سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
Khorasan Razavi Construction Engineering Organization

جزوه درسی

روش‌های ساخت و فناوری‌های نوین ساخت

پروفسور محسن گرامی

مرداد – ۱۴۰۳

توجه: این جزوه خلاصه‌ای از «مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان» «کتابچه فناوری‌های نوین مورد استفاده در صنعت ساختمان» و «شناسایی شرکت ها و فناور های دارای توانمندی برای مشارکت در طرح جهش تولید مسکن» مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی است.

کلیات صنعتی‌سازی

و

فلوچارت مرکز تحقیقات

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شناسایی شرکت‌ها و فناورهای دارای توانمندی برای مشارکت در طرح جهش تولید مسکن

در راستای مصوبه شورای معاونین و تشکیل حلقه‌های اندیشه‌ورز و استفاده از شرکت‌های دانش‌بنیان و داری ایده‌های نو در صنعت ساختمان

آذر ماه ۱۴۰۰

نشست تخصصی با
شرکت‌های دانش بنیان
در حوزه راه، مسکن و شهرسازی

شرکت‌های دانش بنیان
در حوزه راه، مسکن و شهرسازی

❑ قانون جهش تولید مسکن (۱۴۰۰)

○ به استناد ماده ۲۰: وزارت راه و شهرسازی مکلف است در تهیه دستورالعمل طراحی و ساخت طرح (پروژه)های مسکن حمایتی، تحقق هویت و فرهنگ و سبک زندگی غنی اسلامی–ایرانی را صیانت کند و الزامات زیست محیطی، بهره‌وری انرژی، پدافند غیرعامل، پایداری، ارتقای کیفیت، استحکام و ایمنی در برابر حوادث طبیعی و غیر مترقبه را با استفاده از روش‌های مناسب از جمله صنعتی سازی مسکن رعایت نماید.

❑ ابلاغ ۱۰ اقدام راهبردی وزارت راه و شهرسازی در راستای طرح جهش تولید مسکن (۱۴۰۰)

راه‌اندازی حلقه‌های اندیشه‌ورز با متولی‌گری معاونت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع: این معاونت در همکاری با **مرکز تحقیقات راه، مسکن و ساختمان** این کار را به انجام می‌رساند.

- ❑ در این بخش برنامه‌ریزی تشکیل کارگروه مشترک هم‌فکری و ایده‌پردازی با حضور همکاران توانمند ستادی، نخبگان دانشگاهی، فعالان و مجریان بخش خصوصی در حوزه‌های مربوط با وزارتخانه و مدیران ستادی در سطح ملی و استانی و کمک به پیاده‌سازی پژوهش‌های دانش‌پایه و تجربیات روز دنیا در طرح‌ها و برنامه‌های وزارتخانه است.

❑ اساسنامه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (۱۳۵۶)

❑ماده ۱ – هدف:

❑به منظور **هماهنگ نمودن، متمرکز ساختن و اجرای برنامه‌های مطالعاتی و تحقیقاتی در مورد ساختمان و مسکن** و مصالح و روش‌های ساختمانی و تهیه ضوابط مربوط به آن‌ها و انجام راهنمایی‌های لازم در **اجرای برنامه‌های خانه‌سازی، تولیدات ساختمانی متناسب با احتیاجات کشور با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و مقتضیات محل و صنعتی نمودن ساختمان،** مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن که در این اساسنامه مرکز نامیده می‌شود و وابسته به وزارت مسکن و شهرسازی است **تأسیس می‌گردد.**

❑ ه – بررسی و اظهار نظر در مورد ساختمان‌های صنعتی و پیش‌ساخته و یا پیش‌سازی قطعات ساختمانی و روش‌های تولید آن‌ها.

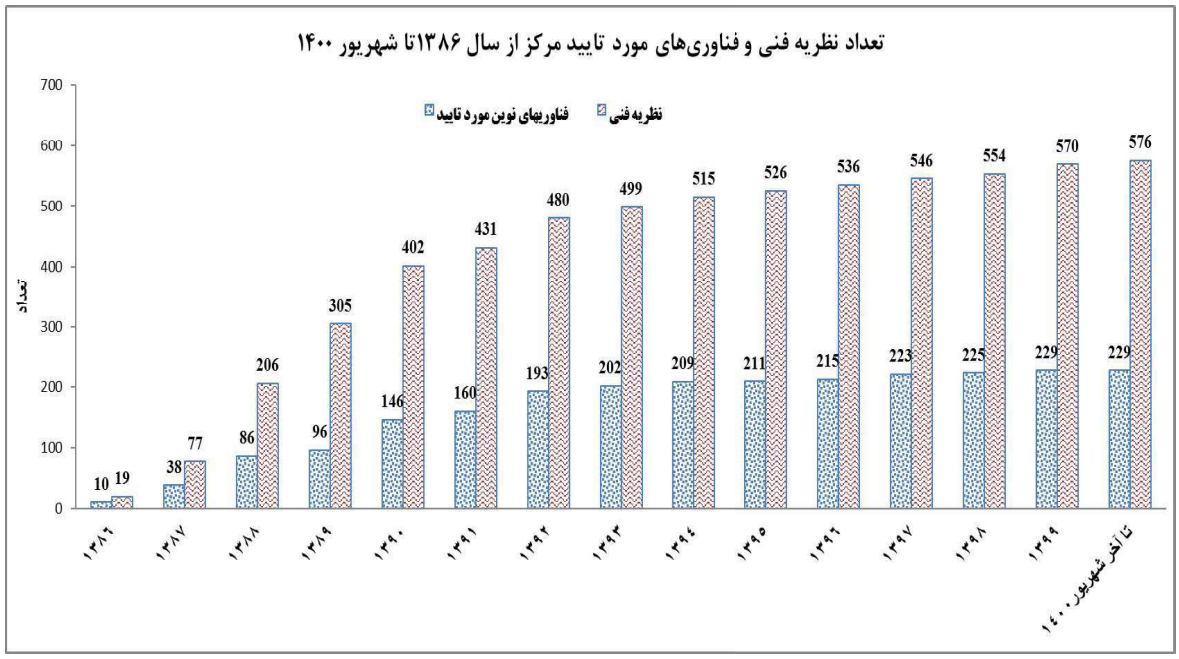
❑ و – بررسی شیوه‌های مدیریت ساختمانی به منظور انتخاب و ارائه شیوه‌های مناسب برای بالابردن بازدهی تولید ساختمان و مسکن.

❑ انجام آزمایش فنی و ارائه خدمات تحقیقی همچنین صدور گواهینامه‌های فنی بر اساس آزمایش‌های انجام شده در مورد مصالح و روش‌ها، اجزاء ساختمان و کلیه لوازم ساختمانی جدید برای مؤسسات و افراد متقاضی در مورد وسائل ساختمان و مسکن در مقابل دریافت حق‌الزحمه.

❑ قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن (۱۳۸۷)

- به استناد ماده ۱۶ آیین نامه اجرایی ماده (۱۴) قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن، «**مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، موظف به 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 است**».
- به استناد ماده ۲۶ آیین نامه اجرایی قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن، وزارت راه و شهرسازی (مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی) موظف به «**تسهیل و تسریع در بررسی و اظهار نظر درخصوص فناوری‌های جدید ساخت صنعتی ظرف دو ماه از زمان معرفی فناوری توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن**» می‌باشد.

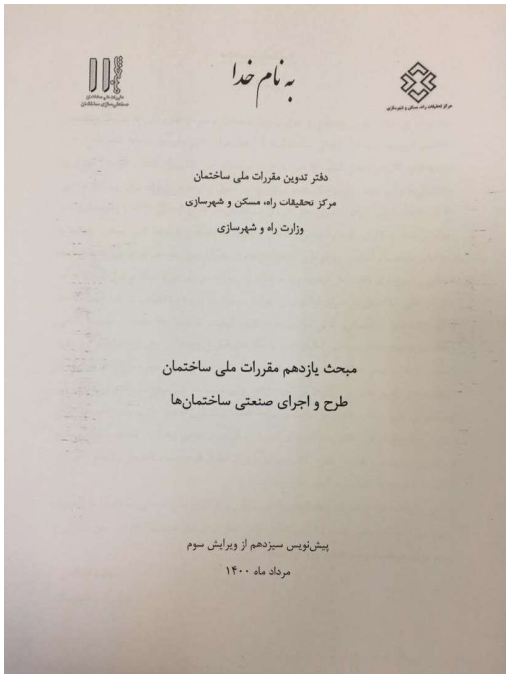
در این راستا، مرکز از سال ۸۶ تاکنون نسبت به اعطای قریب به ۵۸۰ نظریه و تایید فنی اقدام نموده که حدود ۲۳۰ مورد از آن‌ها جزو فناوری‌های نوین محسوب می‌شدند.



مقدمه (برخی از اقدامات انجام شده)

- بازنگری کتابچه فناوری‌های نوین (در دست چاپ می‌باشد).
- تشکیل دبیرخانه صنعتی‌سازی در مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی بمنظور ایجاد وحدت رویه و هدف‌گذاری در این زمینه.

مقدمه (برخی از اقدامات انجام شده)



- بازنگری مبحث ۱۱ مقررات ملی ساختمان و تصویب (آماده ابلاغ)

ضرورت ها در زمینه صنعتی سازی و استفاده از فناوری های نوین

- آشنایی بیشتر مهندسین با اصول طراحی و نکات فنی- اجرایی سیستم ها و فناوری های نوین
- لزوم ایجاد مهارت کافی و آموزش نیروی متخصص ماهر و فنی در اجرای سیستم های جدید
- لزوم آموزش دستگاه نظارت لازم، توانمند، با تجربه و آشنا با سیستم های نوین

- لزوم سازگاری سیستم های نوین با شرایط لرزه ای، اقلیمی و فرهنگی نقاط مختلف کشور

- لزوم سرعت ساخت و توجیه اقتصادی برای اجرای سایر اجزای ساختمان مانند اجزای غیرسازه ای معماری، نازک کاری، نما و اجرای تاسیسات مکانیکی و برقی بعد از اجرای اسکلت

- لزوم پشتیبانی و ایجاد فضای کار و ارایه سفارش به کارخانجات تولیدی محصولات و فناوری مناسب

گزارش جلسه
شناسایی شرکت‌های دارای سیستم و فناوری نوین و ارزیابی امکان مشارکت در طرح جهش تولید مسکن

مقدمه

- **این جلسه به معرفی سیستم‌ها و توانمندی شرکت‌های دارای فناوری نوین و نظریه فنی اختصاص داشت.**
- **۲۱ شرکت حضور داشتند که ۱۷ شرکت نسبت به ارایه سیستم‌ها و فناوری‌های خود اقدام نمودند.**
- **در ادامه گزارشی از برگزاری این نشست و دستاوردهای آن پرداخته شده است.**
- **شایان ذکر است :**
  - شرکت‌های دعوت شده بر اساس تجربیات و دانش تخصصی مرکز در زمینه سیستم‌هایی که قابلیت استفاده در طرح جهش تولید مسکن دارند و طی نامه شماره ۱۰۵۲۴ مورخ ۱۴۰۰/۶/۲۴ به وزیر محترم راه و شهرسازی ارسال شده بود انتخاب شدند و با توجه به محدودیت‌ها موجود تنها برخی از تولیدکنندگان از هر سیستم یا فناوری حضور یافتند. بدیهی است در جلسات آتی و تخصصی تولیدکنندگان بیشتری در هر زمینه دعوت خواهند شد.

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

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 کارخآن‌های 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 رایآن‌های 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 کارخانه‌ای
- 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.

به نام خدا

وزارت راه و شهرسازی

معاونت مسکن و ساختمان

مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان

طرح و اجرای صنعتی ساختمان‌ها

inbr.ir

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

ویرایش سوم (۱۴۰۰)

۱۱-۱ کلیات

۱۱-۱-۱ دامنه

ضوابط صنعتی‌سازی، کل چرخه حیات ساختمان را شامل می‌شود. در این مبحث، بر ارایه ضوابط طراحی و اجرای ساختمان‌ها به روش صنعتی تمرکز شده و سازگاری ضوابط ارایه‌شده با سایر ارکان چرخه حیات ساختمان مورد توجه قرار گرفته است.

توضیح: چرخه حیات ساختمان شامل مراحل "پیش از اجرا"، "اجرا" و "پس از اجرا" است. مرحله "پیش از اجرا" شامل دو بخش پدیدآوری و طراحی است. "اجرا" سه بخش تجهیز، تدارک و ساخت را دربر می‌گیرد. "پس از اجرا" مشتمل بر چهار بخش بهره‌برداری، نگهداری، بازسازی و تخریب است.

۱۱-۱-۲ هدف

هدف، ارایه ضوابط صنعتی‌سازی ساختمان با رویکرد توسعه پایدار است که در هفت محور اصلی زیر دنبال می‌شود:

۱۱-۱-۲-۱ افزایش ایمنی و بهداشت

۱۱-۱-۲-۲ بهره‌وری منابع

۱۱-۱-۲-۳ افزایش سرعت

۱۱-۱-۲-۴ بهبود کیفیت و دوام

۱۱-۱-۲-۵ پرهیز از آسیب به محیط‌زیست

۱۱-۱-۲-۶ بهبود مصرف انرژی

۱۱-۱-۲-۷ توجه به مطلوبیت و آسایش

بر این اساس، مصادیق صنعتی‌سازی ساختمان برای سنجش میزان صنعتی‌سازی هر ساختمان ارایه شده است. ضوابطی نیز، در مسیر دستیابی به ساختمان سبز، تحت عنوان "حامی محیط‌زیست"، قید و تامین حداقلی از این ضوابط، برای ساختمان‌های صنعتی الزامی شده است.

inbr.ir

۱۱-۱-۳ تعاریف

واژه‌ها، عبارات و اصطلاحات به‌کار رفته در این مبحث، به معانی مشروحه زیر است:

۱۱-۱-۳-۱ **آب خاکستری:** آبی غیرآشامیدنی، تحصیل‌شده از فاضلاب خروجی از دستشویی، وان، زیردوشی، لگن یا ماشین رخت‌شویی که منحصرا برای شستشوی توالت‌ها، یورینال‌ها و آبیاری زیرسطحی ممکن است مورد استفاده دوباره قرار گیرد.

۱۱-۱-۳-۲ **اجزای ساختمانی مدولار:** اجزای ساختمانی که اندازه آنها، از رابطه (۱۱-۱-۱) به‌دست می‌آید:

$$d = d_{\min} + i \times M \ , \ 0 \le i \le i_{\max} \qquad (1\text{-}1\text{-}11)$$

در رابطه (۱۱-۱-۱)، d اندازه انتخابی مجاز، $d_{\min}$ حداقل اندازه مجاز طبق مراجع معتبر، i عدد صحیح غیرمنفی با حداکثر مقدار مجاز $i_{\max}$ طبق مراجع معتبر و M مدول است. برای تعریف مدول به بند ۱۱-۱-۳-۲۲ مراجعه شود.

۱۱-۱-۳-۳ **استاندارد ابعادی در ساختمان:** اندازه‌های مقررشده برای فضاها، مصالح، قطعات، لوازم و تجهیزات ساختمانی که برای تامین هماهنگی ابعادی استفاده می‌شود. هماهنگی ابعادی در بند ۱۱-۱-۳-۲۷ تعریف شده است.

۱۱-۱-۳-۴ **انبوه‌سازی صنعتی:** ساخت تعداد کافی واحد مشابه یا مجموعه واحدهای ساختمانی مشابه با کیفیت مطلوب، طی زمان مناسب و با توجیه اقتصادی است. معیار تعداد کافی، استفاده از روش‌های ویژه طرح و ساخت صنعتی با توجه به مزیت تکرار است.

۱۱-۱-۳-۵ **بهره‌وری:** ترکیب بهینه و موزون منابع و زمان برای دستیابی به اهداف تعریف‌شده است و معیاری برای ارزیابی بازدهی فعالیت‌های تولیدی است. بهره‌وری از حاصل نسبت خروجی (ستانده) به ورودی (داده) محاسبه می‌شود. به عبارت بهتر، "میزان خروجی به ازای واحد ورودی" است.

$$\text{بهره‌وری} = \frac{\text{خروجی یا ستانده}}{\text{ورودی یا داده}} \qquad (2\text{-}1\text{-}11)$$

صورت و مخرج رابطه (۱۱-۱-۲) باید واحد یکسانی داشته باشند که معمولا یا به صورت منابع مورد استفاده، نظیر نیروی کار، ماشین‌آلات و ... یا معادل ارزش اقتصادی آنها است. هنگامی که در فرآیند

تولید، نسبت تمام خروجی‌ها به کلیه ورودی‌ها محاسبه شود، به آن بهره‌وری کلی و در صورتی‌که برای فعالیت‌های جزیی ارزیابی گردد، به آن بهره‌وری جزیی اطلاق می‌شود. بهره‌وری صنعت ساختمان در سه سطح، قابل تعریف است: صنعت ساختمان، پروژه ساختمانی و فعالیت‌های خرد.

توضیح: بهره‌وری صنعت ساختمان در سطح ملی که قسمت مهمی از تولید ناخالص داخلی را شامل می‌شود، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های توسعه اقتصادی است که پیش‌نیاز برآورد آن، جمع‌آوری درست و مدون اطلاعات مجموعه وسیعی از طرح‌های ساخت گوناگون با ابعاد مختلف در بخش‌های خصوصی و دولتی است؛ لذا تعیین آن، نیازمند سازمان‌های تخصصی و نظامات ویژه مستندسازی است. توسعه‌یافتگی در صنعت ساختمان با افزایش بهره‌وری و حجم تولید مستحدثات سرمایه‌ای ارتباط مستقیم دارد.

در سطح یک پروژه، بهره‌وری را می‌توان از حاصل تقسیم ارزش سرمایه‌ای مستحدثات بر هزینه‌های انجام کار یا منابع مورد استفاده تعیین نمود. در محاسبه هزینه‌های انجام کار، باید کلیه هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم نظیر هزینه‌های مرتبط با کیفیت، زمان، ایمنی و محیط‌زیست را لحاظ نمود.

در سطح سوم یا یک فعالیت خرد، سنجش خروجی و ورودی بازهم ساده‌تر است. در این مورد، خروجی را می توان در قالب ارزش اقتصادی معادل کار انجام‌شده و ورودی را به صورت ارزش اقتصادی معادل نفر-ساعت نیروی انسانی، مصالح مورد استفاده، زمان صرف‌شده و ماشین‌آلات به‌کار رفته برای آن حجم مشخص از کار محاسبه نمود.

۱۱-۱-۳-۶ **پیش‌دال:** بخشی از دال بتنی است که در روی زمین ساخته و پس از کسب مقاومت لازم، به محل نصب متناظر آن در سقف منتقل می‌شود و برای بتن‌ریزی بقیه دال، نقش قالب را ایفا می‌کند.

۱۱-۱-۳-۷ **پیش‌ساختگی:** پیش‌ساختگی، تولید صنعتی قسمت‌های مختلف ساختمان در محیطی کنترل‌شده است. در این محیط، عوامل جوی؛ شامل دما، باد و بارش؛ تاثیری بر روند تولید و کیفیت محصول نخواهند داشت. از این‌رو، سرعت و کیفیت محصولات تولید شده، بالاتر خواهد رفت. با پیش‌ساختگی، تولید ضایعات ساختمانی کاهش و قابلیت تفکیک / بازیافت آنها افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که "محیط کنترل‌شده" می‌تواند در کارخانه یا در محل پروژه باشد.

۱۱-۱-۳-۸ **دفترچه بهره‌برداری:** مجموعه‌ای از اطلاعات ساختمان، شامل نقشه‌های چون‌ساخت و روش اجرا؛ نتایج آزمایشگاهی؛ مشخصات مصالح، اجزا و تاسیسات؛ فهرست تامین‌کنندگان مصالح؛ و

دستورات لازم برای راهبری، تعمیر و نگهداری است. بخشی از اطلاعات مذکور در شناسنامه فنی و ملکی، منظور می‌شود.

۱۱-۱-۳-۹ **سطح زمین:** تراز متوسط کف معبر / معابر مجاور است.

۱۱-۱-۳-۱۰ **شاخص تکمیلی صنعتی‌سازی ساختمان:** عددی است بین صفر و ۱۰۰ که برای یک ساختمان، بر اساس روابط و جداول این مبحث، به منظور تعیین میزان به‌کارگیری ضوابط انتخابی صنعتی‌سازی محاسبه می‌شود.

۱۱-۱-۳-۱۱ **شاخص حامی محیط‌زیست:** عددی است بین صفر و ۱۰۰ که بر اساس دو معیار اصلیِ مدیریت مصرف آب و نیز مدیریت مصرف انرژی ارزیابی می‌شود.

۱۱-۱-۳-۱۲ **صنعتی‌سازی ساختمان:** رویکردی برای احداث ساختمان، با بهره‌گیری از مزیت تکرار است که با جایگزینی نسبی ماشین به جای نیروی انسانی، تحت مدیریت یکپارچه، به بهبود بهره‌وری منابع، افزایش سرعت تولید و بالا بردن و یکسان‌سازی کیفیت منجر می‌شود.

