ها بر روی واگونت های باربر و یا تجهیزات غلتکی دیگر به شکل افقی حرکت داده می شود تا با رسیدن به موقعیت لازم توسط جرثقیل برداشته شود (شکل ۱-۵۷).



شکل ۱-۵۷ قالب میز پرنده با پایه‌های مهارشده

۱-۱۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت ها

قالب میزپرنده قابلیت انطباق خوبی برای اجرای سیستم‌های مختلف سقف را دارا می باشد. ترکیبات مختلفی با کاربرد قالب میز پرنده برای اجرای انواعی از سقف‌های بتن‌آرمه میسر است. به طور نمونه، با استفاده از قالب‌های کاسه‌ای و یا قالب‌های موقت فایبرگلاس که بر روی کف قالب پرنده چیده می‌شود، امکان اجرای سقف های وافل دوطرفه و یا تیرچه یکطرفه ایجاد می شود(شکل ۱-۵۸).



شکل ۱-۵۸ نحوه اجرای سقف‌های وافل دوطرفه و تیرچه یکطرفه با استفاده از قالب خرپایی میزپرنده

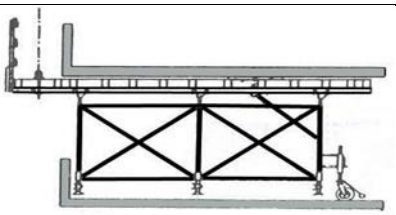
از محدودیت‌های کار با قالب‌ها ضرورت حمل و نقل قالب‌ها توسط جرثقیل کارگاهی با ظرفیت کافی است. با توجه به وزن و ابعاد قالب‌های میز پرنده، نقل و انتقال آن‌ها از طبقه زیرین به طبقات فوقانی و

یا نقل و انتقال ما بین ساختمان‌های مجاور توسط جرثقیل صورت می‌گیرد و این امر برنامه‌ریزی ویژه برای این عملیات را می‌طلبد. این روش معمولاً برای پروژه‌های متوسط تا بزرگ مقیاس مناسب می‌باشد. از آنجا که هزینه اولیه تولید زیاد است لذا تعداد دفعات استفاده مجدد می‌تواند باعث اقتصادی شدن کاربرد قالب شود.

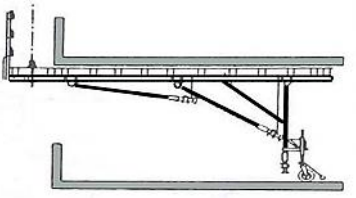
۱-۱۴-۳ روش اجرایی و کنترل کیفی

نحوه استقرار قالب و قالب‌برداری یک سقف در شکل ۱-۵۹ تا شکل ۱-۶۲ نمایش داده شده‌است. انحراف سطوح و موقعیت قالب‌ها نباید از حدود معین شده در جدول ۹-۱۲-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تجاوز کند و رواداری‌های اجرای دال‌های بتن‌آرمه با اجرای این سیستم قالب‌بندی باید تامین شود.

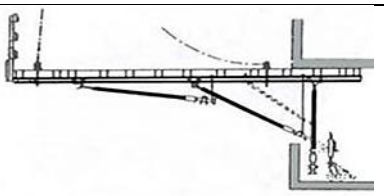
شکل ۱-۵۹ قالب میز پرنده پس از بتن ریزی



شکل ۱-۶۰ با استفاده از چرخ کمکی و جرثقیل قالب جابجا می‌شود



شکل ۱-۶۱ جمع شدن پایه‌ها حول مفاصل



شکل ۱-۶۲ خروج قالب با حمایت کابل تاورکرین

۱-۱۴-۴ مبانی طراحی و اجرا مطابق آیین‌نامه‌ها و استانداردها

طراحی سقف‌های بتن آرمه مطابق ضوابط مندرج در آخرین ویرایش مبحث نهم مقررات ملی ساختمان صورت می‌گیرد. در طراحی سقف برای اجرا با قالب میز پرنده باید به مرحله بندی اجرایی دقت لازم معطوف گردد تا در صورت لزوم پیش‌بینی آرماتور انتظار مناسب در دیوارها و یا ستون صورت پذیرد.

همچنین درصورت استفاده از قالب متکی به نشیمن باید محل و موقعیت نشیمن‌ها به دقت در نقشه های اجرایی مشخص گردد. برنامه منظم و دقیق برای قالب‌برداری باید توسط پیمانکار تهیه شود. این برنامه باید با رعایت حداقل زمان مجاز حفظ قالب و پایه‌های اطمینان پس از بتن‌ریزی تیرها و دال‌ها – مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان – تنظیم گردد.

به طور کلی در خصوص سیستم سقف بتن مسلح حاصل از این روش اجرا، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای سقف‌های بتن مسلح با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ابعاد کافی برای سقف و پوشش بتنی میلگردها و یا کابل‌ها، قابل تامین خواهد بود.

فصل دوم

سقف‌ها

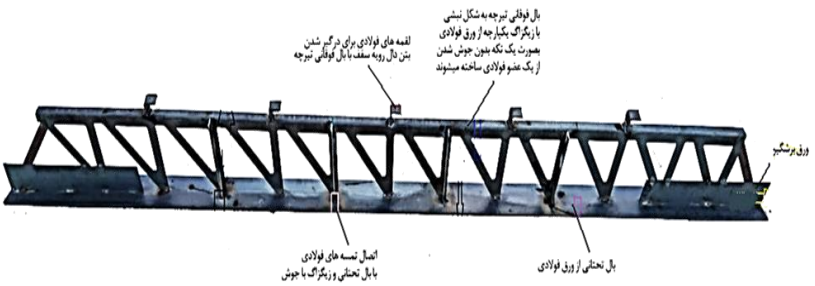
بخش اول

سقف‌های یک‌طرفه

۲-۱ تیرچه فولادی یکپارچه از ورق فولادی

۲-۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

تیرچه‌های فولادی یکپارچه در زمره تیرچه‌های مورد استفاده در سقف‌های یکطرفه قرار می‌گیرد. این تیرچه‌ها، از ورق فولادی به ضخامت حداقل ۳ میلی‌متر و رده ST37 ساخته شده اند. بال فوقانی و اعضای قطری از ورق فولادی به صورت یکپارچه ساخته شده اند که با جوش به بال تحتانی که از ورق فولادی می باشد متصل می شود و بدین ترتیب، تیرچه فولادی یکپارچه تشکیل می‌شود. ورق جان و بال فوقانی تیرچه داخل بتن قرار می‌گیرد و عملکرد مرکب خواهد داشت. نهایتا مجموعه حاصل از تیرچه، بتن و بلوک‌های طرفین آن به صورت یکپارچه به عنوان یک مقطع مرکب T شکل بتن آرمه عمل می‌کند.



شکل ۲-۱ تیرچه یکپارچه فولادی و اجزاء آن

۲-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

این تیرچه‌ها برای ساخت سقف سازه‌ای در ساختمان‌های دارای سازه فولادی یا بتنی قابل استفاده است. الزامات مقررات ملی ساختمان و نظریه فنی صادره توسط مرکز تحقیقات راه ، مسکن و شهرسازی باید در طراحی ، ساخت و نصب این تیرچه رعایت شود.

در سازه‌های قاب فولادی، ورق زیرین تیرچه در ابتدا و انتهای تیرچه‌ها باید به تیرهای اصلی جوش شوند. حداکثر دهانه مجاز برای این تیرچه ۸ متر می‌باشد

در صورت نیاز به استفاده از این تیرچه در سازه‌های بتنی لازم است جزئیات اتصال با توجه به مندرجات مقررات ملی ساختمان و نشریه ۵۴۳ سازمان برنامه و بودجه توسط مهندس طراح تعیین شود.

۲-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

مصالح اصلی ساخت این نوع از تیرچه‌ها، ورق فولادی به ضخامت حداقل ۳ میلی‌متر و رده ST37 است. بعد از برش ورق طبق مشخصات طرح، بال فوقانی و اعضای قطری به صورت یکپارچه به روش خم کاری و پانچ شکل داده می‌شوند. این قسمت به بال تحتانی که از ورق فولادی می باشد با جوش CO_2 متصل می شود . بدین ترتیب تیرچه فولادی یکپارچه تشکیل می‌شود.

بازرسی مستمر محصولات تولیدی توسط مسئول کنترل کیفیت در خط تولید کارخانه الزامیست. استقرار سیستم کنترل کیفیت در خط تولید تیرچه شامل مراحل زیر می‌باشد:

- نمونه برداری مستمر از مصالح فولادی اولیه، انجام آزمایشات لازم و ثبت نتایج؛
- انجام کنترل‌های لازم بر فرآیندهای برش، مونتاژ و جوشکاری؛
- انجام کنترل‌های ابعاد هندسی تیرچه های تولید شده در خط تولید؛

ایجاد شناسنامه برای محصولات تولیدی و کدگذاری آن‌ها به نحوی که قابلیت ردیابی برای کلیه محصولات امکان‌پذیر باشد.

۲-۱-۴ مبانی طراحی و اجرا

طراحی تیرچه باید براساس مقادیر دهانه، نوع فولادهای مصرفی، مشخصات بتن، بارهای وارده و نوع بلوک مورد استفاده انجام شود و جزئیات طراحی باید به‌طور دقیق به واحد تولید منتقل شود. جداول طراحی تیرچه‌ها نیز باید برای تعیین حدود مجاز استفاده از این نوع از تیرچه‌ها تهیه شود و در اختیار طراحان و مصرف‌کنندگان قرار گیرد.

سقف‌های ساخته شده با این تیرچه در زمره سقفهای مرکب بتنی–فولادی قرار می گیرند که باید برای انواع بارهای وارده در حالت سرویس و بهره‌برداری – مطابق ضوابط طراحی و اجرایی مبحث دهم مقررات ملی ساختمان با عنوان طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه – طراحی و کنترل شوند.

در صورتی که این نوع از تیرچه‌ها بدون شمع‌بندی اجرا شوند، مسئله تامین مقاومت تیرچه‌ها بدون درنظر گرفتن مقاومت بتن از یک سو و ترکیب تنش‌های اعضای فولادی تیرچه در قبل و بعد از گیرش بتن از سوی دیگر، حتماً باید مد نظر قرار گیرند. یال فوقانی تیرچه و اعضای قطری متشکل از ورق فولادی در جان باید در برابر نیروهای فشاری و کمانش خارج از صفحهٔ تیرچه تحت بارهای حین اجرا به‌طور دقیق محاسبه شده و پایداری آن‌ها تضمین گردد.

تکیه گاه جانبی برای مهار کمانش جانبی کلی توسط کلاف افقی که میلگردهای آن به بال‌های تیرچه جوش شده باشد، تامین می‌گردد. برای تامین مقاومت در برابر کمانش جانبی بال فشاری ضروری است میلگردهای عمود بر تیرچه به بال فوقانی کلیه تیرچه ها جوش شود. همچنین لازم است این میلگردها در ابتدا و انتهای دهانهٔ سقف به تیرهای پیرامونی به نحو مناسب مهار شود. معیار پذیرش در رابطه با کنترل کمانش و لاغری مجاز، ضوابط ارائه شده در نشریه ۱۵۱ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی می‌باشد.

- رعایت ضوابط طراحی و اجرایی استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۹۷۷ تحت عنوان "تیرچه با جان باز مورد استفاده در سقف" برای این نوع تیرچه در موارد مربوطه الزامی است.

- ورق‌های فولادی مورد استفاده در تیرچه‌ها باید از نوع فولاد ساختمانی با قابلیت شکل‌پذیری و جوش‌پذیری مناسب باشند.

- فاصله آزاد تیرچه‌ها نباید از ۷۵ سانتی‌متر تجاوز نماید.
- ضخامت دال بتنی نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و ۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

استفاده از کلاف عرضی در این نوع سقف مطابق بند ۲-۱-۴ نشریه شماره ۱۵۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور الزامی است. باتوجه به اهمیت انتقال نیروی برشی از تیرچه به تکیه گاه لازم است تمهیدات کافی از جمله جوشکاری بال تحتانی تیرچه به تیر قاب، کارگذاری ورق برشی جان و اتصال آن به تیر قاب و تعبیه میلگردهای اتصال مورب در سازه بتنی در نظر گرفته شود.

تعبیه آرماتور افت و حرارت در دو جهت متعامد در دال رویه الزامی است. آرماتورهای افت و حرارتی به قطر حداقل ۶ میلی‌متر در دو جهت عمود بر هم و در قسمت دال فوقانی و در حدود ۲ سانتی‌متر پایین‌تر از سطح دال قرار می‌گیرند. نسبت سطح مقطع آرماتور حرارت و جمع شدگی به کل سطح مقطع بتن (سطح مقطع دال بالایی در هر دو امتداد عمود بر تیرچه و در راستای تیرچه) نباید از مقادیر زیر کمتر اختیار شود:

الف- برای میلگردهای آجدار S220، S300، S350 برابر با ۰/۰۰۲ ؛

ب- برای میلگردهای آجدار S400 و شبکه‌های جوش شدهٔ صاف یا آجدار برابر با ۰/۰۰۱۸؛

ج- برای میلگردهای آجدار S500 و بالاتر برابر با ۰/۰۰۱۵ ؛

حداکثر فاصلهٔ بین دو میلگرد افت و حرارتی در هر دو راستا، ۲۵ سانتی‌متر می‌باشد. درصورتی‌که عضو فولادی فوقانی تیرچه داخل دال بتنی بالایی قرار گیرد، می‌تواند به‌عنوان آرماتور افت و حرارتی در راستای تیرچه محسوب شود و در این حالت قرار دادن یک میلگرد در حد واسط بین دو تیرچه و به موازات آن کافیست.

بارگذاری ثقلی این سقف‌ها مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان بارهای وارد بر ساختمان صورت گیرد.

سقف علاوه بر تحمل بارهای ثقلی وارده باید مطابق بند ۳-۸ استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ویرایش چهارم) قادر به انتقال نیروهای ایجاد شده در کف‌ها در هنگام بروز زلزله به عناصر قائم باربر جانبی نیز باشد.

تامین ضوابط دیافراگم صلب با توجه به استاندارد ۲۸۰۰ ایران الزامی است.

کنترل خیز مجاز سقف مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران صورت گیرد.

رعایت ضوابط مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران برای کنترل ارتعاش کف‌ها الزامی است.

عرض موثر بتن جان تیرچه مطابق بند ۹-۱۴-۶-۲-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان که در محاسبات منظور می‌شود ۱۰ سانتی‌متر است که در عمل نیز باید با تدبیر مناسب تامین شود. بدین منظور در صورتی‌که از بلوک‌های پلی‌استایرن در ساخت سقف‌های تیرچه‌بلوک استفاده شود به دلیل این‌که عرض نشیمن‌گاه بلوک در هر طرف برابر با ۲۷ میلی‌متر است، عرض ورق فولادی زیرین تیرچه نباید کمتر از ۱۴ سانتی‌متر پیش‌بینی شود. در صورت استفاده از بلوک‌های سفالی یا بتنی عرض ورق زیرین تیرچه نباید از ۱۲ سانتی‌متر کمتر باشد.

ابعاد ورق برشگیر دو انتهای تیرچه باید حداقل برابر با ابعاد مندرج در بند ۵-۲-۴ استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۱۲۹۷۷ باشد. در صورت کامل نبودن خرپای تیرچه در ابتدا و انتهای تیرچه (به صورت ۷ یا ۸) لازم است یک عضو ۸ شکل با مقطع مشابه اعضای قطری به عنوان گوشواره در ابتدا و انتهای تیرچه اضافه شود.

حداقل ضخامت سقف سازه‌ای برابر با $\frac{1}{20}$ دهانه تیرچه است. حداکثر دهانهٔ قابل پذیرش این تیرچه‌ها از مرکز تا مرکز تیرهای تکیه‌گاهی ۷/۵ متر است.

قسمت‌هایی از تیرچه که داخل بتن قرار می‌گیرد نباید رنگ شود.

حداقل ضخامت ورق‌ها، نبشی‌ها و اجزایی که جوشکاری می‌شوند ۳ میلی‌متر است. درصورتی‌که تیرچه پس از ساخته شدن و قرار گرفتن در سقف، درفضای خارج و در معرض عوامل جوی یا اثرات خورنده دیگر قرار داشته باشد، ضخامت بال تحتانی نباید کمتر از ۶ میلی‌متر باشد. در محیطهای خشک و عاری از هرگونه آثار خورندگی، این مقدار به ۵ میلی‌متر کاهش می‌یابد. در محیطهای داخلی که نسبتاً از خوردگی محفوظ هستند (داخل ساختمان‌ها و محیط‌های نسبتاً بسته)، ضخامت ورق تحتانی نباید کمتر از ۳ میلی‌متر منظور شود. در هر صورت لازم است تامین پوشش لازم برای دوام در برابر خوردگی بسته به شرایط اقلیمی متفاوت مطابق بند ۹-۶-۸ مبحث نهم مقررات ملی باید رعایت شود. لازمست بال زیرین تیرچه با لایه‌های ضد زنگ به‌طور مناسب و کافی پوشانده شود. در صورت استفاده از پوشش‌های ویژه مقاوم در برابر عوامل یاد شده، عملکرد آن‌ها باید به‌طریق مقتضی و توسط مراجع معتبر به اثبات رسیده باشد.

مشخصات مصالح و نحوه جوشکاری و محاسبات آن باید مطابق آیین‌نامه‌های معتبر داخلی باشد. لازم است جوش ورق جان به بال تحتانی تیرچه فولادی، با توجه به مقاومت مجاز جوش، ظرفیت تحمل

بارهای وارده را داشته باشد. این جوشکاری‌ها باید در کارخانه تولید تیرچه به صورت جوش co2 مطابق با استانداردهای ملی ایران و نشریه شماره ۲۲۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری با عنوان "آئین‌نامه جوشکاری ساختمانی ایران" انجام شود.

مطابق بند ۸-۳ استاندارد ۱۲۹۷۷ جوشکار سازندهٔ تیرچه باید حداقل دارای کارت مهارت فنی درجه ۲ باشد. این مدرک باید بلافاصله پس از تاریخ انقضا تمدید شود. اخذ گواهی‌نامهٔ صلاحیت جوشکاران موضوع استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۵۹۶۱ نیز توصیه می‌شود.

برای انجام عملیات جوشکاری ماشینی فقط استفاده از مصالح جوشکاری و ماشین‌آلات استاندارد مورد تایید است.

در مورد پوشش زیر ورق فولادی کششی تیرچه باید ضوابط حداقل ضخامت برای مقاومت در برابر حریق با ایجاد لایه‌های مقاوم متناسب با مدت زمان مقاومت در برابر حریق که در فصل ۹-۲۲ مقررات ملی ساختمان و ACI 216.1M-2014 قید شده است، رعایت شود. رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق و مندرجات آن در مورد مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی اجزای ساختمانی الزامی است.

۲-۲ تیرچه فولادی بدون جوش

۲-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

تیرچه‌های فولادی بدون جوش، در زمره تیرچه‌های مورد استفاده در سقف‌های یک‌طرفه قرار می‌گیرد. این تیرچه‌ها از اجزای زیر تشکیل شده است:

الف- ورق فولادی گالوانیزه خم شده به روش سرد به عنوان قالب پاشنه زیرین تیرچه؛

ب- خرپای تیرچه از میلگرد گرم نورد شده؛ که اتصالات آن‌ها به یکدیگر به‌صورت قلاب و به روش خمکاری سرد انجام می‌شود. زیگزاگ‌های خرپا می‌توانند منقطع یا پیوسته باشند؛

ج- میلگردهای طولی که خرپای تیرچه بدون جوش با روش گاز انبری به آن‌ها متصل می‌گردد؛

شکل ۲-۲ اتصالات تیرچه بدون جوش

شکل ۲-۳ نمای جانبی تیرچه بدون جوش

۲-۲-۲ دامنه کاربرد

تیرچه بدون جوش، برای ساخت سقف سازه‌ای در ساختمان‌های دارای سازه فولادی یا بتنی قابل استفاده است. الزامات مقررات ملی ساختمان و نظریه فنی صادره توسط مرکز تحقیقات راه ، مسکن و شهرسازی باید در طراحی، ساخت و نصب این تیرچه رعایت شود. در سازه‌های قاب فولادی، ورق زیرین تیرچه در ابتدا و انتهای تیرچه ها باید به تیرهای اصلی جوش شوند. در صورت نیاز به استفاده از این تیرچه در سازه‌های بتنی لازم است جزئیات اتصال با توجه به مندرجات مقررات ملی ساختمان و نشریه ۵۴۳ سازمان برنامه و بودجه توسط مهندس طراح تعیین شود. حداکثر دهانه مجاز برای این تیرچه ۸ متر می‌باشد

۲-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

تجهیزات و ماشین‌آلات مورد استفاده عبارتند از: دستگاه کشنده آرماتور از کلاف، دستگاه فرم دهنده آرماتور زیگزاگ، دستگاه پرس، دستگاه نورد و فرم دهنده ورق قطعات.

این تیرچه به طور کامل پیش ساخته بوده و در کارخانه تولید و مونتاژ می‌شود. اتصال قطعات به یکدیگر از طریق خم کردن انتهای میلگرد زیگزاگ خرپای تیرچه به دور میلگرد طولی انجام می‌شود.

بازرسی مستمر محصولات تولیدی توسط مسئول کنترل کیفیت در خط تولید کارخانه الزامیست. استقرار سیستم کنترل کیفیت در خط تولید تیرچه شامل مراحل زیر می‌باشد:

- نمونه برداری مستمر از مصالح فولادی اولیه، انجام آزمایشات لازم و ثبت نتایج
- انجام کنترل‌های لازم بر فرآیند خمکاری و ایجاد اتصال

- انجام کنترل‌های ابعاد هندسی خرپاهای تولید شده در خط تولید

۲-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا

طرح سازه‌ای این سقف تحت انواع بارهای وارده در حالت سرویس و بهره‌برداری باید مطابق ضوابط طراحی و اجرایی مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه صورت گیرد.

اتصالات اجزای خرپای تیرچه باید به نحوی در جای خود محکم شده باشند که امکان جابجایی نسبی بین اجزا در زمان حمل و نقل و اجرا میسر نباشد.

درهنگام اجرای تیرچه‌ها قبل از گیرش بتن لازم است از شمع بندی مناسب با حداکثر فواصل ۱/۵۰ متر، پایداری مجموعه سقف تضمین شود. در این خصوص ضوابط نشریه ۸۲ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور حاکم می‌باشد.

ورق‌های فولادی زیرین صرفاً نقش قالب را ایفا می‌کنند و نباید در محاسبات ظرفیت باربری تیرچه منظور شوند.

فاصله مرکز تا مرکز تیرچه‌ها نباید از ۷۵ سانتی‌متر تجاوز نماید.

ضخامت دال بتنی نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و ۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

استفاده از کلاف عرضی در این نوع سقف مطابق ضوابط نشریه ۸۲ سازمان برنامه و بودجه الزامی است.

با وجود طرح تیرچه‌ها با فرض تکیه‌گاه ساده، لازم است تا آرماتور منفی معادل ۱۵ درصد سطح مقطع فولاد کششی وسط دهانه، در روی تکیه‌گاه اضافه شود. این میلگردها حداقل تا فاصلهٔ یک پنجم دهانهٔ آزاد از تکیه‌گاه به طرف داخل دهانه ادامه می‌یابند.

تعبیه آرماتور افت و حرارت در دو جهت متعامد در دال رویه الزامی است. آرماتورهای افت و حرارتی به قطر حداقل ۶ میلی‌متر در دو جهت عمود بر هم و در قسمت دال فوقانی و در حدود ۲ سانتی‌متر پایین‌تر از سطح دال قرار می‌گیرند. نسبت سطح مقطع آرماتور حرارت و جمع شدگی به کل سطح مقطع بتن (سطح مقطع دال بالایی در هر دو امتداد عمود بر تیرچه و در راستای تیرچه) نباید از مقادیر زیر کمتر اختیار شود:

الف- برای میلگردهای آجدار S220، S300، S350 برابر با ۰/۰۰۲ ؛

ب- برای میلگردهای آجدار S400 و شبکه‌های جوش شدهٔ صاف یا آجدار برابر با ۰/۰۰۱۸؛

ج- برای میلگردهای آجدار S500 و بالاتر برابر با ۰/۰۰۱۵ ؛

حداکثر فاصلهٔ بین دو میلگرد افت و حرارتی در هر دو راستا، ۲۵ سانتی‌متر می‌باشد. درصورتی‌که عضو فولادی فوقانی تیرچه داخل دال بتنی بالایی قرار گیرد، می‌تواند به‌عنوان آرماتور افت و حرارتی در راستای تیرچه محسوب شود و در این حالت، قرار دادن یک میلگرد در حد واسط بین دو تیرچه و به موازات آن کافیست.

بارگذاری ثقلی این سقف‌ها مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان بارهای وارد بر ساختمان صورت گیرد.

سقف علاوه بر تحمل بارهای ثقلی وارده باید مطابق بند ۲-۹ استاندارد ۲۸۰۰ ایران قادر به انتقال نیروهای ایجاد شده در کف‌ها در هنگام بروز زلزله به عناصر قائم باربر جانبی نیز باشد.

تامین ضوابط دیافراگم صلب با توجه به استاندارد ۲۸۰۰ ایران الزامی است.

ارتفاع سقف تیرچه‌بلوک باید بر اساس ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تعیین گردد. بر این اساس حداقل ضخامت سقف سازه‌ای برابر با $\frac{۱}{۲۰}$ دهانه تیرچه است. حداکثر دهانهٔ قابل پذیرش تیرچه‌ها نیز از مرکز تا مرکز تیرهای تکیه‌گاهی ۷/۵ متر است.

عرض موثر بتن جان تیرچه مطابق بند ۹-۱۱-۶-۲-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان که در محاسبات منظور می‌شود ۱۰ سانتی‌متر است که در عمل نیز باید با تدبیر مناسب تامین شود. در این خصوص عرض نشیمن بلوک‌های پلی‌استایرن در هر طرف برابر با ۲۷ میلی‌متر و عرض نشیمن بلوک‌های سفالی یا بتنی در هر طرف ۱۵ میلی‌متر می‌باشد که باید در طراحی پاشنهٔ تیرچه لحاظ گردد.

برقراری اتصال هرگونه آویز و سقف کاذب به شیوهٔ جوشکاری به ورق‌های زیرین این نوع تیرچه مجاز نمی‌باشد.

تولیدکنندهٔ تیرچه باید تیرچه‌های تولیدی خود را براساس دهانه، نوع فولادهای مصرفی، مشخصات بتن، بارهای وارده و نوع بلوک مورد استفاده، مطابق با ضوابط آیین‌نامه‌های معتبر ملی به‌طور دقیق محاسبه نموده و جداول طراحی تیرچه‌ها را تهیه نماید.

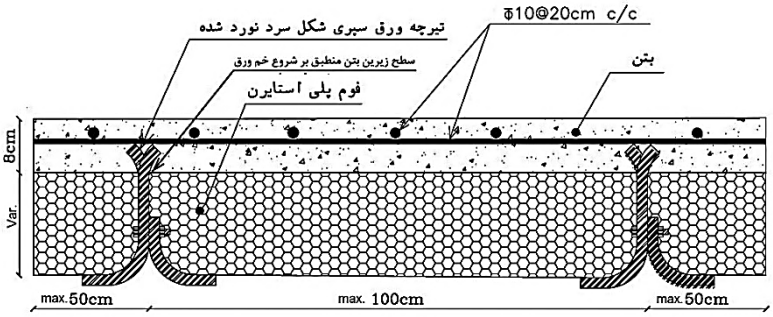
لازم است دستورالعمل نحوهٔ اجرای سقف با این نوع تیرچه‌ها شامل کلیه ضوابط و نکات اجرایی، توسط تولیدکننده تهیه شود و در اختیار مشتری قرار گیرد.

به طور کلی در خصوص این سیستم سقف بتن مسلح، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای سقف‌های بتن مسلح با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ابعاد کافی برای سقف و پوشش بتنی میلگردها و یا کابل‌ها، قابل تامین خواهد بود.

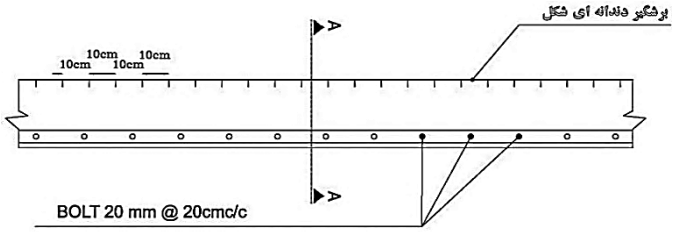
۲-۳ تیرچه ورق فولادی با برشگیر دندانه‌ای

۲-۳-۱ ۲-۳-۱معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

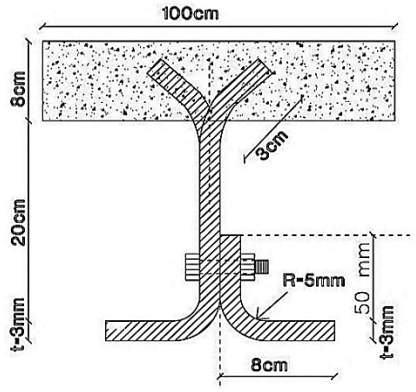
تیرچه ورق فولادی با برشگیر دندانه‌ای، نوعی تیرچه سقفی است که مطابق شکل‌های ۲-۴ الی ۲-۶ از ورق فولادی خم شده ساخته می‌شود. برای ایجاد تقارن یک ورق مضاعف خم شده به شکل نبشی با اتصالات پیچ و مُهره‌ای (با اتصالات اتکایی) بال پایین تیرچه را تشکیل می‌دهد. انتهای فوقانی تیرچه به‌صورت متوالی به فواصل تقریبی ۱۰ سانتی‌متر و به عمق تقریبی ۳ سانتی‌متر برش خورده و با خم کردن زبانه‌ها به‌صورت چپ و راست، زبانه‌های برشگیر برای انتقال نیروی برشی بین فولاد و بتن تامین می‌شوند (شکل۲-۷). ورق جان تیرچه یکپارچه و فاقد حفره می‌باشد. این دندانه‌ها باید در سرتاسر طول تیرچه به طور پیوسته وجود داشته و مطابق شکل ۲-۴ کاملاً در داخل بتن مدفون گردند. ورق جان تیرچه یکپارچه و فاقد حفره می‌باشد. اتصال نیم‌بال تحتانی توسط پیچ‌هایی حداقل به قطر ۱۲ میلی‌متر و به فواصل ۲۰ سانتی‌متر و از رده 5.6 انجام می‌شود.



شکل۲-۴ مقطع سقف مرکب



شکل۲-۵ نمای تیرچه فولادی



شکل۲-۶ مقطع تیرچه فولادی (*Sec. A-A*)

شکل ۲-۷ تصویر تیرچه فولادی از ورق خم شده

۲-۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

سقف ساخته شده با تیرچه‌های دندانه‌ای برای استفاده در سازه‌های فولادی با حداکثر دهانه ۹ متر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۳-۳ مبانی مشخصات، طراحی و اجرا

۲-۳-۳-۱ مشخصات تیرچه فولادی

- ورق فولادی مورد استفاده در ساخت بدنه تیرچه باید از نوع ST37 بوده و تنش حد تسلیم آن نباید از ۲۴۰ مگاپاسکال کمتر و از ۲۷۰ مگاپاسکال بیشتر باشد.
- ضخامت ورق فولادی تیرچه نباید از ۳ میلی‌متر کمتر باشد.
- اندازه شعاع خم ورق در بال پایین و شعاع خم برشگیرها نباید از ۱/۶ برابر ضخامت ورق کمتر و از ۲/۴ برابر ضخامت ورق بیشتر باشد.
- فاصله مرکز سوراخ پیچ‌ها تا لبه آزاد ورق نباید از $2d_b$ کمتر اتخاذ شود.

۲-۳-۳-۲ ویژگی‌های بتن رویه

مقاومت ۲۸ روزه نمونه استوآن‌های بتن رویه نباید کمتر از ۲۵ مگاپاسکال باشد.

۲-۳-۳-۳ ویژگی‌های میلگرد

دال رویه بتن مسلح بوده و لازم است حداقل از یک لایه شبکه میلگرد به قطر ۱۰ میلی‌متر و با چشمه‌هایی حداقل به ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر مربع تشکیل شده باشد. میلگردها باید از نوع آجدار بوده و می‌تواند از انواع AII و یا AIII بسته به محاسبات مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۳-۳-۴ الزامات سازه‌ای

– بارگذاری ثقلی این سقف‌ها مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان بارهای وارد بر ساختمان صورت گیرد.

– طرح سازه‌ای این سقف تحت انواع بارهای وارده در حالت سرویس و بهره‌برداری باید بر اساس آنالیز پلاستیک مقطع مطابق ضوابط بند۱۰-۲-۸-۳-۳ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان صورت گیرد.

– در طراحی تیرچه نسبت ارتفاع آزاد جان (از شروع خم تا سطح زیرین بتن) به ضخامت آن نباید از $3.76\sqrt{E/f_y}$ بیشتر اتخاذ شود. همچنین نسبت پهنای بال به ضخامت آن در هر طرف جان، نباید از $3.8\sqrt{E/f_y}$ بیشتر اتخاذ شود.

– سیستم سقف مورد نظر برای حداکثر بار مرده ۶ کیلو نیوتن بر متر مربع و بار زنده ۵ کیلو نیوتن بر متر مربع مناسب می‌باشد و نباید برای بارهای بیشتر از مقدار یاد شده مورد استفاده قرار گیرد.

– برای محاسبه مقاومت برش افقی اسمی (V_{hn}) می‌توان از ضوابط آیین‌نامه AISC 360-16 استفاده نمود.

– بر اساس آزمایشات انجام شده مقدار ظرفیت برشگیرهای تیرچه دندانه‌ای با ضخامت ورق از ۳ تا ۴ میلی‌متر با ضریب اطمینان به ۳۰ تن بر متر طول محدود شده است. لذا طراحی این نوع سقف باید به گونه‌ای انجام شود که مقدار جریان برشی افقی حاصل از بارهای سرویس ضریبدار در ناحیه شروع خم ورق دندانه‌های برشگیر از ۳۰ تن بر متر طول تجاوز نکند. در صورت ایجاد هرگونه تغییر در هندسه مقطع، مشخصات مکانیکی مصالح و سایر مشخصات، مغایر با آنچه در این نظریه آمده است، ظرفیت برشگیرها باید بر اساس آزمایشات معتبر تعیین و به تایید مراجع ذیصلاح برسد.

– فاصله مرکز تا مرکز تیرچه‌ها نباید از ۱۰۰ سانتی‌متر تجاوز نماید.

– ضخامت دال بتنی رویه نباید از ۸ سانتی‌متر کمتر باشد.

– حداکثر دهانهٔ قابل پذیرش تیرچه‌ها از مرکز تا مرکز تیرهای تکیه‌گاهی ۹ متر است.

– لازم است ظرفیت برشگیرها مطابق با ضوابط بند ۱۰–۲–۸–۷ مبحث دهم مقررات ملی کنترل شود.

– تامین ضوابط دیافراگم صلب با توجه به استاندارد ۲۸۰۰ ایران الزامی است. سقف مورد نظر علاوه بر تحمل بارهای ثقلی وارده باید مطابق بند ۳–۸ استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ویرایش چهارم) قادر به انتقال نیروهای ایجاد شده در کف‌ها در هنگام بروز زلزله به عناصر قائم باربر جانبی نیز باشد.

– در تعیین ارتفاع سقف تیرچه‌بلوک باید علاوه بر ملاحظات مقاومت در برابر بارهای وارده، تغییرشکل‌ها براساس بند ۱۰–۲–۱۰–۲ مبحث دهم مقررات ملی و ارتعاش نیز بر اساس بند ۱۰–۲–۱۰–۴ مقررات ملی ساختمان کنترل شوند.

۲-۳-۳-۵ بررسی الزامات اجرا و نصب

– درهنگام اجرای تیرچه‌ها قبل از گیرش بتن لازم است حداقل از یک ردیف شمع‌بندی مناسب در وسط دهانه برای تامین پایداری مجموعه سقف استفاده شود به گونه‌ای که ایمنی این مجموعه توسط مجری سقف تضمین گردد.

– اتصال تکیه‌گاه تیرچه‌ها مفصل بوده و لازم است حداقل با یک نبشی اتصال جان تامین شود. این اتصال می‌تواند از انواع جوشی یا پیچی باشد. بدیهی است تعداد و ابعاد هندسی نبشی اتصال و مشخصات جوش یا پیچ اتصال، بر اساس محاسبات مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان تعیین می‌شود.

– تیرچه‌های مورد نظر باید در برابر خوردگی تحت شرایط اقلیمی مختلف بر اساس آیین‌نامه‌های معتبر محلی یا بین المللی به نحو موثر محافظت شوند.

– سطح زیرین سقف اعم از تیرچه و بلوک پلی‌استایرن باید به نحو مقتضی و موثر بر اساس نوع کاربری در برابر حریق مطابق با مبحث سوم مقررات ملی ساختمان محافظت شوند. در هر صورت حداقل اجرای یک لایه اندود گچی به ضخامت ۱/۵ سانتی‌متر مسلح به رابیتس در تمامی زیر سقف ضروری است. رابیتس باید با اتصالات مکانیکی به نحو موثر به سازه سقف متصل شده باشد. اندودکاری به صورت مستقیم بر روی بلوک‌های پلی‌استایرن بدون استفاده از رابیتس و بدون اجرای اتصالات مکانیکی ممنوع می‌باشد. پلی‌استایرن مورد استفاده در بلوک‌های پُر کننده باید از نوع کُند سوز باشد.

– تولیدکنندهٔ تیرچه باید تیرچه‌ها را براساس دهانه، نوع فولادهای مصرفی، مشخصات بتن، بارهای وارده، مطابق با ضوابط آیین‌نامه‌های معتبر ملی به‌طور دقیق محاسبه نموده و جداول طراحی تیرچه‌ها را تهیه نماید.

– لازم است دستورالعمل نحوهٔ اجرای سقف با این نوع تیرچه‌ها شامل کلیه ضوابط و نکات اجرایی، توسط تولیدکننده تهیه شود و در اختیار کارفرما قرار گیرد.

– کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام، زیست محیطی و غیره باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا استانداردها وآئین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تأیید بکار گرفته شوند.

– صدابندی هوابرد و کوبه‌ای سقف بین طبقات می‌باید مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان عایق‌بندی و تنظیم صدا تامین شود.

– الزامات مربوط به انرژی برای سقف‌های خارجی باید مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان صرفه جویی در مصرف انرژی رعایت شود.

– بازرسی مستمر محصولات تولیدی توسط مسئول کنترل کیفیت در خط تولید کارخانه الزامیست. استقرار سیستم کنترل کیفیت در خط تولید تیرچه شامل مراحل زیر ضروری می‌باشد:

الف– نمونه برداری مستمر از مصالح فولادی اولیه، انجام آزمایشات لازم و ثبت نتایج

ب– انجام کنترل‌های لازم بر فرآیندهای برشکاری و خمکاری

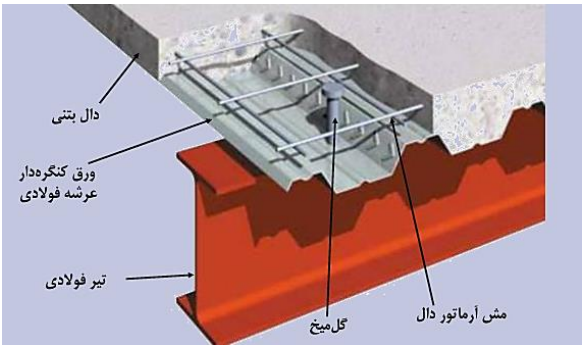
ج– انجام کنترل‌های ابعاد هندسی خرپاهای تولید شده در خط تولید

د– ایجاد شناسنامه برای محصولات تولیدی و کدگذاری آن‌ها به نحوی که قابلیت ردیابی برای کلیه محصولات امکان‌پذیر باشد.

۲-۴ سقف مرکب دال – عرشه فولادی

۲-۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

سقف مرکب دال– عرشه فولادی، در زمره سقف‌های یکطرفه قرار می‌گیرد. اجزای این سقف شامل عرشه فولادی، گل میخ‌های فولادی و دال مسلح بتنی می‌باشد که بر روی شبکه تیرهای اصلی و فرعی فولادی قرار می گیرد (شکل ۲-).



شکل ۲-۸ سقف مرکب دال – عرشه فولادی

در این سیستم، عرشه های فولادی علاوه بر نقش قالب باربر و ماندگار به عنوان عضو کششی تحتانی دال بتنی عمل می‌نماید. ورق مصرفی از جنس فولاد با روکش گالوانیزه و در ضخامت ۰/۸ الی ۱/۲ میلیمتر به شکل مقطع ذوزنقه‌ای مطابق با جداول مشخصات تولید کننده فرم داده می‌شود. آنچه حائز اهمیت است اطمینان از عملکرد عرشه‌ها به عنوان عضو باربر کششی دال (عرشه مختلط) می‌باشد و این ویژگی به وسیله ایجاد برجستگی‌های (آج) مناسب بر روی عرشه فولادی محقق می‌گردد.

برای حصول اطمینان از عملکرد مرکب بتن و فولاد باید با انجام آزمایش های بارگذاری عملکرد انتقال برش در برجستگی ها کنترل گردد. در صورتی که آج ها قادر به ایجاد پیوستگی برشی (shear bonding) بین عرشه فولادی و دال نباشند، عرشه بایستی فقط به عنوان قالب در نظر گرفته شود و از آرماتور تحتانی برای تحمل لنگر در حد فاصل تیرچه‌ها استفاده شود.

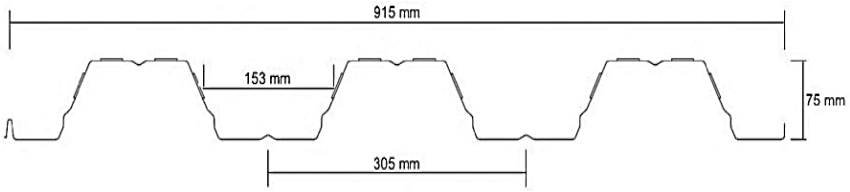
۲-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

سقف‌های مرکب با عرشه فولادی در حال حاضر بطور چشمگیری در صنعت ساختمان و انبوه سازی مورد استفاده قرار گرفته است. این سقف‌ها در مقایسه با سقف‌های مرسوم در اسکلت‌های معمولی، از وزن کمتری برخوردار بوده و بویژه با ساختمان‌های فولادی همخوانی دارد. لذا عمده‌ترین کاربرد این سقف‌ها در سازه‌های فولادی اعم از سرد یا گرم نورد شده می‌باشد. استفاده از این سقف در سازه‌های بتنی نیز با رعایت جزییات اتصال مناسب قابل کاربرد هستند.

۲-۴-۳ مبانی طراحی و اجرا

روش تولید و کنترل کیفیت: عرشه‌ها از فرم دهی ورق‌های فولادی با پوشش گالوانیزه ،به صورت پانل‌های مدولار با کنگره‌های موازی یکدیگر ساخته می شوند. فرم دهی توسط دستگاه‌های نورد سرد

انجام می‌گیرد. ورودی این دستگاه ورق گالوانیزه بصورت رول و خروجی آن عرشه فرم داده شده با عرض ثابت و طول متغیر (بسته به نقشه‌های Shop Drawing) می‌باشد. ضخامت ورق عرشه‌ها بین ۰/۸ الی ۱/۲ میلی‌متر می‌باشند. مشخصه اصلی هر عرشه مقدار دهانه مجاز اجرای عرشه فولادی ما بین تیرچه‌های زیر سری می‌باشد که بستگی به پارامترهای زیادی دارد (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴ نمونه‌ای از هندسه یک عرشه فولادی با ارتفاع ۷۵ میلی‌متر

<u>الزامات طراحی و اجرا:</u> حداکثر دهانه مجاز دال عرشه توسط پارامترهای طراحی شامل ضخامت عرشه، حالت دهانه (ساده یا ممتد)، ضخامت دال بتنی، عملکرد مختلط عرشه، مقاومت در برابر آتش سوزی و مقادیر بارهای مرده و زنده سقف تعیین می‌گردد.

طراحی و محاسبه یک سازه فولادی دارای سقف عرشه مختلط فولادی شامل دو مرحله می‌باشد. مرحله پیش از گیرش نهایی بتن و مرحله بعد از سخت شدن بتن (عملکرد مختلط).

در مرحله قبل از بتن ریزی دال بر روی عرشه ،عرشه فولادی باید به تنهایی علاوه بر وزن بتن تر و خود عرشه توانایی تحمل بارهای در حال ساخت شامل نیروها و تجهیزات اجرایی به میزان 100 kg/m^2 را در دهانه دارا باشد. در این حالت مقادیر ممان مثبت و منفی و هم چنین تغییر مکان عرشه باید کمتر از مقادیر مجاز مربوطه باشند. حداکثر تغییر مکان مجاز ناشی از بار مرده حین اجرا به $L/180$ یا ۲۰ mm برای هر دهانه محدود می‌شود.

بار زنده گسترده هنگام ساخت بر اساس روش های متداول اجرایی شامل حمل بتن و ریختن آن بوسیله لوله پمپ و پرداخت آن توسط وسایل دستی در نظر گرفته شده است. طراح باید بارهای حین ساخت طراحی را در مدارک اجرایی درج نماید و توجه سازنده را به این مسئله جلب نماید که تجمع زیاد بتن توسط جام، انتقال‌دهنده‌ها، چرخ دستی و یا استفاده از لوازم موتوری سنگین برای پرداخت نظیر ماله لرزان ممکن است مستلزم طراحی عرشه بعنوان قالب برای تحمل بار زنده یکنواخت حین ساخت ۲/۵ kN/m^2 و یا بیشتر باشد. بار زنده متمرکز حین ساخت در زمان بتن ریزی بر اساس وزن یک کارگر ساختمانی با تجهیزات مربوطه می باشد.

در مرحله رفتار مختلط با در نظر گرفتن رفتار مختلط دال و عرشه با یکدیگر (دال عرشه) دهانه مجاز بر اساس کنترل ظرفیت خمشی مثبت دال عرشه مختلط، خیز تحت بار زنده و خیز تحت مجموع بارهای زنده و مرده به دست می آید.

در این مرحله مقاومت برشی مرکب باید بر اساس یکی از روش‌های پیوستگی برشی (مطابق پیوست پ استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۹۷۳) یا آزمایش عملکرد با ابعاد واقعی (مطابق استاندارد SDI) تعیین شود.

رعایت مشخصات فولادهای بکار برده شده بر اساس استاندارد ASTM A653 با حداقل تنش تسلیم مشخصه (f_y) برابر ۲۳۰ مگا پاسکال الزامی است. به عنوان ضابطه شکل‌پذیری، هر گاه ازدیاد طول نسبی روی ۵۰ میلی‌متر ، ۱۰ درصد یا بیشتر اندازه گیری شده باشد، حداکثر تنش تسلیم طراحی نباید از حداقل دو مقدار f_y و ۳۴۵ مگا پاسکال تجاوز کند. از طرفی دیگر اگر ازدیاد طول نسبی کمتر از ۱۰ درصد باشد، حداکثر تنش تسلیم طراحی نباید از حداقل دو مقدار f_y ۰/۷۵ و ۳۴۵ مگا پاسگال تجاوز کند.

مقدار دهانه مجاز دال عرشه بسته به اینکه عرشه دارای تکیه گاه ساده یا چند دهانه باشد متفاوت می باشد.

آرماتور حرارتی در بالای عرشه با حداقل و حداکثر پوشش بتن ۱۵ میلی‌متر و ۳۰ میلی‌متر قرار می گیرد و مقدار آن در صورتی که از عرشه به صورت مختلط استفاده شود حداقل ۰/۰۰۷۵ درصد سطح مقطع دال روی عرشه می باشد .

در طراحی این سقف ها در برابر آتش ، اطلاعات لازم باید توسط تولید کنندگان عرشه های فولادی در جداول طراحی ارائه گردد. با این حال به عنوان راهنمایی کلی می‌توان به پیوست ب استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۹۷۳ مراجعه کرد. حداقل ضخامت ورق عرشه برای مقاومت در برابر آتش ۰/۸ میلی‌متر می باشد. در صورت نیازبه مقاومت بیشتر در برابر آتش می‌توان از میلگردهای تقویتی درون کنگره عرشه استفاده نمودکه محاسبه آن باید مطابق با آئین‌نامه های معتبر صورت پذیرد.

حداقل رده پوشش گالوانیزه مورد قبول برای ورق‌های مورد استفاده در عرشه‌های فولادی، Z120 مطابق ویژگی‌های ارائه شده در استاندارد ASTM A653 می‌باشد. این مقدار پوشش برای محیط‌های غیر خورنده و یا اقلیم غیر مرطوب قابل استفاده می‌باشد. برای محیط‌های خورنده و اقلیم

مرطوب باید مطابق نظر طراح ساختمان عمل شود و در هر حال حداقل رده پوشش مورد استفاده نباید از Z180 کمتر در نظر گرفته شود

صدابندی هوابرد و کوبه‌ای سقف بین طبقات در کاربری‌های مختلف باید مطابق با الزامات مطرح شده در بند ۱۸-۲ مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین گردد.

لازم است جواب‌گویی به انتظارات تعیین‌شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، با اضافه کردن یک لایه عایق حرارتی تکمیلی به جدار بام یا کف روی فضای خارج یا فضای کنترل‌نشده، مطابق یکی از روش‌های ارائه‌شده در راهنمای مبحث ۱۹ (جلد دوم) صورت گیرد. ضخامت عایق حرارتی بر مبنای گروه ساختمان، ضریب هدایت حرارت عایق حرارتی مورد استفاده و روش به‌کار گرفته‌شده برای اجرای آن تعیین می‌گردد.

به طور کلی در خصوص این سیستم سقف، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود.

۲-۵ سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه‌ای

۲-۵-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

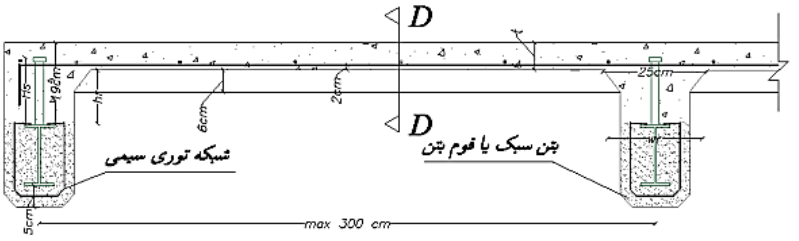
سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندآن‌های نوعی سقف مرکب است که از دال دندانه‌ای مسلح و تیرهای فولادی با مقطع مرکب ماهیچه‌ای تشکیل شده است که در جهت عمود بر دندانه‌های دال بتنی قرار دارد و دال دندآن‌های به صورت دال یک‌طرفه عمل می‌نماید. عملکرد مرکب بتن و فولاد صرفاً در لنگر مثبت تحت بارهای ثقلی در محاسبات مقطع منظور می‌شود. در این سیستم، فاصله محور تا محور تیرچه‌ها نباید از ۳۰۰ سانتی‌متر بیشتر باشد. تیرچه‌ها و تیرهای اصلی به منظور محافظت در برابر حریق در بتن یا بتن سبک مدفون می‌شوند. بدیهی است که بتن محافظ حریق در محاسبات سازه وارد نخواهد شد.

۲-۵-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

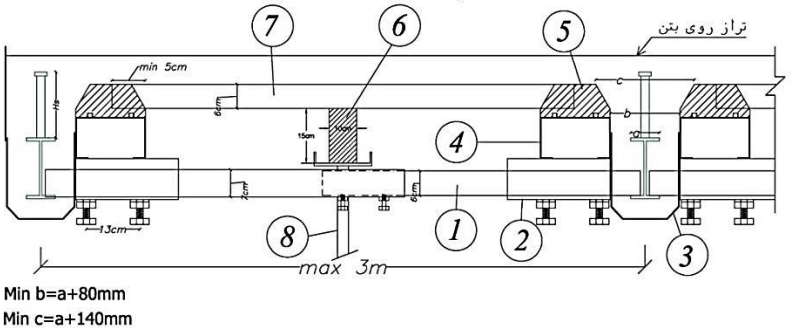
سقف مرکب فولادی و بتنی با دال بتنی دندانه‌ای با قالب بندی ویژه برای سازه‌های فولادی قابل استفاده می‌باشد. حداکثر دهانه مجاز برای این تیرچه ۳ متر می‌باشد

۲-۵-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

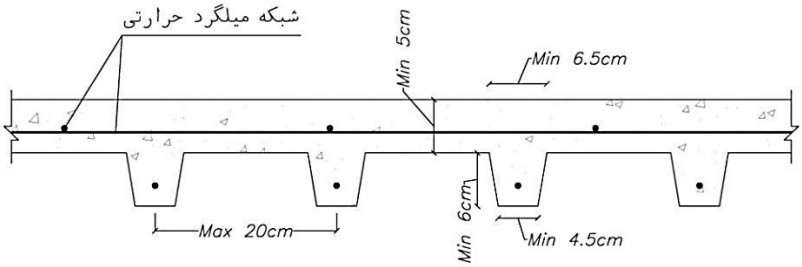
قالب‌بندی این سقف با استفاده از قالب‌های موقت فوقانی مطابق شکل ۲-۶ (قطعه ۷، به عنوان قالب زیرین دال دندانه‌ای)، قالب کناری (قطعات ۴ و ۵، به عنوان نشیمن‌گاه قالب فوقانی)، قالب تحتانی (قطعه ۳ ، به عنوان قالب اطراف تیرچه‌ها و تیرهای اصلی) و قوطی‌های کشویی (قطعات ۱و۲، به عنوان تکیه‌گاه مجموعه قالب‌بندی) انجام می‌شود. مراحل قالب‌بندی سقف به ترتیب با نصب قطعات ۱ الی ۸ مطابق توضیحات زیر انجام می‌شود.



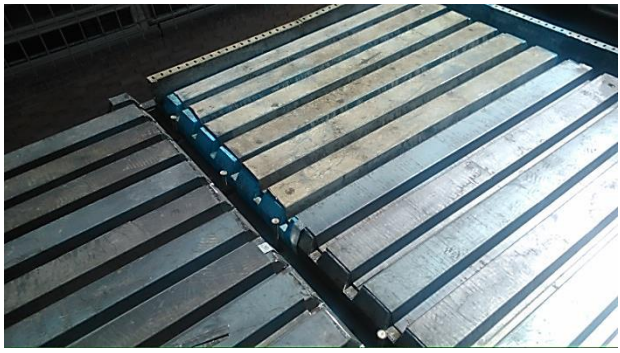
شکل ۲-۵ مقطع سقف کاواک



شکل ۲-۶ جزییات قالب بندی



شکل ۲-۷ مقطع دال پس از بتن‌ریزی



شکل ۲-۸ سطح روی قالب بندی سقف

شکل ۲-۹ نمای زیرین قالب بندی سقف

قالب فوقانی (قطعه ۷) ورق ذوزنقه‌ای با حداکثر طول ۲/۸ متر (در راستای شیارها) و عرض ۰/۴ متر و با گام ۲۰ سانتی‌متر می باشد. حداقل ضخامت ورق فولادی قالب فوقانی ۲ میلی‌متر می‌باشد.

حداقل عرض کف کنگره قالب فوقانی ۴۵ میلی‌متر و حداقل ارتفاع آن ۶۰ میلی‌متر می‌باشد.

حداقل نشیمن قالب فوقانی روی قالب کناری ۵۰ میلی‌متر است که باید در زمان نصب رعایت گردد.

قالب‌های کناری از دو قسمت زیرین و فوقانی تشکیل شده است. قطعه فوقانی دندانه‌ای (قطعه ۵) روی قطعه با مقطع مستطیلی (قطعه ۴) قرار می گیرد. قطعه دندانه‌ای قالب کناری (قطعه ۵) باید به صورتی نصب شود که مانع خروج شیره بتن از زیر قالب فوقانی (قطعه ۷) شود.

قوطی‌های کشویی بایستی حداقل ۲۰ سانتی‌متر داخل یکدیگر هم پوشانی داشته باشند و با دو عدد پیچ در جای خود ثابت گردد.

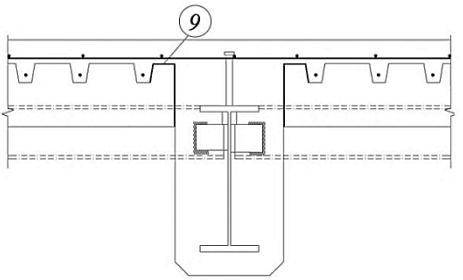
حداقل ابعاد قوطی‌های کشویی ۶۰×۶۰ و ۷۰×۰ ۷ میلی‌متر با ضخامت جدار ۲ میلی‌متر می‌باشد.

قطعه U شکل فلزی (قطعه ۲) از ورق به ضخامت ۳ میلی‌متر با طول حداقل ۲۰ سانتی‌متر به منظور تنظیم ارتفاع قالب‌های کناری می‌باشد. ارتفاع ماهیچه بتنی روی تیرچه با دو عدد پیچ که به قوطی‌های کشویی اتکا دارند تنظیم می‌شود.

برای دهانه‌های بیشتر از ۲۰۰ سانتی‌متر از تیر چوبی به ابعاد ۱۰۰×۱۵۰ میلی‌متر و شمع بندی تلسکوپی استفاده می‌شود (قطعات ۶ و ۸).

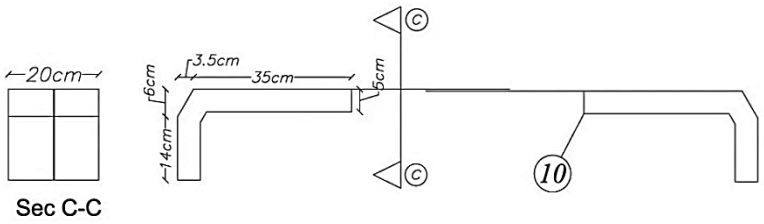
برای باز کردن قالب‌ها باید ابتدا دو عدد قوطی محافظ ۷۰ ×۰ ۷ میلی‌متر به طول ۱/۵ متر را روی دو عدد از قوطی‌های کشویی و به موازات قطعه ۴ قرار داد و سپس اقدام به باز کردن قالب‌ها نمود، سپس پیچ‌های تنظیم ارتفاع به اندازه‌ای باز شود که بتوان قطعه ۲ را برداشت، سپس به ترتیب قطعه ۴ ، ۵، ۷، ۳ و در آخر قوطی‌های محافظ ۷۰ ×۰ ۷ میلی‌متر و قطعه ۱ برداشته می‌شود.

به منظور قالب بندی قسمت ماهیچه بتنی پل‌ها (تیرهای اصلی) باید از قالب‌های انتهای کار (قطعه ۹) که روی قالب فوقانی انتهایی گذاشته می‌شود استفاده نمود.



شکل ۲-۱۰ قالب انتهایی

با توجه به مدولار بودن قالب‌ها (مضربی از ۲۰ سانتی‌متر)، باید نصب قالب‌ها از ابتدا و انتهای تیر به سمت وسط تیر انجام شود و اندازه باقی مانده که کمتر از ۲۰ سانتی‌متر است با استفاده از قالب میانی (قطعه ۱۰) تکمیل شود.



شکل ۲-۱۱ قالب میانی

به منظور محافظت تیرها و تیرچه‌ها در برابر حریق از پوشش بتنی با قالب‌بندی اطراف پل‌ها (قسمت آویز تیرهای اصلی) از قالب‌های تحتانی که به قوطی کشویی انتهایی تیرچه‌ها تکیه می‌کند استفاده می‌گردد.

۲-۵-۴ مبانی طراحی و اجرا

طراحی و کنترل کفایت مقاطع فولادی تیرچه‌ها، تیرهای اصلی، اتصالات و ابعاد مقطع دال بتنی و دندانه‌های آن باید بر اساس مقدار بارهای وارده بر مبنای ضوابط مبحث نهم و دهم مقررات ملی ساختمان ایران انجام شود. در طراحی این نوع سقف باید محدودیت‌هایی که در ادامه ذکر شده است مد نظر قرار گیرد.

حداقل ضخامت بتن دال رویه ۵۰ میلی‌متر می‌باشد.

حداکثر قطر سنگ‌دانه بتن ۱۹ میلی‌متر می‌باشد. روانی بتن باید به حدی باشد که به راحتی در داخل قالب جای گرفته و با حداقل عملیات ویبره، حداکثر تراکم حاصل شود. بدین منظور استفاده از روان کننده‌های مجاز بتن توصیه می‌شود.

فاصله محور تا محور تیرچه‌ها نباید از ۳۰۰ سانتی‌متر بیشتر باشد.

حداقل پوشش زیر میلگردها بر اساس شرایط جوی و اقلیمی مطابق بند ۹-۶-۸-۳ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران و همچنین ضوابط محافظت در برابر حریق تعیین می‌شود. تحت هر شرایطی پوشش بتنی روی میلگردها نباید از ۲۰ میلی‌متر کمتر باشد.

ارتفاع برشگیرها بایستی طوری در نظر گرفته شود که سطح فوقانی آن حداقل ۳۰ میلی‌متر بالاتر از سطح قالب فوقانی قرار گیرد و حداقل ۱۵ میلی‌متر بتن روی راس گلمیخ وجود داشته باشد.

ضخامت بتن در محل تیرچه‌ها که از سطح روی بال فوقانی تیرچه تا سطح تمام شده بتن اندازه‌گیری می‌شود نباید از۱۱۰ میلی‌متر کمتر باشد. محاسبات مقطع مرکب تیرها با توجه به ضخامت بتن در نظر گرفته شده روی تیر و صرفاً تحت تاثیر لنگر مثبت حاصل از بارهای ثقلی انجام می‌شود.

عرض موثر دال بتنی رویه بر مبنای ضوابط بند ۱۰-۲-۸-۳-۱ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران محاسبه می‌گردد.

اجرای میلگردهای حرارتی در دال بتنی فوقانی الزامیست. مقدار فولادگذاری حرارتی و فواصل آن بر اساس بند ۹-۱۵-۴-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران محاسبه می‌شود.

در طراحی و اجرای سقف، تامین ضوابط دیافراگم صلب و کنترل آن باید با توجه به مفاد بند ۳-۸ و پیوست ۴ استاندارد ۲۸۰۰ ایران انجام شود.

در طراحی تیرچه‌ها و تیرهای اصلی مرکب در صورت عدم استفاده از شمع بندی زیر سقف در حین اجرا، باید تنش‌های حاصل از وزن شبکه میلگردی، بتن تازه و بارهای حین اجرا به تنش‌های حاصل از بارگذاری پس از گیرش بتن اضافه شده و این مقاطع فولادی بر اساس مجموع تنش ها محاسبه شوند.

در نظرگرفتن جزئیات دقیق مسیر و محل نصب کلیه اجزای تاسیسات مکانیکی و برقی در مرحله طراحی و اجرای سقف ضروری است.

رعایت کلیه ضوابط و ملاحظات طراحی و اجرا منطبق بر ضوابط مقررات ملی ساختمان الزامی می‌باشد.

۲-۵-۴-۱ ملاحظات عایق صوتی و حرارتی

- صدا بندی هوابرد و کوبه‌ای سقف بین طبقات باید مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین شود.
- رعایت الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان الزامی است.

۲-۵-۴-۲ ملاحظات حریق

الف- به طور کلی در خصوص سیستم سقف مرکب فولادی- بتنی با دال بتن مسلح دندانه‌ای (کاواک)، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی

ساختمان ایران تحت عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق" و همچنین الزامات نشریه شماره ض-۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با عنوان "آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود.

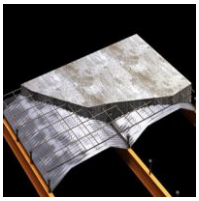
ب- ضوابط مندرج در بند الف برای قسمت دال بتن مسلح دندانه‌ای این سیستم سقف، با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب مطابق آئین‌نامه IBC از جمله تامین ضخامت کافی برای دال و پوشش بتنی میلگردهای دال، قابل تامین خواهد بود. در هر حال، ضخامت پوشش بتنی روی میگردهای طولی دال نباید کمتر از ۲ سانتی‌متر باشد.

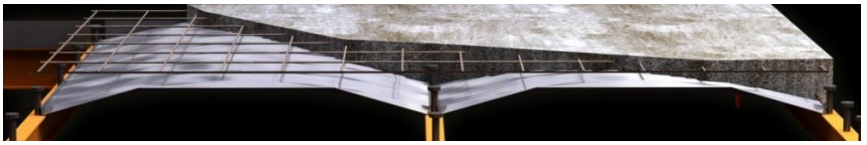
ج- ضوابط مندرج در بند الف برای تیرهای فولادی مرکب این سیستم سقف، می‌تواند از طریق پوشش کامل تیر فولادی با بتن معمولی یا سبک مطابق آئین‌نامه IBC صورت گیرد. در هر حال، ضخامت این پوشش محافظ بتنی نباید کمتر از ۴ سانتی‌متر باشد و این پوشش محافظ باید دارای مش فولادی گالوانیزه متصل به تیر فولادی باشد. این مش فولادی گالوانیزه می‌تواند از سیم با قطر ۲ میلی‌متر با چشمه‌های ۵ سانتی‌متری تشکیل شود که در فاصله ۲/۵ سانتی‌متری از سطح نهایی پوشش محافظ بتنی قرار می‌گیرد.

۲-۶ سقف مرکب با قالب‌های فولادی قوسی

۲-۶-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

قالب فولادی قوسی، نوعی قالب برای قالب بندی دال بتنی در سقف‌های مرکب بتنی- فولادی است. در این سقف‌ها، ورق‌های قوسی شکل تنها نقش قالب بتن را ایفا می‌کند و مقاومت فولاد آن نباید در محاسبات منظور شود. این سیستم سقف در تصاویر زیر نشان داده شده است:





شکل ۲-۱۲ قالب فولادی قوسی

۲-۶-۲ دامنه کاربرد

قالب فولادی قوسی برای قالب بندی دال بتنی در سقف‌های مرکب بتنی–فولادی و مختص سازه‌های فولادی می‌باشد. حداکثر دهانه مجاز برای این تیرچه ۱۵۰ سانتی‌متر می‌باشد

۲-۶-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

به منظور استقرار قالب فولادی قوسی، ضروری است دو پروفیل نبشی L30×30×3 به لبه‌های تیرچه‌ها و تیرهای قاب اصلی سازه با زاویه مناسب به عنوان نشیمن‌گاه قالب با جوش متصل شود. لبه‌های قالب باید به نحو مناسب (مانند اتصال جوشی یا پیچی) در داخل نبشی‌های نشیمن مهار شود.

۲-۶-۴ مبانی طراحی و اجرا

- ضخامت ورق قالب باید حداقل ۰/۶ میلی‌متر باشد.
- حداقل ضخامت بتن موجود در راس قالب ۵۰ میلی‌متر می‌باشد.
- حداقل پوشش زیر میلگردها در محل راس قالب به اندازه ۱ سانتی‌متر می‌باشد.
- حداکثر فاصله محور تا محور تیرچه‌ها در این روش ۱۵۰ سانتی‌متر می‌باشد.
- حداقل ضخامت بتن در محل تیرچه‌ها که از سطح روی تیرچه تا سطح تمام شده بتن اندازه‌گیری می‌شود، ۱۷ سانتی‌متر می‌باشد.
- عرض موثر دال بتنی رویه که در محاسبات تیرچه منظور می‌شود (be) برابر است با نصف عرض موثر محاسباتی حاصل از ضوابط بند ۱۰–۱–۹–۱ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران.
- با توجه به مشخصات سقف مورد نظر و نحوهٔ طراحی آن (از جمله مقدار بار ثقلی، طول دهانه، فاصلهٔ تیرچه‌ها، موقعیت تار خنثی در مقطع مرکب و ...) لازم است برشگیرها و اتصال آن‌ها به تیرچه‌ها بر اساس تلاش‌های وارده طراحی شده و در صورت لزوم از سخت کننده‌های مناسب استفاده شود.

- ارتفاع برش‌گیرها باید طوری در نظر گرفته شود که سطح فوقانی آن حداقل ۲ سانتی‌متر بالاتر از راس قالب قرار گیرد.

- به منظور بهبود عملکرد تیرهای کناری در برابر کمانش جانبی–پیچشی، ضروری است تیرچه‌های متعامد به فواصل حداکثر ۲/۵ متر در چشمه‌های کناری به تیرچه‌های سقف جوش شود.

- در طراحی و اجرای سقف، تامین ضوابط دیافراگم صلب با توجه به مفاد بند ۲-۹ و پیوست ۶ استاندارد ۲۸۰۰ ایران الزامی است.

- قالب فولادی قوسی (که یک قالب ماندگار است)، باید مقاومت لازم در برابر وزن شبکه میلگردی، بتن تازه و بارهای حین اجرا را داشته باشد.

- ضوابط مربوط به محافظت در مقابل خوردگی به خصوص در مناطق مرطوب و حاشیه دریاها باید رعایت شود.

- در اجرا با این قالب باید تمهیدات مناسب برای بستن ابتدا و انتهای قالب‌ها و جلوگیری از خروج بتن و یا شیره بتن در نظر گرفته شود.

- درصورت عدم استفاده از شمع‌بندی زیر سقف در حین اجرا، باید تنش‌های حاصل از وزن شبکه میلگردی، بتن تازه و بارهای حین اجرا به تنش‌های حاصل از بارگذاری پس از گیرش بتن اضافه شده و مقطع تیرچه بر اساس مجموع تنش‌ها محاسبه شود.

- سایر ضوابط و ملاحظات طراحی و اجرا منطبق بر ضوابط فصل ۱۰-۱-۹ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران می‌باشد.

- به طور کلی در خصوص این سیستم سقف، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای این نوع سقف با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ضخامت کافی برای سقف و پوشش بتنی میلگردها، قابل تامین خواهد بود.

۲-۷ پانل‌های سقفی پیش‌ساخته سبک موسوم به LCP

۲-۷-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

پانل LCP نوعی سقف نیمه پیش ساخته برای استفاده در سازه‌های فولادی است که از فلز و بتن سبک ساخته می‌شود و از لحاظ وزن می‌توان آن را به طور نسبی جزو سقف‌های سبک بر شمرد. پانل‌ها به‌صورت موازی در کنار یکدیگر قرار گرفته و با عملیات جوشکاری درجا به اسکلت اصلی ساختمان متصل می‌شود.

۲-۷-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

پانل‌های پیش‌ساخته سقفی متشکل از ناودانی‌های سرد نورد شده و بتن سبک با دانه‌های پلی‌استایرن در هستهٔ میانی پانل و ورق فولادی ذوزنقه‌ای برای پوشش سطوح رویه و تحتانی پانل می‌باشد. پانل‌های سقفی پیش‌ساخته مورد نظر با پهنای ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر طراحی و ساخته می‌شوند.

استفاده از پانل‌های سقفی پیش‌ساخته مورد نظر در سازه‌های فولادی فقط به عنوان سیستم باربر ثقلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. حداکثر طول دهانهٔ سقف که با این نوع پانل‌ها پوشش داده می‌شود، ۵ متر می‌باشد. در این سیستم سقف، پانل‌ها در کارخانه تولید می‌شوند و سایر جزییات اجرایی در محل نصب پانل‌ها در ساختمان تکمیل می‌گردد.

بتن سبک مورد استفاده در هستهٔ میانی پانل پیش‌ساخته باید از نوع بتن سبک سلولی (بتن کفی) با دانسیتهٔ حداقل ۵۰۰ و حداکثر ۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب باشد. در این پانل‌ها مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های مکعبی بتن سبک، به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰ میلی‌متر، نباید کمتر از ۲/۵ مگاپاسکال باشد.

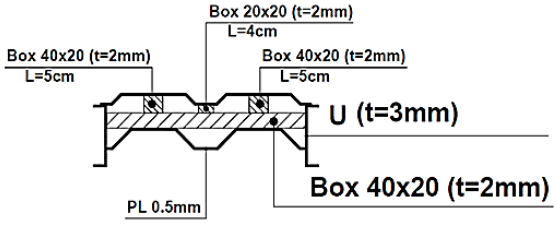
حداقل تنش تسلیم فولاد مورد استفاده در ساخت مقاطع ناودانی سرد نورد نباید کمتر از ۲۴۰ مگاپاسکال و ازدیاد طول نسبی آن در طول ۵۰ میلی‌متر نباید از ۱۰ درصد کمتر باشد.

ورق‌های پوشش سطوح رویه و تحتانی پانل‌ها باید با مقطع ذوزنقه‌ای، از نوع ورق گالوانیزه با حداقل ضخامت ۰/۴ میلی‌متر باشد.

۲-۷-۳ مبانی طراحی و اجرا

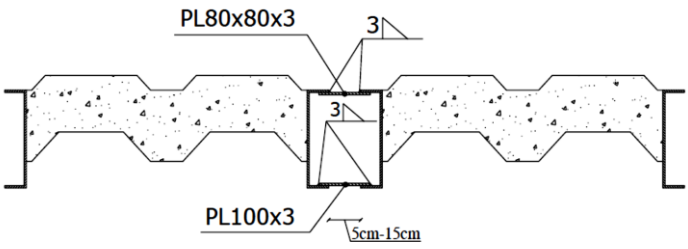
طراحی و اجرای پانل‌های LCP مانند سایر اجزای باربر ساختمان از اصول مهندسی بر پایه دانش مقاومت مصالح و تحلیل سازه پیروی کرده و قواعد مندرج در مباحث مقررات ملی ساختمان بر آن حاکم است. علاوه بر آن سیستم سقف LCP دارای ضوابط خاصی به شرح زیر است:

برای اتصال کافی بین دو ورق رویه و تحتانی و عملکرد یکپارچه پانل از قوطی‌های عرضی مطابق شکل ۲-۱۳ استفاده می‌شود. ورق‌ها به ناودانی‌ها و قوطی‌ها پیچ می‌شود. فواصل قوطی‌ها با توجه به طول پانل تعیین می‌گردد و حداکثر ۱/۳۰ متر می‌باشد.



شکل ۲-۱۳ نمونه‌ای از جزییات مقطع پانل

پانل‌های باربر با یک فاصله‌ای بین ۵ تا ۱۵ سانتی‌متر مطابق شکل ۲-۱۴ از یکدیگر قرار می‌گیرند. برای اتصال پانل‌ها به یکدیگر در بال پایین از یک ورق سرتاسری به ضخامت حداقل ۳ میلی‌متر استفاده می‌شود. این ورق با جوش تخت منقطع با فواصل مرکز به مرکز ۶۰۰ میلی‌متر، به طول ۵۰ میلی‌متر و بعد جوش حداقل ۳ میلی‌متر به بال زیرین ناودانی متصل می‌شود. بال‌های بالایی ناودانی توسط ورق‌هایی به ابعاد حداقل ۳×۸۰×۸۰ میلی‌متر و با فواصل حداکثر ۱۰۰ سانتی‌متر استفاده می‌شود. این ورق‌ها نیز با بُعد جوش ۳ میلی‌متر به بال بالای ناودانی متصل می‌شوند.