۱۱-۱-۳-۱۳ **طرح و ساخت:** شیوه‌ای که در آن مدیریت طرح و ساخت برعهده یک مجموعه واحد است. طراحی با لحاظ‌کردن نظرات مجری، به منظور کاهش خطاها و در نتیجه افزایش سرعت فعالیت‌ها انجام می‌شود.

۱۱-۱-۳-۱۴ **غیرانبوه‌سازی صنعتی:** در غیرانبوه‌سازی صنعتی به سبب تکرار محدود، استفاده از قطعات پیش‌ساخته کارخانه‌ای و احداث بنا با نصب آنها یا پیش‌سفارشی صنعتی کل ساختمان اولویت می‌یابد. شایان توجه است که لازمه رونق در تولیدات کارخانه‌ای، داشتن استاندارد کیفی و ابعادی و نیز مدولار بودن قطعات، تاسیسات و تجهیزات گوناگون مورد استفاده در ساختمان است.

۱۱-۱-۳-۱۵ **قالب سنتی:** قالبی با تعداد تکرار کم که انطباق آن با معماری، در دفتر فنی یا مهندسی طراحی نشده و برای نصب، به تغییر ابعاد در محلِ اجرا نیاز باشد.

۱۱-۱-۳-۱۶ **قالب صنعتی:** قالبی با تعداد تکرار زیاد که انطباق آن با معماری، در دفتر فنی یا مهندسی به گونه‌ای طراحی شده باشد که در محل اجرا، فقط فعالیت سرهم‌کردن قطعات قالب و نصب آنها انجام شود.

۱۱-۱-۳-۱۷ **قالب‌بندی صنعتی:** روش قالب‌بندی است که در آن از قالب‌های صنعتی برای بتن‌ریزی استفاده شود.

۱۱-۱-۳-۱۸ **قالب ماندگار:** قالبی است که پس از گیرش بتن، در محل خود باقی می‌ماند و ممکن است غیر از نقش نگهدارنده، وظایف دیگری از جمله عایق‌بودن، ظرفیت باربری و ... را به تناسب جنس و ضخامت آن، بر عهده داشته باشد.

۱۱-۱-۳-۱۹ **کتاب پروژه:** مجموعه‌ای از اطلاعات ساختمان و فرآیندهای پروژه در کنار درس‌آموخته‌های اجرا است. اطلاعات ساختمان شامل جزییات طراحی و روش اجرا، نتایج آزمایشگاهی، فهرست تامین‌کنندگان مصالح و برنامه زمان‌بندی است.

۱۱-۱-۳-۲۰ **لوله‌کشی صنعتی برای انتقال آب / فاضلاب:** روش لوله‌کشی است که در محل، سریعا نصب می‌شود. انتخاب جنس لوله، ساز و کار اتصال آن و تمهیدات طراحی در دفتر فنی یا مهندسی، از عوامل دستیابی به معیارهای سه‌گانه صنعتی‌سازی، طبق تعریف بند ۱۱-۱-۳-۲۱ است. تهیه نقشه لوله‌کشی، برآورد فهرست مصالح مورد نیاز و تعیین موارد قابل پیش‌سازی در کارگاه بر اساس نقشه لوله‌کشی، از جمله تهمیدات طراحی در دفتر فنی یا مهندسی است.

۱۱-۱-۳-۲۱ **معیارهای سه‌گانه صنعتی‌سازی:** بهره‌وری منابع، افزایش سرعت، بهبود و یکسان‌سازی سطح کیفیت، سه معیار عمده صنعتی‌سازی است که حتی عدم رعایت یکی، موجب غیرصنعتی‌شدن پروژه می‌شود.

۱۱-۱-۳-۲۲ **مدول:** واحدی از اندازه است که طبق مراجع معتبر برای هماهنگ نمودن ابعاد در نظام هماهنگی اندازه‌ها به‌کار برده می‌شود.

۱۱-۱-۳-۲۳ **مدولارسازی:** به طراحی ساختمان با اجزای مدولار، طبق تعریف بند ۱۱-۱-۳-۲ اطلاق می‌شود. شایان توجه است که مدولارسازی، بالاترین حد هماهنگی ابعادی، طبق تعریف بند ۱۱-۱-۳-۲۷ است.

۱۱-۱-۳-۲۴ **نظام تضمین کیفیت:** طراحی تولید و سایر مولفه‌های موثر بر آن، به نحوی که احتمال انحراف کیفیت محصول نهایی از مقررات و انتظارات طرف‌های ذی‌نفع، به ویژه سازنده و کارفرما به

حداقل برسد. نظام تضمین کیفیت متوجه فرآیند است و ریشه‌یابی بروز خطاهای تکرارشونده از طریق ممیزی و اصلاح عوامل به‌وجود آورنده آنها، از نکات مهم آن است.

۱۱-۱-۳-۲۵ **نظام کنترل کیفیت:** بازرسی نظام‌مند تمامی عوامل تاثیرگذار در تولید، برای تطابق کیفیت محصول نهایی با مقررات و نیز نیازهای سازنده و کارفرما است. نظام کنترل کیفیت متوجه محصول است و اصلاح نقص‌ها و بازرسی مجدد برای حصول از انطباق، از نکات مهم آن است.

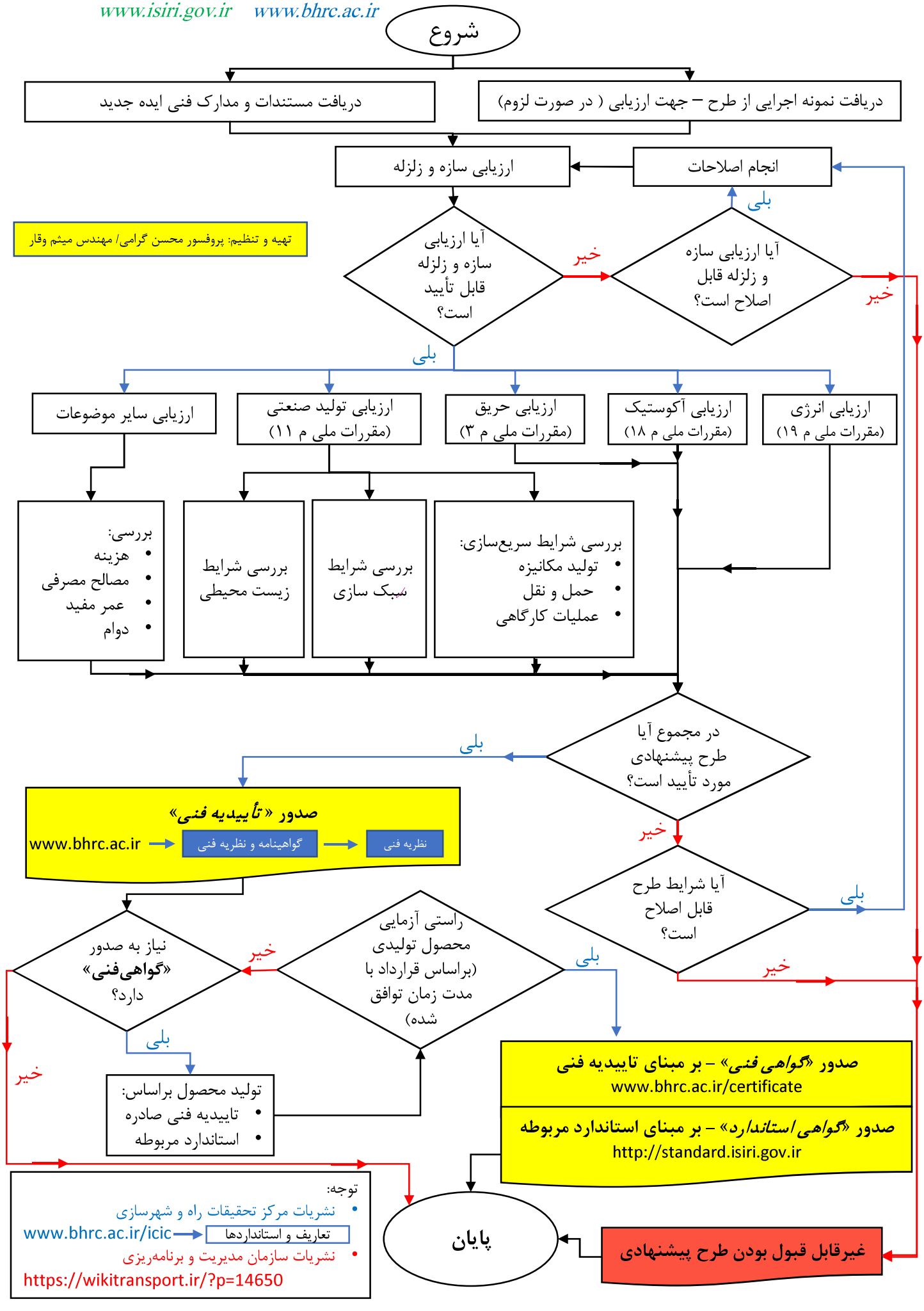
۱۱-۱-۳-۲۶ **نمای صنعتی:** به نمایی اطلاق می‌شود که معیارهای سه‌گانه صنعتی‌سازی، جملگی در آن محقق شده باشد. از مصادیق تحقق این معیارها، کاهش مراحل اجرا از طریق تلفیق مراحل، استفاده از قطعات پیش‌ساخته، نصب خشک و کاربرد مصالح سبک‌تر و عایق‌تر است. همچنین، تهیه نقشه‌های کارگاهی نما و ایجاد قابلیت پیش‌سازی در دفتر فنی یا مهندسی، از اصول اساسی نیل به این معیارها است. از نمونه‌های منطبق با این تعریف، می‌توان به نماهای خارجی صنعتی مانند تخته سیمانی، سرامیک، شیشه، کامپوزیت، بتن پیش‌ساخته، بتن نمایان، پنل خورشیدی و لوور اشاره کرد.

۱۱-۱-۳-۲۷ **هماهنگی ابعادی در ساختمان:** مجموعه‌ای از اصول قراردادی برای ایجاد تناسب در ابعادِ فضاها، مصالح، قطعات، لوازم و تجهیزات ساختمانی که به منظور امکان‌پذیری و بهبود کارآیی ساخت و سرهم کردن اجزای مختلف ساختمان استفاده می‌شود.

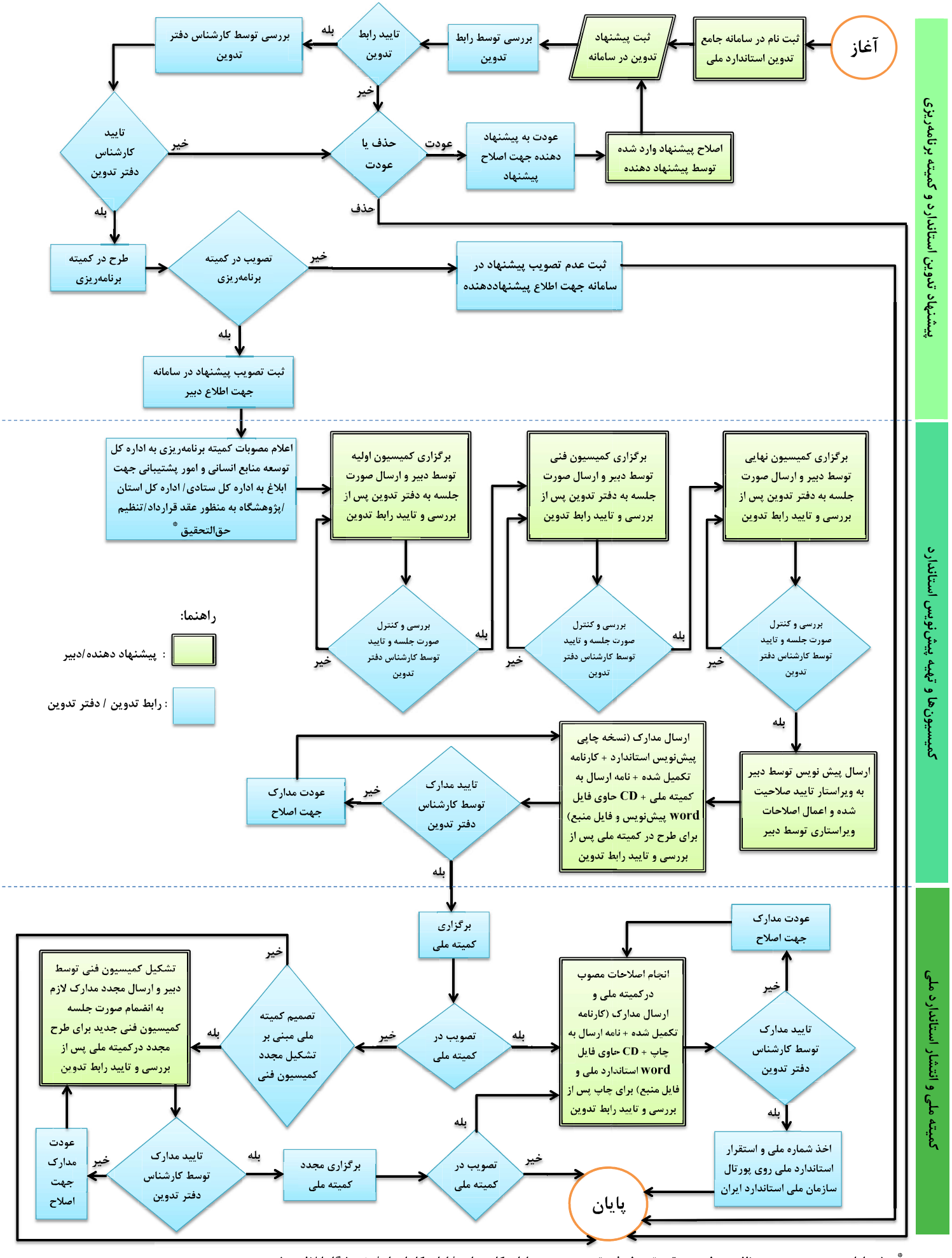
inbr.ir

روند تأییدیه و گواهی فنی سیستم های نوین ساختمانی (مرکز تحقیقات و موسسه استاندارد)

www.isiri.gov.ir www.bhrc.ac.ir



«فرآیند تدوین استانداردهای ملی ایران»



* پیشنهادات مصوب به صورت موظف، به طور مستقیم توسط دفتر تدوین به دبیر و اداره کل ستادی/ اداره کل استان/ پژوهشگاه ابلاغ می‌شود.

پلی‌استایرن

۱۱-۶-۳-۲-۲۷ هر نوع پوشش یا نمای ساختمان مجاز است و باید توسط اتصالات مکانیکی استاندارد به هسته بتنی یا رابط قالب‌ها مهار شود.

۱۱-۶-۳-۲-۲۸ حداقل ضخامت پوشش نمای مورد نیاز برای سیستم ساختمانی ICF باید مطابق نشریه ض-۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشد و در هر حال نباید کمتر از ۱۵میلی متر در نظر گرفته شود.

۱۱-۶-۳-۲-۲۹ برای اجرای اندود باید از توری فلزی، رابیتس یا شبکه فولادی مناسب که در فواصل استاندارد به جداره بتنی متصل شده‌اند، استفاده شود و قبل از بتن‌ریزی دیوارها، باید تمهیدات لازم جهت مهار توری، رابیتس یا شبکه فولادی به دیوار، توسط اتصالات مفتولی یا نظایر آن در نظر گرفته شود.

۱۱-۶-۳-۲-۳۰ چنانچه اتصال پوشش نما به دیوار، از طریق رابط‌های پلاستیکی باشد، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان ۷/۲ متر خواهد بود.

۱۱-۶-۳-۲-۳۱ رواداری‌های سیستم ساختمانی ICF باید مطابق ضوابط رواداری‌های دیوارها و دال‌های مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲ **ملاحظات خاص استفاده از پلی‌استایرن**

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۱ پلی‌استایرن باید از نوع منبسط‌شونده کندسوز، مطابق با استاندارد ASTM و با تایید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۲ انبارکردن پلی‌استایرن، با حجم بیش از ۶۰ مترمکعب مجاز نیست؛ درصورت نیاز به ذخیره‌سازی مقادیر بیشتر، باید بین هر انبارش حداقل ۲۰ متر فاصله باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۳ برای حفاظت از بلوک سقفی پلی‌استایرن و محافظت از تماس مستقیم هرگونه حریق احتمالی با آن، لازم است زیر سقف به وسیله پوشش مناسب مانند یک تخته گچی به ضخامت حداقل ۱۲/۵ میلی‌متر یا اندود گچ به ضخامت حداقل ۱۵ میلی‌متر محافظت شود.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۴ محافظت از بلوک دیواری پلی‌استایرن باید به وسیله پوشش مناسب به عمل آید. این پوشش می‌تواند یک تخته گچی با ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر یا سایر مصالحی که بر اساس مدارک فنی مصوب و معتبر، از نظر مقاومت در برابر دمای بالا معادل آن عمل می‌کند، باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۵ پوشش محافظت‌کننده بلوک‌های پلی‌استایرن باید دارای اتصال مکانیکی به سازه باشد. اتصال مستقیم پوشش به پلی‌استایرن، به تنهایی، مجاز نیست.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۶ دیوارهای بین واحدهای مستقل مانند دیوار بین آپارتمان‌های مسکونی یا واحدهای تجاری، اداری در هر ساختمان، باید دارای مقاومت کافی در برابر آتش باشند. در این دیوارها باید به صورت مناسب از مصالح حریق‌بند استفاده شود؛ به گونه‌ای که بلوک‌های پلی‌استایرن در قسمت بین دو فضای مجاور پیوستگی نداشته باشند و از گسترش هر گونه حریق احتمالی بین دو فضایی که به وسیله دیوار مقاوم در برابر آتش از یکدیگر جدا شده‌اند، جلوگیری شود. برای جزییات این ضوابط به نشریه ض-۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مراجعه شود.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۷ به منظور تامین مقاومت کافی سقف‌ها در مقابل آتش لازم است لایه پلی‌استایرن در مرز سقف / کف هر طبقه قطع شود و بین طبقات امتداد نداشته باشد. در این قسمت‌ها، در صورت نیاز و برای تامین مقاومت لازم باید از مسدودکننده‌های آتش استفاده شود.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۸ در مناطقی که در معرض خطر حمله حشرات موذی، مانند موریانه قرار دارد لازم است تمهیدات لازم برای محافظت از لایه پلی‌استایرن به عمل آید.

۱۱-۶-۴ ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته

۱۱-۶-۴-۱ کلیات

در ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته، تمامی اجزای سازه‌ای و برخی از اجزای غیرسازه‌ای ساختمان از قطعات بتن پیش‌ساخته تولیدشده در کارخانه تشکیل می‌شوند. قطعات بتنی پیش‌ساخته شامل تیر، ستون، سقف، دیوار، پله و نما می‌باشند. محدودیت ابعاد و وزن این قطعات به ظرفیت تجهیزات موجود برای تولید، حمل و نصب قطعات پیش‌ساخته وابسته است. سازه‌های بتنی پیش‌ساخته از سیستم‌های سازه‌ای مختلفی مانند قاب خمشی، دیوار باربر و سیستم‌های دوگانه (ترکیبی) تشکیل می‌شود و سیستم مقاوم آنها در برابر بارهای جانبی عبارتند از: دیوار برشی، قاب خمشی، ستون‌های T شکل یک سر گیردار و قاب‌های مهاربندی‌شده.

اتصالات در قطعات بتنی پیش‌ساخته از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشند. به طور کلی دو نوع اتصال خشک و تر برای این قطعات وجود دارد. در اتصالات خشک، عمدتا از مصالح فولادی با جوش یا پیچ

ال اس اف

سازه‌ای

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شناسایی شرکت‌ها و فناورهای دارای توانمندی برای مشارکت در طرح جهش تولید مسکن

در راستای مصوبه شورای معاونین و تشکیل حلقه‌های اندیشه‌ورز و استفاده از شرکت‌های دانش‌بنیان و داری ایده‌های نو در صنعت ساختمان

آذر ماه ۱۴۰۰

بخش اول سیستم‌های سازه‌ای

سیستم‌های سازه‌ای معرفی شده

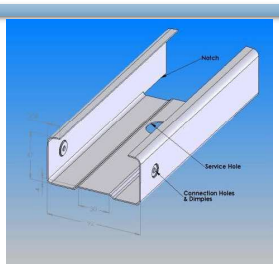
1. سیستم سازه‌ای قاب‌های سبک فولادی سرد نوردLSF
2. سازه اسکلت فلزی پیش‌ساخته با اتصالات پیچ و مهره‌ای
3. ساختمان‌های بتن‌آرمه با شیوه قالب تونلی
4. سیستم دیوار و سقف یکپارچه بتن مسلح
5. سیستم قاب ساده نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح با دیوارهای برشی
6. سازه ساختمانی با قاب‌های ساده فولادی و سقف عرشه فولادی
7. سیستم سازه‌ای قاب ساختمانی با اتصالات ساده (مفصلی)
8. ساختمان نیمه پیش‌ساخته با صفحات منفرد ساندویچی سقف و دیوار به روش 3D
9. سیستم قالب‌های ماندگار پلی‌استایرن (ICF)
10. سیستم قالب‌های پانلی ماندگار پلی‌استایرن (ICF پانلی)
11. سیستم پانل‌های باربر بزرگ مقیاس (لارج پانل)
12. سیستم پانل‌های بتن سبک مسلح اتوکلاو شده AAC

۱– سیستم سازه‌ای قاب‌های سبک فولادی سرد نورد

Cold Formed Steel Structure(CFS)

Light weight Steel Frame (LSF)

Light Gauge Steel (LGS)



سازه های که اعضای آنها از شکل دادن ورق های با ضخامت ۰.۴ تا ۲.۵ میلی متر بوجود می آیند.

تاریخچه استفاده از LSF

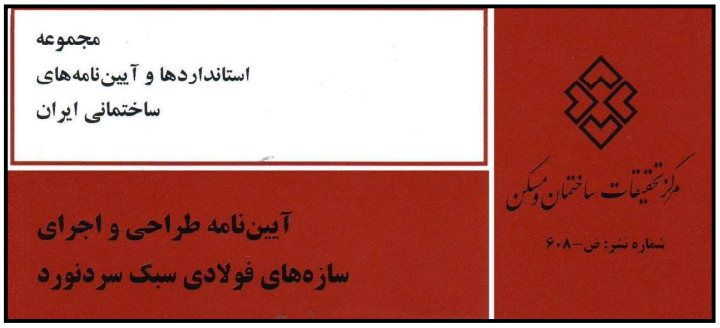
- سازه ها LSF در گذشته کمتر مورد استفاده قرار گرفته است ولی در ده های اخیر در کشورهای پیشرفته از جمله ایالات متحده امریکا، انگلستان، کانادا و استرالیا پیشرفت قابل توجه ای داشته است.
- استفاده اولیه از این نوع سازه‌ها در سال‌های ۱۸۵۰ در ایالات متحده و انگلستان آغاز شد.
- از سال ۱۹۴۰ توسعه این سیستم آغاز شده است.
- از سال ۱۹۹۰ به بعد با محدود شدن صنایع چوپ در امریکا سازه LSF جای این سازه‌ها را نیز گرفته است.

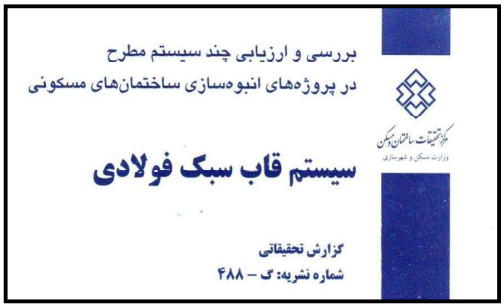
مزایای سازه های نورد سرد نسبت به نورد گرم

- سبکی پروفیل های تولید شده و مقاومت بالای آن
- تولید پروفیل با شکل های مختلف
- نصب سریع و آسان
- دقت بالا در تولید و جزئیات اجرایی
- مقاومت بالا در برابر پوسیدگی
- قابلیت بازیافت مجدد
- تولید انبوه ساده و راحت

استاندارد ها ، آئین نامه ها و تشکل های ملی مرتبط

انجمن صنفی LSF





۱– انجمن صنفی کارفرمایی سیستم قاب فولادی سبک
تاسیس ۱۳۸۹

۲– انجمن علمی سیستم قاب فولادی سبک
تاسیس ۱۳۹۰

انجمن صنفی LSF

برخی از نمونه‌های ساخته شده

۵۰–۶۰ شرکت فعال با
ظرفیت ساخت ۵۰,۰۰۰
تا ۱۰۰,۰۰۰ واحد
مسکونی در سال

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

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.

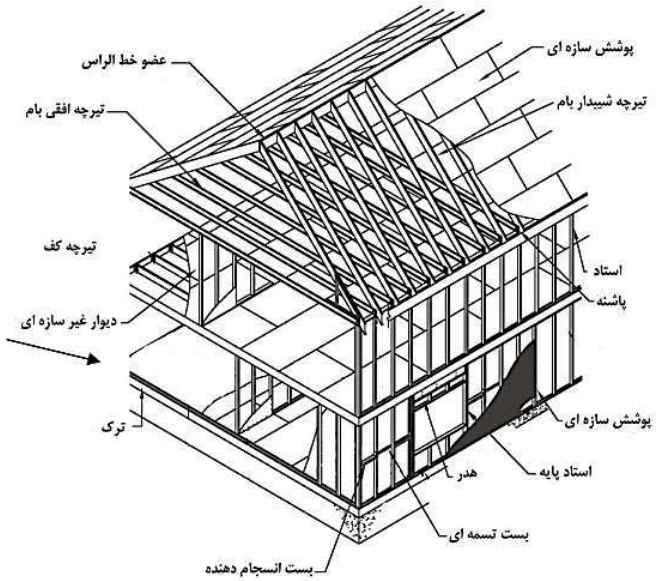
سقف در سیستم LSF با اجرای تیرچه‌های سقفی در خطالمرکز اِستادها – به منظور جلوگیری از ایجاد برون محوری و خمش در اعضاء – و در نظر گرفتن یک لایه رویه همراه است. با توجه به کاربری ساختمان و بارهای وارد بر کف، لایه رویه می‌تواند به صورت خشک (با استفاده از تخته‌های چوبی یا سیمانی) یا به صورت تر (اجرای بتن رویه)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

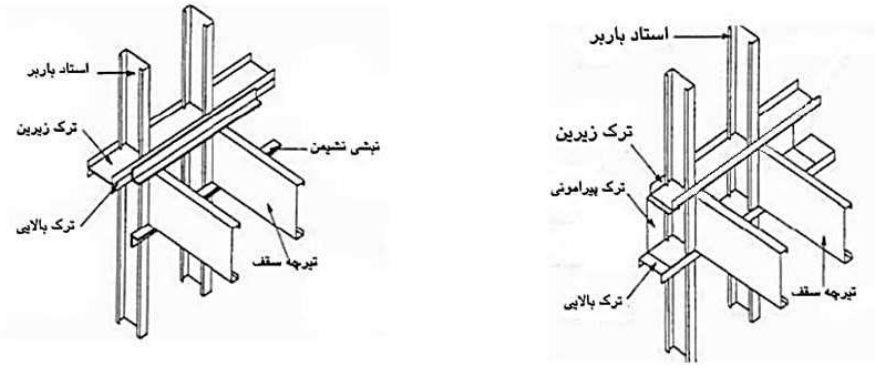
۱-۱-۳ روش تولید و کنترل کیفیت

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.

۱-۱-۶ 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 باراباد 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.

ال اس اف

غیر سازه‌ای

فصل سوم:
دیوارهای غیر سازه‌ای

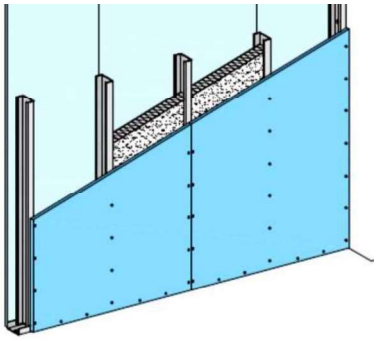
۳-۱ دیوارهای غیر سازه‌ای سبک پیش‌ساخته LSF

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 غیربابربر 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 واحد های 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 معمولاً 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

به نام خدا

وزارت راه و شهرسازی

معاونت مسکن و ساختمان

مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان

طرح و اجرای صنعتی ساختمان‌ها

inbr.ir

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

ویرایش سوم (۱۴۰۰)

۱۱-۶ الزامات فنی و اجرایی تعدادی از روش‌های ساخت صنعتی

۱۱-۶-۱ مقدمه

در این فصل، الزامات عمده فنی و اجرایی هفت روش ساخت صنعتی ذکر می‌شود. معرفی سیستم‌های حاضر، دلیلی بر رجحان آنها بر دیگر شیوه‌ها نیست و استفاده‌کننده، خود موظف است با توجه به مقتضیات پروژه، برتری آنها را از لحاظ مقاومت، پایداری سازه‌ای، صرفه اقتصادی و سهولت اجرا بررسی نماید.

توضیح: اگر در بین ضوابط ارایه‌شده در این فصل، با سایر مقررات ملی ساختمان و استانداردهای ساختمانی اجباری، اختلافی موجود باشد، ضابطه سخت‌گیرانه‌تر حاکم خواهد بود.

۱۱-۶-۲ سیستم قاب‌های سبک فولادی سرد نوردشده (LSF)

۱۱-۶-۲-۱ کلیات

سیستم قاب‌های سبک فولادی به عنوان یک سیستم متشکل از مقاطع فولادی سرد نورد شده به روش غلطکی است که اجزای آن با اتصالات پیچی، پرچی یا جوشی به یکدیگر متصل می‌شوند. این سیستم که از نوع دیوار باربر است، ظرفیت ترکیب با سیستم‌های سازه‌ای دیگر همانند دیوارهای بتن آرمه را نیز دارد و می‌تواند در ساخت ساختمان‌های کوتاه‌مرتبه به صورت سیستم سازه‌ای ترکیبی به کار گرفته شود. برای ساخت مقاطع سرد نوردشده، مطابق نشریه ض-۶۰۸ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، استفاده از اشکال مختلف مجاز است. این مقاطع معمولا دارای ابعاد متنوع با محدوده تغییرات ضخامتی بین ۰/۶ تا ۲/۵ میلی‌متر می‌باشند. اجزای قائم این سیستم به عنوان عضو باربر ستونی در بارهای ثقلی عمل می‌کنند و تحت نام اِستاد معرفی و اعضای افقی که اِستادها را به هم وصل می‌کنند، رانِر یا تِرک نامیده می‌شوند. سقف سازه این ساختمان‌ها متشکل از تیرچه‌ها یا لاپه‌های فلزی سرد نوردشده است. رانرها و تیرچه‌ها عمدتا دارای مقاطع با اشکال C یا Z می‌باشند. پوشش سقفِ دال بتن‌آرمه، در صورت تامین یکپارچگی لازم بین بتن و پروفیل فولادی تیرچه، می‌تواند به‌عنوان یک سقف مرکب بتنی-فلزی طراحی شود. در ساختمان‌های LSF، به منظور باربری جانبی

سازه در دو امتداد اصلی متعامد، از دهانه‌های باربر جانبی استفاده می‌شود. دهانه‌های باربر جانبی به روش‌هایی نظیر سیستم دهانه‌های مهاربندی شده با اعضای قطری، سیستم دیوار برشی با ورق فولادی نازک و سیستم دیوار باربر با پوشش OSB ایجاد می‌شود. پروفیل‌های سرد نوردشده مقاومت کمی در برابر حریق دارند و باید به خوبی محافظت شوند. یکی از دلایل کاربرد گچ به عنوان پوشش داخلی این سیستم‌ها، دستیابی به این هدف است. از عمده مزایای ساختمان‌های LSF، کاهش جرم ساختمان است که تاثیر فراوانی در کاهش هزینه‌های ناشی از مصالح، نیروی انسانی و نیز زمان احداث پروژه‌ها خواهد داشت.

سیستم قاب‌های فولادی سرد نوردشده عمدتا به دو روش طبقه‌ای و دیوارهای یکپارچه اجرا می‌شود. در روش متداول طبقه‌ای، اِستادهای دیوار، توسط دیافراگم سقف قطع شده و طبقات مجزا از یکدیگر اجرا می‌شوند. در این روش، قطعات تشکیل‌دهنده ساختمان به صورت پانل‌های پیش‌ساخته، در کنار هم و در ارتفاع نصب می‌شوند. در روش اجرای یکپارچه، اِستادها به صورت یکسره و بدون قطع در تراز طبقه، طراحی و اجرا می‌شوند و تیرریزی اسکلت به صورت یکسره، با عبور از کنار ستون صورت می‌گیرد.

۱۱-۶-۲-۲ الزامات سیستم LSF

۱۱-۶-۲-۲-۱ سیستم LSF به همراه مهاربند جانبی، حداکثر تا ارتفاع ۱۵ متر از تراز پایه در تمام کشور مجاز است.

۱۱-۶-۲-۲-۲ در این نوع سیستم، حداکثر بار مرده و زنده برای سقف‌ها نباید به ترتیب از ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع و ۲۵۰ کیلوگرم بر مترمربع تجاوز کند.

۱۱-۶-۲-۲-۳ انتخاب انواع ترکیبات بار و همچنین، کنترل سازه در مقابل بار باد باید مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان انجام شود.

۱۱-۶-۲-۲-۴ طراحی لرزه‌ای و سازه‌ای باید بر اساس نشریه ض-۶۰۸ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی صورت پذیرد.

۱۱-۶-۲-۲-۵ اتصال اسکلت به سازه پی باید از طریق ریشه‌گذاری میل‌مهار در سازه پی و اتصال آن به ناودانی زیرین به وسیله مهره صورت گیرد.

۱۱-۶-۲-۲-۶ اتصال مهاربندی‌های تسمه‌ای قطری به عناصر متقاطع با آن‌ها در طول مهاربند ضروری است.

۱۱-۶-۲-۲-۷ مهاربندی‌های تسمه‌ای قطری در باربری جانبی باید به عنوان اعضای صرفا کششی در تحلیل و طراحی در نظر گرفته شوند.

۱۱-۶-۲-۲-۸ مهاربندی‌های تسمه‌ای قطری باید با روش پیش‌کشیدگی به منظور رفع شل‌شدگی اولیه نصب شوند.

۱۱-۶-۲-۲-۹ تامین ضوابط دیافراگم صلب برای کلیه سقف‌ها با توجه به ضوابط موجود در استاندارد ۲۸۰۰ توصیه می‌شود. در غیر این صورت، سازه و سقف باید با توجه به ضوابط آیین‌نامه‌های معتبر متناظر طراحی شوند.

۱۱-۶-۲-۲-۱۰ در صورت استفاده از اتصالات جوشی در محل کارخانه، رعایت ضوابط و مقررات مربوط به جوشکاری اعضای سرد نوردشده مطابق استاندارد AISI و آیین‌نامه‌های AWS و AISC الزامی است.

۱۱-۶-۲-۲-۱۱ مقاطع سبک فولادی سرد نوردشده نباید در تماس مستقیم با خاک و نیز محیط‌های مرطوب باشند.

۱۱-۶-۲-۲-۱۲ به‌کارگیری مصالح بنایی در دیوارهای داخلی و خارجی در دهانه قاب‌های سبک سرد نوردشده مجاز نیست.

۱۱-۶-۲-۲-۱۳ حداکثر وزن دیوار تمام شده در جداکننده‌های داخلی نباید از ۵۰ کیلوگرم بر مترمربع و در دیوارهای خارجی نباید بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع باشد.

۱۱-۶-۲-۲-۱۴ اتصال دیوارهای غیرباربر و جداکننده‌ها به سیستم سازه‌ای باید به نحوی باشد که ضمن تحمل بارهای وارده مانند باد، زلزله و ضربه، مشارکتی در سختی جانبی سازه نداشته باشد.

۱۱-۶-۲-۲-۱۵ رعایت مشخصات فولاد سرد نوردشده بر اساس استاندارد ASTM A653 و ASTM A500 الزامی است. همچنین، لازم است تمهیدات و پوشش‌های لازم متناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران صورت پذیرد.

۱۱-۶-۲-۲-۱۶ به منظور کاهش اثر پل حرارتی، لازم است حد فاصل اِستادها و لایه خارجی جداره، با نوعی عایق حرارتی متراکم پر شود.

۱۱-۶-۲-۲-۱۷ با توجه به اقلیم مورد نظر برای هوابندی در جداره‌های داخلی و خارجی، بازشوها و همچنین محل نصب اجزای اتصالی نظیر پیچ و مهره، باید ملاحظات کامل با در نظر گرفتن پدیده میعان به عمل آید.

۱۱-۶-۲-۲-۱۸ اسکلت سازه LSF به روش دیوارهای یکپارچه باید با استفاده از اِستادهای یکسره و بدون قطع در تراز طبقه و تیرچه‌هایی که به صورت یکسره از کنار ستون عبور می‌کنند، طراحی شود.

۱۱-۶-۲-۲-۱۹ کلیه اتصالات اعضای قائم به اعضای افقی در روش دیوارهای یکپارچه باید به گونه‌ای باشند که یکپارچگی اعضا در ارتفاع سازه تامین شود.

۱۱-۶-۲-۲-۲۰ کلیه رواداری‌های ساخت و نصب باید طبق مراجع معتبر باشد.

۱۱-۶-۳ ساختمان‌های بتن‌آرمه با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)

۱۱-۶-۳-۱ کلیات

سیستم سازه‌ای ساختمان‌های بتن‌آرمه با قالب‌های عایق ماندگار، از نوع دیوار باربر است که قالب دیوارهای بتنی آن، بعد از بتن‌ریزی، جزیی از دیوار محسوب می‌شود و نقش عایق حرارتی را دارد.

۱۱-۶-۳-۲ الزامات روش اجرای ساختمان‌های ICF

۱۱-۶-۳-۲-۱ در صورتی که ضوابط شکل‌پذیری بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان رعایت نشود، کاربرد این سیستم صرفا در مناطق واقع در پهنه با خطر نسبی کم و متوسط و برای ساختمان‌های دارای اهمیت کم و متوسط تا حداکثر ارتفاع ۱۰ متر مجاز است. بدیهی است در صورتی که ضوابط شکل‌پذیری رعایت شود، حداکثر ارتفاع ساختمان بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰، ۵۰ متر از تراز پایه است؛ مشروط به اینکه ضوابط محافظت در برابر حریق آن نیز تامین شود.

۱۱-۶-۳-۲-۲ بارگذاری سیستم سازه‌ای حاصل از این روش باید بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان صورت پذیرد.

آی سی اف

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شناسایی شرکت‌ها و فناورهای دارای توانمندی برای مشارکت در طرح جهش تولید مسکن

در راستای مصوبه شورای معاونین و تشکیل حلقه‌های اندیشه‌ورز و استفاده از شرکت‌های دانش‌بنیان و داری ایده‌های نو در صنعت ساختمان

آذر ماه ۱۴۰۰

شرکت کارزین سازه

۹- معرفی سیستم ساختمانی قالب ماندگار ICF

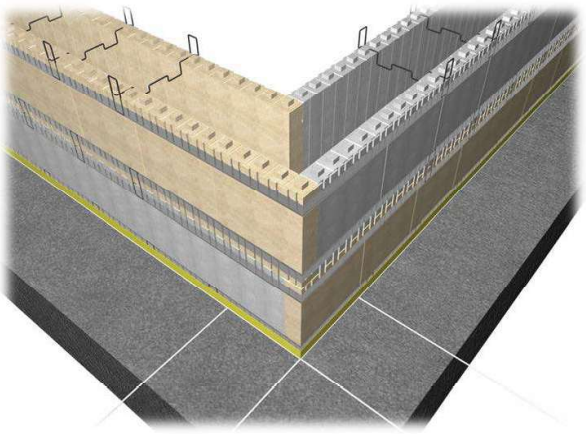
این سیستم تشکیل شده از دو لایه ماندگار پلی استایرن که ساختمان را درمقابل ورود و خروج سرما ، گرما، صوت و رطوبت تا میزان ۷۰ درصد محافظت می نماید .

در این روش کلیه اجزای ساختمان در مقابل بارهای وارده مشارکت کرده و پیوستگی کامل بین فونداسیون دیوارها و سقف وجود دارد و روش محاسبات سازه ای ساختمان با استفاده از نرم افزارهای Etabs , Sap امکان پذیر می‌باشد و کلیه قوانین و مقررات بین المللی ساختمان و آیین نامه های ساختمانی ایران در این روش بدون هیچ محدودیتی قابل اجرا می باشد .