شکل ۲-۱۴ نحوهٔ اتصال دو پانل مجاور به یکدیگر

اتصال پانل‌های باربر به تیرهای پیرامونی با قراردادن پانل بر روی تیر و جوش بال ناودانی به بال تیر به طول حداقل ۳۰ میلی‌متر و بُعد ۳ میلی‌متر اجرا می‌شوند. ایجاد این اتصال با پیچ نیز میسر می‌باشد. درصورت کاربرد پانل‌ها به‌صورت تودلی، اتصال از طریق نبشی نشیمن توسط جوش یا پیچ الزامی است. اتصال به نبشی‌های نشیمن باید در ابتدا و انتهای هریک از ناودانی‌های پانل پیش‌ساخته صورت گیرد.

لازم است محصول پانل LCP توانایی تحمل بارهای نقطه‌ای متناسب با شرایط کاربری و بر اساس ضوابط بند ۶-۵-۳ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۳۹۲) را دارا باشد. و در این خصوص تمهیدات لازم پیش‌بینی گردد.

حداکثر طول دهانهٔ سقف که با این نوع پانل‌ها پوشش داده می‌شود، ۵ متر می‌باشد.

تامین دیافراگم صلب و انسجام لرزه‌ای برای رفتار داخل صفحه دیافراگم متشکل از پانل‌های سقفی پیش‌ساخته سبک از طریق مهاربندهای ضربدری افقی و اتصال مناسب آن‌ها به سازه اصلی و پانل‌های پیش‌ساخته سقف الزامی است.

تهمیدات لازم در ایجاد اصطکاک و چسبندگی کافی بین لایه‌های کف‌سازی و سطح صاف رویه این پانل‌ها باید مدنظر قرار گیرد.

محاسبه و کنترل مقدار خیز آنی و درازمدت در حد مقادیر مجاز مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان برای سقف‌های متشکل از این نوع پانل‌های پیش‌ساخته، الزامی است.

به منظور پیشگیری از ارتعاشات قابل درک و ایجاد تشدید برای مقاصد طراحی ، باید فرکانس طبیعی این گونه سقف‌ها از ۸ هرتز کمتر نشود و درصورت امکان فرکانس نزدیک به ۱۰ هرتز مراعات گردد.

ملاحظات مربوط به ابعاد و موقعیت بازشوها باید از قبل در طراحی و ساخت پانل‌ها پیش‌بینی شود. ضروریست با توجه به ابعاد بازشوها تقویت لازم در پیرامون آن‌ها به‌عمل آید.

در صورتی‌که از این پانل‌های سقفی در کاربری مسکونی با بار مرده ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع (شامل وزن مرده پانل، کف‌سازی و سقف کاذب) و بار زنده ۳۰۰ کیلوگرم بر مترمربع (با احتساب وزن تیغه بندی) استفاده شود لازم است ناودانی‌ها در این پانل‌ها از مقاطع سرد نورد شده با ضخامت حداقل ۳ میلی‌متر، ارتفاع حداقل ۱۴۰ میلی‌متر و پهنای بال حداقل ۳۵ میلی‌متر به‌کار رود. بدیهی است که بسته به تلاش‌های وارده و مقدار خیز مجاز مقاطع ناودانی‌های مورد استفاده در پانل باید طراحی شوند.

در صورتی‌که از این پانل‌های سقفی در سایر کاربری‌ها برای حداکثر بار مرده ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مربع (شامل وزن مرده پانل، کف‌سازی، سقف کاذب و تاسیسات) و حداکثر بار زنده ۶۰۰ کیلوگرم بر متر مربع مورد استفاده قرار گیرد لازم است ناودانی‌های مورد استفاده در این پانل‌ها از مقاطع سرد نورد شده با ضخامت حداقل ۳ میلی‌متر، ارتفاع حداقل ۱۶۰ میلی‌متر و پهنای بال حداقل ۳۵ میلی‌متر به کار رود. بدیهی است که بسته به تلاش‌های وارده و مقدار خیز مجاز مقاطع ناودانی‌های مورد استفاده در پانل باید طراحی شوند. رعایت تمهیدات لازم متناسب با شرایط اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران الزامی است.

به طور کلی در خصوص این سیستم سقف، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود.

۲-۷-۴ بررسی انطباق خواص محصول و اجزاء تشکیل دهنده آن با الزامات

۲-۷-۴-۱ ویژگی‌های مکانیکی ناودانی فولادی

حداقل تنش تسلیم فولاد مورد استفاده در ساخت مقاطع ناودانی سرد نورد نباید کمتر از ۲۴۰ مگاپاسکال و ازدیاد طول نسبی آن در طول ۵۰ میلی‌متر نباید از ۱۰ درصد کمتر باشد.

۲-۷-۴-۲ ویژگی‌های مکانیکی بتن پُر کننده داخل پانل

بتن سبک مورد استفاده در هستهٔ میانی پانل پیش‌ساخته باید از نوع بتن سبک سلولی (بتن کفی) با دانسیتهٔ حداقل ۵۰۰ و حداکثر ۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب باشد. در این پانل‌ها مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های مکعبی بتن سبک، به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰ میلی‌متر، نباید کمتر از ۲٫۵ مگاپاسکال باشد.

۲-۷-۴-۳ ویژگی‌های مکانیکی ورق‌های فولادی پوششی رویه و زیرین

ورق‌های پوشش سطوح رویه و تحتانی پانل‌ها باید با مقطع ذوزنقه‌ای، از نوع ورق گالوانیزه با حداقل ضخامت ۴/. میلی‌متر باشد.

۲-۷-۵ الزامات سازه‌ای

۱- در صورتی‌که از این پانل‌های سقفی در کاربری مسکونی با بار مرده ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع (شامل وزن مرده پانل، کف‌سازی و سقف کاذب) و بار زنده ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مربع (با احتساب وزن تیغه بندی) استفاده شود لازم است ناودانی‌ها در این پانل‌ها از مقاطع سرد نورد شده با ضخامت حداقل ۳ میلی‌متر، ارتفاع حداقل ۱۴۰ میلی‌متر و پهنای بال حداقل ۳۵ میلی‌متر به‌کار رود. بدیهی است که بسته به تلاش‌های وارده و مقدار خیز مجاز مقاطع ناودانی‌های مورد استفاده در پانل باید طراحی شوند.

۲- در صورتی‌که از این پانل‌های سقفی در سایر کاربری‌ها برای حداکثر بار مرده ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مربع (شامل وزن مرده پانل، کف‌سازی، سقف کاذب و تاسیسات) و حداکثر بار زنده ۶۰۰ کیلوگرم بر متر مربع مورد استفاده قرار گیرد لازم است ناودانی‌های مورد استفاده در این پانل‌ها از مقاطع سرد نورد شده با ضخامت حداقل ۳ میلی‌متر، ارتفاع حداقل ۱۶۰ میلی‌متر و پهنای بال حداقل ۳۵ میلی‌متر به کار رود. بدیهی است که بسته به تلاش‌های وارده و مقدار خیز مجاز مقاطع ناودانی‌های مورد استفاده در پانل باید طراحی شوند.

۳- لازم است محصول پانل LCP توانایی تحمل بارهای نقطه‌ای متناسب با شرایط کاربری و بر اساس ضوابط بند ۶-۵-۳ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۳۹۲) را دارا باشد. و در این خصوص تمهیدات لازم پیش‌بینی گردد.

۴- تامین دیافراگم صلب و انسجام لرزه‌ای برای رفتار داخل صفحه دیافراگم متشکل از پانل‌های سقفی پیش‌ساخته سبک از طریق مهاربندهای ضربدری افقی و اتصال مناسب آن‌ها به سازه اصلی و پانل‌های پیش‌ساخته سقف الزامی است.

۵- محاسبه و کنترل مقدار خیز آنی و درازمدت در حد مقادیر مجاز مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان برای سقف‌های متشکل از این نوع پانل‌های پیش‌ساخته، الزامی است.

۶- به منظور پیشگیری از ارتعاشات قابل درک و ایجاد تشدید برای مقاصد طراحی ، باید فرکانس طبیعی این گونه سقف‌ها از ۸ هرتز کمتر نشود و درصورت امکان فرکانس نزدیک به ۱۰ هرتز مراعات گردد.

۷- تمهیدات لازم در ایجاد اصطکاک و چسبندگی کافی بین لایه‌های کف‌سازی و سطح صاف رویه این پانل‌ها باید مدنظر قرار گیرد.

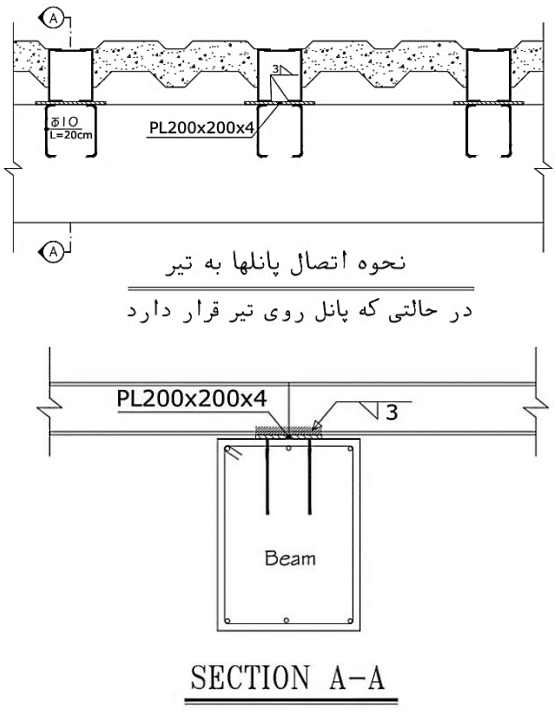
۸- ملاحظات مربوط به ابعاد و موقعیت بازشوها باید از قبل در طراحی و ساخت پانل‌ها پیش‌بینی شود. ضروریست با توجه به ابعاد بازشوها تقویت لازم در پیرامون آن‌ها به‌عمل آید.

۲-۷-۶ بررسی الزامات اجرا و نصب

۲-۷-۶-۱ نصب پانل بر روی تیرهای اصلی سازه بتنی

پانل‌های پیش ساخته مورد نظر روی سطح فوقانی تیرهای اصلی بتن‌مسلح سازه نصب می‌شوند. به این منظور صفحات شاخکدار به ابعاد مناسب روی سطح فوقانی تیر بتنی پیش‌بینی می‌شود و پس از بتن‌ریزی و گیرش بتن سازه اصلی، پانل‌های سقف روی این صفحه قرار گرفته و به آن جوش داده می‌شود.

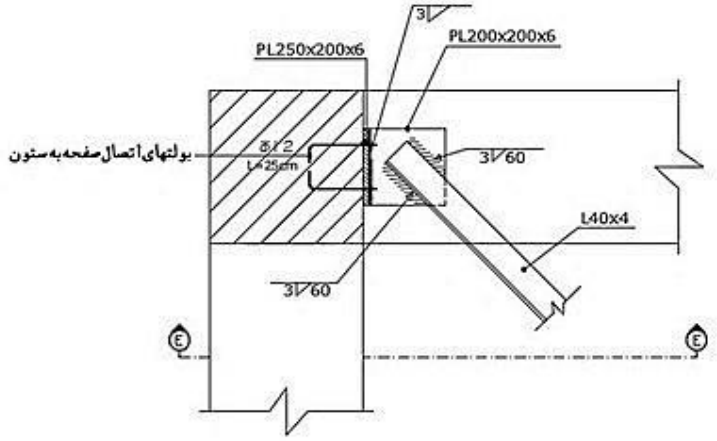
صفحات انتظار در هنگام آرماتوربندی تیرها در محل مناسب قرار گرفته و توسط شاخک از نوع میلگرد به تیر اتصال می‌یابند. البته امکان استفاده از کاشت بولت بعد از بتن ریزی نیز وجود دارد. در شکل ۲-۱۶ جزئیات این اتصال مشاهده می‌شود.



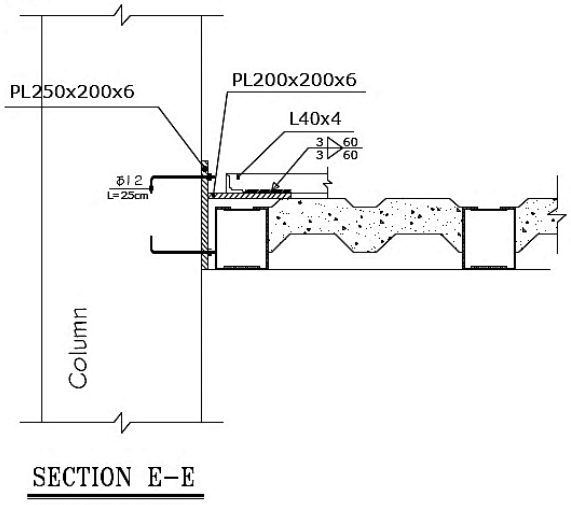
شکل ۲-۱۶ جزییات اتصال پانل بر روی تیر بتنی

۲-۷-۶-۲ اجرای مهاربندهای افقی

برای تامین صلبیت سقف‌ها از مهاربندهای افقی در کف استفاده می‌شود. مقطع این مهاربندها بر اساس مدل سازی سه بُعدی سازه تعیین می‌شود ولی سطح مقطع و سایر مشخصات هندسی آن نباید از یک نبشی L40×4 با نورد گرم کوچکتر اختیار شود. لازم است مهاربندی افقی در کلیه چشمه‌های سقف اجرا شود. مهاربندهای افقی در محل تقاطع تیر و ستون با جزییات نشان داده شده در شکل‌های ۲-۱۷ و ۲-۱۸ به صفحات انتظار متصل می‌شوند. ابعاد و اندازه جزییات نشان داده شده در شکل‌های ۲-۱۷ و ۲-۱۸ حداقل بوده و بر مبنای محاسبات دقیق می‌تواند افزایش یابد.



شکل ۲-۱۷ جزییات اتصال مهاربند افقی



شکل ۲-۱۸ جزییات اتصال مهاربند افقی

۲-۷-۷ سایر الزامات

۱- ضروریست به منظور محافظت از پانل‌های پیش‌ساخته مورد نظر در برابر حریق تمهیدات لازم از جمله اجرای سقف‌های کاذب مناسب به عمل آید. رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان‌ها در برابر حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مربوط به مقاومت جداره‌ها در مقابل حریق با در نظر گرفتن تعداد طبقات، ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی عنصر ساختمانی ضروری است.

۲- در صورت استفاده از مخلوط ذرات پلی‌استایرن در بتن سبک پرکننده روی پانل‌ها برای مقاصد کف‌سازی، پلی‌استایرن مورد استفاده باید از نوع کندسوز باشد همچنین در این صورت آزمون قابلیت نسوختن باید بر روی بتن سبک صورت گیرد.

۳- رعایت تمهیدات لازم متناسب با شرایط اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران الزامی است.

۴- رعایت الزامات مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، جهت صرفه جویی در مصرف انرژی الزامی است.

۵- صدابندی هوابرد و کوبه‌ای سقف بین طبقات می‌بایست مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تامین شود.

۲-۸ دال‌های نیمه پیش ساخته بتن مسلح دابل تی با بتن رویه

۲-۸-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

دال‌های نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح دابل تی[1] همانطور که از نام آن مشخص است از یک جفت تیر T شکل تشکیل شده است. این سقف‌ها به صورت پیش‌ساخته در کارخانه تولید شده و به محل اجرای پروژه انتقال می‌یابند. استفاده از این دال‌های نیمه پیش‌ساخته به علت حذف مراحل مربوط به قالبندی درجا و دوره انتظار به مقاومت رسیدن بتن، می‌تواند موجب افزایش سرعت اجرای سقف شود. این نوع سقف در اسکلت‌های بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شکل ۲-۱۹ نمایی از یک قطعه در سقف دابل تی

[1] Double T

شکل ۲-۲۰ جزئیاتی از قطعات سقفی دابل تی

۲-۸-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

این سقف‌ها بسته به نوع کاربری به دو صورت بتن مسلح معمولی یا بتن مسلح پیش‌تنیده در کارخانه تولید و به محل اجرای پروژه انتقال داده می‌شوند.

دال‌های دابل تی ضمن دارا بودن مزیت‌هایی نظیر افزایش طول دهانه باربری و افزایش ظرفیت باربری دارای ملاحظات اجرایی و کیفی متعددی هستند که لزوم استفاده از یک تیم متخصص را در زمان تولید این قطعات، همچنین انتقال و اجرای آن‌ها به کارگاه الزامی می‌نماید.

۲-۸-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

تولید دال‌های دابل تی در کارخانه‌های مجهز به ابزار پیش‌کشیدگی و سیستم‌های تسریع کننده عمل‌آوری بتن انجام می‌شود. کنترل کیفیت محصول بر اساس آیین‌نامه‌های ملی یا مراجع معتبر بین‌المللی شناخته شده انجام می‌شود.

در صورت ساخت دال‌های دابل تی با شیوه پیش تنیده لازم است الزامات سازه‌های پیش‌تنیده مدنظر قرار گیرد. از اهم این الزامات می‌توان به حداقل مقاومت فشاری بتن اشاره نمود که نباید از رده C30 پایین‌تر درنظر گرفته شود.

۲-۸-۴ مبانی طراحی و اجرا

طراحی دال‌های دابل تی بر مبنای تئوری‌های خمش و برش مقاطع تی شکل و ضوابط مندرج در مبحث نهم مقررات ملی، آیین‌نامه ACI 318 انجام می‌شود. آیین‌نامه طراحی و اجرای سازه‌های پیش

ساخته بتنی آمریکا[1] ضوابط ساده شده‌ای برای این نوع سقف تدوین کرده است. در مرجع مذکور الزامات مربوط به عملکرد دیافراگمی سقف و انتقال برش به طور کامل ذکر شده است.

بررسی صلبیت دیافراگم سقف‌های دابل تی باید براساس بند ۲-۸ و پیوست شماره ۴ استاندارد ۲۸۰۰ ایران صورت گرفته و تمهیدات لازم برای تامین یکپارچگی سقف و صلبیت براساس ضوابط دستورالعمل PCI درنظر گرفته شود. در تامین عملکرد دیافراگمی این نوع سقف، اجرای حداقل ۵ سانتی‌متر بتن رویه الزامیست.

از نکات حائز اهمیت در اجرای سقف‌های مجوف پیش‌ساخته، اتصال این قطعات به سیستم باربر جانبی و مقاومت برشی در این ناحیه می‌باشد که با تعبیه میلگردهای قلابی و انجام محاسبات و کنترل‌های مربوطه تامین می‌شود. در مراجع یاد شده به منظور تامین یکپارچگی سقف، اجرای میل‌مهار کافی در محل اتصال پانل‌های سقفی پیش‌ساخته به یکدیگر و اجرای تیرچه در پیرامون بازشوهای سقفی و همچنین اجرای کلاف‌های پیرامونی سقف الزامی می‌باشد. همچنین در محل اتصال دال نیمه پیش-ساخته به تیر پیرامونی، لازم است، میلگردهای تامین‌کننده یکپارچگی اعضا به طور مناسب طراحی و اجرا شوند.

ضوابط مربوط به حداکثر ابعاد بازشوها و همچنین تمهیدات لازم در اطراف بازشوها از نظر طراحی و اجرای تیرچه پیرامونی، باید مطابق راهنمای طراحی PCI انجام شود.

جزئیات ساخت، حمل و نصب اعضا و اتصالات قطعات پیش‌ساخته باید مطابق آخرین ویرایش آیین‌نامه ACI 318 و راهنمای طراحی PCI انجام شود.

کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام، زیست محیطی و غیره باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آئین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تأیید به کار گرفته شوند.

به طور کلی در خصوص این سیستم سقف، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای

[1] PCI Design Handbook

ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای این نوع سقف با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ضخامت کافی برای سقف و پوشش بتنی میلگردها و یا کابل‌ها، قابل تامین خواهد بود.

۲-۹ سقف‌های مجوف پیش‌ساخته پیش‌تنیده Hollow Core Slabs

۲-۹-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

سقف مجوف پیش‌ساخته یا سقف‌های پیش ساخته از نوع با هسته توخالی [1] از سیستم‌های سقف شناخته شده در دنیا می‌باشد که کاربرد آن صرفا در ساختمان‌های دارای اسکلت بتنی مجاز می‌باشد. در مقطع طولی این سقف‌ها به منظور کاهش بار مرده سقف حفراتی طولی تعبیه شده است. از مزایای این سیستم مشابه دیگر انواع سقف‌های پیش‌ساخته افزایش سرعت پیشرفت پروژه و کاهش زمان اجرا می‌باشد. این نوع سقف‌ها در رده سقف‌های نیمه سنگین تا سنگین قرار دارند.

۲-۹-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

این سقف‌ها بسته به نوع کاربری به دو صورت بتن مسلح معمولی یا بتن مسلح پیش‌تنیده در کارخانه تولید و به محل اجرای پروژه انتقال داده می‌شوند.

دال‌های مجوف پیش‌تنیده ضمن دارا بودن مزیت‌هایی نظیر افزایش طول دهانه باربری، افزایش ظرفیت باربری و کاهش ارتفاع مقطع در دهانه‌های مساوی و استفاده بهینه‌تر از مقطع بتنی، دارای ملاحظات اجرایی و کیفی متعددی هستند که لزوم استفاده از یک تیم متخصص را در زمان تولید این قطعات، همچنین انتقال و اجرای آن‌ها به کارگاه الزامی می‌نماید. حداکثر دهانه مجاز برای این تیرچه ۱۰ متر می‌باشد

1 Hollow Core Slab

شکل ۲-۲۱ نمایی از قطعات هالوکور

۲-۹-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

تولید دال‌های سقف‌های پیش ساخته از نوع با هسته توخالی در کارخانه‌های مجهز به ابزار پیش کشیدگی و سیستم‌های تسریع کننده عمل آوری بتن انجام می‌شود. کنترل کیفیت محصول بر اساس آیین‌نامه‌های ملی یا مراجع معتبر بین‌المللی شناخته شده انجام می‌شود.

در صورت ساخت دال‌های Hollow Core با شیوه پیش‌تنیده لازم است الزامات سازه‌های پیش‌تنیده مدنظر قرار گیرد. از اهم این الزامات می‌توان به حداقل مقاومت فشاری بتن اشاره نمود که نباید از رده C30 پایین‌تر درنظر گرفته شود.

۲-۹-۴ مبانی طراحی و اجرا

طراحی دال‌های سقف‌های پیش ساخته از نوع با هسته توخالی بر مبنای تئوری‌های خمش و برش و ضوابط مندرج در مبحث نهم مقررات ملی انجام می‌شود. آیین‌نامه طراحی و اجرای سازه‌های پیش

ساخته بتنی آمریکا[1] ضوابط ساده شده‌ای برای این نوع سقف تدوین کرده است. در مرجع مذکور الزامات مربوط به عملکرد دیافراگمی سقف و انتقال برش به طور کامل ذکر شده است.

بررسی صلبیت دیافراگم سقف‌های Hollow Core باید براساس بند ۲-۸ و پیوست شماره ۴ استاندارد ۲۸۰۰ ایران صورت گرفته و تمهیدات لازم برای تامین یکپارچگی سقف و صلبیت براساس ضوابط دستورالعمل PCI درنظر گرفته شود. در تامین عملکرد دیافراگمی این نوع سقف، اجرای حداقل ۵ سانتی‌متر بتن رویه الزامیست.

از نکات حائز اهمیت در اجرای سقف‌های مجوف پیش‌ساخته، اتصال این قطعات به سیستم باربر جانبی و مقاومت برشی در این ناحیه می‌باشد که با تعبیه میلگردهای قلابی و انجام محاسبات و کنترل‌های مربوطه تامین می‌شود. در مراجع یاد شده به منظور تامین یکپارچگی سقف، اجرای میل‌مهار کافی در محل اتصال پانل‌های سقفی پیش‌ساخته به یکدیگر و اجرای تیرچه در پیرامون بازشوهای سقفی و همچنین اجرای کلاف‌های پیرامونی سقف الزامی می‌باشد.

در صورت ساخت دال‌های Hollow Core با شیوه پیش تنیده لازم است الزامات سازه‌های پیش‌تنیده مدنظر قرار گیرد. از اهم این الزامات می‌توان به حداقل مقاومت فشاری بتن اشاره نمود که نباید از رده C30 پایین‌تر درنظر گرفته شود.

کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام، زیست محیطی و غیره باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آئین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تأیید بکار گرفته شوند.

به طور کلی در خصوص این سیستم سقف، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای این نوع سقف با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ضخامت کافی برای سقف و پوشش بتنی میلگردها و یا کابل‌ها، قابل تامین خواهد بود.

1 PCI Design Handbook

۲-۹-۵ الزامات کلی سیستم

۱- سقف‌های ساخته شده از دال‌های هالوکور (Hollow Core Slabs) از انواع بتن‌آرمه معمولی و بتن‌آرمه پیش‌تنیده از سیستم‌های شناخته شده در سراسر دنیا بوده و جزو سقف‌های نیمه‌سنگین تا سنگین محسوب می‌شوند.

۲- استفاده از این نوع سقف تنها در ساختمان‌های با اسکلت بتن مسلح و حداکثر تا دهانه ۱۰ متر مجاز است.

۳- بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای سیستم سازه‌ای حاصله به ترتیب باید بر اساس آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان بارهای وارد بر ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰ ایران اعمال شود.

۴- طراحی، ساخت و اجرای دال‌های هالوکور از نوع بتن‌آرمه معمولی باید بر مبنای آخرین ویرایش دستورالعمل طراحی PCI (Manual for the Design of Hollow Core Slabs)، ضمن در نظر گرفتن ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه انجام شود.

۵- بررسی صلبیت دیافراگم سقف‌های هالوکور باید براساس بند ۲-۸ و پیوست شماره ۴ استاندارد ۲۸۰۰ ایران صورت گرفته و تمهیدات لازم برای تامین یکپارچگی سقف و صلبیت براساس ضوابط دستورالعمل PCI درنظر گرفته شود.

۶- به منظور تامین صلبیت دیافراگم، در صورت استفاده از بتن رویه، رعایت ضخامت حداقل ۵ سانتی‌متر الزامی است.

۷- به منظور تامین یکپارچگی سقف، اجرای میل‌مهار کافی در محل اتصال پانل‌های سقفی پیش‌ساخته به یکدیگر و اجرای تیرچه در پیرامون بازشوهای سقفی و همچنین اجرای کلاف‌های پیرامونی سقف الزامی است.

۸- برای انتقال برش در ناحیه اتصال دیافراگم به سیستم مقاوم در برابر بار جانبی و یا المآن‌های مرزی، باید از میلگردهایی به صورت قلاب استفاده شود.

۹- محدودیت ابعاد بازشوها باید بر اساس ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران رعایت شود و در هر حال نباید از یک پنجم طول پانل‌هالوکور و یک دوم عرض پانل بیشتر باشد.

۱۰- در پلان‌های نامنظم و یا در حالتی که ابعاد بازشوها در پلان از یک پنجم طول پانل‌هالوکور و یا یک دوم عرض پانل بزرگتر باشد، لازم است که یک لایه بتن با ضخامت حداقل پنج سانتی‌متر اجرا شود.

۱۱- ضوابط طراحی و اجرای سیستم سقف بتنی هالوکور به صورت پیش‌تنیده باید براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آئین‌نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش‌تنیده موضوع نشریه ۲۵۰ سازمان برنامه و بودجه که بخش الحاقی آئین‌نامه بتن ایران (آبا) می‌باشد، انجام شود.

۱۲- رعایت حداقل رده بتن مصرفی معادل C30 در قطعات بتن‌آرمه پیش‌تنیده الزامی است.

۱۳- مقاومت گسیختگی تضمین‌شده انواع فولادهای پیش‌تنیدگی به شرح زیر باید بین ۱۲۰۰ تا ۲۲۰۰ نیوتن بر میلی متر مربع باشد:

- سیم بدون پوشش تنش‌زدایی شده

- رشته هفت سیم بدون پوشش تنش زدایی شده یا رشته‌هایی از آن

میله فولادی پر مقاومت بدون پوشش

۱۴- کنترل نیروی کشش فولادهای پیش‌تنیدگی باید توسط جک‌های کالیبره شده دقیق انجام شود.

۱۵- ساخت دال‌های هالوکور پیش‌تنیده باید توسط تیم متخصص آموزش دیده انجام شده و در زمان ساخت نیازمند کنترل کیفیت دقیق می‌باشد.

۱۶- محافظت فولادهای پیش‌تنیدگی در برابر زنگ‌زدگی بسیار حایز اهمیت بوده و باید به نحو موثری محافظت شود به هر حال رعایت تمهیدات لازم مطابق با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران الزامی است.

۱۷- کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام، زیست محیطی و غیره باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان یا آئین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تأیید بکار گرفته شوند.

۱۸- الزامات مربوط به انرژی باید مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان صرفه جویی در مصرف انرژی رعایت شود.

۱۹- رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان با عنوان حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی اجزاء ساختمانی الزامی است.

۲۰- صدابندی هوابرد و کوبه‌ای سقف بین طبقات می‌بایست مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان عایق‌بندی و تنظیم صدا تامین شود.

بخش دوم

سقف‌های دو طرفه

۲-۱۰ سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از بلوک تو خالی ماندگار

۲-۱۰-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

دال‌های بتن مسلح بطور گسترده در ساخت سقف ساختمان‌ها بکار می‌روند. عملکرد باربری این اجزاء سازه‌ای مبتنی بر خمش یک طرفه یا خمش دو طرفه است. وزن مرده دال از مهم‌ترین بارهای وارد بر آن است که کاهش آن تا حد ممکن از اهداف اصلی طراحان و سازندگان ساختمان به شمار می‌رود. کاهش وزن مرده دال از طرق مختلف قابل انجام است که یکی از آن‌ها حذف بتن از بخش‌هایی از دال است که در باربری سازه‌ای آن نقش اندکی دارند.

با توجه به عملکرد خمشی دال ، مصالح موجود در نزدیکی تار خنثی مقطع دال کمترین کرنش خمشی و در نتیجه کمترین تنش عمود بر مقطع را تجربه می‌کنند. بنابراین انتظار می‌رود که با حذف بتن از میانه مقطع تیر کاهش عمده‌ای در ظرفیت لنگر خمشی دال رخ ندهد. بر این اساس، یک گروه از سقف‌های مجوف از دولایه بتن مسلح تشکیل شده است که در بالا و پائین دال و بطور گسترده قرار می‌گیرند و حد فاصل این دو لایه با بلوک‌های توخالی از جنس پلاستیک پر شده است. این بلوک‌ها همانند بلوک‌های سفالی یا پلی‌استایرنی دارای هندسه‌ای مکعبی اما مجوف می‌باشد که با توجه به نیاز پروژه و محاسبات طراحی، ابعاد مختلفی دارند.

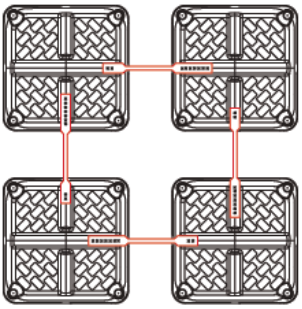
در روند اجرای دال‌های مجوف با استفاده از بلوک پلاستیک، پس از آرماتورگذاری لایه زیرین، بلوک‌ها کنارهم روی شبکه آرماتور زیرین قرار گرفته و پس از قرارگیری آرماتورهای برشی میانی و همچنین آرماتوربندی لایه فوقانی، بتن‌روئی ریخته می‌شود. در نهایت مقطع دال متشکل از تیرچه‌های I شکل متعامد در دو جهت پدید می‌آید و عملکرد بهتری نسبت به مقطع مستطیل کامل خواهد داشت. در نقاطی از دال سقف که نیروی برشی از حد قابل تحمل سقف بیشتر است ، دال بدون بلوک و به

صورت توپر ساخته می‌شود. همچنین در صورت تعبیه تیر مابین ستونها در طرح سازه‌ای سقف ، از بلوک در محدوده تیرها استفاده نمی‌شود.

الف- دال مجوف قبل از بتن‌ریزی

ب- حذف بلوک‌ها در نزدیکی ستون‌ها و در راستای تیرها

ج- دو نمونه از بلوک‌های مجوف



د- تنظیم فواصل بلوک‌ها به کمک ابزارهای ویژه

شکل ۲-۲۲ جزئیاتی از دال‌های مجوف

۲-۱۰-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

از آن‌جا که در برخی از پروژه‌های بزرگ، لزوم درنظرگرفتن فواصل زیاد ستون‌ها و امکان تعبیه دهانه بزرگ برای تأمین پارکینگ در ساختمان وجود دارد، می‌توان این سقف را به عنوان یک گزینه برای اجرا در چنین پروژه‌هایی معرفی کرد. حداکثر دهانه مجاز این سیستم بدون تیر با رعایت ضوابط ذکر شده در ادامه، ۱۲ متر می‌باشد. طراحی و اجرای این سیستم با تیر باید براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

اجرای این سیستم فقط با قاب‌های بتن مسلح مجاز می‌باشد و اجرای آن با ستون فولادی ممنوع است.

۲-۱۰-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

کنترل کیفیت عملیات ساخت سقف در کارگاه مانند سایر سقف‌های بتنی تابع مبحث نهم مقررات ملی ساختمانی است.

باید از ابزارهای فاصله‌گذار مابین بلوک‌ها برای تنظیم موقعیت استقرار آن‌ها روی سقف استفاده شود. در هر حال استقرار بلوک‌ها باید به نحوی باشد که امکان تشکیل تیرچه‌های متعامد منظم با حداقل پهنای ۱۰ سانتیمتر در پلان سقف پدید آید.

با توجه به لزوم تشکیل یک لایه بتنی به ضخامت حداقل ۵ سانتیمتر در زیر بلوک‌ها، لازم است بتن از روانی کافی برخوردار باشد و دقت لازم در متراکم کردن بتن به عمل آید.

برای جلوگیری از تشکیل پیوند سرد در بتن لازم است بتن‌ریزی در ضخامت سقف بصورت پیوسته انجام شود. همچنین باید با تمهیدات لازم از جابجایی بلوک‌ها تحت فشار بتن جلوگیری شود.

کنترل کیفیت ساخت بلوک‌ها شامل رواداری‌های ابعادی و مقاومت مصالح است که در کارخانه سازنده صورت می‌گیرد.بلوک‌های مجوف باید امکان تردد نفرات را به نحو ایمن فراهم سازند. این بلوک‌ها باید بتوانند در برابر اعمال نیروی ۱۵۰۰ نیوتن روی محدوده‌ای مربعی به ضلع ۸ سانتیمتر در ضعیف‌ترین نقطه خود مقاومت نمایند.

قالب مورد استفاده در این سیستم سقف باید از نوع خودخاموش‌شو (کندسوز) باشد. در کارخانه و کارگاه ساختمانی، این قالب‌ها باید به دور از هر گونه مواد قابل اشتعال نگهداری شوند و محل نگهداری و انبار آن‌ها باید به گونه‌ای باشد که از سرایت هر گونه شعله یا آتش احتمالی یا عوامل احتراق به آن‌ها جلوگیری شده و به طور کلی اصول ایمنی در برابر حریق رعایت شود.

۲-۱۰-۴ مبانی طراحی و اجرا

مبحث ششم مقررات ملی ساختمان برای تعیین بارهای وارد بر سقف و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان برای طراحی و اجرای سازه بتن مسلح باید در طرح و اجرای این سقف رعایت گردد.

در طراحی و اجرای سقف‌های حاصل از این روش، رعایت کلیه الزامات مربوط به طرح لرزه‌ای، مطابق با ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و ویرایش‌های بعد از آن، الزامی است. در صورتی‌که این سقف بدون تیر و به عنوان دال تخت مورد استفاده قرار گیرد، استفاده از دیوار برشی در طرح لرزه‌ای ساختمان الزامی است.

با توجه به حذف بتن توسط بلوک‌های مجوف این سیستم سقف در برابر برش و مخصوصا برش پانچ حساس است و لازم است کنترل‌های لازم بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در این مورد به عمل آید.

در این سیستم سقف باید توجه خاصی به تعبیه عناصر انتقال‌دهنده نیروی افقی داخل صفحه دیافراگم یعنی اجزاء لبه‌ای و اجزاء جمع‌کننده صورت گیرد. بر اساس محاسبات در نقاط مورد نیاز برای تشکیل این اجزاء در سقف بلوک‌های مجوف حذف می‌شوند و تیرهای طولی مدفون با میلگردهای طولی و عرضی تعبیه می‌شوند.

به طور کلی در خصوص این سیستم سقف، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای این نوع سقف با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ضخامت کافی برای سقف و پوشش بتنی میلگردها، قابل تامین خواهد بود.

صدابندی هوابرد و کوبه‌ای سقف بین طبقات در کاربری‌های مختلف باید مطابق با الزامات مطرح شده در بند ۱۸-۲ مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین گردد.

لازم است طراحی و اجرای بام نهایی و کف در تماس با فضای کنترل‌نشده، که با این سیستم ساخته شده‌اند، با رعایت اصول تعیین‌شده در خصوص پوسته خارجی، در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، صورت گیرد.

۲-۱۰-۵ الزامات کلی سیستم

- در این سیستم سقف از قالب ماندگار در ساخت سقف بتن‌مسلح با تیرچه دوطرفه استفاده می‌شود، تیرچه‌ها درفضای مابین قالب‌ها اجرا شده و مجموعه به لحاظ سازه‌ای سیستم دال با تیرچه های متعامد دو طرفه را ایجاد می نماید .

- قالب‌های مورد استفاده در قالب باید مطابق استاندارد ملی به شماره ۱-۱۱۱۰۸باشد. در صورت تغییر شکل قالب‌ها هنگام عبور کارگران از روی آن باید قبل از شروع بتن‌ریزی رفع نقص صورت گیرد.

- حداقل فاصله بین قالب‌های ماندگار در هر جهت نباید از ۱۰ سانتی‌متر کمتر باشد و نسبت ضخامت سقف به فاصله بین قالب‌ها در هیچ حال نباید بیشتر از ۳/۵ باشد.

- قالب‌های مورد استفاده در این سیستم سقف به طور کامل مدفون در بتن بوده و از نظر سازه‌ای، حداقل فاصله بین این قالب‌ها که با بتن پر می‌شود، در هر جهت نباید از ۱۰ سانتی‌متر کمتر باشد و همچنین ضخامت بتن در بالا و پایین این قالب‌ها، نباید از ۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

- بتن مورد استفاده در سقف باید از حداقل رده $C25$ مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

- بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای به ترتیب باید بر اساس آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان با عنوان "بارهای وارد بر ساختمان" و استاندارد ۲۸۰۰ اعمال شود.

- استفاده از این نوع سقف بتنی در ساختمان‌های با اسکلت بتن‌مسلح مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ ایران مجاز است. لازم است ضوابط و محدودیت‌های لرزه‌ای مربوط به این ساختمان‌ها مطابق استاندارد یادشده و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان با عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه" رعایت شود و در طراحی، ساخت و اجرای اسکلت این ساختمان‌ها، ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان رعایت شود.

- استفاده از این نوع سیستم به صورت سقف دال تخت به همراه ستون‌های بتن‌آرمه در صورتی مجاز است که مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط دیوارهای برشی بتن‌مسلح تامین شود. در این حالت مطابق جدول ۳-۴ استاندارد ۲۸۰۰ لازم است سیستم سازه‌ای، سیستم قاب ساده ساختمانی همراه با دیوار برشی بتنی در نظر گرفته شود که در آن مقاومت در برابر نیروهای جانبی از طریق دیوارهای برشی تامین می شود. لذا ضروری است مقادیر ضریب رفتار، حداکثر ارتفاع مجاز، ضریب بزرگنمایی تغییر مکان جانبی و ضریب اضافه مقاومت سازه بر این اساس تعیین گردد.

- در صورت استفاده از این سیستم به صورت دال تخت، طراحی دیوارهای برشی و نیز کنترل تغییرمکان جانبی طبقات باید با فرض عدم مشارکت خمشی دال با تیرچه دوطرفه در تحمل نیروهای زلزله انجام شود.

- در محل تقاطع دیوارهای برشی و دال، انتقال برش از دال به دیوار باید در ضعیف ترین سطح مقطع سقف کنترل شده و در صورت نیاز از فولادگذاری برای تسهیل انتقال برش درون صفحه دیافراگم به دیوار بهره برده شود.

- ستون‌ها باید تحمل جابجایی‌های ناشی از اعمال بارهای جانبی و ثقلی به کل سازه را دارا باشند و برای نیروهای ناشی از آن طراحی شوند.

- تامین ضوابط دیافراگم صلب در این سیستم سقف با توجه به استاندارد ۲۸۰۰ ایران الزامی است.

- برای جلوگیری از برش پانچ دال تخت لازم است روی ستون از کلاهک برشی یا فولادگذاری طولی و عرضی صلیبی مطابق با جزئیات بند ۶-۷-۸ آئین‌نامه ACI 318-14 استفاده شود.

- باید تیرچه‌ها برای برش مطابق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی طراحی شود. در مواردی‌که در هر جهت مطابق طرح برای برش، به خاموت‌گذاری نیاز باشد باید در مقطع تیرچه خاموت به شکل سنجاقی یا رکابی، متکی به فولادهای بالا و پایین تیرچه و به تعداد لازم، پیش‌بینی شود.

- ضریب ترک خوردگی سقف باید براساسACI 318 محاسبه شود، مقدار این ضریب حداکثر ۰/۲۵ می‌باشد.

- شبکه آرماتور بالایی باید با تمهیدات مناسب به گونه‌ای استقرار یابد که پوشش بتنی مابین آرماتور و سطح قالب ماندگار حداقل چهارسوم بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه بتن و حداقل ۲۰ میلیمتر باشد.

- پایه‌های اطمینان و شمع‌بندی مورد استفاده در اجرای این نوع سقف باید قابلیت اعمال خیز منفی کافی قبل از بتن‌ریزی را داشته باشد.

- منظور نمودن بارهای حین اجرا در استفاده از این نوع قالب ضروری است. ضروری است قالب‌های ماندگار در دو امتداد مستقیم عمود بر هم قرار گیرند و تمهیدات لازم برای جلوگیری از هر گونه حرکت قالب حین بتن‌ریزی در نظر گرفته شود.

- پیش‌بینی اعضای لبه (chords) و اعضای جمع‌کننده (collectors) در دیافراگم سقف الزامی است. طرح لرزه‌ای دیافراگم وکنترل کفایت اعضای لبه و اعضای جمع‌کننده باید مطابق ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ASCE 7-16 صورت گیرد. کلیه اعضاء در مسیر انتقال نیروهای دیافراگم (در حین اعمال بارهای زلزله) به سیستم باربر جانبی باید دارای مقاومت کافی باشند. همواره باید در محل اعضاء جمع کننده تیر بتن آرمه پیش بینی شود و به این منظور ضروری است در عرضی که طبق محاسبات تعیین می‌شود سقف به صورت توپر اجرا شود و آرماتورگذاری طولی بهمراه خاموت گذاری در مقطع توپر(تیر مدفون) انجام گیرد.

- بتن‌ریزی کل مقطع سقف شامل تیرچه ها وبخش بالای قالب‌ها باید از آغاز تا پایان به صورت

عملیاتی پیوسته انجام شده و از بوجود آمدن اتصال سرد بین لایه‌ها احتراز شود. بدین منظور باید با اتخاذ تدابیرمناسب از تغییر مکان شبکه آرماتورها ممانعت به عمل آید.

- رعایت محدودیت ابعاد بازشوهای سقف و همچنین تمهیدات لازم در اطراف بازشوها باید براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران و آیین‌نامه ACI 318-14 لحاظ شود. پیش‌بینی المآن‌های مرزی در اطراف بازشوها و لبه دال حسب مورد انجام گیرد.

- طراحی دیافراگم سقف و اعضای جمع‌کننده و اتصالات باید برای بارهای تشدید یافته زلزله (بارهای زلزله ضرب شده در ضریب Ω_0) انجام شود.رعایت تمهیدات لازم از نظر دوام و پایایی در شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران الزامی است.

- درنظر گرفتن جزئیات دقیق مسیر و محل نصب کلیه اقلام تأسیسات مکانیکی و برقی در مرحله طراحی و اجرای سقف، ضروری است.

- کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام، بهداشتی و زیست محیطی باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان یا آیین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تایید بکار گرفته شوند.

- الزامات مربوط به انرژی باید مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان "صرفه جویی در مصرف انرژی" رعایت شود.

- به طور کلی در خصوص سیستم سقف بتن مسلح مجوف با تیرچه دو طرفه با استفاده از قالب‌های ماندگار ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای این نوع سقف با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ضخامت کافی برای سقف و پوشش بتنی میلگردها، قابل تامین خواهد بود.

- از نظر سازه‌ای، حداقل فاصله بین قالب‌ها که با بتن پر می‌شود، در هر جهت نباید از ۱۰ سانتی‌متر کمتر باشد و همچنین ضخامت بتن در بالای قالب‌ها، نباید از ۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

- در کارخانه و کارگاه ساختمانی، این قالب‌های باید به دور از هر گونه مواد قابل اشتعال نگهداری شوند و محل نگهداری و انبار آن‌ها باید به گونه‌ای باشد که از سرایت هر گونه شعله یا آتش احتمالی یا

عوامل احتراق به آن‌ها جلوگیری شده و به طور کلی اصول ایمنی در برابر حریق رعایت شود.

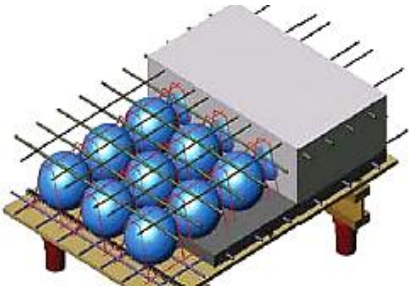
- صدابندی هوابرد و کوبه‌ای سقف بین طبقات باید مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان "عایق‌بندی و تنظیم صدا" تامین شود.

-

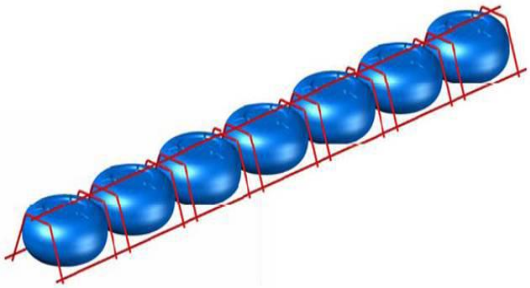
۲-۱۱ سقف مجوف بتن مسلح با استفاده از گوی‌های توخالی ماندگار

۲-۱۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

دال‌های بتن مسلح بطور گسترده در ساخت سقف ساختمان‌ها بکار می‌روند. عملکرد باربری این اجزاء سازه‌ای مبتنی بر خمش یک طرفه یا خمش دو طرفه است. وزن مرده دال از مهم‌ترین بارهای وارد بر آن است که کاهش آن تا حد ممکن از اهداف اصلی طراحان و سازندگان ساختمان به شمار می‌رود. کاهش وزن مرده دال از طرق مختلف قابل انجام است که یکی از آن‌ها حذف بتن از بخش‌هایی از دال است که در باربری سازه‌ای آن نقش اندکی دارند. با توجه به عملکرد خمشی دال ، مصالح موجود در نزدیکی تار خنثی مقطع دال کمترین کرنش خمشی و در نتیجه کمترین تنش عمود بر مقطع را تجربه می‌کنند. بنابراین انتظار می‌رود که با حذف بتن از میانه مقطع تیر کاهش عمده‌ای در ظرفیت لنگر خمشی دال رخ ندهد. بر این اساس، یک گروه از سقف‌های مجوف در دهه ۹۰ میلادی در اروپا ابداع شده است. این سقف‌ها از دولایه بتن مسلح تشکیل شده اند که در بالا و پائین دال و بطور گسترده قرار می‌گیرند و حدفاصل این دو لایه با گوی‌های توخالی از جنس پلی‌تیلن پر شده است (شکل ۲-۲۳). این گوی‌ها با توجه به نیاز پروژه و محاسبات طراحی، ابعاد مختلفی دارند و در انواع کاملا کروی و بالشتکی تولید می‌شوند (شکل ۲-۲۳).



شکل ۲--۲۳-الف ساختار سقف شامل میلگردها ، گوی‌ها و بتن



شکل ۲-۲۳-ب گوی‌های مجوف تخت برای کاهش ضخامت سقف

در روند اجرای دال‌های مجوف با استفاده از گوی پلیمری، پس از آرماتورگذاری لایه زیرین، گوی‌ها در قفسه‌های ویژه درکنارهم روی شبکه آرماتور زیرین قرار گرفته و پس آرماتوربندی لایه فوقانی، بتن‌ریزی انجام می‌شود. در نهایت مقطع دال متشکل از سطوح منحنی در دو جهت پدید می‌آید و عملکرد بهتری نسبت به مقطع مستطیل کامل خواهد داشت. در نقاطی از دال سقف که نیروی برشی از حد قابل تحمل سقف بیشتر است، دال بدون گوی و به صورت توپر ساخته می‌شود (شکل ۲-۲۴). همچنین در صورت تعبیه تیر مابین ستونها در طرح سازه‌ای سقف ، از گوی مجوف در محدوده تیرها استفاده نمی‌شود (شکل ۲-۲۵). در گروه دیگری از این سقف‌ها شبکه پائین و بالا و گوی‌ها در کارخانه به یکدیگر متصل می‌شوند و به صورت پیش‌ساخته به کارگاه حمل می‌شوند.

شکل ۲-۲۴ اجرای سقف توپر در اطراف ستون برای جلوگیری از برش پانچ

شکل ۲-۲۵ حذف گوی‌ها در نزدیکی ستون‌ها و در راستای تیرها

۲-۱۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

در برخی از پروژه‌های بزرگ، لزوم درنظرگرفتن فواصل زیاد ستون‌ها و امکان تعبیه دهانه بزرگ برای تأمین پارکینگ در ساختمان وجود دارد، می‌توان این سقف را به دلیل بار مرده کمتر به عنوان یک گزینه برای اجرا در چنین پروژه‌هائی معرفی کرد. حداکثر دهانه مجاز این سیستم بدون تیر با رعایت کلیه ضوابط ذکر شده در ادامه، ۱۲ متر می‌باشد.

اجرای این سیستم فقط با قاب‌های بتن مسلح مجاز می‌باشد و اجرای آن با ستون فولادی ممنوع است.

۲-۱۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

این سیستم سقف دارای گوی‌ها و قفسه‌های فولادی است که در کارخانه ساخته و مونتاژ می‌شوند. از نظر سازه‌ای لازم است که این قطعات با رعایت رواداری های مربوط به خود ساخته شوند و مقاومت کافی در برابر بارهای ضمن اجرا مانند تردد کارگران و وسائل ساختمانی سبک داشته باشند.

بخش دیگر مربوط به ساخت سقف در کارگاه است که باید از نظر رواداری‌های نصب قالب ، استقرار میلگردها و گوی ها و بتن‌ریزی و تراکم بتن با مندرجات مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان مطابقت داشته باشند. تاکید می‌شود که قالب‌بندی و استقرار گوی‌ها باید به نحوی انجام شود که در پیرامون هر گوی حداقل به ضخامت ۵ سانتیمتر بتن موجود باشد.

۲-۱۱-۴ مبانی طراحی و اجرا

مبحث ششم مقررات ملی ساختمان برای تعیین بارهای وارد بر سقف و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان برای طراحی و اجرای سازه بتن مسلح باید در طرح و اجرای این سقف رعایت گردد.

در طراحی و اجرای سقف‌های حاصل از این روش، رعایت کلیه الزامات مربوط به طرح لرزه‌ای، مطابق با ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و ویرایش‌های بعد از آن، الزامی است. در صورتی‌که این سقف بدون تیر و به عنوان دال تخت مورد استفاده قرار گیرد، استفاده از دیوار برشی در طرح لرزه‌ای ساختمان الزامی است.

در محاسبه مقاومت خمشی و خیز قائم دال مجوف باید مشخصات مقطع دارای حفره مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به حذف بتن توسط گوی‌های مجوف این سیستم سقف در برابر برش و مخصوصا برش پانچ حساس است و لازم است کنترل‌های لازم بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در این مورد به عمل آید. در این زمینه لازم است مقاومت برشی بتن نصف مقادیر آئین‌نامه‌ای در نظر گرفته شود. همچنین در صورت تجاوز نیاز برش از ظرفیت برش بتن خالص در هر مقطعی از دال باید گوی‌ها در آن مقطع حذف شده و مقطع کاملاً با بتن پر شود.

در این سیستم سقف باید توجه خاصی به تعبیه عناصر انتقال‌دهنده نیروی افقی داخل صفحه دیافراگم یعنی اجزاء لبه‌ای و اجزاء جمع‌کننده صورت گیرد. بر اساس محاسبات در نقاط مورد نیاز برای تشکیل این اجزاء در سقف گوی‌های مجوف حذف می‌شوند و تیرهای طولی مدفون با میلگردهای طولی و عرضی تعبیه می‌شوند.

صدابندی هوابرد و کوبه‌ای سقف بین طبقات در کاربری‌های مختلف باید مطابق با الزامات مطرح شده در بند ۱۸-۲ مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین گردد.

لازم است طراحی و اجرای بام نهایی و کف در تماس با فضای کنترل‌نشده، که با این سیستم ساخته شده‌اند، با رعایت اصول تعیین‌شده در خصوص پوسته خارجی، در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، صورت گیرد.

قالب مورد استفاده در این سیستم سقف باید از نوع خودخاموش‌شو (کندسوز) باشد. در کارخانه و کارگاه ساختمانی، این قالب‌ها باید به دور از هر گونه مواد قابل اشتعال نگهداری شوند و محل نگهداری و انبار

آن‌ها باید به گونه‌ای باشد که از سرایت هر گونه شعله یا آتش احتمالی یا عوامل احتراق به آن‌ها جلوگیری شده و به طور کلی اصول ایمنی در برابر حریق رعایت شود.

به طور کلی در خصوص این سیستم سقف، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای این نوع سقف با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ضخامت کافی برای سقف و پوشش بتنی میلگردها، قابل تامین خواهد بود.

۲-۱۱-۵ الزامات طراحی

- مجموع بار مرده غیر سازه‌ای روی این سقف ها شامل پارتیشن، کف سازی و نازک کاری محدود به ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع بوده ضمن آنکه کاربرد این سقف ها تنها جهت پارکینگ هایی که محل عبور اتومبیل سواری با حداکثر وزن ۴ تن با بار متمرکز ۲ تن می‌باشد مجاز است.

- ضخامت دال بتنی برای چشمه‌های درونی و بیرونی نباید از $Ln/30$ کمتر باشد. (Ln طول دهانه آزاد بزرگتر در دال دو طرفه می‌باشد.)

- مقاومت فشاری بتن مورد استفاده در دال سقف حداقل باید ۳۰ مگاپاسکال باشد. ضخامت بتن در اطراف گوی‌ها شامل بالا، پایین و مابین دو گوی متوالی بر اساس برش پانچ و برش یکطرفه تعیین می‌گردد و در هر حال نباید کم تر از ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

- در طراحی از ظرفیت برشی فولاد مورد استفاده در قفسه گوی‌ها صرفنظر شود، با این حال میزان فولاد با امتداد قائم در این قفسه بایستی مطابق بند ۹-۱۱-۵-۲-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با منظور نمودن عرض موثر در هر امتداد و با توجه به هندسه گوی ها تامین شود.

- در طراحی برای برش در هر جهت دال، مقاومت برشی نهایی بتن (Vc) باید حداکثر ۴۵ ٪ مقدار محاسبه شده طبق رابطه ۹-۸-۱۲ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و با فرض مقطع تمام پر بتنی محاسبه شود. در تمام نقاط دال که نیروی برشی نهایی (Vu) بیش از مقاومت برشی نهایی تامین شده توسط بتن (Vc) باشد، دال باید به صورت توپر و بدون گوی اجرا شود.

- در طراحی و کنترل برش در حالت حدی نهایی برای عملکرد دو طرفه در حوالی بارهای متمرکز و تکیه‌گاه‌ها، مقاومت برشی نهایی بتن نباید حداکثر از ۵۰ درصد مقداری که از بند ۹-۸-۵-۳-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان حاصل می‌شود بیشتر منظور شود.

- اجرای این سیستم سقف در سازه‌های دارای ستون‌های فولادی ممنوع می‌باشد

- طراحی دال برای خمش در هر جهت بنا بر جزئیات اجرایی و با منظور نمودن حفره‌ها، در ضعیف‌ترین مقطع دال انجام گیرد.

- ضرایب کاهش سختی و مقاومت مندرج در مشخصات فنی این نوع سقف باید در محاسبه سختی ، مقاومت خمشی و برشی دال براساس *AIC318* محاسبه شود. حداکثر این مقدار برابر با ۰/۲۵ می‌باشد.

- ایجاد هر گونه بازشو در این نوع دال تابع ضوابط بند ۹-۱۰-۶-۷ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران می‌باشد.

- در محل تقاطع دیوارهای برشی و دال مجوف کوبیاکس، انتقال برش ناشی از زلزله از دال به دیوار باید در ضعیف‌ترین سطح مقطع دیوار کنترل شده و در صورت نیاز از فولادگذاری برای تسهیل انتقال برش درون صفحه دیافراگم به دیوار بهره برده شود. در سقف‌های بدون تیر به منظور تضمین عملکرد دیافراگم سقف، کنترل‌های لازم در خصوص عضو جمع کننده و عضو مرزی در دیافراگم صورت گیرد. به منظور تضمین عملکرد دیافراگم ضروری است گوی‌ها در امتداد محور دیوارهای برشی و یا در لبهٔ طولی دیافراگم‌ها در عرضی که طبق محاسبات تعیین می‌شود، حذف شده و آرماتورگذاری لازم در مقطع توپر انجام شود.

- پیش‌بینی اعضای لبه (*chords*) و اعضای جمع‌کننده (*collectors*) در دیافراگم سقف الزامی است. طرح لرزه‌ای دیافراگم وکنترل کفایت اعضای لبه و اعضای جمع‌کننده باید مطابق ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و *ASCE 716* صورت گیرد. کلیه اعضاء در مسیر انتقال نیروهای دیافراگم (در حین اعمال بارهای زلزله) به سیستم باربر جانبی باید برای بارهای تشدید یافته Ω_0 طراحی شود و دارای مقاومت کافی باشند.

- پیش‌بینی المآن‌های مرزی در اطراف بازشوها و لبه دال حسب مورد مطابق ضوابط طراحی آئین‌نامه‌ها و مقررات موجود انجام گیرد.

- برای جلوگیری از برش پانچ دال تخت لازم است روی ستون‌ها از کلاهک برشی یا فولاد گذاری طولی و عرضی صلیبی مطابق با جزئیات بند *8-7-6* آیین نامه *ACI 318-19* استفاده شود.

- اثر بار قائم ناشی از زلزله باید مطابق بند ۳-۳-۹ ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ در تحلیل سقف مورد بحث در تمامی پهنه‌های لرزه‌خیزی در نظر گرفته شود.

- استفاده از این نوع سیستم سقف (دال تخت) به همراه ستون‌های بتن آرمه در صورتی مجاز است که مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط دیوارهای برشی بتن مسلح تامین شود. در این حالت مطابق جدول ۳-۴ استاندارد ۲۸۰۰ لازم است سیستم سازه‌ای، سیستم قاب ساختمانی در نظر گرفته شود که در آن مقاومت در برابر نیروهای جانبی صرفا از طریق دیوارهای برشی تامین می‌شود. در این حالت ضروری است مقادیر ضریب رفتار، حداکثر ارتفاع مجاز، ضریب بزرگنمایی تغییرمکان جانبی و ضریب اضافه مقاومت سازه بر این اساس تعیین گردد.

- طراحی دیوار برشی و نیز کنترل تغییرمکان جانبی طبقات باید با فرض عدم مشارکت خمشی دال مجوف در تحمل نیروهای زلزله انجام شود.

- طراحی دیافراگم سقف و اعضای جمع‌کننده و اتصالات باید برای بارهای تشدید یافته زلزله (بارهای زلزله ضرب شده در ضریب Ω_0) انجام شود.

- باید المآن‌های جمع‌کننده در راستای دیوارهای برشی و برای انتقال بار به دیوار به صورت تیر نمایان یا مدفون با خاومت بسته اجرا شوند.کلیه ستون‌ها باید برای اثرات ناشی از تغییرشکل‌های جانبی که در اثر اعمال بارهای لرزه‌ای به سازه وارد می‌شود کنترل گردند.

- بتن‌ریزی کل مقطع سقف شامل تیرچه‌ها و بخش پایین و بالای قالب‌ها باید از آغاز تا پایان به صورت پیوسته انجام شود و از بوجود آمدن درز سرد بین لایه‌ها شود.

۲-۱۱-۶ الزامات کفایت عملکرد

۲-۱۱-۶-۱ سازه

الف- مقاومت سقف

برای تامین مقاومت سقف سازه‌ای مجوف کوبیاکس، رعایت مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و ضروری است.

ب- تغییر شکل

محاسبات تغییرشکل دال بر پایه بند ۹-۱۹-۲-۳ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و با محاسبه دقیق ممان اینرسی موثر دال سوراخ‌دار انجام گیرد. اضافه افتادگی دراز مدت بر پایه بند ۹-۱۹-۲-۵ محاسبه شود و مقدار ضریب افزایش تغییر مکان $\lambda\Delta$ حداقل برابر ۲ در نظر گرفته شود. در این محاسبات لازم‌است خیز آنی ناشی از بار مرده شامل سازه، کف‌سازی و تیغه‌بندی به همراه ۵۰٪ بار زنده لحاظ شوند. در هر حال ضروری است محدودیت تغییر شکل‌ها مطابق مفاد جدول ۹-۱۹-۳ مبحث نهم رعایت شود.

ج- آتش

۱- در سیستم سقف کوبیاکس، گوی‌های مجوف پیش از استفاده در سقف و اتمام بتن‌ریزی، احتمال آتش گرفتن دارند. لذا در کارخانه و کارگاه ساختمانی، گوی‌های پلاستیکی پر کننده باید به دور از هر گونه مواد قابل اشتعال نگهداری شوند و محل نگهداری و انبار آن‌ها باید به گونه‌ای باشد که از سرایت هر گونه شعله یا آتش احتمالی یا عوامل احتراق‌زا به آن‌ها جلوگیری شده و به طور کلی اصول ایمنی در برابر حریق رعایت شود.

۲- به طور کلی در خصوص سیستم سقف کوبیاکس، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق" مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای این نوع سقف با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ضخامت کافی برای سقف و پوشش بتنی میلگردها، قابل تامین خواهد بود. این گونه ضوابط برای مثال در پیوست ۹-پ۲ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران درج شده است. تطابق شرایط و مشخصات مصالح و نحوه اجرا با مدرک فنی " General Test Certificate of Building Inspectorate-MFPA Leipzing Gmbh, P-SAC 02/III-187" نیز ضروری است.

۳- گوی‌های پلاستیکی پر کننده در سیستم سقف کوبیاکس باید از نوع خودخاموش‌شو (کندسوز) باشند.

۲-۱۱-۷ الزامات اجرا و نصب

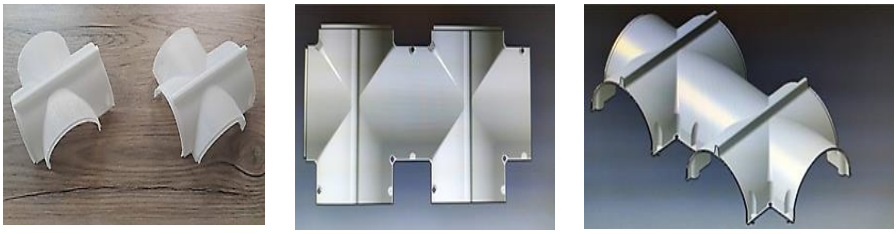
- استفاده از روش پیش‌دال تنها در حالتی که قفسه و گوی‌ها در پیش‌دال درگیر بوده و فولادهای کششی در پیش‌دال پیش‌بینی شده باشد مجاز است.
- لازم‌است، گوی‌ها در دو امتداد مستقیم عمود بر هم قرار گیرند و حداکثر قطر سنگدانه مصرفی در بتن با توجه به فواصل گوی‌ها مطابق آئین‌نامه‌های مربوطه تعیین و رعایت شود.
- پایه‌های اطمینان و شمع‌بندی مورد استفاده در اجرای این نوع سقف باید قابلیت اعمال خیز منفی کافی قبل از بتن‌ریزی را داشته باشند. خیز منفی باید برابر تغییر شکل درازمدت دال تحت اثر بارهای مرده در نظر گرفته شود.
- الزامات مربوط به انرژی باید مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "صرفه جویی در مصرف انرژی" رعایت شود.
- در خصوص عایق‌بندی بام، عایق پلی‌استایرن منبسط شده (پلاستوفوم) مورد استفاده، لازم است تا از نوع کندسوز مطابق با استانداردهای معتبر باشد. این عایق پلی‌استایرن باید به وسیله حداقل ۱/۵ سانتی‌متر اندود یا تخته گچی محافظت شود. اتصال مکانیکی اندود یا تخته به سازه بام ضروری می‌باشد.
- صدابندی سقف بین طبقات باید مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "عایق‌بندی و تنظیم صدا" تامین شود.
- کلیه مصالح و اجزا در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام و مسائل زیست محیطی باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران یا آئین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی بکار گرفته شوند.
- در شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران، رعایت تمهیدات لازم از نظر دوام و پایایی اعضای بتنی ضروری است.
- لازم است تمهیدات لازم در مراحل ساخت، حمل، ریختن و تراکم بتن در سقف کوبیاکس به عمل آید، به نحوی که تمامی فضاهای اطراف گوی‌ها و به ویژه زیر آن‌ها به طور کامل با بتن پر شود.

۲-۱۲ سقف‌های بتن‌مسلح دو طرفه با استفاده از قالب‌های ماندگار

۲-۱۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

این تکنولوژی در دسته دال‌های بتنی توخالی قرار دارد که توسط قالب‌های ماندگار در داخل بتن که در زیر و روی آن‌ها شبکه میلگرد قرار دارد، تشکیل می‌شود، با قرار گرفتن این قالب‌ها در میانه دال، حفره‌های سرتاسری متعامد در میانه دال تشکیل خواهد شد.

ارتفاع حفره‌های ایجاد شده با توجه به سختی مورد نیاز در طراحی سازه برای کنترل تغییر شکل‌های کوتاه و دراز مدت، متغیر خواهد بود. طراحی قالب‌های ماندگار در بتن به گونه ای می‌باشد که هر قطعه به صورت جدا و از جنس پلاستیک ساخته شده و پس از حمل به کارگاه در روی قالب‌بندی کف ایجاد شده مونتاژ و حفره‌های سرتاسری متعامد را ایجاد می‌نمایند. بر روی قالب‌های ماندگار برآمدگی سرتاسری تعبیه شده است تا از چسبیدن شبکه میلگرد بالایی و پایینی به قالب‌های ماندگار جلوگیری گردد. همچنین برای جلوگیری از ورود بتن در انتهای حفره‌ها، درپوش‌های مخصوصی طراحی شده که باعث بسته شدن انتهای حفره‌ها می‌گردد. قالب مورد نظر در شکل۲-۲۶ نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۶ قالب های ماندگار

۲-۱۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

سیستم سقف پیشنهادی که با استفاده از قالب‌های ماندگار ایجاد می‌شود در دسته دال‌های بتن‌مسلح دو طرفه توخالی قرار می‌گیرد. این سقف در کلیه پهنه‌های لرزه‌ای در ساختمان‌های بتن‌آرمه قابل کاربرد می‌باشد. حداکثر دهانه مجاز برای این نوع سقف، با رعایت کلیه ضوابط ذکر شده در ادامه، ۱۲ متر می‌باشد.

۲-۱۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

- بتن مورد استفاده در سقف باید از حداقل رده $C25$ مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

- آرماتورهای مورد استفاده در دال باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۱۳۲ و از نوع آجدار باشد.

- قالب باید مقاومت لازم برای تحمل بارهای حین اجرا را دارا باشد و نباید تحت اثر بارهای اعمال شده دچار تغییر شکل ماندگار یا شکست شود. به این منظور قالب باید ظرفیت تحمل بار به میزان ۱۵۰ کیلوگرم که از طریق سطح مربع شکل به ابعاد ۸ سانتیمتر به آن اعمال می‌شود را دارا بوده و دچار شکست یا تغییرشکل دائمی نشود.

- بارگذاری ثقلی و لرزه‌ای به ترتیب باید بر اساس آخرین ویرایش مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "بارهای وارد بر ساختمان" واستاندارد ۲۸۰۰ ایران باشد.

- ضوابط و محدودیت‌های لرزه‌ای طرح سازه بتن آرمه باید مطابق استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه" باشد. در طراحی و اجرای اسکلت ساختمان‌های بتن آرمه شامل این نوع سقف ، ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران باید رعایت شود.

۲-۱۲-۴ مبانی طراحی و اجرا

- عملکرد این نوع از دال در خمش مطابق با دال توپر هم ضخامت آن بوده ولی در محاسبه وزن این دال باید به مدارک فنی شرکت دارنده تکنولوژی استناد نمود.

- در طراحی برای برش در هر جهت دال، مقاومت برشی نهایی بتن (Vc) باید حداکثر ۴۵ ٪ مقدار محاسبه شده طبق رابطه ۹-۱۵-۴ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران و با فرض مقطع تمام پر بتنی محاسبه شود. در تمام نقاط دال که نیروی برشی نهایی (Vu) بیش از مقاومت برش نهایی تامین شده توسط بتن (Vc) باشد، دال باید به صورت توپر و بدون قالب ماندگار اجرا گردد. همچنین برای اتصال دو مش بالا و پایین و انتقال بهتر برش باید در ستونک های قایم بتنی ایجاد شده بین قالب های ماندگار از سنجاقی یا رکابی که به شبکه بالا و پایین میلگرد مهار شده است، استفاده شود.

- استفاده از این نوع سقف بتنی در ساختمان‌های با اسکلت بتن‌مسلح مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ ایران مجاز است. لازم است ضوابط و محدودیت‌های لرزه‌ای مربوط به این ساختمان‌ها مطابق استاندارد یادشده و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه"

رعایت شود و در طراحی، ساخت و اجرای اسکلت این ساختمان‌ها، ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران رعایت شود.

- مطابق بند ۳-۳-۵-۵ استاندارد ۲۸۰۰ ایران، استفاده از این نوع دال به صورت دال تخت و ستون به عنوان سیستم قاب خمشی منحصرا در ساختمان های ۳ طبقه و یا کوتاهتر از ۱۰ متـر مجـاز بـوده و در صورت تجاوز از این حد، تنها در صورتی استفاده از دال تخت و ستون مجاز است که مقابله با نیروهای جانبی زلزله توسط دیوار برشی و یا قاب مهاربندی شده دارای تیرهای با ارتفاع بیشـتر از ضـخامت دال تامین گردد.

- در محل تقاطع دیوارهای برشی و دال، انتقال برش از دال به دیوار باید در ضعیف ترین سطح مقطع سقف کنترل شده و در صورت نیاز از فولادگذاری برای تسهیل انتقال برش درون صفحه دیافراگم به دیوار بهره برده شود.

- استفاده از سیستم در ساختمان‌های دارای ستون‌های فولادی ممنوع است.

- المآن‌های جمع‌کننده باید به صورت تیر نمایان یا مدفون و با خاموت بسته در راستای دیوارهای برشی اجرا شوند.

- ستون‌ها باید تحمل جابجایی‌های ناشی از اعمال بارهای جانبی و ثقلی به کل سازه را دارا باشند و برای نیروهای ناشی از آن طراحی شوند.

- تامین ضوابط دیافراگم صلب در این سیستم سقف با توجه به استاندارد ۲۸۰۰ ایران الزامی است.

- برای جلوگیری از برش پانچ دال تخت لازم است در فاصله ۲ برابر بعد ستون از هر طرف ستون بـه صورت توپر اجرا شود و کنترل شود که در دال توپر ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایـران در این زمینه رعایت گردد.

- طراحی دیوارهای برشی و نیز کنترل تغییر مکان جانبی طبقات باید با فرض عدم مشـارکت خمشـی دال مجوف در تحمل نیروهای زلزله انجام شود.

- اتصال این سیستم سقف به اسکلت سازه‌ای ساختمان باید به گونه‌ای باشد که بارهای ثقلی و جانبی وارده به راحتی توسط سیستم سقف تحمل شده و به اسکلت سازه ساختمان منتقل شود.

- پیش بینی اعضای لبـه *(Chords)* و اعضـای جمـع‌کننـده *(Collectors)* در دیـافراگم سـقف الزامی است. طرح لرزه‌ای دیافراگم و کنترل کفایت اعضای لبـه و اعضـای جمـع کننـده بایـد مطـابق

استاندارد ۲۸۰۰ و آئین‌نامه *ASCE 7-16* صورت گیرد. کلیه اعضا در مسیر انتقال نیروهای دیافراگم (در حین اعمال بارهای زلزله) به سیستم باربر جانبی باید دارای مقاومت کافی باشند و برای بار تشدید یافته ناشی از زلزله Ω_0 طراحی شوند.

- رعایت تمهیدات لازم از نظر دوام و پایایی در شرایط مختلف اقلیمی و محیط های خورنده ایران، الزامی است.

- ضریب ترک‌خوردگی این نوع سقف باید براساس آئین‌نامه *ACI318* محاسبه شود، در هر صورت این ضریب نباید از ۰/۲۵ بزرگتر در نظر گرفته شود.

- در نظر گرفتن جزئیات دقیق مسیر و محل نصب کلیه اقلام تاسیسات مکانیکی و برقی در مرحله طراحی و اجرای سقف ضروری است.

- مجری باید تمهیدات لازم در زمان بتن ریزی به منظور پرشدن زیر قالب های ماندگار و تامین کیفیت مناسب بتن را به عمل آورد.

- شبکه آرماتور بالایی و زیرین باید با تمهیدات مناسب به گونه ای استقرار یابد که پوشش بتنی مابین آرماتور و سطح قالب ماندگار حداقل چهار سوم بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه بتن باشد.

- پایه های اطمینان و شمع بندی مورد استفاده در اجرای این نوع سقف باید قابلیت اعمال خیز منفی کافی قبل از بتن‌ریزی را داشته باشد.

- منظور نمودن بارهای حین اجرا در استفاده از این نوع قالب ضروری است. لازم است قالب های ماندگار در دو امتداد مستقیم عمود بر هم قرار گیرند و تمهیدات لازم برای جلوگیری از هر گونه حرکت قالب حین بتن‌ریزی در نظر گرفته شود.