شرکت کارزین سازه

سیستم ساختمانی قالب ماندگار ICF - ویژگی‌ها

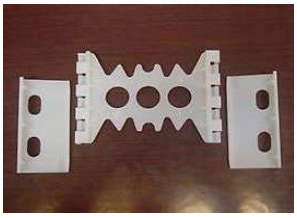
- سرعت بسیار بالا در کارهای اجرائی
- امکان اجرای دیواره های قوس دار، با زاویه، مدور
- یکپارچگی کامل تمام اجزاء ساختمان – امکان اجرای عملیات بتن ریزی دیواره ها و سقف هم زمان
- بهینه سازی مصرف سوخت
- پائین بودن هزینه اجرائی
- مقاوم در برابر زلزله با توجه به پیوستگی تمام اجزاء ساختمان

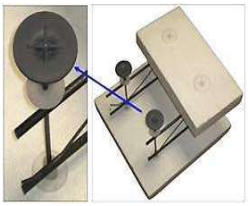


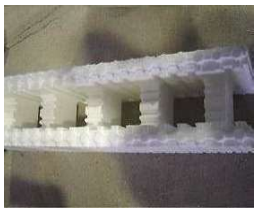
سیستم ساختمانی قالب ماندگار ICF – نمونه کار

توان ساخت ۶۰۰۰ واحد
در سال

دیوار باربربتن‌مسلح با قالب‌های عایق ماندگار(ICF)







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

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:

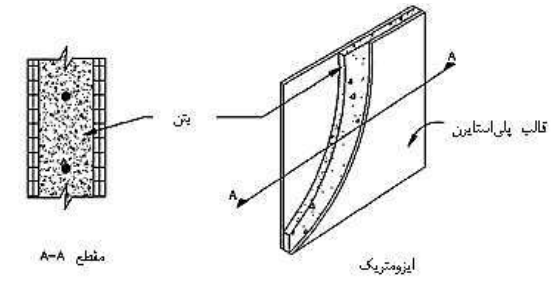
- تخت و صاف[2]
- شبکه‌ای دو بعدی بدون حفره[3]
- شبکه‌ای دو بعدی حفره دار[4]

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

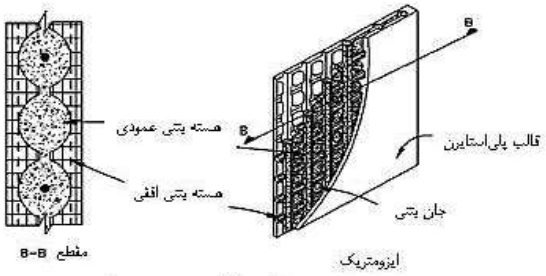
شکل ۱- نمونه‌هایی از انواع این قالب‌ها را نشان می‌دهد. نوع تخت و صاف متداول‌ترین نوع این قالب‌ها بوده و به ندرت از نوع شبکه‌ای دو بعدی حفره‌دار نیز استفاده می‌شود.

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.

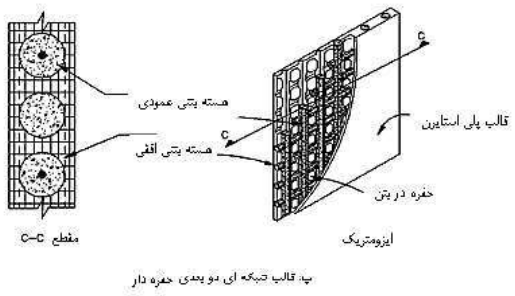
قالب‌های تخته‌ای یا نواری دارای ابعاد بزرگ‌تر تا حدود ۳۰ ×۲۴۰ سانتی‌متر هستند که معمولاً به شکل دو تخته جداگانه با ضخامت ۵ سانتی‌متر به محل ساختمان منتقل شده و سپس به‌وسیله اتصالات پلاستیکی به هم متصل می‌شوند. ابعاد پانل‌ها بسیار متنوع بوده و معمولاً تا ابعاد ۱۲۰×۳۶۰ سانتی‌متر نیز تولید می‌شوند. ضخامت 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

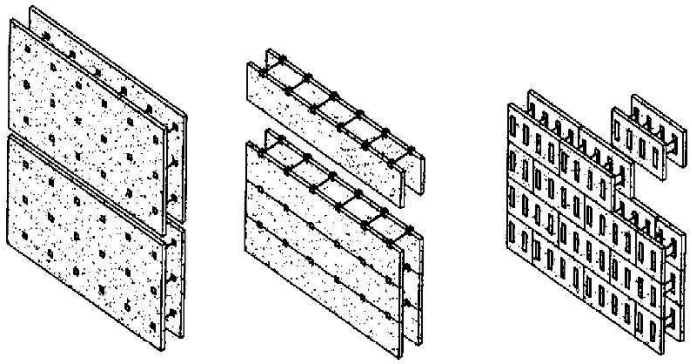


ب: قالب شبکه‌ای دو بعدی بدون حفره



پ- قالب تیغه 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.

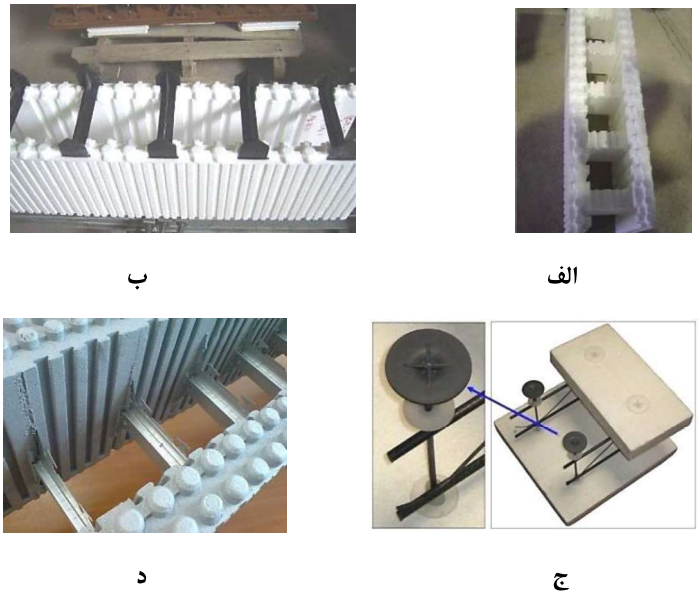
قطعات عرضی یا رابط‌ها، اتصال صفحات دو طرف قالب را ممکن می‌سازند. برای ساخت این اتصالات معمولاً از یکی از مصالح زیر استفاده می‌شود:

- 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.

به نام خدا

وزارت راه و شهرسازی

معاونت مسکن و ساختمان

مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان

طرح و اجرای صنعتی ساختمان‌ها

inbr.ir

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

ویرایش سوم (۱۴۰۰)

۱۱-۶-۲-۲-۱۶ به منظور کاهش اثر پل حرارتی، لازم است حد فاصل اِستادها و لایه خارجی جداره، با نوعی عایق حرارتی متراکم پر شود.

۱۱-۶-۲-۲-۱۷ با توجه به اقلیم مورد نظر برای هوابندی در جداره‌های داخلی و خارجی، بازشوها و همچنین محل نصب اجزای اتصالی نظیر پیچ و مهره، باید ملاحظات کامل با در نظر گرفتن پدیده میعان به عمل آید.

۱۱-۶-۲-۲-۱۸ اسکلت سازه LSF به روش دیوارهای یکپارچه باید با استفاده از اِستادهای یکسره و بدون قطع در تراز طبقه و تیرچه‌هایی که به صورت یکسره از کنار ستون عبور می‌کنند، طراحی شود.

۱۱-۶-۲-۲-۱۹ کلیه اتصالات اعضای قائم به اعضای افقی در روش دیوارهای یکپارچه باید به گونه‌ای باشند که یکپارچگی اعضا در ارتفاع سازه تامین شود.

۱۱-۶-۲-۲-۲۰ کلیه رواداری‌های ساخت و نصب باید طبق مراجع معتبر باشد.

۱۱-۶-۳ ساختمان‌های بتن‌آرمه با قالب‌های عایق ماندگار (ICF)

۱۱-۶-۳-۱ کلیات

سیستم سازه‌ای ساختمان‌های بتن‌آرمه با قالب‌های عایق ماندگار، از نوع دیوار باربر است که قالب دیوارهای بتنی آن، بعد از بتن‌ریزی، جزیی از دیوار محسوب می‌شود و نقش عایق حرارتی را دارد.

۱۱-۶-۳-۲ الزامات روش اجرای ساختمان‌های ICF

۱۱-۶-۳-۲-۱ در صورتی که ضوابط شکل‌پذیری بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان رعایت نشود، کاربرد این سیستم صرفا در مناطق واقع در پهنه با خطر نسبی کم و متوسط و برای ساختمان‌های دارای اهمیت کم و متوسط تا حداکثر ارتفاع ۱۰ متر مجاز است. بدیهی است در صورتی که ضوابط شکل‌پذیری رعایت شود، حداکثر ارتفاع ساختمان بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰، ۵۰ متر از تراز پایه است؛ مشروط به اینکه ضوابط محافظت در برابر حریق آن نیز تامین شود.

۱۱-۶-۳-۲-۲ بارگذاری سیستم سازه‌ای حاصل از این روش باید بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان صورت پذیرد.

۱۱-۶-۳-۲-۳ طراحی سازه‌ای این سیستم باید بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان انجام شود.

۱۱-۶-۳-۲-۴ سازه پی دیوارهای ICF باید به صورت نواری یا گسترده مطابق مباحث هفتم و نهم مقررات ملی ساختمان طرح شود و پهنای سازه پی باید به اندازه‌ای باشد که با احتساب ضخامت هسته بتنی، فضای کافی برای قرارگیری قالب‌ها موجود باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۵ ضخامت جداره‌ها و فاصله دو عایق از یکدیگر باید بر اساس نیازهای سازه‌ای و حرارتی تعیین شود و ضخامت دیوارهای باربر بتنی نباید کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۶ بتن مصرفی باید از نوع سازه‌ای و با حداقل مقاومت ۲۰ مگاپاسکال و حداکثر اندازه اسمی سنگدانه مصرفی ۲۰ میلی‌متر باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۷ اسلامپ بتن مصرفی در دیوارهای بتن‌آرمه با قالب‌های عایق ماندگار باید حداقل ۱۰۰ و حداکثر ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

۱۱-۶-۳-۲-۸ متراکم‌کردن بتن در صورت مجاز بودن، فقط باید به‌صورت داخلی انجام گیرد و لرزاندن میلگردهای عمودی مجاز نیست.

۱۱-۶-۳-۲-۹ قالب باید مقاومت لازم را برای انجام عملیات بتن‌ریزی داشته باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۱۰ افزودنی‌های بتن، نحوه بتن‌ریزی از لحاظ مرحله‌بندی در ارتفاع، نحوه متراکم‌نمودن و نیز جزییات آرماتوربندی خاص باید در نقشه‌ها ذکر شود.

۱۱-۶-۳-۲-۱۱ مشخصات میلگردهای فولادی باید مطابق با ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۱۲ مشخصات مقاومتی مصالح عایق در برابر آتش‌سوزی باید مطابق ضوابط مباحث سوم و پنجم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۱۳ قالب‌ها باید در برابر وزش باد حفاظت شوند.

۱۱-۶-۳-۲-۱۴ قالب عایق باید از نور خورشید، خرابی فیزیکی و شرایط جوی محافظت شود. اگر قالب‌ها تحت اثر نور اکسیده و زرد رنگ شده باشند، قبل از اتصال هرگونه ماده‌ای، باید لایه اکسید

شده برداشته شود. همچنین، درصورت مرطوب‌شدن عایق‌ها باید پیش از استفاده، از خشک‌شدن آنها اطمینان حاصل کرد.

۱۱-۶-۳-۲-۱۵ به طور کلی دیوارهای سیستم ساختمانی ICF ، باید در برابر مواد آتش‌زا همچون روغن، بنزین و نفت به دقت مراقبت شوند و استفاده از تابلوی "استعمال دخانیات ممنوع" در مجاورت محل نگهداری قالب‌ها الزامی است.

۱۱-۶-۳-۲-۱۶ وجود کپسول آتش‌نشانی به تعداد کافی در نزدیکی هر یک از محل‌های نگهداری قالب‌ها الزامی است.

۱۱-۶-۳-۲-۱۷ در مسیر انتقال بار توسط دیوارهای باربر، نباید هیچ گونه انقطاعی وجود داشته باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۱۸ اتصال پانل‌ها به یکدیگر به صورت عمودی یا افقی مجاز است.

۱۱-۶-۳-۲-۱۹ برای ثابت نگاه‌داشتن فاصله دو عایق و تامین ضخامت هسته بتنی، بلوک‌ها و پانل‌ها باید با استفاده از اتصالاتی از جنس پلاستیک یا فولاد به یکدیگر متصل شوند.

۱۱-۶-۳-۲-۲۰ رابط‌ها می‌تواند از جنس پلی‌پروپیلن با دانسیته بالا، پلی‌استایرن منبسط‌شونده، پلی استایرن با مقاومت بالا، ورق گالوانیزه یا میلگرد باشند.

۱۱-۶-۳-۲-۲۱ تعداد و ابعاد رابط‌ها باید تحمل بارهای حین اجرای ناشی از عملیات بتن‌ریزی و بتن تازه را داشته باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۲۲ سطح مقطع رابط‌ها باید کمتر از ۳ درصد سطح مقطع بتن مسلح باشد. در غیر این صورت، مقطع تضعیف‌شده دیوار باید ملاک محاسبات قرار گیرد.

۱۱-۶-۳-۲-۲۳ مشخصات مقاومتی مصالح رابط در برابر آتش‌سوزی باید مطابق ضوابط مباحث سوم و پنجم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۲۴ شکل هندسی و جنس رابط‌های قالب باید در نقشه‌ها مشخص شود.

۱۱-۶-۳-۲-۲۵ چنانچه قسمتی از میلگردگذاری دیوارهای ICF در محل کارخانه انجام شود، در طراحی و نقشه‌های سازه باید این مساله به صورت تفکیک‌شده مشخص شود.

۱۱-۶-۳-۲-۲۶ دستور برش‌کاری لایه عایق در نواحی لازم، مانند مرز طبقات و نواحی حساس به حریق، باید در نقشه‌ها مشخص شده باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۲۷ هر نوع پوشش یا نمای ساختمان مجاز است و باید توسط اتصالات مکانیکی استاندارد به هسته بتنی یا رابط قالب‌ها مهار شود.

۱۱-۶-۳-۲-۲۸ حداقل ضخامت پوشش نمای مورد نیاز برای سیستم ساختمانی ICF باید مطابق نشریه ض-۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشد و در هر حال نباید کمتر از ۱۵میلی متر در نظر گرفته شود.

۱۱-۶-۳-۲-۲۹ برای اجرای اندود باید از توری فلزی، رابیتس یا شبکه فولادی مناسب که در فواصل استاندارد به جداره بتنی متصل شده‌اند، استفاده شود و قبل از بتن‌ریزی دیوارها، باید تمهیدات لازم جهت مهار توری، رابیتس یا شبکه فولادی به دیوار، توسط اتصالات مفتولی یا نظایر آن در نظر گرفته شود.

۱۱-۶-۳-۲-۳۰ چنانچه اتصال پوشش نما به دیوار، از طریق رابط‌های پلاستیکی باشد، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان ۷/۲ متر خواهد بود.

۱۱-۶-۳-۲-۳۱ رواداری‌های سیستم ساختمانی ICF باید مطابق ضوابط رواداری‌های دیوارها و دال‌های مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲ **ملاحظات خاص استفاده از پلی‌استایرن**

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۱ پلی‌استایرن باید از نوع منبسط‌شونده کندسوز، مطابق با استاندارد ASTM و با تایید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۲ انبارکردن پلی‌استایرن، با حجم بیش از ۶۰ مترمکعب مجاز نیست؛ درصورت نیاز به ذخیره‌سازی مقادیر بیشتر، باید بین هر انبارش حداقل ۲۰ متر فاصله باشد.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۳ برای حفاظت از بلوک سقفی پلی‌استایرن و محافظت از تماس مستقیم هرگونه حریق احتمالی با آن، لازم است زیر سقف به وسیله پوشش مناسب مانند یک تخته گچی به ضخامت حداقل ۱۲/۵ میلی‌متر یا اندود گچ به ضخامت حداقل ۱۵ میلی‌متر محافظت شود.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۴ محافظت از بلوک دیواری پلی‌استایرن باید به وسیله پوشش مناسب به عمل آید. این پوشش می‌تواند یک تخته گچی با ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر یا سایر مصالحی که بر اساس مدارک فنی مصوب و معتبر، از نظر مقاومت در برابر دمای بالا معادل آن عمل می‌کند، باشد.

پانل سه بعدی

سازه‌ای

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

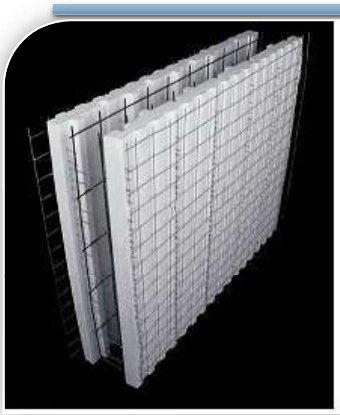
شناسایی شرکت‌ها و فناورهای دارای توانمندی برای مشارکت در طرح جهش تولید مسکن

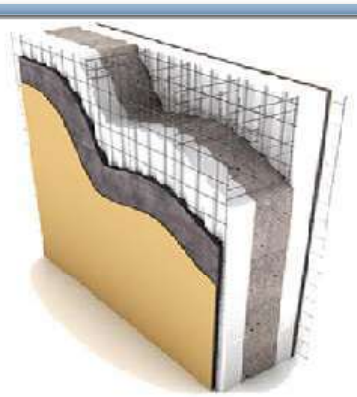
در راستای مصوبه شورای معاونین و تشکیل حلقه‌های اندیشه‌ورز و استفاده از شرکت‌های دانش‌بنیان و داری ایده‌های نو در صنعت ساختمان

آذر ماه ۱۴۰۰

شرکت پایکار بنیان پانل

سیستم ساختمانی نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی با بتن پاششی در دوطرف (3Dدیوار باربر) – نمونه‌ای از ساختمان‌های اجرا شده

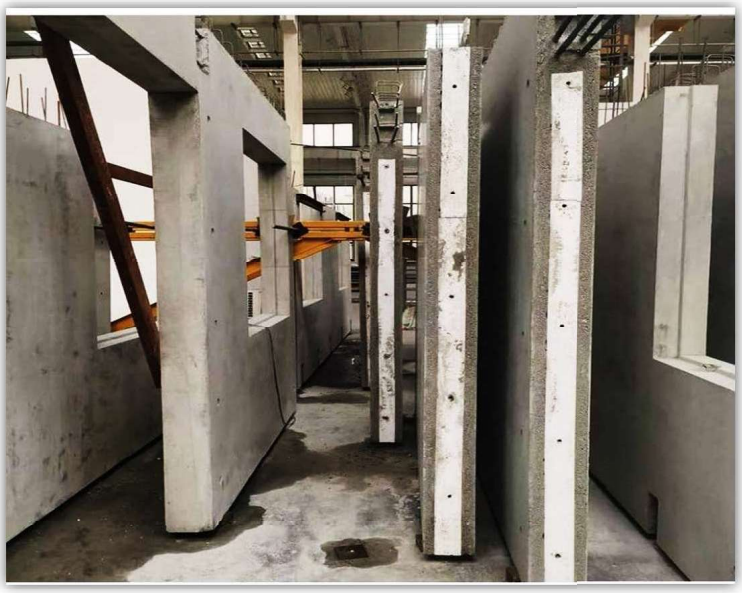




دابل پانل (RICF)یا همان قالب عایق ماندگار

شرکت پایکار بنیان پانل

سیستم ساختمانی نیمه پیش ساخته با صفحات منفرد ساندویچی با بتن پاششی در دوطرف (3Dدیوار باربر) - ارایه دهنده شرکت پایکار بنیان پان



توان ساخت مسکن اعلام نشد

سیستم پیش‌ساخته در حال بررسی برای اخذ نظریه فنی

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

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.

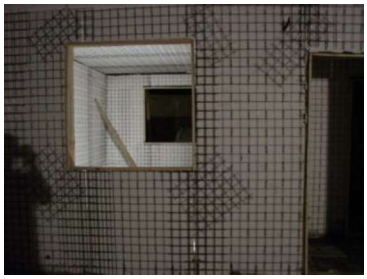
لازم است طراحی و اجرا با رعایت اصول تعیین‌شده در خصوص صرفه‌جویی در مصرف انرژی، در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان و همچنین گزارش تحقیقاتی سیستم صفحات ساندویچی با بتن پاششی (گ- ۴۵۹، ۱۳۸۷) مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، صورت گیرد.

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

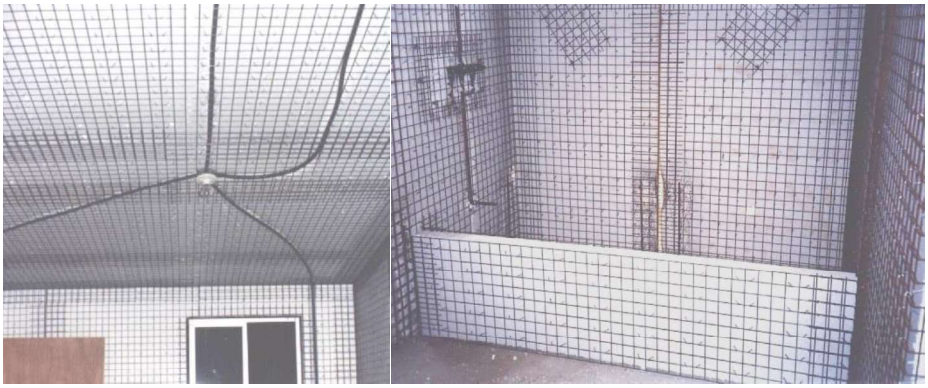
میلگرد جوش شده در گوشه بازشوها از جزئیات اجرائی می باشد که باید رعایت گردد. جهت دستیابی به ابعاد صحیح و صاف در اطراف بازشوها، معمولاً از یک قالب چوبی استفاده می‌گردد که در شکل ۱- نشان داده شده است.

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 باریاد 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

پانل سه بعدی

پارتیشن

- 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 واحد های 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.

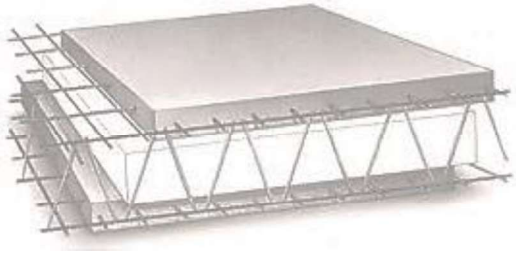
۳-۲ دیوارهای غیر سازه‌ای سبک نیمه پیش‌ساخته صفحات ساندیچی 3D

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 معمولاً 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 غیرسازه‌ای 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 پانل‌ها 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.

به نام خدا

وزارت راه و شهرسازی

معاونت مسکن و ساختمان

مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان

طرح و اجرای صنعتی ساختمان‌ها

inbr.ir

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

ویرایش سوم (۱۴۰۰)

۱۱-۶-۵-۲-۸ اگر دو یا چند پانل دیواری در مجاورت یکدیگر قرار گیرند، این پانل‌ها باید در محل‌هایی که اتصال آنها از نظر پایداری سازه‌ای در برابر بارهای وارد بر سازه، اهمیت دارند، با اتصال جوشی به یکدیگر متصل شوند.

۱۱-۶-۵-۲-۹ در مواردی که اتصال پانل‌های دیوار به یکدیگر، به لحاظ مقاومت در برابر لنگر واژگونی لازم باشد، باید پانل‌ها دو به دو و حداکثر در گروه‌های سه‌تایی در صفحه به هم متصل شوند. در این صورت، باید آرماتورهای افقی اضافه‌ای برای کنترل ترک‌های عرضی تعبیه شود.

۱۱-۶-۵-۲-۱۰ رعایت تمهیدات لازم برای اتصالات، متناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده الزامی است.

۱۱-۶-۵-۲-۱۱ در مواردی که بتن به صورت نمایان قرار خواهد گرفت، سنگدانه‌های مصرفی برای برآورده نمودن الزامات دوام باید خواص مربوط به سلامت سنگدانه، مقاومت در برابر چرخه‌های یخزدن و آب‌شدن و در صورت نیاز، مقاومت در برابر باران‌های اسیدی را داشته باشد.

۱۱-۶-۵-۲-۱۲ جزییات اجرایی باید مطابق نشریه ACI 551.1R باشد.

۱۱-۶-۵-۲-۱۳ پیش‌بینی تمهیدات ایمنی لازم، به هنگام برپاسازی دیوارها با جرثقیل، الزامی است.

۱۱-۶-۵-۲-۱۴ استفاده از تیر شاهین (پخشی)، برای برپاسازی قطعه الزامی است.

۱۱-۶-۵-۲-۱۵ مدارک فنی نصب باید با در نظر گرفتن فرآیند نصب تهیه شود.

۱۱-۶-۶ ساختمان‌های نیمه‌پیش‌ساخته با صفحات بتن پاششی سه بعدی (3D پانل)

۱۱-۶-۶-۱ کلیات

ساختمان‌های نیمه‌پیش‌ساخته با صفحات بتن پاششی سه بعدی که به 3D پانل مشهورند، متشکل از یک شبکه خرپای فضایی از میلگردهای ساده، یک لایه پلی‌استایرن به ضخامت ۴۰ تا ۹۰ میلی‌متر و دو لایه بتن پاششی در طرفین است. شبکه خرپای فضایی، از اتصال شبکه‌های فولادی ساخته‌شده به روش جوش نقطه‌ای اتوماتیک، توسط میلگردهای مورب حاصل می‌شود. در این سیستم، بازشوها در زمان تولید در کارخانه یا پیش از نصب، تعبیه و تقویت‌های لازم با استفاده از شبکه فولادی انجام می‌شود.

لازم است پانل‌ها برای تحمل برش و خمش وارده در سقف و تحمل بار محوری و برش عرضی در دیوارها طراحی شوند و جزییات لازم برای یکپارچه‌نمودن اجزای سیستم به دقت مورد توجه قرار گیرند. در این پانل‌ها، لایه پلی‌استایرن علاوه بر نقش قالب‌بندی، در عایق‌کاری حرارتی نیز، موثر است. پانل‌های 3D در قطعاتی با عرض یک متر و طول سه متر در کارخانه تولید می‌شوند و پس از حمل به کارگاه و اجرای زیرسازی مناسب، در موقعیت خود قرار داده و به یکدیگر متصل می‌شوند. پس از اجرای تاسیسات برقی و مکانیکی لازم، دو سمت پانل‌ها با بتن ریزدانه، بتن‌پاشی می‌شود. از نقاط ضعف این سیستم می‌توان موارد زیر را برشمرد:

مشکل اجرا در محل‌های بادخیز، ترد بودن فولادهای پیش‌کشیده، دشواری رعایت رواداری‌ها به هنگام نصب و شاقول‌کردن پانل‌ها، دشواری کنترل ضخامت بتن پاشیده، عدم دست یافتن به مقاومت‌های بالای بتن، امکان ایجاد خوردگی در شبکه فولادی، عدم امکان دسترسی برای تعمیر یا اصلاح مسیر تاسیساتی.

۱۱-۶-۶-۲ الزامات ساختمان‌های نیمه‌پیش‌ساخته با 3D پانل

۱۱-۶-۶-۲-۱ پانل‌ها باید در محیط‌های دور از تابش مستقیم اشعه خورشید، بارش باران، رطوبت، تغییرات حرارتی شدید و عوامل مخرب محیطی نگهداری شوند.

۱۱-۶-۶-۲-۲ پانل‌ها باید دور از مواد آتش‌زا یا حلال مانند هیدروکربن‌ها نگهداری شود و از حرارت مستقیم نیز مصون ماند.

۱۱-۶-۶-۲-۳ انبارکردن پلی‌استایرن، با حجم بیش از ۶۰ مترمکعب مجاز نیست؛ درصورت نیاز به ذخیره‌سازی مقادیر بیشتر، باید بین هر انبارش حداقل ۲۰ متر فاصله باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۴ هسته عایق باید پلی‌استایرن منبسط‌شونده از نوع کندسوز با حداقل چگالی اسمی $15\ kg/m^3$، مطابق استاندارد ASTM و با تایید از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۵ لایه پلی‌استایرن باید در محل کف/سقف قطع شود و بین طبقات امتداد نداشته باشد. هرگونه امتداد قائم لایه پلی‌استایرن در دیوارهای خارجی، شفت‌های پلکان، آسانسور و نظایر آنها نیز، باید در محل کف/سقف قطع شود.

۱۱-۶-۶-۲-۶ هرگونه سوراخ یا گشودگی ایجاد شده درون دیوار باید آتش‌بندی شود.

۱۱-۶-۶-۲-۷ هرگونه عملیات جوشکاری در نزدیکی پانل‌های بتن‌پاشی نشده که احتمال آسیب‌رسانی به پانل داشته باشد، باید با رعایت تمهیدات ویژه و با نظارت دقیق انجام شود.

۱۱-۶-۶-۲-۸ از بارگذاری یا اقداماتی نظیر راه رفتن روی پانل‌ها باید اجتناب شود.

۱۱-۶-۶-۲-۹ نگهداری و انبار پانل‌ها روی یکدیگر باید به نحوی باشد که جوش شبکه و مفتول‌ها آسیب نبینند.

۱۱-۶-۶-۲-۱۰ در هنگام بارگیری، باراندازی یا حمل و نقل پانل‌ها باید اقدامات لازم برای جلوگیری از تابیدگی و خمیدگی آنها به عمل آید.

۱۱-۶-۶-۲-۱۱ رعایت مشخصات بتن پاششی، طبق آیین‌نامه بتن ایران الزامی است.

۱۱-۶-۶-۲-۱۲ ضخامت بتن پاششی در هر طرف نباید از ۴۰ میلی‌متر کمتر و از ۷۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۱۳ حداقل تنش تسلیم فولاد شبکه جوش ۲۴۰ مگاپاسکال و حداقل قطر آن ۳ میلی‌متر است.

۱۱-۶-۶-۲-۱۴ تمهیدات لازم در شرایط اقلیمی مختلف برای بتن مسلح مانند کاربرد فولاد گالوانیزه و نیز بتن مقاوم در محیط خورنده، باید طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان لحاظ شود.

۱۱-۶-۶-۲-۱۵ ضخامت هسته عایق در پانل‌های دیواری باید حداقل ۴۰ میلی‌متر و به تناسب آن، فاصله شبکه‌های جوش‌شده از یکدیگر باید حداقل ۸۰ میلی‌متر باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۱۶ ضخامت هسته عایق در پانل‌های سقفی باید حداقل ۶۰ میلی‌متر و به تناسب آن، فاصله شبکه‌های جوش‌شده از یکدیگر باید حداقل ۱۰۰ میلی‌متر باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۱۷ پلان ساختمان باید نسبت به محورهای اصلی بنا، متقارن و ساختمان در ارتفاع، منظم باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۱۸ حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان، مشروط به اجرای کلاف‌های افقی و قائم، ۱۰ متر و در غیر این صورت، ۷/۲ متر از تراز پایه است.

۱۱-۶-۶-۲-۱۹ از ایجاد اختلاف سطح در کف‌ها باید خودداری شود.

۱۱-۶-۶-۲-۲۰ ارتفاع مجاز هر طبقه بدون کلاف میانی باید به ۴ متر محدود شود. در صورت افزایش ارتفاع از این مقدار لازم است یک کلاف میانی منظور گردد. در هر حال، ارتفاع هر طبقه نباید از ۶ متر بیشتر شود.

۱۱-۶-۶-۲-۲۱ انتخاب انواع ترکیبات بار و همچنین، کنترل سازه در مقابل بار باد باید مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان انجام شود.

۱۱-۶-۶-۲-۲۲ طرح لرزه‌ای باید بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ صورت پذیرد.

۱۱-۶-۶-۲-۲۳ حداکثر دهانه باربر ثقلی در سقف ۵ متر، حداکثر طول آزاد دیوار ۶ متر و حداکثر ارتفاع خالص پانل‌های دیواری ۳/۲ متر است.

۱۱-۶-۶-۲-۲۴ لازم است کفایت مقاومت پانل‌های غیرباربر در برابر بارهای غیرمتعارف احتمالی نظیر ضربه، متناسب با شرایط بهره‌برداری مورد بررسی قرار گیرند.

۱۱-۶-۶-۲-۲۵ در مسیر انتقال نیروی جانبی از سازه پانلی به زمین، نباید انقطاعی وجود داشته باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۲۶ در هر دیوار پانلی، سطح بازشوها نباید از ۳۳ درصد سطح کامل دیوار بیشتر باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۲۷ فاصله بازشوها تا کناره‌های دیوار باید حداقل ۷۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

۱۱-۶-۶-۲-۲۸ در اطراف بازشوها باید حداقل به اندازه مساحت معادل مفتول‌های قطع‌شده از پانل در هر راستا، به صورت فولاد متمرکز در همان راستا، در دو طرف بازشو قرار داده شود. همچنین، در گوشه‌های بازشو باید آرماتور تقویتی مورب با رعایت طول مهاری تعبیه شود.

۱۱-۶-۶-۲-۲۹ سایر تمهیدات لازم در مورد بازشوها باید بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان لحاظ شود.

۱۱-۶-۶-۲-۳۰ آثار ناشی از لاغری باید در طراحی پانل‌های بابر لحاظ گردد.

۱۱-۶-۶-۲-۳۱ در طبقه‌هایی که به دلایل معماری تعدادی از دیوارهای آن حذف می‌شود، نباید نسبت سطح مقطع دیوارهای باربر پانلی آن طبقه به سطح مقطع دیوارهای باربر پانل طبقه فوقانی، بدون در نظر گرفتن دیوار قسمت فوقانی بازشوها، از ۷۰ ٪ کمتر باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۳۲ احداث کنسول‌های بیشتر از یک متر مجاز نیست.

۱۱-۶-۶-۲-۳۳ طراحی جزییات قرارگیری میلگردهای مورد نیاز، باید مانند سازه‌های بتن‌آرمه معمولی باشد و مطابق با ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان صورت پذیرد.

۱۱-۶-۶-۲-۳۴ مهار و وصله میلگردها و شبکه جوش‌شده باید مطابق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۳۵ در دیوارها، پوشش بتن پاششی روی شبکه جوش‌شده یا میلگردها نباید کمتر از ۱۵ میلی‌متر باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۳۶ آرماتورهای انتظار سازه پی، باید باید در فاصله بین لایه عایق و شبکه فولادی پانل قرار گرفته و به سمت شبکه فولادی متمایل باشند.

۱۱-۶-۶-۲-۳۷ نقشه‌های محاسباتی، اجرایی و کارگاهی باید مطابق مندرجات این بخش و نیز الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، به تناسب سازه مورد نظر تهیه شوند.

۱۱-۶-۶-۲-۳۸ باتوجه به نوع پانل تولیدی، لازم است جزییات اتصال سقف به دیوار، سقف به بازشوها و دیوار به دیوار در حالات مختلف (کنج، کنار هم، سپری و صلیبی) به صورت پارامتریک، در قالب یک دفترچه با عنوان "دفترچه جزییات اتصالات" ارایه شود.

۱۱-۶-۶-۲-۳۹ در صورت استفاده از سیستم تاسیسات مکانیکی توکار، لازم است لوله‌های مربوطه، از جنس پلیمری باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۴۰ اگر از پانل‌های سقفی استفاده شود، لازم است نصب پانل‌های سقف پیش از اتمام بتن‌پاشی دیوارها انجام شود.

۱۱-۶-۶-۲-۴۱ برای اجرای پانل‌های سقفی، باید فاصله ۲۰ میلی‌متری بین پشت‌بند و شبکه جوش شده رعایت شود و نباید به شبکه جوش‌شده بچسبد.

۱۱-۶-۶-۲-۴۲ در پانل‌های سقفی باید خیز منفی به مقدار نیم درصد طول دهانه در وسط دهانه تیرها رعایت شود.

۱۱-۶-۶-۲-۴۳ فاصله حداکثر برای شمع‌ها در طول تیرچه‌های بین پانل‌های سقف ۱/۵ متر است.

۱۱-۶-۶-۲-۴۴ آزمایش‌های پیش از بتن‌پاشی

۱۱-۶-۶-۲-۴۴-۱ قبل از شروع عملیات بتن‌پاشی در کارگاه، باید جعبه‌های آزمایشی چوبی یا فلزی به ابعاد ۱۰۰×۶۰۰×۶۰۰ میلی‌متر برای اخذ نمونه‌های آزمایش از بتن پاششی، توسط پرسنل کارگاه و تحت نظر دستگاه نظارت تهیه شود.

۱۱-۶-۶-۲-۴۴-۲ به ازای هر مخلوط نمونه، هر وضعیت بتن‌پاشی (افقی یا سربالا) و هر اپراتور بتن‌پاش، باید حداقل یک جعبه آزمایشی در نظر گرفته شود که نصف جعبه با شبکه جوش‌شده پانل، مشابه شرایط واقعی، شبکه‌بندی شود.

۱۱-۶-۶-۲-۴۴-۳ از هر جعبه آزمایش باید ۶ نمونه مغزه‌گیری انجام شود که ۳ نمونه با شبکه فولادی و ۳ نمونه بدون آن باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۴۴-۴ به ازای هر ۵۰ مترمکعب بتن پاششی یا هر ۵ روز بتن‌پاشی، یک جعبه آزمایشی لازم است.

۱۱-۶-۶-۲-۴۴-۵ زمانی بتن پاششی، از نظر مقاومت قابل قبول تلقی می‌شود که متوسط مقاومت فشاری سه مغزه حداقل برابر ۰/۸۵ مقاومت مشخصه طرح باشد و همچنین مقاومت هیچ یک از مغزه‌ها کمتر از ۰/۷۵ مقاومت مشخصه طرح نباشد. برای کنترل دقت نتایج می‌توان مغزه‌گیری را تکرار نمود.

۱۱-۶-۶-۲-۴۴-۶ برای سهولت در نتیجه‌گیری و تسریع در کار می‌توان به همراه بتن‌پاشی جعبه‌ها، ۶ آزمونه استوانه‌ای استاندارد از بتن پاششی گرفته شود و نتایج مقاومت آزمونه‌ها با مغزه‌های اخذشده از جعبه‌ها مقایسه و کالیبره گردد. معیار کیفی مغزه‌ها باید مطابق با ضوابط نشریه ۳۸۵ سازمان برنامه و بودجه باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۴۵ مصالح برگشتی بتن پاششی نباید مورد استفاده مجدد در بتن‌پاشی پانل‌های باربر قرارگیرند.

۱۱-۶-۶-۲-۴۶ استفاده از روش‌های دستی در اجرای بتن پاششی مجاز نیست.

۱۱-۶-۶-۲-۴۷ فشار دستگاه بتن‌پاش یا کمپرسور باید به حدی باشد که بتن پاششی با فشاری در محدوده ۵ تا ۸ بار (اتمسفر) از پاشنده به سوی سطح، خارج شود.

۱۱-۶-۶-۲-۴۸ در عملیات بتن‌پاشی نباید به دلیل نصب قرنیز، ضخامت بتن پاششی پایین دیوار کم شود.

۱۱-۶-۶-۲-۴۹ لازم است بتن‌پاشی دیوارها از پایین به سمت بالای دیوار صورت گیرد.

۱۱-۶-۶-۲-۵۰ به منظور توزیع یکنواخت بتن پاششی و جلوگیری از گلوله و انباشته‌شدن مصالح، لازم است، پاشنده تا حد امکان، عمود بر سطح دیوار قرار داده شود و حرکت آن به صورت یکنواخت با الگوی دوار کوچک، حول محور پاشنده باشد. در موقعیت‌هایی که به لحاظ شرایط معماری یا اجرایی، این موضوع میسر نباشد، دهانه پاشنده نباید کمتر از ۴۵ درجه از سطح کار، زاویه بگیرد.

۱۱-۶-۶-۲-۵۱ بتن‌پاشی نباید به کنج ختم شود؛ برای عملیات بتن پاشی داخل کنج‌ها، باید پاشش در راستای نیمساز کنج انجام شود.

۱۱-۶-۶-۲-۵۲ برای تامین پایداری قائم پانل‌های دیواری به منظور بتن‌پاشی، لازم است در فاصله ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متری از بالای دیوار، از پشت‌بندهای افقی مناسب استفاده شود.

۱۱-۶-۶-۲-۵۳ پلی‌استایرن پانل‌های دیوار باید به نحوی در جای خود ثابت نگه داشته شوند که در اثر فشار حاصل از پاشش بتن، جابجا نشوند.

۱۱-۶-۶-۲-۵۴ رواداری‌های ابعادی پانل‌ها باید مطابق جدول ۱۱-۶-۱ باشد.

۱۱-۶-۶-۲-۵۵ رواداری‌های اجرای پانل‌ها باید مطابق جدول ۱۱-۶-۲ در نظر گرفته شود.

inbr.ir

جدول ۱۱-۶-۱ رواداری‌های ابعادی پانل‌ها

ردیف	مورد	واحد	پانل سقفی	پانل دیواری	
				باربر	غیر باربر
۱	فاصله قطر پانل	میلی‌متر	۱۰± فاصله اسمی	۱۰± فاصله اسمی	۵± فاصله اسمی
۲	ضخامت لایه عایق	میلی‌متر	۵± ضخامت اسمی	۵± ضخامت اسمی	۵± ضخامت اسمی
۳	* قطر مفتول‌ها	میلی‌متر	۳/۵ ±۰/۱	۳/۵ ±۰/۱	۲/۵ ±۰/۱
۴	ابعاد چشمه	میلی‌متر	۸۰ ±۵	۸۰ ±۵	۸۰ ±۵
۵	** زاویه بین مفتول های طولی و عرضی	درجه	۹۵±۰/۵	۹۵±۰/۵	۹۵±۰/۵
۶	طول مفتول عرضی	میلی‌متر	۳ – طول‌اسمی	۳ – طول‌اسمی	۳ - طول‌اسمی
۷	طول برش‌گیرها	میلی‌متر	۳ – طول‌اسمی	۳ – طول‌اسمی	۳ – طول‌اسمی
۸	قطر برش‌گیرها	میلی‌متر	۳/۵ ±۰/۱	۳/۵ ±۰/۱	—
۹	زاویه برش‌گیرها	درجه	۰/۵ + زاویه اسمی	۰/۵ + زاویه اسمی	۰/۵ + زاویه اسمی
۱۰	تاب برش‌گیرها	میلی‌متر	۱/۵	۱/۵	۱/۵

با ابعاد و اندازه‌های مندرج در این جدول، رعایت رواداری‌ها الزامی است.

* حداقل قطر مفتول ۳/۵ میلی‌متر می‌باشد و در صورت استفاده از مفتول‌هایی با قطر کمتر، باید محاسبات سازه‌ای مستدل انجام گردد.