- بتن‌ریزی کل مقطع سقف شامل فضای زیر، بین و بالای قالب‌ها باید از آغاز تا پایان به صورت عملیاتی پیوسته انجام شده و از بوجود آمدن اتصال سرد بین لایه‌ها جلوگیری شود. بدین منظور باید با اتخاذ تدابیر مناسب، از تغییر مکان شبکه آرماتورها به واسطه نیروی شناوری قالب های ماندگار ممانعت به عمل آید.

- رعایت محدودیت ابعاد بازشوهای سقف و همچنین تمهیدات لازم در اطراف بازشوها باید براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان لحاظ شود. پیش‌بینی المآن‌های مرزی در اطراف بازشوها و لبه دال حسب مورد انجام گیرد.

- کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام، بهداشتی و زیست محیطی باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران یا آیین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تایید بکار گرفته شوند.

- الزامات مربوط به انرژی باید مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان "صرفه‌جویی در مصرف انرژی" رعایت شود.

- صدابندی هوابرد و کوبه‌ای سقف بین طبقات باید مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان با عنوان "عایق‌بندی و تنظیم صدا" تامین شود.

۲-۱۳ سقف‌های بتنی پیش‌تنیده پس‌کشیده

۲-۱۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

پیش‌تنیده نمودن مقاطع از دیرباز در پل‌ها و اسکله‌ها کاربرد داشته و در سال‌های اخیر استفاده از آن در سقف‌های دال تخت، با دهانه‌های بلند و خصوصاً در سقف پارکینگ‌های طبقاتی و عموماً اعضایی که تحت اثرخمش می‌باشند، توسعه یافته است. در سقف‌های بتنی پیش‌تنیده، با بوجود آوردن نیروی اضافی فشاری در بتن، قسمتی از تنش‌های کششی بتن خنثی شده و در نتیجه سطح مقطع فشاری بتن خنثی شده و سطح مقطع فشاری بتن افزایش می‌یابد.

۲-۱۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

سقف‌های بتنی پیش تنیده در سازه‌های بتن‌آرمه مورد استفاده قرار می‌گیرند سازه‌های بتنی پیش‌تنیده به طور معمول برای دهانه‌های بزرگ (معمولاً از ۷ تا ۱۵ متر برای سقف‌ها و دهانه‌هایی تا ۴۰ متر برای پل‌ها) و بارهای سنگین اقتصادی‌تر از سازه‌های بتن‌مسلح معمولی می‌باشد. همچنین در مواردی که از لحاظ معماری و فضای لازم سازه‌ای، محدودیت وجود دارد استفاده از بتن پیش‌تنیده یکی از راه حل‌های مناسب می‌باشد. استفاده از این سیستم در ساختمان‌های بتن‌آرمه مجاز می‌باشد و استفاده از آن به همراه ستون‌های فولادی ممنوع می‌باشد.

شکل ۲-۲۷ قراردادن غلاف‌ها بر روی سقف قبل از بتن ریزی

شکل ۲-۲۸ محل مهار انتهایی کابل‌ها قبل از کشش

۲-۱۳-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

پیش‌تنیدگی به دو روش عمده پیش‌کشیدن (Pre Tension) و پس‌کشیدن (Post Tension) انجام می‌شود. در سقف‌های بتنی پیش‌تنیده پس‌کشیده، نیروی پیش‌تنیدگی در بتن، توسط کشش کابل‌ها بعد از ریختن بتن و رسیدن بتن به مقاومت لازم، ایجاد می‌شود. این روش به صورت کارگاهی یا کارخآن‌های قابل انجام است و با مخفف (PT) شناخته می‌شود. در اجرای سقف‌های PT، ابتدا غلاف‌های فلزی جایگذاری می‌شوند. سپس کابل‌ها درون غلاف‌ها قرارگرفته و پس از بتن‌ریزی و رسیدن بتن به مقاومت لازم، (میزانی ذکرشده در مدارک محاسباتی طرح) کشیده می‌شوند. در مرحله

بعد به منظور محافظت کابل‌ها دربرابر خوردگی و زنگ زدگی، گروت یا دوغاب سیمانی مخصوص و یا مواد پلیمری مانند انواع مناسب قیر یا گریس به درون غلاف‌ها تزریق می‌شود.

در این سقف‌ها، به دلیل افزایش سطح مقطع مؤثر فشاری بتن، ضخامت دال کاهش یافته و علاوه بر کاهش وزن امکان اجرای دهانه‌های بلند فراهم می‌شود. از سوی دیگر با پیش‌تنیده نمودن مقطع و کاهش و یا حذف عمق ناحیه کششی بتن، ترک خوردگی و توسعه آن در مقطع بتنی، کاهش و یا حذف شده و در نتیجه دوام مجموعه و مقاومت آن در محیط‌های خورنده افزایش می‌یابد. در این سیستم به دلیل کاهش ضخامت سقف، علاوه بر کنترل تنش‌های خمشی و برشی و تغییرشکل‌ها، کنترل برش پانچ در محل اتصال دال برستون نیز حائز اهمیت می‌باشد. در این سقف‌ها به منظور دست یافتن به یک طرح بهینه از لحاظ مقدار مصالح، وزن و هزینه، از بتن و فولادهای با مقاومت بالا استفاده می‌شود.

در زمان اجرا، کنترل کیفیت مواردی نظیر، محل و نحوه جایگذاری کابل‌ها، میزان نیروی پس‌کشیدگی درکابل‌ها، سن و مقاومت بتن در زمان پس‌کشیدگی، کفایت تزریق گروت در غلاف‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

از نکات حائز اهمیت در اعضای پیش‌تنیده پس‌کشیده، مسئله افت و وادادگی کابل‌ها به دلایلی نظیر، کاهش اصطکاک بین کابل و غلاف، لغزش مهار انتهایی و فرو رفتن گوه گیرداری در ابتدا و انتهای کابل، کهولت کرنش (Relaxation) و شل شدگی فولاد، جمع شدگی بتن یا خزش و انقباض یا آب رفتگی بتن به مرور زمان می‌باشد که لازم است به دقت محاسبه شده و مورد توجه قرار گیرد.

از دیگر مواردی که در اعضای پیش‌تنیده باید به آن توجه نمود دقت عملی است که باید درهنگام تخریب به عمل آید. تخریب این سیستم سقف به دلیل وجود میلگردهای پیش‌تنیده بسیار پر خطر بوده و باید با روش‌های خاص توسط تیم فنی آموزش دیده، صورت گیرد.

۲-۱۳-۴ مبانی طراحی و اجرا

در سقف‌های پیش‌تنیده پس‌کشیده حداقل رده بتن باید C30 باشد.

نظر به این‌که سیستم سقف بتنی پیش‌تنیده پس‌کشیده عمدتاً به صورت دال تخت کاربرد دارد، لذا بر اساس توصیه بند ۲-۳-۸-۵ آیین‌نامه۲۸۰۰ ایران، در زمان استفاده از سیستم دال‌های تخت و ستون،

ارتفاع ساختمان به ۱۰ متر یا حداکثر ۳ طبقه محدود می‌شود. در غیر این صورت استفاده از دیوارهای برشی بتن آرمه الزامی خواهد بود.

براساس ارزیابی‌های بعمل‌آمده در مرکز تحقیقات، استفاده از این سیستم با رعایت بندهای فوق در کلیه پهنه‌های لرزه‌خیزی ایران بلامانع بنظر می‌رسد.

ضوابط طراحی و اجرای سیستم سقف بتنی پیش‌تنیده پس‌کشیده باید براساس آیین‌نامه ACI 318 و آیین‌نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش‌تنیده موضوع نشریه شماره ۲۵۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور که بخش الحاقی آیین‌نامه بتن ایران (آبا) می‌باشد، انجام شود.

رعایت حداقل رده بتن مصرفی معادل C30 دراین سیستم الزامی است.

مقاومت گسیختگی تضمین شده، انواع فولادهای پیش تنیدگی به شرح زیر باید بین ۱۲۰۰ تا ۲۲۰۰ نیوتن بر میلی‌مترمربع باشد:

- سیم بدون پوشش تنش زدایی شده؛
- رشته هفت سیم بدون پوشش تنش زدایی شده یا رشته‌هایی ازآن؛
- میله فولادی پر مقاومت بدون پوشش؛

محافظت فولادهای پیش‌تنیدگی در برابر زنگ زدگی بسیارحائز اهمیت بوده و باید کابل‌ها توسط دوغاب سیمان که بعد از کشیدن کابل‌ها به داخل غلاف‌ها تزریق می‌شود و یا مواد قیری یا گریس که روی آن می‌مالند تا از زنگ زدگی محافظت شوند.

برای رسیدن به یک طرح بهینه ازلحاظ مقدار مصالح، وزن و هزینه باید طراحی و اجرای دال به گونه‌ای انجام شود که پیش تنیدگی کامل حاصل گردد و بتوان از کل مقطع درفشار بهره جست.

کنترل نیروی کشش کابل‌ها باید توسط جک‌های کالیبره شده دقیق انجام شود.

اجرای این سیستم باید توسط تیم متخصص آموزش دیده انجام شود و در زمان اجرا نیازمند کنترل کیفیت دقیق می‌باشد.

توجه به مسئله افت دراعضای پیش‌تنیده پس‌کشیده بسیار حائز اهمیت بوده و محاسبه و پیش‌بینی مقدار افت ناشی از موارد زیر باید دقیقاً مورد توجه قرارگیرد:

– افت نیروی پس کشیدگی به جهت اصطکاک بین کابل و غلاف؛

– افت به دلیل لغزش مهارانتهایی و فرو رفتن گوه گیرداری در ابتدا و انتهای کابل؛

– افت به جهت شل شدگی فولاد ـ کهولت کرنش (Relaxation)؛

جمع شدگی بتن یا خزش (Creep)؛

– انقباض یا آب رفتگی بتن که به علت خروج آب از بتن به مرور زمان می‌باشد (Shrinkage)؛

– افت ناشی از تغییرشکل نسبی الاستیک بتن.

استفاده از سیستم سقف دال‌های تخت پیش تنیده پس کشیده، در دهانه‌های بلندتر از ۷ متر توجیه اقتصادی دارد.

در استفاده از دال‌های تخت پیش‌تنیده پس‌کشیده به لحاظ بزرگ بودن دهانه‌ها و وجود نیروهای ثقلی قابل ملاحظه، در نظر گرفتن تمهیدات لازم به منظور کنترل برش سوراخ کننده (Punch) بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

به طور کلی در خصوص این سیستم سقف، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که این ضوابط برای این نوع سقف با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب از جمله تامین ضخامت کافی برای سقف و پوشش بتنی میلگردها و یا کابل‌ها، قابل تامین خواهد بود.

۲-۱۳-۵ الزامات کلی سیستم

۱- نظر به اینکه سیستم سقف بتنی پیش تنیده پس کشیده عمدتاً بصورت دال تخت کاربرد دارد، لذا براساس توصیه بند ۲-۳-۸-۵ آئین‌نامه ۲۸۰۰ ایران، در زمان استفاده از سیستم دال‌های تخت و ستون، ارتفاع ساختمان به ۱۰ متر یا حداکثر ۳ طبقه محدود می‌شود. در غیر اینصورت استفاده از دیوارهای برشی بتن‌آرمه الزامی خواهد بود.

۲- استفاده از این سیستم با توجه به بند ۱ فوق در کلیه پهنه‌های لرزه‌خیزی ایران بلامانع است.

۳- ضوابط طراحی و اجرای سیستم سقف بتنی پیش‌تنیده پس کشیده باید براساس آئین‌نامه ACI 318 و آئین‌نامه طرح و محاسبهٔ قطعات بتن پیش تنیده موضوع نشریه شماره ۲۵۰ سازمان برنامه و بودجه که بخش الحاقی آیین‌نامه بتن ایران (آبا) می‌باشد، انجام شود.

۴- رعایت حداقل ردهٔ بتن مصرفی معادل C30 در این سیستم الزامی‌است.

۵- مقاومت گسیختگی تضمین شده، انواع فولاد های پیش تنیدگی به شرح زیر باید بین ۱۲۰۰ تا ۲۲۰۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع باشد:

- سیم بدون پوشش تنش‌زدایی شده

- رشته هفت سیم بدون پوشش تنش‌زدایی شده یا رشته‌هایی از آن

- میله فولادی پر مقاومت بدون پوشش

۶- محافظت فولادهای پیش‌تنیدگی در برابر زنگ زدگی بسیار حائز اهمیت بوده و باید کابل‌ها توسط دوغاب سیمان که بعد از کشیدن کابل ها به داخل غلاف ها تزریق می‌شود و یا مواد قیری یا گریس که روی آن می‌مالند از زنگ‌زدگی محافظت شوند.

۷- برای رسیدن به یک طرح بهینه از لحاظ مقدار مصالح، وزن و هزینه، باید طراحی و اجرای دال به گونه‌ای انجام شود که پیش‌تنیدگی کامل حاصل گردد و بتوان از کل مقطع در فشار بهره جست.

۸- کنترل نیروی کشش کابل‌ها باید توسط جک‌های کالیبره شده دقیق انجام شود.

۹- اجرای این سیستم باید توسط تیم متخصص آموزش دیده انجام شود و در زمان اجرا نیازمند کنترل کیفیت دقیق می‌باشد.

۱۰-تخریب این سیستم سقف به دلیل وجود میلگردهای پیش تنیده بسیار پر خطر بوده و باید با روش‌های خاص توسط تیم فنی آموزش دیده، صورت گیرد.

۱۱-توجه به مسئله افت در اعضای پیش تنیده پس کشیده بسیار حائز اهمیت بوده و محاسبه و پیش‌بینی مقدار افت ناشی از موارد زیر باید دقیقاً مورد توجه قرار گیرد:

- افت نیروی پس کشیدگی به جهت اصطکاک بین کابل و غلاف
- افت به دلیل لغزش مهار انتهایی و فرو رفتن گوه‌گیرداری در ابتدا و انتهای کابل
- افت به جهت شل‌شدگی فولاد – کهولت کرنش (Relaxation)

- جمع‌شدگی بتن یا خزش (Creep)
- انقباض یا آب رفتگی بتن که به علت خروج آب از بتن به مرور زمان می‌باشد (Shrinkage)
- افت ناشی از تغییر شکل نسبی الاستیک بتن

۱۲- تامین شرایط سقف صلب براساس استاندارد ۲۸۰۰ در این سیسنم الزامی می‌باشد.

۱۳-در استفاده از دال‌های تخت پیش‌تنیده پس کشیده به لحاظ بزرگ بودن دهانه‌ها و وجود نیروهای ثقلی قابل ملاحظه، در نظر گرفتن تمهیدات لازم به منظور کنترل برش سوراخ کننده (Punch) بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

۱۴-پیش‌بینی اعضای لبه (*chords*) و اعضای جمع‌کننده (*collectors*) در دیافراگم سقف الزامی است. طرح لرزه‌ای دیافراگم وکنترل کفایت اعضای لبه و اعضای جمع‌کننده باید مطابق ویرایش چهارم استاندارد۲۸۰۰ و *ASCE 7-16* صورت گیرد. کلیه اعضاء در مسیر انتقال نیروهای دیافراگم (در حین اعمال بارهای زلزله) به سیستم باربر جانبی باید دارای مقاومت کافی باشند. همواره باید در محل اعضاء جمع کننده تیر بتن آرمه پیش بینی شود و به این منظور ضروری است در عرضی که طبق محاسبات تعیین می‌شود سقف به صورت توپر اجرا شود و آرماتورگذاری طولی بهمراه خاموت گذاری در مقطع توپر (تیر مدفون) انجام گیرد.

۱۵-طراحی دیافراگم سقف و اعضای جمع‌کننده و اتصالات باید برای بارهای تشدید یافته زلزله (بارهای زلزله ضرب شده در ضریب $\Omega 0$) انجام شود.

۱۶-رعایت محدودیت ابعاد بازشوهای سقف و همچنین تمهیدات لازم در اطراف بازشوها باید براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین‌نامه ACI 318-14 لحاظ شود. پیش‌بینی المآن‌های مرزی در اطراف بازشوها و لبه دال حسب مورد انجام گیرد.

۱۷-رعایت الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی الزامی است.

۱۸-رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان ها در برابر حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره ها در مقابل حریق با در نظر گرفتن تعداد طبقات، ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی عنصر ساختمانی ضروری است.

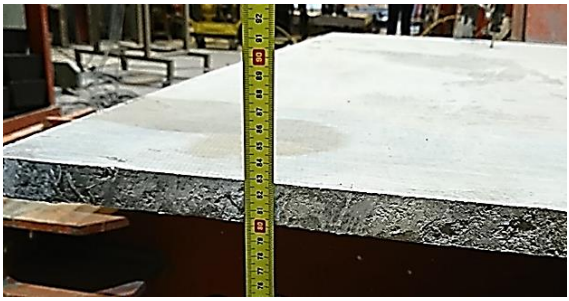
۱۹- صدابندی هوابرد و کوبه‌ای سقف بین طبقات می‌بایست مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تامین شود.

۲-۱۴ سقف پانلی کامپوزیتی با پارچه سه بعدی از الیاف شیشه پر شده با ملات سیمانی، مورد استفاده برای سقف با تیرچه‌های فولادی

۲-۱۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

پانل کامپوزیتی متشکل از پارچه سه بعدی از جنس فیلامنت شیشه است که با رزین آغشته شده است و با ملات سیمانی پر شده‌است. الیاف شیشه از متداول‌ترین نوع الیاف در ساخت کامپوزیت‌ها به شمار می‌آیند. ضخامت پانل کامپوزیتی برابر با ۲۷ میلی‌متر با رواداری حداکثر یک میلی‌متر است. عرض پانل ۵۰ سانتی‌متر می‌باشد. پانل کامپوزیتی مورد مطالعه در شکل‌های ۲-۲۹ و ۲-۳۰ نشان داده شده است.

شکل۲-۲۹ پانل کامپوزیتی متشکل از پارچه سه بعدی شیشه، پرشده با ملات سیمانی



شکل ۲-۳۰۷ ضخامت پانل کامپوزیتی

۲-۱۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

این سیستم سقفی با توجه به تشکیل دهنده های آن، می‌تواند مطابق با مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در ساختار نوع ۳ به کار برده شود. بنابراین به عنوان مثال، دامنه کاربرد آن برای ساختمان‌های مسکونی تا ۴ طبقه از تراز زمین با فاصله تیرچه‌های فولادی حداکثر ۹۰ سانتی‌متر برای طبقات و فاصله تیرچه حداکثر ۸۰ سانتی‌متر برای طبقه پارکینگ است. همچنین این سیستم می‌تواند برای سقف احداث طبقات اضافه اشکوب در ساختمان‌های موجود نیز با رعایت سایر ضوابط تامین پایداری سازه اصلی طبق ضوابط و مقررات آیین‌نامه‌های مقاوم‌سازی و رعایت ضوابط ایمنی در برابر آتش مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۱۴-۳ مشخصات محصول

۲-۱۴-۳-۱ پارچه سه بعدی

پارچه سه بعدی یک ساختار سه بعدی متشکل از دو لایه پارچه دوبعدی است که با نخ‌های متصل کننده به یکدیگر متصل شده‌اند. شکل پارچه سه بعدی استفاده شده در ساخت کامپوزیت و خصوصیات آن به ترتیب در شکل ۲-۳۱ و جدول ۲-۱ نشان داده شده است.

شکل ۲-۳۱ پارچه سه بعدی

جدول ۲-۱ خصوصیات پارچه مورد استفاده

نخ	نمره	تراکم	ضخامت پارچه	وزن پارچه
تار	۶۰۰ tex	۳/۲ (/cm)	۲۷ میلی‌متر	۱۹۵۴ gr/m^2
پود	۶۰۰ tex	۴ (/cm)		
خاب	۶۰۰ tex	۴/۳ (cm^2)		

۲-۱۴-۳-۲ خواص نخ شیشه

ظرافت نخ ۶۰۰ تکس و مساحت سطح مقطع نخ برابر ۰/۰۴ سانتی‌متر مربع و قطر هر تک رشته ۲۵ میکرون می‌باشد.

مقاومت کششی نخ در حدود ۸۵۰ مگاپاسکال بدست آمده است. عدد بدست آمده متوسط مقاومت کششی پنج نمونه‌ی اندازه‌گیری شده است. لازم به ذکر است به علت شکل مولتی‌فیلامنت‌ها و امکان پراکندگی رشته‌ها امکان خطا در آزمایش وجود دارد.

۲-۱۴-۳-۳ خواص مکانیکی نخ رزین خورده

مقاومت نخ شیشه رزین خورده در حدود ۲۵۰۰ مگاپاسکال است که این عدد مقاومت، از مقاومت کششی نخ شیشه بدون رزین بسیار بیشتر می‌باشد. علت این امر را می‌توان به عدم پارگی فیلامنت‌ها

به دلیل آغشته شدن به رزین و انسجام آن‌ها در تحمل بار وارده نسبت داد. خواص مکانیکی نخ شیشه رزین خورده و بدون رزین در جدول ۲-۲ با یکدیگر مقایسه شده است.

جدول ۲-۲ خواص مکانیکی نخ شیشه

نخ شیشه	مقاومت کششی MPa	مدول الاستیسیته GPa	کرنش نهایی
بدون رزین	۸۵۰	۵۲	۰/۰۲۱
رزین خورده	۲۵۰۰	۱۰۵	۰/۰۲۴

۲-۱۴-۳-۴ دوام در برابر قلیا

با توجه به اینکه در بافت پارچه از الیاف شیشه استفاده شده است، نمونه‌های نخ رزین خورده مطابق دستورالعمل ACI باید به مدت شش ماه در قلیا قرار داده شود. لازم است از الیاف شیشه مقاوم به قلیا AR-Glass در ساخت کامپوزیت استفاده شود.

۲-۱۴-۳-۵ رزین مورد استفاده

خواص مکانیکی رزین مورد استفاده در جدول ۲-۳ نشان داده شده است.

جدول ۲-۳- خواص مکانیکی رزین اپوکسی YD128

رزین	مقاومت کششی (MPa)	مدول کششی (GPa)	دانسیته (kg/m^3)	ازدیاد طول تا پارگی (%)	مقاومت فشاری (MPa)	مقاومت خمشی (MPa)
YD128	۸۵	۱۰/۵	۱/۱۲	۰/۸	۱۹۰	۱۱۲

مشخصات کامپوزیت اعم از ضخامت و وزن پانل، نوع رزین و نسبت وزنی اختلاط مطابق جدول ۲-۴ می‌باشد.

جدول۲-۴ ضخامت و وزن پانل، نوع رزین و نسبت وزنی اختلاط

ضخامت کامپوزیت (cm)	نسبت وزنی اختلاط رزین و پارچه	نوع رزین	وزن کامپوزیت $\left(gr/m^2\right)$
۲٫۷	۵۰-۵۰	اپوکسی YD128	۳۹۰۸±۵۰

لازم است رزین مورد استفاده در بر ابر عوامل جوی از پایداری مناسبی برخوردار باشد.

۲-۱۴-۳-۶- ملات پرکننده

مقاومت مشخصه فشاری ملات پر کننده باید حداقل ۳۱ مگاپاسکال باشد.

۲-۱۴-۴ الزامات طراحی و کفایت عملکرد

طراحی و کنترل دیافراگم سقف باید براساس استاندارد ۲۸۰۰ انجام پذیرد.

به منظور بررسی عملکرد سقف پانلی کامپوزیتی باید با استفاده از پارچه شیشه‌ای آزمون‌های زیر لازم است روی محصول انجام شود و نتایج آن به شرح زیر است:

۲-۱۴-۴-۱ بارگذاری خمشی

در اثر اعمال مجموع بارهای مرده و زنده به سقف تغییر مکان مجاز محدود به $l/240$ (l دهانه تیر یا دال یک طرفه) می‌باشد.

۲-۱۴-۴-۲ خیز دراز مدت

به منظور ارزیابی رفتار پانل تحت بارگذاری سرویس در خیز دراز مدت، نمونه تحت بار ثابت D+0.2L قرار گرفته

و روند افزایشی خیز قرائت گردد. با توجه به نتایج حاصل از آزمون، دهانه ۹۰ سانتی‌متر به عنوان حد قابل قبول با توجه به جمیع ملاحظات سازه‌ای می‌باشد

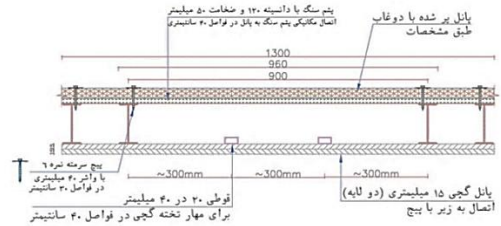
۲-۱۴-۴-۳ آزمون سقف تحت اثر توام بارهای مرده و زنده و آتش

با توجه به اینکه سقف در ساختار نوع ۳-الف، بر اساس مبحث سوم مقررات ملی برای ساختمان‌های مسکونی تا چهار طبقه باید حداقل یک ساعت در برابر آتش مقاومت کند، جزییات اجرای یک لایه عایق پشم سنگ و دو لایه گچ برگ زیر سقف براساس جزییات ارائه شده در شکل ۲-۳۱ و ۲-۳۲ می‌باشد.

در این آزمون، سقف ابتدا تحت اثر بارگذاری ثقلی ناشی از بار مرده و ۵۰٪ بار زنده قرار می‌گیرد سپس همزمان این سقف از زیر تحت اثر آتش باید قرار گیرد.

لایه‌های تشکیل دهنده سقف دو لایه گچ برگ به ضخامت ۱۵ میلی‌متر که در زیر قاب سازه‌ای پروفیل فولادی متصل شده است.

- قاب متشکل از پروفیل‌های فولادی که در شکل ۲-۳۱ نحوه اتصالات آن نمایش داده شده است.
- لایه پشم سنگ به ضخامت ۵۰ میلی‌متر و دانسیته $۱۲۰\frac{kg}{m^2}$ که به زیر پانل کامپوزیتی اتصال داده شده است.
- لایه کامپوزیت تولیدی شرکت سیلک به ضخامت ۲۷ میلی متر که بر روی پروفیل فولادی پیچ شده است. دو قطعه کامپوزیتی به عرض ۵۰ و به طول دهانه هر کدام ۹۰ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفته است.



سقف

شکل ۲-۳۳ جزییات اجرای سقف

- با رعایت جزییات در خصوص مهار عایق پشم سنگ با پیچ خودکار به زیر سقف و مهار گچ‌برگ‌ها، مطابق شکل ۲-۳۲ تحت اثر بارهای مرده و زنده و آتش تا دقیقه ۱۲۰ هر دو معیار یکپارچگی و نارسانایی مذکور در مقررات را در ابعاد آزمون شده برآورده کرده‌است. همچنین مقدار تغییر شکل‌های مجاز سقف را نیز از لحاظ سازه‌ای تامین شده است.

۲-۱۴-۴-۴ الزامات اجرا با توجه به نتایج حاصل از آزمون‌ها، دهانه ۹۰ سانتی‌متر به عنوان حد قابل قبول برای طبقات مسکونی و دهانه ۸۰ سانتی‌متر برای طبقه پارکینگ ساختمان‌های مسکونی تا ۴ طبقه با توجه به ملاحظات سازه‌ای و ایمنی در برابر حریق تعیین می‌گردد.- به منظور برآورده کردن الزامات ایمنی در برابر آتش، دو لایه گچ برگ به ضخامت ۱۵ میلی‌متر در زیر قاب سازه‌ای و یک لایه

پشم سنگ به ضخامت ۵۰ میلی‌متر و دانسیته $۱۲۰\frac{kg}{m^2}$ باید به زیر پانل کامپوزیتی با پیچ خودکار متصل شود. همچنین پانل‌های کامپوزیتی باید از بالا (رو) به وسیله پوشش مانع حرارتی مناسب مانند ۲۵ میلی‌متر ملات ماسه سیمان یا سایر اندودها یا مواد معدنی با ضخامت کافی با عملکرد معادل یا بهتر، محافظت شوند. باید از الیاف شیشه مقاوم به قلیا استفاده شود. مقاومت مشخصه ملات پرکننده باید حداقل ۳۱ مگاپاسکال باشد.در هر پانل کامپوزیت سقف باید از ۶ عدد پیچ نمره ۱۴ (قطر ۶٫۳ میلی‌متر) برای اتصال قطعه به تیرچه‌های فولادی استفاده شود. این پیچ‌ها باید ظرفیت لازم برای انتقال برش به تیرچه‌ها را داشته باشد و حداکثر فاصله پیچ‌ها بر روی تیرچه از یکدیگر باید ۲۰ سانتی‌متر باشد.

- طول هر قطعه پانل کامپوزیت سقف باید به گونه‌ای باشد که حداقل بر روی سه عدد تیرچه امتداد داشته باشد و به آن‌ها پیچ شود.

- برای تامین صلبیت سقف باید بر اساس نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه از تسمه‌های فولادی به ضخامت حداقل ۱ میلی‌متر و عرض ۵ سانتی‌متر در فواصل ۵۰ سانتی‌متری در زیر تیرچه‌ها و عمود بر آن‌ها استفاده شود. از این تسمه‌ها می‌توان برای مهار مناسب گچ‌برگ‌ها نیز استفاده نمود و قوطی‌های فولادی زیر سقف را حذف نمود در این صورت می‌توان از عملکرد مناسب این سقف‌ها در انتقال نیروهای جانبی در دهانه‌های حداکثر تا ۶ متر با فاصله تیرچه‌های ۹۰ سانتی‌متر در ساختمان‌های مسکونی متعارف اطمینان حاصل نمود.

- از فضای بالای تخته‌های گچی نباید برای عبور تأسیسات، نصب لامپ روشنایی و نظیر آن استفاده شود و یکپارچگی تخته‌های گچی باید حفظ گردد.

- با توجه به شروع تغییر شکل و کاهش مقاومت این پانل‌های کامپوزیتی در دماهای نسبتاً پایین (دارای دمای تبدیل شیشه‌ای کمتر از ۸۰ درجه سلسیوس)، لازم است تمهیدات لازم برای جلوگیری از رسیدن دمای این پانل‌ها به این دمای بحرانی در دوره بهره‌برداری صورت گیرد. اقداماتی همچون پیش بینی عایق حرارتی مناسب پیرامون لوله‌های حاوی آب گرم که روی سطح سقف اجرا شده است و یا پیش‌بینی مدار آب گرم دور از محدوده سقف از آن جمله هستند.

- وزن دیوارهای غیر سازه‌ای داخلی که روی این سقف اجرا می‌شود باید به ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع دیوار محدود گردد.

فصل سوم:
دیوارهای غیر سازه‌ای

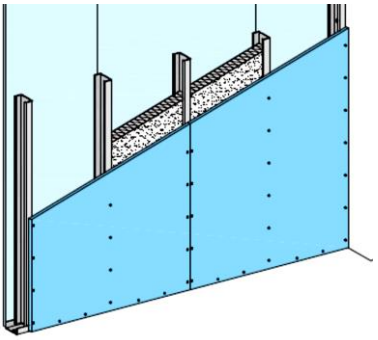
۳-۱ دیوارهای غیر سازه‌ای سبک پیش‌ساخته LSF

۳-۱-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده

این سیستم دیوار شامل قاب‌های فولادی سبک سرد نورد به شکل مقاطع C و U بوده که صفحات روکش‌دار گچی یا سیمانی در یک یا چند لایه، به وسیله پیچ مخصوص بر روی آن‌ها نصب می‌شوند. ساختار اصلی دیوارها شامل تعدادی اجزای عمودی C شکل (وادار) به فواصل ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر است که در بالا و پایین به اجزای افقی ناودانی شکل U یا C شکل (تیرک) توسط اتصالات مکانیکی متصل شده‌اند. درزهای میان این صفحات به وسیله‌ی نوار و بتونه‌ی مخصوص درزگیری می‌شوند، به نحوی که در انتهای کار، سطحی یکپارچه و بدون درز برای رنگ آمیزی و کاشیکاری یا هر نوع پوشش نهایی دیگری، حاصل می گردد. فضای خالی داخل دیوار، امکان استفاده از انواع عایق حرارتی و صوتی را فراهم نموده و همچنین عبور و دسترسی به تأسیسات الکتریکی و مکانیکی را به راحتی میسر می‌سازد (شکل ۳-۱).

۳-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت ها

سیستم دیوارهای سبک پیش‌ساخته LSF به عنوان دیوارهای غیر سازه‌ای داخلی و خارجی در اکثر سیستم‌های ساختمانی قابلیت استفاده دارند.



شکل ۳-۱ دیوارهای غیر سازه‌ای سبک پیش‌ساخته

شکل ۳-۲ سیستم دیوارهای LSF با کاربری دیوار غیرسازه‌ای داخلی

۳-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

رعایت مشخصات فولادهای بکار برده شده بر اساس استاندارد ASTM A653 با حداقل تنش تسلیم مشخصه (fy) برابر ۲۳۰ مگاپاسکال الزامی است. جرم پوشش برای ورق‌های فولادی مطابق استاندارد ASTM A1003 باید حداقل ۱۲۰ گرم بر متر مربع برای مناطق غیر خورنده و حداقل ۱۸۰ گرم بر متر مربع برای مناطق خورنده باشد.

ضوابط مربوط به اجزاء اتصال شامل پیچ خودکار، پیچ و مهره باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۲۰۲ تأمین گردد. در صورت استفاده از اتصالات جوشی، رعایت ضوابط و مقررات مربوط به جوشکاری اعضاء سرد نورد شده مطابق آخرین ویرایش استاندارد AISI و آئین‌نامه‌های AWS و AISC الزامی است.

صفحات گچی به کار رفته باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۸۱۸ باشد.

۳-۱-۴ مبانی طراحی و اجرا

اتصال دیوارهای غیرسازه‌ای به سیستم سازه‌ای باید به نحوی باشد که ضمن تامین پایداری آن‌ها در برابر بارهای وارده، از اندرکنش آن‌ها و سازه اصلی تا حد امکان جلوگیری شود. کنترل پایداری داخل و خارج از صفحه دیوارهای غیربابر در مقابل نیروی زلزله ناشی از جرم دیوار، نازک‌کاری و ملحقات مربوطه مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران انجام می‌شود. دیوارهای مذکور باید طبق ضوابط استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۷۲، مقاومت لازم در برابر آزمون‌های ضربه را دارا باشند. در این دیوارها باید تمهیدات خاص برای تحمل بار قطعات الحاقی سنگین (مثل کابینت) پیش بینی شود.

طراحی دیوارهای خارجی و اتصالات مربوطه در مقابل بار باد مطابق مقررات ملی ایران مبحث ششم انجام گیرد.

صدابندی هوابرد جداکننده‌ها در کاربری‌های مختلف باید مطابق با الزامات مطرح شده در بند ۱۸-۲ مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین گردد.

لازم است طراحی و اجرا با رعایت اصول تعیین‌شده در خصوص صرفه‌جویی در مصرف انرژی، در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و همچنین گزارش تحقیقاتی سیستم قاب فولادی سبک (گ-۴۸۸، ۱۳۸۷) و گزارش تحقیقاتی سیستم دیوار خشک، (گ-۴۹۹، ۱۳۸۹) مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، صورت گیرد.

به طور کلی در خصوص این سیستم سازه‌ای، ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان «حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق»، مربوط به مقاومت اجزای ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری و تصرف ساختمان، ابعاد ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، مساحت ساختمان و وظیفه عملکردی اجزای ساختمان در نظر گرفته شود.

- **روش نصب در سرویس بهداشتی**

برای اجرای سامانه‌هایی که در مسیرهای قائم هم راستا با لوله‌های آب و فاضلاب هستند. باید از صفحات روکش‌دارگچی نوع مقاوم در برابر رطوبت و سازه پشتیبان استفاده شود. این سازه به عنوان یک صفحه مونتاژ عمل می‌کند و لوله‌ها و زانویی‌ها بر روی آن نصب می‌شوند. این سازه توسط پیچ مخصوص به استادهای مجاور متصل می‌شود. در دیوارهای تاسیساتی، برای عبور تاسیسات افقی بین

دو ردیف سازه می‌توان یک قطعه سازه C یا U را به استادهای دو طرف متصل نمود و از بست مناسب جهت مهار لوله‌ها استفاده نمود.

جهت اجرای خروجی لوله‌های آب و فاضلاب در صفحات، از گردبر استفاده و درز بین لوله‌خروجی و بخش برش خورده، به وسیله خمیر درزبند مناسب درزبندی شود.

در صورتی که قطر خروجی از ۱۶ سانتی‌متر بیشتر باشد از قواعد بازشوها باید استفاده شود. در این صورت، باید اطراف خروجی توسط یک قاب ساخته شده با سازه‌های C و U تقویت شده، تا یکپارچگی و انسجام سازه حفظ شود.

۳-۱-۵ الزامات کلی سیستم

- در نظر گرفتن تمهیدات لازم جهت عدم مشارکت این پانل‌ها در سختی جانبی سازه الزامی است.
- طراحی پانل‌های خارجی و اتصالات مربوطه در مقابل بار باد مطابق مقررات ملی ایران مبحث ششم انجام گیرد.
- حداکثر ارتفاع خالص مجاز پانل‌ها ۳/۲ متر می‌باشد.
- حداکثر وزن پانل‌های خارجی به ۱۰۰ kg/m۲ و پانل‌های داخلی به ۵۰kg/m۲ محدود می‌گردد.
- رعایت مشخصات فولاد سرد نورد شده بر اساس نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه الزامی است.
- ضوابط مربوط به اجزاء اتصال شامل پیچ خودکار، پیچ و مهره می‌بایستی مطابق نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه تأمین گردد.
- در صورت استفاده از اتصالات جوشی، رعایت ضوابط و مقررات مربوط به جوشکاری اعضاء سرد نورد شده نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه الزامی است.
- لازم است تمهیدات لازم متناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران صورت پذیرد.
- الزامات مربوط به انرژی باید مطابق مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان رعایت گردد.
- در صورتی که عایق حرارتی بصورت پرکننده اجرا شود، باید نوع و ضخامت عایق، مقاومت حرارتی مورد نیاز را تأمین کند.

- به منظور کاهش اثر پل حرارتی، لازم است حد فاصل ستونک ها (Stud) و لایه خارجی جداره با نوعی عایق حرارتی متراکم پر گردد.

- لازم است ملاحظات کامل هوابندی در جداره‌های داخلی و خارجی، بازشوها و همچنین محل نصب اجزای اتصالی نظیر پیچ و مهره، با توجه به اقلیم مورد نظر و نیز خطر میعان به عمل آید.

- رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان درخصوص حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره ها در مقابل حریق با درنظر گرفتن ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی اجزای ساختمانی الزامی است.

- صدابندی هوابرد جداکننده های بین واحدهای مستقل و پوسته خارجی ساختمان و صدابندی سقف بین طبقات می‌بایست مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تامین گردد.

- چنانچه مجموعه ضوابط، دستورالعمل و یا آئین‌نامه در خصوص این سیستم توسط این مرکز انتشار یابد؛ شرکت‌های تولید کننده، کارفرمایان، مشاوران و پیمانکاران ملزم به رعایت آن می‌باشند.

- کلیه مصالح و اجزاء در این سیستم از حیث دوام، خوردگی، زیست محیطی، بهداشتی و غیره می‌بایستی بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آئین‌نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تأیید به کار گرفته شود.

۳-۲ دیوارهای غیر سازه‌ای سبک نیمه پیش‌ساخته صفحات ساندیچی 3D

۳-۲-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده

دیوارهای غیرسازه‌ای3D، شامل یک شبکه خرپای فضایی از مفتول‌های با پوشش گالوانیزه به قطر ۲ الی ۵ میلی‌متر، یک لایه پلی‌استایرن و دو لایه بتن پوششی در طرفین هستند که به عنوان دیوارهای جداکننده مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۳-۳).

شبکه خرپای فضایی به کار رفته، مشخصات مصالح و روند تولید این پانل‌ها، مشابه پانل‌های سازه‌ای می‌باشد. در این پانل‌ها، لایه پلی‌استایرن علاوه بر نقش قالب‌بندی، در عایق‌کاری حرارتی و برودتی نیز موثر است. پانل‌های 3D معمولاْ در قطعاتی با عرض یک متر و طول سه متر در کارخانه تولید می‌شوند. پس از حمل به کارگاه و اجرای زیرسازی مناسب، در موقعیت خود قرار داده شده و دو سمت

پانل‌ها با بتن ریزدانه بتن‌پاشی می‌شود. در مواردی برای اطمینان از کیفیت بتن‌پاششی، پانل‌ها در محل کارخانه بتن‌پاشی شده و پس از عمل‌آوری، به کارگاه منتقل می‌شوند. لازم به تاکید است که در هنگام اتصال این پانل‌ها به سازه، باید تمهیدات لازم برای عدم مشارکت پانل‌ها در سختی جانبی سازه در نظر گرفته شود. در این سیستم باید کلیه بازشوها، در زمان تولید در کارخانه، تعبیه شده و گوشه بازشوها با استفاده از شبکه فولادی تقویت شود. هم‌چنین پس از انجام بتن‌پاشی، لازم است سطح بتن در دو مرحله به وسیله ماله تخته‌ای و ماله فلزی پرداخت شود.

شکل ۳-۳ پانل‌های غیر-سازه‌ای نیمه پیش ساخته سه بعدی

۳-۲-۲ دامنه کاربرد

دیوارهای غیر سازه‌ای متشکل از پانل‌های نیمه‌پیش ساخته سه بعدی به عنوان اجزای جدا کننده ساختمان (تیغه‌ها) مشروط بر رعایت ضوابط و الزامات ارائه شده در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ و آخرین ویرایش نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه قابلیت کاربرد دارند.

۳-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

ابتدا مفتول‌های مورد استفاده که به صورت کلاف می‌باشند از داخل غلتک‌های مخصوص عبور داده، پلیسه‌گیری و صاف می‌شوند بدین‌وسیله تاب نهفته در مفتول‌ها کاملا گرفته می‌شود. مفتول‌های عرضی در فواصلی که شبکه مش ۵×۵ سانتیمتر را تشکیل دهند، بر روی مفتول‌های طولی قرار گرفته و توسط جوش ماشینی پیوند شبکه ایجاد می‌گردد. شبکه مش به عرض۱/۲ متر و طول حداکثر تا ۶ متر (در مضاربی از ۵ سانتی‌متر) تولید می‌شوند. قطر مفتول‌های بکار رفته برای شبکه پانل‌های غیر سازه‌ای ۲، ۲/۲ و ۲/۵ میلی‌متر می‌باشد قطر مفتول برش‌گیر همین نوع پانل‌ها ۲/۲ میلی‌متر و از نوع گالوانیزه می‌باشد. تعداد برش‌گیرها از ۱۱۰ تا ۲۱۰ عدد در متر مربع بنابر طرح متفاوت می‌باشد. در طی فرایند اتوماتیک تولید پانل، بلوک‌های پلی استایرن در بین دو شبکه مش قرار گرفته و از طریق اجرای

جوش اتوماتیک برش‌گیرها به مفتول‌های شبکه، دو شبکه مش به یکدیگر اتصال پیدا می‌کنند و لایه پلی‌استایرن در وسط این دو لایه قرار می‌گیرد.

فرایند کنترل کیفیت همه جانبه بر اساس توصیه‌های بند ۷ استاندارد ملی ایران به شماره ۷۱۴۳ باید انجام گیرد به نحوی که تمامی مشخصات کیفی و کمی محصول را پوشش دهد.

۳-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا

پانل‌های غیر سازه‌ای باید بار ثقلی ناشی از وزن خود و همچنین بار جانبی ناشی از زلزله و نیز بارهای حین بهره‌برداری را به عنوان قطعات الحاقی ساختمان تحمل نماید. دیوارهای خارجی هم چنین علاوه بر موارد فوق باید بار ناشی از باد مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان را تحمل نمایند.

رعایت الزامات مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره ۷۱۴۳ در خصوص پانل‌های ساندویچی سبک سه بعدی الزامی است. مقاومت فشاری بتن پاشیده در دیوارهای غیر سازه‌ای می‌تواند حداقل ۱۲ مگاپاسکال اختیار شود

تمهیدات لازم جهت عدم مشارکت این پانل‌ها در سختی جانبی سازه باید در نظر گرفته شود. پانل‌های خارجی و اتصالات آن باید مقاومت لازم در مقابل بار باد که مطابق آخرین نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه بدست آمده، داشته باشد.

در دیوارهای کنار هم باید از شبکه اتصال (مش تقویت) برای اتصال پانل‌ها استفاده شود به‌گونه‌ای که یک دیوار پیوسته حاصل گردد.

جزئیات اجرایی این دیوارها و نحوه اتصال آن به سازه در آخرین ویرایش نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه و پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ارائه شده است. تیرک ها و وادارها با مقطع ناودانی و از جنس فولاد گالوانیزه می توانند باشد.

تمهیدات لازم در شرایط مختلف اقلیمی برای بتن مسلح مانند فولاد گالوانیزه و بتن مقاوم در محیط خورنده باید لحاظ شود.

. هسته عایق از فوم پلی استایرن منبسط شده تشکیل شده که دارای حداقل چگالی اسمی ۱۲ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد.

پلی‌استایرن منبسط شده باید مطابق با استانداردهای معتبر از نوع خود خاموش‌شو باشد. لایه پلی‌استایرن بین واحدهای مستقل نباید امتداد داشته باشد و حتماً باید به وسیله مصالح غیر قابل

سوختن با مقاومت کافی در برابر آتش قطع شود.لایه پلی‌استایرن باید در محل سیستم کف/سقف قطع شده، بین طبقات امتداد نداشته باشد. از جمله هرگونه امتداد عمودی لایه پلی‌استایرن در دیوارهای خارجی، شفت‌های پلکان، آسانسور و نظایر آن‌ها باید در محل کف/سقف قطع شود. چنانچه هرگونه سوراخ یا گشودگی در دیوارهای با مقاومت الزامی در برابر آتش ایجاد شود (مثلاً برای عبور تأسیسات)، گشودگی باید به نحو مناسب آتش‌بندی شود، به گونه‌ای که درجه مقاومت در برابر آتش دیوار کاهش نیافته و ضمناً لایه پلی‌استایرن منبسط شده در برابر آتش کماکان محافظت شود.

۳-۲-۵ الزامات سیستم

- رعایت الزامات زیر و استاندارد ملی ایران به شماره ۷۱۴۳ در خصوص پانل های ساندویچی سبک سه بعدی الزامی است.

- در نظر گرفتن تمهیدات لازم جهت عدم مشارکت این پانل ها در سختی جانبی سازه براساس پیوست ششم استاندارد۲۸۰۰ الزامی است.

- طراحی پانل‌های خارجی و اتصالات مربوطه در مقابل بار باد مطابق مقررات ملی ایران مبحث ششم و در برابر بار زلزله براساس پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ انجام گیرد.

- مشخصات شبکهٔ جوش باید براساس استاندارد ASTM باشد.

- تمهیدات لازم در شرایط مختلف اقلیمی برای بتن مسلح مانند فولاد گالوانیزه و بتن مقاوم در محیط خورنده لحاظ شود.

- حداقل تنش تسلیم فولادها ۲۴۰ مگاپاسکال است.

- عمل سختی‌زدایی در صورت استفاده از فولاد پس کشیده انجام گیرد.

- کاربرد پلی‌استایرن منبسط شونده از نوع کندسوز مطابق با دستورالعمل ارائه شده مرکز و یا استاندارد ASTM مجاز است.

- رعایت مباحث مربوط به انرژی، حریق و آکوستیک بر اساس مقررات ملی ساختمان الزامی است.

- امکان اجرای نما از نوع تر و یا با رعایت تمهیدات خاص از نوع خشک وجود دارد.

۳-۳ بلوک‌های بتنی هوادار اتوکلاو شده AAC

۳-۳-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده

بلوک‌های بتن هوادار اتوکلاو (بتن گازی) که به اختصار AAC نامیده می‌شود، یک نوع خاص بتن سبک متخلخل است که عمدتاً از مواد با پایه سیلیس، سیمان و آهک ساخته می‌شود. محصولی که امروزه بنام AAC موسوم است، اولین بار در حدود ۷۰ سال پیش در کشور سوئد به توسعه رسیده است. این محصول شامل دو فرآیند اصلی ایجاد تخلخل در دوغاب مخلوط سیمان، آهک و پودر سیلیس و عمل آوری بتن حاصله توسط اتوکلاو می‌باشد. مواد چسباننده که عمدتاً سیمان و آهک می‌باشند در فرآیند اتوکلاو با مصالح سیلیسی واکنش نشان داده و سیلیکات کلسیم هیدراته تولید می‌نمایند. ساختار متخلخل AAC که به علت واکنش آهک آزاد حاصل از ترکیبات سیمان و آهک و پودر آلومینیوم به‌وجود می‌آید دارای خواص حرارتی مناسب (عایق حرارتی) و همچنین نسبت مقاومت به جرم حجمی زیادتری نسبت به دیگر انواع بتن می‌باشد. محصول به‌دست آمده بعد از اتوکلاو نیاز به عمل‌آوری دیگری نداشته و قطعات تولید شده می‌توانند بعد از سرد شدن مورد استفاده قرار گیرند.

شکل ۳-۴ بلوک هوادار اتوکلاو شده

از مزایای بلوک‌های ساخته شده با این بتن، می‌توان به مقاومت مناسب آن در مقابل آتش، عدم آزادشدن گازهای سمی از بلوک در هنگام اشتعال، عملکرد حرارتی مطلوب، افزایش سرعت ساخت و کاهش در مصرف مصالح مورد نیاز برای نما و همچنین کاهش در جرم ساختمان را نام برد.

۳-۳-۲ دامنه کاربرد

با توجه به ویژگی‌های بتن هوادار اتوکلاوشده از این بلوک‌های می‌توان در ساخت دیوارهای غیر سازه‌ای خارجی و داخلی و مقاوم در برابر آتش با رعایت ضوابط و مقررات ارائه شده در آخرین ویرایش نشریه ۳۲۶ سازمان برنامه و بودجه استفاده نمود.

۳-۳-۳ الزامات فنی

- بلوک‌های بتن هوادار اتوکلاوشده باید دارای ویژگی‌های استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۹۳ باشند. در این استاندارد این ویژگی‌ها در سه رده مقاومتی ارائه شده است.

- با توجه به الزامات پیوست ۶ ویرایش چهارم آیین نامه طراحی در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) حداقل مقاومت فشاری این بلوک ها باید ۳/۰ مگاپاسکال باشد. طراحی و اجرای این بلوک‌ها باید بر اساس ضوابط و الزامات نشریه ۳۲۶ و آخرین ویرایش نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه انجام شود.

- تأمین الزامات مربوط به نفوذپذیری، دوام، سیکل‌های ذوب‌شدگی و یخ‌زدگی جهت دیوارهای خارجی ضروری است. با توجه به جذب آب نسبتاً زیاد این محصول، رعایت ضوابط به محافظت دیوارها از تماس مستقیم با آب و یا چرخه‌های تر و خشک شدن الزامی می‌باشد.

۳-۳-۴روش اجرا

- رعایت نکات اجرایی نشریه۳۲۶ سازمان برنامه و بودجه و دستورالعمل ض-۸۲۳ با عنوان طراحی و اجرای دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های بتن هوادار اتوکلاو شده (AAC) مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی الزامی است همچنین استفاده از بستر نازک در درزها (بندهای) افقی و عمودی و ملات‌های مناسب برای اندودکاری بیرونی و داخلی مطابق استانداردهای شماره ۱-۷۰۶ و ۲-۷۰۶ سازمان ملی استاندارد ایران نیز الزامی است.

- رعایت الزامات پیوست ۶ ویرایش چهارم آیین نامه طراحی در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) برای کلیه دیوارهای داخلی و خارجی ساخته شده با بلوک AAC الزامی است.

- ضخامت حداقل دیوار و یا ضخامت عایق حرارتی تکمیلی باید به‌گونه‌ای باشد که الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای دیوار خارجی را تأمین نماید. رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان و مسکن در خصوص حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق مربوط به مقاومت جداره‌ها در مقابل حریق با در نظر گرفتن ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی

عنصر ساختمانی الزامی است. صدابندی هوابرد جداکننده‌های بین واحدهای مستقل و پوسته خارجی ساختمان و باید مطابق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین گردد.

- مطابق استاندارد ۲۸۰۰ (آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) و مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۸ (پیرامون عایق بندی و تنظیم صدا) و مبحث ۱۹ (پیرامون صرفه جویی در مصرف ساختمان) از بلوک AAC درکلیه دیوارهای غیر سازه ای در ساختمان‌ها در موارد ذیل بکار برده می شود :

بلوک AAC قابل استفاده در دیوار غیرسازه‌ای خارجی ساختمان

- بلوک AAC مورد استفاده در دیوارهای غیر سازه‌ای خارجی نباید لبه‌های قائم آزاد داشته باشد و باید طبق ضوابط پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ مهار شوند.

- حداقل ضخامت دیوارهای بیرونی نباید کمتر از ۱۵ سانتی متر باشد.

- حداکثر طول آزاد بین دو ستون یا دو کلاف نباید از ۴ متر بیشتر باشد.

- توصیه می شود سمت بیرونی دیوارهای کناری در صورت عدم نیاز به اجرای نماسازی با یک لایه سیمان پوشانده شود.

بلوک AAC قابل استفاده در دیوار غیر سازه ای جدا کننده داخلی ساختمان (تیغه های داخلی) :

- این نوع از دیوارها برای جدا کردن فضاهای داخلی ساختمان به عنوان تیغه یا جداگر اجرا می شود.

- حداکثر طول آزاد بین دو ستون یا دو کلاف نباید از ۴ متر بیشتر باشد.

- اتصال دیوار غیرسازه‌ای جدا کننده به سقف کاذب باید براساس پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ باشد.

۳-۴ پانل دیواری مسلح ساخته شده با بتن سبک اتوکلاو شده AAC

۳-۴-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل‌دهنده

بتن AAC از سیلیس، سیمان، گچ، آهک، پودر آلومینیوم و آب ساخته می شود که حاصل ترکیب این مصالح وجود میلیون‌ها سلول ریز هواست که ویژگی سبک وزنی و عایق حرارتی بودن بتن را به دنبال دارد. پانل AAC ،در حقیقت پانل‌های بتن سبک پیش‌ساخته در کارخانه می‌باشد که کاربردهای مختلفی دارند. یکی از این کاربردها استفاده از آن‌ها به عنوان دیوار داخلی یا خارجی می باشد. ماتریس این پانل‌ها بتن هوادار اتوکلاو می‌باشد و المان مسلح کننده آن‌ها عموماً یک لایه یا دو لایه شبکه میلگرد فولادی براساس طراحی می‌باشد. به طور کلی مقاومت برشی درون صفحه پانل AAC به مقاومت برشی AAC غیر مسلح محدود می شود. در رفتار خمشی خارج از صفحه این پانل‌ها پیوستگی بین میلگرد و بتن سبک توسط لهیدگی بتن در تماس با میلگردهای عمود مش تأمین می‌شود بنابراین آجدار بودن یا بدون آج بودن میلگرد در این پانل‌ها تفاوتی از لحاظ طراحی ایجاد نمی‌کند. پانل‌های ساخته‌شده از بتن سبک هوادار اتوکلاوشده، به منظور مقاومت در برابرحداقل بارهای وارد بر آن‌ها، ناشی از نیروی وزن دیوار، بار باد برای دیوارهای خارجی و سایر نیروهای احتمالی موجود، به صورت مسلح تولید و در اختیار استفاده کنندگان قرار می‌گیرد. میزان این تسلیح و محاسبات مربوطه، براساس استانداردها و آئین‌نامه‌های معتبر مربوطه صورت می‌گیرد.

از آنجاکه این بتن وزن کم و مقاومت قابل قبولی دارد، می‌توان از آن در اجزا و عناصر غیرسازه‌ای ساختمان بهره لازم را برد. از عمده‌ترین کاربردهای این نوع بتن، تولید بلوک‌های دیواری برای استفاده در ساختمان‌ها کوتاه‌مرتبه و یا ساخت دیوارهای جداکننده در ساختمان‌های معمولی می‌باشد. با اینحال و با توجه به مسائل و مشکلات موجود در ملات کاری و چیدن دیوارها، از جمله وجود خطاهای حین اجرا، نیاز به نیروی انسانی و زمان زیاد، توجه تولیدکنندگان این بتن به تولید پانل های دیواری معطوف گردید تا ضمن کاهش مدت زمان اجرای دیوارهای جداکننده، از کمترین نیروی انسانی استفاده شود و خطاهای حین اجرا به حداقل برسد.

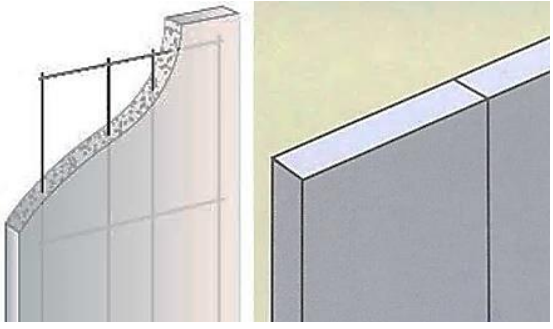
از مزایای این پانل‌ها، می‌توان به مقاومت مناسب آن در مقابل آتش، عملکرد حرارتی مطلوب، عدم نیاز به عایق‌های حرارتی مجزا، کاهش انتقال صوت، افزایش سرعت ساخت، کاهش در مصرف مصالح مورد نیاز برای نما، کاهش در جرم ساختمان و سهولت نصب و اجرا را نام برد. در صورت عدم رعایت

الزامات فنی در تولید و نصب این بتن، مشکلات بهره‌برداری از قبیل ترک‌های ناشی از جمع‌شدگی و انبساط و انقباض حرارتی ایجاد می‌گردد.

شکل۳-۵ پانل‌های AAC

۳-۴-۲ دامنه کاربرد

پانل‌های ساخته شده با بتن هوادار اتوکلاوشده، قابلیت استفاده در دیوارهای غیر باربر داخلی، خارجی و محوطه سازه‌ها (ساختمان‌ها و سوله‌ها) را به شرط برآورده کردن الزامات مربوطه دارند. شایان ذکر است که محدودیت‌های کاربری این بتن‌ها، با توجه به رده مقاومتی آن‌ها و میزان جمع‌شدگی و وزن مخصوص آن‌ها تعیین می‌شود.



شکل۳-۶ جزئیات پانل‌های AAC

شکل ۳-۷ اجرای پانل AAC

۳-۴-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

بتن مورد استفاده در ساخت پانل‌های بتن هوادار اتوکلاوشده رعایت الزامات پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ با عنوان "طراحی لرزه‌ای و اجرای اجزای غیرسازه‌ای معماری" (ضابطه ۸۴۸) الزامی است.

الزامات نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه باید در ساخت پانل‌های AAC رعایت شود.

رعایت ضوابط طراحی، نحوه تسلیح و محاسبات طراحی این پانل‌ها باید بر اساس نشریه ۳۲۶ سازمان برنامه و بودجه انجام شود.

۳-۴-۴ الزامات فنی

- حداقل ضخامت پانل برای دیوار خارجی ۱۵ سانتی‌متر و برای دیوارهای داخلی ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد.

- دیوارها داخلی و خارجی بسته به اندازه دهانه و نیاز طراحی تعیین شده براساس محاسبات با یک یا دو لایه مش میلگرد مسلح شوند. شماره میلگرد و فواصل آن براساس طراحی، بارهای وارده و دهانه دیوار تعیین می‌شود.

- اجرای پانل‌ها می‌تواند به صورت افقی یا قائم باشد. در اجرای قائم پانل باید به کف و سقف طبقه در جهت خارج از صفحه مهار شوند و در اجرای افقی باید در جهت خارج از صفحه به ستون‌ها مهار شوند. در سوله‌ها اجرای افقی و در ساختمان‌های اجرای قائم اولویت دارد. در هر دو روش باید دیوار در راستای داخل صفحه نسبت به قاب آزادی حرکت و فاصله لازمه براساس پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ و آخرین ویرایش نشریه ۷۲۴ سازمان برنامه را داشته باشد.

- در اجرای پانل حتی در صورتی‌که بار باد بار حاکم بر طراحی باشد، باید جزییات لرزه‌ای ذکر شـده در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ و آخرین ویرایش نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور رعایت شود.

- حداقل مقاومت فشاری بتن سبک هوادار مورد استفاده در پانل ۳ مگا پاسکال می‌باشد.

- در ساخت دیوارها باید تمام الزامات پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ رعایت شود.

- اجرای میلگرد جهت مسلح کردن در داخل پانل به صورت مش متعامد جوش شده اجباری می‌باشد. در این پانل‌ها مقاومت لهیدگی مش عمود، عامل انتقال نیرو به میلگردهای طولی می باشد.

- دیوارهای ساخته شده با پانل باید از سقف به اندازه حداکثر دو مقدار ۲/۵ سانتی‌متـر و حـداکثر خیـز دراز مدت سقف فاصله داشته باشد و این فاصله با مواد متراکم شونده مانند پشم سنگ پر شـود، دیـوار باید در جهت داخل صفحه آزادی حرکت داشته باشد و در جهت خارج از صفحه بـا نبشـی مهـار شـود. حداقل بعد نبشی دو برابر فاصله تا سقف باید باشد.

- دیوارهای ساخته شده با پانل باید از ستون‌ها به اندازه ۳ سانتی‌متر فاصله داشته باشد و ایـن فاصـله باید با مواد متراکم شونده پر شود.

- با توجه به اجرای دیوار به صورت پانلی نیازی به اجرا وال پست در دیوارها نمی‌باشد.

- با توجه به اجرای دیوار به صورت پانلی اتصال آن به سازه برای پانل‌های قائم در تراز کف و سقف و پانل‌های افقی در محل ستون‌ها می‌باشد.

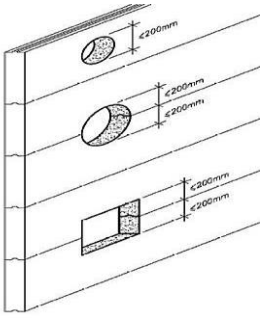
- زیرکار پانل‌ها باید تراز باشد. در تراز همکف نیاز به اجرای کرسی تا ۲۰ سانتی‌متر بـالاتر از خـاک و عایق رطوبتی پایه سیمانی روی آن است.

- برای اتصال پانل ها به هم از چسب استاندارد لایه نازک پرین مطـابق بـا دسـتورالعمل اجرایـی بـه صورت غلیظ و با کاردک دندانه‌دار استفاده شود.

- در پانل‌های قرار گرفته در کناره‌های بازشو ها باید تو رفتگی جهت قرار گیری نعل‌درگاه‌های پیش‌ساخته AAC تعبیه شود (شکل ۳-۸). حداقل نشیمن پانل نعل‌درگاه ۵۰۰ میلی‌متر است. دور تا دور بازشوها باید قاب فلزی ناودانی با حداقل ضخامت ۲ میلی‌متر بچرخد.

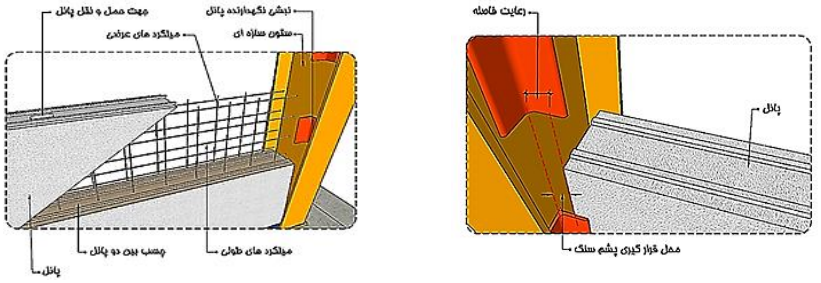
شکل۳-۸ نصب نعل‌درگاه و بازشوها

- برش‌کاری پانل جهت بازشو در محل کارگاه، با فرز به میزان یک سوم پهنا (حداکثر ۲۰۰ میلی‌متر) قابل انجام است.



شکل۳-۹ برش پانل برای بازشوها

- هنگام نصب، از دستکش کار و لوازم ایمنی استفاده شود. نکات ایمنی حمل و نقل بار رعایت شود.



شکل۳-۹ جزییات اجرایی پانل

- ضروری است اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط ایمنی در برابر حریق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق" به ویژه ضوابط مربوط به مقاومت دیوارهای غیر باربر ساختمان در مقابل حریق با در نظر گرفتن نوع کاربری فضاهای مختلف ساختمان، وظیفه عملکردی دیوار و ... در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که ضوابط مقاومت در برابر آتش برای این نوع سیستم دیواری با انتخاب و رعایت جزئیات اجرایی مناسب مانند تامین ضخامت کافی برای دیوار، قابل تامین خواهد بود.رعایت الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای دیوار خارجی الزامی است. هم‌چنین ضخامت پانل‌ها باید پاسخگوی الزامات مندرج در مبحث ۱۹ مقررات ملی ایران، از نظر صرفه‌جوئی در مصرف انرژی باشد. در صورتیکه این پانل‌ها در زمینه حرارت به روش تجویزی طراحی می‌شوند، لازم است ضخامت آن‌ها در رده‌های ۱، ۲، ۳ به ابعاد ۴۸، ۳۶ و ۲۶ افزایش یابد. در صورت استفاده از روش کارکردی و با ارائه مدارک و مستندات فنی، این اعداد می‌توانند تقلیل یابند. در نظر گرفتن ملاحظات مربوط به محافظت در برابر رطوبت و میعان و همچنین محدود کردن میزان نشت هوا، با توجه به شرایط گوناگون اقلیمی در پهنه جغرافیایی ایران،

در نظر گرفتن اثر پل‌های حرارتی ناشی از عناصر فولادی سازه، و همچنین نوع و ضخامت عایق حرارتی، با توجه به گروه انرژی ساختمان،

در نظر گرفتن حالت دیوار با عایق حرارتی از داخل، به‌عنوان مبنای محاسبات، در صورت مشخص نبودن موقعیت قرارگیری عایق حرارتی،

در نظر گرفتن ملاحظات کامل هوابندی و بخاربندی، در محل تلاقی دیوارها و بازشوهای پوسته خارجی ساختمان، متناسب با شرایط آب و هوایی و خطر میعان.

- ضخامت پانل‌ها باید الزامات مندرج در مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان را به منظور صدابندی جدارهای داخلی و خارجی تأمین نماید. به این منظور لازم است برای جداگرهای داخلی از پانل‌های با حداقل ضخامت ۱۰ سانتی‌متر دو طرف اندود و برای دیوارهای خارجی، از پانل‌های با حداقل ضخامت ۲۰ سانتی‌متر دو طرف اندود و برای دیوارهای بین دو واحد مسکونی مستقل، از پانل‌های با حداقل ضخامت ۲۵ سانتی‌متر دو طرف اندود استفاده شود.

- تأمین الزامات مربوط به نفوذپذیری، دوام، تر و خشک شدن متوالی، سیکل های ذوب شدگی و یخزدگی و ... برای دیوارهای خارجی الزامی است.

- تأمین تمهیدات لازم جهت اجرای اندودهای تر و خشک از حیث مقاومت و دوام الزامی است.

- ویژگی‌های فنی و مکانیکی چسب یا ملات بکار برده‌شده برای اتصال پانل‌ها به یکدیگر و به سازه، باید منطبق بر استاندارد .... و سازگار با بتن AAC باشد.

- رعایت تمهیدات لازم جهت محدود نمودن جمع شدگی و تغییر شکل های ناشی از انبساط و انقباض حرارتی، در حد مجاز مطابق آئین‌نامه‌های مربوطه، الزامی است.

- محافظت میلگردهای موجود در قطعات مسلح در برابر خوردگی باید تامین شود. ار این راستا می‌توان از میلگردهای دارای پوشش محافظ استفاده کرد.

- رعایت استانداردهای مربوط به الزامات زیست محیطی و بهداشتی الزامی است.

فصل چهارم:
مصالح و فناوری‌ها

بخش اول

مصالح ساختمانی

۴-۱ تخته گچی مقاوم در برابر رطوبت و آتش

۴-۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

صفحات روکش‌دارگچی فرآورده‌ای هستند متشکل از یک هسته گچی که با ورقه‌های کاغذ مقاوم پوشش داده شده و به‌خوبی به آن‌ها چسبیده است تا صفحه‌ای مسطح و مستطیل شکل به‌وجود آورد. نوع سطوح کاغذی با توجه به نوع استفاده خاص از صفحه تغییر می‌کند و هسته گچی ممکن است برای ایجاد خواص تکمیلی دارای مواد افزودنی باشد. لبه‌های طولی صفحه با کاغذ مخصوص پوشیده شده و دارای مقطعی متناسب با نوع کاربرد است. در ایران صفحات روکش‌دار گچی در چهار نوع معمولی، مقاوم در برابر رطوبت، مقاوم در برابر آتش و مقاوم در برابر رطوبت و آتش تولید می‌شوند.

صفحات روکش‌دار گچی مقاوم در برابر رطوبت: صفحاتی هستند که گچ تشکیل دهنده آن‌ها با مواد مقاوم در برابر رطوبت ترکیب شده است. در فضاهای مرطوب مانند آشپزخانه و سرویس‌های بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

صفحات روکش‌دار گچی مقاوم در برابر آتش: صفحاتی هستند که گچ تشکیل دهنده آن‌ها حاوی الیاف شیشه می‌باشد. در محل‌هایی که نیاز به محافظت در برابر آتش وجود دارد مانند پوشش ستون‌ها و تیرهای فولادی کاربرد دارند.

صفحات روکش‌دار گچی مقاوم در برابر آتش و رطوبت: صفحاتی هستند که گچ تشکیل دهنده آن‌ها حاوی الیاف شیشه و مواد مقاوم در برابر رطوبت می‌باشد. در مکان‌هایی که به‌طور همزمان خواص مقاومت در برابر آتش و رطوبت مورد نیاز باشد مانند چاه‌های تأسیساتی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مزایای این فرآورده شامل موارد زیر است:

سرعت اجرایی بالا، اجرای بسیار آسان، دقت بالا در اجرا، کاهش بارمرده ساختمان، افزایش سطح مفید بنا، دستیابی به مشخصات فنی مورد نیاز طراح، قابلیت ترمیم و تعویض، دسترسی و تعمیرات آسان تاسیسات، انعطاف معماری بالا، تغییر فضاهای قدیمی و تغییر کاربری آن‌ها، حمل و نقل آسان و ارزان است.

۴-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

استفاده از صفحات روکش‌دار گچی با رعایت الزامات ارائه شده، به عنوان پوشش داخلی دیوارهای غیر سازه‌ای، برای مناطق با شرایط اقلیمی متفاوت مجاز می‌باشد از انواع مختلف صفحات می‌توان در دیوارهای جداکننده ساده با مقاومت مکانیکی زیاد مقاومت در برابر ضربه زیاد، تاسیساتی، با عملکرد صوتی خوب، با مقررات ویژه در برابر حریق استفاده کرد.

از جمله محدودیت های این مصالح به تنهایی یا بعنوان دیوار می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- هزینه این نوع صفحات زیاد است.
- به خصوص دیوارها با یک لایه تخته گچی، در مقابل ضربه مقاومت زیادی ندارند و صدای مناسبی هم در مقابل ضربه های معمول ندارند.
- اگر در طبقه پایینی ساختمان اجرا شود امنیت را در برابر حمله سارقان کاهش می‌دهد.

۴-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

برای تولید این نوع صفحات، گچ ساختمانی را با آب و مواد افزودنی در مخلوط‌کن ریخته و همگن می‌کنند. به طوری که خمیر سیال و زودگیر حاصل شود. این خمیر مایع بر روی کاغذ مخصوص که در روی نوار متحرکی قرار گرفته و به‌طور مداوم حرکت می‌کند ریخته می‌شود و هم‌زمان با این عمل ورق مقوایی دیگری بر روی سطح گچ ریخته شده، قرار می‌گیرد. در مرحله بعدی پس از کمی سخت شدن، ورق گچ به خشک‌کن مناسب هدایت شده و خشک می‌شود. آب اضافی آن به آرامی تبخیر می‌شود. این صفحات پس از خشک شدن بسته‌بندی شده و به محل انبار حمل می‌شود.

۴-۱-۴ مبانی طراحی و اجرا

-الزامات عمومی

الزامات عمومی شامل: مقاومت برشی، مقاومت در برابر آتش، مقاومت در برابر ضربه، نفوذپذیری بخار آب، نفوذپذیری هوا، مقاومت حرارتی، صدابندی هوابرد مستقیم و جذب صدا می باشد.

کلیه مشخصات فیزیکی و مکانیکی مربوط به این نوع صفحات (ابعاد و رواداری، گونیا بودن، چگالی، جذب آب سطحی و جذب آب کامل، سختی سطحی، چسبندگی هسته در دمای بالا، بارشکست و خیز تحت بار) و همچنین خصوصیات عملکردی سامانه‌های اجرا شده با این نوع صفحات باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۸۱۸ باشد. به فصل سوم، بخش دیوارهای غیر-سازه‌ای-سبک پیش‌ساخته LSF مراجعه شود.

-الزامات ایمنی در برابر آتش

تخته گچی به دلیل ماهیت فرآورده گچ، از نظر واکنش در برابر آتش خطر خاصی ندارد، معمولاً کاغذ روی این تخته‌های گچی می‌تواند در برابر آتش دچار سوختگی شود، اما به علت نازکی و نیز چسبیدن مستقیم روی گچ، به طور کلی خطر شعله وری و پیشروی شعله وجود ندارد. تطبیق جزئیات مصالح و اجرا با ضوابط مقاومت در برابر آتش ضروری است و در بسیاری از اوقات از دیوارهای خشک گچی برای تأمین مقاومت در برابر آتش استفاده می‌شود.

در ساختارهایی که مقاومت در برابر حریق برای آن‌ها مطرح است، عمدتاً از صفحات روکش دار گچی مقاوم در برابر آتش (و یا مقاوم در برابر آتش و رطوبت) استفاده می‌شود، اگرچه تأمین مقاومت در برابر آتش بر حسب جزئیات و انتظارات، با سایر انواع تخته نیز میسر است. با توجه به الزامات مبحث سوم

مقررات ملی ساختمان و یا الزامات مقاومت در برابر آتش در دستورالعمل اجرایی محافظت ساختمان‌ها در برابر حریق (نشریه ۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) این ساختارها می توانند به شرط مطابقت از نظر درجه الزامی مقاومت در برابر آتش بعنوان دیوارهای جداکننده مقاوم در برابر حریق بکار روند.

۴-۲ سنگ مصنوعی

۴-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

سنگ مصنوعی از ترکیب سنگ‌های طبیعی با مواد افزودنی پلیمری به دست می‌آید. دلیل تولید سنگ مصنوعی ایده‌های طراحان و آرشیتکت‌ها در زیباتر کردن فضاهای درونی و بیرونی ساختمان‌ها و پیشرفت صنعت ساختمان بوده است.