** این رواداری برای پانل در طول ۳ متر می‌باشد.

inbr.ir

جدول ۱۱-۶-۲ رواداری‌های اجرای پانل‌ها

ردیف	شرح				رواداری
۱	انحراف از امتداد قائم	الف	در لبه و سطح دیوارها، نبش‌ها و کنج‌ها		۵ میلی‌متر در هر ۳ متر طول
					حداکثر ۲۰ میلی‌متر در کل طول
		ب	برای گوشه نمایان دیوارها، درزهای کنترل، شیارها و دیگر خطوط برجسته نمایان مهم		۵ میلی‌متر در هر ۶ متر طول
					حداکثر ۱۰ میلی‌متر در کل طول
۲	انحراف از سطوح یا ترازهای مشخص شده در نقشه‌ها	الف	در سطح زیرین دال‌ها، سقف‌ها، سطح زیرین تیرها، نبش‌ها و کنج‌ها قبل از برچیدن حایل‌ها		۱۰ میلی‌متر در هر دهانه یا هر ۶ متر طول
					حداکثر ۲۰ میلی‌متر در کل طول
		ب	در نعل درگاه‌ها، زیرسری‌ها، جان‌پناه‌های نمایان در شیارهای افقی و دیگر خطوط برجسته نمایان و مهم		۲۵ میلی‌متر در هر ۶ متر طول
					حداکثر ۱۰ میلی‌متر در کل طول
۳	انحراف دیوارها و تیغه‌های جداکننده از موقعیت مشخص‌شده در پلان ساختمان		در هر دهانه		۱۰ میلی‌متر
			در هر شش متر طول		۱۰ میلی‌متر
			حداکثر در کل طول		۲۰ میلی‌متر
۴	انحراف از اندازه/موقعیت بازشوهای واقع در کف، دیوار و غلاف‌ها				۶ + میلی‌متر
۵	اختلاف ضخامت دال‌ها و دیوارها	الف	در جهت نقصانی		۱ میلی‌متر
		ب	در جهت اضافی		۵ میلی‌متر
۶	پی‌ها	الف	اختلاف اندازه‌ها در پلان	نقصانی	۱۲ میلی‌متر
				اضافی	۵۰ میلی‌متر
		ب	جابجایی یا خروج از مرکز		دو درصد عرض سازه پی در امتداد طول مورد نظر مشروط برآنکه بیش از ۵۰ میلی‌متر نباشد
		پ	ضخامت	کاهش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده	۵ درصد
				افزایش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده	محدودیتی ندارد

inbr.ir

بلوک‌ها و پانل‌های AAC

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شناسایی شرکت‌ها و فناورهای دارای توانمندی برای مشارکت در طرح جهش تولید مسکن

در راستای مصوبه شورای معاونین و تشکیل حلقه‌های اندیشه‌ورز و استفاده از شرکت‌های دانش‌بنیان و داری ایده‌های نو در صنعت ساختمان

آذر ماه ۱۴۰۰

شرکت پرین بتن

۱۱- پانل‌های مسلح AAC – معرفی

- یکی از اجزا مهم و به روز سیستم های بتن هوادار اتوکلاو شده پانل های مسلح AAC می باشند. این پانل ها به دو صورت *باربر و غیر بار* در دنیا خصوصا اروپا و ژاپن برای **دیوارهای** باربر و غیر باربر، **کف و سقف** طراحی و در کارخانه تولید می گردند.

در تولید پانل های مسلح بتن هوادار اتوکلاوشده از مش های فولادی جوشی استفاده می شود.

شرکت پرین بتن

بررسی عملکرد سازه‌ای پانل‌های مسلح بتن سبک اتوکلاو شده

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

گزارش پیشرفت پروژه:

بررسی عملکرد سازه‌ای پانل‌های مسلح ساخته شده از بتن سبک اتوکلاو شده و تعیین دامنه کاربرد آنها

دکتر نادر خواجه احمد عطاری

دکتر مژده زرگران

همکار

مهندس منوره گدخدا اول

بهمن ماه ۱۳۹۹

۱

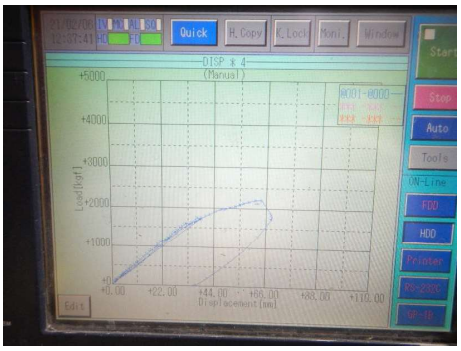
پانل های AAC در برابر زلزله عملکرد خوبی داشته و کشورهایی نظیر ژاپن، آمریکا و ترکیه تجربیات موفقی را به ثبت رسانده.

از آنجا که تحقیقات گسترده ای در کشورهای مذکور صورت گرفته و ضوابط و مقررات ملی برای آن تعریف شده است، این شرکت در قالب یک توافقنامه، طراحی آزمون و تهیه کد و ضوابط طراحی و اجرای این پانل ها را به مرکز تحقیقات وزارت راه و مسکن و شهرسازی واگذار کرد.

و اینک مفتخریم که اعلام کنیم ساختمان طرح پرین با مشخصه فاقد اسکلت بتنی یا فلزی و با دیوار و سقف باربر در تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۱۶ پس از تایید در آزمون لرزه نهایی گردید.

شرکت پرین بتن

پانل‌های مسلح AAC– تست ضربه و خمش خارج از صفحه



شرکت پرین بتن

پانل‌های مسلح AAC–نمونه های اجرا شده از پانل‌های باربر

رکورد ۵ واحد ۱۰۰ متری در روز

پانل‌های مسلح AAC– نمونه ای از کارهای انجام شده

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

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 پانل‌های دیواری معطوف گردید تا ضمن کاهش مدت زمان اجرای دیوارهای جداکننده، از کمترین نیروی انسانی استفاده شود و خطاهای حین اجرا به حداقل برسد.

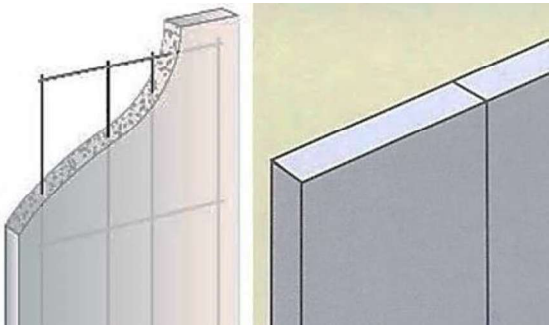
از مزایای این پانل‌ها، می‌توان به مقاومت مناسب آن در مقابل آتش، عملکرد حرارتی مطلوب، عدم نیاز به عایق‌های حرارتی مجزا، کاهش انتقال صوت، افزایش سرعت ساخت، کاهش در مصرف مصالح مورد نیاز برای نما، کاهش در جرم ساختمان و سهولت نصب و اجرا را نام برد. در صورت عدم رعایت

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.

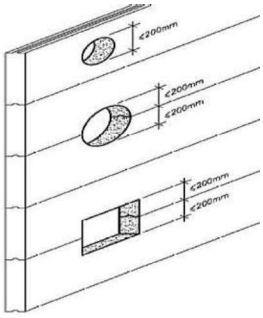
- زیرکار پانل‌ها باید تراز باشد. در تراز همکف نیاز به اجرای کرسی تا ۲۰ سانتی‌متر بـالاتر از خـاک و عایق رطوبتی پایه سیمانی روی آن است.

- 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.

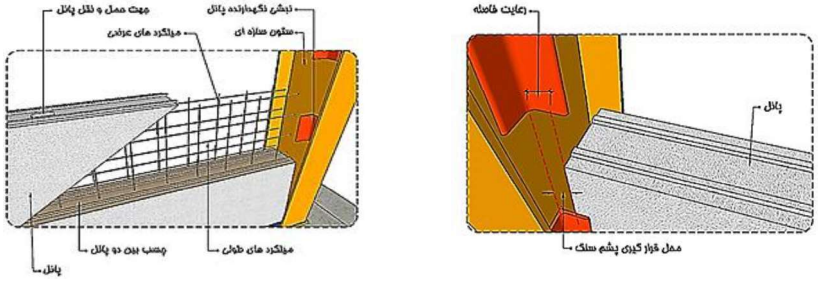
شکل۳-۸ نصب نعل‌درگاه و بازشوها

- 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.

دال عرشه فولادی مرکب

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شناسایی شرکت‌ها و فناورهای دارای توانمندی برای مشارکت در طرح جهش تولید مسکن

در راستای مصوبه شورای معاونین و تشکیل حلقه‌های اندیشه‌ورز و استفاده از شرکت‌های دانش‌بنیان و داری ایده‌های نو در صنعت ساختمان

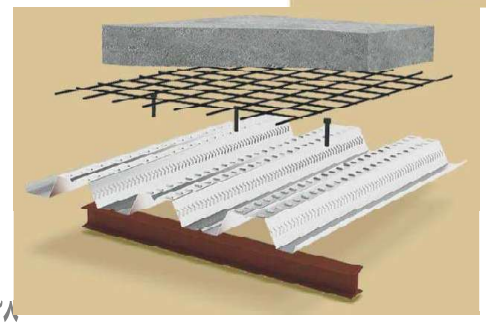
آذر ماه ۱۴۰۰

٦- سازه ساختمانی با قاب‌های ساده فولادی و سقف عرشه فولادی – مقدمه

سیستم ساختمانی سازه‌های کامپوزیت ایستا نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن قاب ساختمانی ساده متشکل از ستون‌های کامپوزیت بتنی و فولادی، تیرهای مرکب با پروفیل ناودانی (گرم‌نورد شده) و سیستم سقف عرشه فلزی بصورت مرکب می‌باشد. در این سیستم برای مقابله با نیروهای جانبی از دیوار برشی بتن آرمه استفاده می‌شود.

شرکت سازه های کامپوزیت ایستا

سازه کامپوزیت – ویژگی‌ها



- قابلیت اجرای سیستم در انواع زمین‌ها و کلیه پهنه‌های لرزه‌خیزی ایران تا ارتفاع ۱۵ طبقه از تراز پایه
- قابلیت تولید صنعتی سیستم و کنترل کیفیت قطعات در کارخانه
- قابلیت تولید و احداث سازه ساختمان با سرعت حداقل ۵ برابر روش‌های سنتی
- اقتصادی بودن این سیستم نسبت به سیستم‌های سنتی متداول
- مقاومت و عملکرد مناسب این سیستم در هنگام زلزله
- سبکی قطعات و سادگی اتصالات
- انعطاف‌پذیری سیستم با طرح‌های مختلف معماری و امکان اجرای پارکینگ طبقاتی و طبقات زیرزمین متعدد
- بی‌نیاز از تجهیزات ویژه نصب

ظرفیت تولید اعلام نشد
رکورد هر هفته یک طبقه ۱۰۰۰ متر

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

– 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

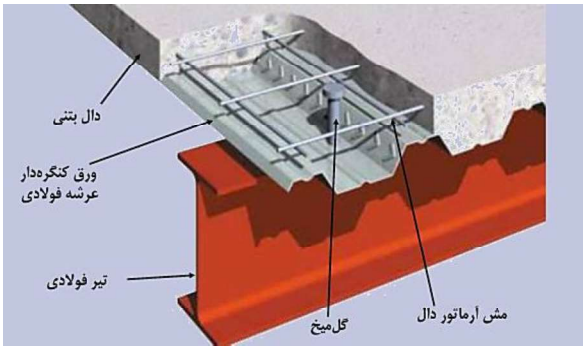
ج– انجام کنترل‌های ابعاد هندسی خرپاهای تولید شده در خط تولید

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.

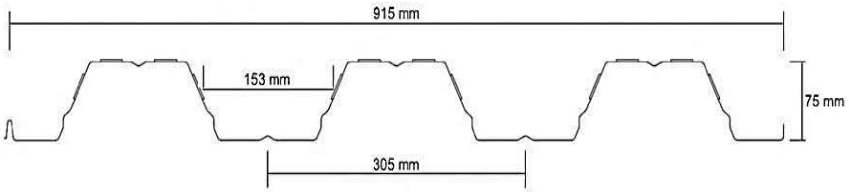
۲-۴-۲ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

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

الزامات طراحی و اجرا: 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.

پرینت ۳ بعدی

– 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 $۴۰۰mm$ و ارتفاع $۳۵۰mm$ و برای دیوارهای غیر سازه‌ای با حداقل عرض $۳۰۰mm$ و ارتفاع $۳۵۰mm$ 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.

سیستم قالب تونلی

شرکت سرمایه‌گذاری مسکن

۳- سیستم ساخت صنعتی به روش قالب تونلی - تاریخچه جهانی

- سیستم ساخت سازه بتنی به روش قالب تونلی، از حدود ۵۰ سال پیش مورد استفاده انبوه سازان در جهان بوده است و تاکنون مورد بازنگری‌های فنی از سوی سازندگان قالب قرارگرفته است.
- این سیستم یکی از بهترین روش‌های ساخت و ساز صنعتی است و از ابتدا در کشورهایی که با مشکل زلزله روبرو بودند مورد توجه قرار داشته است، همچنین در کشورهایی مانند آمریکا، کانادا، ترکیه، مالزی و ... بویژه جهت احداث ساختمان‌های بلند مرتبه، استفاده از این روش بسیار متداول می‌باشد.
- روش قالب تونلی، مانند دیگر روش‌های ساخت صنعتی، در چهار معیار کاهش زمان، کاهش هزینه، ارتقاء کیفیت و امنیت کارگاه توجیه پذیر می‌باشد.

شرکت سرمایه‌گذاری مسکن

سیستم ساخت صنعتی به روش قالب تونلی - تاریخچه

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شرکت گروه سرمایه گذاری مسکن بعنوان پیشرو در امر صنعتی سازی، این فناوری را در سال ۷۱ در قالب مجتمع ۶۳۲ واحدی درپردیسان رشت اجرا نموده و در سال ۸۶توسط **مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی،** بعنوان یکی از سیستمهای نوین ساختمانی مورد بررسی قرار گرفته و تاییدیه فنی آن برای شرکت صادر گردیده است.

۱۱ - قالب برداری اجزاء سازه‌ای می‌بایستی مطابق مبحث نهم مقرارت ملی ساختمان 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 و یا سایر مراجع معتبر بین المللی بوده، همچنین نوع و میزان مصرف آن‌ها بر مبنای مشخصات اجرایی و اقلیمی، کشور انتخاب شود.
۱۳ - در شرایط اقلیمی مختلف، 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 - لحاظ نمودن جزئیات دقیق مسیر و محل نصب کلیه اقلام تأسیسات برقی و مکانیکی در مرحله طراحی و اجرا ضروری است.
۱۶ - در نظر گرفتن تمهیدات و تجهیزات لازم جهت اجرای بتن‌ریزی یکپارچه دیوارها و سقف در هر طبقه ضروری است.
۱۷ - تمهیدات لازم در اجرای نازک‌کاری و نماسازی بر روی سطوح بتنی، می‌بایستی در مراحل طراحی و اجرا در نظر گرفته شود.
۱۸ - عایقکاری حرارتی جداره‌های خارجی ساختمان مطابق الزامات مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان الزامی است.
فناوری **ساختمان‌های بتن‌آرمه با شیوه قالب‌های تونلی** به تقاضای شرکت **«سرمایه گذاری مسکن»** به شماره ثبت ۷۸۸۲۸ و آدرس تهران - خیابان میرداماد - میدان مادر، خ شاه‌نظری، نبش کوچه ششم، شماره ۸، مورد تأیید می‌باشد.
اعتبار این "تأییدیه فنی" تا راه‌اندازی خط تولید می‌باشد و اخذ "گواهی‌نامه فنی" پس از راه‌اندازی کارخانه از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.

سید محمود فاطمی عقدا
رئیس مرکز

جمهوری اسلامی ایران
وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

شماره: ۱۳۹۹-۱۰
تاریخ: ۱۳۸۶/۱۱/۲۳

تأییدیه فنی

به استناد ماده ۲ وظایف قانونی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، جزء ۲-۶ بند «د» تبصره ۶ قانون بودجه سال ۱۳۸۶ کل کشور و دستورالعمل‌های مربوط، بر اساس بررسی‌های انجام شده و با شرط رعایت الزامات ذیل:

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 لرزه خیزی 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 آئین‌نامه آبا (یا آئین‌نامه ACI ۳۱۸-۰۵ و ویرایش‌های بعد از آن) انجام گیرد.
۴ - رعایت ضوابط مربوط به شکل‌پذیری متوسط و زیاد متناسب با لرزه‌خیزی مناطق مختلف ایران مطابق استاندارد ۲۸۰۰ الزامی است.
۵ - منظم بودن ساختمان در پلان و ارتفاع ضروری است.
۶ - بکارگیری حداکثر دهانه ۵/۵ متر برای سقف، حداکثر ارتفاع خالص ۳ متر (بدون احتساب ضخامت سقف) و حداقل ضخامت ۱۵ سانتی‌متر برای دیوارهای هر طبقه در این سیستم مجاز می‌باشد.
۷ - سطح مقطع اسمی دیوارهای سازه‌ای درهر جهت باید حداقل ۳٪ سطح زیر بنای طبقه باشد.
۸ - سطح مقطع اسمی دیوارهای سازه‌ای یک جهت می‌بایست حداقل ۸۰٪ جهت دیگر باشد.
۹ - رعایت حداقل مقاومت فشاری نمونهٔ استوانه‌ای 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 قالب های تونلی ضروری است.
۱۱ - قالب برداری اجزاء سازه‌ای می‌بایستی مطابق مبحث نهم مقرارت ملی ساختمان صورت گیرد.

شرکت سرمایه‌گذاری مسکن

سیستم ساخت صنعتی به روش قالب تونلی -ویژگی‌های سیستم

- بالا بودن سرعت ساخت و ساز
- کنترل دقیق تر کیفیت در مراحل طراحی و ساخت
- کاهش ضخامت جداره ها و افزایش فضای مفید
- صرفه اقتصادی بیشتر
- کاهش نیروی انسانی کل
- صرفه جویی در منابع و استفاده بهینه از مصالح استراتژیک
- یکپارچگی سیستم و بهبود رفتار لرزه ای آن بدلیل عملکرد جعبه ای سازه
- کاهش هزینه کل نسبت به روشهای رایج ساخت
- کاهش خواب سرمایه و بازگشت سریعتر آن
- کاهش حجم نیروی انسانی و هزینه های مربوطه
- کاهش پرت مصالح

رکورد یک واحد در روز و تقریبا ۱/۵ میلیون متر مربع در سال

شرکت سرمایه گذاری مسکن

سیستم ساخت صنعتی به روش قالب تونلی -برخی از پروژه‌های قالب تونلی- قدیم

۶۰۰ واحدی بینالود مشهد

۱۰۰۰ واحدی غدیر مشهد

۱۴۰۰ واحدی گلستان کرج

۶۳۰ واحدی پردیسان رشت

۱۰۰۰ واحدی بوستان کرج

۵۴۰ واحدی آذران تبریز

۴۵۰ واحدی بنفشه اندیشه

۴۵۰ واحدی ارکیده اراک

٤- سیستم صنعتی بتن‌آرمه درجا با قالب یکپارچه – ویژگی‌ها

شرکت کیسون

- عناصر بابر قائم: سقف و دیوارهای بتن‌مسلح باربر
- عناصر بابر جانبی: سقف دال بتن مسلح با عملکرد دیافراگم افقی و دیوارهای برشی بتن مسلح
- نوع سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰: سیستم دیوارهای بابر متشکل از دیوارهای برشی متوسط یا ویژه
- ضریب رفتار سازه: Ru=5 برای دیوارهای برشی ویژه و Ru=4 برای دیوارهای برشی متوسط
- حداکثر تعداد طبقات مجاز: ۱۵ طبقه از روی تراز پایه
- حداکثر ارتفاع مجاز: ۵۰ متر از روی تراز پایه

سیستم صنعتی بتن‌آرمه درجا با قالب یکپارچه – روش اجرا

مراحل ساخت سازه بتنی یک بلوک ساختمانی

اجرای فونداسیون

اجرای دیوار و سقف

سیستم صنعتی بتن‌آرمه درجا با قالب یکپارچه – نمونه‌های اجرا شده

شرکت کیسون

رکورد ۱ واحد در هر ساعت
۲۰,۰۰۰ واحد خود شرکت
و ۱۰۰,۰۰۰ واحد از طریق مشارکت

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.

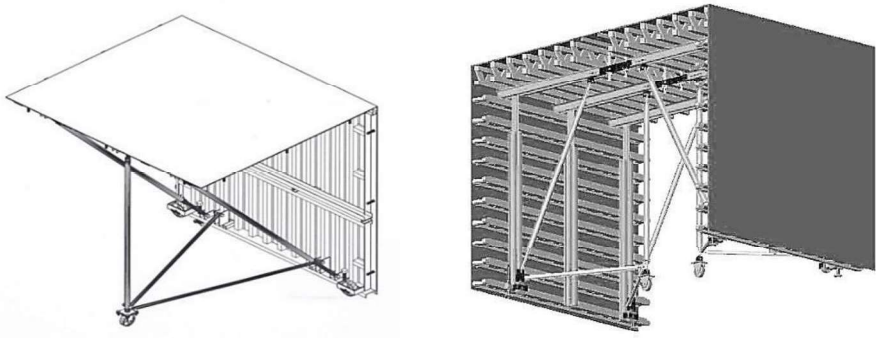
از اصول مهم در کاربرد این فناوری، طراحی مدولار و احتراز از تنوع بیش از حد در دهانه‌ها و ارتفاع طبقات است و لذا، این اصل باید از ابتدای طراحی مدنظر قرار گیرد. در پروژه‌های انبوه سازی که به ساخت بلوک‌های مشابه منتهی می‌شود، استفاده از قالب‌های تونلی در طبقات ساختمان‌های مجاور نیز امکان‌پذیر است. تعداد 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

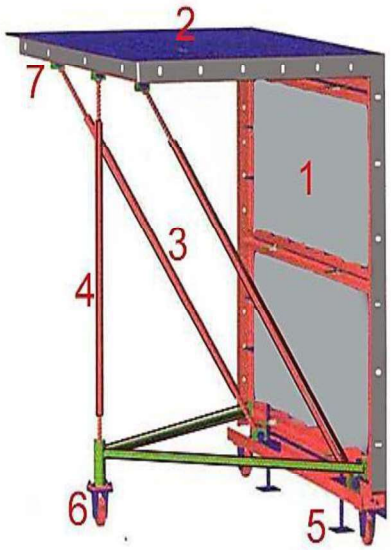
بخش اصلی تجهیزات مورد نیاز در این سیستم اجرایی قالب‌های تونلی هستند. ساختار قالب ها می‌تواند به صورت یکپارچه وکامل، دو نیم قالب (شکل ۱-۵۰) و در صورتی که دهانه سقف بزرگ باشد، به صورت دو نیم قالب و صفحه میانی باشد.



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 یا۵۰ متر از تراز پایه بلامانع است.

۳- طرح لرزه‌ای و سازه‌ای به ترتیب بر اساس آخرین ویرایش استاندارد۲۸۰۰ 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)

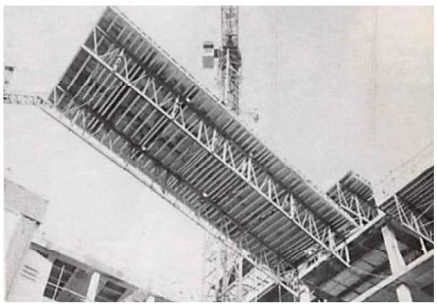
روش درست اجرای کف شناور در گزارش تحقیقاتی شماره: گ-۵۹۶ این مرکز به تفصیل شرح داده شده است.

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:

۱۱-۶-۷ ساختمان‌های بتن‌آرمه درجا به شیوه قالب‌های تونلی

۱۱-۶-۷-۱ کلیات

سیستم موسوم به تونلی، فقط در انبوه‌سازی‌ها استفاده می‌شود و از نوع سیستم دیوار باربر و سقف بتنی است. از آنجایی که سقف و دیوارها به صورت سلولی و هم‌زمان، آرماتوربندی، قالب‌بندی و بتن‌ریزی می‌شوند، این سیستم به تونلی شهرت یافته است. با این شیوه اجرا، ضمن افزایش سرعت و کیفیت، عملکرد سازه‌ای و رفتار لرزه‌ای مجموعه سازه، به لحاظ یکپارچگی اعضا و اتصالات آنها، به نحو چشمگیری بهبود می‌یابد.

قالب‌ها به صورت یکپارچه، بسته و باز می‌شوند. خروج قالب‌های تونلی، پس از بتن‌ریزی دیوار و سقف و گیرش اولیه بتن، با فاصله‌دادن قالب‌ها از جدارهای بتن‌ریزی‌شده و با حرکت افقی روی چرخ یا غلطک صورت می‌گیرد. جدارهایی که با استفاده از این روش اجرا می‌شوند، جدارهای اصلی داخلی و بعضی جداره‌های جانبی هستند. تجربه زلزله‌های گذشته، عموما رفتار مناسب سازه این ساختمان‌ها را نشان داده است. برای افزایش سهولت و سرعت اجرا، اجزای غیرسازه‌ای مانند دیوارهای جداکننده، پله‌ها و پانل‌های نما به صورت پیش‌ساخته در نظر گرفته و پس از تکمیل سازه اصلی، به آن متصل می‌شوند.

با به‌کارگیری مدیریت کیفیت جامع و استفاده از فناوری‌های روز در تسریعِ گیرش و ازدیادِ مقاومت بتن می‌توان سرعت اجرا را به میزان چشمگیری افزایش داد. از معایب این روش، محدودیت در طراحی معماری است. در ساختمان‌های اجراشده به روش تونلی، ابتدا آرماتوربندی و تعبیه مسیرهای تاسیسات برقی در دیوارها انجام می‌شود و هم‌زمان با این اقدامات، قالب‌بندی بازشوهای مورد نیاز برای تاسیسات، در و پنجره اجرا می‌شود. اجرای جداره‌های بتنی پرداخت شده، نیاز به نازک‌کاری بر روی سطوح آن‌ها را برطرف می‌کند.

۱۱-۶-۷-۲ الزامات طراحی و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه درجا با شیوه قالب‌های تونلی

۱۱-۶-۷-۲-۱ مبانی کلی طراحی این سیستم، مطابق با ساختمان‌های بتن مسلح از نوع دیوار باربر است.

۱۱-۶-۷-۲-۲ اجرای این سیستم درکلیه پهنه‌های لرزه‌خیزی ایران حداکثر تا ۵۰ متر از تراز پایه بلامانع است.

۱۱-۶-۷-۲-۳ بارگذاری و طرح سازه‌ای این روش باید به ترتیب، بر اساس مباحث ششم و نهم مقررات ملی ساختمان انجام گیرد.

۱۱-۶-۷-۲-۴ رعایت ضوابط مربوط به شکل‌پذیری زیاد متناسب با لرزه‌خیزی مناطق مختلف ایران الزامی است.

۱۱-۶-۷-۲-۵ حداکثر ارتفاع خالص ۳ متر (بدون احتساب ضخامت سقف) و حداقل ضخامت ۱۵۰ میلی‌متر برای دیوارهای هر طبقه در این سیستم مجاز است.

۱۱-۶-۷-۲-۶ سطح مقطع اسمی دیوارهای سازه‌ای در هر جهت باید حداقل ۳٪ سطح زیربنای طبقه باشد.

۱۱-۶-۷-۲-۷ سطح مقطع اسمی دیوارهای سازه‌ای یک جهت باید حداقل ۸۰ درصد جهت دیگر باشد.

۱۱-۶-۷-۲-۸ رعایت حداقل مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای ۲۵ مگاپاسکال برای بتن سازه‌ای و حداقل تنش تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال برای فولاد الزامی است.

۱۱-۶-۷-۲-۹ درنظر گرفتن ملاحظات لازم در پلان معماری برای بستن و باز کردن قالب‌های تونلی ضروری است.

۱۱-۶-۷-۲-۱۰ قالب‌برداری باید با تامین ضوابط پایه موقت، طبق مراجع معتبر انجام شود.

۱۱-۶-۷-۲-۱۱ استفاده از مواد افزودنی (روان‌کننده، فوق روان‌کننده و افزودنی‌های تسریع‌کننده گیرش بتن) باید مطابق مقررات ملی ساختمان یا سایر مراجع معتبر باشد؛ همچنین، نوع و میزان مصرف آن‌ها باید بر مبنای مشخصات اجرایی و اقلیمی محل پروژه انتخاب گردد.

۱۱-۶-۷-۲-۱۲ لحاظ‌کردن جزییات دقیق مسیر و محل نصب کلیه اقلام تاسیسات برقی و مکانیکی در مرحله طراحی و اجرا ضروری است.

۱۱-۶-۷-۲-۱۳ در نظر گرفتن تمهیدات و تجهیزات لازم برای اجرای بتن‌ریزی یکپارچه دیوارها با سقف در هر طبقه ضروری است.

۱۱-۶-۷-۲-۱۴ تمهیدات لازم در اجرای نازک‌کاری و نماسازی بر روی سطوح بتنی باید در مراحل طراحی و اجرا در نظرگرفته شود.

۱۱-۶-۷-۲-۱۵ رعایت رواداری‌های دیوارهای برشی و باربر، طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان الزامی است.

۱۱-۶-۸ ساختمان‌های بتن‌آرمه درجای یکپارچه

۱۱-۶-۸-۱ کلیات

استفاده از این روش بتن‌ریزی درجا، فقط در انبوه‌سازی‌ها توجیه اقتصادی دارد. در این شیوه، امکان اجرای سازه پی، به صورت نواری یا گسترده وجود دارد؛ اما معمولا به دلایل سهولت اجرا، افزایش سرعت، کاهش هزینه و بهبود کیفیت، از نوع گسترده استفاده می‌شود. سیستم سازه‌ای این روش، متشکل از دیوارهای باربر بتن مسلح در ترکیب با دال بتنی درجا است که همراه با سازه پی آن، ساختار یکپارچه و کاملا مستحکمی را در برابر نیروهای جانبی و قائم پدید می‌آورد. تجربه زلزله‌های گذشته، عموما رفتار مناسب این سیستم سازه‌ای را نشان داده است.

مزیت این شیوه، سرعت بالای آن، به سبب اجرای هم‌زمان کل دیوارهای یک طبقه است. ضمن اینکه، اجرای دیوارهای بتنی به صورت نمایان، نیاز به نازک‌کاری بر روی سطوح آن‌ها را برطرف می کند. آزادی عمل در طراحی معماری به علت امکان توزیع دیوارهای باربر در هر دو امتداد اصلی متعامد در کل پلان و همچنین، امکان حرکت طولی، عرضی و ارتفاعی تاسیسات در تقاطع دیوارها و سقف از دیگر مزایای این روش است.

۱۱-۶-۸-۲ الزامات طراحی و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه درجای یکپارچه

۱۱-۶-۸-۲-۱ مبانی کلی طراحی این سیستم، مطابق با ساختمان‌های بتن مسلح از نوع دیوار باربر است.

۱۱-۶-۸-۲-۲ بارگذاری و طرح سازه‌ای این روش باید به ترتیب، بر اساس مباحث ششم و نهم مقررات ملی ساختمان انجام گیرد.

۱۱-۶-۸-۲-۳ رعایت ضوابط مربوط به شکل‌پذیری زیاد متناسب با لرزه‌خیزی مناطق مختلف ایران الزامی است.

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شناسایی شرکت‌ها و فناورهای دارای توانمندی برای مشارکت در طرح جهش تولید مسکن

در راستای مصوبه شورای معاونین و تشکیل حلقه‌های اندیشه‌ورز و استفاده از شرکت‌های دانش‌بنیان و داری ایده‌های نو در صنعت ساختمان

آذر ماه ۱۴۰۰

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

به نام خدا

وزارت راه و شهرسازی

معاونت مسکن و ساختمان

مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان

طرح و اجرای صنعتی ساختمان‌ها

inbr.ir

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

ویرایش سوم (۱۴۰۰)

قالب سقف با میز پرنده

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

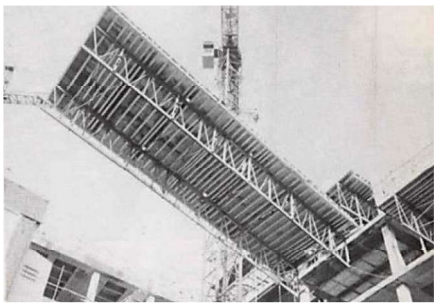
تجدید نظرهفتم: ۱۴۰۱

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).



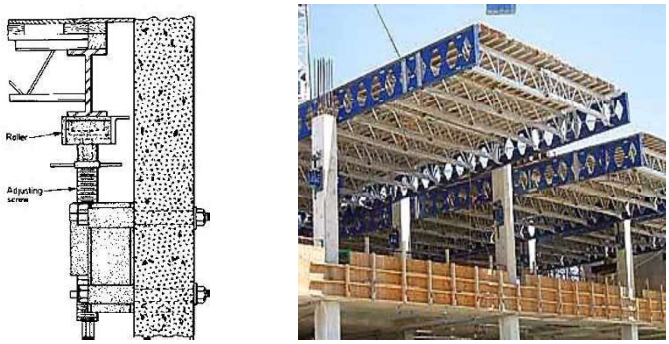
شکل ۱-۵۴ نمونه‌هایی از قالب میزپرنده در حال انتقال

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).

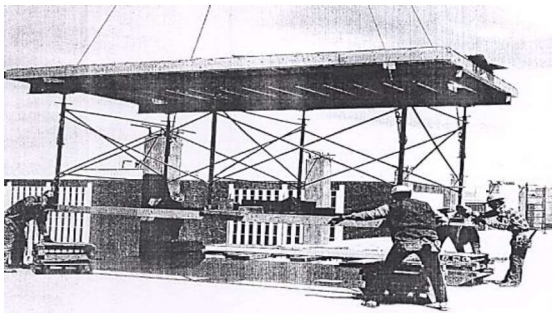
شکل ۱-۵۵ قالب های میز پرنده خرپایی

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

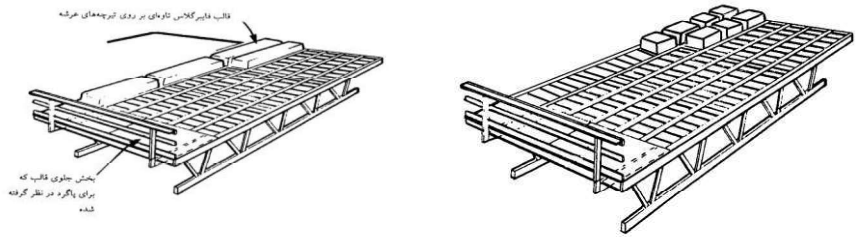
قالب با پایه‌های مهار شده: نوع متداول قالب میز پرنده شامل عرشه‌ای است که بر روی شمع‌های دائمی (پایه‌ها) قرار گرفته و این ساختار با وجود مهارهای قطری از مقطع لوله پایدار شده است. قالب با تنظیم پیچ‌های تلسکوپی که در پایه‌ها پیش بینی شده بالا و پایین برده می شود. پس از بتن ریزی و سخت شدن بتن، مجموعه قالب 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).



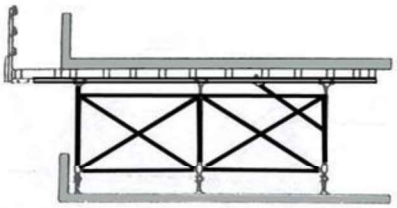
شکل ۱-۵۸ نحوه اجرای سقف‌های وافل دوطرفه و تیرچه یکطرفه با استفاده از قالب خرپایی میزپرنده

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

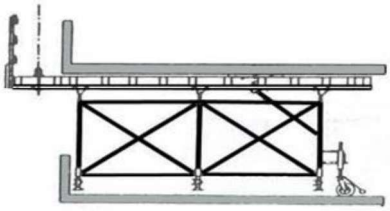
یا نقل و انتقال ما بین ساختمان‌های مجاور توسط جرثقیل صورت می‌گیرد و این امر برنامه‌ریزی ویژه برای این عملیات را می‌طلبد. این روش معمولاً برای پروژه‌های متوسط تا بزرگ مقیاس مناسب می‌باشد. از آنجا که هزینه اولیه تولید زیاد است لذا تعداد دفعات استفاده مجدد می‌تواند باعث اقتصادی شدن کاربرد قالب شود.

۱-۱۴-۳ روش اجرایی و کنترل کیفی

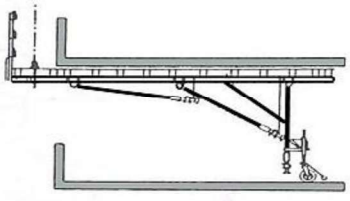
نحوه استقرار قالب و قالب‌برداری یک سقف در شکل ۱-۵۹ تا شکل ۱-۶۲ نمایش داده شده‌است. انحراف سطوح و موقعیت قالب‌ها نباید از حدود معین شده در جدول ۹-۱۲-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تجاوز کند و رواداری‌های اجرای دال‌های بتن‌آرمه با اجرای این سیستم قالب‌بندی باید تامین شود.



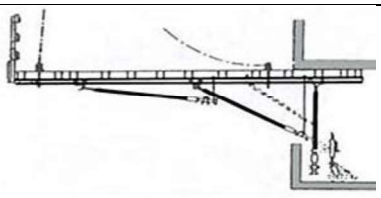
شکل ۱-۵۹ قالب میز پرنده پس از بتن ریزی



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.

ترک در ساختمان

فصل هفتم

بررسی تَرَک‌ها در ساختمان

۷- بررسی تَرَک‌ها در ساختمان

مقدّمه

یکی از عوامل مؤثر در ارزیابی هر ساختمان، بررسی استحکام بنا می باشد. چون تَرَک‌های ایجادشده در ساختمان می توانند نشانگر ضعف‌های موجود در ساختمان باشند، بنابراین، در ارزیابی هر ساختمان باید نحوه ی ساخت اسکلت ساختمان و میزان استحکام آن تا حدّ امکان مورد بررسی قرارگیرد. تَرَک های موجود در هر ساختمان با منشأ ضعف در بارپذیری اسکلت بنا و یا استحکام بنا، بر اثر عوامل مختلفی ایجاد می شوند. یکی از این عوامل، نشست می باشد. تَرَک ناشی از نشست، می تواند نشان‌دهنده ی شرایط خطرناک ساختمان باشد. البتّه وجود هر تَرَکی، خطرناک نیست؛ چرا که معمولاً سایر تَرَک ها هر چند با ظاهر نامطلوب، از لحاظ ایمنی و بهره‌برداری ساختمان مشکل‌ساز نمی باشند. در هر حال، شناخت تَرَک‌ها ممکن است به شناخت منشأ تَرَک، اهمّیّت و نیز تأثیرگذاری آنها در بررسی استحکام ساختمان کمک نموده و مؤثر واقع شود.

۷-۱- شناخت استحکام ساختمان

برای شناخت استحکام ساختمان، لازم است استحکام ساختمان ها برای انواع ساختمان های قدیمی و جدید مورد بررسی قرار گیرد.

۷-۱-۱- ساختمان هایی که در سال‌های قبل از تدوین ضوابط لرزه ای ساختمان ساخته شده اند

در مورد ساختمان هایی که با دیوارهای باربر ساخته شده اند، می توان با توجّه به تَرَک های ترمیم شده در دیوارهای بین ستون های آجری و تَرَک های مورّب بین کاشی ها و موارد مشابه، از ضعف پی یا ضعف قسمتی از پی های ساختمان آگاه شد. به طور کلّی، در سازه ی ساختمان های قدیمی ضوابط طراحی لرزه‌ای رعایت نشده است؛ و گرچه این گونه بناها

در حال حاضر پابرجا هستند، امّا درصورت وقوع زلزله‌های شدید، نمی توان نسبت به پابرجا ماندن آنها اطمینانی داشت.

۷-۱-۲- ساختمان های جدیدی که بعد از تدوین مقرّرات ملّی ساختمان احداث شده‌اند

متأسفانه با اتمام نازک کاری در ساختمان های تازه ساز ، اسکلت ساختمان پوشانده شده، مواردی مانند متخلخل بودن بتن، ضعف جوشکاری، استفاده از اجزا و اتصالات غیر استاندارد و ناکافی دیگر دیده نخواهند شد.

بدیهی است، شخصی که بدون توجّه به استانداردهای معمول و فقط با هدف صَرف کمترین هزینه به ساختمان سازی اقدام می نماید، معمولاً صرفه جویی های غیر متعارف را در تمام بخش های مختلف ساختمان به کار می برد. مهندس بازدید کننده، با توجّه به تجربیّات به دست آمده از بازدید ساختمان های در حال احداث، می تواند با در نظر گرفتن شرایط عمومی ساختمان در مراحل اجرا، نقشه و استاندارد اجرای کار، تا حدود زیادی به کیفیّت مصالح و کیفیّت اجرای ساخت تمامی قسمت ها واقف شود.

۷-۲- شناخت تَرَک های ساختمان

به طور کلّی، تَرَک‌های بسیاری در هر ساختمان می تواند وجود داشته باشد. تنها بعضی از این تَرَک‌ها، ناشی از نشست قسمتی از ساختمان بوده و ممکن است نشان دهنده ی آن باشد که ساختمان از لحاظ ایمنی و بهره‌برداری در شرایط مطلوبی قرار ندارد و یا ساختمان به توجّه خاص نیازمند است.

یکی از مسایل مهمّی که برای اظهارنظر کارشناسان رشته ی راه و ساختمان در ارزیابی و بررسی ساختمان وجود دارد، بررسی انواع تَرَک های ایجاد شده در ساختمان می باشد و مهم ترین وظیفه ی اوّلیّه ی یک کارشناس، بررسی و تشخیص علل وجود تَرَک های ساختمان و تفکیک منشأ تَرَک ها، خصوصاً تَرَک هایی با منشأ نشست و تورم جدا از سایر تَرَک ها می باشد.