مزایای این فراورده ها شامل موارد زیر است:

گرچه مواد اولیه تولید سنگ‌های مصنوعی از سنگ‌های طبیعی تهیه می‌شود ولی امکان تعیین رنگ و طرح مورد نظر با افزودن رنگدانه‌ها و به کار بردن جنس‌های مختلف در سنگ‌های مصنوعی وجود دارد. واکنش در برابر آتش این فراورده‌ها نسبت به سنگ طبیعی مناسب نیست و حتما لازم است اعلام شود.

شکل ۴-۱ تنوع رنگی سنگ مصنوعی

۴-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

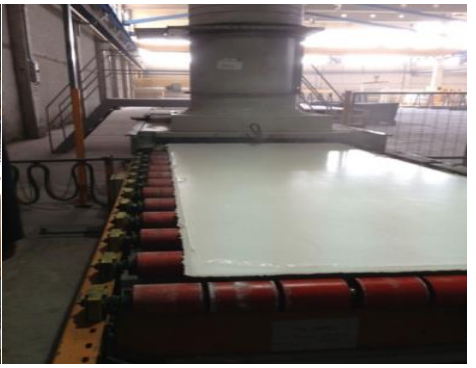
دامنه کاربرد این فرآورده‌ها در کف و پله ها و دیوار داخلی و خارجی ساختمان است. همچنین در کانتر آشپزخانه و میز سرویس بهداشتی و دکوراسیون داخلی از این فراورده استفاده می‌شود. محدودیت کاربرد این فرآورده‌ها در پوشش سقف‌های داخلی و بیرونی است. طراحی و اجرای این سنگ‌ها برای کاربرد در نمای خارجی باید بر اساس آخرین ویرایش نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه باشد.

۴-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

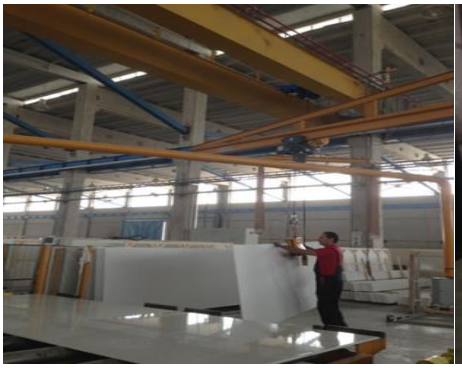
سیلیس و رنگ‌ها و رزین و دیگر مواد افزودنی با مقادیر مشخص و اندازه‌گیری شده به دستگاه مخلوط کن وارد شده و اختلاط انجام می‌شود. مواد اولیه کاملاً مخلوط شده به صورت گرانول در می‌آید. گرانول‌ها وارد آسیاب و بعد قالب پرس می‌شوند. سپس قالب‌ها وارد کوره با دمای حدود ۱۰۰ درجه سلسیوس می‌شوند و عمل فراوری انجام می‌گیرد. سنگ تولید شده پس از سرد شدن از نظر ضخامت توسط الماس کالیبره می‌شود. سپس در قسمت ساب و صیقل، سطح آن صیقلی می‌شود. بخش نهایی خشک کن است که تنها از باد استفاده می‌شود. سنگی که از خشک کن خارج می‌شود به بخش کنترل کیفی می‌رود تا از نظر ظاهر (براقی، ضخامت، انحراف ابعادی و ...) کنترل شود.

شکل ۴-۲ سیلوهای نگهدارنده گرانول

شکل ۴-۳ خروجی آون



شکل ۴-۴ خروج از دستگاه خنک کننده



شکل ۴-۵ انتقال اسلب‌ها

۴-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا

الزامات این فراورده مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۰۱۹" سنگ مصنوعی–ورق سنگ ها (اسلب‌ها) و کاشی‌ها برای پوشش دیوار (داخلی و خارجی)" و استاندارد ملی ایران به شماره ۱۸۸۱۰" سنگ مصنوعی –کاشی‌های مدولار برای پوشش کف و پله‌ها (داخلی و خارجی)–ویژگی‌ها است که شامل موارد به شرح زیر است:

چگالی ظاهری و جذب آب، مقاومت خمشی، مقاومت سایشی، مقاومت شیمیایی، مقاومت در برابر لک‌شدگی، مقاومت فشاری، مقاومت سطح کاشی در برابر خراشیدگی (سختی موهس)، ابعاد خطی، خصوصیات هندسی و کیفیت سطحی، مقاومت در برابر ضربه، مقاومت در برابر شوک حرارتی، مقاومت در برابر آب جوش و بخار آب، مقاومت در برابر آتش سیگار، واکنش در برابر آتش.

طراحی و اجرای این محصول برای کاربرد در نمای خارجی باید بر اساس آخرین ویرایش نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه باشد.

-الزامات ایمنی در برابر آتش

با توجه به نتایج آزمون‌های آتش استاندارد و طبقه‌بندی از نظر واکنش در برابر آتش، برای کاربرد سنگ مصنوعی در نمای خارجی ساختمان، لازم است عملکرد آن در برابر آتش از طریق آزمون‌های آتش استاندارد ارزیابی و پس از طبقه‌بندی استاندارد ملی ایران شماره ۱–۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN13501-1، الزامات مربوط به نمای را مطابق ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، برآورده نماید. به طور کلی آن دسته از سنگ‌های مصنوعی که چسباننده آن‌ها از نوع معدنی می‌باشد، خطری از نظر آتش ندارند، اما انواعی که چسباننده

آن‌ها از نوع رزین‌های آلی باشد، معمولاً در برابر آتش شعله‌ور شده و بعضاً ممکن است رفتار خطرناکی در برابر آتش از خود بروز دهند.

-روش اجرا

با توجه به میزان جذب آب این محصول از سیستم نصب با ملات سیمان باید پرهیز شود. بهتر است در آخرین مرحله کاری نصب این نوع سنگ انجام شود:

از دو روش برای نصب این نوع سنگ استفاده می‌شود. روش اول نصب بر روی کف و جداره با زیرسازی سیمانی، موزائیک و سرامیک است. در این روش ابتدا سطح بستر کاملا تمیز و صاف و خشک می‌شود. باید دقت شود سطح از هرگونه ترک عاری باشد. دمای مناسب برای نصب این نوع سنگ‌ها بین ۱۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس است و مهم است که فضا حتما سر پوشیده باشد.

چسب مخصوص به توصیه کارخانه بوسیله ماله شآن‌های به ضخامت حدود ۵ میلی‌متر روی زمین و بر پشت سنگ زده می‌شود و سپس در محل قرار داده و به وسیله پتک پلاستیکی رگلاژ می‌شود.

در روش دوم که مربوط به نصب بر روی کف و جداره با سطوح ناصاف است لازم است ابتدا ۲۴ ساعت قبل از نصب یک لایه چسب به ضخامت ۳ میلی‌متر بر پشت قطعات سنگ کشیده شود و خشک شود. ملاتی از جنس ماسه سیمان با عیار حداقل ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع سیمان به صورت کم آب ساخته شده و در کف، پخش شود. مقداری دوغاب سیمان روی سطح ملات پخش شده ریخته و بعد تایل‌ها را روی آن قرار میدهند و با پتک لاستیکی رگلاژ می‌شود. این روش برای نصب سنگ‌های مصنوعی را می‌توان بر روی دیوار داخلی نیز استفاده نمود. فقط باید پس از رگلاژ از دوغاب ماسه سیمان برای محکم کردن آن‌ها استفاده نمود. ایجاد بند بین تایل‌ها به ضخامت حداقل ۲ میلی‌متر الزامی است. روش نصب خشک و استفاده از سیستم‌های مهاربند نیز برای این فراورده در محل‌های با شرایط محدود وجود دارد.

در صورتی که سنگ‌های مصنوعی در نما به کار روند رعایت الزامات سازه‌ای نصب و اجرا در نشریه ۷۱۴ (بند ۲-۳-۲) الزامیست.

۴-۳ چسب دوجزئی اپوکسی

۴-۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

چسب دو جزئی بر پایه اپوکسی‌ها ترکیبی است از دو جزء که جزء اول شامل یک یا چند نوع رزین اپوکسی و جزء دوم شامل یک یا چند عامل بهبود دهنده، که در نتیجه مخلوط شدن دو جزء ترکیب سخت نهایی حاصل می‌شود. اجزاء ممکن است در یک پرکننده خنثی و بی اثر گنجانده شوند. محصول نهایی دارای کاربردهای متنوعی، به خصوص در بخش کاربردهای باربر و غیرباربر در اتصال قطعات بتنی به یکدیگر، اتصال بتن و ملات تازه به بتن بستر یا فولاد، تعمیر، ترمیم و تقویت سازه‌های بتنی، آب بندی سطوح بتنی، نصب سنگ، کاشی و سرامیک مقاوم در برابر اسید حاصل می‌شود.

مزایای این فراورده ها به شرح زیر است:

کمک به سبک‌سازی ساختمان، سرعت بالای سخت شدن، چسبندگی مناسب در شرایط سخت (سرد و مرطوب)، حفظ استحکام بعد از غوطه وری طولانی مدت در آب، استحکام کششی و فشاری بهتر نسبت به بتن و مقاومت شیمیایی بسیار مناسب اشاره کرد.

در مقابل این محصول دارای معایب زیر است:

- اتصال به وجود آمده غیر قابل گسست است. بنابراین انجام تعمیرات تقریبا غیرممکن است.
- اکثر انواع نمی‌توانند دماهای بسیار زیاد را تاب آورند و ممکن است در مواجهه با حرارت شدید دچار شکست شوند.

۴-۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

محصولات چسب دو جزئی پایه اپوکسی دارای کاربردهای متنوعی، از جمله کاربردهای باربر و غیر باربر شامل موارد زیر است:

- کاربردهای غیر باربر برای چسباندن بتن سخت شده به بتن سخت شده یا دیگر مصالح، یا به عنوان چسباننده در ملات‌ها و یا بتن‌های اپوکسی
- کاربردهای غیر باربر برای چسباندن قطعات بتن تازه مخلوط شده به بتن سخت شده

- کاربردهای اتصال مواد مقاوم در برابر سایش به بتن سخت و یا به عنوان اتصال دهنده ملات‌ها و یا بتن‌های اپوکسی مورد استفاده در سطوح حامل ترافیک (یا سطوح تحت حرکات حرارتی یا مکانیکی)

- کاربردهای باربر برای چسباندن بتن سخت شده به بتن سخت شده یا دیگر مصالح، یا به عنوان چسباننده در ملات‌ها و یا بتن‌های اپوکسی

- کاربردهای باربر برای چسباندن بتن تازه مخلوط شده به بتن سخت شده

- چسباندن و آب بندی قطعات عناصر پیش ساخته پی‌های داخلی و نصب دهانه به دهانه هنگامی که پیش تنیدگی موقت اعمال شده باشد

- برای استفاده به عنوان آب بند حامل بدون فشار در قطعه عناصر پیش ساخته در صورت عدم کاربرد پیش تنیدگی موقتی دهانه به دهانه.

- سیستم‌های رزین اپوکسی به طیف گسترده‌ای از مواد از جمله چوب، فلزات، سنگ، بسیاری از پلاستیک‌ها می‌چسبند. پلی اتیلن‌ها، سلفون‌ها، سطوح روغنی و واکس خورده و فلوئوروکربن‌ها از معدود موادی هستند که با این سیستم نمی‌چسبند.

- استفاده از این محصول برای چسباندن سنگ، سرامیک یا هر نوع قطعه در نمای خارجی ساختمان ممنوع می‌باشد.

۴-۳-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

مواد اولیه شامل رزین، بهبود دهنده، پرکننده و مواد افزودنی دیگر براساس سفارش توزین می‌شوند سپس با آسیاب مخصوص مواد مخلوط می‌شوند. واحد کنترل کیفیت آزمایش‌های لازم را براساس دستورالعمل، شاخص‌ها و معیارها بر روی محصول انجام می‌دهد اگر مشکلی وجود داشته باشد باید اصلاح شود و در صورت تایید مجدد آزمایشگاه محصول به قسمت بسته‌بندی منتقل می‌گردد.

۴-۳-۴ مبانی طراحی و اجرا

-الزامات عمومی

ویژگی‌های این چسب‌ها مطابق استاندارد بین المللی شماره ASTM C881/C881M–02 با عنوان "استاندارد ویژگی‌های سیستم‌های چسباننده بر پایه رزین اپوکسی برای بتن" بررسی می‌شود.

الزامات این استاندارد شامل موارد زیر است:

تعیین وزن مخصوص و چگالی به روش غوطه‌ورسازی، تعیین زمان ژل شدن، تعیین غلظت، تعیین درصد جذب آب ۲۴ ساعته، تعیین مقاومت فشاری ۷ روزه، تعیین مقاومت کششی ۷ روزه، تعیین مقاومت چسبندگی در مقابل نیروی برشی زاویه دار با استفاده از بتن ۲روزه و ۱۴ روزه، تعیین مقاومت کششی در مقابل نیروی برشی ، تعیین ضریب انبساط خطی

-الزامات ایمنی در برابر آتش

برای چسب‌ها الزامی از نظر واکنش در برابر آتش در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، قید نشده است با این حال، در صورت نیاز با ارزیابی از طریق آزمون های استاندارد آتش، درباره حوزه کاربرد فرآورده می توان اظهار نظر نمود. لازم به ذکر است که در اکثر اوقات به علت ضخامت اندک چسب و پوشیده بودن آن با سایر مصالح، خطری از نظر آتش ایجاد نمی‌کند، اما از طرف دیگر، خاصیت چسبندگی آن در دمای بالا از بین رفته و ممکن است سیستم دچار ریزش شود، بنابراین در مواقع نیاز باید به این موضوع در هنگام طراحی جزئیات توجه نمود.

-روش اجرا

تولیدکنندگان الزام به ارائه دستورالعمل فنی دارند. ملزومات نصب نیز توسط تولیدکننده و یا وارد کننده ارائه می‌شود.

- آماده سازی سطح

سطوح فولادی: برای این سطوح لازم است حتماً نقاطی که لقمه گذاری روی آن انجام می‌شود از هرگونه آلودگی زنگ زدگی، چربی و رنگ پاک شده و سطح فلز کاملا مشخص گردد.

سطوح بتنی: جهت آماده سازی این سطوح لازم است سطح کاملا خشک و عاری از گرد و غبار و چربی باشد.

- اختلاط

با دو کاردک مجزا از دو جزء به مقدار مساوی وزنی برداشته و بر روی یک سطح غیر جاذب تمیز مطابق تصویر زیر مخلوط کرده و به حدی هم میزنیم تا خمیری یکدست و یکرنگ بدست آید (حدود ۳ دقیقه). از زمان ترکیب دو جزء ۱۵ دقیقه زمان کارکرد چسب می‌باشد و ۱۲ ساعت بعد از اتمام زمان کارکرد، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس چسب کاملاً خشک می‌شود. محصول پس از گذشت ۷ روز از اجرا به مقاومت نهایی می‌رسد و قابلیت سرویس‌دهی ایمن را داراست.

شکل ۴-۶ اختلاط دو جزء

- لقمه گذاری و نصب

سطوح باید تمیز و عاری از هرگونه گرد و غبار و چربی باشد، چسب زنی باید در شرایط زیر باشد:

- دمای محیط بالای ۱۰ درجه سلسیوس؛
- دمای سطح ۳ درجه بالاتر از نقطه شبنم؛
- رطوبت نسبی کمتر از ۸۰ درصد.

چنانچه سطوح مورد نظر فلزی باشد آن را چربی‌زدایی و سمباده نمایید. در سطوح بتنی و سیمانی قسمت‌های سست سطح را کنده و حتی الامکان سطح را خراش دهید. با این عمل چسبندگی چسب به سطوح بتنی زیاد می‌شود. با کاردک به اندازه کافی از چسب مخلوط شده را برداشته و مطابق تصویر زیر لقمه‌ها را در فواصل مناسب و مساوی از هم روی سنگ قرار داده و سنگ را بر روی زیر ساخت از پیش تعیین شده تنظیم و رگلاژ و در نهایت می‌چسبانیم.

شکل ۴-۷ کندن قسمت‌های سست و لقمه گذاری

در فریم‌های فلزی لقمه‌های چسب بر روی فریم قرار می‌گیرد و سطحی که چسب بر روی آن قرار دارد باید مطابق تصویر زیر با سنگ فرز سائیده شود.

شکل ۴-۸ نصب بر روی فریم فلزی

۴-۴ چسب پلی‌یورتان (فوم ملات) جایگزین ملات پایه سیمانی

۴-۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

فوم ملات یک چسب بر پایه پلی‌یورتان است که برای اتصال بلوک‌های ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از نقاط ضعف در عملکرد دیوارها به خصوص دیوارهای ساخته شده از انواع بلوک، عدم چسبندگی مناسب و کافی بین ملات و بلوک می‌باشد.. با انجام مطالعات روی میزان چسبندگی، مقاومت و دوام چسب پلی‌یورتان و همچنین بررسی عملکرد دیوارهای ساخته از آن تحت اثر بارهای خارجی، در شرایط کنونی امکان جایگزینی آن با ملات‌های پایه سیمانی سنتی، وجود دارد.

شکل ۴-۹۶ فوم ملات پلی‌یورتان با بلوک‌های AAC

با توجه به اینکه فوم ملات پلی‌یورتانی در فاصله زمانی کمتر از ۲۴ ساعت به مقاومت حداکثر خود می‌رسد می‌تواند جایگزین خوبی برای ملات‌های پایه سیمانی موجود باشد که مدت زمان کسب مقاومت آن مشابه سایر مواد پایه سیمانی طولانی مدت است.

شکل ۴-۱۰ فوم ملات پلی‌یورتان با بلوک‌های سفالی

۴-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

با توجه به مطالعات انجام شده در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در شرایط کنونی استفاده از این ماده در دیوارهای تیغه داخلی و دیوارهای خارجی با بلوک‌های سفالی و AAC با رعایت الزامات زیر به عنوان جایگزین ملات پایه سیمانی مجاز می‌باشد. در این حالت، فوم پلی‌یورتان در داخل دیوار و در محل درزهای بین بلوک‌های دیواری، قرار خواهد گرفت.

درجه حرارت هوا در زمان استفاده از چسب باید در محدوده ۱۵- تا ۵۵+ درجه سانتی‌گراد و دمای قوطی چسب پلی‌یورتان صفر تا ۴۰+ درجه سانتی‌گراد باشد.

حداقل مدت زمان عمل آوری چسب پلی‌یورتان در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد ۲۴ ساعت و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد ۷۲ ساعت می‌باشد.

در طول مدت انبارداری، فوم چسب نباید تغییر رنگ داده و در درجه حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد نباید افت وزنی قابل توجه داشته (۷٪) یا ترک خورده و گچی شود. همچنین نباید روی سطح بنایی لکه و اثری باقی بگذارد.

مقاومت در برابر یخ‌زدگی (یخ‌زدن و آب‌شدن) باید براساس شرایط محل مصرف، بررسی شود و الزامات ملات‌های بنایی استاندارد را برآورده سازد.

حداکثر طول آزاد دیوار تیغه داخلی یا دیوار خارجی ۴ متر می‌باشد.

۳-۴-۴ روش تولید و کنترل کیفیت

پلی‌یورتآن‌ها (PU یا PUR) جزو دسته پلیمرهای واکنشی و شامل واحدهای آلی با اتصالات یورتانی هستند. پلی‌یورتآن‌ها از واکنش یک ایزوسیانید حاوی دو یا چند گروه ایزوسیانات به ازای هر مولکول با یک دی ال حاوی دو یا چند گروه هیدروکسیل درحضور یک کاتالیست یا در حضور نور ماورا بنفش تهیه می‌شوند. خواص پلی‌یورتآن‌ها بسیار متاثر از نوع ایزوسیانات یا دی ال استفاده شده برای تهیه این گونه پلیمرهاست.

اجزای تشکیل دهنده فوم ملات پلی‌یورتانی نباید در تماس با مصالح، واکنش نامطلوب یا خورنده داشته باشند.

به منظور اطمینان از خصوصیات مناسب فوم ملات پلی‌یورتان لازم است آزمون‌های کنترل کیفی روی نمونه فوم ملات و همچنین آزمون‌های عملکردی شامل آزمون کشش قطری، مقاومت فشاری و مقاومت خمشی روی دیوار بلوکی ساخته شده به وسیله فوم ملات انجام شود. مقاومت فشاری واحد بنایی، استحکام خمشی اتصال، آزمون‌های ضربه و نیروی خارج از صفحه با فوم ملات پلی‌یورتان باید مطابق با (ICC- AC362) انجام شود. مقاومت برشی بر اساس استاندارد ASTM C۱۶۶۰ باید بیشتر از ۳ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع باشد.

۴-۴-۴ مبانی طراحی و اجرا

ضروری است درزهای افقی و قائم بلوک سفال و AAC قبل از مصرف چسب پلی‌یورتان از هرگونه گرد و غبار زدوده شود.

چسب باید در دو خط موازی هم به عرض حداقل ۲ سانتی‌متر در بستر افقی ملات خور بلوک و وجوه قائم آن اجرا شود. همچنین ضخامت چسب مصرفی بین بلوک‌ها باید یکنواخت باشد. حداقل مقدار چسب مورد استفاده برای اتصال بلوک‌های سفالی و AAC، ۸۰ گرم بر یک متر مربع است.

برای دیوارهای بین واحدها که نیاز به تامین مقاومت در برابر آتش است، فضای خالی باید به وسیله مصالح آتش‌بند پر شود.

چسب پلی‌یورتان سخت شده نباید در تماس با آتش شعله‌ور شود و باید از نوع خودخاموش‌شو (کندسوز) باشد. با توجه به بررسی‌ها و تحقیقات انجام شده تاکنون، نازک‌کاری با اندود گچ به ضخامت حداقل

۱۲٫۵میلی‌متر یا اندود ماسه و سیمان به ضخامت حداقل ۲۰ میلی‌متر بر روی سطح دیوار متشکل از بلوک سفالی یا AAC و چسب پلی‌یورتان مذکور الزامی است.

طراحی و اجرای دیوارهای اجرا شده با این نوع چسب در دیوارهای AAC باید الزامات دستورالعمل ض-۸۲۳ با عنوان طراحی و اجرای دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های بتن هوادار اتوکلاو شده (AAC) و در خصوص دیوارهای سفالی باید الزامات ضابطه ض-۸۱۹ با عنوان راهنمای طراحی سازه‌ای و جزئیات اجرایی دیوارهای غیرسازه‌ای، تهیه شده توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی را برآورده نماید.

لازم به ذکر است درخصوص عملکرد فوم ملات پلی‌یورتان در مورد سایر مصالح دیوارچینی آزمایش‌های کامل باید توسط مراجع ذیصلاح صورت گیرد و پژوهش روی این محصول همچنان ادامه دارد.

۴-۵ وصله مکانیکی میلگردها با کوپلرهای پیچی

۴-۵-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

وصله مکانیکی میلگردها به یکدیگر که با به‌کارگیری وسایل مکانیکی خاص انجام می‌شود یکی از روش‌هایی است که بر اساس ضوابط بند ۹-۲۱-۴ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان مجاز شمرده شده است. وصله‌های مکانیکی انواع مختلفی دارند که جدا از شکل و نحوه بسته شدن آن‌ها باید دارای عملکردی یکسان تحت نیروهای کششی باشند. وصله‌های پیچی یکی از انواع متداول وصله‌های مکانیکی می‌باشند. کوپلرهای پیچی در انواع راست‌گرد، چپ گرد، کوپلر با رزوه چپ و راست و کوپلر تبدیل، تولید می‌شوند (شکل ۴-۱۱و شکل ۴-۱۲).

شکل ۴-۱۱ کوپلر برای میلگردهای هم اندازه

شکل ۴-۱۲ کوپلر تبدیل

رزوه‌کاری میلگرد ساختمانی توسط دستگاه مخصوص و به روش فرم‌دهی سرد و به صورت مکانیکی انجام می‌گیرد. کوپلرها به روش ماشین‌کاری و بدون نیاز به عملیات حرارتی و سخت‌کاری تولید می‌شوند.

معمولاً برای ایجاد وصله‌های مکانیکی پیچی از وصله‌های فولادی با مقاومت بالاتر از فلز میلگرد به شکل غلاف استفاده می‌شود. اتصال غلاف‌ها به میلگردها از طریق ایجاد رزوه بر روی بدنه میلگرد و داخل غلاف صورت می‌گیرد.

۴-۵-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

وصله مکانیکی میلگردها عمدتاً به منظور حذف همپوشانی میلگردها و کاهش تراکم میلگرد در نواحی وصله مورد استفاده قرار می‌گیرد. وصله‌های مکانیکی برای میلگرد تا رده S 500 و از سایز ۱۶ الی۵۰ میلی‌متر قابل استفاده می‌باشد. در وصله مکانیکی پیچی، میلگردها باید به گونه‌ای رزوه شوند تا سطح مقطع موثر میلگرد در محل ایجاد رزوه نسبت به قبل از رزوه کاهش نیابد.

۴-۵-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

وصله مکانیکی پیچی میلگردها از دو بخش تشکیل می‌شود. بخش اول قطعه اتصال دهنده (کوپلر) است که در کارخانه ساخته می‌شود و بخش دوم آماده سازی میلگردها می‌باشد که می‌تواند در کارخانه و یا در محل انجام شود.

بخش اتصال دهنده فولادی استوآن‌های با مقاومت بالا است که با عملیات تراشکاری به استوآن‌های توخالی رزوه‌کاری شده از داخل تبدیل می‌شود. ابعاد قطعه کوپلر وابسته به قطر میلگرد وصله شونده، رده میلگرد و مقدار نیروی کششی مورد نیاز می‌باشد. رزوه‌کاری میلگرد ساختمانی توسط دستگاه مخصوص و به روش فرم‌دهی سرد و به صورت مکانیکی انجام می‌گیرد.

۴-۵-۴ مبانی طراحی و اجرا

استفاده از وصله‌های مکانیکی در انواع سازه‌های بتن‌آرمه مانند: تیر، ستون، دیوار و ... در صورت رعایت ضوابط طراحی و اجرایی مربوط به وصله‌های مکانیکی مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه" و آئین‌نامه ACI 318-11 مجاز است.

رعایت ضوابط فصل ۲۱ آیین‌نامهٔ ACI 318-11 در مورد استفاده از وصله‌های مکانیکی در سازه‌های با شکل‌پذیری متوسط و زیاد الزامی است. روش آزمایش اتصالات مکانیکی از نوع کوپلر باید مطابق ضوابط استاندارد ASTM A1034 بسته انجام شود.

مسئول تامین کیفیت محصول، شرکت تولید کننده بوده و دستگاه نظارت بر اجرای ساختمان نیز باید کلیه کنترل‌های لازم را به‌عمل آورد. صدور تاییدیه‌ها از سوی این سازمان تضمین کننده کیفیت محصول نبوده و به هیچ وجه رافع مسئولیت‌های طراح، تولید کننده و دستگاه‌های نظارتی در تولید و استفاده از آن نمی‌باشد.

بخش دوم

مصالح مورد استفاده در ابنیه

۴-۶ ژئوسنتتیک‌ها

۴-۶-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

ژئوسنتتیک متشکل از دو واژه ژئو به معنی زمین، سنگ، خاک و سنتتیک به معنی هرآنچه به صورت مصنوعی توسط بشر ساخته شده باشد (مانند پلمیر) است. محدوده وسیعی از مواد اولیه پلیمری مانند پلی‌استر (PET)، پلی‌اتیلن (PE)، پلی‌اتیلن با چگالی بالا (HDPE)، پلی‌اتیلن با چگالی پایین (LLDPE)، پلی‌پروپیلن (PP)، پلی‌ویلن‌کلراید (PVC)، پلی پروپیلن‌های انعطاف‌پذیر (FPP)، پلی‌اتیلن‌های کلروسولفات (CSPE) و تری پلیمرهای اتیلن و پروپیلن (EPDM) و پلی‌آمیدها و ... در تولید ژئوسنتتیک‌ها مورد استفاده‌اند. پلی‌اتیلن پلیمری است که از پلیمریزاسیون مونومرهای اتیلن به دست می‌آید.

از سال ۱۹۳۰ میلادی چرخه تولید این محصول، در شرایط فشار و دمای بسیار بالا آغاز گردید. در اواسط سال ۱۹۵۰ روش‌های تولید در دماها و فشارهای پایین‌تر ارائه گردید که منجر به تولید پلی‌اتیلن با چگالی بالاتر (HDPE)، مقاومت مکانیکی، شیمیایی و نفوذناپذیری برتر شد. در دهه‌های اخیر به دلیل سرعت بالای اجرا، دوام و سایر خواص منحصر به فرد مکانیکی و عملکردی، به کارگیری این محصولات توسعه یافته است. از دیرباز مواد و محصولات مختلفی به همراه خاک، به منظور اصلاح مشخصات مکانیکی، افزایش ظرفیت باربری و محافظت خاک استفاده می‌شوند. ژئوسنتتیک‌های امروزی نیز با هدف و کارکردی مشابه مورد استفاده هستند. در پی پیشرفت‌های اخیر در صنعت پلیمر، توسعه کاربرد ژئوسنتتیک‌ها روند بسیار سریع به خود گرفته است. بارزترین نشان پیشرفت و پذیرش این محصول از سوی صنایع مختلف را می‌توان در تشکیل انجمن بین المللی ژئوسنتتیک (IGS) در سال ۱۹۸۲ دانست. سابقه استفاده از ژئوسنتتیک‌ها در آمریکا و اروپا به ترتیب به اوایل دهه ۵۰ میلادی و دهه ۷۰ میلادی باز می‌گردد.

علاوه بر مواد اولیه، ژئوسنتتیک‌ها از نظر مشخصات ظاهری و کاربرد نیز دارای تنوع می‌باشند. انواع ژئوسنتتیک‌ها عبارتند از انواع ژئوتکستایل‌های بافته و نبافته (WGT/NWGT)، ژئوگریدها (GG)، ژئوممبرین‌ها (GM)، ژئوسل‌ها (GC)، ژئونت‌ها (GN) و پوشش‌های رسی ژئوسنتتیکی (GCL). بعضاً برای استفاده هم زمان از ویژگی‌ها؛ دو یا چند ژئوسنتتیک ترکیب شده و تشکیل ژئوکامپوزیت می‌دهند. ژئوسنتتیک‌ها بسته به مشخصات مواد اولیه و طراحی محصول به عنوان مسلح‌کننده خاک، لایه جداساز، لایه محافظ در برابر فرسایش، لایه نفوذناپذیر، لایه فیلتر و لایه زهکش استفاده می‌شوند. در ادامه مزایا، معایب، الزامات عمومی و مراجع فنی بین‌المللی پیرامون انواع ژئوسنتتیک‌ها مرور شده است. در شکل ۴-۱۳ تصویر انواع ژئوسنتتیک‌های متداول نشان داده شده است.

از مزایای عمده استفاده از ژئوسنتتیک‌ها سهولت اجرا، سرعت نصب بالا و کاهش هزینه‌های ساخت می‌باشد. این مواد دارای مقاومت کششی مناسب و انعطاف‌پذیری مطلوب در برابر بارهای وارده و نشست‌های نامتقارن هستند. از دیگر مزایای کاربرد ژئوتسنتتیک‌ها می‌توان به مقاومت مطلوب در برابر انواع مواد شیمیایی از قبیل اسیدها، بازها و نمک‌ها و خنثی بودن شیمیائی و عدم واکنش با مواد دیگر اشاره نمود.

در صورت قرارگیری ژئوسنتتیک‌ها در معرض تابش اشعه ماوراء بنفش و یا در مواجهه با شرایط جوی سخت، ارزیابی مقاومت و دوام این محصولات ضروری است. برخی از انواع پلیمرها در سرمای شدید دچار ترک‌خوردگی می‌شوند و یا در مقابل هوازدگی و دمای بسیار بالا ضعیف عمل می‌نمایند.

برای ژئوسنتتیک‌ها، الزامی از نظر واکنش در برابر آتش در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، قید نشده است. اما با توجه به ماهیت پلیمری فرآورده، ارزیابی از طریق آزمون‌های استاندارد آتش، درباره عملکرد واکنش در برابر آتش فرآورده و حدود کاربرد آن می‌تواند بر اساس عملکرد، کاربرد و انتظارات فنی طرح، انجام پذیرد.

۴-۶-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

با توجه به وسعت موضوع و تنوع کاربرد ژئوسنتتیک‌ها، تاکنون مرجع یکپارچه و جامع بین‌المللی پیرامون مشخصات فنی، روش‌های کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش همه انواع محصولات ژئوسنتتیک، ارائه نشده است. موسسه ژئوسنتتیک (GSI)، انجمنی متشکل از ۵۳ عضو فعال در زمینه ژئوسنتتیک‌ها می‌باشد. اعضاء موسسه مشتمل بر طراحان، تولیدکنندگان، مشاورین، مجریان، موسسات کنترل‌کننده کیفیت، آزمایشگاه‌ها و تامین‌کنندگان افزودنی و رزین هستند. موسسه تحقیقات

ژئوسنتتیک (GRI) برای برخی از انواع پرکاربرد ژئوسنتتیک‌ها مانند ژئوممبرین‌ها، ژئوتکستایل‌ها، پوشش‌های رسی و ژئوگریدها، روش‌های آزمون، مشخصات فنی مورد نیاز و بازه‌های زمانی انجام آزمون‌ها را در قالب راهنماهای GRI ارائه نموده است.

الف) انواع ژئوتکستایل بافته و نبافته

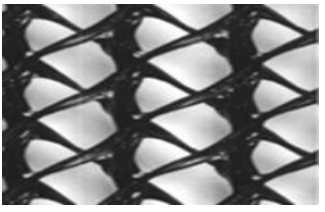
ب) انواع ژئوگرید یک محوره و دومحوره

پ) انواع ژئوممبرین

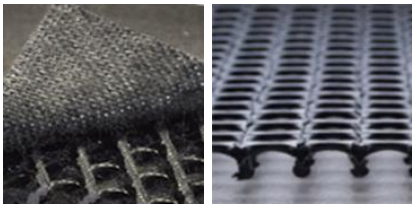
ت) ژئوسل

ث) انواع ژئونت

ج) پوشش‌های رسی ژئوسنتتیکی



چ) انواع ژئونت سه محوره



ح) انواع ژئوکامپوزیت‌ها

شکل ۴-۱۳ انواع ژئوسنتتیک‌ها

تطابق مشخصات فنی محصولات ژئوسنتتیکی تولیدی با مشخصات فنی ارائه شده در راهنماهای GRI به معنی تضمین کیفیت و کارایی محصولات در زمان استفاده و کاربری نبوده و رافع مسئولیت طراح، ناظر و مجری پروژه نمی‌باشد. در راهنماهای GRI، روش‌های انجام آزمون ASTM به عنوان مرجع روش انجام آزمون‌ها معرفی شده‌اند. لازم به ذکر است که EPA، FHWA و AASHTO هر یک به طور جداگانه الزامات و ضوابطی، متناسب با نوع ژئوسنتتیک و کاربرد آن ارائه نموده‌اند. در ادامه برای انواع پرکاربرد انواع ژئوسنتتیک‌ها، مشخصات فنی، روش‌های کنترل کیفیت، استانداردها و مراجع فنی مرتبط ارائه شده است.

-انواع ژئوسنتتیک‌ها

-ژئوتکستایل‌ها:

از نظر ظاهری شبیه پارچه می‌باشند و در دو نوع بافته شده (WGT) و بافته نشده (NWGT) تولید می‌شوند. در انواع بافته نشده از روش‌های چسباندن یا بافت با سوزن استفاده می‌شود. در راهسازی از ژئوتکستایل‌ها برای زهکشی زیرسطحی، جداسازی لایه ریزدانه و درشت‌دانه، فیلتراسیون، پایدارسازی و لایه محافظ در برابر فرسایش استفاده می‌شود. مطابق AASHTO M288 ژئوتکستایل‌های بافته و نبافته بسته به مشخصات مکانیکی و فیزیکی در سه کلاس طبقه‌بندی می‌شوند. ژئوتکستایل‌های بافته عموماً نسبت به ژئوتکستایل‌های نبافته از ازدیاد طول کمتر و مقاومت کششی بالاتری برخوردارند. مطابق AASHTO M288 از روش‌های آزمون ASTM، D4632، D4533، D6241، D4491، D4751 و D4355 برای طبقه‌بندی انواع ژئوتکستایل‌ها استفاده می‌شود. برای کاربردهای مورد اشاره در راهسازی، بسته به رده ژئوتکستایل، مشخصات فنی مورد نیاز در AASHTO M288 ارائه شده است. عموماً از ژئوتکستایل نبافته به خاطر خواص زهکشی بهتر برای فیلتراسیون و از ژئوتکستایل بافته با ازدیاد طول کنترل شده برای جداسازی لایه‌ها استفاده می‌شود. در انواع نبافته به دلیل ازدیاد طول نسبی قابل توجه، کاربرد ژئوتکستایل به عنوان مسلح‌کننده دارای محدودیت می‌باشد. در صورت استفاده از ژئوتکستایل‌ها به صورت مسلح‌کننده لازم است، مقاومت بلند مدت این مصالح تحت اثر خرابی‌های حین نصب، خزش و زوال شیمیایی و بیولوژیکی مورد توجه قرار گیرد. روش استاندارد تعیین مقاومت و سختی بلند مدت ژئوسنتتیک‌ها (ژئوتکستایل و ژئوگرید) در AASHTO R69 ارائه شده است.

شکل ۴-۱۴ نمونه استفاده از ژئوتکستایل به عنوان مسلح‌کننده و جداساز لایه‌ها

ژئوگریدها:

با ساختار شبکه‌ای و دنده‌ای دارای انواع یک محوره (UX)، دو محوره (BX) و سه محوره مثلثی (TX)، به روش کشیدن یا سوراخ کردن، تولید می‌شوند. کاربرد عمده ژئوگریدها به عنوان مسلح‌کننده در دیوارهای حائل، پایدارسازی شیب‌ها و دیواره تونل‌ها می‌باشد. لازم است برای تعیین مقاومت و سختی بلند مدت ژئوگریدها مطابق AASHTO R69 عمل شود. در این زمینه راهنماهای GRI-GG4(a), (b) نیز در دسترس می‌باشند. از دیگر شاخص‌های مورد نیاز در طراحی، تعیین مقاومت برشی بین سطحی یا مقدار ضریب لغزش مستقیم به روش ASTM D5321 و مقاومت بیرون کشش به روش ASTM D6706 می‌باشد. از جمله راهنماهای موجود برای طراحی شیب‌های پایدار با استفاده از ژئوتکستایل‌ها و ژئوگریدها می‌توان به FHWA-NHI-10-024, FHWA-NHI-10-025 و همچنین FHWA-HI-07-092 اشاره نمود.

شکل ۴-۱۵ نمونه استفاده از ژئوگرید به عنوان مسلح‌کننده خاک

-ژئوممبرین‌ها:

ورق‌های غشایی با نفوذپذیری بسیار کم متشکل از پلیمرهای مصنوعی الاستومری یا پلاستومری هستند. نفوذپذیری بسیار ناچیز به همراه سرعت اجرای بالا موجب شده است تا ژئوممبرین‌ها به عنوان یکی از پرکاربردترین مصالح نوین عایق‌کاری شوند. این ورق‌ها در محل اجرا معمولاً بوسیله جوش‌های حرارتی به یکدیگر متصل شده و نهایتاً به صورت یکپارچه در می‌آیند. از مشخصات بارز این ورق‌ها می‌توان به مقاومت‌های کششی، پارگی و سوراخ شدگی بالای آن‌ها اشاره نمود. ازدیاد طول زیاد به همراه انعطاف‌پذیری توام با مقاومت بالا در برابر پاره شدگی و سوراخ شدگی از دیگر خصوصیات منحصر به فرد این ورق‌ها می‌باشد. این ورق‌ها بسته به جنس و کاربرد تحت آزمایش‌ها و بررسی‌های متنوعی قرار می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به اندازه‌گیری ابعاد و ضخامت، آزمایش‌های تعیین مقاومت کششی، مقاومت پاره‌شدگی، سوراخ‌شدگی، نفوذپذیری در برابر آب، پایداری ابعادی در دماهای مختلف، انعطاف پذیری در دماهای پایین، امکان افزایش طول و کاهش مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش، کاهش مقاومت در برابر مواد شیمیایی، محیطی و بیولوژیکی اشاره نمود. برای کنترل کیفیت و ارزیابی ویژگی‌های ورق‌های ژئوممبرین PVC که در مواجهه با شرایط بیرونی قرار نمی‌گیرند و بیشتر برای آب‌بندی تونل‌ها استفاده می‌شوند، از استاندارد ASTM D7179 استفاده می‌شود. این ورق‌ها کاربردهای وسیع و متنوعی در صنایع مختلف عمرانی، پتروشیمی، کشاورزی و دامپروری دارند. از آن جمله می‌توان به پوشش دهی استخرهای ذخیره آب و دریاچه های مصنوعی، پوشش دهی مخازن ذخیره مواد شیمیایی، آب‌بندی مخازن، کانال‌های انتقال آب و فاضلاب، ایجاد پوشش غیر قابل نفوذ در مدفن پسماندهای شهری، صنعتی و بهداشتی، پوشش‌دهی کف و دیواره مخازن سوخت، ایزولاسیون سازه‌های زیرزمینی در برابر نفوذ آب‌های سطحی و زیرزمینی، پوشش دهی و آب‌بندی جداره تونل‌ها و ... اشاره نمود.

شکل ۴-۱۶ نمونه استفاده از ژئوممبرین‌ها در آب‌بندی کانال‌ها و حوضچه‌های مصنوعی

پوشش‌های رسی ژئوسنتتیکی (GCL): متشکل از دولایه فوقانی و تحتانی ژئوتکستایل در برگیرنده رس (بنتونیت سدیم) می‌باشند. پوشش‌های فوقانی و تحتانی از انواع تکستایل‌های نبافته و بافته می‌باشند که به یکی از روش‌های کوک‌زنی و یا سوزن‌زنی به هم دوخته شده و لایه رس میانی را در برمی‌گیرند. کاربرد عمده پوشش‌های رسی به عنوان کاهنده میزان جریان سیال و لایه با نفوذپذیری بسیار پایین می‌باشد. از پوشش‌های رسی ژئوسنتتیکی در آب‌بندی گودهای ساختمانی، تونل‌ها، کانال‌های انتقال آب، حوضچه‌های شستشوی معادن و مدفن‌های بهداشتی پسماند استفاده می‌شود. پوشش رسی ژئوسنتتیکی تنها در صورت هیدراته و اشباع شدن و اعمال تنش محدودکننده کافی می‌توانند عملکرد مطلوب داشته باشند. در صورتی که اشباع و هیدراته شدن بنتونیت سدیم محقق نشود، پوشش‌های رسی ژئوسنتتیکی کارایی لازم برای آب‌بندی و ممانعت از عبور جریان سیال را نخواهند داشت. برای کاهش نفوذپذیری پوشش‌های رسی، چسباندن یک لایه ژئوممبرین (نوع HDPE) به پوشش تکستایل امکان‌پذیر می‌باشد.

بنتونیت سدیم چنانچه در مجاورت سیال قرار گیرد، متورم شده و حالت لزج به خود می‌گیرد. هیدراته شدن بنتونیت سدیم در حالت محصورشده، موجب اتساع لایه رسی و ایجاد لایه با نفوذپذیری بسیار پایین می‌شود. لازم است پیوستگی کافی بین ژئوتکستایل‌های فوقانی و تحتانی با استفاده از روش سوزن‌زنی و یا کوک‌زنی ایجاد شود. در غیر این صورت در زمان محدود بودن سربار، هیدراته شدن بنتونیت سدیم می‌تواند، انسجام پوشش رسی را تحت تاثیر قرار دهد. انعطاف‌پذیری پوشش‌های رسی امکان نصب این پوشش‌ها را در سطوح ناصاف و ناهموار فراهم می‌آورد. برای افزایش کارایی و جلوگیری از چروکیدگی و شکستن موضعی لایه پوشش حین بهره‌برداری مناسب است، محل اجرا تسطیح و تراز شود. بنتونیت سدیم دارای خاصیت خود ترمیمی می‌باشد، به طوریکه در صورت آسیب‌دیدن یا سوراخ شدن پوشش، بنتونیت سدیم قابلیت ترمیم محل آسیب‌دیده را دارا می‌باشد. در محل درز بین ورق‌های پوشش، استفاده از روش‌همپوشانی (در حدود ۳۰۰ mm) متداول می‌باشد.

بنتونیت سدیم در صورت مواجهه با مواد قلیائی و برخی از نمک‌های با غلظت زیاد تا حدی خاصیت تورمی خود را از دست میدهد. از این رو لازم است در زمان طراحی و استفاده از این محصول در مدفن‌های پسماند و حوضچه‌های شستشوی معادن، نوع شیرآبه و ترکیبات شیمیایی آب و خاک محل مورد بررسی قرار گرفته و اثرات آن در طراحی لایه عایق لحاظ شود. فهرست آزمون‌های تعیین مشخصات فنی محصولات GCL در استاندارد ASTM D6495 ارائه شده است. این آزمایش‌ها عبارتند از تعیین مقاومت کششی، تعیین مقاومت کششی پوسته شدن، تعیین مقاومت برشی بین سطحی، اندازه-

گیری شاخص جریان و نفوذپذیری در برابر سیال معلوم. در استانداردهای ملی INSO 18079 تا INSO 18084 روش‌های آزمون مشخصات فنی سدگرهای ژئوسنتتیکی بسته به محل کاربرد در مخازن سدها، کانال‌ها، تونل‌ها و سازه‌های زیرزمینی، مکان‌های انبارش و دفع پسماند ارائه شده است. در راهنمای GRI-GCL3 علاوه بر روش‌های آزمون، مشخصات فنی مورد نیاز (معیارهای پذیرش) و بازه‌های زمانی انجام آزمون‌ها برای کنترل کیفیت تولید محصولات GCL ارائه شده است. بدیهی است طراحی و اجرای عایق‌بندی در مدفن‌های پسماند باید بر اساس اصول مهندسی و توسط طراح و مجری ذی‌صلاح انجام شود.

شکل ۴-۱۷ نمونه نحوه اجرای پوشش رسی به همراه پوشش ژئوممبرین

۴-۷ قیر اصلاح شده با پودرلاستیک

۴-۷-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل دهنده

یکی از مشکلات بشر در قرن حاضر، مشکل دفع زباله‌ها و مواد ناشی از تولیدات کارخانه‌ها و سایر فناوری‌های جدید است. افزایش تعداد وسایل نقلیه به نوبه خود باعث افزایش مواد اضافی نظیر لاستیک‌های فرسوده شده است. استفاده از تایرهای فرسوده در آسفالت مقوله جدید است که مورد توجه متخصصان قرارگرفته و تحقیقات متعددی در این رابطه صورت گرفته است. طبق آمارهای موجود سالانه بیش از ۱۲ میلیون حلقه تایر (۲۵۰ هزار تن) در ایران مصرف شده و طبق بررسی‌های انجام شده پیش‌بینی می‌شود در افق ۱۴۰۴ سالانه یک میلیون و ۴۰۰ هزار تن لاستیک فرسوده در کشور

وجود داشته باشد که اگر نحوه جمع آوری و بازیافت اصولی نباشد، انباشت زیادی از تایرهای فرسوده بوجود خواهد آمد که در شکل ۴-۱۸ نمایی از تایرهای ضایعاتی نشان داده شده است.

شکل ۴-۱۸ تایرهای ضایعاتی

تولید پودر لاستیک به دو روش گرانول سازی (روش مکانیکی) و آسیاب برودتی (استفاده از نیتروژن و ضربه) انجام می‌شود. برخی از ضعف‌های قیرهای موجود مصرفی در آسفالت عبارتند از:

- نرمی بیش از حد در دمای بالا و در نتیجه بروز شیارشدگی.
- الاستیسیته کم در دمای پایین و در نتیجه ترک خوردگی حرارتی.
- حساسیت بالا به تغییرات دما و در نتیجه محدود بودن بازه دمای خدمت دهی.
- خاصیت ویسکوالاستیکی قیر که سبب ایجاد تغییر شکل‌های ماندگار در مخلوط آسفالتی می‌شود.

طبق تعریف ASTM قیر پودرلاستیکی بدین ترتیب تعریف می‌شود: مخلوطی از قیر، لاستیک تایر و افزودنی‌ها که در آن حداقل ۱۵ درصد کل مخلوط، لاستیک بوده و طی واکنش با قیر موجب تورم ذرات لاستیک شود و مشخصات آن منطبق بر ASTM D6114 باشد. مزایای قیر اصلاح شده با پودر لاستیک عبارتند از:

- افزایش مقاومت در برابر شیارشدگی با افزایش دمای عملکردی قیر پودر لاستیکی تا ۸۲ درجه سانتی‌گراد؛
- افزایش مقاومت در برابر خستگی مخلوط آسفالتی؛
- افزایش انعطاف پذیری قیر در دماهای پایین تا ۳۴- درجه سانتی‌گراد؛

- تولید قیر پودر لاستیکی بر اساس دانش بومی کشور؛

- عدم نیاز به تجهیزات خاص در زمان حمل و پخش آسفالت پودر لاستیکی؛

- کاهش آلاینده‌های زیست محیطی بدلیل استفاده از لاستیک‌های فرسوده.

اولین استفاده از آسفالت لاستیکی در اواخر دهه ۱۹۳۰ بصورت درزگیری و آسفالت لکه‌گیری بود. آقای چارلز مک دانلد در دهه ۶۰ و ۷۰ روش تولید تر (WET PROCESS) را ابداع نمود. او اولین کسی بود که استفاده از لاستیک را در آسفالت متداول کرد. وی به تجربه دریافت که در صورتی که پودر لاستیک را به مدت ۴۵ دقیقه تا ۱ ساعت با قیر مخلوط کند، مادهٔ حاصل مشخصات متفاوتی خواهد داشت. این ماده، خواص مهندسی مفید هر دو مادهٔ تشکیل دهندهٔ خود را داشت و آن را آسفالت لاستیکی نامید.

۲-۷-۴ دامنه کاربرد و محدویت‌ها

قیر پودرلاستیکی کاربردهای مختلفی داشته که در شکل ۴-۱۹ برخی از موارد نشان داده شده است.

- چیپ سیل لاستیکی؛

- لایه جاذب تنش بین لایه ای لاستیکی؛

- روکش آسفالتی لاستیکی.

شکل ۴-۱۹ کاربردهای قیرپودرلاستیکی

۴-۷-۳ مبانی طراحی و اجرا

طی پنجاه سال اخیر در دنیا به منظور غلبه بر مشکلات قیرهای خالص که به تنهایی از خصوصیات فیزیکی، رئولوژیکی و چسبندگی محدودی برخوردار است از مواد اصلاح کننده استفاده می‌شود. قیر نفتی ایران از این قاعده مستثنی نبوده و در مناطقی که دامنه تغییرات حرارتی شدید، بار ترافیکی سنگین یا بارندگی فراوان باشد به تنهایی قادر به رفع مشکلات مربوط به شرایط مذکور نمی‌باشد.

بسیاری چنین می‌پندارند که چنانچه بتوان پلیمری را در قیر با وسیله‌ای مانند همزن و آسیاب پخش نمود (به اصطلاح پلیمری را در قیر حل نمود) می‌توان به عنوان قیر پلیمری در راهسازی به مصرف رساند. پلیمرها بدلیل اختلاف دانسیته با قیر و ساختارشان با قیر سازگار نبوده و به مرور زمان تمایل به جدا شدن از مخلوطها دادند و فقط با افزودن یکسری مواد شیمیایی و کاتالیزورهای مناسب امکان ساخت مخلوطی پایدار وجود دارد. لاستیک‌ها دارای وزن مولکول مشابه و یا بیشتر از آسفالت هستند آن‌ها برای حل شدن در مالتن‌ها رقابت می‌کنند. اگر فاز مالتن کافی نباشد قیر دوفازه می‌شود. بنابراین یا پودرلاستیک‌ها باید در مالتن انتشار پیدا کند و یا مالتن‌ها در پودرلاستیک‌ها. برای ایجاد چنین بستری شناخت از فضای باردار بودن آروماتیک‌ها و شرایط قطبی آن‌ها بایستی اطلاعات کافی وجود داشته باشد. بنابراین اگر بخواهیم با آروماتیک‌های غیراشباع ممزوج یا واکنش بدهد باید کاملاً زیر دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد انجام شود. سازگاری لاستیک‌های ترموپلاستیک با قیرپایه با افزودن روغن‌های آروماتیک افزایش می‌یابد و ساخت انواع قیر با رده بندی عملکردی متناسب با شرایط آب و هوائی آن منطقه امکان‌پذیر می‌باشد. در خصوص اجرای آسفالت پودرلاستیکی راهنمایی جهت اجرای این نوع آسفالت تهیه شده که در شکل ۴-۲۰ نمایی از اجرای آسفالت پودرلاستیکی نشان داده شده است.

شکل ۴-۲۰ اجرای آسفالت پودرلاستیکی

جهت کنترل عریان شدگی آسفالت حاوی قیر پودرلاستیکی باید از آزمایش‌های دوام مخلوط آسفالتی استفاده کرد. پدیده چسبندگی قیر به مصالح سنگی عامل اصلی پایداری و دوام آسفالت است. چنانچه

به هر دلیلی این پدیده خدشه‌دار شود، عریان شدگی مصالح بوجود می‌آید که نه تنها خود به عنوان یک خرابی محسوب می‌شود بلکه می‌تواند زمینه ساز خرابی های دیگر آسفالت باشد. اگرچه آزمایش تعیین میزان عریان شدگی با آب جوشان با استاندارد ASTM D 3625 آزمایشی تجربی و چشمی است، اما نتایج انجام آن بر روی نمونه‌های متعدد مصالح مورد تحقیق مؤید ضعف برخی از مصالح سنگی از نظر چسبندگی به قیر و تمایل آن‌ها به عریان شدگی می‌باشد. بنابراین نتایج این پژوهش‌ها نشان داد که آسفالت حاوی قیر پودرلاستیکی توانسته به راحتی معیار پذیرش تست آب جوشان (حدود۸۰ درصد) را برآورده کند و دوام بیشتری نسبت به آسفالت معمولی داشته باشد. در شکل ۴-۲۱ انجام آزمایش آب جوشان بر روی آسفالت شاهد و پودرلاستیکی نشان داده شده است.

شکل ۴-۲۱ آزمایش آب جوشان بر روی نمونه کنترل و نمونه حاوی قیر پودرلاستیک

طبق استاندارد AASHTO T283 حساسیت رطوبتی با استفاده از مقایسه مقاومت کششی غیر مستقیم (ITS) سه نمونه اشباع شده، که در آب با دمای ۱±۶۰ درجه سانتی گراد عمل آوری شده‌اند به ITS سه نمونه با طرح اختلاط و ابعاد مشابه در شرایط عمل آوری شده خشک، در آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، قابل محاسبه است. همانطور که در جدول ۴-۱ نشان داده شده است مخلوط آسفالتی حاوی قیر پودرلاستیک بیشترین مقدار TSR را داشته و همچنین تفاوت قابل ملاحظه ای با نمونه شاهد دارد.

جدول ۴-۱ آزمایش TSR بر روی نمونه کنترل و نمونه حاوی قیر پودر لاستیک

طرح اختلاط آسفالت توپکا	زمان انجام آزمایش	آزمایش مقاومت کششی غیر مستقیم	TSR (%)
مخلوط شاهد	بعد از گذشت ۳۰ دقیقه	۰/۶۲	٪۶۶
	بعد از گذشت ۲۴ ساعت	۰/۴۱	
مخلوط حاوی قیرپودرلاستیکی	بعد از گذشت ۳۰ دقیقه	۱/۰۳	٪۸۳
	بعد از گذشت ۲۴ ساعت	۰/۸۶	

در خصوص پودر لاستیک استانداردهایی نیز تدوین شده که برخی از آن‌ها عبارتند از: ASTM D6114، ASTM D5644،ASTM D224، ASTM D412 . در نشریه ۱۰۱ در فصل چهاردهم و همچنین در نشریه ۲۳۴ در فصل پنجم قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک آورده شده است.

۴-۸ گرانول های اصلاح کننده پلیمری

۴-۸-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

SBS به عنوان یک اصلاح کننده‌ی قیر یکی از پرکاربردترین و اثربخش‌ترین افزودنی‌های آسفالت است که تمام خصوصیات مکانیکی و حرارتی آسفالت را بهبود می‌بخشد. اصلاح‌کننده‌ی SBS از رده الاستوپلاستومرهاست که تقریباً تنها افزودنی می‌باشد که تمامی خصوصیات قیر را بدون داشتن عوارض منفی بهبود می‌دهد. در کنار تمام مزایایی که پلیمر SBS دارد، عدم امکان استفاده آسان و راحت از این افزودنی باعث شده استفاده از این افزودنی کمی مغفول باقی بماند. این افزودنی به صورت گرانول‌های آماده استفاده از ترکیب قیر و پلیمر SBS و یک سری مواد پایدارساز سازگار با انواع قیر تولید گردید.

شکل ۴-۲۲ گرانول پلیمری

۴-۸-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

عدم امکان استفاده‌ی آسان از این افزودنی از آن‌جا ناشی می‌شود که تا پیش از این باید، SBS را قبل از استفاده در آسفالت با قیر مخلوط کرد و سپس آن را به عنوان "قیر اصلاح شده" در آسفالت بکار برد، که این مسئله موجب بروز مشکلاتی به شرح زیر می‌شد:

- نیاز به واحد و آسیاب، همزن و گرم‌کن برای اختلاط همگن و یکنواخت پلیمر در آسفالت؛

- نیاز به مخازن و فلاسک جداگانه در کارخانه‌ی آسفالت برای نگه‌داری قیر اصلاح شده با SBS؛

- لزوم تغییر پمپ‌های کارخانه آسفالت برای استفاده از قیر اصلاح شده به دلیل ویسکوزیته‌ی بالای این قیر نسبت به قیرهای معمولی؛

- امکان دو فاز شدن قیر اصلاح شده با SBS در مخزن ذخیره و لزوم مصرف این قیر در تا تاریخ انقضای چند روزه‌ی آن؛

- جهت اختلاط قیر با SBS باید قیر را تا دمای بسیار بالا گرم نمود که این امر سبب یک مرحله پیرشدگی در قیر می گردد؛

- اصلاح مخلوط آسفالتی به وسیله گرانول پلیمری منجر به افزایش قابل ملاحظه خصوصیات ترمو مکانیکی و به طرز چشمگیری سبب افزایش طول عمر روسازی می گردد.

استفاده از گرانول پلیمری در آسفالت، علاوه بر برطرف ساختن مشکلات لوجستیکی ذکر شده در مورد دیگر انواع SBS، دارای مزایای دیگری نیز می‌باشد:

- افزایش مقاومت چشم‌گیر در برابر تغییر شکل‌های ماندگار و شیارافتادگی؛
- افزایش مقاومت مخلوط‌های آسفالتی نسبت به تنش‌های برودتی در دمای پایین؛
- بهبود مقاومت مخلوط آسفالتی در برابر خستگی و کاهش ترک‌های پوست سوسماری؛
- چسبندگی بهتر و مناسب قیر به مصالح سنگی؛
- بهبود خصوصیات سطح مخلوط آسفالتی؛
- یکپارچگی کامل مخلوط آسفالتی و افزایش الاستیسیته‌ی مخلوط؛
- افزایش مدول سختی مخلوط آسفالتی و امکان طراحی روکش‌های لایه نازک؛
- بهبود مشخصات مخلوط آسفالتی در دماهای بالا؛
- حساسیت دمایی کمتر؛
- جلوگیری از شن زدگی و عریان شدگی؛
- جلوگیری از پیرشدگی مخلوط‌های آسفالتی و افزایش طول عمر مخلوط؛
- گسترش پهنه‌ی عملکردی PG (افزایش درجه عملکردی دمای بالای قیر و کاهش درجه عملکردی دمای پایین قیر).

۴-۸-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

این افزودنی به طور مستقیم در زمان تولید به مخلوط‌کن کارخانه آسفالت اضافه شده که علاوه بر تمامی مزایای استفاده از SBS در آسفالت، هیچ یک از مشکلات لوجستیکی و اجرایی ذکر شده در مورد SBS را ندارد. میزان مصرف این پلیمر بین ۷ تا ۱۵ درصد قیر بهینه می‌باشد و مستقیما داخل مخلوط‌کن کارخانه آسفالت اضافه می گردد و دمای پخت آسفالت بدون تغییر نسبت به شرایط معمول در محدوده ۱۶۰ تا ۱۷۰ درجه سانتی گراد می‌باشد. این افزودنی برای اولین بار در پروژه‌ی پل کابلی Millau در مرکز فرانسه استفاده شد، در این پروژه با استفاده از این افزودنی توانستند با کاهش ضخامت روکش آسفالتی بار ناشی از روسازی وارد شده به پل را به نصف کاهش دهند، روسازی این پل پس از گذشت ۱۰ سال به قوت خود باقیست.

از مزایای اضافه کردن این پلیمر به قیر در تهیه مخلوط‌های آسفالتی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- خاصیت چسبندگی بهتر؛
- عملکرد خوب در هر دو محدوده دمایی بالا و پایین؛
- انعطاف پذیری بیشتر در دمای پایین؛
- مقاومت بهتر در مقابل تغییر شکل ماندگار و شیارشدگی در دماهای بالا؛
- مقاومت بالاتر در برابر خستگی؛
- کاهش حساسیت دمایی؛
- بهبود مقاومت کششی؛
- افزایش مدول سختی؛

استفاده از گرانول پلیمری تمامی مزایای استفاده از قیر پلیمری با SBS را دارا می‌باشد. علاوه بر اینکه مشکلات، سختی‌ها و هزینه‌های تولیدی، اجرایی و لجستیکی تولید قیر پلیمری و اجرای آسفالت پلیمری را از میان برده است. یکی دیگر از مزایای استفاده از گرانول پلیمری نسبت به روش سنتی تولید قیر پلیمری این است که در فرآیند تولید قیرپلیمری، قیر پایه دچار پیرشدگی می‌شود و بسیاری از خواص مطلوب اولیه‌ی خود را از دست می‌دهد که این مشکل در استفاده از گرانول SBS که مستقیماً داخل مخلوط‌کن آسفالت اضافه می‌گردد وجود ندارد.

۴-۸-۴ مبانی طراحی و اجرا

طرح اختلاط این آسفالت بر اساس روش Superpave و مطابق آیین نامه اروپایی EN 13108-2 می‌باشد. برای حصول حداقل مشخصات ذکر شده در آیین نامه مذکور(EN 13108-2) مثل محدودیت شیارافتادگی، کشش غیر مستقیم و حساسیت رطوبتی، استفاده از افزودنی پلیمری SBS در این آسفالت ضروری است. برای این منظور می‌توان از گرانول‌های پلیمری SBS که به راحتی و مستقیماً به مخلوط‌کن کارخانه آسفالت اضافه می‌شوند استفاده کرد. استاندارد اروپایی EN13108-2 دومین بخش مجموعه استانداردهای EN13108 با عنوان مشخصات استاندارد مخلوط‌های آسفالتی است که مشخصات مخلوط‌های آسفالتی در این بخش از استاندارد ارائه شده است.

فصل پنجم

سیستم‌های نما

۵-۱ نمای خشک با استفاده از پانل بتن حاوی الیاف شیشه GFRC

۵-۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل‌دهنده

نمای بتنی مسلح شده با الیاف کوتاه شیشه (GFRC) یک کامپوزیت متشکل از سیمان پرتلند، ماسه، آب، افزودنی و الیاف شیشه است.

به طور کلی پانل‌های بتنی پیش‌ساخته در شرایط آب و هوایی مختلف قابل اجرا می‌باشند. این نماها به ویژه برای شرایطی که خطر یخزدگی وجود دارد و کاربرد مصالح بنایی یا بتن درجا به دلیل سرعت پایین عمل‌آوری سیمان پرتلند مشکل‌ساز است، مناسب می‌باشد. استفاده از پانل‌های پیش ساخته باعث حذف نیاز به نصب داربست و افزایش امنیت کارگران می‌شود. همچنین با توجه به اینکه این پانل‌ها در محیط‌های بسته و با شرایط محیطی ثابت تولید می‌شوند، معمولاً دارای کیفیت بالایی هستند.

به طور کلی نمای GFRC پیش‌ساخته از سه بخش مهم تشکیل می‌شود؛ پانل GFRC، قاب پشتیبان فولادی سرد نورد شده، اتصال‌هایی که پانل GFRC را به قاب پشتیبان متصل می‌کنند.

پانل GFRC معمولاً ضخامتی در حدود ۱۵ تا ۲۰ میلی‌متر دارد. پانل GFRC به قاب متشکل از اعضای فولادی سرد نورد شده، متصل می‌شود. در این ترکیب، پانل، بارها را به قاب منتقل کرده و قاب نیز بارها را به سازه ساختمان انتقال می‌دهد. اندازه و فاصله بین اعضای قاب پشتیبان با توجه به اندازه کلی پانل و بارهای وارده بر آن باید طراحی شود.

شکل ۵-۱ نمونه‌ای از پانل GFRC

۵-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

کاربرد این قطعه در نمای خارجی ساختمان است. برای استفاده از قطعات پانل نما برای نمای ساختمان لازم است علاوه بر تعیین خصوصیات الیاف تشکیل دهنده پانل، مقاومت خمشی، مقاومت لرزه‌ای، مقاومت در برابر بار ضربه پانل به تنهایی و همراه قاب نگهدارنده آن مطابق نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه و اقدامات و تمهیدات لازم برای تامین و رعایت ضوابط ویرایش سوم مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است از آنجا که مصالح این صفحات بتنی از نوع غیر قابل سوختن است، کاربرد آن‌ها در نما از نظر این مبحث، مجاز است.

۵-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

ساخت پانل به دو روش پاششی (spray up) و پیش آغشته (premix) انجام می‌گیرد. استفاده از روش پاششی ارجح می‌باشد.

- مولتی فیلامنت شیشه؛

- ضروری است الیاف مورد استفاده از نوع مقاوم به قلیا باشد. مقاومت کششی مولتی فیلامنت شیشه مورد استفاده بالغ بر ۹۰۰ مگاپاسکال و مدول الاستیسیته آن بالغ بر ۶۰ گیگاپاسکال باشد. طول الیاف مورد استفاده پس از برش حداقل ۱۲ میلی‌متر و نسبت l/d حداقل ۱۲ می‌باشد؛

- قطعه پانل الیافی؛

- مقاومت فشاری ۲۸ روزه پانل GFRC درصورتی که قالب‌ها در بازه زمانی کمتر از ۱۲ ساعت باز شوند، باید حداقل ۳۰ مگاپاسکال باشد تا از شکستن و ترک خوردن آن‌ها در هنگام جابجایی احتراز شود؛

- آزمایش چرخه یخبندان و تر و خشک شدن متوالی برای اطمینان از دوام پانل نما ضروری است. آزمون‌های لازم برای تعیین ظرفیت خمشی به منظور امکان استفاده در مناطقی با سرعت باد متفاوت، مقاومت لرزه‌ای و مقاومت در برابر ضربه مطابق نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه الزامی است.

۵-۱-۴ مبانی طراحی و اجرا

- الزامات طراحی:

رعایت تمهیدات لازم از نظر دوام و پایایی در شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران الزامی است.

با توجه به فضای خالی بین صفحات پیش ساخته بتنی GFRC و سازه نگهدارنده آن، لازم است مطابق ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران، تمهیدات لازم به منظور جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی بین طبقات در نظر گرفته شود.

مجموعه پانل بتن الیافی و سازه پشت آن باید برای بارهای باد، زلزله و ضربه مطابق با فصل سوم نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه طراحی شود.

اتصال پانل به سازه نگهدارنده و اتصال سازه نگهدارنده به اعضای اصلی ساختمان باید برای بار کشش و مکش باد به صورت جداگانه بسته به جهت باد و نیروی زلزله در جهت رفت و برگشتی بر اساس نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه طراحی شود.

-بررسی الزامات اجرا و نصب :

حداکثر فاصله مجاز استادهای متصل‌کننده پانل به سازه ساختمان ۶۰ سانتی‌متر است.

حداکثر فاصله اتصالات پیوندی سازه نگهدارنده پانل GFRC، ۶۰ سانتی‌متر و حداقل مقطع قطعات متصل‌کننده هر کدام ۰/۳ سانتی‌متر مربع از فولاد گالوانیزه یا فولاد پوشانده شده با پوشش اپوکسی با قابلیت جلوگیری از زنگ‌زدگی باشد.

ضخامت اتصالات پیوندی پشت پانل GFRC در محل اجرای اتصالات سازه نگهدارنده به پانل باید حداقل ۵ سانتی‌متر از جنس بتن GFRC اجرا شود. این اتصالات پیوندی باید همزمان با اجرای پانل ایجاد شده و از ایجاد درز سرد بین اتصالات پیوندی و پانل خودداری شود.

سازه نگهدارنده پانل و قطعات متصل‌کننده آن به سازه اصلی باید از فولاد گالوانیزه یا پوشانده شده با اپوکسی که به نحو مناسبی دربرابر خوردگی محافظت می‌شود باشد.

در ساختمان‌های با جابجایی نسبی واقعی طبقات بیش از ۱٪ ارتفاع طبقه، طول استادها باید به اندازه ارتفاع طبقه بوده و اتصال آن به تیر بالای طبقه در جهت داخل صفحه به صورت کشویی (لوبیایی) باشد.

حداقل طول خم قسمت L شکل میلگرد نگهدارنده، ۵ سانتی‌متر می‌باشد.

میلگرد نگهدارنده باید به گونه‌ای اجرا شود که به طور کامل به صورت مفصلی عمل کرده و مانعی در برابر دوران قطعه ایجاد نکند.

۵-۲ صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف

۵-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

در حدود ۱۹۰۰ میلادی تولید صفحات سیمانی که با الیاف آزبستی مسلح شده بود، اختراع شد. این صفحات به دلیل دارا بودن آزبست، سرطان‌زا هستند که به همین دلیل استفاده از آن در صنعت ساختمان ممنوع شده است. با ارتقاء فناوری، استفاده از الیاف مختلفی برای مسلح نمودن صفحات سیمانی از نوع چوب و غیره آغاز شد. صفحه‌های سیمانی مسلح شده با الیاف به سرعت به مصالح پرمصرف در صنعت ساخت و ساز تبدیل می‌شوند و در ساختمان‌های مسکونی و تجاری به کار می‌روند.
صفحه‌های سیمانی الیافی به دو نوع تقسیم می‌شوند: نوع اول برای کاربری‌های بیرونی ساختمان، در جاهایی مناسب است که مستقیماً در معرض تابش خورشید، بارش برف و باران قرار دارند و می‌توانند روکش دار یا بدون روکش باشند. نوع دوم معمولاً برای مصارف داخلی مناسب است و نیز برای مواردی از مصارف بیرونی ساختمان که در معرض تابش خورشید و بارش باران و برف قرار ندارند.

شکل ۵-۲ صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف

مزیت اصلی صفحه‌های سیمانی الیافی مقاومت آن‌ها در برابر شرایط آب و هوایی مختلف است. یخ زدن و آب شدن، گرما یا باران تهدیدی برای این محصول به حساب نمی‌آید. استفاده از این محصولات سرعت انجام کار را بالاتر می‌برد و باعث سبک شدن ساختمان می‌شود. نصب صفحه‌های سیمانی الیافی بسیار آسان است و می‌توان آن‌ها را به هر ابعادی و هر شکلی که مورد نیاز است، برش داد. این محصول علاوه بر دارا بودن مقاومت بالا و سهولت حمل و نقل، رنگ ها و طرح های متنوعی را نیز ارائه می‌دهد.

در مقابل این محصول دارای معایب زیر است: هزینه آن نسبتا بالا است. چنانچه در بیرون ساختمان استفاده شوند هر ۱۰ تا ۱۵ سال به نقاشی دوباره نیاز دارند. سایر معایب عبارتند از: ایجاد صدای توخالی، عدم امنیت در مقابل سرقت و نفوذ حشرات در فضای خالی دیوار.

۵-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

صفحه‌های سیمانی الیافی در اجزای غیرسازه‌ای ساختمان شامل دیوارهای جانبی، زیر لایه کف، سقف و بام مورد استفاده قرار می‌گیرند. این محصولات را می‌توان به عنوان دیوار پشت کار در محیط‌های مرطوب و یا دیوار خشک در قسمت‌هایی که مقاومت در برابر آتش و مقاومت مکانیکی دارای اهمیت است، به کار برد.

صفحه‌های صاف سیمانی الیاف‌دار با خواص گستردهٔ متناسب با نوع کاربرد، برای کاربردهای بیرونی ساختمان، نظیر پوشش نماهای خارجی ساختمان، تیغه‌ها، زیرنماها، پوشش قسمت‌های آسیب دیده و برای کاربردهای داخلی مانند جداگرها، زیرکف‌ها، سقف‌ها، مناسب هستند. این ورق‌ها ممکن است دارای سطح صاف یا نقش‌دار باشند.

۵-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

صفحه‌های سیمانی الیافی مقاومت خود را در یک فرایند تولید ویژه کسب می‌کنند که در آن لایه‌های سیمانی الیافی تحت فشار متراکم می‌شوند و سپس در معرض هوا یا در اتوکلاو عمل آوری می‌شوند.

روش‌های تولید صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف بسته به نوع مواد اولیه و نحوه قرارگیری الیاف در ساختار سیمان متفاوتند. این صفحه‌ها، ورق‌هایی متشکل از یک چسباننده هیدرولیکی معدنی یا یک چسباننده کلسیم سیلیکاتی هستند که با واکنش‌های شیمیایی یک مادهٔ سیلیسی و یک مادهٔ آهکی به دست می‌آید و با الیاف آلی یا الیاف سنتزی معدنی تقویت می‌شوند. برخی از الیاف جانشین آزبست عبارتند از الیاف شیشه، الیاف پلی‌پروپیلن، الیاف فولادی، الیاف آرامید، الیاف سلولزی، الیاف کربن، الیاف سرامیکی، کولار، پلی‌وینیل الکل، آلومینیوم اکسید، ولاستونیت و پلی‌استر.

الزامات عمومی: ارزیابی ویژگی‌های این محصول بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۷۵۱۵ با عنوان "ورق‌های صاف الیاف سیمانی ـ ویژگی‌ها و روش‌های آزمون" انجام می‌شود.

الزامات شامل موارد زیر است: ویژگی‌های ابعادی و هندسی، طول و عرض اسمی، ضخامت، رواداری ابعاد، رواداری در شکل، ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی، مقاومت خمشی، چگالی ظاهری، نفوذپذیری آب، مقاومت در برابر یخ زدگی، آب گرم، بارش – گرمایش، خیساندن – خشکاندن.

-**الزامات ایمنی در برابر آتش:** صفحات سیمانی الیافی به دلیل ماهیت فرآورده خطری از نظر واکنش در برابر آتش ندارند. در عین حال در کاربردهای این صفحات به عنوان بخشی از یک سیستم ساختمانی، مانند یک دیوار خارجی، باید الزامات مقاومت در برابر آتش مطابق با الزامات مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران تأمین گردد.

۵-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا

با توجه به نحوه استفاده از صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف که به صورت پوششی یا دیوار خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد، نحوه اجرای آن به صورت زیر است:

- **اجرای سیستم دیوار خشک:** سیستم دیوارهای خشک متشکل از اعضای افقی و عمودی از نوع ورق‌های فولادی سرد نورد شده است. اعضای افقی (رانرها) توسط پیچ خودکار در دو تراز یکی روی کف سازه‌ای و دیگری بر روی سقف نصب شده و سپس اعضای قائم (استادها) به فواصل استاندارد بسته به نوع دیوار و کاربری ساختمان بر روی رانرها جایگذاری می‌شوند. در دیوار، استادها توسط پیچ-

های خودکار تحتانی متصل شده ولی در رانر فوقانی به‌طور آزادانه جاگذاری می‌شوند. در ساختگاه با نصب صفحه‌ها استادها در جای خود تثبیت می‌شوند. این کار باعث می‌شود تا دیوار در هنگام زلزله در برابر بارهای داخل صفحه اجازه جابجایی داشته باشد و از اندرکنش بین دیوار و سازه اصلی جلوگیری شود. در دیوارهای خارجی بین صفحات الیاف سیمانی از مصالح عایق حرارتی مانند پشم سنگ، پشم شیشه و یا پلی‌استایرن استفاده می‌شود.

شکل ۵-۳ سیستم دیوارهای خشک با استفاده از صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف

-اجرای سیستم دیوار ایستا با صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف:

دیوار ایستا حاصل ایده نوآورانه در جهت حل مشکلات دیوارهای سنتی و تکمیل سیستم دیوارهای خشک (درای وال) است. این سیستم ضمن بهره مندی از مزیت احداث سریع و اتصال مکانیکی به ساختمان و سازه، از استحکام بالاتری نسبت به سیستم‌های مشابه نصب خشک برخوردار بوده و معایبی چون ایجاد صدای توخالی، عدم امنیت، نفوذ حشره در فضای خالی دیوار و ... را مرتفع می‌سازد. دیوار ایستا متشکل از استاد رانرهای گالوانیزه است که توسط پیچ‌های خودکار به سقف و کف ساختمان متصل و پس از جایگذاری تاسیسات مکانیکی و برقی، دو طرف دیوار توسط صفحات سیمانی الیافی پوشیده می‌شود. پس از اتمام عملیات نصب پانل‌ها بتن سبک با ترکیب سیمان، دانه‌های پلی‌استایرن و مواد افزودنی به داخل دیوار تزریق می‌گردد و در پایان درز بین پانل‌ها، توسط بتونه و نوار درزگیری پوشیده شده و حاصل کار دیواری با کیفیت سطح بسیار مطلوب آماده رنگ و یا هر پرداخت دیگری خواهد بود.

شکل ۵-۴ سیستم دیوار ایستا با صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف

-اجرای نمای صفحات سیمانی مسلح شده با الیاف:

در مورد اجرای نمای صفحات سیمانی رعایت الزامات سازه‌ای موجود در نشریه ۷۱۴ الزامی است. اجزای نما و اتصالات آن باید طوری باشد که در برابر بارهای زلزله و باد عملکرد مناسب داشته باشد. نمی‌توان برای المآن‌های قائم و افقی به‌طور صریح اندازه مشخصی تجویز کرد. این کار نیاز به محاسبات طراحی دارد.

نمای سیمانی الیافی باید دارای مقاومت کافی در برابر فشار و مکش باد وارده بر اساس ضوابط فصل ۳ نشریه ۷۱۴ باشد. نمای سیمان الیافی باید برای باد ضربه نیز طراحی شود. الزامات آب‌بندی باید در مورد نمای سیمانی براساس نشریه ۷۱۴ رعایت شود. در نمای مهارشده سیمانی اتصالات باید بارهای ثقلی ناشی از وزن نما به همراه بارهای لرزه‌ای ناشی از شتاب افقی داخل صفحه، خارج صفحه، قائم زلزله را تحمل نمایند.

-اجرای عایق رطوبت (سیلر) در پشت پنل‌ها:

صفحات سیمانی الیاف‌دار به لحاظ این که عمدتاً از سیمان ساخته شده‌اند ذاتاً با محیط مرطوب و آب سازگاری خوبی دارند، اما در صورت استفاده از الیاف سلولزی در ترکیب آن‌ها و خاصیت جذب آب بالای این مواد در هنگام اشباع شدن از رطوبت (چه مستقیم و چه به وسیله بخار و رطوبت موجود در هوا) منبسط و در هنگام خشک شدن منقبض می‌شوند. تنش‌های ناشی از این کاهش و افزایش طول بر روی محل اتصال (محل پیچ‌ها) نما را دچار مشکل خواهد نمود. برای جلوگیری از این موضوع در پشت پنل، سیلر مخصوص استفاده می‌شود و در سطح پنل پرایمر و رنگ این وظیفه را انجام میدهند، تا جذب رطوبت به حداقل رسانده شود.

شکل ۵-۵ صفحات سیمانی الیاف دار در نمای خارجی

-**برش در ابعاد مشخص:** برش صفحات سیمانی الیاف دار باید به وسیله دستگاه میز برش انجام شود تا از غیرگونیا شدن و ناصاف شدن محل برش جلوگیری گردد. باید از برش توسط دستگاه سنگ فرز خودداری شود. تیغه‌های گرانیت‌بر جهت برش این محصول مناسب بوده و از صفحات دیگر برای برش نمی‌توان استفاده کرد.

۵-۳ سامانه مرکب نمای بیرونی ETICS

۵-۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

ETICS سیستم نماسازی غیر باربر دیوار بیرونی است که شامل تخته عایق حرارتی، پوشش زیرین مسلح و پوشش نهایی محافظ است. این فراورده، نمایی سبکی شامل عایق فوم پلاستیکی و پوشش‌های مصنوعی نازک است.

سامانه‌های ETICS بر دو نوع اند: بر پایه پلی‌استایرن منبسط و بر پایه پشم معدنی. این سامانه‌ها فراورده‌های کارخآن‌های هستند که به صورت مجموعه کامل از محل تولید به محل کارگاه ساختمانی حمل و استفاده می‌شوند. برای کارکرد مناسب، لازم است که ETICS طراحی و به عنوان یک سیستم نصب شود. حداقل اجزای تشکیل دهنده آن شامل موارد زیر است:

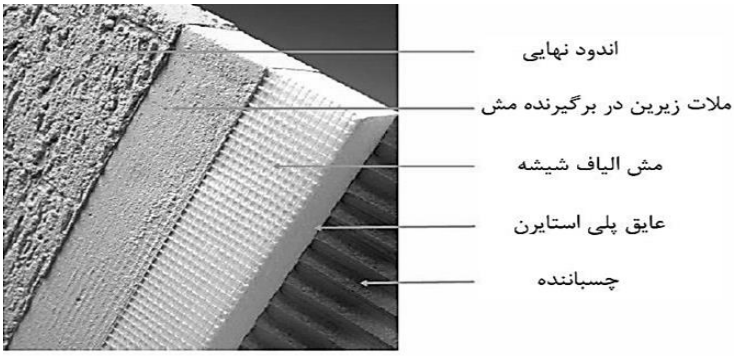
- چسب و اتصالات مکانیکی،

- عایق حرارتی،

- اندود زیرین دارای حداقل یک لایه تقویت‌کننده معمولا مش الیاف شیشه،

- اندود نهایی شامل پوشش تزیینی

همه‌ی اجزای سامانه ETICS به طور ویژه برای سامانه و پشت‌کار توسط تولیدکننده طراحی می‌شوند.



شکل ۵-۶ اجزاء سامانه ETICS

مزایای این فرآورده شامل موارد زیر است:

- افزایش عمر مفید ساختمان به دلیل انتقال نقطه انجماد از بنایی به لایه عایق حرارتی و در نتیجه جلوگیری از آسیب لایه بنایی به دلیل حذف اثر یخبندان

- افزایش سرعت ساخت

- کاهش وزن ساختمان به دلیل سبکی این سامانه (در ساختمان‌های جدید)

- صرفه‌جویی قابل توجه در مصرف انرژی در دوره بهره‌برداری از ساختمان

- ارتقاء شرایط آسایش حرارتی و محافظت بهتر در برابر دماهای زیاد تابستانی

- تنوع ظاهری زیبایی

- امکان عایق‌کاری حرارتی ساختمان‌های موجود و بهسازی نمای این ساختمان‌ها با کمترین هزینه و تبعات

در مقابل این محصول دارای معایب زیر است:

- از نظر زیبایی با سلیقه برخی از مردم کشورمان سازگار نیست.

- چنانچه از EPS به عنوان عایق حرارتی استفاده شود باید ملاحظات محافظت در برابر آتش مطابقت با الزامات نما در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان با جدیت رعایت شود و محصول از این نظر دارای گواهینامه فنی باشد. همچنین به طور معمول باید ۳۰ سانتی‌متر اطراف پنجره‌ها EPS حذف شده و به جای آن پشم سنگ به کار برده شود.

- لازم است ضریب جذب سطوح نهایی خصوصا در مناطق گرم و خشک محدود نگهداشته شود.

- ETICS مصالح پوشش بام (عایقکاری رطوبتی) نیست.

- به طور کلی لازم است تا ۳۰ سانتی‌متر اطراف پنجره‌ها و نیز در هر تراز به اندازه حداقل ضخامت سقف، EPS حذف شده و به جای آن پشم سنگ یا سایر مصالح غیر قابل سوختن جایگزین شود.

۵-۳-۲ دامنه کاربرد، محدودیت‌ها

ETICS را می‌توان در محدوده بزرگی از ساختمان‌ها شامل خانه، آپارتمان، ساختمان‌های بلند، ساختمان‌های اداری، پاساژ، مرکز خرید، هتل، متل، ساختمان‌های دولتی و غیره استفاده کرد.

استفاده از این سامانه در سطوح افقی مجاز نیست.

۵-۳-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

با توجه به اینکه سامانه مرکب عایق حرارتی بیرونی از چند بخش تشکیل شده است تطابق بین قسمت‌های مختلف یکی از نقاط کلیدی در زمینه به دست آوردن عملکرد کلی سامانه مانند پایداری می‌باشد. ETICS را به صورت پنل پیش ساخته نیز می‌توان ساخت. پنل‌ها در یک کارخانه تولید می‌شوند و دارای قاب‌هایی سبک از جنس فلز یا پی‌وی‌سی هستند. وقتی کامل شدند آن‌ها را با کامیون به کارگاه ساختمانی حمل می‌کنند، با جرثقیل بلند کرده و بر قاب ساختمان متصل می‌کنند.

-**الزامات عمومی:** سامانه ETICS باید در برابر تنش ترکیبی ایجاد شده به وسیله وزن، مکش باد ، تغییرات دما، رطوبت و جمع‌شدگی و همچنین بارهای حین کاربرد و غیره پایدار باشد. این سامانه باید به گونه‌ای طراحی و به کار برده شود که الزامات مقاومت مکانیکی و پایداری را برآورده کند. خواصی که برای این سامانه باید ارزیابی شود شامل جذب آب، مقاومت در برابر ضربه، نفوذپذیری بخار آب و خواص حرارتی است.

کنترل پایداری در مقابل بار باد مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "بارهای وارد بر ساختمان" انجام شود. لایه نهایی مصالح نازک‌کاری روی پوشش پایه، باید دوام و چسبندگی لازم در شرایط جوی مختلف را دارا باشد.

درز انقطاع بین قطعات باید با مواد و مصالح مناسب پوشانده شود. درز انبساط باید بین قطعات نمای ترکیبی در فواصل مشخص(رعایت ضوابط ۷۱۴) و به میزان معین بر مبنای تغییرشکل‌های ناشی از تنش‌های حرارتی، به نحوه صحیح تعبیه شود. کلیه مصالح و اجزاء در این سامانه به لحاظ طراحی سازه‌ای باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و یا آئین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی به کار گرفته شوند. باید کفایت مهار قطعات نما در برابر بارهای لرزه‌ای و باد براساس معیارهای پذیرش موجود در دستورالعمل نشریه ۷۱۴ ارزیابی شود.

پس از اجرای نمای مرکب، ضخامت دیوار به انضمام ضخامت عایق حرارتی باید به گونه‌ای باشد که الزامات مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "صرفه‌جویی در مصرف انرژی" را برای دیوارهای بیرونی تامین نماید.

به جز موارد یاد شده سامانه ETICS با عایق حرارتی پلی‌استایرن منبسط باید الزامات زیر را نیز برآورده کند: ۱- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۰۵۶ "فرآورده‌های عایق‌کاری حرارتی برای ساختمان‌ها – سامانه‌های مرکب عایق حرارتی بیرونی بر پایه پلی‌استایرن منبسط – ویژگی‌ها" ۲- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۹۵۰ "مصالح ساختمانی- فرآورده‌های عایق‌کاری حرارتی – پلی‌استایرن منبسط کارخانه‌ای – ویژگی‌ها".

-***الزامات ایمنی در برابر آتش:*** با توجه به ماهیت فوم پلی‌استایرن و استاندارد ویژگی‌های فرآورده، لازم است فوم پلی‌استایرن مورد استفاده در نمای مرکب ETICS، مطابق ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، از نوع کندسوز باشد و حداقل طبقه E واکنش در برابر آتش را طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN 13501-1 احراز نماید. اطلاعات فنی کاملی از نظر رفتار این سیستم‌ها در برابر آتش در فصل ششم گزارش تحقیقاتی به شماره گ-۴۹۶ این مرکز با عنوان "سیستم نمای مرکب عایق و اندود" ارائه شده است.

۵-۳-۴ مبانی طراحی و اجرا

بررسی و آماده‌سازی بسترهای مورد نظر و همچنین کلیات مربوط به اجرای ETICS باید مطابق موارد زیر باشد:

- هرگونه بقایای رنگ یا ملات را که ممکن است مقاومت اتصالات سامانه را با مشکل روبرو کند، بزدایید.

- در دمای کمتر از ۵ درجه سلسیوس و بیشتر از ۳۰ درجه سلسیوس از اجرای این سامانه خودداری کنید.(زمانی که خطر یخ زدگی و بارندگی و وزش باد شدید وجود دارد، زمان اجرا را به تاخیر اندازید.)

- از قسمت بالایی نما محافظت کنید تا از نفوذ آب باران به داخل سامانه و به ویژه به داخل پلی‌استایرن جلوگیری شود. درزپوش جان‌پناه بام باید دارای آبچکان باشد و حداقل ۵ سانتیمتر بر روی ETICS ادامه یابد تا آب باران بر روی سطح نما نریزد. در غیر این صورت ممکن است نما به ویژه در شهرهای بزرگ، کثیف و نازیبا شود.

- زیرکار باید تا حد امکان تراز، مسطح و تمیز باشد. در صورتی که ناترازی‌ها بیشتر از ۱۰ میلی‌متر باشند با اجرای ملات با ضخامت‌های لازم یا استفاده از پلی‌استایرن با ضخامت متفاوت مشکل را برطرف کنید.

- در هنگام نصب در صورتی که آفتاب شدید یا تندباد وجود داشته باشد یا چنانچه مصالح زیرکار بسیار جاذب رطوبت است، لازم است سطح زیرکار مرطوب شود.

شکل ۵-۷ تراز کردن پروفیل U

- ابتدا پروفیل U شکل را اجرا کنید. آن را با استفاده از یک تراز بنایی معمولی، تراز نمایید.

- چسب را در تمامی پیرامون تخته‌ها پخش کنید و چندین کپه با فاصله در قسمت مرکزی قرار دهید. در نظر داشته باشید مقدار چسب باید آنقدر باشد که پس از قرار دادن تخته EPS بر روی دیوار حدود ۴۰ درصد از سطح فوم در تماس با چسب قرار گیرد.

شکل ۵-۸ قرار دادن چسب در تمامی پیرامون و چند کپه در قسمت مرکزی تخته

- عایق فوم پلی‌استایرن را از پایین به بالا بر روی زیرکار اجرا کنید.

شکل ۵-۹ نصب عایق فوم پلی‌استایرن از پایین به بالا

- تخته‌ها را در جای مشخص شده روی دیوار قرار دهید. سطح تخته‌ها را به طور یکنواخت در تمامی قسمت‌ها فشار دهید تا تخته‌ها به طور کامل چسب خورده و تراز شوند. تخته‌ها را به صورت یکی در میان قرار دهید به طوری که در دو ردیف متوالی درزها در امتداد هم قرار نگیرند.

شکل ۵-۱۰ قرار گرفتن تخته‌ها به صورت یکی در میان (آجرچین)

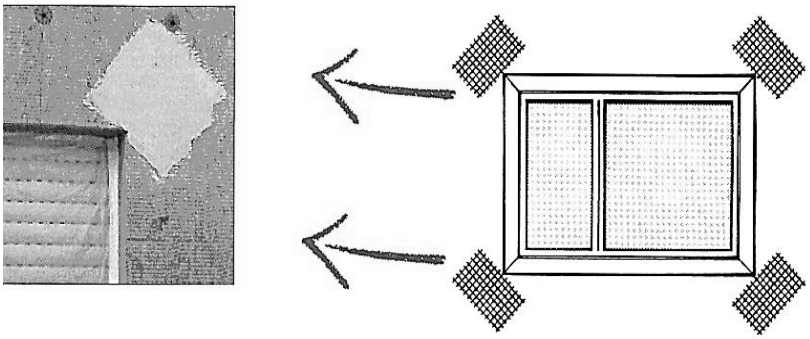
- وقتی چسب خشک شد، کنج‌ها و در ارتفاع بیش از ۱۵ متر وسط تخته‌های پلی‌استایرن را با دریل معمولی سوراخ کرده و گل‌میخ‌ها را در داخل سوراخ‌ها قرار دهید. میخ پلاستیکی اتصال را با چکش بکوبید تا کاملا محکم شود.

شکل ۵-۱۱ کوبیدن میخ پلاستیکی اتصال با چکش

- اتصالات (گل‌میخ‌ها) را با اندود زیرین بپوشانید. بگذارید تا خشک شود و سپس پوشش زیرین را اجرا کنید. به این ترتیب وقتی پوشش نهایی اجرا شد اتصالات دیده نمی‌شوند.

شکل ۵-۱۲ پوشاندن گل‌میخ‌ها با اندود زیرین

- قبل از اجرای اندود، کنج‌های پنجره‌ها و درها با یک لایه مش تقویت شود. بنابراین در این قسمت‌ها مش دو لایه خواهد بود. باریکه‌هایی از مش به اندازه ۲۰cm در ۳۰cm بریده و در زاویه ۴۵ درجه نسبت به افق (به صورت قطری) در کنج‌ها و در داخل اندود زیرین قرار دهید.



شکل ۵-۱۳ تقویت کنج‌های پنجره‌ها با یک لایه مش در زیر لایه مش اصلی

- برای تقویت بیشتر کنج‌ها، در این محل‌ها از پروفیل کنج (فلزی یا پلیمری) استفاده کنید تا هم لبه صاف و تمیزی فراهم شود و هم مقاومت بیشتری به دست آید.

شکل ۵-۱۴ نصب پروفیل کنج

- پس از آماده سازی سطح، اندود زیرین را در یک لایه ضخیم ۴ میلی‌متری اجرا کنید. سپس ماله‌ای را که لبه آن شکاف‌های۱۰ mm در ۱۰mm داشته باشد، روی سطح حرکت دهید.

شکل ۵-۱۵ اجرای پوشش زیرین

- پوشش زیرین را از بالا به پایین اجرا کنید. مش الیاف شیشه را از بالا به پایین در داخل این لایه قرار دهید. لبه‌های مش باید ۱۰cm هم‌پوشانی داشته و کاملا در داخل ملات قرار گیرد.

- زمانی که پوشش زیرین خشک شد که معمولا سه روز طول می‌کشد، پوشش نهایی اکریلیکی را اجرا کنید.

- پوشش نهایی را از بالا به پایین با ماله، غلتک یا پیستوله اجرا کنید.

- مش تقویت‌کننده باید در برابر قلیا مقاوم بوده و مقاومت کششی بالایی داشته باشد.

- پوشش نهایی می‌تواند هر نوع اندود تزیینی آماده مصرف و رنگ (شامل رزین مصنوعی، سیلیس، مواد معدنی) یا هر نوع نماسازی مانند آجر نما، کاشی و ... باشد. پوشش زیرین و نهایی باید قابلیت نفوذ بخار آب بسیار خوب و نفوذ ناپذیری زیاد در برابر آب داشته باشد.

۵-۴ چوب فرآوری شده با حرارت (ترموود)[1]

۵-۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

ترموود یا چوب حرارت دیده چوبی است که فرآیند فراوری با اعمال بخار آب و عملیات حرارتی بر روی آن صورت می‌گیرد که باعث دوام و ماندگاری چوب می‌شود.

1 **Thermowood**

انواع ترمووود به شرح زیر است:

- نوع اول ترمووود Thermo-D است که D نماینده Durability و به معنای دوام و ماندگاری است.

- نوع دوم ترمووود Thermo-S است که S نماینده Stability و به معنای پایداری است. معمولا برای نماهای خارجی ساختمان‌ها بر اساس استانداردها گزینه مناسب، Thermo-D است.

مزایای این عایق‌های حرارتی به شرح زیر است:

- مقاومت بالا و طولانی در برابر سایش و شرایط جوی مختلف
- نصب آسان و سریع
- قابلیت برش هلالی جهت محل‌های قوس دار
- شستشو و نگهداری آسان
- خواص عایق‌کاری حرارتی مناسب
- وزن کم
- بدون تاثیر مضر بر سلامت انسان
- رنگ طبیعی و زیبا
- مقاوم در برابر پوسیدگی و حمله حشرات

شکل ۵-۱۶ نمونه‌ای از ترمووود

در مقابل این محصول دارای معایب زیر است:

- کاهش مقاومت‌های مکانیکی در چوب ترمووود

- عدم مقاومت به اشعه ماورای بنفش آفتاب: درصورت عدم استفاده از رنگ‌ها و پوشش‌های پیگمنت‌دار، ترموچوب مورد استفاده در فضای بیرون ساختمان آسیب دیده، تغییر رنگ می‌دهد و خاکستری می‌شود. پدیده خاکستری رنگ شدن در چوب ترموود حتی گاهی اوقات سریعتر از چوب فرآوری نشده صورت می‌گیرد که این امر لزوم رنگ شدن چوب ترموود را اثبات می‌نماید.

۵-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

کاربرد اصلی ترموود در انواع نماهای ساختمانی است شامل: پوشش سقف، کف، ساخت پنجره‌ها و درها، تخته‌کوبی و نماکاری چوب و مبلمان فضای باز و بسته (شهری و پارکی).

همچنین ترموود را می‌توان در فضاهای مرطوب از قبیل حمام، سرویس بهداشتی، سونا، کف دور استخر و غیره نیز استفاده کرد. ضمنا استفاده از چوب ترموود در آلاچیق و سایه‌بان نیز به دلیل ماهیت چوب آن کاملا پذیرفته می‌باشد.

اکثر ترموودها چنانچه در نما استفاده شود، به تنهایی نمی‌توانند ضوابط ایمنی در برابر آتش را تأمین نموده و نیاز است تا با استفاده از پوشش‌های پف‌کننده، یا اشباع با مواد کندسوز کننده در برابر آتش محافظت شوند.

شکل ۵-۱۷ کاربرد ترموود در خارج از ساختمان

۵-۴-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

فرایند تهیه ترموود، به روش‌های متفاوتی در دنیا اجرا می‌شود. یکی از رایج‌ترین این روش‌ها به شرح زیر است:

فاز نخست: در ابتدا چوب ها را برش داده و به اشکال مختلف در می آورند و سپس در داخل دستگاه حرارتی قرار داده و ابتدا تا ۱۰۰ درجه سلسیوس و سپس تا ۱۳۰ درجه سلسیوس تحت شرایط خاص، حرارت داده که این امر باعث خشک شدن و کاهش رطوبت چوب می‌گردد.

فاز دوم: در این مرحله چوب را همچنان تحت شرایط خاص در دمای ۱۸۰ تا ۲۲۰ درجه سلسیوس قرار داده تا کلیه صمغ و رطوبت باقی مانده در چوب به حدود صفر درصد برسد. چوب‌های کاج ساعت‌های مشخصی را در این مرحله باقی می‌مانند تا مرکز آن نیز به رنگ قهوه‌ای روشن درآید.

فاز سوم: در مرحله پایانی، چوب را به آرامی خنک و سرد کرده تا دمای آن به حدود ۱۰۰ درجه سلسیوس برسد. برای این فرآیند از پاشیدن آب و بخار آب برای خنک نمودن استفاده می‌کنند تا چوب به دمای محیط برسد و در این مرحله چوب مقداری رطوبت جذب می‌کند و رطوبت نهایی آن به ۴ تا ۶ درصد می‌رسد.

- **الزامات عمومی:** ارزیابی مشخصات فنی این فرآورده بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۰۹۲با عنوان "گرماچوب (ترموود)- خواص فیزیکی، مکانیکی و مقاومت بیولوژیکی- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون" و Thermowood handbook فنلاند صورت می‌گیرد.

الزامات عمومی ترموود عبارتند از: ثبات ابعادی، رطوبت تعادل، مقاومت در برابر حملات قارچی، چگالی، خواص مکانیکی، مقاومت خمشی، مقاومت در برابر ضربه، سختی سطح، تنش کششی عمود بر الیاف، مقاومت در برابر تنش فشاری، مقاومت اتصالات مکانیکی، رسانایی حرارتی، پیوند با چسب در گرماچوب، چسبندگی روکش روی گرماچوب، گازهای متصاعد، واکنش در برابر آتش، دوام در برابر حمله حشرات، رنگ، درصد جذب آب.

-**الزامات ایمنی در برابر آتش:** با توجه به نتایج آزمون‌های آتش استاندارد و طبقه‌بندی ترموود از نظر واکنش در برابر آتش، برای کاربرد آن در نمای خارجی ساختمان یا نازک کاری دیوار و سقف، لازم است عملکرد آن در برابر آتش از طریق آزمون‌های آتش استاندارد ارزیابی و پس از طبقه‌بندی استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN13501-1 ارزیابی گردد. الزامات مربوط به نمای داخلی و خارجی باید مطابق ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق" (فصل ۳-۷ در ویرایش ۱۳۹۵) برآورده شود. بر اساس نتایج متعدد آزمون و ارزیابی، اکثراً این مصالح نما، به تنهایی نمی‌توانند ضوابط ایمنی در برابر آتش را تأمین نموده و نیاز

است تا با استفاده از پوشش‌های پف‌کننده، یا اشباع با مواد کندسوز کننده در برابر آتش محافظت شوند. در این صورت توجه به دوام این مواد در شرایط محیطی از اهمیت برخوردار است.

۵-۴-۴ مبانی طراحی و اجرا

نصب ترموود نیاز به زیرسازی دارد که می‌تواند به شکل سیمانی یا فلزی انجام شود. در زیرسازی سیمانی باید ملات سیمانی با ۴ سانتی‌متر ضخامت اجرا گردد. برای زیرسازی فلزی نیاز به قوطی‌های فلزی با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از هم و همچنین ۷ سانتیمتر از لبه‌های کار وجود دارد که این قوطی‌ها را به میله‌ای ثابت شده روی کار جوش می‌دهند. استفاده از زیرسازی فلزی پیشنهاد می‌گردد. بعد از انجام زیرسازی فلزی نیاز به نصب چوب زیرسازی وجود دارد. چوب زیرسازی باعث جلوگیری از تماس مستقیم ترموود با زیرسازی فلزی می‌گردد و از آنجا که ضریب انبساط چوب و فلز متفاوت است، چوب زیرسازی از ایجاد انقباض و انبساط شدید ترموود جلوگیری می‌نماید. برای اتصال چوب زیرسازی به فلز از پیچ سرمته استفاده می‌گردد.

چوب زیرسازی اصطلاحا چوب اشباع یا rownwood نامیده می‌شود. برای نصب در نما ابعاد مناسب چوب زیرسازی ۲۵×۴۵ و ۲۵×۲۵ میلی‌متر با فاصله‌های ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و برای نصب در کف ابعاد مناسب چوب زیرسازی ۴۰×۵۰ میلی‌متر با فواصل ۴۰ سانتی متر است. حداکثر فاصله بین زیرسازی در زمان نصب ۸۰ سانتی متر است. طول شاخه‌های چوب زیرسازی ۲ متر بوده و به ازای هر متر مربع چوب ترموود نیاز به استفاده از ۳ متر طول چوب زیرسازی می‌باشد.

در اجرای ترموود می‌توان از پیچ و یا پروفیکس استفاده نمود. پروفیکس فقط برای نصب چوب‌هایی با ضخامت ۲۵ میلی‌متر استفاده می‌شود. پیچ ها نیز از نوع گالوانیزه و فولاد زنگ‌نزن بوده و دارای ۲ رنگ تیره و روشن است که بسته به رنگ ترموود می‌توان از این دو رنگ استفاده کرد.

۵-۵ ورقه‌های تزئینی پرس شده چندلایه HPL [1]

۵-۵-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

ورق مصنوعی و تزئینی HPL، ورقی است مقاوم و چندکاره که برای پوشش سطوح افقی و قائم به کار می‌رود. اجرا و نگهداری این ورق‌ها آسان است. HPL از ترکیب لایه‌های کاغذ کرافت و رزین‌های فنولیک به‌وجود می‌آید. اجزاء تشکیل دهنده این پانل‌ها عبارتند از:

۱) لایه سطحی: لایه تزیینی سطح لمینیت‌های HPL شامل یک یا چند ورق از مواد با ساختار فیبری (معمولا کاغذ) یا سطوحی دیگر با طرح و نمای تزیینی مختلف همچون سطوح فلزی، روکش‌های چوبی و پارچه‌ای و غیره هستند که با رزین‌های گرماسخت از جنس آمینوپلاستیک (معمولا رزین‌های با پایه ملامینی) یا رزین‌های دیگر عمل‌آوری می‌شوند. لمینیت‌های HPL می‌توانند از یک وجه یا بر روی دو وجه دارای روکش سطحی باشند.

۲) مغزه لمینیت‌ها: مغزه یا هسته اصلی این لمینیت‌ها شامل مواد الیافی (معمولاً کاغذ) است که توسط رزین‌های گرماسخت (برپایه رزین‌های پایه فنولیک) تحت فشار و حرارت عمل آوری می‌شود.

شکل ۵-۱۸ ورقه‌های تزئینی پرس شده در نما

استفاده از ورق‌های تزئینی HPL در صورتی که از کیفیت مطلوبی برخوردار باشند مزایای مختلفی دارد که عبارت است از:

- دوام و مقاومت شیمیایی بالا

- چسبندگی سریع و پایدار رزین‌های مصرفی در لایه‌های مختلف این ورق‌ها موجب پیوند ناگسستنی لایه‌های مختلف پانل می‌گردد

[1] **High Pressure Laminate**

- چگالی کم که موجب سبک سازی و ایمنی بیشتر در برابر زلزله (به علت بار مرده کم) می‌گردد و اصلی‌ترین مزیت HPL نسبت به سایر نماهای ساختمانی است.

- در صورتی که وزن واحد سطح نما از ۵۰ کیلوگرم بر مترمربع بیشتر باشد باید دارای مهار مناسب مکانیکی برای مقابله با بار زلزله مطابق نشریه ۷۱۴ باشد.

- صفحات HPL در برابر ضربه‌های وارده مقاوم هستند. به دلیل داشتن خاصیت ارتجاعی، در مقابل فشارهای گوناگون مانند فشار باد عملکرد خوبی نشان می‌دهند.

- درصورت برخورداری از کیفیت مناسب این ورق‌ها در برابر اشعه UV مقاوم بوده و تغییر رنگ نخواهند داد.

- این ورق‌ها در برابر آتش سوزی مقاوم بوده و شعله‌ور نمی‌شوند.

۵-۵-۲ دامنه کاربرد، محدودیت‌ها

استفاده از پانل‌های HPL در موارد زیر است:

- استفاده از ورق‌هایی با ضخامت۶، ۸ یا ۱۲ میلی‌متر در پوشش داخلی و خارجی ساختمان

- طراحی نمای ساختمان ، دکوراسیون داخلی و خارجی

- سرویس‌های بهداشتی عمومی

- داخل آسانسور

- ساخت کابینت‌های آشپزخانه و موارد دیگر...

در طراحی نما با استفاده از پانل‌های HPL باید به انتخاب روش مناسب با توجه به شرایط طراحی نما نیز دقت شود. به عنوان مثال از جمله مواردی که ممکن است استفاده از این مصالح مناسب را در طراحی نما محدود کند، محدودیت این گونه پانل‌ها در سطوح منحنی است. البته استفاده از ورق‌هایHPL در نماهای منحنی نیز امکان پذیر است. اما انتخاب ضخامت ورق و روش نصب آن در چنین شرایطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین بحث مقاومت در برابر آتش و قرارگیری در شرایط بیرونی از جمله خواص مهمی است که چنانچه ورق از کیفیت مناسبی برخوردار نباشد استفاده از آن در محیط خارجی محدود خواهد شد.

یکی از مهمترین قسمت‌های ورق‌های HPL روکش آن است که شامل طرح‌ها و رنگ‌های متنوع است. چنانچه این روکش از کیفیت بالایی برخوردار نباشد کاربرد این ورق‌ها به داخل ساختمان محدود می‌شود. چنانچه این ورق‌های با کیفیت پایین در نمای بیرونی استفاده گردد دچار تغییر رنگ می‌شود. برای استفاده از این ورق‌ها در خارج ساختمان از یک لایه ملامینه یا میکروفیلم استفاده می‌گردد که در اصطلاح به آن مقاوم در برابر UV می‌گویند. امروزه با استفاده از فناوری پرتودهی (ELECTROBEAM) مقاومت پانل در برابر اشعه UV بالا برده می‌شود و مزایایی چون عدم تیرگی و کثیف نشدن از بارزترین مزایای این روش است.

۵-۵-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

روکش مصنوعی و تزئینی HPL، محصولی است که از ترکیب لایه‌های کرافت و رزین‌های فنولیک به وجود می‌آید. این ترکیب پس از قرار گرفتن در دمای بالای ۱۸۰ درجه سلسیوس و فشار ۸۰ بار تبدیل به صفحاتی محکم با مشخصات فنی ویژه می‌گردد. در نهایت سطوح نهایی این صفحات توسط لایه‌های رنگین و پوشش ضدخش پوشانده می‌شود.

-**الزامات عمومی:** استاندارد EN 438 با عنوان "لمینیت‌های تزیینی فشار بالا (HPL)، ورق‌های بر پایه رزین‌های گرماسخت (لمینیت‌ها) ، معرفی و اطلاعات کلی" برای کنترل کیفیت این ورق‌ها و بررسی مشخصات فنی آن‌ها استفاده می‌شود.

-**الزامات ایمنی در برابر آتش:** با توجه به ماهیت فرآورده و استاندارد مربوط، بر اساس نتایج آزمون‌های واکنش در برابر آتش استاندارد ورق تزیینی HPL ممکن است در طبقات مختلفی از نظر واکنش در برابر آتش طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN13501-1 قرار گیرد. بنابراین با توجه به کاربرد آن در نازک‌کاری و نما، لازم است ورق تزیینی HPL الزامات مربوط در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، را برآورده نماید.

۵-۵-۴ مبانی طراحی و اجرا

سیستم نصب خشک (نصب با اتصال قابل رویت): این روش که ساده‌ترین روش نصب ورق‌های HPL می‌باشد به کمک پیچ یا پرچ به زیرکار صورت می‌پذیرد. برای نصب مهار اجزای پوششی باید کفایت مهار در برابر بارهای لرزه‌ای بر اساس معیارهای پذیرش ارائه شده در نشریه ۷۱۴ ارزیابی شود و کفایت مهار برای تغییر مکان‌های تعیین شده در آن نشریه ارزیابی گردد.

شکل ۵-۱۹ نصب خشک ورق‌های HPL با کمک پیچ یا پرچ

-**سیستم نصب به کمک چسب:** در این حالت برای چسباندن ورق‌ها از چسب پلی‌یورتان و پرایمر استفاده می‌شود، به طوری‌که ابتدا دو سطح مورد نظر را به پرایمر آغشته می‌کنند و پس از خشک شدن با چسب پلی‌اورتان و به هم متصل می‌کنند و با گذشت دو ساعت ورق به زیرکار می چسبد.

-**سیستم نصب Ribbed:** در این سیستم نصب ورق‌ها، بسیاری از کاستی‌های روش نصب پرچ نمایان مرتفع می‌شود و هزینه تمام شده کاهش می‌یابد. در این سیستم، هیچگونه پیچ یا پرچی بر روی سطح و پشت ورق HPL استفاده نمی‌شود و برای نصب از سوراخ‌کاری نیز استفاده نمی‌شود. در این روش اجرا ورق‌ها توسط ابزار و تیغه مخصوص در فواصل مشخص با عمق و ضخامت مشخص شیار داده می‌شود. سپس یراق آلات از جنس آلومینیوم در محل شیارها جایگذاری شده و پانل آماده اتصال و نصب می‌باشد.

-**سیستم نصب هنگ:** اجرای نمای HPL با سیستم هنگ اولین روش نصب این ورق‌ها است که برای زیرسازی کار از پروفیل‌های آلومینیوم تعریف شده استفاده می‌گردد. در این روش ضخامت ورق باید حداقل ۸ میلی‌متر باشد. این روش نصب قابلیت اجرا با ضخامت ورق‌های ۸ و ۱۰ و ۱۲ میلی‌متر را دارد. در این سیستم ابتدا سپری به سازه متصل می‌گردد، سپس فریم لامل‌های عمودی بر روی سپری‌ها نصب می‌شود. در پشت ورق HPL به تناسب ابعاد، براکت توسط چسب و پیچ متصل می‌گردد و سپس ورق بر روی شاسی یا همان فریم لامل‌های افقی نصب می‌شود.

۵-۶ آجرنمای نسوز طرح اسکوپ دار

۵-۶-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

شکل ۵-۲۰ نصب Ribbed ورق‌های HPL

اصلی‌ترین عامل چسبندگی آجر به ملات، جذب آب آجر است. در آجرهای قدیمی که ماده اولیه آن‌ها از خاک رس تشکیل می‌شود، جذب آب بالای آجر رسی این وظیفه را به خوبی انجام می‌دهد. در محصولات جدیدتری مانند آجرنماهای شیل و به ویژه آجرهای نسوز، مقدار جذب آب این آجرها به مراتب پایین تر از آجرهای رسی است و درنتیجه چسبندگی بسیار کمتری ما بین آجر و ملات نسبت به آجرهای رسی وجود دارد.

در این میان به دلیل صاف بودن طرفین آجرنماهای متداول در بازار، عملا این آجرها فاقد درگیری لازم با ملات است و در صورت اجرا مخاطرات بسیاری مانند خطر سقوط پس از اجرا و به خصوص هنگام وقوع زلزله به همراه خواهد داشت.

ایجاد دندانه با پروفایل خاص بر روی یک یا هر دو سطح آجر، می¬تواند یک راه¬حل مناسب و قابل¬اجرا برای ایجاد درگیری بیشتر میان آجر و ملات باشد؛ زیرا، سطح تماس بیشتری میان آجر و ملات به وجود آمده و چسبندگی بیشتری میان آن دو شکل می¬گیرد. به نحوی که از این محصول می‌توان برای نمای ساختمان‌های مرتفع و بلند مرتبه نیز استفاده کرد. آجر به وسیله کنگره¬هایی اصلاح شده شکل ۵-۲۱ و با افزایش سطح درگیری آجر با ملات، احتمال سقوط آجر نسبت به آجرهای مشابه که دو طرف آجر به صورت صاف است، از بین می‌رود.

شکل ۵-۲۱ آجر اسکوپ دار

۵-۶-۲ دامنه کاربرد، محدودیت‌ها

با افزایش درگیری آجر با ملات باعث شده که خطر ریزش و سقوط آجر از بین رفته و در حالت اجرای نمای ساختمان با ملات در صورتی‌که، دیوار پشتیبان آن با ملات مسلح شده با مش الیاف براساس پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ مسلح شده باشد قابل استفاده‌است .

۵-۶-۲ روش طراحی و اجرا

– نوع آجر اسکوپ دار که در پشت آجر دارای موج می باشد (شکل ۵-۲۱) بر روی دیوارهای مسلح شده با مش الیاف طبق الزامات پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، با توجه به ایجاد پیوستگی و چسبندگی مناسب ملات نما به تسلیح عملکرد مناسبی داشته و بدون تسلیح قابل استفاده می‌باشد. در صورتی‌که از روش‌های دیگر تسلیح دیوار استفاده شود، این نوع نمای آجری باید طبق الزامات نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور تسلیح شود.

– دیوار پشت نما باید براساس الزامات پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ در جهت خارج از صفحه مسلح شود.

– دیوار پشت نما باید براساس الزامات پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ از سازه جدا شود و نحوه اجرای نمای ملاتی آن بر روی ستون‌ها نیز مطابق ضوابط این پیوست می‌باشد.

– در اجرای نمای آجری ملاتی باید الزامات نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور رعایت شود.

– اجرای نبشی بالای دیوار برای مهار خارج از صفحه دیوار در دیوارهای خارجی ساختمان ضروری می‌باشد و عدم اجرای آن شدیدا دیوار را آسیب‌پذیر می‌کند.

۵-۷ آجر نمای نسوز

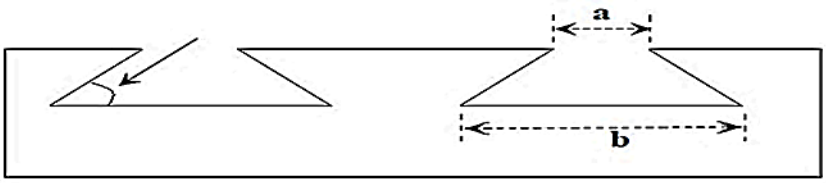
۵-۷-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

در حال حاضر با توجه به خطرات ناشی از سقوط آجرهای نما (به خصوص آجرنمای نسوز) و نماهای سنگی، در نمای ساختمان پس از اجرا و به خصوص هنگام وقوع زلزله، به دلیل پایین بودن جذب آب سنگ و آجرنمای نسوز و در نتیجه کم بودن میزان درگیری سنگ یا آجر با ملات و تجربیات ناموفق استفاده از سنگ و آجر در نمای ساختمان، استفاده از نماهایی که کارایی بهبود یافته در اتصالات اعم از خشک و تر دارند در حال گسترش، در کشور می‌باشد.

این آجر، با ایجاد دندانه، با پروفایل خاص بر روی سطح آجر، راه‌حل مناسب و قابل اجرا جهت ایجاد درگیری بیشتر میان آجر و ملات می‌باشد، زیرا، سطح تماس بیشتری میان آجر و ملات به وجود آمده و چسبندگی بیشتری میان آن دو شکل می‌شود، ضمن اینکه ملات در پشت آجر محبوس شده و کاملا در ملات قفل و احتمال سقوط آن از بین می‌رود. از این آجر می‌توان برای نمای ساختمان‌های مرتفع و بلند مرتبه نیز استفاده کرد.

با بررسی آجرنما و مقایسه آن با آجرنماهای دو طرف صاف موجود و متعارف در بازار، نسبت به اصلاح و ارائه جزییات مناسب برای این نوع نما و دیوار نگهدارنده پشت آن در هر دو حالت اجرا به صورت تر و خشک اقدام شده‌است، به گونه‌ای که پایداری لازم در برابر بارهای ناشی از ضربه، باد و تغییر مکان‌های نسبی داخل و خارج صفحه زلزله را داشته باشد.

همچنین کفایت مقاطع و جزییات پیشنهادی برای اثرات این بارها با آزمایش‌های لازم، ارزیابی و کنترل می‌شود. به طور کلی، با توجه به آزمایش‌های انجام شده بر روی میز لرزان، به کارگیری نمای آجری با استفاده از روش‌های مسلح‌سازی دیوار مجاز می‌باشد، همچنین استفاده از این نوع آجر برای اجرای خشک نیز مجاز می‌باشد.



شکل۵-۲۲ نمای کلی از پروفایل آجر دندانه‌دار؛ (زاویه منفی)

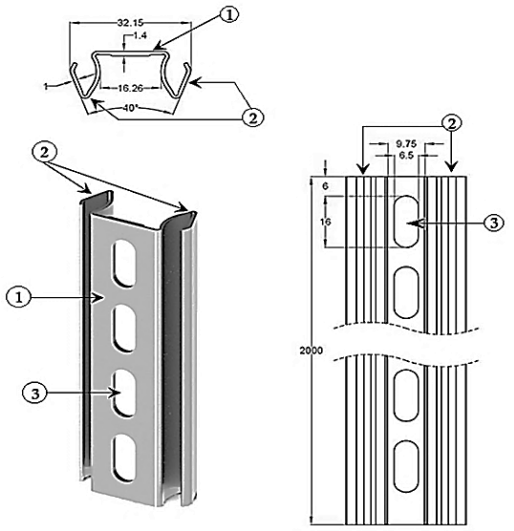
در این محصول که از روش ذکر شده در شکل ۵-۲۲ استفاده شده‌است، علاوه بر افزایش سطح درگیری آجر با ملات، ملات به صورت فیزیکی در پشت حفره ذوزنقه‌ای محبوس شده و خطر سقوط آجر از بین می‌رود.

شکل۵-۲۳ آجر نما

دندانه‌دار کردن سطح آجر نمای پلاک شکل ۵-۲۳، امکان نماکاری به صورت خشک را نیز فراهم می‌سازد؛ بدین صورت که نیازی به استفاده از ملات سیمانی برای نصب آجرها در محل مورد نظر نخواهد بود و آجرها به واسطه داشتن زایده‌های دندانه‌ای شکل به راحتی می‌توانند در یکدیگر قفل‌شوند یا بر روی زیرکار مربوطه نصب گردند.

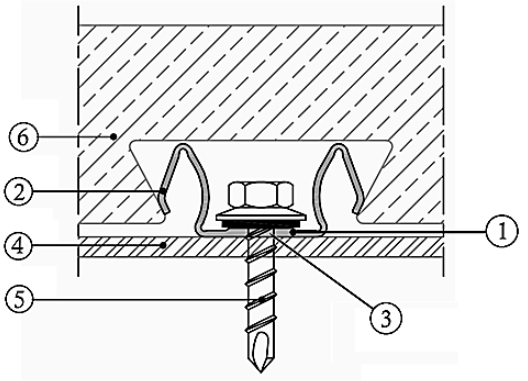
لازم به ذکر است که اجرای نمای خشک، نیازمند بکارگیری یک سری تمهیدات فنی و استفاده از تجهیزات متناسب با نوع دندانه های ایجادشده بر روی سطح آجر است به طوری که پایداری آجرهای نصب‌شده بر روی نمای ساختمان در برابر شرایط محیطی یا لرزش‌های ناگهانی ضمن حفظ وزن پایین نما، به خوبی تأمین گردد. آجرهای دندانه دار برای نصب به روی نماکاری خشک، بسته به شکل ظاهری و ماهیت دندانه ها، نیازمند ابزارهای کمکی به صورت گیره¬ای هستند تا ضمن نگه داری آجر، امکان نصب راحت و سریع آن بر روی نما نیز فراهم گردد.

در شکل۵-۲۴ نقشه سه بعدی از پروفایل اتصال دهنده آجر نمای پلاک دندانه دار به همراه نمای بالا و نمای جلو از قطعه را در حالت اول اجرای خشک نشان می دهد.

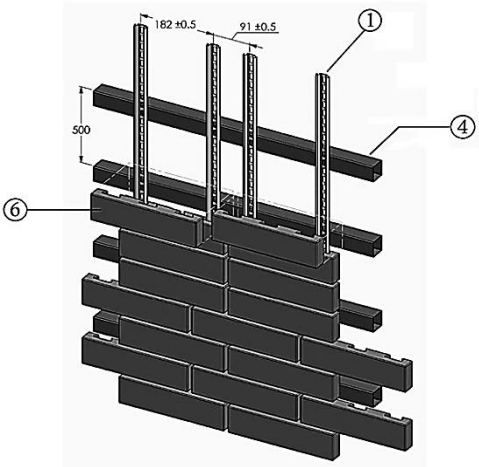


شکل ۵-۲۴ نقشه سه بعدی از پروفایل اتصال¬دهنده¬ی آجر نمای پلاک دندانه¬دار

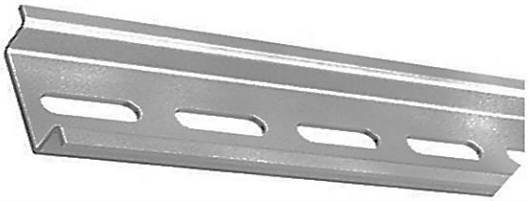
درشکل۵-۲۵ نحوه قرارگیری پروفایل اتصال‌دهنده و چگونگی نصب آجر پلاک دندانه¬دار بر روی دیوار در اجرای نمای خشک ارائه شده است. همچنین اجرای خشک در حالت دوم با استفاده از پروفیل‌های گالوانیزه مطابق با شکل۵-۲۶ نیز انجام شده‌است.



شکل۵-۲۵ قرارگیری پروفایل اتصال‌دهنده و چگونگی نصب آجر نما بر روی دیوار در اجرای حالت اول اجرای نمای خشک



شکل ۵-۲۶ نصب آجر نما



شکل۵-۲۷ پروفیل استفاده شده در حالت دوم اجرای خشک

۵-۷-۲ دامنه کاربرد، محدودیت‌ها

این سیستم نما در حالت اجرای با ملات با افزایش سطح درگیری آجر با ملات و محبوس شدن ملات در پشت آجر خطر ریزش و سقوط آجر را از بین می‌برد، ضمن اینکه امکان اجرای خشک آن نیز وجود دارد . این نوع آجر با توجه به شکل خاص آن اتصال مناسبی ایجاد می‌کند و نیاز به تسلیح در هر دو حالت اجرای تر (با ملات) و نیز اجرای خشک ندارد.

۵-۷-۳ ویژگی‌های مورد بررسی و روش طراحی و اجرا

- نمای آجر ذکر شده در دیوارهایی که با ملات مسلح شده با مش الیاف براساس پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ مسلح شده بارهای طراحی باد، ضربه و زلزله وارده بر نما را براساس استاندارد ۲۸۰۰ و نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور با موفقیت تحمل می‌نماید.

- نوع آجرنماکه دارای سه فرو رفتگی ذوزنقه‌ای است با توجه به درگیر شدن با ملات مانند اسکوپ عمل می‌نماید و عملکرد مناسبی در حالت اجرای ملاتی دارد و نیازی به اسکوپ فلزی نمی‌باشد.

- این آجر نما در هر دو حالت اجرای خشک نیز عملکرد مناسبی دارد. در صورتی‌که دو فرو رفتگی آن در ریل‌های پشتیبان قرار گیرد، پایداری کافی در برابر بارهای وارده را دارد.

- در روش اجرای خشک باید به جداسازی حرکت نما و سازه توجه ویژه شود. روش اجرای خشک ارائه شده با نحوه اتصال تیرک‌های افقی به صورت لوبیایی به ستون ها و اتصال ریل های آلومینیومی به آن که باعث جداسازی نما از سازه می‌شود، عملکرد بسیار خوبی در زلزله دارد و از هر گونه آسیبی به دیوارهای خشک جلوگیری می‌کند.

- اجرای دو ریل آلومینیومی در پشت آجرهای نما کافی می‌باشد و نیازی به اجرای سه ریل نمی‌باشد.

- اجرای نبشی بالای دیوار برای مهار خارج از صفحه دیوار در دیوارهای خارجی ساختمان ضروری می‌باشد و عدم اجرای آن شدیدا دیوار را آسیب پذیر می‌کند.

- در حالت اجرای ملاتی دیوار پشت نما باید براساس الزامات پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ در جهت خارج از صفحه مسلح شود.

- در حالت اجرای ملاتی دیوار پشت نما باید براساس الزامات پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ از سازه جدا شود و نحوه اجرای نمای ملاتی آن بر روی ستون‌ها نیز مطابق ضوابط این پیوست باشد.

- در اجرای نمای آجری باید الزامات نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور رعایت شود.

فصل ششم

عایق‌ها

بخش اول

عایق‌های رطوبتی

۶-۱ عایق رطوبتی مایع به‌کارونده

۶-۱-۱ معرفی و اجزاء تشکیل دهنده

عایق‌های رطوبتی مایع از جمله مواد و مصالح نوین و پرکاربرد در صنعت ساختمان و ابنیه فنی به‌حساب می‌آیند که اخیراً مورد توجه دست اندرکاران صنعت ساخت و ساز واقع شده است. این عایق‌ها عمدتاً از مواد معدنی و شیمیایی با پایه آب یا حلال تشکیل شده‌اند.

با پیشرفت علوم و نیز گرانی مواد نفتی و قیر در بعضی مواقع استفاده از عایق‌های پیش ساخته مقرون به صرفه نبوده و محققین و مهندسین را به استفاده از مواد عایق‌کاری جدید با پایه‌های شیمیایی مختلف که هم از نظر اقتصادی و هم از نظر کیفیت و کارایی بتواند با سایر عایق‌ها رقابت کند تشویق نموده است. در حال حاضر و بعد از تحقیقات متعدد، محققین موفق شدند که با استفاده از رزین‌های اکریلاتی و استایرنی که با آب حل می‌شوند، عایق رطوبتی جدیدی بسازند که به صورت یک لایه (با

ضخامت‌های کم) روی سطوح مورد نیاز به صورت مایع اجرا می‌شود و دارای خواص رطوبتی و انعطاف پذیری مناسبی نیز می‌باشد.

عایق‌های رطوبتی مایع به‌کارروندە دارای مزایای مختلفی از جمله موارد زیر است:

- چسبندگی بالا به سطوح زیرین (از قبیل بتن و ملات سیمان)؛
- کاربرد آسان؛
- انعطاف‌پذیری مناسب؛
- پوشش یکپارچه و بدون درز؛
- تنوع رنگ؛
- مقاومت در دماهای مختلف ؛
- غیر سمی، غیرقابل اشتعال و دوست دار محیط زیست بودن (برای نوع بر پایه آب آن)؛

عایق‌های بر پایه آب دارای مزایای زیر می باشند:

- هیچ نوع بخاری از آن متصاعد نمی‌شود و بوی بدی ندارد، استشمام آن خطرناک نیست؛
- سمی نیست و تماس فیزیکی با آن خطرناک نمی‌باشد؛
- تجهیزات به راحتی با آب تمیز می‌شود؛
- سازگار با قیر و پلاستیک است؛
- هم روی سطح خشک و هم روی سطح مرطوب قابل استفاده است.

در مقابل این محصول دارای معایب زیر است:

- نیاز به فرد ماهر برای اجرای آن دارد؛
- در سطوح قائم برای تقویت لایه عایق رطوبتی معمولاً نیاز به یک لایه مش الیاف شیشه دارد.

۶-۱-۲ دامنه کاربرد، محدودیت‌ها

بر اساس استاندارد EN 14891، عایق‌های رطوبتی مایع به‌کارروندە برای استفاده در سرویس‌های بهداشتی، آشپزخانه‌ها و استخرها به‌شرط استفاده از یک لایه کاشی یا سرامیک بر روی آن‌ها استفاده

می‌شود. لازم به ذکر است که در صورت استفاده از این عایق‌ها در معرض شرایط محیطی بیرونی به طور قطع باید آزمون‌های تکمیلی انجام پذیرد.

۶-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

این عایق‌ها عمدتاً از مواد معدنی و شیمیایی با پایه آب یا حلال تشکیل شده‌اند و به لحاظ ساختاری به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱) عایق‌های رطوبتی پایه سیمانی CM (مخلوطی از چسباننده‌های سیمانی، مصالح سنگی و مواد افزودنی)

۲) عایق‌های رطوبتی پلیمری DM (مخلوطی از مواد چسباننده آلی، پلیمرهای قابل حل شدن در آب، مواد افزودنی آلی و فیلرهای معدنی)

۳) عایق‌های رطوبتی رزینی RM (مخلوطی از رزین‌های مصنوعی، فیلرهای معدنی، افزودنی‌های آلی به طوری که مکانیزم سخت شدگی ناشی از واکنش‌های شیمیایی می‌باشد).

این عایق‌ها قابلیت پذیرش رنگ‌های متنوع را داشته و خاصیت آب‌گریزی یا ضد آب بودن آن‌ها دلیل عمده مطرح شدن آن‌ها بوده است.

الزامات عمومی: جهت کنترل کیفیت این نوع عایق‌ها تنها استاندارد اروپایی EN 14891 وجود دارد که در آن ذکر شده که این عایق‌ها نباید در مواجهه با محیط بیرونی قرار گیرند. بر روی آن‌ها باید یک لایه سرامیک و کاشی اجرا گردد. در این استاندارد جهت بررسی کیفیت عایق به لحاظ فنی سه گروه آزمایش کلی طراحی شده است که عبارتند از: ۱) تعیین مقاومت چسبندگی کششی عایق با ملات سیمان در شرایط محیطی مختلف (شامل قرارگیری در معرض آب معمولی، آب آهک، آب کلردار و قرارگیری در معرض دماهای بالا و سیکل‌های مداوم ذوب و یخ زدن) ۲) تعیین نفوذپذیری عایق در برابر آب و ۳) تعیین میزان انعطاف و پل زدن عایق پس از ایجاد ترک در ملات پایه. به طور قطع چنانچه از این عایق‌ها در معرض شرایط محیطی و اشعه ماوراء بنفش استفاده گردد الزامات EN 14891 کافی نبوده و نیاز به آزمایشات تکمیلی متناسب با آن کاربرد می‌باشد.

الزامات ایمنی در برابر آتش: برای عایق رطوبتی مایع به کار رونده، الزامی از نظر واکنش در برابر آتش در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، قید نشده

است. با وجود این، در صورت لزوم بر اساس نیاز طرح، با ارزیابی از طریق آزمون‌های استاندارد آتش، درباره عملکرد فرآورده در برابر آتش و حدود کاربرد آن می‌توان تصمیم‌گیری نمود.

۶-۱-۴ مبانی طراحی و اجرا

جهت اجرای عایق‌های رطوبتی مایع به کار رونده رعایت مراحل ذیل الزامی است:

۱.آماده سازی سطح: پاک کردن سطح از هرگونه غبار و مواد اضافی که مانع چسبندگی مناسب عایق با زیرکار گردد(شکل ۶-۱ سمت راست).

۲.مخلوط کردن عایق و اضافه نمودن مقدار مشخص آب چنانچه از نوع سیمانی باشد (شکل ۶-۱ عکس وسط).

۳.خوب مخلوط کردن درون ظرف

۴.اجرا بر روی سطح در دو یا چند لایه با استفاده از قلم مو یا هر وسیله مشابه دیگر مطابق با دستورالعمل تولید کننده (شکل ۶-۱ عکس سمت چپ).

۵.در صورت نیاز استفاده از شبکه‌های الیافی بین لایه‌ها جهت افزایش مقاومت در برابر ترک خوردگی و ایستایی در سطوح قائم

شکل ۶-۱ اجراء عایق رطوبتی مایع به‌کارروندە

بخش دوم

عایق‌های حرارتی

۶-۲ فوم الاستومری انعطاف پذیر[1] (FEF)

۶-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

فوم الاستومری انعطاف پذیر یا FEF، عایق حرارتی سلول بسته‌ای است که از لاستیک طبیعی یا مصنوعی، یا مخلوطی از آن‌دو ساخته می‌شود و حاوی پلیمرها و مواد شیمیایی دیگری است که ممکن است با افزودنی‌های آلی یا معدنی اصلاح شده باشد. این فراورده‌ها به اشکال ورقی، لوله‌ای، رولی و نواری با روکش یا بدون روکش و یا پشت چسب‌دار تولید می‌شوند. دو نوع عایق الاستومری به لحاظ ماده اولیه وجود دارد که شامل نیتریل بوتادین رابر(NBR) و اتیلن پروپیلن داین منومر(EPDM) است. EPDM برای مناطق سردسیر مناسب است و حتی در دماهای ۳۰- درجه سلسیوس رفتار مناسبی از خود نشان می‌دهد.

از مزایای FEF می‌توان به مناسب بودن برای کنترل سروصدای ناخواسته هوابرد و کوبه‌ای در کاربردهای مختلف، عاری بودن از الیاف، وزن سبک و انعطاف پذیری، مقاومت زیاد در برابر انتشار بخار آب، عاری بودن از CFC و عدم آسیب به لایه اوزن، نداشتن خطرات سلامتی، تمیز شدن راحت و بدون تخریب، نداشتن شرایط رشد قارچ اشاره نمود. EPDM دارای محدوده دمای کاربرد گسترده‌تری نسبت به NBR است. در مقابل، این عایق‌ها در برابر شرایط جوی و اشعه ماوراء بنفش مقاوم نبوده و قیمت آن نسبت به عایق‌های متعارف مانند پشم شیشه نیز بیشتر است. ضعف EPDM مقاومت کم در برابر مایعات بر پایه نفت است.

[1] **Flexible Elastomeric Foam**

شکل ۶-۲ انواع عایق حرارتی فوم الاستومری

۶-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

این فراورده‌ها برای عایق‌کاری حرارتی تأسیسات ساختمانی و تجهیزات صنعتی در بازه دمایی عملکردی ۲۰۰°C- تا ۱۷۵°C+ استفاده می‌شود. این فرآورده‌ها در سامانه‌های عایق‌کاری حرارتی پیش ساخته و پنل‌های مرکب نیز مصرف می‌شوند، ولی عملکرد سامانه‌های دارای این فراورده‌ها با استانداردهای دیگری بررسی می‌شود. این محصولات برای عایق‌کاری پوسته خارجی ساختمان مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

۶-۲-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

مواد اولیه به همراه ماده افزودنی شامل پودر و روغن پس از توزین به داخل دستگاه مخلوط‌کن وارد می‌شوند و به خوبی مخلوط و به صورت خمیری در می‌آیند. خمیر حاصل از میان دو رول عبور می‌کند و به شکل ورق در می‌آید. ورقه‌ها به دستگاه اکسترودر منتقل می‌شود. خروجی این دستگاه با توجه به قالب مورد استفاده به صورت ورقه‌ای و یا لوله‌ای خواهد بود. خمیر خارج شده از این دستگاه جهت تبدیل به فوم وارد آون می‌گردد. آون از محفظه‌هایی با دماهای مختلف به ترتیب ۱۲۰-۱۳۰-۱۴۰-۱۵۰-۱۵۵-۱۶۰-۱۷۵ تشکیل شده است. محصول خارج شده از آن چنانچه لوله‌ای باشد ابتدا وارد استخر آب و بعد وارد اتاقک دمنده جهت سرد شدن می‌گردد. چنانچه محصول رولی باشد، جهت خنک شدن در مرحله اول از افشانک‌های آب استفاده می‌گردد و بعد وارد اتاقک دمنده می‌شود. فوم خنک شده به دستگاه برش منتقل و عایق جهت بسته‌بندی و برچسب‌گذاری آماده می‌شود.

شکل ۶-۳ عایق‌کاری مخازن با FEF

شکل ۶-۴ عایق‌کاری لوله با FEF

کنترل کیفیت محصول بر اساس الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۸۳۷، با عنوان"فرآورده‌های عایق‌کاری حرارتی برای تجهیزات ساختمانی و تأسیسات صنعتی- فرآورده‌های فوم الاستومری قابل انعطاف (FEF) ساخته شده در کارخانه – ویژگی‌ها" انجام می‌شود.

-**الزامات عمومی:** ویژگی‌های این فوم‌ها مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۸۳۷، با عنوان"فرآورده‌های عایق‌کاری حرارتی برای تجهیزات ساختمانی و تاسیسات صنعتی- فرآورده‌های فوم الاستومری قابل انعطاف (FEF) ساخته شده در کارخانه – ویژگی‌ها" ارائه شده است.

الزاماتی که برای تمام کاربردها مورد نیاز است، عبارتند از: ضریب هدایت حرارتی، ابعاد و رواداری‌ها، ابعاد خطی، گونیا بودن، پایداری ابعادی، واکنش در برابر آتش، دوام.

الزاماتی که علاوه بر موارد فوق برای کاربردهای ویژه نیز باید براورده شوند عبارتند از: حداکثر دمای کاربرد، حداقل دمای کاربرد، جذب آب، مقاومت در برابر نفوذ بخار آب، مقادیر بسیار کم یون‌های قابل حل در آب و مقدار pH، انتقال صدای پیکربرد، جذب صدا، آزاد شدن مواد خطرناک، سوختن فروزان پیوسته.

-**الزامات ایمنی در برابر آتش:** آزمایش‌های انجام شده بر روی عایق‌های فوم الاستومری (FEF) مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN 13501-1 نشان داده است که این عایق‌های حرارتی در طبقات مختلف از نظر واکنش در برابر آتش قرار می‌گیرند. طبق ضوابط موجود، هر نوع عایق FEF باید حداقل طبقه E واکنش در برابر آتش را احراز نماید و چنانچه در ساختمان استفاده می‌شود، باید با استفاده از تمهیدات محافظت در برابر آتش مناسب مثل کاربرد اندود یا پوشش‌های مانع حرارتی محافظت شود. برای کاربرد این مصالح به عنوان عایق لوله‌های تاسیساتی و عبور آن‌ها از داکت‌های محافظت شده در برابر آتش، نیاز به محافظت مجدد یا منفرد آن‌ها با مواد محافظت کننده نیست. در این صورت محل عبور آن‌ها از جدارهای داکت نیز باید آتش‌بندی (Fire

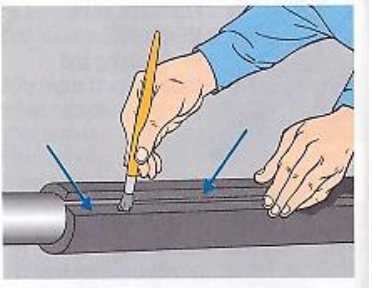
stop) شود. با توجه به شرایط طرح، تطبیق نتایج حاصل از آزمون‌های استاندارد آتش و طبقه واکنش در برابر آتش احراز شده توسط عایق، با ضوابط ایمنی در برابر آتش و مقررات مرجع، هنگام کاربرد فرآورده ضروری است.

۶-۲-۴ مبانی طراحی و اجرا

اگرچه بسته به محصول، تولیدکنندگان ملزم به ارائه دستورالعمل‌های نصب و اجراء می‌باشند، ولی موارد زیر به عنوان الزامات عمومی باید مورد توجه قرار گیرند:

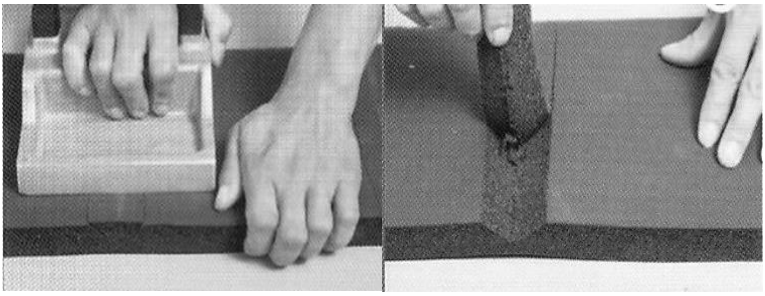
-**عایق‌کاری لوله‌ها:** جهت عایق‌کاری لوله‌ها ابتدا محیط خارجی لوله اندازه گرفته شود. عایق ورقه‌ای به اندازه محیط خارجی لوله علامت گذاری و توسط کاتر مخصوص برش داده می‌شود. عایق برش خورده را بر روی لوله قرارداده و دو لبه عایق در طول لوله توسط چسب مایع مخصوص چسبانده می‌شود (شکل ۶-۵). پس از حدود ۳ تا ۶ دقیقه (متناسب با دمای محیط) چسب کمی خشک شده و می‌توان لبه‌های عایق را به یکدیگر چسباند. دقت شود که عایق به درستی روی لوله قرار گرفته باشد. دو لبه عایق چسبکاری شده در طول لوله به طور منظم به هم چسبانده و محکم فشار داده می‌شود (شکل ۶-). جهت عملکرد بهتر عایق در محل اتصال، باید روی محل‌های درز طولی و عرضی پس از چسبکاری از نوار درزگیر مخصوص استفاده گردد.

شکل ۶-۵ چسب کاری عایق‌های رولی



شکل ۶-۶ چسب کاری محل برش در لوله‌ها

-**عایق‌کاری کانال:** جهت عایق‌کاری کانال‌ها ، ابتدا سطح کانال تمیز می‌شود. سپس محیط خارجی کانال اندازه‌گیری می‌گردد. به اندازه محیط کانال عایق برش داده می‌شود. جهت اتصال کامل عایق با سطح کانال در گوشه‌ها، در ابتدا گوشه‌های کانال (ابتدا و انتهای هر ضلع کانال) را بر روی عایق علامت زده و توسط ابزار مخصوص برش داده می‌شود (شکل ۶-). این کار باعث می‌گردد عایق در گوشه های کانال به صورت ۹۰ درجه و به طور کامل به سطح کانال نصب گردد.



شکل ۶-۷ استفاده از ابزار مخصوص برای برش فوم الاستومری

ورق‌های برش خورده بر روی کانال قرار می‌گیرد و دو لبه عایق در طول کانال با چسب مایع مخصوص چسب زده می‌شود. جهت عایق‌کاری حرارتی کانال‌های با ابعاد بزرگ باید سطح عایق نیز توسط چسب مایع مخصوص چسب اندود شده و یا از عایق پشت چسبدار استفاده شود.

-**عایق‌کاری منابع و مخازن:** ابتدا سطح منبع تمیز می‌شود. محیط خارجی منبع اندازه گرفته و به اندازه محیط منبع، عایق برش داده می‌شود. سطح عایق برش خورده و دو لبه عایق در طول منبع توسط چسب مایع مخصوص چسب اندود می‌شود. دو لبه عایق چسبکاری شده در طول منبع به طور منظم به هم چسبانده و محکم فشار داده می‌شود. علاوه بر چسب مایع مخصوص می‌توان از عایق پشت چسبدار استفاده کرد.

۶-۳ عایق‌های فوم پلی یورتان پاششی

۶-۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

فوم پلی‌یورتان صلب[1] فراورده یا ماده عایق پلاستیک سلولی صلب یا نیمه‌صلب است با یک ساختار سلولی عمدتا بسته که بر پایه پلی‌یورتان قرار دارد. این فوم‌ها به عنوان عایق حرارتی کاربردهای فراوانی دارند. ضریب انتقال حرارت پایین و راندمان بالای عایق‌کاری حرارتی، موجب استفاده فراوان و گسترده از این نوع فوم در فضاهای مسکونی و صنایع شده است.

[1] **rigid polyurethane foam (PU)**

سامانه پاششی فوم صلب[1] مجموعه‌ای از اجزای تشکیل دهنده است که هنگامی‌که پاشیده می‌شود فوم پلی‌یورتان صلب (PUR) یا فوم پلی‌ایزوسیانورات (PIR) به وجود می‌آورد که با خواص مشخص شده فوم ایجاد شده شناسایی می‌شود.

فوم پلی‌یورتان پاششی همانند سایر فوم‌های پلی‌یورتان سخت از دو جز پلی‌ال[2] و ایزوسیانات[3] تشکیل می‌شود. در ساختمان‌هایی که دارای سطوح پیچیده هستند و یا در برخی مواقع بعنوان دکوراسیون داخلی و بیرونی ساختمان‌ها از فوم اسپری پلی‌یورتان استفاده می‌شود.

طول عمر مفید فوم اسپری پلی‌یورتان با توجه به عوامل محیطی حداقل ۱۰ تا ۱۵ سال بوده و حشرات و باکتری‌ها با توجه به ماهیت سلول بسته آن نمی‌توانند در آن رشد نمایند. از انواع سلول باز فوم اسپری پلی یورتان به عنوان عایق صوتی در کاربردهای مختلف مسکونی، ترافیکی و صنعتی استفاده می‌شود.

از مزایای این نوع محصول می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- سهولت کار و امکان دسترسی به نقاط کور ساختمان در شرایط قائم، افقی، قوسی، مورب و غیره؛
- یکپارچگی عایق حرارتی و نداشتن پل حرارتی؛
- تحت پوشش قرار دادن تمامی سطوح، بدون درز و شکاف؛
- قابلیت افزایش حجم عایق و انتخاب تراکم لازم آن در زمان نصب، بر اساس شرایط سطح مورد نظر؛
- زمان نصب بسیار کوتاه و قابلیت چسبندگی بسیار بالا است.

در مقابل این محصول دارای معایب زیر می‌باشد:

- قیمت زیاد؛
- مخاطرات آتش آن زیاد است و استنشاق گازهای حاصل از آتش‌سوزی پلی‌یورتان بسیار خطرناک است.

[1] **rigid foam spray system**
[2] **Polyol**
[3] **Isocyanurate**

شکل ۶-۸ پلی یورتان صلب پاششی اجرا شده

شکل ۶-۹ پلی یورتان پاششی

۶-۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

از آنجا که این فراورده چگالی و ضریب هدایت حرارت کمی دارد، برای عایق‌کاری حرارتی سقف، دیوار، زیرزمین و اتاقک زیر شیروانی ساختمان‌ها، لوله‌ها، مخازن، کانکس‌ها، مرغداری‌ها و گلخانه‌ها استفاده می‌شود. کاربرد آن در عایق‌کاری حرارتی ساختمان‌هایی با اسکلت چوبی، آجری، آهنی، سیمانی و بتنی (اعم از دیوار، سقف و کف)، عایق‌کاری حرارتی دستگاه‌های حرارتی- برودتی در صنایع و ساختمان‌ها، کانال‌های هوا، لوله‌های آب گرم و سرد، لوله‌های نفت و گاز، شیروانی‌های سفالی، فلزی، صفحات سیمانی و غیره است.

۶-۳-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

فوم پلی‌یورتان پاششی متشکل از دو نوع مایع ایزوسیانات و پلی‌ال است. این مواد همراه با عامل تولید گاز و به کمک کاتالیزور مناسب که واکنش را در دمای اتاق پیش می‌برد، با هم واکنش می‌دهند. علاوه بر این، مواد دیگری نیز به فرمولاسیون فوم افزوده می‌شود که برخی از آن‌ها عبارتند از : عوامل کاهش دهنده کشش سطحی، پرکننده‌ها، حلال‌ها، مقاوم کننده‌ها در برابر شعله و برخی مواد دیگر که بسته به کاربرد به فوم اضافه می‌شوند. حجم ترکیب پس از چند ثانیه سریعاً به میزان ۲۰ تا ۳۰ برابر افزایش می‌یابد و به شکل فوم فشرده، منسجم و یکپارچه به ضخامت دلخواه در می‌آید. پاشش توسط دستگاه‌های خاص با دما و فشار قابل تنظیم انجام می‌شود.

-**الزامات عمومی:** کنترل کیفیت و بررسی ویژگی‌های این فراورده مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۷۱۹۷ با عنوان"فراورده‌های عایق‌کاری حرارتی برای تاسیسات ساختمانی و تجهیزات صنعتی فرآورده‌های فوم صلب پلی‌یورتان و پلی‌ایزوسیانورات پاششی شکل گرفته درجا-قسمت ۲-

فرآورده‌های اجرا شده –ویژگی‌ها" انجام می‌شود. ویژگی‌هایی که برای تمام کاربردها باید مورد توجه قرار گیرند، شامل موارد زیر است:

مناسب بودن تاسیسات ساختمانی یا تجهیزات صنعتی برای اجرای فراورده، اندازه‌گیری‌های درجا، تعیین ضخامت عایق حرارتی (اسمی و بعد از اجرا)، مقاومت حرارتی زمان‌مند[1] (اسمی و بعد از اجرا)، چگالی (اسمی و بعد از اجرا)، بررسی‌های کیفیت فوم اجرا شده توسط عایق‌کار، رهنمودهای اجرا، اعلام عایق‌کار.

برای عایقکاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان با استفاده از پلی‌یورتان پاششی رعایت مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان الزامی است.

-**الزامات ایمنی در برابر آتش:** به دلیل ماهیت فوم پلی‌یورتان، لازم است عایق فوم پلی‌یورتان پاششی (SPF)، به کار رفته در ساختمان مانند سایر مصالح عایق مطابق ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق" از نوع کندسوز باشد؛ بدین معنی که در صورت مجاورت با شعله و مشتعل شدن، پس از دوری منبع افروزش، به خودی خود خاموش شود و پیشروی شعله روی آن ادامه نیابد. بنابراین، عایق فوم پلی‌یورتان پاششی باید حداقل طبقه E واکنش در برابر آتش را طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN 13501-1 احراز نماید. در صورت در معرض بودن سطح فوم، باید سطح عایق با استفاده از تمهیدات محافظت در برابر آتش مناسب مثل استفاده از پوشش‌های مانع حرارتی در برابر آتش محافظت شود که این بستگی به طبقه واکنش در برابر آتش مصالح مورد استفاده دارد. لازم به ذکر است که مصالح مختلف پلی یورتان، بر اساس فرمولاسیون شیمیایی آن‌ها میتواند طبقات مختلف واکنش در برابر آتش را احراز نماید و لذا ارائه نتایج آزمون و گواهینامه معتبر ضروری می‌باشد. الزامات مربوط به رفتار عایق‌های حرارتی در برابر آتش در فصل ۳-۷ ویرایش سوم مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ارائه شده است.

۶-۳-۴ مبانی طراحی و اجرا

فوم پاششی را می‌توان برای هرگونه سطح مناسب آماده شده به کار برد. قبل از شروع اجرا، شرایط زیرکار باید بررسی شود. قبل از پاشش سطح باید کاملاً تمیز و عاری از هرگونه گرد و خاک، روغن، گریس و رطوبت باشد. در جایی که مشکل چسبندگی بر روی زیرکار وجود داشته باشد مانند سطوح

[1]-**Aged**

فلزی یا پلاستیکی برای به دست آوردن چسبندگی خوب، قبل از پاشش فوم باید پوشش اولیه به کار رود. دمای سطح کار باید حداقل ۵+ درجه سلسیوس و سرعت باد کمتر از ۳۰ کیلومتر در ساعت باشد. سرعت واکنش میان پلی‌ال و ایزوسیانات در فوم‌های پاششی پلی‌یورتان بسیار زیاد است. در کمتر از ۲ ثانیه پس از پاشش واکنش فوم شدن آغاز و در کمتر از ۲۰ ثانیه فوم پلی یورتان صلب تشکیل می‌گردد و ساختار فوم، شکل می‌گیرد. فوم پاششی پلی‌یورتان بدون شره مواد به پایین و با چسبندگی بالا به سطح تشکیل می‌گردد. ضخامت و چگالی فوم پاششی پلی‌یورتان وابسته به نوع کاربرد مورد انتظار متغیر است. دمای مواد هنگام پاشش ۴۰ °C تا ۵۰°C می‌باشد.

شکل ۶-۱۰ پاشش دو جز مخلوط شده به سطح دیوار

شکل ۶-۱۱ پلی یورتان پاششی در سقف

شکل ۶-۱۲ پلی یورتان پاششی در بام

۶-۴ عایق شیشه سلولی

۶-۴-۱ معرفی، اجزاء تشکیل دهنده

این ماده عایق حرارتی صلبی است که از شیشه منبسط با یک ساختار سلول بسته، تشکیل شده است. این ماده از پختن خرده شیشه یا پودر شیشه با مقدار معینی از افزودنی‌ها به‌دست می‌آید.

ساختار شیمیایی فوم شیشه همانند ساختار شیمیایی شیشه معمولی است و به همین دلیل کاملا صلب است و تفاوت اصلی آن، وجود ساختار سلولی بسته است. رنگ تیره فوم شیشه به خاطر کربن موجود در ماده هوازا (ذغال سنگ) است. فوم شیشه را می‌توان کاملا از شیشه های بازیافتی تولید کرد.

یکی از اشکال این نوع عایق تخته شیشه سلولی که با روکش (هایی) با ضخامت حداکثرmm ۳ بر یک یا دو رویه عایق است. رویه ممکن است از عایق رطوبتی بام یا فویل فلزی یا کاغذ، مقوا، فویل پلاستیکی، اندود یا مواد مشابه تشکیل شده باشد. شکل دیگر آن عایق لوله‌ای است. این فراورده به شکل قطعه‌های استوآن‌های که ممکن است برای سهولت در اجرا دو نیم شده باشد، تولید می‌شوند و مصرف تاسیساتی دارد.

شکل ۶-۱۳ عایق شیشه سلولی

مزایای این عایق‌های حرارتی به شرح زیر است:

در برابر آب غیر قابل نفوذند، زمان‌مند نمی‌شوند، از نظر ابعادی پایدارند، غیر قابل اشتعال هستند، مستحکم هستند و در برابر مواد شیمیایی مقاومند. همچنین، دوستدار محیط زیست، مقاوم در مقابل آتش سوزی و آلودگی‌های قارچی نیز هستند. این فرآورده‌ها چنانچه در دیوار استفاده شوند می‌توانند به

طور موثری ضخامت دیوار را کاهش و فضای بیشتری را در اختیار قرار دهند و همچنین مانع از افزایش بار سازه‌ای شوند.

در مقابل این محصول شکننده و در برابر آسیب ناشی از ارتعاش حساس است. هزینه آن‌ها نسبتا زیاد است.

۶-۴-۲ دامنه کاربرد

کاربرد این نوع عایق‌های حرارتی در عایق‌کاری حرارتی ساختمان و تاسیسات و در سامانه‌های عایق‌کاری حرارتی پیش‌ساخته و پنل‌های مرکب است. آن‌ها را می‌توان به طور مستقیم بر روی خاک قرار داد. همچنین در پایه مخازن و سیستم‌های اطفاء حریق استفاده کرد. در ساختمان به عنوان عایق حرارتی با کارایی بالا و درازمدت برای پوسته خارجی ساختمان شامل دیوار، بام و کف زیرزمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای عایق‌کاری مخازن، لوله‌ها و تجهیزات و خطوط فرآیندهای بسیار سرد و برای عایق‌کاری فرآیندهایی که دما در آن‌ها به طور نوسانی از گرم به سرد و از سرد به گرم تغییر می‌کند مناسب است. این ماده در عایق‌کاری حرارتی با دمای عملکردی در محدوده تقریبی ۲۶۵ °C- تا ۴۳۰°C+ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶-۴-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

عایق شیشه سلولی از شیشه خرد شده تشکیل می‌شود که با یک ماده تولیدکننده گاز (مقدار کمی کربن) ترکیب می‌گردد. این اجزا با یکدیگر مخلوط می‌شوند، در یک قالب طراحی شده، ریخته و سپس تا دمای حدود هزار درجه سلسیوس حرارت داده می‌شود.

در طی فرآیند حرارت دادن، شیشه خرد شده به یک مایع تبدیل می‌شود و خروج گازها از مذاب شیشه، باعث به وجود آمدن ساختار سلولی شیشه می‌شود. مخلوط منبسط و قالب را پر می‌کند. همان طور که مخلوط منبسط می‌شود، میلیون‌ها سلول بسته یکسان به وجود می‌آید که ماده عایق حرارتی سختی تشکیل می‌دهد. پس از خروج ازکوره، قالب‌ها خنک می‌شوند و در مرحله بعد، بلوک‌ها از قالب خارج شده و در صورت نیاز با اره به ابعاد نهایی بریده و در پایان بسته‌بندی می‌شوند.

شکل ۶-۱۴ خروج قالب از کوره

شکل ۶-۱۵ کارخانه تولید شیشه سلولی

-**الزامات عمومی:**_در مصارف ساختمانی الزامات این عایق‌های حرارتی (به شکل تخته یا دال) در استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۹۵۱، با عنوان "فراورده‌های عایق‌کاری حرارتی برای ساختمان- فراورده‌های کارخآن‌های شیشه سلولی- ویژگی‌ها" ارائه شده است.

ویژگی‌هایی که برای تمام کاربردها باید مورد توجه قرار گیرند، شامل مقاومت حرارتی و ضریب هدایت حرارتی ، طول و عرض، ضخامت، گونیا بودن، تخت بودن، واکنش در برابر آتش، دوام (رفتار واکنش در برابر آتش بر اساس زمان‌مندی/ واپاشی، بررسی مقاومت حرارتی و ضریب هدایت حرارتی بر اساس زمان‌مندی/ واپاشی در طی زمان) است.

ویژگی‌هایی که برای کاربردهای ویژه باید مورد توجه قرار گیرند، شامل موارد زیر است: ابعاد، مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، بار متمرکز، مقاومت کششی موازی با سطوح، مقاومت کششی عمود بر سطوح، خزش فشاری، جذب آب، جذب آب کوتاه مدت، جذب آب درازمدت، انتقال بخار آب، جذب صدا، رهایش مواد خطرناک، واکنش در برابر آتش، سوختن فروزان پیوسته.

در مصارف تاسیساتی خواص این مصالح (به شکل تخته یا دال یا بلوک و یا لوله‌ای) باید مطابق الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۸۳۸، با عنوان "فراورده‌های عایق‌کاری حرارتی برای تاسیسات ساختمانی و تجهیزات صنعتی فراورده‌های کارخآن‌های شیشه سلولی - ویژگی‌ها" باشد.

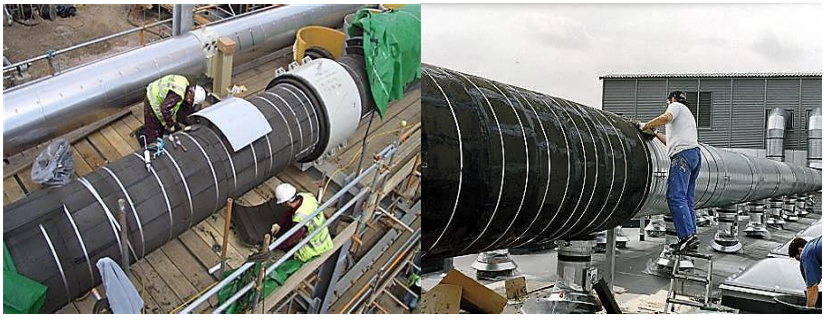
الزامات برای کاربرد عمومی در تاسیسات ساختمانی و تجهیزات صنعتی شامل ضریب هدایت حرارتی، ابعاد و رواداری‌ها، ابعاد خطی، گونیا بودن، تخت بودن، خطی بودن عایق لوله، پایداری ابعادی، واکنش در برابر آتش، خصوصیات دوام (دوام واکنش در برابر آتش در برابر زمانمندی/فروسایی و دمای زیاد، دوام مقاومت حرارتی در برابر زمانمندی/ فروسایی، مقاومت حرارتی در دمای زیاد و در طی زمان) است.

الزامات برای کاربرد ویژه در تاسیسات ساختمانی و تجهیزات صنعتی شامل حداکثر دمای کاربرد، حداقل دمای کاربرد، مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، بار متمرکز، مقاومت کششی موازی با سطوح، مقاومت کششی عمود بر سطوح، خزش فشاری، جذب آب (جذب آب کوتاه مدت، جذب آب درازمدت)، مقاومت در برابر نفوذ بخار آب، مقادیر بسیار کم یون‌های قابل حل در آب و مقدار pH، جذب صدا، رهایش مواد خطرناک، سوختن فروزان پیوسته است.

-**الزامات ایمنی در برابر آتش:** با توجه به ماهیت فوم شیشه سلولی و استاندارد ویژگی‌های فرآورده، انتظار می‌رود که از نظر واکنش در برابر آتش، طبقه A را طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN 13501-1 برای فرآورده‌های غیر قابل سوختن احراز نماید و اصولاً مصالح ایمن در برابر آتش محسوب می‌شود. در صورتی که در یک سیستم ساختمانی استفاده شود که مطابق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان و یا انتظارات طرح، نیاز به مقاومت در برابر آتش داشته باشد، باید نتیجه آزمون مقاومت در برابر آتش در سیستم مورد نظر کنترل و با الزامات مقررات ملی ساختمان تطبیق داده شود.

۶-۴-۴ مبانی طراحی و اجرا

-**در تاسیسات:** ساختار سلول‌های بسته‌ی شیشه‌ای این فوم‌ها شرایط خوبی را برای عایق‌کاری حرارتی لوله‌ها و مخازن فراهم می‌کند. کاربردهای برودتی وگرمایی، استفاده در خاک به طور مستقیم و سیستم‌های اطفاء حریق از موارد کاربرد تاسیساتی این عایق‌ها است.



شکل ۶-۱۶ عایق‌کاری لوله‌های تاسیساتی با استفاده از پنل‌های شیشه سلولی

-**در ساختمان:** برای انواع پوسته‌های ساختمان در سیستم‌های عایق دیوار و کف زیر زمین مورد استفاده قرار میگیرد. در دیوارهای خارجی استفاده از شیشه سلولی بدین شکل است که لایه عایق در قسمت بیرونی دیوار قرار میگیرد، به‌نحوی که قطعات همتراز گردد. سپس با اندود سیمانی اصلاح شده

با پلیمر پوشیده می‌شود. بر روی سطح شیشه سلولی لایه ملات نازک به‌کار می‌رود و روی این لایه با کاشی سرامیکی و یا سنگ پوشیده می‌گردد. در بام ساختمان‌ها، به‌ویژه در مواردی که نیاز به تحمل بار فشاری زیاد باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد از جمله بام سبز و بام وارونه. همچنین در عایق‌کاری بام شیب‌دار پنل‌های شیشه سلولی بین تیرک‌های شیروانی از داخل قرار داده می‌شود.

شکل ۶-۱۷ ساخت دیوار با پنل‌های شیشه سلولی

شکل ۶-۱۸ عایق‌کاری بام شیبدار با پنل شیشه سلولی

روش اجرای عایق شیشه سلولی در بام وارونه مشابه روش معمول با استفاده از پلی‌استایرن منبسط است. تنها تفاوت استفاده از شیشه سلولی به جای پلی‌استایرن است. از این عایق همچنین می‌توان برای عایق‌کاری کف پایین‌ترین طبقه ساختمان و یا کف روی خاک استفاده نمود. قطعات در کنار یکدیگر چیده می‌شوند و تراز می‌گردد و سپس روی آن کف‌سازی انجام می‌شود.

۶-۵ عایق‌های فوم فنولیک

۶-۵-۱ معرفی و اجزاء تشکیل دهنده

این عایق فوم سلولی صلبی است با ساختار پلیمری که از پلیمریزاسیون فنل یا مشتقات آن، با آلدییدها یا کتن‌ها ساخته می‌شود. این فراورده به اشکال بلوکی، تخته‌ای، عایق‌های لوله‌ای تولید می‌شوند.

شکل ۶-۱۹ عایق فوم فنولیک

مزایای این عایق‌های حرارتی به شرح زیر است:

- مقاومت حرارتی بسیار خوب (پایین ترین نرخ انتقال حرارت در میان عایق‌های آلی – پلیمری)؛
- رفتار بهتر نسبت به دیگر فومهای پلیمری در برابر آتش و نرخ انتشار دود پایین؛
- بی بو و غیرسمی؛
- عملکرد بسیار خوب در برابر رطوبت؛
- مقاوم در مقابل خوردگی و آلودگی های بیولوژیکی، قارچی و میکروبی؛
- امکان تولید درچگالی های مختلف؛
- سادگی نصب و کاربرد؛
- سازگاری با محیط زیست و ازن و بدون CFC و HCFC؛
- مقاومت در برابر اسیدها و حلال‌های ضعیف و موادی چون بنزن، اتانول، استون و کربن تترا کلراید به دلیل مقدار کم ضریب هدایت حرارتی، می‌توان فوم فنولیک را در لایه‌های بسیار نازک استفاده نمود و درنتیجه این عایق ایده‌آل برای عایق‌کاری مکان‌هایی با فضای کم می‌باشد.

در مقابل این محصول دارای معایب زیر است:

- عدم مقاومت در مقابل اسیدها، اکسیدکننده‌ها و حلال‌های قوی؛

- هرچند فوم فنولیک در حالت عادی هیچ خطری برای سلامتی ندارد، اما ترکیب فنل که در پروسه ساخت فوم فنولیک استفاده می‌شود، بسیار سمی است و تمهیدات بسیار سخت گیرآن‌های در تولید فوم فنولیک باید رعایت شوند؛

- گرچه فوم فنولیک مقاوم در مقابل خوردگی است، اما خود باعث خوردگی لوله‌های فولادی می‌شود. معمولا برای جلوگیری از خوردگی لوله توسط فنولیک، قبل از عایق‌کاری لوله رنگ می‌شود؛

- قیمت زیاد نسبت به دیگر عایق‌های حرارتی متداول.

۶-۵-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

این عایق هم کاربرد ساختمانی و هم کاربرد تاسیساتی دارد. فوم فنلیک در عایق‌کاری حرارتی تاسیسات ساختمانی و تجهیزات صنعتی با دمای کارکرد در محدوده تقریبی$^{\circ}C$ ۲۰۰- تا $^{\circ}C$ ۱۲۰+ درجه کاربرد دارد. یکی از کاربردهای این فوم در ساختمان در سامانه مرکب نمای بیرونی است. کاربردهای تاسیساتی این عایق در کانال‌های تهویه هوا، عایق‌کاری لوله و مخازن است. می‌توان از عایق‌های فنولیک به جای عایق‌های پلی‌یورتان و پلی‌ایزوسیانورات در جاهایی که استانداردهای آتش سوزی بالا مد نظر باشد، استفاده نمود. کاربردهای متداول این فوم‌ها شامل عایق‌کاری خطوط سرد، بیمارستآن‌ها، صنایع غذایی، سیستم‌های تهویه مطبوع و مغزه ساندویچ پنل‌ها است.

۶-۵-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

دو جزء رزین و فعال کننده از طریق مخلوط‌کن قبل از تزریق یا ریختن در داخل قالب، مخلوط می‌شوند. اجزاء مخلوط شده در قالب‌هایی که تا ۵۰-۸۰ درجه سلسیوس گرم می‌شوند، به مدت ۱۵-۲۰ دقیقه پخت می‌شوند. این دو جز در فرآیندی گرمازا قرار دارند، مایع منبسط می‌شود تا در نهایت منجر به پر شدن قالب می‌گردد. قالب‌ها به اشکال لوله‌ای و تخته‌ای هستند.

-**الزامات عمومی:** در مصارف ساختمانی ویژگی‌های این فوم‌ها مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۹۵۳، با عنوان "فراورده‌های عایق‌کاری حرارتی برای ساختمان - فراورده‌های کارخآن‌های فوم فنلی - ویژگی‌ها" بررسی می‌شود.

-**الزامات برای تمام کاربردها در ساختمان:** مقاومت حرارتی و ضریب هدایت حرارتی ، طول و عرض، ضخامت، گونیا بودن، تخت بودن ، واکنش در برابر آتش فراورده موجود در بازار، خصوصیات

دوام(دوام واکنش در برابر آتش فراورده موجود در بازار در مقابل زمان‌مندی/ ، دوام مقاومت حرارتی و ضریب هدایت حرارتی در برابر زمان‌مندی/ واپاشی).

-**الزامات برای کاربردهای ویژه در ساختمان:** پایداری ابعادی، مقاومت فشاری، مقاومت کششی عمود بر سطوح، خزش فشاری، مقاومت خمشی، جذب آب(جذب آب کوتاه مدت، جذب آب درازمدت به‌وسیله غوطه‌ورسازی جزیی)، انتقال بخار آب، چگالی ظاهری، مقدار سلول بسته، رهایش مواد خطرناک، واکنش در برابر آتش فراورده و سوختن فروزان پیوسته.

در مصارف تاسیساتی و صنعتی ویژگی‌های این فوم‌ها مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۱۹۸، با عنوان" فراورده‌های عایق‌کاری حرارتی برای تاسیسات ساختمانی و تجهیزات صنعتی- فراورده‌های فوم فنلی کارخآن‌های- ویژگی‌ها " بررسی می‌شود.

الزامات برای تمام کاربردها در تاسیسات ساختمانی و تجهیزات صنعتی: ضریب هدایت حرارتی، ابعاد و رواداری‌ها، ابعاد خطی، گونیا بودن، تخت بودن، خطی بودن عایق لوله‌ای، پایداری ابعادی(پایداری ابعادی تحت شرایط آزمایشگاهی نرمال ثابت ، پایداری ابعادی تحت شرایط رطوبت و دمای مشخص)، واکنش در برابر آتش فراورده‌های موجود در بازار(خصوصیات دوام، دوام واکنش در برابر آتش در برابر زمان‌مندی/فروسایی و دمای زیاد، دوام مقاومت حرارتی در برابر زمان‌مندی ، دوام پایداری ابعادی).

الزامات برای کاربردهای ویژه در تاسیسات ساختمانی و تجهیزات صنعتی: حداکثر دمای کاربرد، حداقل دمای کاربرد، پایداری ابعادی تحت شرایط معین (پایداری ابعادی در دمای معین،پایداری ابعادی در دمای$^{\circ}$C ۲۰-)، خواص مقاومت فشاری (تنش فشاری یا مقاومت فشاری)، بار متمرکز، خزش فشاری، مقاومت در برابر نفوذ بخار آب، جذب آب (جذب آب کوتاه‌مدت، جذب آب درازمدت به وسیله غوطه‌ورسازی جزیی)، مقدار سلول بسته، مقادیر بسیار کم کلراید قابل حل در آب و مقدار pH، رهایش مواد خطرناک، سوختن فروزان پیوسته.

-**الزامات ایمنی در برابر آتش:** با توجه به ماهیت فوم فنلیک و استاندارد ویژگی‌های فرآورده، مطابق ضوابط مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، لازم است فوم به کار رفته در ساختمان از نوع کندسوز باشد و حداقل طبقه E واکنش در برابر آتش را طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۲۹۹ و استاندارد اروپایی EN13501-1 احراز نماید. همچنین نتایج آزمون باید با الزامات مبحث سوم مقررات ملی ساختمان (فصل ۳-۷ در ویرایش ۱۳۹۵) تطبیق و در صورت نیاز به وسیله پوشش‌های مانع حرارتی محافظت شود.

۶-۵-۴ مبانی طراحی و اجرا

روش کار و نصب این عایق‌ها مانند دیگر عایق‌های پلیمری (پلی‌استایرن منبسط و اکسترود شده و یا پلی‌یورتان) است. با توجه به خصوصیات بهبود یافته این فراورده نسبت به دیگر فوم‌های پلیمری در موارد زیر نیز کاربرد دارد:

کانال‌های هوا، درهای ضدحریق، یخچال کامیون و فروشگاه‌ها، دیوارهای داخلی، سقف، صندلی‌های کوپه قطار و کابین هواپیما، بسته بندی ظروف حمل نفت، مواد شیمیایی، گاز، لوله‌های انتقال آب و حرارت.

شکل ۶-۲۰ عایق‌کاری دیوار خارجی با عایق فوم فنولیک

شکل ۶-۲۱ عایق‌کاری لوله‌های تاسیساتی

شکل ۶-۲۲ عایق‌کاری کانال‌های تهویه هوا

استفاده از تخته‌های فوم فنلی در بام ساختمان‌ها: قطعات را می‌توان به صورت مکانیکی به کف بام متصل نمود، با استفاده از قیر به کف بام چسباند و یا به صورت رها بر روی کف بام قرار داد. از این عایق حرارتی می‌توان در روش بام وارونه نیز استفاده کرد. علاوه بر این در دیوار ساختمان نیز مانند سایر عایق‌های فوم صلب به کار برده می‌شود.

۶-۶ پوشش‌های بازتابنده حرارت[1]

۶-۶-۱ معرفی فناوری اجزاء تشکیل دهنده

از آنجا که امواج مادون قرمز قابل مشاهده نیستند در نتیجه اثری روی رنگ‌ها ندارند اما تاثیر بسیار زیادی روی انتقال حرارت در پوسته خارجی ساختمان‌ها دارد. اغلب رنگ‌های متداول مورد استفاده برای ساختمان امواج مادون قرمز را جذب می‌کنند، در حالی‌که پوشش های بازتابنده، این امواج را منعکس کرده و انتقال حرارت تابشی خورشید را محدود می‌کنند.

پوشش‌های بازتابنده قادرند تا ۹۰ درصد پرتو مادون قرمز خورشید را بازتابش کنند. از این رو انرژی مصرفی برای سرمایش فضای داخل ساختمان‌ها بطور محسوسی کاهش می‌یابد.

پوشش های بازتابنده معمولا پایه آبی و بنابراین دوست دار محیط زیست هستند. این پوشش‌ها اکسید نمی‌شوند و دوام بالایی در بازتابندگی امواج فروسرخ نزدیک دارند.

شکل ۶-۲۳ ساختمان با پوشش بازتابنده حرارتی

مزایای این فراورده‌ها به شرح زیر است:

- محدود کردن انتقال حرارت ناشی از تابش در دوره های گذر و سازگاری با محیط زیست؛
- کاهش دمای محیط داخلی ساختمان؛
- کاهش انتشار گازهای گلخانه ای؛

[1] **IR reflective coatings/cool coatings**

- کاهش هزینه برق جهت سرمایش؛

- محدود کردن زنگ زدگی، خوردگی، انبساط حرارتی و در نتیجه حصول اطمینان از دوام بیشتر؛

- کمک به ایجاد محیط مساعد برای زندگی و کار؛

- داشتن خواص ضد قارچ و ضد کپک؛

- سهولت کاربرد؛

این محصول دارای مشکلات اجرایی در سطوح قائم ساختمان‌ها به دلیل تابش مزاحم به همسایگان است.

۶-۶-۲ دامنه کاربرد، محدودیت‌ها

رنگ‌های بازتابنده در ساختمان‌های با کاربردهای مختلف، در مناطق گرمسیر کشور، برای کاهش بارهای حرارتی بر روی ساختمان‌ها، از طریق بازتابش تابش خورشیدی بر روی دیوارها و بام ساختمان‌ها استفاده می‌شود.

۶-۶-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

محصول پوشش بازتابنده تولید شده باید در فرم مایع بوده و برای اعمال بر روی سطوح خارجی مناسب باشد. محصول باید الاستومری یا رزینی باشد و پیگمنت‌های مختلف، رقیق کننده‌ها و افزودنی‌های دیگر به آن اضافه شده باشند و خواص مورد انتظار را داشته باشد.

-الزامات عمومی: ویژگی‌های این فرآورده بر اساس استاندارد ASTM C1483/C1483M-04 بررسی می‌شود. این ویژگی خواص فیزیکی و مکانیکی پوشش های کنترل کننده تابش طراحی شده برای استفاده در سطوح خارجی ساختمان‌ها و سازه‌های دیگر را در جاهایی که دما در محدوده -34 54˚C باشد، پوشش می‌دهد.

بازتابش نور خورشید برای نمونه در شرایط عمل آوری شده قرار داده شده بر روی بسترهای با بازتابندگی پایین باید مطابق با روش آزمون E903 یا E1175 تعیین شود و نباید کمتر از ۰/۸ باشد.

نشر نیم کره‌ای کل در دمای محیط برای نمونه‌های عمل‌آوری شده قرار داده شده بر روی بسترهای با نشر پایین باید بر اساس روش آزمون استاندارد C1371 تعیین شود و نباید کمتر از ۰/۸ باشد.

– **الزامات ایمنی در برابر آتش:** برای پوشش‌های بازتاباننده حرارت در صورت وجود الزام در مقررات ساختمانی مرجع، طبقه واکنش در برابر آتش تعیین شده، با الزامات مربوط باید مطابقت داده شود.

شکل ۶-۲۴ اجراء پوشش بازتابنده حرارتی

۶-۶-۴ مبانی طراحی و اجرا

روش اجرای پوشش‌های بازتابنده به این صورت است که ابتدا یک پرایمر مناسب برای سطوح فلزی یا مناسب برای سطوح متخلخل مانند بتن و کاشی بر روی سطح اعمال می‌شود. سپس دو لایه پوشش بازتابنده بر روی آن قرار می‌گیرد. این محصول توسط اسپری، غلتک و یا قلم مو بر روی سطح اعمال می‌شود. نشستن گرد و خاک و گل و لای بر روی این پوشش‌ها باعث کاهش عملکرد حرارتی آن‌ها می‌شود.

۶-۷ پنجره از جنس یوپی‌وی‌سی یا آلومینیوم گرماشکن

۶-۷-۱ معرفی فناوری اجزاء تشکیل دهنده

در این زیرسیستم، پنجره‌هایی با استفاده از پروفیل‌های یوپی‌وی‌سی یا آلومینیوم گرماشکن ساخته می‌شوند که در مقایسه با پنجره‌های فلزی ساده عملکرد به‌مراتب مناسب‌تری از دیدگاه انرژی و صوت دارند.

بدیهی است که زمانی می‌توان از این محصولات، با اطمینان در ساختمان استفاده کرد که عناصر و مجموعه آن دارای استانداردها و گواهی‌نامه‌های معتبر باشند. علاوه بر این، یک راهنما برای نصب پنجره‌های یوپی‌وی‌سی توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی تهیه شده است و بخش قابل توجهی از نکات مطرح‌شده در این راهنما قابل تعمیم به پنجره‌های آلومینیومی گرماشکن و پنجره‌های چوبی می‌باشد. در این راهنما، تلاش شده است تا علاوه بر تشریح روش‌های مختلف نصب در ساختمان‌های موجود و نوساز، اطلاعات لازم در مورد پنجره و اجزای تشکیل‌دهنده آن نیز ارائه گردد تا طراح، مجری و بهره‌بردار از ساختمان، با معیارهای کیفی مختلف پنجره و اجزای تشکیل‌دهنده آن، آشنا شوند و به اهمیت وجود نشانه‌گذاری و برچسب بر روی پنجره‌ها و اجزای آن اشراف یابند.

با توجه به تلقی پنجره‌های نوین به‌عنوان زیرسیستم‌های ساختمانی که از تعداد زیادی قطعات (برای تأمین عملکردهای مختلف) تشکیل‌شده است، در صورت حصول اطمینان از جواب‌گویی به انتظارات متعدد تعیین‌شده، تولیدکنندگان این نوع محصولات می‌توانند درخواست دریافت گواهی‌نامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی نمایند.

۶-۷-۲ دامنه کار برد و محدودیت‌ها

دامنه کاربرد و محدودیت‌هایی که در خصوص کاربرد پنجره‌های نوین وجود دارد در مباحث مختلف مقررات ملی ساختمان تعیین شده‌اند، که به موقعیت، جهت‌گیری و ارتفاع ساختمان، و همچنین مشخصات فنی اجزای تشکیل‌دهنده و همچنین ابعاد پنجره بستگی دارد.

۶-۷-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

-**الزامات تولید:** در پنجره‌های یوپی‌وی‌سی، برای جبران ضعف ساختاری پروفیل‌ها، در مقاطع، پروفیل‌های فلزی تقویتی کار گذاشته می‌شود. در بسیاری از موارد، شکل پروفیل یا پروفیل‌های تقویتی و ضخامت آن بستگی به ابعاد پنجره دارد. در نتیجه، لازم است در زمان سفارش پنجره، طراح مشخصات حداقل پروفیل تقویتی را، بر حسب ابعاد پنجره، محل قرارگیری (ارتفاع محل استقرار پنجره) و بارهای وارد شده بر آن، تعیین کند، یا این‌که مشخصات ارائه‌شده توسط تولیدکننده پنجره را تأیید نماید. مهم‌ترین موارد در ارتباط با کنترل کیفیت شامل موارد زیر هستند:

مبحث ۳ : با توجه به انتظارات مطرح در خصوص مصالح مورد استفاده، جلوگیری از انتقال آتش به طبقات فوقانی از طریق پنجره و درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش،

مبحث ۶ : با در نظر گرفتن افزایش سرعت باد در مناطق بادگیر و ساختمان‌های بلند و نیروهای ناشی از آن، به‌خصوص در مورد پنجره‌های با ابعاد بزرگ،

مبحث ۱۸ : با توجه به محدودیت‌های مطرح در خصوص کاهش انتقال صوت (هوابرد) از محیط خارج به داخل ساختمان،

مبحث ۱۹: با توجه به تمایز بین پنجره‌های معمولی و برتر در راه‌حل‌های فنی ارائه شده در روش تجویزی در گروه‌های مختلف ساختمان، از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی.

در برخی موارد (در طبقات زیرین یا فوقانی ساختمان)، پنجره‌ها باید به‌قدری مقاوم باشند که انتظارات در خصوص ایمنی و محافظت پنجره در برابر سرقت را تأمین نمایند.

علاوه بر موارد فوق، نوع بهره‌برداری از پنجره‌ها نیز دارای اهمیت می‌باشد. در نتیجه، لازم است آزمون‌های مکانیکی و دوام مکانیکی، متناسب با شرایط بهره‌برداری پیش‌بینی‌شده برای پنجره‌ها و دیگر بازشوهای ساختمانی در زمان تولید صورت گیرد، و اطمینان حاصل گردد که تداوم یا تکرار اعمال نیروها باعث خرابی یا زیر سوال رفتن مشخصات هوابندی و یا آب‌بندی پنجره‌ها نشود.

-**الزامات آتش:** در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران با عنوان "حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق"، الزامی برای زیرسیستم پنجره‌های نوین با پروفیل UPVC یا آلومینیوم گرماشکن از نظر واکنش در برابر آتش وجود ندارد ولی چنانچه آن‌ها در اجزای سازه‌ای مثل دیوار تعبیه شده باشند که برای آن‌ها الزام مقاوم در برابر آتش در مقررات آمده است، جزء دربردارنده پنجره باید مقاومت در برابر آتش لازم را طبق الزامات مقرراتی داشته باشد.

۶-۷-۴ مبانی طراحی و اجرا

انتظارات فنی در مورد پنجره‌ها متعدد است. برخی از این انتظارات مربوط به اجزای تشکیل‌دهنده آن، و برخی دیگر مربوط به پنجره کامل است. این امر، در جدول ۶-۱ تشریح گردیده و مشخص شده است که عوامل و مشخصات مختلف پنجره و اجزای آن بر روی کدام‌یک از انتظارات مطرح تأثیرگذار هستند.

-***الزامات کلی طراحی:*** لازم است در طراحی و اجرای پنجره‌های نوین، ملاحظات لازم برای تأمین مقاومت کافی در برابر بارهای وارد شده در نظر گرفته شود.

در پنجره‌های پلیمری (یوپی‌وی‌سی، فایبرگلاس، ...) تفاوت چشمگیری بین ضرایب انبساط حرارتی بدنه پلیمری، تقویت‌کننده‌ها و یراق‌آلات فلزی و مصالح تشکیل دهنده سفت‌کاری ساختمان وجود دارد. این امر باعث می‌شود با نوسانات دما، تغییر ابعاد اجزای مختلف یکسان نباشد، و به تبع آن، تنش‌های

موضعی به بخش‌هایی از پنجره اعمال شود. در نتیجه، لازم است تمهیدات لازم در نظر گرفته شود تا اثر تغییر شکل‌های ناشی از نوسانات دما و تنش‌های ناشی از آن محدود باشد و به خرابی یا مختل شدن دیگر عملکردها نیانجامد.

علاوه بر این، تغییر شکل پنجره تحت بارهای وارد شده تبعات متعددی، از جمله به‌هم خوردن آب‌بندی و هوابندی را به دنبال دارد. در نتیجه، در تمامی موارد، پنجره باید به گونه‌ای طراحی شود که در همه نقاط آن، بیشترین تغییر شکل در اثر باد از مقادیر تعیین‌شده در "راهنمای نصب پنجره‌های ساختمانی از جنس یوپی‌وی‌سی – مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی – گ-۷۷۶ – ۱۳۹۶" کمتر باشد. بدیهی است که تأمین این انتظارات، با طراحی مناسب پنجره، و با در نظر گرفتن جزییات نصب و اتصالات متناسب با بارهای اعمال‌شده صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، نوع و تعداد اتصالات باید با هماهنگی کامل با ابعاد پنجره، تعداد و موقعیت بازشوها، پروفیل‌ها و یراق‌آلات به‌کار رفته، و بارهای مکانیکی اعمال‌شده در اثر باد باشد.

جدول ۶-۱ تأثیر عوامل و مشخصات مختلف پنجره و اجزای آن، بر روی انتظارات عملکردی مطرح

				ضریب انتقال حرارت	انتقال نور	صداپندی	هوابندی	آب‌بندی	مقاومت در برابر باد	دوام مکانیکی	کارایی مکانیکی	مقاومت در برابر ضربه
مشخصات فنی شیشه‌های مورد استفاده	تعداد جدارهای شیشه			✓	✓	✓				✓	✓	
	ضخامت شیشه‌ها			✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
	کاربرد (احتمالی) شیشه‌های چندلایه			✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
	نوع گاز بین شیشه‌ها			✓		✓						
	پوشش حرارتی روی شیشه	نوع پوشش		✓	✓							
		سطح قرارگیری		✓	✓							
	جنس فاصله‌گذار			✓	✓	✓			✓	✓	✓	
مشخصات فنی پروفیل‌های مورد استفاده برای ساخت چهارچوب	جنس			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	مشخصات هندسی	شکل مقطع		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		مشخصات حفره‌های احتمالی	شکل حفره	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓
			تعداد ردیف حفره‌ها	✓								
			ضخامت بدنه های خارجی						✓	✓	✓	✓
			ضخامت بدنه های داخلی	✓						✓	✓	
			مشخصات پروفیل های تقویت کننده	✓					✓	✓	✓	
هوابندی و آب‌بندی و درزبندهای	تعداد			✓		✓	✓	✓				
	جنس			✓		✓	✓	✓				
	شکل			✓		✓	✓	✓				
مشخصات فنی پنجره‌ها	سیستم مورد استفاده برای تخلیه آب					✓		✓				
	نحوه اتصال پروفیل‌ها در گوشه‌ها و میان قاب						✓	✓	✓	✓	✓	
	یراق آلات	نوع بازشوها				✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		تعداد و وضعیت محل لولاها و چفت ها				✓	✓	✓	✓	✓	✓	

– نکته دیگری که از این نقطه نظر حائز اهمیت است، مشخصات لولاها و سیستم‌های باز و بست، نحوه نصب آن‌ها به قسمت‌های ثابت و متحرک پنجره، و همچنین مشخصات سیستم باز و بست پنجره است، که نه‌تنها بر مقاومت پنجره در برابر باد، بلکه بر میزان هوابندی و آب‌بندی مجموعه نیز تأثیرگذار است.

– مشخصات فنی پنجره، باید متناسب با شرایط ساختمان و مطابق ضوابط تعیین‌شده در مقررات ملی ساختمان (مباحث ۳، ۶، ۱۸ و ۱۹) باشد.

–**الزامات نصب:** ضروری است برای انتقال بارهای مرده و زنده پنجره به ساختمان، قطعات اتکایی مناسب در نظر گرفته شود. بدیهی است این قطعات باید مطابق راهنمای نصب پنجره‌های ساختمانی از جنس یوپی‌وی‌سی، به نحوی اصولی انتخاب و جانمایی شوند تا ضمن تثبیت پنجره، امکان تغییر شکل‌های ناشی از انبساط و انقباض را فراهم آورد. لازم به ذکر است که تا زمانی که راهنماهای تکمیلی، برای رفع ابهامات در خصوص نصب پنجره‌هایی به‌غیر از یوپی‌وی‌سی، تهیه نشده‌اند، راهنمای موجود باید ملاک عمل قرار گیرد.

–ملاحظات کلی لازم قبل از آغاز عملیات نصب

– لازم است درزبندی، بین دیواره (دیوار بنایی) درگاه پنجره و چارچوب پنجره‌ها، به‌صورت پیرامونی و یکسره انجام شود و درزبند مورد استفاده باید دارای استاندارد، تاریخ مصرف قابل قبول و مشخصات ابعادی تعیین شده باشد. در ضمن، باید به این نکته توجه نمود که این مواد باید حتما دارای خاصیت ارتجاعی باشند تا فشار ناشی از افزایش حجم آن‌ها منجر به تغییرشکل قاب پنجره و عملکرد نامناسب نشود.

– ابعاد و مشخصات فنی لاتن‌ها و مهره‌های تثبیت‌کننده و جزئیات قرارگیری آن‌ها باید مطابق با موارد ذکرشده در راهنما باشند. انتخاب بست‌های تثبیت‌کننده پنجره‌ها باید متناسب با نوع پنجره، جنس دیوار، نحوه نصب و خصوصاً مقاومت‌های مکانیکی مورد انتظار تعیین شود.

– پنجره‌ها باید در موقع حمل با اجزایی مانند تسمه، حفاظ و بست گوشه و لاتن در برابر ضربه و تکانه‌های احتمالی زمان حمل و جابجایی به‌خوبی تثبیت شوند، تا در زمان جابجایی محفوظ بمانند.

– درصورتی که سطح سفت‌کاری ناصاف باشد، لازم است اصلاح سطوح استقرار پنجره (روکار یا توکار) با ملات سیمان انجام گیرد. ضخامت و عرض حداقل ملات باید مطابق مقادیر ذکرشده در راهنما باشد.

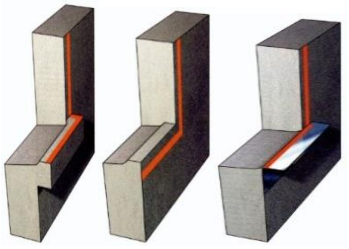
- در صورت کاربرد پیش‌قاب، توصیه می‌شود برای کاهش پل‌های حرارتی از پیش‌قاب‌های چوبی یا پی‌وی‌سی استفاده گردد. در صورت کاربرد پیش‌قاب چوبی، باید چوب‌ها از انواع عمل‌آوری‌شده باشند تا در برابر رطوبت نفوذی احتمالی به دیوار و حشرات محافظت شوند.

- باید توجه نمود در صورت کاربرد پیش‌قاب، فاصله‌ای بین پیش‌قاب و قاب اصلی پنجره درنظر گرفته شود و آن فاصله با درزبند مناسب پر گردد تا انقباض و انبساط ناشی از دو مصالح مختلف، مشکلی را ایجاد نکند.

-الزامات نصب پنجره در ساختمان‌های نوساز

- دو نوع روش اصلی نصب پنجره‌ها برروی سفت‌کاری ساختمان نوساز با مصالح بنایی مطرح است:

شکل ۶-۲۵ نصب پنجره‌ها به‌صورت روکار از طرف داخل



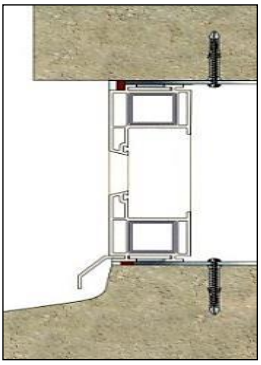
شکل ۶-۲۶ نصب پنجره‌ها به‌صورت توکار (یا تودلی)

- در روش نصب پنجره‌ها به‌صورت روکار از طرف داخل، پل‌های حرارتی محل اتصال پنجره به دیوار نیز به حداقل می‌رسد. همچنین، امکان نصب پنجره کامل در این حالت وجود دارد، زمان نصب کوتاه‌تر و کیفیت اجرا به‌طور چشمگیری بهبود می‌یابد.

- قبل از نصب پنجره در روش روکار از داخل لازم است ملاحظات مربوط به مشخصات فنی و روش نصب نبشی سرتاسری یا موضعی، اتصالات متناسب با نوع دیوار و آبچکان مطابق با موارد ذکرشده در راهنما صورت گیرد.

- قبل از اجرای اتصالات پنجره در درگاهی، باید از تساوی قطرهای آن، و تراز و قائم‌بودن پنجره تثبیت‌شده اطمینان حاصل شود.

- برای نصب پنجره به‌صورت توکار (تودلی) دو روش وجود دارد که الزامات مربوط به هر یک به صورت جداگانه در متن راهنما آورده شده است. این دو حالت عبارتند از:



شکل ۶-۱ نصب پنجره کامل (همراه با شیشه) به صورت خارج از محور با بست‌های فولادی مخصوص (مطابق جزئیات ارائه‌شده در راهنما)

شکل ۶-۲ نصب قسمت‌های بازشو و شیشه‌های قسمت‌های ثابت پنجره پس از اتصال مکانیکی پروفیل پنجره به سفت‌کاری

الزامات نصب پنجره در ساختمان‌های موجود

- در ساختمان‌های موجود، برای نصب پنجره جدید دو روش کلی مطرح است:
- نصب پنجره دوم با حفظ پنجره قدیمی (سیستم دو پنجره‌ای)
- نصب پنجره جدید روی قاب پنجره موجود
- اصول مطرح برای روش اول مشابه اصول تعیین‌شده برای ساختمان‌های جدیدالاحداث است.
- روش دوم نصب تنها در صورتی قابل اجراست که چارچوب موجود (کلاف پیرامونی قاب) در وضعیت مناسب و عاری از پوسیدگی جدی باشد.
- نصب پنجره روی قاب موجود غالباً در صورتی انجام می‌گیرد که اجرای سیستم دو پنجره به دلایلی، مانند کم بودن ضخامت دیوار یا ناممکن بودن باز و بسته کردن و نظافت پنجره‌ها، وجود نداشته باشد و یا به دلایلی تخریب و ترمیم دیوار برای جایگزینی پنجرهٔ قدیمی با پنجرهٔ جدید امکان پذیر نباشد.
- در راهنمای نصب، الزامات و نکات اجرایی برای نصب پنجره دوم در سیستم دو پنجره‌ای و جزئیات اجرایی نصب پنجره جدید روی قاب پنجره موجود ارائه شده است.
- ابعاد و رواداری‌ها و آماده‌سازی سطوح اتصال به دیوار یا پنجره‌های موجود باید مطابق با موارد ذکرشده در راهنما صورت گیرد.
- برای نصب پنجره جدید روی قاب‌های موجود چوبی، فولادی و آلومینیومی، جزئیات اجرایی لازم در راهنما ارائه‌شده است.

بخش سوم

عایق‌های آکوستیک

در بررسی آکوستیکی یک ساختمان، به دو موضوع باید توجه نمود؛ یکی کنترل صدای ناخواسته در فضاهای مورد نظر و دیگری فراهم آوردن شرایط مطلوب آکوستیک داخلی به‌منظور صدارسانی مناسب. این بررسی باید بر اساس ضوابط و الزامات موجود در مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان انجام شود. بنابراین، بررسی مصالح و سیستم‌های آکوستیکی از نقطه نظر میزان جذب صدا و نیز صدابندی هوابرد و کوبه‌ای ضروری است.

۶-۸ جذب کننده صدا

عامل مهمی که در تعیین کیفیت آکوستیک داخلی یک فضای بسته نقش عمده‌ای دارد، زمان واخنش[1] آن فضا است. برای محاسبه زمان واخنش فضای مورد نظر، دانستن ضریب جذب صوتی مواد و مصالحی که در داخل آن به‌کار برده شده ضروری است. تعیین ضریب جذب صدای مواد و مصالح، در اتاق واخنش آزمایشگاه‌های معتبر آکوستیک، بر اساس استانداردهای ملی و بین‌المللی انجام می‌پذیرد و در اختیار طراحان آکوستیک داخلی ساختمان قرار داده می‌شود. جذب‌کننده‌های صدا انواع گوناگونی دارند، از انواع مختلف آن‌ها می‌توان به تایل‌های آکوستیکی[2]، بافل[3]ها و پانل‌های آکوستیکی[4] اشاره کرد.

۶-۹ تایل‌های آکوستیکی

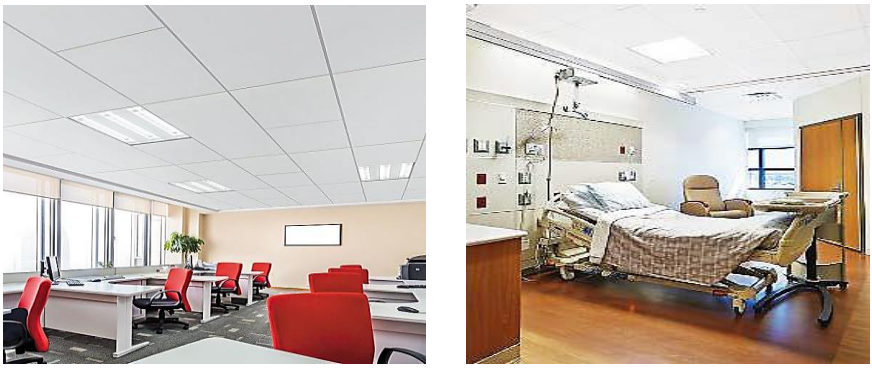
۶-۹-۱ معرفی فناوری و دامنه کاربرد

تایل‌های آکوستیکی به‌منظور بهبود کیفیت صدای تولید شده در محیط داخلی یک فضا مورد استفاده قرار می‌گیرند. این تایل‌ها در سقف‌های کاذب یکپارچه به‌کار می‌روند و جایگزین بسیار مناسبی برای سقف‌های کاذب سنگین هستند. ویژگی اصلی تایل‌های آکوستیکی، قابلیت جذب صوت نسبتاً بالای

[1] **Reverberation time**
[2] **Acoustic tile**
[3] **Baffle**
[4] **Acoustic panel**

آن‌هاست که باعث صدارسانی مطلوب در فضاهایی با کاربری گفتار و موسیقی می‌شود. این محصولات معمولاً در ساختمان‌هایی مانند سینماها، آمفی‌تئاترها، بانک‌ها، فروشگاه‌های بزرگ، دفاتر کار، مراکز بهداشتی و درمانی و فضاهای آموزشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. (شکل ۶-)

تایل‌های آکوستیکی از لحاظ جنس به انواع گوناگونی دسته‌بندی می‌شوند که از جمله آن‌ها می‌توان به تایل‌های معدنی اشاره نمود. مواد اولیه این نوع تایل از الیاف معدنی، خاک رس و پرلیت تشکیل شده است. تایل‌های گچی یکی دیگر از انواع تایل هستند.



شکل ۶-۲۹ استفاده از تایل‌های آکوستیکی در سقف

این تایل‌ها در انواع رنگ شده، بدون رنگ و روکش‌دار وجود دارند. نمونه‌ای دیگر، تایل‌های با روکش فلزی سوراخ‌دار هستند که در پشت آن‌ها مواد جذب کننده صدا مانند الیاف معدنی قرار می‌گیرد. روکش فلزی معمولاً به رنگ‌های مختلفی لعاب داده می‌شود. این تایل‌ها برای تمام فضاها قابل استفاده و بسادگی قابل تمیز کردن هستند.

۶-۹-۲ روش تولید و کنترل کیفیت

-**الزامات اجرایی:** به‌منظور تعیین عملکرد آکوستیکی این محصولات، تایل‌های آکوستیکی باید مطابق با روش نصب نوع E که در پیوست ب استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۹۴۵ شرح داده شده است، نصب گردیده و مورد اندازه‌گیری قرار گیرند. نتیجه آزمون به‌صورت نمودار ضریب جذب صدا در بسامدهای مختلف نشان داده می‌شود. هم‌چنین به‌منظور درجه‌بندی جذب صدا و تسهیل مقایسه میزان جذب با دیگر محصولات مشابه، شاخص تک‌عددی تحت عنوان ضریب جذب صدای وزن‌یافته، α_w بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۸۴ محاسبه و به‌کار برده می‌شود.

زیرسازی سقف کاذب با استفاده از تایل‌های آکوستیک، باید از پایداری و باربری سازه‌ای و لرزه‌ای برخوردار باشد و از نظر ایمنی در برابر آتش باید الزامات مندرج در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان را برآورده سازد.

۶-۱۰ بافل‌ها

۶-۱۰-۱ معرفی و دامنه کاربرد

بافل‌ها نیز به‌عنوان جذب‌کننده‌های صوتی برای بهبود شرایط آکوستیکی فضاهای بزرگ و با حجم بالا مانند سالن فرودگاه، سالن راه آهن، سالن‌های ورزشی، استخرها و رستورآن‌ها استفاده می‌شوند. در واقع بافل‌ها راه‌حلی مؤثر برای ایجاد شرایط آکوستیکی مطلوب‌تر در فضاهایی هستند که در آن‌ها سطوح سقف و دیوار برای جذب صوت کافی نمی‌باشند و یا این‌که به دلیل معماری داخلی، طراح تصمیم به استفاده از این صفحات عمودی در فضا می‌گیرد.

بافل‌ها در رنگ‌های متنوع تولید می‌شوند و با استفاده از کابل‌های فلزی بسیار ظریف از سقف اصلی به‌صورت معلق آویزان می‌گردند (شکل ۶-).

شکل ۶-۳۰ استفاده از بافل‌ها در سقف

هر دو سطح بافل‌ها جاذب صدا هستند و با کاهش میزان صداهای مزاحم محیط، به بهبود شرایط آکوستیکی آن کمک می‌کنند. بافل‌ها اغلب از مواد جاذب صدا از قبیل الیاف معدنی و دیگر مواد متخلخل تشکیل شده‌اند که برروی آن روکش سوراخ‌دار یا پارچه‌ای کشیده می‌شود.

۶-۱۰-۲ روش تولید و کنترل کیفیت

-**الزامات اجرایی:** از آن‌جایی‌که بافل‌ها در دسته جذب‌کننده‌های صوتی منفرد قرار می‌گیرند، به‌منظور بررسی عملکرد آکوستیکی آن‌ها، این محصولات باید به روش نصب نوع J که در پیوست ب استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۹۴۵شرح داده شده است، نصب گردیده و مورد اندازه‌گیری قرار گیرند. برای جذب‌کننده‌های منفرد، معمولاً نتیجه به‌صورت سطح معادل جذب صدای هر شیء بیان می‌شود، که این مقدار با تقسیم سطح معادل جذب صدای کل A_T بر تعداد اشیاء مورد آزمون (در اینجا بافل‌ها) در بسامدهای مختلف تعیین می‌شود.

هم‌چنین شاخص تک‌عددی تحت عنوان ضریب جذب صدای وزن‌یافته، α_w به‌منظور درجه‌بندی جذب صدا و مقایسه میزان جذب صوتی محصولات مختلف، بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۸۴ محاسبه و به‌کار برده می‌شود.

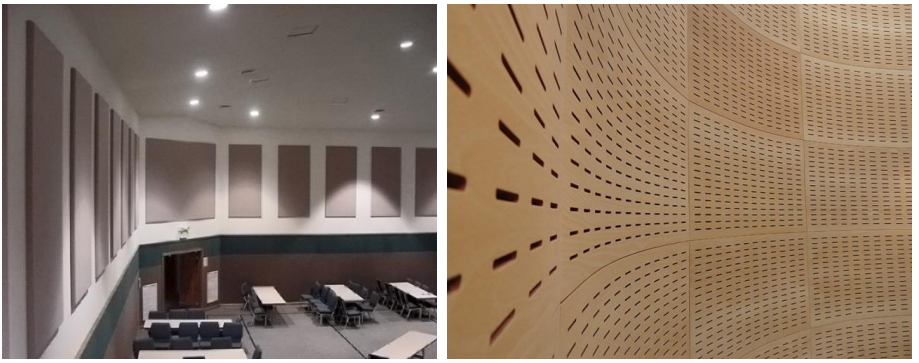
بافل‌ها باید از پایداری سازه‌ای لازم تحت بارهای حاصل از وزن بافل و زیرسازی مربوطه به‌همراه اتصالات آن، برخوردار باشند و از نظر ایمنی در برابر آتش باید الزامات مندرج در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان را برآورده سازد.

۶-۱۱ پانل‌های آکوستیکی

۶-۱۱-۱ معرفی فناوری و دامنه کاربرد

پانل‌های آکوستیکی صفحاتی از جنس چوب یا فلز هستند که با فاصله هوایی از دیوار نصب می‌گردند. در صورتی‌که پانل سوراخ‌دار باشد به‌منظور بهبود جذب در بسامدهای بالا در پشت آن‌ها از فوم یا الیاف معدنی استفاده می‌شود.

در مواردی نیز قسمت پشتی از جنس چوب یا فلز می‌باشد که بر روی آن لایه‌ای از الیاف معدنی و پوشش پارچه‌ای قرار گرفته است. همان‌گونه که در شکل ۶- نشان داده شده است، این پانل‌ها ممکن است به‌طور یک‌پارچه و یا به‌صورت قطعات مجزا بر روی دیوار اجرا یا نصب شوند. این پانل‌ها اغلب در دفاتر کاری، اتاق‌های کنفرانس، سالن‌های سخنرانی، تآتر، سینما و فضاهای آموزشی مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۶-۳۱ استفاده از پانل‌های آکوستیکی در دیوار

۶-۱۱-۲ روش تولید و کنترل کیفیت

-**الزامات اجرایی:** عملکرد آکوستیکی این محصولات بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۹۴۵ اندازه‌گیری شده و با نمودار ضریب جذب صدا در بسامدهای مختلف نشان داده می‌شود. طریقه نصب جهت آزمون همانند روش نصب پانل در عمل، به‌طور مستقیم یا با فاصله هوایی از دیوار، مطابق با یکی از روش‌های نصب نوع A یا B در این استاندارد انجام می‌پذیرد. هم‌چنین شاخص تک‌عددی تحت عنوان ضریب جذب صدای وزن‌یافته، α_w به‌منظور درجه‌بندی جذب صدا و مقایسه میزان جذب صوتی محصولات مختلف، بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۸۴ محاسبه و به‌کار برده می‌شود.

پانل‌ها و زیرسازی آن‌ها باید از پایداری و باربری سازه‌ای و لرزه‌ای مناسب برخوردار باشند و از نظر ایمنی در برابر آتش باید الزامات مندرج در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان را برآورده سازند.

۶-۱۲ مواد الاستیک مورد استفاده در عایق‌بندی صوتی

یکی از راه‌های افزایش صدابندی هوابرد دیوارها استفاده از مواد الاستیک در سیستم‌های دوجداره و دیوارهای پوششی است. در مورد بهبود صدابندی کوبه‌ای سقف بین طبقات نیز، یکی از راه‌حل‌های مؤثر، اجرای کف شناور[1] با استفاده از مواد الاستیک است.

[1] **Floating floor**

۶-۱۳ کف شناور

۶-۱۳-۱ معرفی و دامنه کاربرد

از بررسی مقادیر تراز صدای کوبه‌ای تراگسیل شده از سقف‌های متداول در ایران نتیجه‌گیری می‌شود که این ارقام با حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول‌شده وزن‌یافته (L_{nw}) که در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، ۵۰ دسی‌بل تعیین شده است، اختلاف زیادی دارد. در نتیجه برای کاهش تراز صدای کوبه‌ای انتقال یافته از سقف و به‌عبارت دیگر، افزایش صدابندی سقف در مقابل صدای کوبه‌ای لازم است از راه‌کارهایی از قبیل اجرای کف شناور استفاده شود. اجرای کف شناور بر روی کف سازه‌ای با استفاده از مصالح الاستیک مختلف از قبیل انواع مختلف الیاف معدنی، مواد پلیمری و چوب پنبه با ضخامت و چگالی‌های گوناگون انجام می‌شود (شکل ۶-).

لایه شناور می‌تواند از صفحاتی مانند چوب یا تخته چند لایه یا از مواد صلب مانند دال بتنی یا هر ساختار مناسب دیگری تشکیل شده باشد. به‌طور مشابه، کف سازه‌ای که لایه شناور بر روی آن قرار می‌گیرد، می‌تواند از ساختارهای متعدد و گوناگونی شکل گیرد. ماده الاستیک در بین دو لایه قرار خواهد گرفت.

نمد

الیاف معدنی

لایه پلی‌اتیلن با روکش محافظ

پلی‌رول

گرانول فشرده لاستیکی

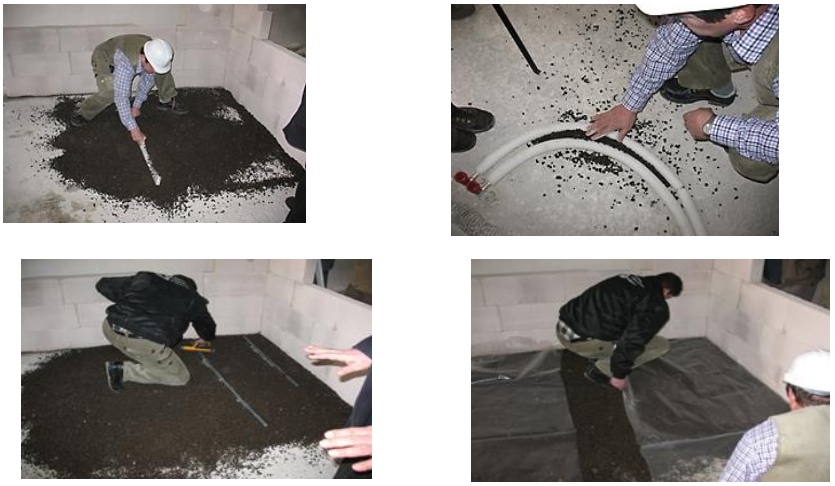
چوب پنبه

شکل ۶-۳۲ چند نمونه از مواد الاستیک مورد استفاده در کف شناور

۶-۱۳-۲ روش تولید و کنترل کیفیت

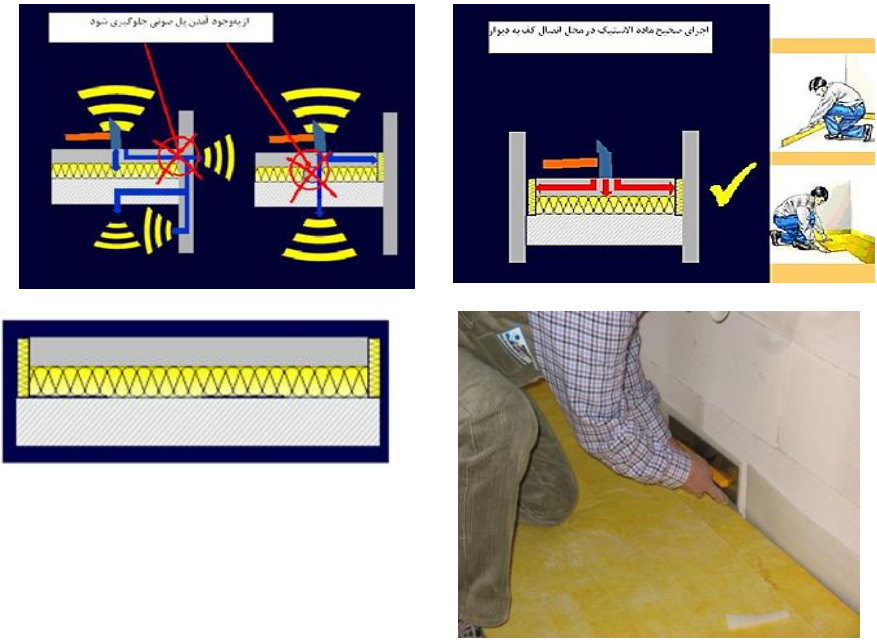
-**الزامات اجرایی:** برای اجرای کف شناور باید کف نهایی و کف- سقف سازه‌ای را توسط یک ماده الاستیک از یکدیگر جدا کرد. لایه کشسان بین کف رویی و کف اصلی هم به‌دلیل خاصیت ارتجاعی خود و هم به‌دلیل جلوگیری از اتصال (ناپیوستگی که به‌وجود می‌آورد)، باعث افزایش صدابندی سقف در برابر صدای کوبه‌ای می‌شود.

مراحل اجرای کف شناور به‌طور خلاصه در شکل‌های زیر نشان داده شده است.



شکل ۶-۳۳ آماده‌سازی سطح کف برای اجرای کف شناور

شکل ۶-۳۴ اجرای ماده الاستیک بر روی کف



شکل ۶-۳۵ جداسازی کف شناور از دیوار به‌وسیله ماده الاستیک

در مرحله نخست لازم است تا سطح کف اصلی کاملاً مسطح گردد. هنگام آماده‌سازی سطح کف برای اجرای کف شناور توصیه می‌شود که لوله‌کشی‌ها از داکت‌ها یا از سقف کاذب اجرا شود. سپس ماده الاستیک مورد نظر بر روی کف اجرا می‌شود و بر روی آن یک لایه عایق رطوبتی برای جلوگیری از نفوذ آب بتن به داخل آن بر روی ماده الاستیک قرار داده می‌شود. باید توجه داشت که از به‌وجود آمدن هرگونه پل صوتی بین کف شناور و کف اصلی جلوگیری شود. بتن‌ریزی کف شناور حداقل به‌ضخامت ۴ سانتیمتر باید صورت پذیرد. این کار یا توسط ملات مخصوص انجام می‌شود که بدون شبکه مش دچار ترک خوردگی نمی‌شود و یا با بتن‌ریزی معمولی بر روی شبکه مش ۶ سانتیمتری یا شبکه مش پلاستیکی با شماره مناسب انجام می‌پذیرد. انتخاب شماره شبکه مش با توجه به ابعاد کف و با نظر مهندس سازه صورت می‌پذیرد. این کار برای جلوگیری از ترک خوردگی در حالت استفاده معمول از کف انجام می‌شود.

شکل ۶-۳۶ اجرای عایق رطوبتی بر روی ماده الاستیک برای جلوگیری از نفوذ آب بتن به داخل آن

شکل ۶-۳۷ بتن‌ریزی کف شناور با استفاده از ملات مخصوص

شکل ۶-۳۸ بتن‌ریزی معمولی با استفاده از شبکه مش

دال‌های شناور بتنی که در محل بتن‌ریزی می‌شوند، پیش از گذراندن دورهٔ معمول برای عمل‌آوری، نباید مورد آزمون قرار گیرند. به‌طور مثال برای بتن معمولی، مدت زمان سه هفته توصیه می‌شود. پس از طی شدن زمان لازم برای خشک شدن، صدابندی کوبه‌ای سیستم کامل کف شناور اجرا شده بر روی کف بتنی مبنا به‌صورت یک مجموعه کامل بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۶-۸۵۶۸ مورد آزمون قرار می‌گیرد. اندازه‌گیری کاهش تراز صدای کوبه‌ای معمول‌شده کف شناور، ΔL بر اساس استاندارد ملی ایران ۸-۸۵۶۸ بر روی کف سنگین استاندارد در آزمایشگاه انجام می‌شود. هم‌چنین طبق

استاندارد ملی ایران ۲-۸۸۳۴ مقادیر به‌دست آمده از اندازه‌گیری درجه‌بندی شده و با استفاده از شاخص تک‌عددی تحت عنوان کاهش تراز صدای کوبه‌ای معمول‌شده وزن‌یافته، با نماد ΔL_w بیان می‌شود. مقادیر اندازه‌گیری شده با توجه به کاربری ساختمان باید الزامات مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان در مورد صدابندی کوبه‌ای سقف بین طبقات را برآورده سازد. لازم به ذکر است سقف اصلی باید پاسخگوی تمام نیازهای سازه‌ای و بارهای ثقلی وارد بر آن باشد.

مواد الاستیک مورد استفاده در کف شناور، از نظر ایمنی در برابر آتش باید الزامات مندرج در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان را برآورده سازند.

۷ فصل هفتم:

فناوری‌های محافظت کننده در برابر آتش

۷-۱ پوشش‌های محافظ حریق پایه معدنی پاششی برای محافظت سازه‌های فولادی در برابر آتش

۷-۱-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

پوشش‌های محافظ حریق پایه معدنی پاششی عموماً دارای چسباننده سیمانی یا گچی بوده که چسبندگی لازم برای این مواد را تامین می‌کنند. همچنین این مواد عموماً دارای سبکدانه‌هایی مانند ورمیکولیت یا پرلیت بوده که مقاومت حرارتی بالایی دارند. از طرف دیگر برای افزایش مقاومت آن‌ها در دماهای بالای و جلوگیری از گسترش و رشد ترک‌ها، این مواد اغلب دارای الیاف نیز می‌باشند. این نوع پوشش‌های محافظ حریق، اغلب به روش پاشش (شکل ۷-۱)، اجرا شده ولی در کارهای جزئی، به کمک ماله نیز روی سطح مورد نظر، اجرا می‌شوند.

بنابراین ساخت این نوع مواد، پیچیدگی بالایی ندارد و در حال حاضر، شرکت‌های متعددی در داخل و خارج کشور در حال تولید انواع مختلف آن می‌باشند. محافظت سازه فولادی در برابر آتش با این روش شامل ارتقاء ایمنی آن از طریق به تأخیر انداختن نرخ رشد دمای فولاد است تا زمان کافی فراهم شود تا ساختمان تخلیه شده یا آتش خاموش شود یا مواد قابل اشتعال بدون خرابی سازه، به اتمام برسد. این نوع روش که شامل عایق کردن فولاد در برابر گرما است، جزو روش‌های غیر فعال محافظت در برابر آتش است. با توجه به نوع عملکرد غیرفعال این نوع پوشش‌ها، تجربیات آتش‌سوزی‌های سال‌های

گذشته نشان داده است که در صورت طراحی و اجرای درست، این نوع پوشش‌ها توانسته‌اند به خوبی از سازه‌های فولادی محافظت و انتظارات را برآورده نمایند.

شکل ۷-۱ نمونه‌ای از نحوه اجرای پوشش‌های محافظ حریق پایه معدنی پاششی

از مهمترین ویژگی‌ها و مزایای پوشش‌های محافظ حریق پاششی پایه معدنی در مقایسه با روش‌های سنتی موجود (انواع مواد و ملات‌های بنایی، بتن و ...)، به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

- با توجه به اجرای این نوع پوشش‌ها به صورت پاشش، اجرای آن‌ها نسبتا ساده و سریع بوده و هر نوع زیر کاری را می‌توان به راحتی محافظت کرد و محدودیتی از این نظر وجود ندارد.

- این نوع پوشش‌ها در مقایسه با مصالح بنایی و بتنی، بسیار سبک‌ترند و همچنین نیاز به ضخامت کمتری دارند و بنابراین باعث کاهش وزن اعمالی به سازه زیرین می‌شوند.

- این نوع پوشش‌ها در کارخانه و تحت کنترل کیفیت بالا، تولید شده و به صورت کیسه ارائه می‌شود و در محل اجرا، صرفاً با آب مخلوط شده و بر روی سازه فولادی مورد نظر، پاشیده می‌شود.

۷-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

کاربرد اصلی پوشش‌های محافظ حریق پاششی پایه معدنی، محافظت سازه‌های فولادی در مقابل حریق است. دامنه کاربرد پوشش‌های محافظ حریق پاششی پایه معدنی، وابسته به محدوده ضریب مقطع اعضای فولادی زیرکار و ضخامت پوشش است که در آزمون‌های مقاومت در برابر آتش مورد ارزیابی قرار گرفته است. همچنین برای کاربرد این نوع پوشش‌ها در شرایط محیطی مختلف (بیرون ساختمان، داخل ساختمان و ...)، لازم است تا عملکرد مناسب این پوشش‌ها در آن شرایط (اشعه ماورای بنفش، رطوبت بالا، شوک دمایی، یخ زدن و آب شدن و ...) مورد بررسی قرار گیرد و بر این

اساس، محدویت‌هایی در کاربرد هر نوع از این پوشش‌ها ممکن است ایجاد شود. توضیحات تکمیلی در ادامه ذکر شده است.

۷-۱-۳ مبانی طراحی و اجرا

مطابق ویرایش سوم مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران مورخ ۱۳۹۵، یکی از پیش‌نیازهای اصلی برای تامین ایمنی در برابر حریق ساختمان‌ها، تامین ضوابط مقاومت در مقابل آتش اجزای ساختمان می‌باشد. بر اساس مقررات این مبحث، تمامی ساختمان‌ها باید در یکی از پنج نوع ساختار تعریف شده در آن دسته‌بندی قرار گیرند. حداقل درجه‌بندی الزامی مقاومت در برابر آتش اجزای ساختمان در هر ساختار نیز مطابق این مبحث ارائه شده است. از طرف دیگر مطابق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان، ارتفاع و مساحت مجاز یک ساختمان به ساختار و تصرف آن بستگی دارد.

با توجه به اینکه سازه‌های فولادی در برابر آتش سازه نسبتاً ضعیفی محسوب می‌شوند، محافظت آن‌ها در برابر آتش در بسیاری از ساختمان‌ها الزامی است که این کار با انواع پوشش‌های محافظت کننده می‌تواند صورت گیرد. قطعاً پوشش‌های پایه معدنی مهم‌ترین نوع پوشش‌های محافظت کننده سازه‌های فولادی در برابر آتش هستند.

اطلاعات کامل در خصوص آزمون و طراحی پوشش‌های محافظ حریق پایه معدنی پاششی در نشریه شماره ض-۸۲۵ این مرکز تحت عنوان "دستورالعمل ارزیابی پوشش‌های معدنی پاششی محافظت کننده در برابر آتش برای سازه‌های فولادی" ذکر شده است.

در ادامه باید توجه داشت که به طور کلی در خصوص پوشش‌های محافظ حریق پاششی پایه معدنی، لازم است ملاحظات عمومی زیر مد نظر قرار گیرد:

- ملاحظات حفاظت و نگهداری: حفاظت از پوشش‌های پاششی در برابر رطوبت تا قبل از اجرا، لازم است. برخی از مصالح تحت تأثیر فشار زیاد دچار تغییر خواص می‌شوند، لذا رعایت نکات لازم در انبار کردن آن‌ها، ضروری است.

- ملاحظات ایمنی و سلامت حین اجرا: اجرای انواعی از پوشش‌های پاششی ممکن است ذرات ریزی تولید کند که موجب سوزش پوست و چشم و مشکلات تنفسی شود لذا رعایت تمهیدات لازم در این خصوص ضروری است.

– ملاحظات بعد از اجرای پاشش: پوشش پاششی پس از اجرا تا زمان گیرش نهایی، آسیب‌پذیر بوده و بنابراین در این مدت ضروری است تا پوشش پاششی در معرض خشک شدن سریع، باران، آب جاری، یخ زدن، حرکت سازه‌ای، ارتعاش و ضربه قرار نگیرد.

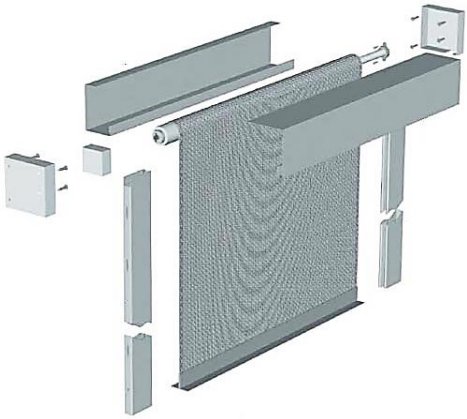
برخی الزامات کاربردی پوشش‌های محافظت کننده در برابر آتش در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ارائه شده است. همچنین آیین‌نامه پشتیبان مبحث سوم برای این پوشش‌ها به شرح زیر منتشر شده است: دستورالعمل ارزیابی پوشش‌های معدنی پاششی محافظت کننده در برابر آتش برای سازه‌های فولادی، انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، نشریه ض–۸۲۵، ۱۳۹۷.

۷-۲ پرده‌های مقاوم در برابر آتش و دود

۷-۲-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

با توجه به افزایش ساخت بناهای مدرن و بزرگ در کشور و با طراحی‌های خاص، استفاده از فناوری‌های جدید به منظور افزایش سطح ایمنی ساختمان‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است، یکی از انواع این فناوری‌ها پرده‌های دود و آتش است که به منظور جداسازی در ساختمان کاربرد بسیاری دارد. این پرده‌ها به محض فعال شدن هشدار آتش یا دود استقرار می یابند و از گسترش آتش به سایر فضاها ممانعت به عمل می آورند.

انواع مختلفی از پرده‌های آتش وجود دارد و پرده‌های آتش را می توان با توجه به ویژگی‌های مختلفی طبقه‌بندی کرد. دو مورد از طبقه‌بندی های رایج در اینجا آورده شده است:



شکل ۷-۲ اجزای تشکیل دهنده پرده آتش

الف) دسته‌بندی بر اساس زاویه استقرار: یکی از رایج‌ترین معیارهای دسته‌بندی‌های، زاویه نصب است که بر این اساس پرده‌های آتش را می توان در سه دسته افقی، عمودی و زاویه‌دار، دسته‌بندی کرد. در شکل ۷-۳ ، انواع پرده آتش بر اساس زاویه نصب ملاحظه می‌گردد:

پرده آتش زاویه‌دار

پرده آتش افقی

پرده آتش قائم

شکل ۷-۳ طبقه بندی پرده‌های آتش بر اساس زاویه نصب

ب) دسته بندی بر اساس نوع استقرار: بر این اساس نحوه استقرار پرده‌های آتش را می توان در قالب یکی از انواع زیر طبقه‌بندی کرد:

– استقرار فوری تک موقعیتی: بلافاصله پس از فعال شدن هشدار، پرده به طور کامل استقرار می یابد.

– استقرار فوری چند موقعیتی: بلافاصله پس از فعال شدن هشدار، پرده تا موقعیت از پیش تعیین شده‌ای پایین می‌آید تا ضمن فراهم آوردن امکان عبور افراد، از گسترش دود ممانعت به عمل آید.

– استقرار تاخیری تک موقعیتی: پرده آتش پیش از استقرار کامل، برای مدت زمان مشخصی در جای خود باقی می ماند.

– استقرار تاخیری چند موقعیتی: همانند پرده‌های استقرار فوری چند موقعیتی، با این تفاوت که پیش از هر مرحله از استقرار برای مدت زمان مشخصی، پرده در جای خود باقی می ماند.

برخی مزایای استفاده از این پرده‌ها عبارتند از:

– با ایجاد جداسازی در فضاهای ساختمان، میزان محافظت در برابر آتش را بدون تغییرات عمده در طرح معماری افزایش می‌دهد.

– پرده‌های دود با جداسازی آتریوم، دود را مهار و کنترل می‌کند در نتیجه حجم فضای مورد نظر برای تخلیه دود و همچنین میزان مصرف انرژی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان، محافظت فضاهای آتریومی در برابر آتش خواسته شده است که استفاده از این پرده‌ها یکی از روش‌های قابل قبول می‌باشد.

– این پرده‌ها سبک هستند و نیازی به تقویت سازه جهت نصب آن‌ها نمی‌باشد.

– فضای کمی را اشغال می‌کنند و در مواردی که عملکردی ندارند، به‌صورت مخفی هستند.

– با محدود کردن گسترش دود به ایمنی جانی کمک کرده و عملیات آتش‌نشانان را تسهیل می‌نماید.

۷-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

پرده‌های آتش مورد استفاده برای تامین ایمنی جانی و حفاظت اموال می‌تواند افقی، قائم یا زاویه‌دار باشد. این پرده‌ها، بسته به نوع کاربری، می‌توانند جایگزین کرکره‌ها[1]، دیوارهای غیربابر، اجزای شیشه‌ای، درهای مقاوم در برابر آتش و غیره شوند. همچنین می‌توانند به عنوان جدا کننده آتش استفاده شوند. این پرده‌ها می‌توانند موانعی با عرض بیشتر و قابلیت جابه‌جایی با اشغال فضای کمتر، نسبت به روش‌های سنتی فراهم نمایند. استفاده‌های معمول پرده آتش شامل موارد زیر است:

الف) فضا بندی؛

ب) ایجاد مسیرهای حفاظت شده برای راه‌های فرار(در صورتی که استفاده از درها/کرکره‌های استاندارد آتش و دیوارهای غیربابر و سقف‌ها برای طراحی ممانعت ایجاد می‌کند.)؛

پ) ایجاد محافظت در محل عناصر غیرمقاوم در برابر آتش، به عنوان مثال در مقابل درها و شیشه‌های غیرمقاوم در برابر آتش، در جایی که برای فضابندی یا محافظت از راههای فرار نیاز است؛

تامین الزامات نشت دود در ترکیب با سایر محصولات بدون درجه‌بندی دود(از قبیل درهای آسانسور) که با محافظت از بازشوها، نشت دود را کاهش می‌دهند.

در شکل‌های زیر می توان انواع کاربردهای پرده‌های آتش را ملاحظه کرد:

آتریوم و لابی

در آتریوم‌ها، برای جلوگیری از گسترش آتش و دود از یک طبقه به سایر طبقات، می توان از پرده‌های آتش افقی یا آکاردئونی استفاده کرد. در لابی‌ها نیز می توان با استفاده از پرده‌های آتش قائم، حفاظت در برابر آتش ایجاد نمود.

بازشوهای دیوارها

در طرح های معماری دارای فضاهای باز، برای تامین الزامات محافظت در برابر آتش، می توان پرده آتش را جایگزین دیوارهای غیربابر و اجزای شیشه‌ای دارای درجه‌بندی دود کرد.

[1] **roller shutter**

فضابندی

پرده‌های آتش و دود می توانند برای ایجاد فضابندی جهت ممانعت از گسترش آتش و دود به کار روند. این کارکرد، خصوصا در فضاهای باز بزرگ مصداق دارد.

آسانسورها و لابی های آسانسور

پرده‌های آتش قائم با قابلیت کنترل دود، می توانند برای محافظت از گسترش آتش و دود از طریق شفت های آسانسور به کار روند.

جداسازی کریدورها و راههای خروج

در برخی از انواع پرده‌های دود، امکان خروج متصرفین از فضابندی محبوس کننده دود، فراهم آمده است. در این نوع، هرجا که راه‌های خروج توسط پرده قطع می‌شود، بازشوهایی تعبیه شده است که متصرفین بتوانند از طریق آن‌ها به صورت ایمن و ضمن حفظ آرامش روانی، از محل خارج شوند.

محافظت از مرزها(همسایگی‌ها)

پرده‌های آتش، جایگزین تائیدشده‌ای برای کرکره‌های آتش، شیشه-کاری‌های با درجه‌بندی دود و دیوارهای آتش به شمار می‌روند، چرا که پنجره‌ها را از آتش محافظت می‌کنند و از انتقال آتش از یک ساختمان به ساختمان دیگر، ممانعت به عمل می‌آورد.

پله‌ها و پله برقی ها

با استفاده از پرده‌های آتش و دود عمودی و آکاردئونی، می توان از پله‌ها و پله‌های برقی محافظت به عمل آورد. پرده آتش آکاردئونی، پله یا پله برقی را به طور کامل محصور می کند و از این طریق، امکان استفاده از طرح های پلان باز و جایگزینی درها و لابی‌های آتش را فراهم می کند.

راه‌های خروج محافظت شده

با استفاده از پرده‌های آتش، می‌توان مناطق عایق بندی شده در برابر آتش ایجاد کرد که از این طریق می توان راههای خروج محافظت شده و منطبق با الزامات در اختیار داشت.

شکل ۷-۴ انواع کاربردهای پرده‌های آتش

۷-۲-۳ مبانی طراحی و اجرا

معیارهای عملکردی پرده‌های آتش که به منظور کنترل کیفیت آن‌ها مورد آزمون قرار می‌گیرد، به شرح زیر است:

- فشار و ضربه؛
- دوام پرده آتش و سیستم‌های مرتبط؛
- زمان پاسخ و سرعت؛
- محبوس کردن دود:
- نشت دود، جایی که کاربرد دارد؛
- مقاومت در برابر آتش:
- یکپارچگی؛
- نارسانایی، جایی که کاربرد دارد؛
- تابش، جایی که کاربرد دارد؛
- منطقه تغییر شکل؛
- عملکرد موتور، جایی که کاربرد دارد؛
- واکنش در برابر آتش؛
- تجهیزات جانبی، جایی که کاربرد دارد.

اطلاعاتی که باید توسط تولیدکننده یا وارد کننده برای پرده آتش ارائه شود، به شرح زیر است:

- اطلاعات نصب؛
- اطلاعات بازرسی، آزمون و نگهداری؛
- چگونگی عملکرد پرده آتش.

نمونه‌هایی از چگونگی استقرار پرده‌های آتش، به شرح زیر است:

الف) با دریافت سیگنال از سیستم اعلام حریق، پرده آتش استقرار کامل پیدا می‌کند.

پرده‌های آتش هنگامی که سیستم اعلام حریق فعال می‌شود جمع‌شده باقی می‌مانند و فقط زمانی استقرار می‌یابد که کاشف دود/حرارت موضعی، اعلام حریق کند. در چنین شرایطی، تنها پرده‌های آتشی استقرار می‌یابند که در مجاورت آتش یا دود باشند.

پ) پرده آتش با فعال سازی حرارتی موضعی– به طور مثال فیوزهای حرارتی– استقرار می‌یابد.

هنگامی که سیستم اعلام حریق فعال می‌شود، پرده آتش برای مدت زمان از پیش تعیین شده‌ای به صورت جمع شده باقی می ماند، تا قبل از استقرار، اجازه تخلیه افراد را بدهد.

پس از فعال شدن سیستم اعلام حریق، پرده آتش برای مدت زمان معینی تا ارتفاع مشخصی از کف تمام شده طبقه، پایین می‌آید تا گسترش دود را محدود نماید و پس از آن برای محدودکردن حریق، بطور کامل استقرار می‌یابد.

هنگامی که موقعیت آتش به گونه‌ای است که نیازی به استقرار کامل پرده‌های آتش نیست، پرده آتش پس از فعال شدن سیستم اعلام حریق خاصی تا ارتفاع مشخصی از کف تمام شده طبقه، پایین می‌آید تا گسترش دود را محدود نماید.

پرده آتش در هنگام قطع برق اصلی و اضطراری استقرار می‌یابد.

در سطح بین الملل می توان به آیین نامه BS 8524 برای پرده آتش و آیین نامه EN 12101-1 برای پرده‌های دود اشاره کرد. در سطح ملی، آیین‌نامه طرح و اجرای پرده‌های ضد حریق در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در حال تدوین می‌باشد

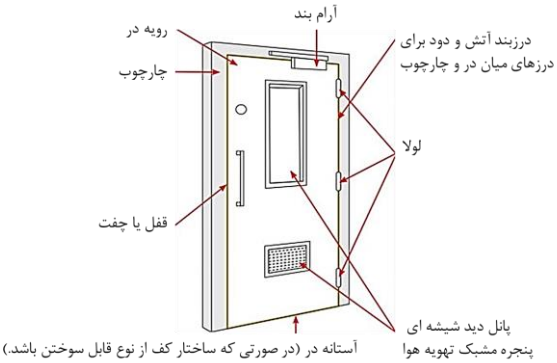
۷-۳ درهای مقاوم در برابر آتش

۷-۳-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

یکی از سیستم‌های غیر فعال برای محافظت ساختمان در برابر آتش، درهای مقاوم در برابر آتش هستند.

درهای مقاوم در برابر آتش مجموعه ای از عناصر شامل لنگه در، چارچوب، یراق‌آلات و دیگر اجزایی است که مجموعا یک درجه مشخص از حفاظت در برابر آتش را تامین می نمایند.

جزئیات یک در مقاوم در برابر آتش را می توان در شکل ۷-۵ ملاحظه کرد.



شکل ۷-۵ اجزای تشکیل دهنده در مقاوم در برابر آتش

۷-۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

مزایای اصلی درهای مقاوم در برابر آتش در ساختمان، به شرح زیر است:

-جلوگیری از گسترش آتش سوزی

در مقاوم در برابر آتش در صورت بسته بودن برای مقاومت در برابر حریق طی مدت زمان مشخصی طراحی شده است تا از گسترش آتش سوزی جلوگیری کرده و زمان لازم برای تخلیه ساختمان و عملکرد سیستم‌های فعال محافظت در برابر آتش مانند اسپرینکلر و عملیات آتش‌نشان‌ها را فراهم کند.

-محافظت از راه‌های خروج

محافظت راه‌های خروج از آتش جزو الزامات مقررات ساختمان می‌باشد. هر دری که به راه خروج باز می‌شود یا در مسیر خروج است باید از نوع در مقاوم در برابر آتش باشد، تا اطمینان حاصل شود افرادی که از راه خروج استفاده می‌کنند در هنگام خروج در مقابل خطرات حریق محافظت می‌شوند. همچنین پس از تخلیه، درهای مقاوم در برابر آتش باید همچنان کارایی لازم را (تا زمان مقرر بر اساس مقررات ساختمانی) ادامه دهند، تا نیروهای آتش‌نشان و امداد و نجات بتوانند برای عملیات اطفا و نجات از مسیرهای امن وارد ساختمان شوند.

شکل ۷-۶ تصاویر و نمونه هایی از درهای مقاوم در برابر آتش

الزامات مقاومت در برابر آتش درها و کرکره‌های آتش برای محافظت بازشوها در برابر آتش در فصل ۳-۸ از ویرایش سوم مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ارائه شده است.

زمان محافظت مورد نیاز در برابر آتش این درها مطابق با مبحث سوم مقررات ملی ساختمانی در جدول ۷-۱ ارائه شده است.

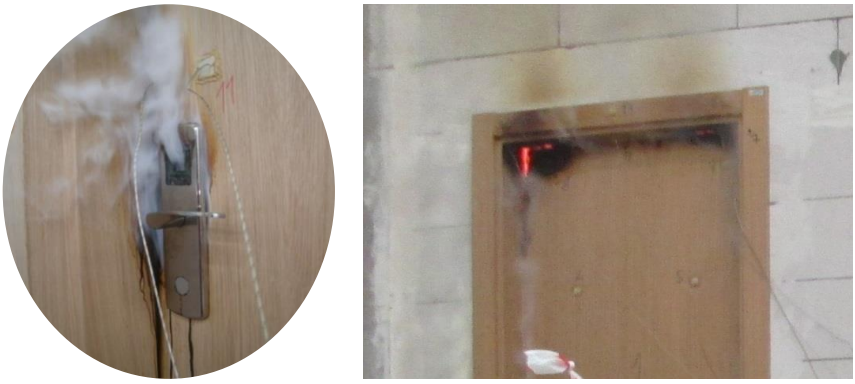
در جدول ۷-۱، درجه‌بندی محافظت بازشوها در برابر آتش آورده شده است، بر اساس این جدول حداقل درجه مقاومت در برابر آتش الزامی برای در آتش واقع در هر نوع از مجموعه ها آورده شده است.

جدول ۷-۱ درجه‌بندی محافظت بازشوها در برابر آتش(درجه بندی محافظت مجموعه درها و کرکره‌های آتش)

نوع مجموعه	درجه الزامی مقاومت در برابر آتش (ساعت)	حداقل مقاومت الزامی در یا کرکره آتش (ساعت)
دیوارهای مانع آتش با درجه الزامی مقاومت در برابر آتش بیش از یک ساعت	۴	۳
	۳	۳
	۲	۱/۵
	۱/۵	۱/۵
موانع آتش دارای درجه الزامی یک ساعت مقاومت در برابر آتش:		
دیوارهای شفت‌ها، پلکان و رمپ‌های خروج و گذرگاه‌های خروج	۱	۱
سایر موانع آتش	۱	۰/۷۵
دیوارهای جداکننده آتش:		
دیوارهای کریدورها	۱	۰/۳۳ (۲۰ دقیقه)

اشتباهاتی که مانع از عملکرد صحیح درهای مقاوم در برابر آتش می‌شوند:

- مصالح ساخت نامرغوب: نمونه های از عملکرد ناصحیح درهای مقاوم در برابر آتش در نتیجه استفاده از مصالح ساخت نامرغوب، در شکل ۷-۷ آورده شده است.



شکل ۷-۷ عملکرد ناصحیح درهای مقاوم در برابر آتش در نتیجه استفاده از مصالح ساخت نامرغوب

- طراحی غیراصولی: نمونه ای از عملکرد ناصحیح درهای مقاوم در برابر آتش در نتیجه طراحی غیر اصولی، به دلیل استفاده از درزهای نصب بزرگ و عایق‌بندی ناکافی در شکل۷-۸ ملاحظه می‌گردد.

شکل۷-۸ عملکرد ناصحیح در آتش در نتیجه طراحی غیراصولی

- نصب نادرست: نمونه‌ای از عملکرد ناصحیح در آتش در نتیجه نصب نادرست، در شکل ۷-۹ ملاحظه می‌گردد.

- عدم رعایت شرایط نگهداری مطابق استاندارد

شکل ۷-۹ عملکرد ناصحیح در آتش در نتیجه نصب نادرست

۷-۳-۳ مبانی طراحی و اجرا

درهای مقاوم در برابر آتش بر اساس الزامات آورده شده در جدول ۷-۱ و با توجه به نوع مجموعه‌ای که در آن نصب می‌شوند، انتخاب می‌گردند.

-روش تولید و کنترل کیفیت محصول

درهای مقاوم در برابر آتش به طور معمول، از فلز یا چوب ساخته می‌شوند که در بعضی اوقات همراه پانل‌هایی از شیشه مقاوم در برابر آتش می باشند. مصالحی که در ساخت هسته مرکزی لنگه در آتش به کار می روند، عبارتند از پشم‌های معدنی، تخته های گچی و سیلیکاتی، ورمیکولیت و ... .

-آزمایش و ارزیابی درهای آتش

درهایی که به عنوان در ضد حریق برای محافظت بازشوها مورد استفاده قرار می‌گیرند باید با آزمون‌های آتش استاندارد آزمایش شده و درجه محافظت آن‌ها طبق استانداردهای معتبر آزمون مقاومت در برابر آتش تعیین شود.

تعیین مقاومت در برابر آتش اجزای ساختمانی شامل بررسی سه مشخصه پایداری، یکپارچگی و نارسانایی می‌باشد که برحسب وظیفه جزء مورد نظر ممکن است یک، دو یا هر سه پارامتر فوق مورد نیاز باشد. بر اساس مبحث سوم از مقررات ملی ساختمان، برای درهای مقاوم در برابر آتش تنها برآورده شدن معیار یکپارچگی لازم می‌باشد، مگر آنکه در قسمت دیگری از این مبحث، صراحتا معیار نارسانایی یا دودبندی در دمای محیط خواسته شده باشد. طراح ساختمان می تواند بر اساس نیاز طرح،

برآورده شدن سایر معیارها(دودبندی و نارسانایی) را در طرح گنجانده، مدارک و مستندات معتبر در این خصوص را از تولیدکننده یا فروشنده مطالبه نماید.

شکل ۷-۱۰ آزمون مقاومت در برابر آتش

۷-۴ مصالح و سیستم‌های آتش‌بند و درزبندی آتش

۷-۴-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

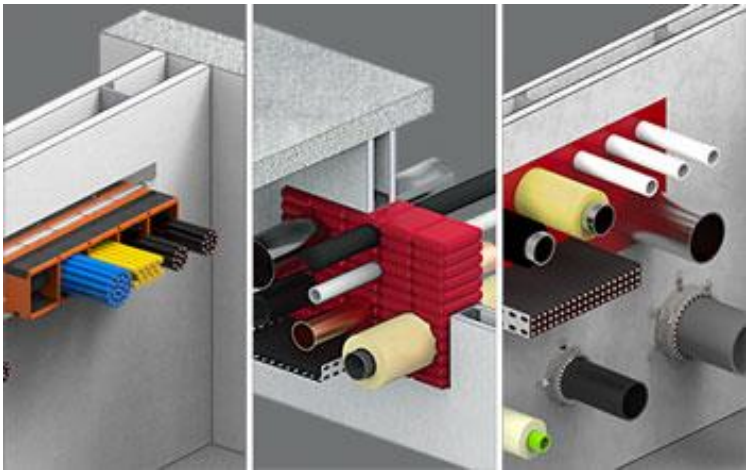
امروزه سیستم‌های آتش‌بند (Firestop) به عنوان مکمل سیستم‌های اعلام و اطفاء حریق در ساختمان‌های مهم صنعتی به کار می‌روند.

در صورت کاربرد صحیح این سیستم‌ها و رعایت فضابندی آتش، در صورت بروز آتش‌سوزی می‌توان تا مدت زمانی معین از نفوذ دود و شعله به مناطق مجاور و وارد آمدن خسارت به تأسیسات ساختمان و به طور کلی آسیب‌های جانی و مالی پیش‌گیری نمود. از طرفی با استفاده از سیستم‌های آتش‌بند،کارآئی سیستم‌های اعلام و اطفاء حریق نیز به نوعی افزایش خواهد یافت. الزامات و اصطلاحات مربوط به fire stop در UBC در سال ۱۹۲۷ میلادی مطرح شد که سابقه کاربرد آن به اولین کد ملی ساختمان که در سال ۱۹۰۵ توسط هیئت ملی آتش سوزی در آمریکا منتشر شد، برمی‌گردد. محافظت در برابر آتش غیر عامل و آتش بندی اولین بار در جنگ جهانی دوم در صنایع نظامی به کار رفت. در سال ۱۹۵۰ میلادی، صنعت بیمه (FM) در آمریکا در اثر خسارات بزرگ ناشی از آتش‌سوزی در کارخانه‌های صنعتی، جداسازی واحدها را با استفاده از سیستم‌های آتش‌بند برای جلوگیری از نفوذ آتش از واحدی به دیگری توسعه داد. در سال ۱۹۸۰ در کدهای ساختمانی برای جلوگیری از حرکت دود و آتش در

ساختمان، آتش‌بندی اجباری شد تا نه تنها از خسارات مالی بلکه از آسیب‌های جانی نیز پیش‌گیری شود.

-انواع آتش بند

مصالح آتش‌بند انواع مختلفی دارند و ممکن است فقط یک فضا را به صورت ایمن پر کرده و یا از نوع واکنش‌دهنده (پف‌کننده) باشند. اغلب مصالح آتش‌بند از نوع پف‌کننده هستند که در صورت بروز حریق و قرار گرفتن در معرض دمای بالا، پف کرده و فضای خالی ایجاد شده (مثلاً به دلیل ذوب لوله پلاستیکی) را پر می‌کنند. مقاومت این مصالح در برابر آتش (در حالت نهایی، مثلاً در حالت پف کرده) باید معادل با مقاومت الزامی دیوار در برابر آتش باشد. همین موضوع برای سقف‌ها نیز صادق است.



شکل ۷-۱۱ نمونه‌هایی از سیستم‌های آتش‌بند برای تأسیسات

به طور کلی انواع آتش‌بندها عبارتند از:

- ملات سیمانی
- ترکیبات گچ
- سیلیکون
- الیاف معدنی، شیشه، محصولات سرامیکی
- مواد پف‌کننده
- پانل‌های آتش‌بند

انواع سیستم‌های آتش‌بند با خواص متفاوت در اطراف محل بازشوی لوله‌ها (فلزی و غیرفلزی)، کانال‌های هوا، کابل ها و سینی کابل‌ها، در طول مسیر کابل‌ها، درزهای انبساط، درزهای پشت نمای ساختمان استفاده می‌شوند.

انتخاب نوع سیستم آتش‌بند و نحوه اجرای آن در بازشوها به عواملی مثل محل بازشو، جنس و نوع المآن‌های عبوری از بازشوها مثلاً لوله استیل یا پلاستیکی، سینی کابل و ...) و ضخامت آن‌ها و نیز ابعاد بازشو بستگی دارد.

به طور کلی، آتش‌بندها در موارد زیر به کار می‌روند:

- انواع بازشوها اعم از بازشوهای الکتریکی، مکانیکی و سازه‌ای؛
- بازشوهای سوراخ نشده (منظور شده برای کاربردهای آتی) ؛
- محل درزهای بین دیوارها و کف‌های مقاوم در برابر آتش؛
- محل درز دیوارهای غیر باربر به کف‌ها.

-نحوه عملکرد آتش‌بند

الف- پف کردن ماده پف کننده آتش بند و تشکیل عایقی برای جلوگیری از نفوذ شعله و دود؛

ب- از طریق واکنش‌های گرماگیر با آزادسازی رطوبت؛

پ- بستن بازشوها به روش مکانیکی؛

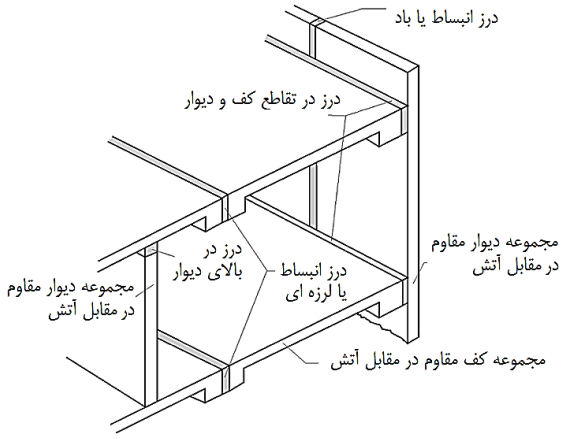
ت- تشکیل چاه حرارتی برای جذب حرارت.

۷-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

طبق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان لازم است تا سازه، سقف‌ها و دیوارهای ساختمان‌ها بر اساس نوع تصرف و ابعاد ساختمان دارای مقاومت در برابر آتش باشند. در عین حال عبور هرگونه عناصر نفوذکننده مانند تأسیسات از میان دیوارها و سقف‌های مقاوم در برابر آتش و یا وجود درزهای ساختاری در آن‌ها (مانند درز انبساط یا فاصله هوایی پشت دیوارهای پرده‌ای) می‌تواند باعث ایجاد نقطه ضعف و از بین رفتن سطح ایمنی حریق شود. نفوذکننده‌ها در مجموعه‌های مقاوم در برابر آتش می‌توانند لوله قابل سوختن، سیم غیر قابل سوختن با روکش قابل سوختن یا لوله غیر قابل سوختن باشند. هر نوع نفوذ نیازمند یک روش خاص محافظت است که بستگی به نوع مجموعه مقاوم در برابر آتش و نوع

مورد نفوذ کننده دارد. همچنین درزها اغلب در جاهایی ایجاد می‌شوند که در طراحی سازه، یک جدایی بین اجزای ساختمان برای همراهی با تغییرمکان‌های سازه‌ای پیش‌بینی شده ناشی از انبساط یا انقباض حرارتی، فعالیت لرزه‌ای یا بار باد یا سایر بارها ضروری باشد. در شکل ۷- تعدادی از معمول‌ترین محل‌های قرارگیری این درزها نشان داده شده است.

بنابراین لازم است تا این گشودگی‌ها و درزها، با مصالح مناسب آتش‌بندی شوند. محصولات آتش‌بند و درزبند آتش برای جلوگیری یا محدودسازی عبور آتش و / یا دود بین اجزا، یا حفظ عملکرد یکپارچگی و یا نارسایی یک جزء جداکننده آتش برای مدت زمان معینی در نظر گرفته می‌شوند. به عنوان مثال در بند ۳-۸-۴-۱ از مبحث سوم مقررات ملی ساختمان خواسته شده است تا منافذ موجود در دیوارهای داخلی با مصالح آتش‌بند تأیید شده محافظت شوند.



شکل ۷-۱۲ محل‌های معمول قرارگیری درزها

به طور کلی عمر مفید محصولات آتش‌بند و درزبند آتش تحت تاثیر عواملی شامل دما، سرد شدن/گرم شدن، رطوبت (بخارآب)، باران، اشعه UV، آلودگی و موارد دیگر می‌باشد. طبق دستورالعمل‌های معتبر برای محصولات ساختمانی، عمر مفید مفروض برای محصولات آتش‌بند و درزبند آتش به شرطی که به درستی استفاده و نگهداری شوند، بر اساس نتایج آزمایشگاهی حداقل ۱۰ یا ۲۵ سال است.

۷-۴-۳ مبانی طراحی و اجرا

الزامات کاربرد مواد آتش‌بند بر اساس مبحث سوم مقررات ملی ساختمان

- چنانچه هرگونه سوراخ یا گشودگی در دیوارهای با مقاومت الزامی در برابر آتش ایجاد شود (مثلاً برای عبور تأسیسات)، گشودگی باید به نحو مناسب و با استفاده از مصالح متناسب با نوع گشودگی برای جلوگیری از گسترش حریق، آتش‌بندی شود.

- طبق الزامات مبحث سوم، منافذ در دوربند خروج باید به طور مناسب آتش‌بندی شوند.

- فضاهای خالی قائم داخـل دیوار مانع آتش (در صورت وجود) باید در تراز هر طبقه آتش‌بندی شود.

- مصالح آتش‌بند باید دارای تأییدیه معتبر آزمون آتش باشند.

- مصالح آتش‌بند در مواجهه با حریق بایستی پایداری و یکپارچگی خود را حفظ نمایند.

- پرکردن یا بستن روزنه‌های نفوذی و محافظت از آن‌ها به گونه‌ای انجام شود که "میزان مقاومت در برابر حریق" تعیین شده برای بام، سقف، کف و یا دیوار کاهش نیابد.

- سیستم درزبند باید برای مدتی حداقل برابر با درجه الزامی مقاومت در برابر آتش مجموعه مورد نظر (دیوار، مجموعه‌های کف یا سقف/کف) تائید شده باشند.

- مصالح و جزئیات اجرایی آتش‌بندی منافذ و درزها باید با توجه به جزئیات و درجه مقاومت در برابر آتش الزامی مورد نیاز، از سوی مرجع قانونی صدور گواهینامه فنی تائید شوند.

- مواد آتش‌بند در بازشوهای تأسیساتی نباید باعث آسیب رساندن به تأسیسات عبوری شوند و یا در اثر گذشت زمان آسیب ببینند.

- محصولات آتش‌بند و درزبند آتش باید آزمون شده، ضوابط مربوط به نصب و تعمیر و نگه‌داری آن‌ها طبق مراجع معتبر رعایت شود. همچنین الزامات عملکرد در برابر آتش (واکنش در برابر آتش و مقاومت در برابر آتش) را برآورده کنند. به عنوان مثال در جدول ۷-۲، ویژگی های محصول، روش های تائید و شاخص‌های ارزیابی متناسب با کاربرد محصولات آتش‌بند و درزبند آتش آمده است.

- به طور کلی در مورد محصولات آتش‌بند و درزبند آتش، ضروری است آزمون‌های عملکردی برای برآوردن الزامات مراجع معتبر و دستورالعمل‌های مرجع انجام و تمهیدات لازم به منظور تعیین مشخصه‌ها و حدود کاربرد و تصدیق انطباق صورت گیرد. آیین‌نامه تخصصی محصولات آتش‌بند در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در دست تهیه می‌باشد.

جدول ۲-۷ ویژگی‌های محصول و روش‌های تائید و ارزیابی

ویژگیهای محصول	روش تائید و ارزیابی	بیان عملکرد محصول
واکنش در برابر آتش	طبقه‌بندی طبق INSO 8299-1 و EN 13501-1	طبقه A-F مطابق EN 13501-1
مقاومت در برابر آتش	طبقه‌بندی طبق INSO 8299-2 و EN 13501-2	طبقه مطابق EN 13501-2
نفوذپذیری هوا	با مقایسه راه‌حل‌های طراحی با جزئیات ساختاری استاندارد و ارزیابی با تکنیک‌های مهندسی صحیح	ارزیابی یا مقادیر اعلام شود
نفوذپذیری آب		ارزیابی یا مقادیر اعلام شود
آزادسازی مواد خطرناک	ارزیابی بر اساس دستورالعمل مرجع	نشانه‌های مواد خطرناک یا " هیچ ماده خطرناکی وجود ندارد"
مقاومت مکانیکی و پایداری	مطابق روش های آزمون در دستورالعمل مرجع	مقادیر اعلام شود
مقاومت در برابر ضربه/حرکت	مطابق روش های آزمون در دستورالعمل مرجع	مقادیر اعلام شود
چسبندگی	مطابق روش های آزمون در دستورالعمل مرجع	مقادیر اعلام شود
عایق صدا	طبق روش آزمون استاندارد مرجع	مقادیر اعلام شود
عایق حرارتی	مقادیر اعلام شده مندرج در استاندارد محصولات یا طبق روش آزمون استاندارد مرجع	مقادیر اعلام شود
نفوذپذیری نسبت به بخار آب	براساس مقادیر جدول تعیین شده در استانداردهای محصول	مقادیر اعلام شود
دوام و تعمیرپذیری	طبق دستورالعمل مرجع	
حمله بیولوژیکی	طبق دستورالعمل مرجع	

فصل هشتم:

تاسیسات مکانیکی و الکتریکی

بخش اول

تاسیسات مکانیکی (برودتی و حرارتی)

۸-۱ پمپ‌های گرمایی متصل به زمین

۸-۱-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل دهنده

از ویژگی‌های حرارتی زمین این است که تغییرات دمای خاک در مقایسه با دمای هوای بالای زمین ناچیز است و به دلیل ظرفیت انبار حرارتی بالا، زمین گرم‌تر از هوای محیط در زمستان و خنک‌تر از هوای محیط در تابستان است. زمین و آب زیرزمینی، منبع تجدیدپذیر و رایگان انرژی هستند که به آسانی می‌تواند انرژی کافیه سالیانه سرمایش و گرمایش را فراهم کند. یک پمپ حرارتی متصل به زمین[1] این انرژی زمین را به انرژی سودمند برای سرمایش و گرمایش ساختمان‌ها تبدیل می‌کند. این سیستم، حرارت درجه پایین را با استخراج حرارت از زمین و یا آب و سرمایش را با بر عکس کردن این فرآیند فراهم می‌کند. کاربرد عملی آن برای استفاده در سرمایش و گرمایش فضای ساختمان است، اگرچه در بسیاری موارد برای آب گرم مصرفی نیز از این سیستم استفاده می‌کنند.

1 **Ground-Source Heat Pump (GSHP)**

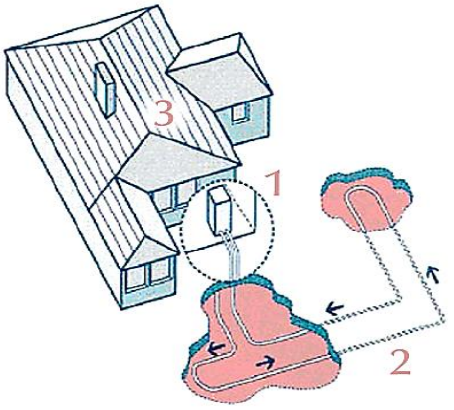
از آنجا که پمپ گرمایی متصل به زمین بر اساس سیکل تبرید کار می‌کند، انرژی رایگان اضافی از زمین استخراج می‌کند و می‌تواند انرژی بیشتری نسبت به انرژی که استفاده می‌کند تولید کند. برای همین، بازده‌های متوسط این پمپهای حرارتی از ۲۰۰٪ تا ۵۰۰٪ در طول یک فصل می‌باشد. پمپ‌های گرمایی متصل به زمین به دلیل دمای متوسط و پایدار زمین، از پمپ‌های حرارتی هوایی[1]، که حرارت را با هوای بیرون تبادل می‌کنند، پربازده‌تر هستند. همچنین نسبت به فناوری‌های متعارف گرمایش و تهویه هوا نیز بازدهی بیشتری داشته و هزینه نگهداری پائین‌تری دارند.

همانطور که در شکل ۸-۱ نشان داده شده است، سیستم پمپ حرارتی متصل به زمین از سه بخش اصلی تشکیل شده است:

۱) پمپ حرارتی؛

۲) اتصال به زمین؛

۳) سیستم توزیع سرما یا گرمای داخلی.



شکل ۸-۱ سه بخش اصلی یک سیستم پمپ گرمایی متصل به زمین

پمپ حرارتی، حرارت را بین سیستم توزیع سرمایش/گرمایش و اتصال به زمین انتقال می‌دهد. پمپ حرارتی همان سیکل تبرید را استفاده می‌کند و از چگالش و تبخیر یک مبرد برای انتقال حرارت بین ساختمان و زمین استفاده می‌کند.

1 **Air-source heat pumps**

۸-۱-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

این فناوری برای گرمایش و سرمایش کلیه ساختمان‌های کشور قابل استفاده است. در مناطقی که آب‌های زیرزمینی مانند قنات و آب‌های سطحی مانند رودخانه و دریاچه وجود دارد استفاده از این منابع به صرفه‌تر است. در مناطقی که زمین به اندازه کافی در دسترس است استفاده از آرایش افقی با حفر کانال توصیه می‌شود و در مناطق شهری که آب و زمین محدودیت دادرد حفر چاه‌های عمودی عمیق گزینه مناسب برای استفاده از این فناوری است.

۸-۱-۳ مبانی طراحی و اجرا

برای طراحی و اجرای سیستم‌های پمپ گرمایی متصل به زمین می‌توان به دستورالعمل‌های Earthscan، GSHPA و ASHRAE مراجعه نمود. خلاصه مراحل طراحی و اجرای این سیستم‌ها به شرح زیر است:

- محاسبه بار گرمایی و سرمایی ساختمان و در صورت لزوم آب گرم مصرفی
- استخراج شرایط زمین شامل دما و ضریب هدایت
- انتخاب پمپ گرمایی متناسب با بار ساختمان
- بررسی شرایط محیطی و انتخاب نوع اتصال به زمین (اتصال به زمین می‌تواند به صورت چاههای عمودی، کانالهای افقی یا از طریق اتصال به آبعای زیرزمینی یا آبهای سطحی باشد).
- انتخاب سایز لوله مورد استفاده بر اساس دبی آب در گردش
- محاسبه طول کانال یا عمق چاه و آرایش لوله‌ها یا طول کویلهای مورد استفاده برای استفاده از آب‌های زیرزمینی یا آبهای سطحی بر اساس بار ساختمان، دما و ضریب هدایت زمین
- حفر چاه یا کانال مناسب
- لوله‌گذاری در کانال یا چاه حفر شده
- پرکردن کانال یا چاه با ملات مناسب
- اتصال پمپ گرمایی به سیستم متصل به زمین و سیستم توزیع در ساختمان
- پر کردن سیستم با آب و ضد یخ و هواگیری سیستم

۸-۲ ترکیب انرژی خورشید با سیستم‌های گرمایی و سرمایی متداول

۸-۲-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل دهنده

کشور ایران به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. وجود ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم مساحت آن و میزان تابش خورشیدی بین ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال (بالاتر از میزان متوسط جهانی) در ایران، آن را به یکی از کشورهای مستعد در بکارگیری گسترده از فناوری‌های متنوع خورشیدی جهت تامین تقاضای انرژی تبدیل کرده است.

به طور کلی سیستم‌های خورشیدی گرمایش ساختمان می‌توانند به دو نوع مخزن‌دار و بدون مخزن دسته‌بندی شوند. خورشید به طور مستقیم بین ۳ تا ۸ ساعت به کلکتور می‌تابد بنابراین اگر قصد این است که از گرمایش خورشیدی بعد از غروب خورشید استفاده کنیم باید به راهی برای ذخیره انرژی خورشیدی در طول روز برای استفاده در شب بیندیشیم. علاوه بر این با توجه به شرایط آب و هوایی باید روزهای ابری نیز در نظر گرفته شود.

نکته دیگر اینکه برای تامین انرژی مورد نیاز دو مصرف‌کننده گرما (آب گرم و گرمایش فضا)، آب باید همزمان دو دمای متفاوت داشته باشد. دو مخزن ذخیره متفاوت با یک واحد کنترل هوشمند مجهز به شیرها و پمپ‌ها، می‌تواند این وظیفه را انجام دهد. البته در صورتی‌که از اختلاط آب با دماهای متفاوت جلوگیری بعمل آید می‌توان از یک مخزن ذخیره واحد نیز استفاده کرد. در این حالت، از آنجا که آب گرم، چگالی کمتری از آب سرد دارد، همیشه در قسمت بالاتر مخزن ذخیره قرار گرفته و برعکس، آب سرد در قسمت پایینی آن جای می‌گیرد. این ویژگی، لایه‌لایه‌شدگی[1] عمودی مخزن ذخیره نام دارد. لایه‌لایه‌شدگی می‌تواند با افزودن گرما در قسمت بالای مخزن یا با دفع حرارت از قسمت پایین‌تر مخزن ایجاد شود. تغذیه یا تخلیه انرژی می‌تواند به صورت مستقیم به واسطه ورودی‌ها/خروجی‌ها از مخزن انجام شود یا به صورت غیرمستقیم از طریق یک مبدل حرارتی واقع در داخل مخزن و احاطه شده با آب مخزن، انجام گیرد. مبدل‌های حرارتی واقع در مخزن تمایل به ایجاد منطقه‌های دمای یکنواخت در مخزن دارند و به همین دلیل، مبدل حرارتی می‌تواند فقط مقدار کمی لایه‌لایه‌شدگی

1 Stratification

ایجاد کند و در برخی موارد می‌تواند لایه‌لایه‌شدگی موجود را نیز تخریب کند (ایجاد اختلاط کند). در عوض اگر ورودی‌ها درست طراحی شده باشد و ارتفاع ورودی‌ها و خروجی‌ها با طراحی کل سیستم، سازگاری مناسب شده باشد تغذیه و تخلیه مستقیم می‌تواند لایه‌لایه‌شدگی خوبی ایجاد کند.

عامل دیگری که در هنگام تعیین اندازه سیستم گرمایش خورشیدی باید در نظر گرفته شود این است که گرمای خروجی سیستم خورشیدی متغیر است. از سوی دیگر، بار گرمایشی ساختمان نیز در طول فصل سرما به شدت تغییر می‌کند. اگر تعیین اندازه سیستم خورشیدی بر مبنای ۱۰۰ درصد بار در سردترین روز زمستان انجام شود در روزهای آفتابی با اضافه گرما مواجه خواهیم شد و مشکلات داغ شدن بیش از حد به وجود خواهد آمد. بهتر است تعیین اندازه بر اساس یک روز معمول آفتابی در زمستان انجام شود که در این صورت، همه انرژی مورد نیاز را در طول سرما از خورشید نخواهیم گرفت ولی بخش قابل توجه و قابل قبولی از انرژی مورد نیاز ساختمان توسط خورشید تامین خواهد شد.

سیستم‌های گرمایش خورشیدی ساختمان می‌توانند بدون استفاده از مخزن نیز موثر و کارا باشند. در این حالت، انرژی حاصل از کلکتور خورشیدی مستقیما وارد ساختمان می‌شود. در اغلب مواقع، پایانه‌ها و ساختمان، خود به عنوان نوعی مخزن انرژی عمل می‌کنند بنابراین حتی در این حالت نیز مقداری ذخیره انرژی وجود خواهد داشت.

۸-۲-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

این فناوری برای گرمایش و سرمایش (با استفاده از چیلرهای جذبی) کلیه ساختمان‌های کشور قابل استفاده است. در مورد ساختمان‌های در حال ساخت معمولا محدودیتی به غیر از فضای قرارگیری کلکتورها وجود ندارد ولی در مورد ساختمان‌های موجود، برخی مواقع امکان ترکیب با سیستم‌های موجود وجود ندارد. در این موارد، سیستم گرمایش خورشیدی، مجزا بوده و به صورت مستقل کار می‌کند. در این حالت، امکان استفاده از پایانه‌های مختلف از قبیل پانل تشعشعی، کف گرم، فن کویل یا رادیاتور وجود دارد. در همه این موارد، سیال گرم از مخزن خورشیدی استخراج شده و در این پایانه‌ها جریان یافته و ساختمان را گرم می‌کند و کل سیستم توسط یک مدار کنترلی واحد، مدیریت می‌شود.

۸-۲-۳ مبانی طراحی و اجرا

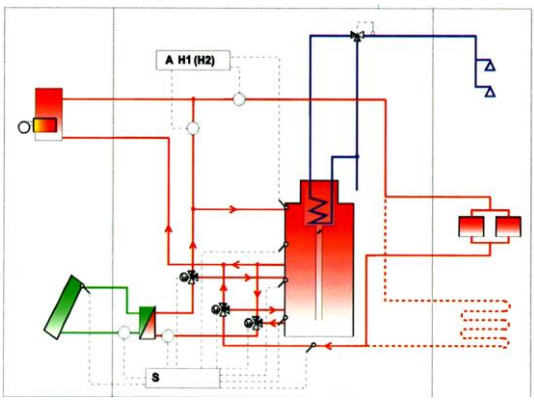
از روش‌های مختلفی برای طراحی سیستم‌های ترکیبی خورشیدی استفاده می‌شود که در دستورالعمل‌های Earthscan به آن‌ها پرداخته شده است. در ادامه، یکی از سیستم‌های کارا شرح داده می‌شود: در این سیستم که در شکل ۸-۲ نشان داده شده است از یک مبدل حرارتی کوچک که از

لوله‌های فین‌دار ساخته شده و در قسمت بالایی یک مخزن نصب شده است برای آب گرم مصرفی استفاده می‌شود. این مخزن مجهز به یک شیر برای تنظیم جریان آب است که با هدف بهبود لایه‌لایه‌شدگی، در پایین مخزن ذخیره قرار داده شده است. ویژگی‌های دیگر این سیستم یک مبدل حرارتی خارجی در مدار کلکتور، با انتقال حرارت انتخابی به مخزن ذخیره در دو ارتفاع متفاوت است و روش مدیریت گرمای پشتیبان به صورت سری است.

این سیستم، یک مخزن ذخیره دارد که در آن آب گرم به سرعت در مبدل حرارتی لوله فین‌دار با ماکزیمم توان تخلیه حدود ۵۰ کیلووات، گرم می‌شود. مبدل حرارتی آب گرم بالای مخزن در یک منبع با یک لوله عمودی گسترش‌یافته تا پایین مخزن، قرار داده می‌شود. آب با مکانیزم جابجایی طبیعی می‌چرخد و نرخ جریان در لوله توسط شیر ترموهیدرولیک تنظیم می‌شود. یک مبدل حرارتی خارجی در مدار کلکتور وجود دارد. لایه‌لایه‌شدگی حرارتی توسط لوله‌های ورودی افقی با دو محل ورودی برای آب گرم‌شده خورشیدی و یکی برای برگشت گرمایش فضا، تقویت می‌شود. سه اندازه مختلف مخزن ذخیره موجود است: ۵۰۰، ۸۵۰ و ۱۲۰۰ لیتری با مساحت کلکتور معمول ۱۰ تا ۲۵ مترمربع. سیستم به عنوان سیستم پیش‌گرمایش برای گرمایش فضا کار می‌کند. برای این سیستم، انواع دیگ‌های پشتیبان با کارکرد متناوب یا با زمان کارکرد طولانی می‌تواند استفاده شود.

پمپ کلکتور با اختلاف دما بین خروجی کلکتور و پایین مخزن ذخیره کنترل می‌شود. دیگ بکاررفته برای گرمایش فضا نیز انرژی پشتیبان برای سیکل آب گرم را در بالای مخزن تامین می‌کند و با ترموستات با یک نقطه تنظیم بین ۵۵ تا ۶۰ درجه سانتیگراد کنترل می‌شود. زمانی‌که دمای مخزن بسیار پایین باشد، دیگ گرما را مستقیما به مدار توزیع گرمایش فضا داده و در نتیجه، مخزن را بای‌پس کرده و به کاهش اتلاف حرارت کمک می‌کند.

برای رسیدن به درجه بالای لایه‌لایه‌شدگی در مخزن ذخیره، جریان آب در لوله عمودی داخل مخزن توسط شیر ترموهیدرولیک واقع در لوله زیر مبدل حرارتی تنظیم می‌شود. حسگر شیر در خروجی آب گرم مصرفی نصب می‌شود که بدین وسیله دمای خروجی آب گرم تقریبا ثابت و مستقل از نیاز آب گرم و دمای آب در مخزن ذخیره است. هرگونه تخلیه آب از طریق مبدل حرارتی آب گرم منجر به جریان یافتن آب سرد (بین ۲۰ تا ۳۰درجه سانتیگراد) در لوله به سمت پایین مخزن می‌شود. حفاظت از بیش‌گرمایش توسط منبع انبساط تامین می‌شود. این منبع، طوری اندازه‌گذاری شده است که گنجایش حجم سیال خروجی از کلکتورها را در زمان رکود مصرف داشته باشد.این سیستم می‌تواند با یک بویلر کمکی با قابلیت کارکرد متناوب (گازسوز یا مایع‌سوز) بکار رود.



شکل ۸-۲ سیستم ترکیبی خورشیدی با کارایی بالا

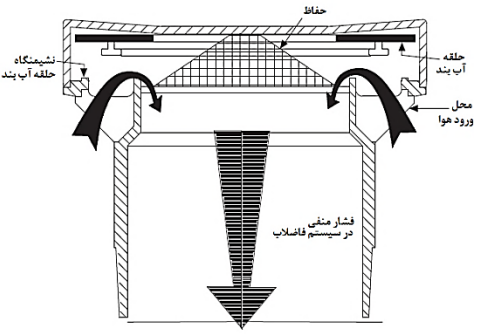
۸-۳ سوپاپ هوا گذر (Air Admittance Valve)

۸-۳-۱ معرفی و اجزای تشکیل دهنده

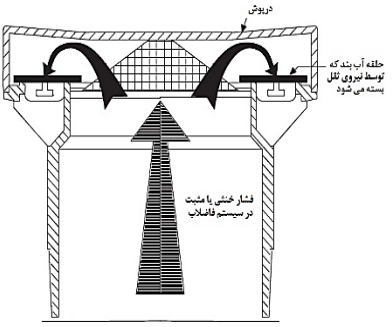
سوپاپ‌های هوا گذر اولین وسایلی بودند که بجای لوله‌های باز ونت، جهت مقابله با فشار هوای منفی بوجود آمده در سیستم لوله‌کشی فاضلاب ابداع شدند. این سوپاپ‌ها، اولین بار توسط شرکت استودر[1] طراحی و بکار گرفته شدند.

سوپاپ هواگذر، یک سوپاپ یکطرفه است که برای باز شدن و اجازه ورود هوا به سیستم فاضلاب، زمانیکه فشار داخل سیستم فاضلاب منفی می‌شود، طراحی شده است تا مانع ورود گازهای فاضلاب به داخل ساختمان شود و بعد از برابر شدن یا مثبت تر شدن فشار نسبت به فشار اتمسفری، سوپاپ بوسیله نیروی گرانش بسته می‌شود. شکل ۸-۳ و شکل ۸-۴، مکانیسم عملکرد یک سوپاپ هوا گذر را در حالت باز و بسته نشان می‌دهد.

1 Studor



شکل ۸-۳ سوپاپ هوا گذر (AAV) در حالت باز



شکل ۸-۴ سوپاپ هوا گذر (AAV) در حالت بسته

۸-۳-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

یکی از راه‌های کاهش میزان لوله‌کشی ونت، استفاده از سوپاپ‌های هواگذر می‌باشد. سوپاپ هواگذر یا AAV، یک روش طراحی از یک سوپاپ یکطرفه خاص می‌باشد که به یک ونت مجزا متصل می‌شود و فشار را در پایه لوله قائم فاضلاب تعدیل می‌کند و یک جایگزین سیستم ونت می‌باشد. زمانی‌که شرایط فشار منفی در سیستم فاضلاب رخ می‌دهد، سوپاپ هواگذر اجازه ورود هوا را به داخل انشعاب فاضلاب می‌دهد. وقتی شرایط فشار، مثبت یا خنثی شد، سوپاپ بسته می‌شود. یک سوپاپ هواگذر مشابه با سیستم لوله‌کشی ونت معمولی، برای هر سرویس بهداشتی یا گروهی از سرویس‌های بهداشتی نصب می‌شود.

۸-۳-۳ روش طراحی و اجراء

طراحی سوپاپ هواگذر شامل یک مکانیسم آب‌بندی سوپاپ معکوس[1] (غشائی یا توپی) است. هنگامیکه خلاء در داخل سیستم بوجود می‌آید باز می‌شود و زمانیکه فشار داخلی و خارجی برابر می‌شود (بوسیله گرانش) بسته می‌شود. بنابراین بدلیل عملکرد باز و بسته شدن توسط تغییرات فشار در سیستم و گرانش، سوپاپ‌های هواگذر معمولاً دارای هیچ فنری (که زنگ بزند یا خراب شود)، هیچ چرخ دنده‌ای (که گیر کند یا سائیده شود) و هیچ جزء تنشی یا آب‌بندهای دینامیکی (که خراب شود) نیستند. بعلاوه، هر فشار مثبتی مانند گازهای فاضلاب، باعث می‌شود که سوپاپ محکم‌تر آب بند شود.

1- reverse lift sealing mechanism

سوپاپ‌های هواگذر علاوه بر کار بی‌وقفه، دارای صرفه‌جویی‌های بالقوه (با حذف لوله‌کشی‌های غیرضروری ونت و محل های نفوذ در سقف) و بهترین راه حل برای مشکل تهویه سرویس‌های بهداشتی و کارایی بیشتر است. از آنجا که سوپاپ‌های هواگذر معمولاً نزدیک به مکانی که نیاز به هوا (PON)[1] دارد نصب می‌شوند، برای حفظ تعادل فشار داخلی نسبت به سیستم‌های ونت لوله‌ای باز بسیار موثرتر و با زمان پاسخگویی بالاتر هستند. این امر به ویژه در کاربری‌های تجاری بزرگ که در آن هوای مورد نیاز برای تعادل سیستم از مناطقی با فواصل زیاد دریافت می‌شود و زمان رسیدن این هوا نیز زیاد است درست می‌باشد.

- نصب و راه اندازی

سوپاپ‌ها باید مطابق با الزامات این قسمت و دستورالعمل تولید کننده نصب شود. در صورت اختلاف، باید طبق قانونی که محدودیت بیشتری دارد نصب انجام شود. سوپاپ‌های هواگذر باید بعد از آزمایش DWV نصب شوند. چون سوپاپ‌های هواگذر برای مقاومت در برابر فشار مثبت محدود طراحی شده‌اند و ممکن است در برابر فشارهای شدید آسیب ببینند. فشار آزمایش سیستم‌های فاضلاب شامل فشارهای بیش از حد فشار عمللکرد معمولی سیستم می‌باشد.

- مکان‌های مجاز نصب

ونت‌های مجزا، انشعابی و مداری برای ختم شدن به یک سوپاپ هواگذر نوع مجزا یا انشعابی، توسط یک اتصال مجاز می‌باشند. ونت‌های قائم یا ونت‌های لوله قائم فاضلاب برای ختم شدن به سوپاپ‌های نوع لوله قائم فاضلاب مجاز می‌باشند.

- انشعاب های افقی

سوپاپ‌های هواگذر نوع مجزا و انشعابی تنها باید سرویس‌های بهداشتی‌ای را تهویه کنند که در یک سطح (طبقه) هستند و به انشعاب افقی تخلیه متصل می‌شوند.

زمانیکه فاضلاب از لوله قائم پایین می‌رود، هوا را با خود به سمت پایین می‌کشد، مشابه کاری که یک پیستون در یک سیلندر انجام می‌دهد. اندازه‌گیری‌های فشار هوا در ارتفاعات مختلف یک لوله قائم فاضلاب (جریان تقریباً با ظرفیت کامل) با تعداد زیاد فواصل انشعابی، نشان می‌دهد که فشار منفی، در

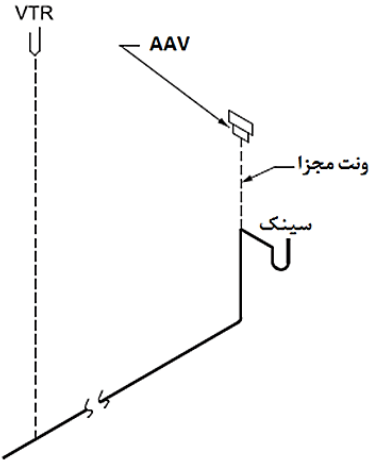
1- point of need

قسمت فوقانی و فشار مثبت، در قسمت پایین لوله قائم فاضلاب توسط جریان بوجود می آید. (شکل ۸-۵).

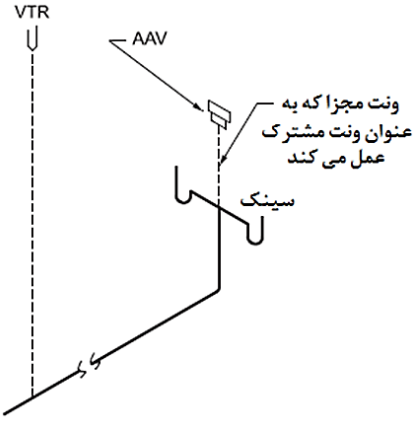
بنابراین، یک انشعاب افقی فاضلاب که سوپاپ هواگذر برای آن بکار گرفته می‌شود، باید درون ۴ فاصله انشعاب بالایی لوله قائم فاضلاب، جاییکه اختلاف فشار قابل تحمل است قرار بگیرد. در غیر این صورت، یک روش برای از بین بردن فشار ناشی از اختلاف فشار بزرگتر مورد انتظار در قسمت‌های پایین‌تر لوله قائم فاضلاب لازم است.

برای مثال، در جاییکه انشعاب افقی، دارای بیش از ۴ فاصله انشعابی از بالای لوله قائم فاضلاب باشد، انشعاب افقی باید به یک ونت کمکی که به یک ونت قائم یا ونت لوله قائم فاضلاب متصل می شود یا به هوای باز امتداد پیدا می‌کند، مجهز شود. ونت کمکی باید به انشعاب افقی تخلیه بین لوله قائم فاضلاب و پایین‌روترین لوله تخلیه سرویس بهداشتی متصل به انشعاب افقی متصل شود. ونت کمکی باید برای اینکه به عنوان ونت برای دیگر سرویس‌های بهداشتی بکار رود، مجاز باشد.

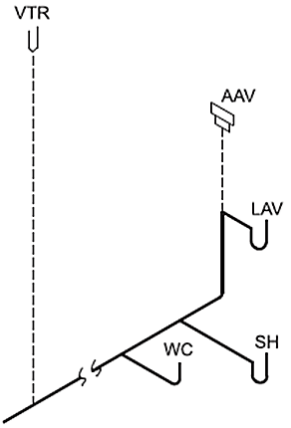
شکل ۸-۶ تا شکل ۸-۹ ، کاربری‌های مختلف و شکل ۸-۱۰ ممنوعیت استفاده از سوپاپ‌های هواگذر را نشان می‌دهد.



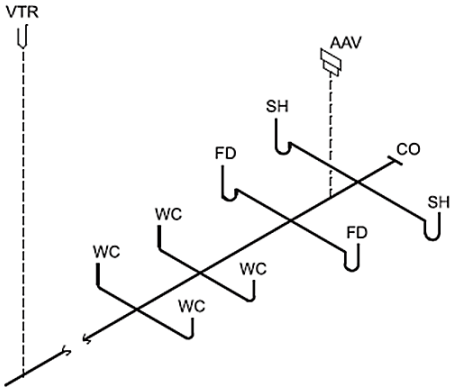
شکل ۸-۵ سوپاپ هواگذر (AAV)- ونت مجزا



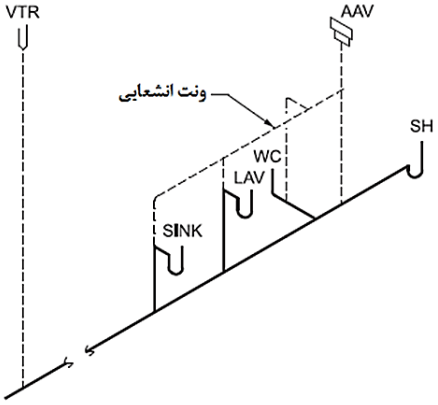
شکل ۸-۶ ونت مشترک



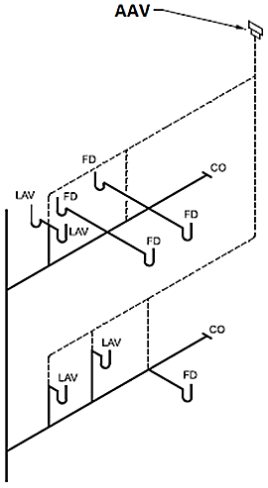
شکل ۸-۷ ونت تر



شکل ۸-۸ ونت مداری



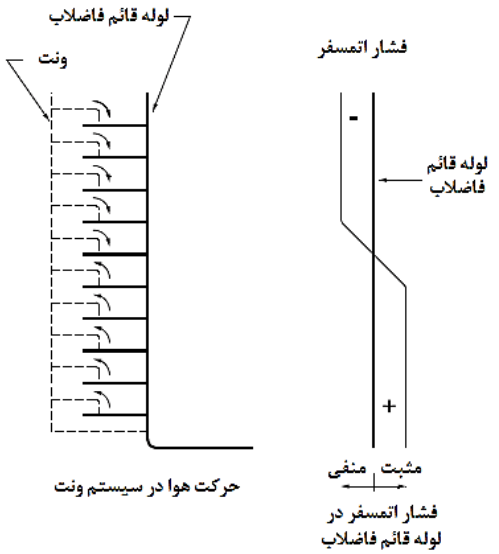
شکل ۸-۹ ونت انشعابی



شکل ۸-۱۰ اتصال غیر مجاز سوپاپ هواگذر به ونت سرویس بهداشتی های روی بیشتر از یک طبقه

- **لوله قائم فاضلاب**

سوپاپ‌های هواگذر نوع لوله قائم، نباید برای تهویه ونت قائم یا ونت لوله قائم فاضلاب با بیش از ۶ فاصله به انتهای آن انشعاب نصب شوند. نوسانات فشار در لوله‌های قائم فاضلاب با بیش از شش فاصله انشعاب می تواند بیش از حد شود و می تواند باعث فقدان آب بندی سیفون و بنابراین ورود فاضلاب به داخل ساختمان شود. (شکل ۸-۱۱).



شکل ۸-۱۱ فشار در لوله قائم فاضلاب

- **محل و موقعیت**

یک سوپاپ هواگذر دارای یک قسمت متحرک می‌باشد (آب‌بند) که باید در یک فاصله امن (حداقل ۴ اینچ (۱۰۲mm)) بالاتر از قسمت تخلیه (انشعاب افقی فاضلاب یا لوله تخلیه سرویس بهداشتی) نگهداشته شود. چون در صورت انسداد در قسمت تخلیه، اگر فاضلاب بتواند بالا رود و به درون مجموعه سوپاپ هواگذر داخل شود، آب‌بند ممکن است یا عمل نکند یا نادرست عمل کند.

سوپاپ‌های هواگذر نوع لوله قائم باید حداقل ۶ اینچ (۱۵۲mm) بالاتر از خط آبریز بالاترین سرویس بهداشتی که قرار است تهویه شود، قرار بگیرند.

سوپاپ‌های هواگذر باید در طول توسعه یافته مجاز ونت (اندازه‌گیری شده از شیر هواگذر تا نقطه اتصال به لوله فاضلاب) قرار گیرند.

یک سوپاپ هواگذر باید در یک فاصله ایمن (حداقل ۶ اینچ (۱۵۲mm)) بالاتر از مواد عایقی که ممکن است هواگذر را مسدود کنند یا در عملکرد دستگاه اختلال ایجاد کنند، قرار گیرند.

- **دسترسی و تهویه مطبوع**

سوپاپ‌های هواگذر باید در محلی نصب شوند که اجازه ورود هوا به درون سوپاپ را داشته باشند. جاییکه سوپاپ هواگذر در یک فضای محدود واقع شده است، به دهانه‌های تهویه نیاز می‌باشد. چون

وظیفه سوپاپ هواگذر، رساندن هوا به سیستم فاضلاب است، یک تامین آزادانه هوا در همه زمان‌ها باید در دسترس باشد. سوپاپ هواگذر می‌تواند درون یک محفظه۱ قرار بگیرد اما نمی‌تواند درون دیوار بدون منفذ قرار بگیرد.

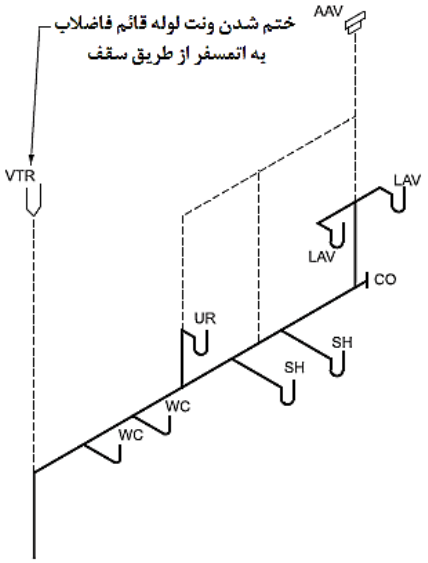
از آنجا که یک سوپاپ هواگذر دارای قسمت متحرک است، باید جهت بازرسی، سرویس، تعمیر یا جابجایی در دسترس باشد. در این دسترسی ممکن است لازم شود اول یک پانل، یک در یا مانع مشابه‌ای حرکت داده شود. این دسترسی شامل حرکت هر قسمت دائمی ساختمان مانند تیغه دیوار، گچ، پنل، تجهیزات ساختمان یا کابینت یا هر چیز مشابه دیگری که بطور دائم در اجزای ساختمان ثابت شده‌اند.

علاوه بر این، نیازمندی‌های دسترسی و تهویه مورد نیاز، در دستورالعمل نصب تولید کننده می‌باشد.

- **لوله کشی ونت مورد نیاز**

وظیفه اصلی یک سوپاپ هواگذر، از بین بردن فشار منفی است. برای از بین بردن هم فشار مثبت و هم فشار منفی که در سیستم فاضلاب رخ می‌دهد، روش‌های تهویه مطبوع متداول در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، درون هر سیستم لوله‌کشی، حداقل یک ونت لوله قائم فاضلاب یا ونت قائم باید به هوای آزاد امتداد پیدا کند. امتداد ونت به هوای آزاد، هم برای افزایش خنثی کردن فشار مثبت در سیستم فاضلاب و هم برای محافظت سیستم لوله‌کشی از گردش فشار که بخاطر استفاده از تجهیزات نظافت فاضلاب عمومی بوجود می‌آید، بکار می رود (شکل ۸-۱۲) .

1- casework



شکل ۸-۱۲ ختم شدن ونت به هوای آزاد

۸-۴ گرمایش و سرمایش منطقه‌ای

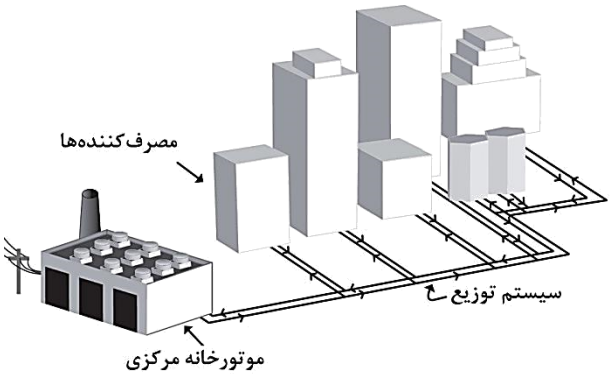
۸-۴-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل دهنده

گرمایش منطقه‌ای، انرژی را به شکل آب داغ یا بخار از یک موتورخانه مرکزی به مصرف کنندگان مسکونی، تجاری یا صنعتی ارائه می‌کند تا در کاربردهای گرمایش فضا، آب گرم مصرفی، گرمایش فرآیندها، پخت و پز و رطوبت‌زنی مورد استفاده قرار دهند. بنابراین گرمایش در یک موتورخانه مرکزی تولید شده و توسط سیستم توزیع به مصرف‌کنندگان ارائه می‌شود و در هر مجموعه ساختمانی یک موتورخانه مجزا وجود نخواهد داشت. در سرمایش منطقه‌ای، آب سرد معمولاً به منظور سرمایش فضا و رطوبت گیری عرضه می‌شود.

سیستم منطقه‌ای مطابق شکل ۸-۱۳، از سه قسمت اصلی زیر تشکیل شده است:

- موتورخانه مرکزی
- شبکه توزیع

- اتصال به مصرف‌کننده (مستقیم یا غیر مستقیم)



شکل ۸-۱۳ اجزای اصلی سیستم سرمایش و گرمایش منطقه‌ای

۸-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

سیستم‌های منطقه‌ای، بهترین گزینه برای مواردی هستند که بار گرمایی و سرمایی مصرفی زیاد بوده و بار گرمایی و سرمایی در بازه وسیعی از کل سال مورد نیاز باشد. بر این اساس این سیستم در مکان‌هایی که چگالی جمعیتی و ساختمانی بالاست به خصوص در مورد مجموعه ساختمان‌های بلندمرتبه بسیار جذاب است. در مناطقی که قیمت زمین بالاست استفاده از این سیستم مزیت بالایی دارد که بسیاری از تجهیزات گرمایش و تهویه مطبوع به بیرون از ساختمان منتقل شده و فضای بیشتری در اختیار سازنده قرار می‌گیرد. اگر چه این سیستم در مناطق مسکونی پراکنده چندان جذاب نیست ولی به طور مثال در کشور دانمارک با استفاده از آب داغ دما-پایین، سیستم گرمایش پراکنده برای یک میلیون خانواده فراهم شده است. در حالت کلی، سیستم گرمایش منطقه‌ای در مناطق سردسیر و سیستم سرمایش منطقه‌ای در مناطق گرمسیر نسبت به مناطق معتدل، توجیه استفاده بیشتری دارند.

۸-۴-۳ روش طراحی و اجرا

برای جزئیات طراحی و اجرای سیستم‌های گرمایش و سرمایش منطقه‌ای می‌توان به دستورالعمل‌های ASHRAE مراجعه نمود. باید تصمیمات زیادی در طراحی جزئی موتورخانه مرکزی، سیستم توزیع و اتصال به مصرف کننده گرفته شود. برای موتورخانه مرکزی این تصمیمات بر اساس

مکان (در دسترس بودن انرژی، آب، زمین و غیره) و اندازه موتورخانه مرکزی گرفته می‌شود. سیستم توزیع، بخش عمده‌ای از سرمایه‌گذاری اولیه را به خود اختصاص می‌دهد و هزینه سیستم توزیع، بستگی زیادی به جنس و مسیریابی مناسب این سیستم دارد. اگر این موارد به درستی پیش‌بینی نشود هزینه‌ها نسبت به طرح اولیه افزایش جدی خواهد یافت. هزینه اتصال نهایی نیز معمولاً به عهده مصرف کننده است و هرچه این هزینه بالاتر باشد تمایل مصرف کننده به داشتن سیستم مستقل داخلی نسبت به منطقه‌ای بیشتر خواهد شد، بنابراین طراحی و اجرای بهینه این قسمت نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

مراحل کلی طراحی و اجرای این سیستمها به شرح زیر است:

- امکان سنجی فنی و اقتصادی سیستم؛
- محاسبه بارهای گرمایی و/یا سرمایی؛
- انتخاب نوع مولد گرمایش و/یا سرمایش؛
- تعیین اختلاف دمای کاری سیستم؛
- انتخاب جنس سیستم توزیع؛
- تعیین آرایش پمپاژ در سیستم توزیع؛
- طراحی و اجرای موتورخانه مرکزی؛
- طراحی و اجرای سیستم توزیع؛
- طراحی و اجرای اتصال به مصرف کننده.

بخش دوم

سیستم های الکتریکی و اتوماسیون و مدیریت ساختمان

۸-۵ سیستم های اتوماسیون و مدیریت ساختمان

۸-۵-۱ معرفی فناوری و اجزاء تشکیل دهنده

سیستم اتوماسیون و مدیریت ساختمان مجموعه‌ای از المآن‌های کنترلی است که با استفاده از برداشت اطلاعات از محیط به همراه اطلاعات ورودی توسط کاربران ساختمان سعی در بهینه سازی شرایط محیطی و کاربری ساختمان دارد. این امر با استفاده از تجهیزات و ابزار مختلفی که از طریق یک شبکه، به داده‌های یکدیگر دسترسی دارند، محقق می شود. این لوازم می‌توانند رنج وسیعی از تجهیزات به کار رفته در ساختمان را شامل شود به طوری که در حال حاضر تقریباً تمامی قطعات کلیدی مورد استفاده در ساختمان حتی تا سطح مصالح آن نیز می‌تواند به شبکه متصل باشد. با به کارگیری این سیستم‌ها و توانایی کنترل پارامترهایی همچون روشنایی، درجه حرارت محیط و مدیریت مصرف، کمک شایانی به کاهش مصرف انرژی در کشور خواهد شد. همچنین با به کارگیری الگوریتم‌های هوشمندانه بر روی سیستم کنترل، واکنش‌ساختمان به تغییرات هوشمند و پویا می‌شود. به طور کلی سیستم اتوماسیون و مدیریت ساختمان از سه بخش کلی زیرتشکیل شده است :

۱- سخت افزارها

أ- سنجه‌ها[1]

ب- عملگرها[2]

ت- کنترلرها

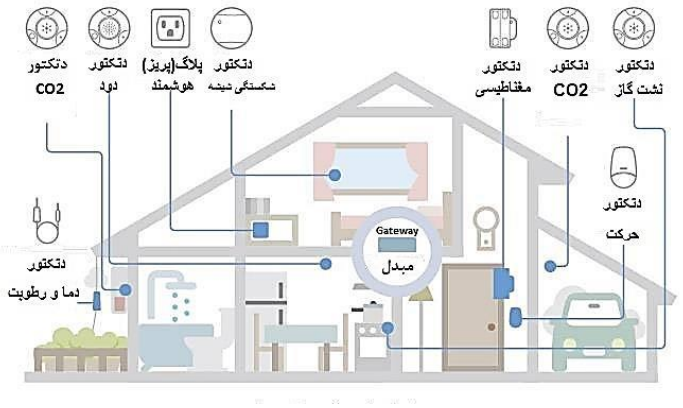
[1] Sensors
[2] Actuators

ث- رابطها[1]

۲- نرم‌افزار کنترلی

۳- رسانه ارتباطی و پروتکل‌ها

با توجه به اینکه تقریباً تمامی اجزای مورد استفاده در سیستم‌های کنترل دارای یک کنترلر داخلی با یک نرم‌افزار حداقلی به نام سخت افزار[2] هستند، تقسیم سیستم‌ها به صورت سخت‌افزار و نرم‌افزار مطلق، کاری بسیار مشکل می‌باشد. لذا منظور از سخت افزار در این بخش ، ادوات فیزیکی قابل نصب در ساختمان می‌باشد که ممکن است خود دارای نرم‌افزار داخلی، جهت عملکرد خواسته شده باشد.



شکل ۸-۱۴سیستم اتوماسیون

- سنجه‌های اندازه گیری

از سنجه‌ها جهت اندازه‌گیری مقدار یک مؤلفه در دنیای پیرامونی استفاده می شود. معمولا در سیستم‌های کنترل نوین مقدار اندازه گیری شده توسط سنجه به یک سیگنال الکتریکی تبدیل می گردد که بتوان آن را در سیستم کنترل مورد بررسی و پردازش قرار داد. در اکثر موارد در نهایت پارامترهای اندازه گیری شده به صورت دیجیتال (رقومی) در می‌آیند که کار انتقال و پردازش آن‌ها در سیستم، ساده تر و با خطای کمتری صورت گیرد. در اتوماسیون ساختمان سنجه‌های گوناگونی مورد استفاده قرار می‌گیرند که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

[1] Gateways
[2] Firmware

- **سنجه‌های روشنایی**

ازآنجا که بینایی یکی از مهم‌ترین ابزارهای شناخت محیط اطراف برای انسان می باشد مقوله روشنایی نیز در ساختمان از اهمیت فراوانی برخوردار است. سنجه‌های روشنایی میزان نور محیطی را اندازه‌گیری کرده و در اختیار سیستم کنترل قرار می‌دهند.

- **سنجه‌های دما (دما و رطوبت)**

تامین دمای مناسب محیط، ازجمله نیازهای انسان است. میزان رطوبت نسبی موجود در هوا نیز تأثیر به سزایی در میزان رضایتمندی افراد از شرایط محیطی دارد. تنظیم دمای بهینه در ساختمان با توجه به کاربری، میزان رفت و آمد، مساحت، فصل و خواست ساکنین یکی از وظایف سیستم HVAC در ساختمان است. برای این منظور بایستی با استفاده از سنجه‌های دما (و رطوبت) میزان دمای محیط را به اطلاع سیستم کنترل رساند تا با تنظیم دما بتوان شرایط مطلوب را برای ساکنین فراهم نمود. همچنین این سنجه‌ها میتوانند دارای المآن‌های دیگری جهت اندازه‌گیری مواردی همچون کیفیت هوا و آلودگی‌های خاص نیز باشند.

- **سنجه‌های تشخیص حرکت**

از این سنجه ها جهت تشخیص وجود افراد در محل استفاده می‌شود. اطلاعات این سنجه‌ها جهت بهبود عملکرد سیستم روشنایی و تنظیم دما می تواند به کاربرده شود. همچنین این سنجه‌ها در سیستم های امنیتی نیز کاربرد فراوانی دارند.

- **سنجه تشخیص باز شدن درها و پنجره‌ها**

کاربرد این سنجه‌ها، جهت بررسی وضعیت در و پنجره‌های ساختمان است. محل و نصب این سنسورها باید به گونه‌ای باشد که در صورت تغییر وضعیت در، از باز به بسته و بالعکس، فعال شده و اطلاعات را به سیستم کنترل انتقال دهد.

شکل ۸-۱۵ سنجه تشخیص باز شدن درها

- **سنجه‌های انرژی**

یکی از مهم ترین اهداف اتوماسیون ساختمان، مدیریت مصرف انرژی در ساختمان هدف می باشد. با توجه به این موضوع استفاده از سنجه‌های انرژی در ساختمان هوشمند، امری ضروری است. در ساختمان‌های با واحد گرمایش و سرمایشی مجزا، تنها اندازه‌گیری توان مصرفی الکتریکی به عنوان انرژی اصلی مصرفی کفایت می‌کند اما در ساختمان‌های دارای سیستم سرمایشی و گرمایشی مرکزی، استفاده از سنجه‌های انرژی ورودی به ساختمان و هر بخش به صورت جداگانه جهت اطلاع سیستم مدیریت و ارائه گزارش ضروری است. این سیستم با توجه به کاربری ساختمان و همچنین مساحت تحت کنترل، می‌تواند اطلاعات مفیدی را در خصوص میزان مصرف، نوع مصرف، ساعات پیک، تغییرات در فصول و تغییرات در ساعات مختلف روز، دراختیار کاربران ساختمان قراردهد.

- **سنجه‌های خاص**

برخی سنجه‌ها در حقیقت برای یک کاربرد و یا پاسخ به یک نیاز خاص طراحی و ساخته شده‌اند. به عنوان مثال در مناطق با امکان بالای زلزله، سنجه‌های تشخیص خودکار زلزله جهت مدیریت واکنش ساختمان به این رخداد و قطع موارد دارای خطر مانند گاز و برق ساختمان می‌تواند به کار رود. همچنین با ارتباط مستقیم و یا غیر مستقیم سیستم اعلام حریق با سیستم مدیریت ساختمان میتوان عملکرد و

واکنش کلی ساختمان را در شرایط حریق با مدیریت سیستم تهویه ، آسانسورها و ... به شدت بهبود بخشید.

- **عملگرها**

عملگرها در واقع اجرا کننده موارد مورد نظر سیستم کنترل، در محیط پیرامونی هستند. این اعمال می تواند به سادگی خاموش و روشن کردن یک لامپ و یا فعال سازی چندین خروجی با توانایی تاثیر بر هم باشد. هر عملگر با توجه به نیازهای سیستم تحت کنترل می‌بایست سطح ولتاژ یا جریان و سرعت تغییرات خروجی خاصی را برای کنترل صحیح داشته باشد. در ادامه به بررسی برخی عملگر های اصلی در اتوماسیون ساختمان پرداخته می شود.

- **عملگرهای روشنایی**

عملگرهای روشنایی یکی از پایه‌ای‌ترین عملگرهای مورد استفاده در اتوماسیون ساختمان هستند. این عملگر ها به دو دسته خاموش و روشن و پیوسته و رقومی تقسیم می گردند. در نوع اول تنها خروجی عملگر قطع و وصل شده و شدت روشنایی منبع نور بین خاموش و حداکثر میزان روشنایی، تغییر می کند. در نوع کنترل پیوسته، شدت نور بین خاموش و حداکثر میزان روشنایی در پله های مشخص و یا به حالت تقریباً پیوسته کنترل می‌باشد. نوع اول عملگرها، با تمامی منابع نوری سازگار می باشند اما بایستی توجه داشت در نوع دوم در صورت استفاده از سیستم کنترل فاز برای تنظیم روشنایی، اکثر منابع نوری جدید با این روش سازگار نیستند و ممکن است تا قسمت تغذیه آن‌ها در استفاده از این سیستم‌های کنترل دچار آسیب شوند. نوع دیگر کنترلرهای پیوسته روشنایی نوع بالاست می باشد که دارای پکیج یکپارچه لامپ و کنترلر در یک مجموعه می باشند. انواع جدید منابع نوری با قابلیت کنترل میزان نور بنابر تکنولوژی ال ای دی نیز در بازار وجود دارند که در حال جایگزین نمودن نمونه‌های قدیمی تر به علت قیمت مناسب‌تر و نور با کیفیت مناسب هستند.

شکل ۸-۱۶ عملگرهای روشنایی

- **عملگرهای مدیریت توان الکتریکی**

از این عملگر جهت قطع و وصل جریان الکتریکی یک مصرف کننده استفاده می شود. سیستم تحت کنترل می‌تواند هر سیستم با تغذیه انرژی الکتریکی باشد.

- **عملگرهای کنترل شرایط محیطی**

این دسته از عملگر ها جهت کنترل شرایط محیطی از قبیل دما، رطوبت، میزان اکسیژن و غیره به کار می‌رود.در حقیقت این عملگر ها بخشی از سیستم HVAC در ساختمان هستند که کنترل آن توسط سیستم اتوماسیون و به صورت متمرکز انجام می‌پذیرد.

- **عملگرهای کنترل پرده**

عملگرهای کنترل پرده جهت کنترل میزان نور طبیعی ورودی به ساختمان به کار می رود. این عملگرها با کمک سنسور نور خارجی و سنسور نور داخلی ، برنامه‌ریزی زمانی از طریق سیستم اتوماسیون یا درخواست کاربر، می تواند جهت تنظیم نور داخلی ساختمان با کمترین مصرف انرژی و بهره گیری از نور طبیعی استفاده شود.

- **واحدهای کنترل و رابطها**

واحد کنترل در یک ساختمان هوشمند می‌تواند به صورت متمرکز و یا توزیع شده در نظر گرفته شود. در حالت متمرکز، بین تمامی سنجه‌ها و عملگرها، ارتباطی مستقیم با واحد کنترل ایجاد شده و سپس با بررسی وضعیت موجود دستورات لازم برای اصلاح و یا تغییر وضعیت عملگرها صادر می شود. در حالت توزیع شده، هر واحد سنجه و یا عملگر در حقیقت دارای یک واحد پردازشگر و یک واحد ارتباط با شبکه ساختمان می‌باشد که سنجه ها می‌توانند مقادیر را از طریق شبکه ارسال نموده و به عملگر برنامه‌ریزی شده جهت پاسخ مناسب دستور دهند. عملگر نیز پس از دریافت دستور، عملیات مورد نظر را انجام داده و تا ارسال دستور بعدی منتظر می ماند. خواستگاه روش اول ،صنایع است و این روش جهت به کارگیری در ساختمان‌ها با توجه به وجود عملگر ها و سنجه های متنوع در فواصل مختلف و همچنین نیاز به امکان تغییر و گسترش ساده چندان مناسب نیست. این روش تنها برای پروژه‌های کوچک و یا پروژه های بزرگ با واحدهای مشابه فراوان در سایز کوچک، مانند هتل ها مناسب است. علاوه بر موارد ذکر شده در روش اول در صورت خرابی واحد کنترل اصلی کل سیستم دچار اختلال در عملکرد خواهد شد. همچنین در مواردی که از یک باس ارتباطی در این نوع سیستم ها استفاده شده است، به دلیل اینکه در اکثر موارد از مدل ارتباطی فرمانده، فرمان‌بردار استفاده می‌شود،

باس ارتباطی در بیشتر زمان‌ها مشغول جمع آوری اطلاعات برای واحد فرماندهی بوده و ممکن است سیستم حتی با وجود گذرگاه ارتباطی نسبتاً سریع، سرعت واکنش کمی داشته باشد. در طرف مقابل سیستم توزیع شده کنترل وجود دارد که هر واحد در آن به طور جداگانه دارای امکانات لازم جهت تصمیم گیری و ارسال اطلاعات در زمان مورد نیاز می باشد. این مدل کنترلی، برای یک ساختمان هوشمند بسیار مناسب تر بوده و وابستگی سیستم کنترل مرکزی را به حداقل می‌رساند. در این حالت خرابی هر یک از واحدها تنها در حد عملکرد همان واحد در سیستم تاثیرگذار می‌باشد و باعث عدم عملکرد کل سیستم نمی شود.

روش کنترلی دیگری روش تلفیقی است که در حقیقت در پروژه‌های بزرگ به دلیل کثرت سیستم های تحت کنترل و امکان تفاوت در پروتکل ها و نیازهای آن‌ها بیشترین استفاده را دارد. در این حالت ممکن است یک بخش سیستم به صورت متمرکز و بخش دیگر به صورت توزیع شده عمل نماید و در نهایت از طریق یک رابط این بخش‌ها به هم متصل گردند. برای این منظور از مبدل ها و مترجم های بین پروتکل که رابط خوانده می‌شوند استفاده می شود. در خصوص سیستم کنترل، مهمترین ویژگی مورد نیاز کارایی و پایداری عملکرد آن می باشد. همچنین سیستم کنترل مورد استفاده بایستی به سادگی قابلیت اتصال به سیستم های دیگر را داشته و در صورت بروز خطا و یا ایراد کلی قابلیت جایگزینی با سیستم های مشابه را دارا باشد.

- **نرم‌افزار کنترلی**

نرم‌افزار کنترلی با استفاده از زیر ساخت سیستم اتوماسیون و سخت‌افزارهای آن به کنترل قسمت‌های مختلف ساختمان و ایجاد ارتباط بین آن‌ها می پردازد. در حقیقت بخش مهمی از سیستم مدیریت ساختمان و هوشمندسازی آن مربوط به این بخش است.

- **رسانه ارتباطی و پروتکل‌ها**

جدای از عملکرد و طراحی سنجه‌ها و عملگرهای مورد استفاده در سیستم مدیریت ساختمان، به منظور ارتباط و تبادل اطلاعات بین این تجهیزات روش‌های متعددی وجود دارد. تمامی این روش‌ها جهت به اشتراک گذاری داده‌ها بین تجهیزات متصل به شبکه ارتباطی، کاربرد دارند، اما هر یک با توجه به طراحی و نحوه عملکرد، قابلیت‌های متفاوتی را در اختیار طراح سیستم و استفاده کننده نهایی قرارمی دهند.

به طور کلی این روش‌های ارتباطی به دو بخش رسانه انتقال و پروتکل ارتباط تقسیم می‌گردد. رسانه انتقال میتواند مواردی همچون کابل مسی به هم تابیده، کابل TP، فیبرنوری ، کابل شبکه و همچنین ارتباط بیسیم به روش‌های گوناگون باشد.

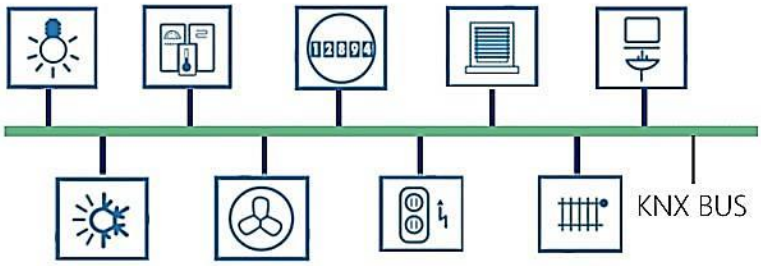
پروتکل ارتباطی مجموعه از قوانین جهت ارسال و دریافت مطمئن داده بر روی رسانه انتقال را تعریف می‌نماید.

در طراحی و استفاده از لوازم و تجهیزات مورد نیاز جهت مدیریت ساختمان می‌بایست مزایا و معایب هر روش ارتباطی در انتخاب لحاظ گردد. پروتکل‌های مورد استفاده در مدیریت ساختمان و همچنین برخی پروتکل‌های صنعتی که در مدیریت ساختمان به کار می‌روند، به دو دسته کلی باز و بسته از نظر مالکیت بر پروتکل تقسیم می‌شوند.

پروتکل‌های باز[1] به صورت آزادانه توسط تولیدکنندگان دیگر قابل استفاده است و در دسترس دیگر تولیدکنندگان قرار می‌گیرد. هر فرد یا شرکت می‌تواند با استفاده از چنین پروتکلی به ساخت سیستم خود به طور آزاد و یا تحت لیسانس توسعه دهنده اصلی بپردازد. در مقابل پروتکل‌های بسته[2] متعلق به یک شرکت یا گروه خاص بوده و دیگر شرکت‌ها و افراد معمولا دسترسی به مدارک این پروتکل‌ها را ندارند. پروتکل‌های باز معمولاً توسط گروهی از شرکت‌ها، سازمآن‌ها علمی یا دولتی پشتیبانی می‌شود. پروتکل‌های باز از آن جا که مشخصات آن‌ها به طور عمومی منتشر می‌شود معمولاً به صورت گسترده استفاده می‌شوند و شرکت‌های زیادی به تولید لوازم سازگار با آن پروتکل‌ها می‌پردازند، لذا استفاده از پروتکل‌های باز امکان استفاده از دامنه گسترده‌تری از تجهیزات تولید شده به نسبت پروتکل‌های بسته را به طراح می‌دهد. همچنین امکان جایگزینی در صورت عدم دسترسی و یا قطع تولید یک محصول خاص مبتنی بر پروتکل باز به راحتی وجود دارد.

۱ Open Protocols

۲ Close Protocols



شکل ۸-۱۷ پروتکل ارتباطی

۸-۵-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

سیستم های مدیریت و اتوماسیون ساختمان در تمامی ساختمان‌ها قابل استفاده می‌باشد، اما استفاده و یا عدم استفاده از آن و همچنین سطح و میزان استفاده از روش‌های مختلف پیشنهادی در آن توسط موارد فنی و غیر فنی که عمدتا اقتصادی می‌باشد محدود می‌گردد. به طور کلی سیستم اتوماسیون و مدیریت ساختمان در ساختمان‌های بزرگ و نوساز می‌تواند مزایای فراوانی را در کاهش مصرف انرژی و بهبود شرایط زیست در ساختمان فراهم آورد.

۸-۵-۳ مبانی طراحی و اجرا

۸-۵-۳-۱ الزامات طراحی

طراحی یک سیستم مدیریت ساختمان کاری تخصصی بوده که می‌بایست توسط افراد و شرکت‌های با صلاحیت و دارای تجربه و اشراف بر موضوع انجام پذیرد. همچنین جهت کارایی بهتر سیستم می-بایست ارتباط مستقیم بین طراحی سیستم مدیریت ساختمان و قسمت‌های تاسیسات و روشنایی وجود داشته باشد. سیستم طراحی شده بایستی دارای قابلیت گسترش بوده و الزامات نشریه ۱۱۰ سازمان برنامه و بودجه در آن رعایت شده باشد.

۸-۵-۳-۲ الزامات اجرا و نصب

سیستم مدیریت ساختمان مانند هر سیستم دیگر در صورت عدم اجرای صحیح و یا استفاده از لوازم با کیفیت پایین ، قادر به انجام وظایف خود نبوده و حتی ممکن است عملکردهای پایه‌ای ساختمان نیز دچار مشکل گردد. برای جلوگیری از رخداد این مشکل بایستی نظارت مداوم بر مراحل اجرا و نصب سیستم اتوماسیون و مدیریت ساختمان وجود داشته باشد و هر بخش به صورت جداگانه تست و تایید

گردد. همچنین پس از نصب به صورت دوره‌ای سیستم مورد بازبینی و تست قرار گیرد. با توجه به گستردگی این موضوع برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توان از نشریه ۱۱۰ سازمان برنامه و بودجه جلد سوم که در آن به طور تخصصی به موضوع اتوماسیون و مدیریت ساختمان پرداخته می‌شود استفاده نمود.

۸-۶ شبکه نوری غیرفعال، POLAN

۸-۶-۱ معرفی فناوری و اجزای تشکیل دهنده

معماری LAN[1] نوری غیرفعال یا POLAN با شبکه‌های سنتی مبتنی بر سوئیچ، تفاوت‌های زیادی دارد و باعث می‌شود بسیاری این سوال را بپرسند که استفاده از *POLAN* چگونه می‌تواند در استانداردهای کابل‌کشی موجود برای ساختمان‌های بزرگ، کاربرد داشته باشد؟

اما چندین مزیت جذاب برای مالکان پروژه‌ها، به POLAN کمک کرده است تا به عنوان جایگزینی برای شبکه‌های اترنت مبتنی بر سوئیچ، مطرح شود:

- ✓ صرفه جویی در فضا (کاهش ۸۰٪) ؛
- ✓ هزینه نصب کمتر (کاهش ۴۰٪ تا ۵۰٪)؛
- ✓ کاهش مصرف برق (کاهش حداکثر۶۰٪) ؛
- ✓ امنیت ذاتی بیشتر (ایمنی در برابر تداخل الکترو مغناطیسی و مقاومت نسبی در برابر ضربه)؛
- ✓ امکان افزایش فاصله با استفاده از کابل‌های فیبرنوری .

درحالی که POLAN، هنوز یک فناوری درحال ظهور محسوب می‌شود علاوه بر دارا بودن تأییدیه از استانداردهای صنعتی و عملکرد نصب اثبات شده، شاهد توسعه مداوم محصولات کاربردی آن هستیم.

این یک واقعیت است که فناوری POLAN، با ادغام در کابل‌کشی ساخت‌یافته و با توانایی در پشتیبانی از پروتکل‌های سنتی اترنت و کاربری‌هایی مانند PoE[1]، می‌تواند با تطبیق‌پذیری نسبی، بیشتر نگرانی‌ها در پروژه‌های بزرگ را برطرف کند.

[1] Local area network

شکل ۸-۱۸ شبکه نوری غیر فعال

معماری POLAN بر اساس ارتباط «یک نقطه به چند نقطه[۲]» بنا شده و براساس کاربرد فن‌آوری GPON[۳] در محیط‌های نسبتاً محدود، توسعه یافته است. فن‌آوری POLAN با استفاده از تقسیم کننده‌های نوری[۴]، سیگنال نور را از یک رشته تار نوری تک‌مود (SM)، به سیگنال‌های متعدد تقسیم می‌کند تا در نهایت به کاربران و دستگاه‌های نهایی متصل شود.

به جای استفاده از سوئیچ‌های فعال که ارتباط بین کابل‌کشی فیبر اصلی[۵] و کابل‌های افقی مسی را برقرار می‌کنند، یک POLAN از یک OLT (Optical line terminal) در اتاق تجهیزات اصلی یا ER (Equipment Room) سرچشمه می‌گیرد؛ سپس تقسیم کننده‌های نوری غیرفعال (Splitter) در پایین دست[۶]، سیگنال را از یک تار تک‌مود به چندین فیبر تک‌مود دیگر انتقال می‌دهند و در نهایت به ONTهای (Optical network terminal) واقع در محیط کاری (محل‌های اداری، اتاق بیمار، اتاق هتل و هر مصرف کننده دیگر) متصل می‌شوند.

---

[1] **Power over Ethernet**
[2] **Point-to-Multipoint**
[3] **Gigabit Passive Optical Networks**
[4] Optical splitters
[5] Fiber Backbone
[6] Downstream

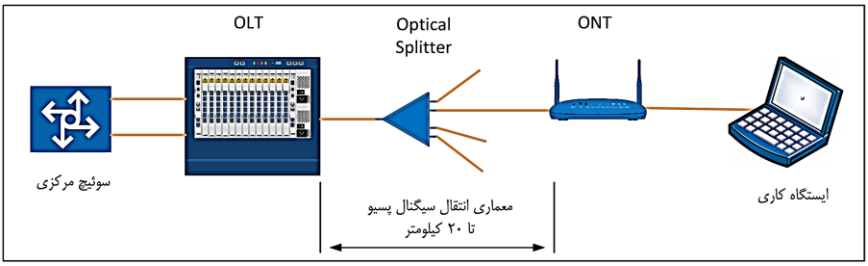
سیگنال‌ها در بالادست[1] به یک فیبر تک‌مود برگردانده می‌شوند که امکان ایجاد ارتباط دوطرفه را دارد. با استفاده از فناوری مالتی پلکسینگ تقسیم طول موج (WDM) که چندین سیگنال را روی یک فیبر با استفاده از طول موج‌های مختلف ترکیب می‌کند، سیگنال‌های نوری به طور همزمان در هر دو جهت منتقل می‌شوند. سیگنال‌های پایین دست با طول موج ۱۴۹۰ نانومتر و سیگنال‌های بالادست با ۱۳۱۰ نانومتر منتقل می‌شوند.

براساس نیاز به پهنای باند، بودجه افت نوری، تراکم و افزونگی، تقسیم کننده‌های نوری با چندین نسبت تقسیم، قابل انتخاب هستند: ۱به ۲، ۱به ۴، ۱به ۸، ۱به ۱۶، ۱به ۳۲، ۲به ۸، ۲به ۱۶ و ۲به ۳۲. استفاده کمتر از تقسیم کننده‌ها با نسبت‌های تقسیم پایین‌تر، امکان ارائه پهنای باند بیشتری را برای هر کاربر فراهم می‌کند. تقسیم کننده‌ها با دو ورودی، امکان افزونگی بالاتری را ارائه می‌دهند.

در منطقه کاری (Zone)، ONTها سیگنال نوری را به خروجی‌های مسی یا همان زوج سیم‌های به هم تابیده شده اترنت، با سرعت گیگابیت (1000BASE-T) تبدیل می‌کنند. کابل‌های رابط (عموماً Cat.6) انواع مختلفی از دستگاه‌های مبتنی بر IP (Internet Protocole) را شبکه یا به یکدیگر متصل می‌کنند:

- ✓ رایانه‌ها
- ✓ تلفن‌های VoIP (Voice over IP)
- ✓ چاپگرها
- ✓ نقاط دسترسی بی‌سیم
- ✓ دوربین‌های IP
- ✓ سایر دستگاه‌های دارای درگاه شبکه RJ45

[1] Upstream



ONTها می‌توانند برق مورد نیاز تلفن‌های VoIP، نقاط دسترسی بی‌سیم، دوربین‌های مداربسته و سایر دستگاه‌های مجهز به PoE را از راه‌دور تامین کنند. POLANها از برنامه‌های مشابه شبکه‌های سنتی مبتنی بر سوئیچ پشتیبانی می‌کنند:

- ✓ رابط‌های پایان به پایان[1] IEEE 802.3 اترنت برای صدا، داده، ویدئو، Wi-Fi و امنیت
- ✓ حداکثر پهنای باند ۱۰۰۰ مگابیت در ثانیه (10/100/1000BASE-T) برای هر کاربر یا دستگاه
- ✓ PoE، برای IEEE 802.3af (15.4W) و برای IEEE 802.3at PoE+ (25.6W)
- ✓ QoS[2] برای اولویت بندی ترافیک و ارائه پشتیبانی از LANهای مجازی یا VLAN

در ایران نیز چند سالی است که بسیاری از پروژه‌های بزرگ مسکونی و تجاری یا اداری، برای برقراری ارتباطات شبکه و مخابراتی خود از فن‌آوری POLAN استفاده کرده و اکثر ارتباطات مبتنی بر IP خود را بر پایه همین تکنولوژی برقرار کرده‌اند. لازم به یادآوری است که بزرگان فیبرنوری جهان نیز از این تکنولوژی پشتیبانی کرده و عضو انجمن بین‌المللی آن (https://apolanglobal.org/) هستند.

AECOM CORNING DZS ITCONNECT
NOKIA CYPSYS tellabs HUAWEI

[1] **End-to-End**

[2] **کیفیت پیشرفته خدمات Quality of Service**

شکل ۸-۱۹ بزرگان فیبر نوری در جهان

- **ویژگی‌ها و مزایای بکارگیری POLAN**

زیرساخت‌های POLAN می‌توانند مزایای زیادی را برای ساختمان‌های تجاری و اداری و ساختمان‌های متوسط و بزرگ مسکونی و دولتی ایجاد کنند. این مزایا شامل کاهش هزینه‌های عملیاتی، صرفه جویی در وقت و منابع، اشغال کمترین فضای ممکن، ایمن نگه داشتن داده‌ها و ایجاد شبکه در مسافت‌های طولانی است.

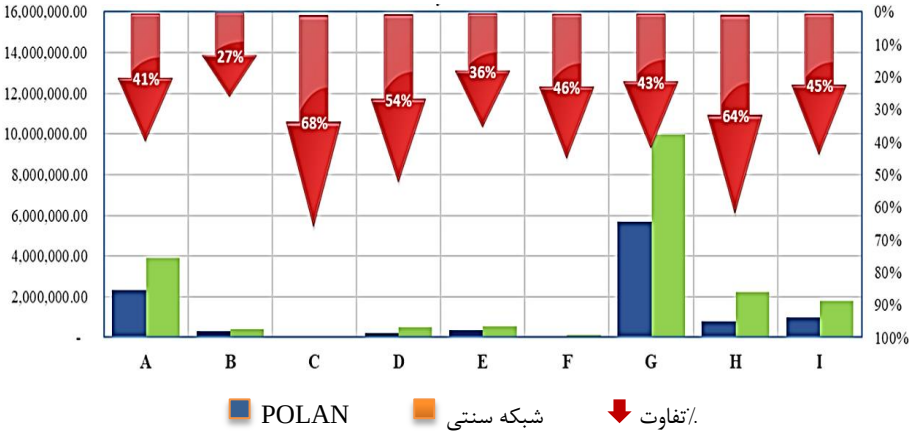
- **کاهش مصرف برق و عدم نیاز به سیستم‌های خنک کنندگی**

برای اجرای POLAN، لازم است بین OLT در ER و ONTها در محل کاربران، دو جزء مهم غیرفعال استفاده شود؛ کابل فیبرنوری و تقسیم کننده‌های غیرفعال. تقسیم کننده‌ها همان کار سوئیچ توزیع را انجام می‌دهند اما به برق و خنک کننده احتیاج ندارند. در نتیجه، استفاده از POLAN تا ۶۰٪ برق کمتری از یک شبکه سنتی مصرف می‌کند و باعث افزایش بهره‌وری در انرژی و همچنین کاهش هزینه‌های عملیاتی (OPEX) می‌شود.

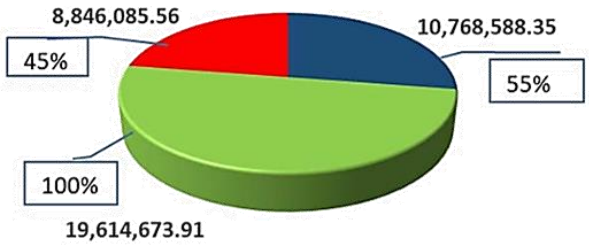
- **نیاز به زمان کمتر برای نگهداری**

تعداد کمتر تجهیزات فعال باعث کاهش عملیات تعمیر و نگهداری، عیب‌یابی و همچنین کاهش زمان نصب می‌شود. همچنین در اتاق تجهیزات هر طبقه یا TR، به فضای کمتری برای نصب تجهیزات نیاز

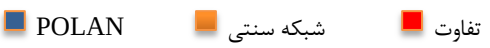
است. می‌توان تا ۲۰٪ در زمان نصب تجهیزات و تا ۴۰٪ برای کابل‌کشی، صرفه‌جویی کرد. در ادامه مقایسه هزینه‌های اجرای شبکه بصورت سنتی و POLAN، در یک پروژه ۲۰ میلیون دلاری که توسط BICSI[1] در سال ۲۰۱۸ برآورد شده است، مشاهده می‌شود.



A. تأمین مواد	B. تامین رک‌ها و لوازم جانبی	C. ابزار، داربست و مواردی از این قبیل
D. مهندسی طرح و تجهیز کارگاه	E. نصب	F. تست و راه‌اندازی
G. تجهیزات فعال سامانه نقاط دسترسی بی سیم	H. تهیه و نصب	I. مدیریت پروژه و دفتر پشتیبانی



[1] Building Industry Consulting Services International, www.bicsi.org



شکل ۸-۲۰ جمع‌بندی مقایسه POLAN با شبکه LAN سنتی

- **صرفه‌جویی قابل توجه در فضا**

کابل فیبرنوری تک‌مود با قطرکم، به فضای کمی در مسیر خود نیاز دارد و نیاز شبکه در فضاهای ارتباطی را کاهش می‌دهد، در عین حال کمک می‌کند کابل‌ها سریع‌تر نصب شوند. با اجرای POLAN به نسبت کابل‌کشی در شبکه‌های سنتی، تا ۸۰٪ در فضای بستر انتقال، صرفه جویی می‌شود.

- **مسافت بیشتر**

استانداردها، فاصله را در کابل‌کشی افقی مسی شبکه‌های محلی، بین سوئیچ و مصرف کننده انتهایی، به ۱۰۰ متر محدود می‌کنند. از آنجا که یک POLAN از کابل‌کشی فیبر تک‌مود استفاده می‌کند که آن نیز روی پهنای باند متمرکز است، دورترین فاصله انتقال در دسترس بین ONTها و OLT می‌تواند تا ۲۰ کیلومتر باشد.

- **امنیت ذاتی**

در کابل‌کشی مس، تامین ایمنی در برابر تداخل الکترومغناطیسی، بسیار دشوارتر از کابل فیبرنوری است که در POLAN استفاده شده و ذاتاً ایمن‌تر است.

- **دسترس‌پذیری[1] بالا**

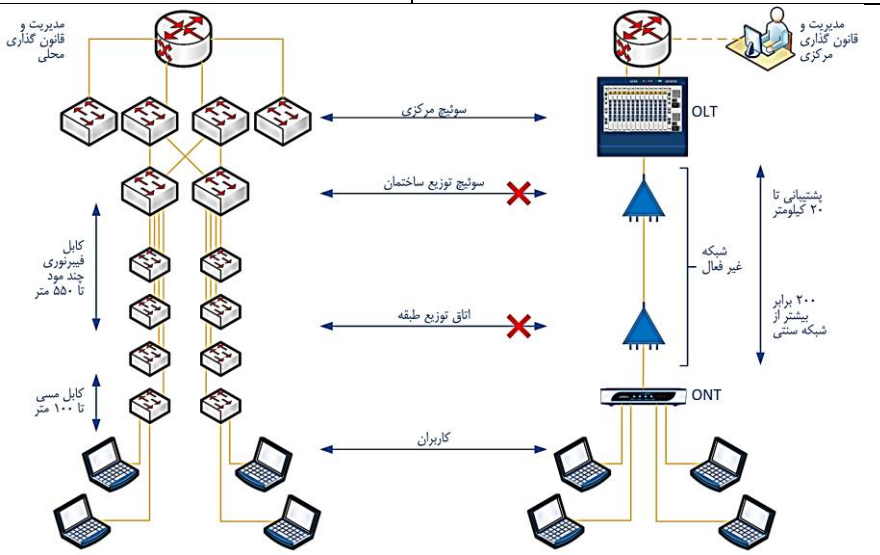
اگر مبنای MTBF (میانگین زمان بین ۲ خرابی) را برای ONTها ۱۵سال و برای OLTها ۲۵سال در نظر بگیریم، دسترس‌پذیری این فن‌آوری به ۹۹.۹۹۹٪ می‌رسد. این بدان معنی است که بطور متوسط در سال فقط ۶۹ ثانیه قطع ارتباط در شبکه وجود خواهد داشت. (درصورت انتخاب تجهیزات با MTBF بهتر، متوسط خرابی سالانه به ۳۰ ثانیه هم می‌رسد).

- **چرخه حیات کابل‌کشی ساخت یافته**

1 **Availability**

طول‌عمر کابل‌کشی ساخت‌یافته مسی که بطور سنتی انجام می‌شود، بین ۵ تا ۱۰ سال است. اما طول‌عمر زیرساخت شبکه POLAN بین ۳۰ تا ۵۰ سال برآورد می‌شود. (از نظر تدوین کننده، این طول عمر تقریباً مادام‌العمر است.)

LAN نوری غیرفعال	LAN سنتی
زیرساخت شبکه نوری غیرفعال (PON) شامل: • OLT • تقسیم کننده‌های نوری غیرفعال • و ONT فیبر تک‌مود تمام سرویس‌های ICT ساختمان را از طریق یک زیرساخت واحد پوشش می‌دهد	سوئیچ‌های اترنت برای کاربردهای هسته[1]، تجمیع[2] و دسترسی در مکان‌های مختلف شبکه LAN؛ زیرساخت کابلی دراین سرویس شامل: • انواع کابل‌های شبکه مانند Cat.6 • کابل‌های هم محور (در برخی کاربری‌ها) • کابل‌کشی فیبر عموماً چندمود (MM)



[1] **Core**
[2] **Aggregation**

۸-۶-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

مجتمع‌ها و پروژه‌های بزرگ ساختمانی مانند ادارات و سازمآن‌ها، هتل‌ها، محیط‌های آموزشی و همچنین پروژه‌های بیمارستانی، خواستگاه اصلی استفاده از این فناوری هستند. POLAN برای مکان‌های بزرگ با چندین کاربر و با فضای وسیع، جایگزین مناسبی بجای شبکه‌های سنتی مبتنی بر سوئیچ خواهد بود. همچنین این فن‌آوری انتخاب قابل قبولی برای شبکه سازی در محیط‌های بزرگ و دارای چندین ساختمان است که محدودیت ۱۰۰ متری فاصله را در یک شبکه محلی مبتنی بر سوئیچ، نمی‌توانند به راحتی مدیریت کنند.

شکل ۸-۲۱ خواستگاه استفاده از POLAN

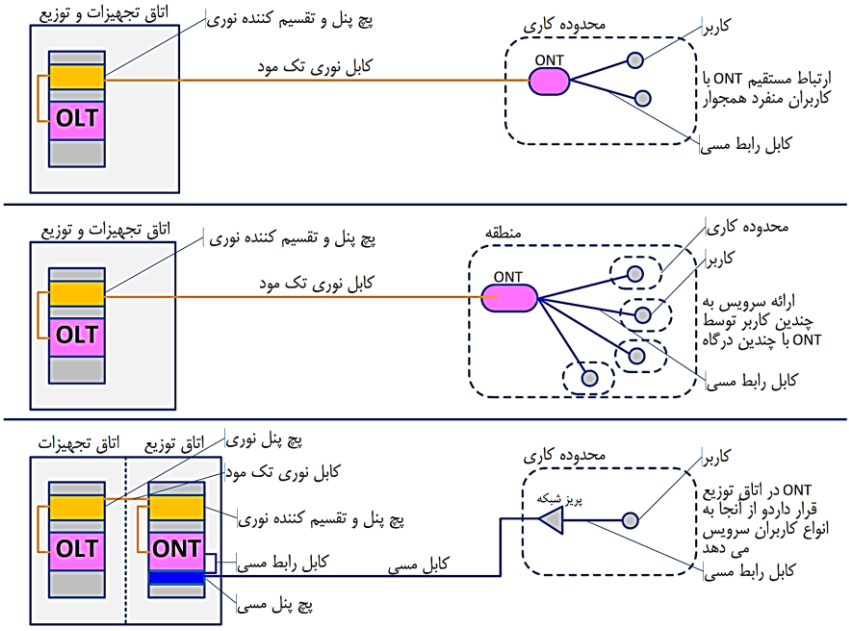
با توجه به نیاز محدود زیرساخت POLAN به فضای مسیرهای عبور کابل، این فضاها می‌توانند برای کاربری‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرند. همچنین در زمان نصب و هزینه‌های عملیاتی نیز صرفه جویی می‌شود.

۸-۶-۳ مبانی طراحی و اجرا

POLANها اغلب در پیکربندی منطقه یا Zone مستقر می‌شوند. هر ONT می‌تواند به یک یا چند کاربر سرویس دهد. می‌توان ONTها را در نزدیکی کاربران و یا در یک جعبه یا رک و یا در بالای سقف کاذب یا روی دیوار نصب کرد. می‌توان آن‌ها را بر روی میزکار قرار داد و صرفاً برای یک کاربر

نصب کرد. برای این کار اغلب از نسخه‌های کوچک و ۲ یا ۴ پورت استفاده می شود و در زیر میز یا روی دیوار نصب کرد.

ONTهای بزرگتر که معمولاً ۲۴ پورت بوده و قابلیت نصب درون رک‌ها را دارند می‌توانند در TR مستقر شوند و دقیقاً مانند سوئیچ‌های یک شبکه سنتی، بوسیله کابل مسی Cat.6 از این مکان تا ۹۰ متر، به پریزهای شبکه متصل شوند. ONTهایی که در TR قرار می‌گیرند می‌توانند کاربران یک طبقه را پوشش دهند و یا نقاط دسترسی بی‌سیم، دوربین‌ها و سایر دستگاه‌های مبتنی بر IP را به شبکه متصل کنند.



می‌توان تقسیم کننده‌ها را در مینی TRهای بسیار کوچک مانند یک محفظه و یا در یک پانل دیواری و بدون نیاز به برق و سیستم‌های خنک کننده، قرار داد. تقسیم کننده‌ها حتی می‌توانند در کنار OLT در ER قرار داده شوند تا با کابل‌های توزیع فیبر تک‌مود طولانی‌تر به ONTها درشبکه متصل شوند. بااین کار فضای مورد نیاز برای تجهیزات مخابراتی در ساختمان، به حداقل می‌رسد.

- **استانداردهای صنعتی برای استفاده از POLAN**

درحالی که محبوبیت POLAN، در بعضی کاربری‌ها افزایش یافته‌است، برخی مدیران بسختی استفاده از POLAN را می‌پذیرند. عده‌ای معتقدند که POLAN نمی‌تواند از پروتکل‌های سنتی اترنت و برنامه‌های شبکه پشتیبانی کند. بسیاری از این سوءتفاهم‌ها برطرف شده است، اما باید برای بعضی از این نگرانی‌ها که عمدتاً پیرامون انطباق با استانداردها، انعطاف‌پذیری، مقیاس‌پذیری و افزونگی است، دنبال راه حل‌های انطباق بود.

بیشترین نگرانی‌ها بواسطه راحتی بسیار زیاد کابل‌کشی به نسبت کابل‌کشی ساخت‌یافته با کابل مسی و نگارش‌های قدیمی استانداردهای پشتیبانی کننده از آن است. استانداردهای عمدتاً قدیمی ANSI/TIA برای ساختمان‌های تجاری، زیرساخت کابل‌کشی ساخت‌یافته‌ای را پیشنهاد می‌دهد که از یک محیط چند محصولی و چند وجهی با استفاده از هم‌بندی ستاره‌ای و سلسله‌مراتبی پشتیبانی می‌کند. این ساختار اجازه می‌دهد تا تجهیزات و دستگاه‌های مستقر در شبکه بدون ایجاد اختلال در آن به هم متصل یا جدا شوند.

یک سیستم کابل‌کشی ساخت‌یافته مبتنی بر استاندارد برای یک شبکه LAN شامل موارد زیر است:

- ✓ کابل‌کشی اصلی بین فضاهای ارتباطی،
- ✓ کابل‌کشی افقی بین فضاهای ارتباطی و محل‌های توزیع،
- ✓ TR برای اتصال بین سامانه‌های کابل‌کشی افقی و کابل‌کشی اصلی ساختمان،
- ✓ و پریزهای ارتباطی با دستگاه‌های نهایی.

موارد زیر از استانداردهای TIA در هنگام استقرار POLAN به طور دقیق قابل رعایت است:

- ✓ حداقل باید یک TR در همان طبقه‌ای که پریزهای شبکه هستند، وجود داشته باشد،

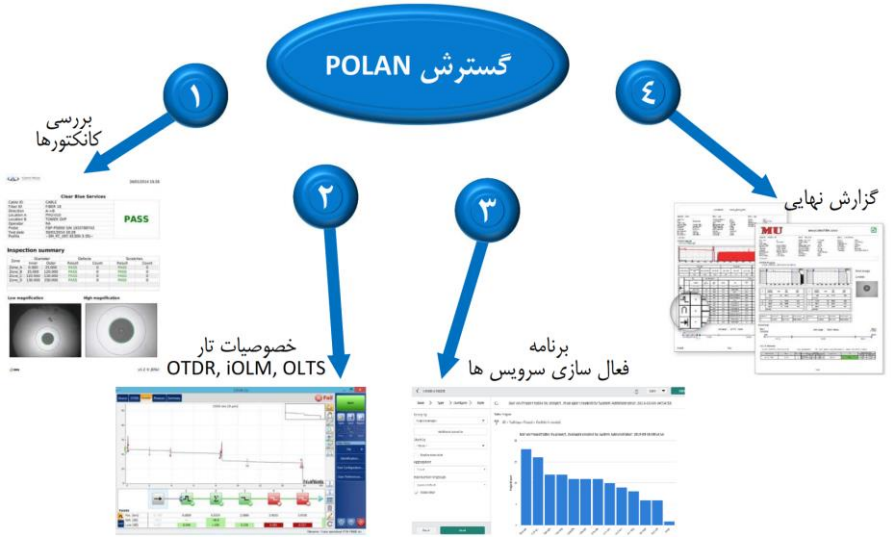
- ✓ هر TR باید از طریق کابل‌کشی اصلی با یک اتصال متقاطع[1] به ER متصل شود،
- ✓ هر پریز شبکه باید از طریق کابل افقی به یک اتصال عرضی در TR متصل شود،
- ✓ در سیستم کابل‌کشی افقی نباید بیش از یک نقطه تجمیع[2] وجود داشته باشد،
- ✓ پریزهای شبکه باید حداقل دو پورت داشته باشد.

جدا از این موارد، استقرار زیرساخت شبکه با تکنولوژی POLAN به شما اجازه می‌دهد، هرگونه تغییر دارای ریسک را (مانند جابجایی، اضافه کردن و یا تعویض) با حداقل اختلال و بیشترین انعطاف‌پذیری انجام دهید.

در استانداردهای TIA استفاده از نقاط تجمیع در مناطق میانی شبکه و بین سامانه‌های کابل‌کشی افقی و کابل‌کشی اصلی شبکه، توصیه می‌شود؛ زیرا تغییر سریع و آسان با استفاده از کابل ارتباطی، امکان‌پذیر خواهد بود؛ در حالی که تجهیزات حیاتی و پیونده‌های دائمی[3]، دست نخورده باقی می‌مانند تا از اختلال در سرویس جلوگیری شود. نقاط تجمیع علاوه بر عیب‌یابی ساده‌تر، توانایی تنظیم مجدد و جداگانه اتصالات شبکه و همچنین حفظ مدیریت صحیح آن را در یک مکان واحد، میسر می‌سازد.

انجمن TIA با هدف ادغام POLAN با بهترین روش‌های کابل‌کشی ساخت‌یافته موجود (از جمله استفاده از نقاط تجمیع) در حال ایجاد الزامات و توصیه‌های طراحی، استقرار و عملکرد POLAN است. تأیید TIA نه تنها منجر به سرعت بخشیدن به تولید محصولات POLAN می‌شود، بلکه باعث افزایش پذیرش آن توسط مالکان پروژه نیز خواهدشد. در ادامه توصیه‌های TIA برای آزمون شبکه‌های مبتنی بر POLAN مشاهده می‌شود.

[1] cross-connect
[2] Consolidation Point or "CP"
[3] Permanent Links



شکل ۸-۲۲گسترش POLAN

- **استقرار POLAN از طریق کابل کشی ساخت یافته سازگار با استاندارد**

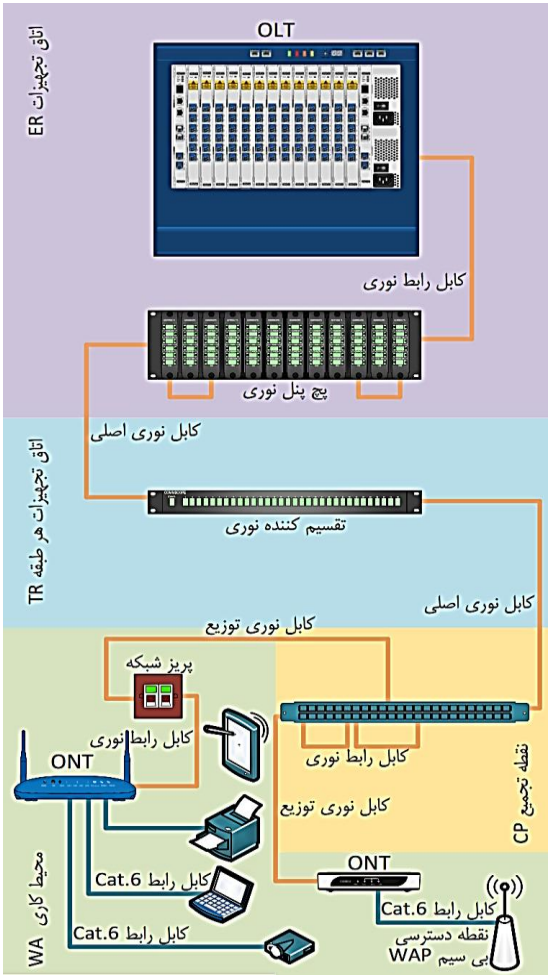
بسیاری از POLANها با استفاده از معماری‌های یک نقطه به چند نقطه، درجایی که فیبر تک‌مود، مستقیم از OLT به تقسیم کننده و از تقسیم کننده به ONT متصل می‌شود، با موفقیت ایجاد شده‌اند. گزینه دیگری نیز وجود دارد. استقرار این سیستم برروی سیستم کابل‌کشی ساخت‌یافته و سازگار با استاندارد نیز، به‌طور قابل توجهی انعطاف‌پذیری POLAN را نشان داده و نگرانی‌های عملکردی آن را نیز از بین می‌برد. سازگاری POLAN با استاندارد شامل موارد زیر است:

- ✓ حفظ جدایی فیزیکی بین اجزای POLAN،
- ✓ امکان تغییر آسان و به روزرسانی تجهیزات،
- ✓ تسهیل تغییرات دارای ریسک با کمترین اختلال در خدمات،
- ✓ امکان استفاده از برچسب‌گذاری و مدیریت پیشرفته،
- ✓ ارائه پشتیبانی بهتر برای برقراری ارتباطات پشتیبان یا مازاد،

بسته به هم‌بندی شبکه، استقرار POLAN بر روی کابل‌کشی ساخت‌یافته شامل افزودن نقاط اتصال بین OLT و تقسیم کننده‌ها از یک طرف، و بین تقسیم کننده‌ها و ONTها از طرف دیگر است. این

امر به سادگی با استفاده از پچ پنل‌های فیبر در کنار ONT در ER و استفاده از تقسیم کننده‌ها در TR، قابل انجام است.

پچ‌پنل فیبر که بین تقسیم کننده‌ها و ONT قرار می‌گیرد نقش توزیع فیبر در مناطق کاری را دارد. در ادامه این ترکیب قابل مشاهده است.



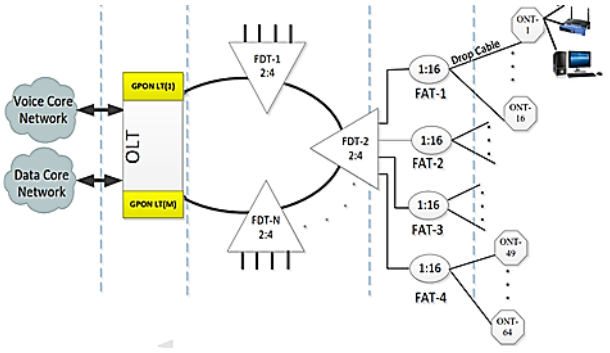
شکل ۸-۲۳-ترکیب پچ‌پنل فیبر

استفاده از کابل‌کشی ساخت‌یافته در شبکه‌ای با فن‌آوری POLAN باعث می‌شود که با یک تغییر ساده و با تنظیم مجدد در پورت‌های مورد استفاده OLT، یا تغییر در کابل‌های ارتباطی و یا تقسیم کننده‌ها،

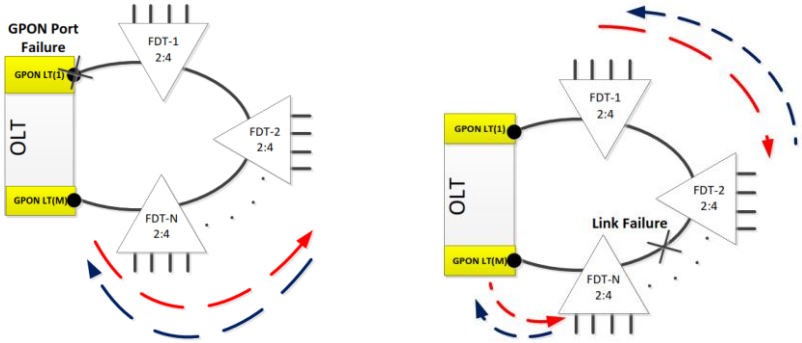
بتوان طرح جدیدی را پیاده‌سازی کرد. فیبر تک‌مد خروجی یک تقسیم کننده، این امکان را به ما می‌دهد که بتوانیم تقسیم کننده هر ONT را با یک تغییر ساده در کابل ارتباطی و پچ پنل توزیع، تغییر دهیم. این امر باعث می‌شود انجام تغییرات دارای ریسک، تسهیل و ساده شده، همچنین امکان عیب‌یابی، نگهداری و ارتقا ساده درهر ONT، میسر شود.

در POLAN می‌توان از اتصالات پشتیبان یا افزونه نیز استفاده کرد. به عنوان مثال، اگر یک تار از کابل‌کشی اصلی آسیب ببیند، با تغییر در کابل ارتباطی و همچنین تغییر در درگاه OLT به یک تار دیگر از کابل‌کشی اصلی، مدیریت سریع بحران، امکان‌پذیر است. یا اینکه برای افزونگی بالاتر، می توان از دو پورت OLT برای ورودی یک تقسیم‌کننده استفاده کرد (مثلاً ۲:۴ بجای ۱:۴). در ادامه نمونه‌ای از طراحی برمبنای تقسیم کننده‌هایی که ورودی دوتایی دارند (مانند ۲:۴) مشاهده می‌شود.

شکل ۸-۱۹



محدوده مصرف کننده شبکه توزیع شبکه اصلی اتاق تجهیزات تجهیزات شبکه اصلی



نقاط اتصال می‌توانند فضای مناسبی را برای مدیریت بهتر شبکه ارائه دهند که درآن می‌توان پورت‌های جداگانه را با توجه به استانداردهای برچسب‌گذاری TIA-606-A، به درستی مدیریت کرد تا شروع و پایان هر اتصال به روشنی مشخص باشد.

با توجه به اینکه در برخی از پروژه‌ها، ۲ تقسیم کننده در مسیر قرار می‌گیرد و POLAN با سازگازی کامل با کابل‌کشی ساخت‌یافته و استاندارد ایجاد می‌شود، یک TR یا mini TR (محفظه یا کابینت دیواری) می‌تواند یک مکان متمرکز و با محافظت بهتر از تقسیم کننده‌ها را در اختیار مصرف کننده قرار دهد.

- **تامین برق از راه دور**

ONTها برای تبدیل سیگنال‌های نوری به خروجی‌های Cat.6 و پشتیبانی از کاربردهای PoE به برق نیاز دارند. می‌توان نیاز ONTها را از طریق اتصال به پریز برق ac، در محل استفاده آن‌ها تأمین کرد؛ که البته این یکی از عوامل محدود کننده برای کاربری POLAN به‌حساب می‌آید. راه‌اندازی شبکه‌های محلی با سوئیچ، امکان انتقال برق از راه دور را از طریق همان کابل شبکه مسی که برای انتقال سیگنال‌های داده استفاده می‌شود، فراهم می‌کند. انجام این کار برای پشتیبانی از PoE و از بین بردن نیاز به برق ac در محل تجهیزات مصرف کننده برق بوده و این موضوع بسیار ارزشمند است. برای مثال، اگر در یک مرکز تماس نیاز به استفاده از تلفن‌های VoIP باشد، یک شبکه سنتی مبتنی برسوییچ می‌تواند سیگنال صدا و برق را از طریق یک کابل شبکه مثل Cat.6 به دستگاه تلفن برساند و این به معنی عدم نیاز به تأمین برق برای دستگاه VoIP است. با توجه به اینکه برق نمی‌تواند از طریق فیبرنوری انتقال یابد، در POLAN باید برق مورد نیاز ONTها را در هر مکانی که نصب می‌شوند، تأمین کرد.

یکی از گزینه‌هایی که می‌توان برای غلبه بر این چالش از آن استفاده کرد، استفاده از کابل ترکیبی فیبر/مس است. یک واحد توزیع برق واقع در نزدیکی تقسیم کننده، برق ولتاژ پایین dc مورد نیاز را از طریق هادی مس کابل تأمین می‌کند. کابل ترکیبی برای یک ONT، از طریق فیبر، انتقال اطلاعات را انجام می‌دهد و از طریق هادی‌های مسی، برق مورد نیاز آن را تامین می‌کند.

برای برقراری ارتباط داده در ONT، فقط یک تار نوری تک‌مود کافی است، اما برای رعایت افزونگی، برقراری این ارتباط با کابل‌های تک‌مود حداقل دوتایی انجام می‌شود؛ چرا که ممکن است در آینده برای انتقال و دریافت داده‌ها از پروتکل‌های جایگزینی استفاده شود که به دو تار نیاز داشته باشد. برای همین بهتر است در طراحی و انتخاب کابل، سطح بالاتری از افزونگی را پیش‌بینی کنیم.

علاوه براین، درحالی که برای انتقال برق به ONT فقط یک کابل رسانای مسی دو رشته مورد نیاز است، بهتر است در جاهایی که امکان تامین برق مناسب برای ONT مقدور نیست، از یک کابل ترکیبی فیبر/مسی که شامل یک کابل ۴ زوجی Cat.6 با هشت هادی AWG23 است، استفاده کرد و با این کار، تامین نیازهای غیرقابل پیش‌بینی در آینده نیز ممکن و میسر می‌شود.

بر خلاف کابل دو رشته، کابل Cat.6 می‌تواند در فواصل بیشتر و با توان‌های بالاتر، از فن‌آوری‌های درحال ظهور PoE، مانند نوع ۳ (مثلاً 60W)، پشتیبانی کند و می‌تواند از فاصله بیشتری، برق را به ONT برساند. همچنین در آینده کابل Cat.6 در صورت نیاز می‌تواند دسترسی به شبکه را برای پروتکل‌های جایگزین مانند اترنت مبتنی بر سوئیچ سنتی نیز فراهم کند.

جدول ۸-۱ برای مقایسه تفاوت استفاده از کابل با دو هادی AWG 22 و کابل Cat.6 را نشان می‌دهد.

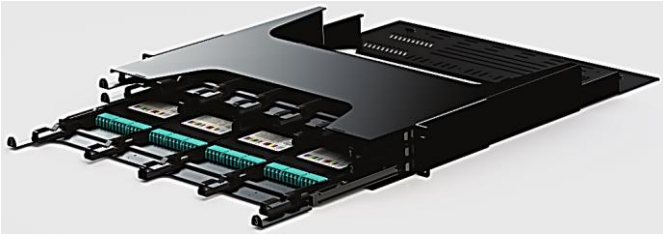
جدول۸-۱ مقایسه تفاوت استفاده از کابل با دو هادی AWG 22 و کابل Cat.6

AWG 22	2	128 m	87 m	44 m
Cat.6	8	371 m	252 m	126 m

همانطور که مشاهده می‌شود، کابل AWG22 فقط ۴۴ متر می‌تواند PoE نوع-۳ را پشتیبانی کند؛ این در صورتی است که کابل Cat.6 تا ۱۲۶متر و در PoE نوع-۲، تا ۲۵۲متر فاصله را پشتیبانی می‌کند. برای اینکه کابل ۲رشته مسی بتواند توانایی انتقال خود را به کابل Cat.6 برساند، باید سایز آن به

AWG16 یا AWG18، افزایش یابد که این به معنی گران شدن و مقرون به صرفه نبودن این انتخاب است. ضمناً کابل‌های ۲رشته مسی از کاربری‌های دیتا نیز پشتیبانی نمی‌کند.

بهرحال، باید درنظرداشت که کابل‌های Cat.6 و فیبرنوری Drop باتعداد رشته‌های متفاوت و همچنین پچ‌پنل‌های فیبرنوری ماژولار، در ایران تولید می‌شوند. از طرف دیگر، تولید مدل‌های متنوع ONT در ایران توسط سازندگان مودم کاملاً امکان‌پذیر است.



این دو موضوعِ مکمل و مهم، به طراحان اجازه می‌دهد با استفاده از POLAN، در طراحی شبکه پروژه‌هایی که بیش از ۵۰۰ دستگاه مبتنی بر IP در آن به شبکه متصل می‌شوند، انعطاف پذیری قابل توجهی را تجربه کرده که به نظر می‌آید، کاربرد این روش برای پروژه‌های بزرگ را از هر جهت منطقی و قابل دفاع می‌کند.

فصل نهم

سایر فناوری‌های مطرح

۹-۱ فهرست سایر فناوری‌های مطرح

۱ سیستم قاب سبک چوبی؛

۲ مجموعه فناوری‌های نیک سیستم؛

۳ سیستم ساختمان‌های پیش‌ساخته با دیوار باربر متشکل از سقف و دیواره‌های بتن آرمه با بتن سبک سازه‌ای؛

۴ سیستم دیوارها و سقف‌های بتن مسلح پیش‌ساخته توخالی (سیستم داموس)؛

۵ دیوارهای توپر و سقف‌های با هسته توخالی بتن مسلح پیش ساخته؛

۶ سیستم ساختمانی ترونکو؛

۷ سیستم سازه‌های بتن‌مسلح پیش‌ساخته مدولار سه‌بعدی؛

۸ سیستم ساختمانی متشکل از پانل‌های ساندویچی بتن سبک با تکنولوژی JK Structure؛

۹ سیستم خانه‌های پیش ساخته سریع النصب دادو؛

۱۰ سازه های صدفی؛

۱۱ سیستم ساختمانی بلوک‌های خشتی مسلح با تکنولوژی HABITECH؛

۱۲ سقف بتنی سیاک؛

۱۳ دال مرکب فولادی-بتنی؛

۱۴ دیوار غیرباربر ساخته شده از بتن سبک CLC؛

۱۵ بلوک‌های سبک بتنی هوادار اتوکلاو نشده (N.A.A.C)؛

۱۶ پانل‌های دیواری ساخته‌شده از بتن سبک با دانه‌های لیکا؛

۱۷ پانل‌های متشکل از خرده های نی و بتن (نی- بتن)؛

۱۸ پانل‌های دیواری ساخته‌شده از رزین و ساقه گندم و برنج؛

۱۹ دیوارهای غیر باربر Qpanel؛

۲۰ پانل‌های دیواری غیر باربر Ercolith؛

۲۱ استفاده از پرلیت در مصارف ساختمانی به منظور سبک‌سازی و عایق‌کاری؛

۲۲ پانل‌های پیش‌ساخته دیواری Rail-Wall از جنس بتن پرلیتی؛

۲۳ تخته‌های منیزیمی (تخته‌های چند منظوره)؛

۲۴ بلوک‌های گچی سوراخدار؛

۲۵ بلوک چوب سیمانی؛

۲۶ آجر سفال ابداعی؛

۲۷ سنگدانه‌های سبک مورد مصرف در بلوک‌های بتنی؛

۲۸ شیل منبسط شده؛

۲۹ بتن کفی مورد استفاده در کف‌سازی و شیب‌بندی طبقات ساختمان (جایگزین پوکه‌ریزی)؛

۳۰ دستگاه تولید شبکه آرماتور با جوش مقاومتی به روش ماشینی؛

۳۱ دستگاه تولید خرپای فلزی تیرچه با جوش مقاومتی به روش ماشینی؛

۳۲ دستگاه تولید خرپای تیرچه ماشینی با فوندوله پلیمری؛

۳۳ دستگاه اتوماتیک آرماتور بند (بند زن)؛

۳۴ سیستم جوشکاری سر به سر میلگرد با گاز استیلن؛

۳۵ سیستم مدولار دسترسی نوین؛

۳۶ فونداسیون منفرد پیش‌ساخته؛

۳۷ دستگاه ضدرسوب الکترونیکی؛

۳۸ سیستم کنترل کولر آبی؛

۳۹ هواکش پدیده؛

۴۰ مسدود کننده دریچه کولر از جنس فوم پلی اتیلن؛

۴۱ یراق آلات درب و پنجره UPVC شرکت VORNE ترکیه.

۴۲ مواد سیمانی بهبود یافته با پلیمر و یا پلیمری برای مقاوم سازی یا اتصاله قطعات بنایی دیوار؛

۴۳ مقاطع تیر فولادی با جان موجدار سینوسی؛

۴۴ بست‌های فولادی جهت اتصال دیوارهای غیر باربرساخته‌شده از بلوک‌های بتن هوادار اتوکلاو شده AAC به سازه؛

۴۵ پانل کامپوزیت سه‌بعدی مشتمل بر پارچه بافته‌شده با نخ شیشه و رزین اپوکسی به عنوان پوشش سازه‌ای درسقف؛

۴۶ سیستم سازه‌ای قاب بتن آرمه پیش ساخته و نیمه پیش ساخته مدفون؛

۴۷ قالب حفره‌ای ماندگارسقف از جنس پلی استایرن؛

۴۸ سقف‌های قوسی از فولاد سردنورد؛

۴۹ پانل دیواری بتن سبک سبکدانه سوراخ دار؛

۵۰ میلگرد کامپوزیت الیافی از نوعGFRP.

فصل دهم

منابع و مراجع قابل استفاده

۱- پیش‌نویس مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان «طرح و اجرای صنعتی ساختمان» – ۱۳۹۹.

۲- مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان «طرح و اجرای صنعتی ساختمان» – ۱۳۹۶.

۳- هماهنگی مدولار در نظام طراحی و اجرای ساختمان (اصول و مبانی) – نشریه ۲۱۵ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۷۴.

۴- هماهنگی مدولار در نظام طراحی و اجرای ساختمان (ارزیابی اندازه‌ها و معیارها در طراحی و ساخت) – نشریه ۲۱۶ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۷۴.

۵- هماهنگی مدولار در طراحی ساختمان (مبانی) – نشریه ۵۷۱۵ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۷۶.

۶- توصیه‌های فنی – اجرایی در طراحی مدولار ساختمان – نشریه ۳۳۶ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۷۹.

۷- طراحی و ساخت قطعات نمونه و اتصالات مناسب اجزای غیرسازه‌ای مدولار (دیوار آجری و پنجره) – نشریه ۳۴۷ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۰.

۸- ضوابط طراحی معماری بر اساس اصل انطباق شبکه‌های مدولار در سیستم‌های تولید ساختمان– نشریه ۳۶۱ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۲.

۹- راهنمای ضوابط طراحی مدولار برای ساختمان– نشریه ۴۶۳ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۶.

۱۰- ضوابط طراحی مدولار برای ساختمان (مدول‌های طراحی، ابعاد انسان ایرانی و ...)– نشریه ۴۷۰ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۶.

۱۱- ضوابط طراحی مدولار برای ساختمان (در و پنجره در واحدهای مسکونی) - نشریه ۵۶۶ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۱۲- آشنایی با کاربرد مواد پلیمری در صنعت ساختمان- نشریه ۴۵۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۶.

۱۳- ضوابط و توصیه‌ها برای کاربرد اسفنج پلی‌استایرن در ساختمان- نشریه ۴۵۵ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۶.

۱۴- راهنمای عملکرد مصالح و سیستم‌های ساختمانی دارای پلی‌استایرن منبسط شده در برابر آتش- نشریه ۴۶۸ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۶.

۱۵- بررسی خواص و کاربردهای پانل‌های ساندویچی و عایق‌های حرارتی پلی‌یورتان در ساختمان و ارائه توصیه‌های ایمنی در برابر آتش- نشریه ۵۴۷ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۹.

۱۶- بلوک‌های سقفی پلی‌استایرن در سیستم سقف تیرچه و بلوک- نشریه ۵۹۷ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۱۷- سیستم دیوار خشک- نشریه ۴۹۹ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۸.

۱۸- بلوک‌های سیمانی سبک- نشریه ۴۲۳ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۴.

۱۹- راهنمای کنترل کیفیت و کاربرد بلوک‌های سیمانی- نشریه ۶۹۳ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۲.

۲۰- سیستم و زیرسیستم قطعات و پانل‌های بتن هوادار اتوکلاو شده- نشریه ۴۹۷ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۹.

۲۱- ضوابط بلوک‌های سیمانی متخلخل اتوکلاو نشده- نشریه ۶۵۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۱.

۲۲- بلوک‌های بتنی سبک هوادار اتوکلاو نشده (مشخصات و روش تولید) - نشریه ۶۷۶ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۲.

۲۳- راهنمای تولید، اجرا، کاربرد و ضوابط بتن کفی (بتن‌های هوادار اتوکلاو نشده) - نشریه ۷۰۷ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۳.

۲۴- سیستم دیوار خارجی با بلوک سفالی نوین- نشریه ۴۹۴ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۷.

۲۵- آجر و بلوک سفالی سبک با مواد افزودنی- نشریه ۶۰۱ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۲۶- زیرسیستم نمای تخته سیمانی روی عایق حرارتی- نشریه ۹۴۱ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۹.

۲۷- سیستم نمای مرکب عایق و اندود- نشریه ۴۹۶ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۹.

۲۸- سامانه‌های مرکب عایق حرارتی بیرونی (ETICS) - نشریه ۶۰۰ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۲۹- مشخصات مکانیکی و دوام سامانه‌های مرکب نمای عایق حرارتی بیرونی- نشریه ۶۸۶ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۲.

۳۰- ملات خشک آماده- نشریه ۵۰۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۳۱- ملات خشک آماده: ویژگی‌ها و مزایا- نشریه ۶۵۹ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۲.

۳۲- راهنمای کنترل کیفیت و اجرای ملات خشک آماده - ملات بنایی و ملات اندودکاری- نشریه ۷۰۱ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۳.

۳۳- سیستم قاب سبک فولادی- نشریه ۴۸۸ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۹.

۳۴- آیین‌نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سبک سرد نورد- نشریه ۶۰۸ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۳۵- مطالعه و بررسی سیستم ساختمانی سبک فولادی (LSF) - نشریه ۵۸۱ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۱.

۳۶- سیستم صفحات ساندویچی با بتن پاششی (تری دی) - نشریه ۴۸۶ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۷.

۳۷- سیستم قالب‌های عایق ماندگار- نشریه ۴۹۳ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۹.

۳۸- راهنمای طراحی و اجرای سیستم ساختمانی دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار (ICF) - نشریه ۵۷۵ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۳۹- سیستم دیوار باربر بتن مسلح با قالب‌های عایق ماندگار دیواری (ICF) از جنس پلی‌استایرن منبسط شده- نشریه ۵۹۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۴۰- سیستم صفحات بزرگ تغییر یافته- نشریه ۴۸۹ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۷.

۴۱- سیستم دیوار دو لایه یا قالب سر خود بتنی- نشریه ۴۸۷ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۹.

۴۲- سیستم قاب پیش‌ساخته و نیمه‌پیش‌ساخته بتن مسلح- نشریه ۴۹۸ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۹.

۴۳- دستورالعمل ساخت و اجرای سیستم قاب ساختمانی ساده بتن مسلح پیش‌ساخته به همراه دیوار برشی بتن مسلح درجا- نشریه ۵۸۴ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۴۴- دستورالعمل اجرایی سیستم ساختمانی نیمه‌پیش‌ساخته بتنی متشکل از پانل‌های دیوار و سقف و بتن درجا- نشریه ۵۸۵ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۴۵- سیستم تیلت آپ- نشریه ۴۹۰ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۷.

۴۶- سیستم خانه‌سازی بتنی درجا با قالب‌های یکپارچه دیواری و سقفی- نشریه ۴۹۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۹.

۴۷- سیستم بتنی قالب تونلی- نشریه ۴۹۵ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۹.

۴۸- دستورالعمل اجرایی روش ساخت ساختمان‌های بتنی درجا با قالب یکپارچه دیواری- نشریه ۵۸۳ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۴۹- سیستم خانه‌های اسکلت سبک چوبی- نشریه ۵۰۰ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۹.

۵۰- کاهش هزینه‌های ساخت و طراحی معماری ساختمان‌های مسکونی- نشریه ۴۹۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۳.

۵۱- معرفی اصول ساخت آزاد مجموعه‌های مسکونی به منظور کاربرد در پروژه‌های انبوه‌سازی- نشریه ۴۷۳ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۶.

۵۲- راهنمای ارزیابی سیستم‌های ساختمانی در طرح و ساخت مسکن- نشریه ۳۹۹ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۸.

۵۳- کتابچه فناوری‌های نوین ساختمانی (ویرایش پنجم)_ سال ۱۳۸۸.

۵۴- الزامات کاربرد فن‌آوری‌های صنعت ساختمان در ایجاد مسکن مطلوب- نشریه ۶۲۱ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۱.

۵۵- ارزیابی فناوری‌های ساختمان به روش تولید صنعتی (سازه و اجزای معماری) - نشریه ۵۴۳ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۴.

۵۶- اصول ساخت آزاد پروژه‌های انبوه‌سازی مسکن- نشریه ۶۰۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۹۰.

۵۷- استاندارد ۲۸۰۰ ایران، آیین نامه طراحی ساختمان¬ها در برابر زلزله، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۴.

۵۸- پیوست ششم آئین‌نامه ۲۸۰۰

۵۹- نشریه ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه بازنگری اول، ۱۴۰۱

۶۰- نشریه ۳۲۶ سازمان برنامه و بودجه

۶۱- نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه

62- NIST (2015), Seismic Design of Steel Buckling-Restrained Braced Frames: A guide for practicing engineers, NIST GCR 15-917-34, NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 11, produced by the NEHRP Consultants Joint Venture, a partnership of the Applied Technology Council and the Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering, for the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

63- AISC (2016), Specification for structural steel buildings, ANSI/AISC 360-16, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.

64- AISC (2016), Seismic provisions for structural steel buildings, ANSI/AISC 341-16, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.

65- ASCE. (2017), Minimum design loads for buildings and other structures, ASCE/SEI 7-16, Reston, VA.

66- ASCE (2017), Seismic rehabilitation of existing buildings, ASCE/SEI 41-17, American Society of Civil Engineers, Reston, VA.

67- NEHRP (2020), Recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures, FEMA P-2082, Building Seismic Safety Council, National Institute of Building Sciences, Washington, DC.

68- DOP_CI.00002.BKZW / Version-6: 2019/05/21

69- DOP_CI.00003.BKZW/Version-5: 2019/05/27

70- ATG 1857

71- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۴۹۱؛

72- گزارش‌های ACI 544؛

73- استاندارد ASTM C1116؛

74- استاندارد ASTM C1609 .

75- ASTM D2256 -15 Standard Test Method for Tensile Properties of Yarns by the Single-Strand Method

76- ASTM D1907 -12 Standard Test Method for Linear Density of Yarn (Yarn Number) by the Skein Method

77- ASTM D638-14 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics

78- ASTM D695-15 Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics

79- ASTM D790-17 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials

80- ASTM D732-17 Standard Test Method for Shear Strength of Plastics by Punch Tool

81- ASTM D6606--17 Standard Test Method for Viscosity and Yield of Vehicles and Varnishes by the Duke Viscometer

82- DOP_CI.00002.BKZW / Version-6: 2019/05/21

83- DOP_CI.00003.BKZW/Version-5: 2019/05/27

84- ATG 1857

85- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۴۹۱؛

86- گزارش‌های ACI 544؛

87- استاندارد ASTM C1116؛

88- استاندارد ASTM C1609 .