بـه دلیل اهمّیّت فوق العاده ی این موضوع، لازم اسـت در سـاختمان های مـورد نظر، جهت و موقعیت هر تَرَک مورد بررسـی دقیق قرار گیرد. شـایان ذکر اسـت که اظهارنظر دقیق در مورد نشست ساختمان ها بدون شناخت کامل "مکانیزم ایجاد نشست در آنها" ممکن نمی باشد.

هدف این بخش از کتاب، ارائه ی روشی ساده برای تعیین مکانیزم تغییر شکل سازه (معمولاً به علّت نشست یا ندرتاً به علّت متورم شدن خاک زیر پی) در هر نوع ساختمان، با استفاده از بررسی تَرَک های موجود در ساختمان می باشد. در این روش با مطالعه ی جهت تَرَک ها نسبت به ستون های اطراف و محلّ نشست در ساختمان، علّت وقوع نشست یا تغییر شکل سازه مشخص می گردد.

۷-۲-۱- منشأ انواع تَرَک در ساختمان

لازم به ذکر است که وجود تَرَک در ساختمان نشانه ی خوبی نبوده، در واقع هر تَرَک بیانگر وجود ضعفی در یک یا چند قسمت از ساختمان می باشد.

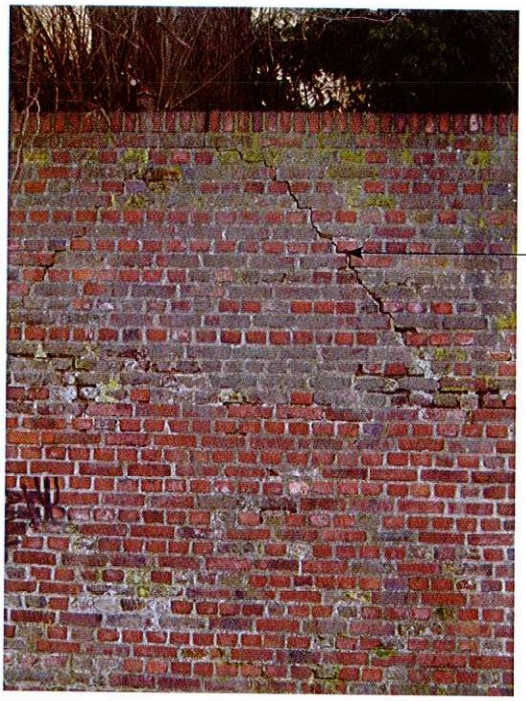
تَرَک های موجود در هر نوع ساختمان می تواند به دلیل بروز یکی یا تعدادی از عوامل زیر باشد:

۷-۲-۱-۱-تَرَک های ناشی از نشست

تَرَک های ناشی از نشست، معمولاً به خاطر متراکم شدن (یا تحکیم) خاک زیر پی بر اثر بار وارد شده یا کاهش رطوبت خاک به وجود می آیند؛ که این دو عامل، از رایج ترین و مهم ترین عوامل ایجاد تَرَک در ساختمان ها شناخته شده اند. همچنین تَرَک های ناشی از جابجایـی حجـم قابل توجّهی از خاکِ زیر پی مانند ریـزش خاک به داخل چاه های فاضلاب سـاختمان یا چاه های قنات های متروکـه که در اطراف و زیر پی وجود دارند؛ می توانند از عوامل ایجاد نشست در ساختمان ها به شمار روند.

۷-۲-۱-۲- تَرَک های ناشی از متورم شدن خاک زیرپی

عبـور ریشـه درختان تنومند از زیر پـی و یا افزایش میزان رطوبـت در بعضی از انواع خاک ها (مانند مارن گچ‌دار)، باعث افزایش حجم خاک، متورم شـدن خاک و در نتیجه، ایجاد تَرَک در ساختمان می شود.



تصویر ۷-۱ - تَرَک ایجاد شـده توسّـط ریشه ی درخت تنومند در دیوار آجری

تصویر ۷-۲ - تَرَک ایجاد شـده توسّـط ریشه ی درخت تنومند در دیوار آجری

محل: آلمان، شمال غربی شهر دوسلدوف، کنار رودخانه راین

۷-۲-۱-۳- تَرَک های ناشی از یخ بندان

چنانچــه به دلیل تغییرات درجه ی حرارت، تَــرَک بر اثر یخ زدگی رطوبت خاک و ذوب شــدن آن ایجاد شــده باشد؛ اثر آن معمولاً فقط در قســمت های جانبی ساختمان دیده می شــود. یخ بندان و ذوب شــدن متناوب در خاک زیر پی بــا افزایش تخلخل خاک و به هم ریختگی ســاختاری در خاک همراه بوده، که در نهایت ایجاد نشســت در پی را به دنبال خواهد داشت.

۷-۲-۱-۴- تَرَک‌های ناشی از انقباض و انبساط

تغییرات درجه ی حرارت محیط موجب انقباض و انبساط اجزای ساختمان می گردد. این انقباض و انبســاط، تَرَک هایی را به وجود می آورند که اثر آنها بر روی اندود دیوار یا در اطراف تیرها و در دیوارها، در محلّ اتصال دیوارها با ستون های فلزی، روی مسیرهای لوله بخاری، مســیر عبور رایزرها (لوله‌های عمودی تأسیسات) و در بعضی از موارد حتّی روی محلّ عبور لوله های برق و تلفن نیز مشــاهده می شــوند. همچنین اکسیده شدن میلگرد در بتن باعث ایجاد انبساط در بتن و ایجاد تَرَک در آن می شود.

۷-۲-۱-۵-تَرَک های ناشی از ورود ضربه و یا فشار

در مواردی که ضربه یا فشار به دیوار وارد می شود، معمولاً در محلّ برخورد به دیوار تَرَک‌هایی ملاحظه می شــود که شکل آنها قابل پیش بینی نیست. اغلب این تَرَک ها در جهت های مختلف منتشر شده، ولی در داخل یک قاب اسکلت ساختمان محدود می شوند.

۷-۲-۱-۶- تَرَک های ناشی از زلزله

زلزله باعث ایجاد تَرَک های خاصّی می شــود که ناشــی از حرکت رفت و برگشتی کلّ سازه و تغییر شکل در اجزای ساختمان است.

۷-۲-۱-۷- تَرَک های ناشی از ارتعاش حاصل از کارکرد ماشین آلات

ماشین‌آلات نصب شده در ساختمان یا عبور ماشین آلات سنگین باعث ایجاد تَرَک هایی، بخصوص در کنار پنجره ها و بعضی از ستون ها می شوند.

شـایان ذکر اسـت که در بررسی تَرَک های ایجاد شده در ساختمان، لازم است علاوه بر تعیین نوع اسکلت ساختمان، نوع فونداسیون، محل و جهت تَرَک ها با دقّت برداشت شود.

۷-۲-۱-۸- اثر نشست خاک زیر پی در پی های گسترده

در ساختمان هایی که از پی های بتنی یک پارچه استفاده شده، امکان ایجاد "نشست موضعی" در سازه وجود ندارد. بنابراین، در این نوع سازه، با وجود نشست موضعی در قسمتی از خاک زیر پی، اثر نشست فقط می تواند به صورت نشست کلّی در ساختمان دیده شود. در نتیجه، در ساختمان هایی که دارای پی گسترده می باشند، تَرَک‌های موجود در این ساختمان ها، به طور کلی ناشی از عوامل دیگری به جز نشست موضعی در خاک زیر پی می باشد.

قابل توجّه این که در مورد ساختمان هایی با پی گسترده، اگر خاک زیر پی در خط کناری فونداسیون نشست کرده، باعث دَوَران کلّ پی شود، چرخش پی گسترده همچنین موجب دَوَران ساختمان خواهد شد. همین امر، باعث ایجاد نیروهای افقی در اسکلت ساختمان شده، در نتیجه تَرَک هایی از نوع تَرَک های ناشی از حرکت افقی قاب ایجاد خواهد شد. تَرَک هایی که به این دلیل در سـاختمان هایی با اسـکلت انعطاف‌پذیر ایجاد می شوند (تصویر شماره ۷-۴) با تَرَک های ناشی از نشست موضعی تفاوت دارند.

۷-۲-۱-۹- نشسـت سـاختمان در اثر بارگـذاری غیر متعارف، ضعف سـازه و افت پیش بینی نشده ی تیرها

در مـواردی که یک دیـوار در جهت تیرهای فرعی که به سـتون منتهی نمی شـوند، بر روی سـقف تیرچه بلوک سـاخته شـود و پیش بینی هـای لازم در طراحی تیرهای فرعی، تیرچه هایی که دیوار بر روی آنها قرار می گیرد، انجام نشـده باشـد؛ وجود دیوار،

باعث ایجاد افت در تیرچه ها شـــده، در نتیجه، روی دیوار تَرَک هایی ایجاد خواهد شـــد. در صورتی که علاوه بر دیوار، ابنیه ی دیگری مانند شومینه با مصالح بنّایی در روی این تیرهای فرعی نصب شده باشد، این تَرَک ها به صورت تشدید شده دیده خواهند شد.

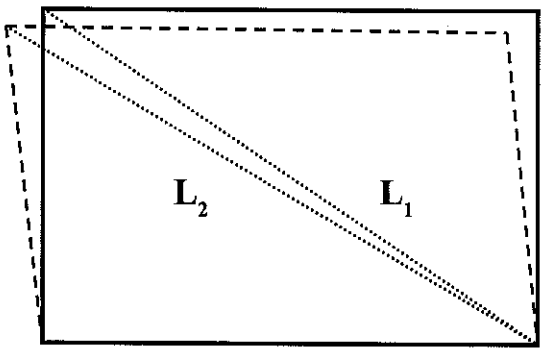
۷-۲-۲- روش ســاده ی تشخیص حرکت قائم و افقی قسمتی از ساختمان (نشست یا متورم شدن خاک و حرکت جانبی)

با توجّه به موارد ذکر شده، حرکت "قائم" موضعی ساختمان می تواند به علّت "نشست" یا "متورم شـــدن" خاک زیر پی (به هر علّت شـــامل: یخ بندان، متورم شدن خاک های مارنی حاوی آهک یا گچ یا عبور ریشـــه درختان تنومند) باشـــد. رایج‌تریـــن عامل به وجود آمدن تَرَک هـــای مورّب در ســـاختمان های با قاب های قابل انعطـــاف، ایجاد حرکت قائم در زیر پی یک یا چند ســـتون در ســـاختمان اســـت. لازم به توجّه اســـت که این پدیده معمولاً در ساختمان هایی با پی های منفرد یا نواری مشاهده می شود.

به طور کلّی، می توان چنین اســـتنباط نمود که تَرَک در اثر وقوع تنش کششیِ بیش از حدِ مقاومت کششـــی نهایی، در جسم ایجاد می شـــود. باید توجّه داشت که ملات به کار برده شـــده در دیوارهای آجری مقاومت چندانی در مقابل " کشش" از خود نشان نمی‌دهند و در نتیجه، تَرَک ناشـــی از نشست و ... که به علّت ایجاد تنش کششی به وجود می آید، (بدون تغییر جهت) به راحتی از میان مصالح بنّایی دیوار عبور می نماید.

در قســـمت های زیر کلّیّاتی درزمینه ی شناخت مکانیزم ایجاد تَرَک (براثر وقوع حرکت) در قاب‌های ساختمان، مورد بررسی قرار می گیرد.

چنانکه مشـــاهده می شود، در تصویر شـــماره ۷-۳ تغییر شکل یک قاب مستطیلی شکل و ازدیاد طول یکی از قطرهای آن نشـــان داده شـــده است. بدیهی است، پس از تغییر شکل، قاب مستطیلی شکل به صورت متوازی الاضلاع درمی آید و در نتیجه طول L_1 (قطر اوّلیّه قاب)، بعد از تغییر شکل به L_2 (قطر ثانویه قاب) تغییر می نماید و $L_2 > L_1$ خواهد بود.

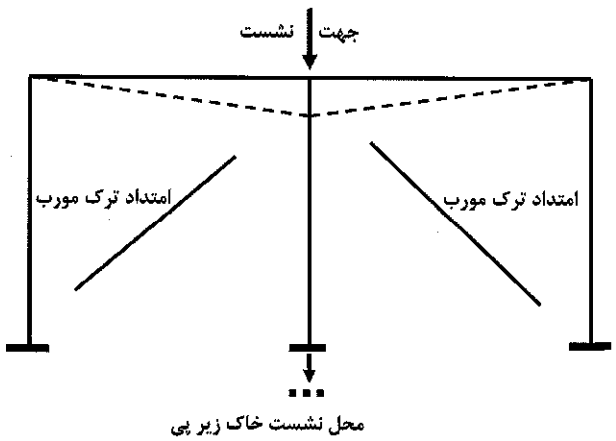


$$L_2 > L_1$$

تصویر ۷-۳- تغییر شکل یک دیوار

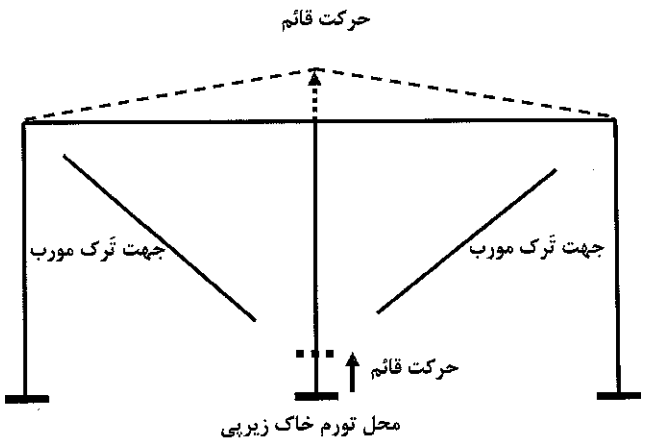
لازم به توجّه است که در صورت وقوع نشست در یک ستون ساختمان که در مجاورت دو دیـــوار قرار گرفته، معمولاً حدّاقل دو تَرَک مورّب با جهت های متفاوت در دیوارهای مجاور محلّ نشست ایجاد می گردد (تصویر ۷-۴).

بنابراین، اگر چهار دیوار در اطراف ســـتونی که نشست نموده، وجود داشته باشد، حدّاقل یک تَرَک مورّب در هر دیوار، با جهت‌های مشـــابه نســـبت به ســـتون وجود خواهد داشت. یعنی، قسمت فوقانی هر تَرَک نزدیک به ستون و قسمت تحتانی هر تَرَک دور از ستون خواهد بود.

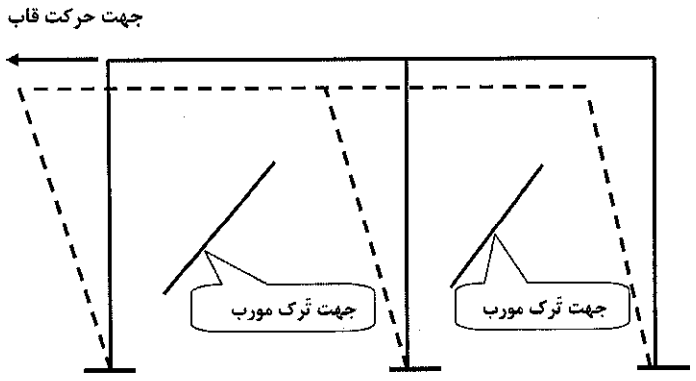


تصویر ۷-۴- تَرَک های مورّب ایجاد شده در دیوارهای مجاور یک ستون در اثر نشست

لازم به توجّه اســت که در صورت ایجاد تورم در خاک زیر پی یک ســتون از ساختمان که در مجاورت آن دو دیوار وجود دارد، معمولاً حدّاقل دو تَرَک مورّب با جهت های متفاوت در دیوارهای مجاور محلّ تورم ایجاد می گردد (تصویر ۷-۵).



تصویر ۷-۵- تَرَک های مورّب ایجاد شده در دیوارهای مجاور یک ستون در اثر تورم

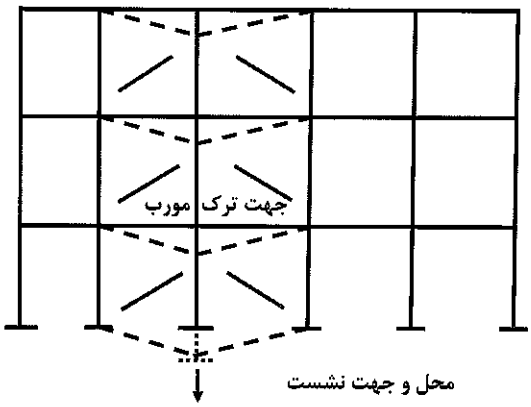


تصویر ۷-۶- تَرَک های مورّب ناشی از حرکت افقی قسمت فوقانی یک قاب

در تصویر ۷-۶، تَرَک های مورّب ناشی از حرکت افقی قسمت فوقانی یک قاب نشان داده شده است.

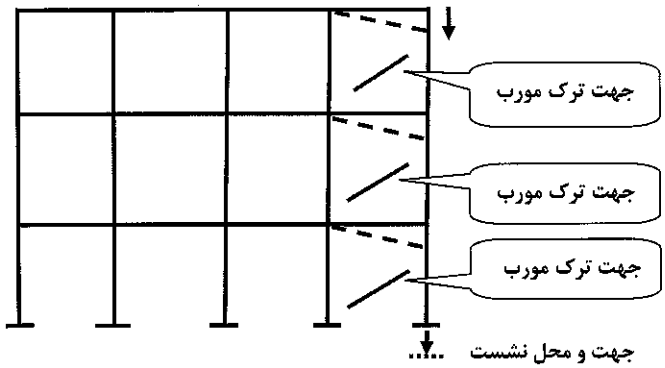
با توجّه به موارد فوق الذّکر و با بررسی تَرَک‌های یک ساختمان، می توان چگونگی حرکت را تعیین نموده و بر مبنای آن تشـخیص داد که عامل ایجاد تَرَک، نشسـت ساختمانی بوده است، یا عوامل دیگر در ایجاد آن نقش دارند. مثال هایی از تَرَک‌های دیگری که می توانند در ساختمان به وجود آیند در قسمت ۷-۲-۱ آورده شده و در تصویرهای ۷-۷ الی ۷-۹ نشان داده شده اند.

در تصویر ۷-۷ جهت تَرَک‌های مورّب ایجاد شـده در نتیجه ی وقوع نشسـت، در یکی از ستون ها، در یک ساختمان سه طبقه ملاحظه می شود.



تصویر ۷-۷- نشست یک ستون میانی و تَرَک های مورّب دیوارهای اطراف

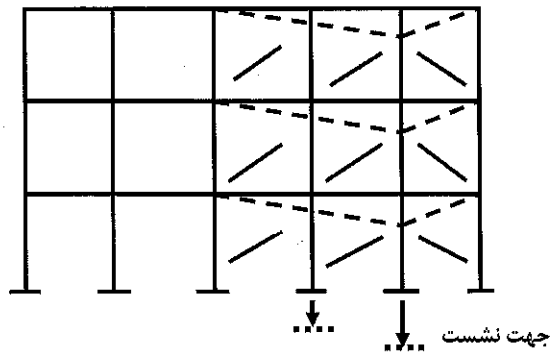
همان طور که در تصویر ۷-۷ نشان داده شده، به علّت نشست یک ستون،تَرَک های مورّب در دیوارهای مجاور آن ستون و در همه ی طبقه ها ایجاد خواهد شد.



تصویر ۷-۸- نشست یک ستون کناری و تَرَک های مورّب قاب مجاور

در تصویر ۷-۸ تَرَک های مورّب ایجاد شـده در اثر نشسـت آخرین سـتون یک ساختمان نشان داده شده است.

در تصویر ۷-۹، جهت تَرَک های مورّب ایجاد شده در نتیجه ی وقوع نشست در دو ستون مجاور یکدیگر که مقدار نشست آنها به یک اندازه نیست، در ساختمانی سه طبقه ملاحظه می شود.



تصویر ۷-۹- نشست دو ستون مجاور با اندازه های متفاوت و تَرَک های اطراف

۷-۲-۳- علّت ایجاد تَرَک در فرش کف با موزاییک سیمانی

برخی از خاک ها و نخاله‌های ساختمانی با جذب رطوبت، متورم می شوند و ممکن است باعث ایجاد تَرَک در سطوح متکی بر خود شوند.

از این رو، در بعضی از ساختمان های قدیمی که کف سازی اتاق ها در طبقه ی همکف بر روی بستری از خاک و نخاله‌های ساختمانی انجام شده، با گذشت زمان، کف اتاق متورم می شود. این پدیده، در مواردی که کف اتاق با موزاییک های سیمانی مفروش می باشند، به صورت تَرَک‌هایی در کنار اتاق و موازی با دیوار در کف سازی مشاهده می شود. این نوع تَرَک در طبقه های فوقانی ساختمان ملاحظه نمی شوند.

۷-۳- تخمین میزان خسارت اعتباری وارده به ساختمان

در تهیّه ی گزارش های کارشناسی، تخمین میزان خسارت وارده به ساختمانی که دچار نشست شده، می تواند یکی از موارد اختلاف نظر بین همکاران کارشناس رشته ی راه و ساختمان باشد. به طور معمول، یکی از نکاتی که برای تعیین میزان خسارت در نظر گرفته می شود، فقط هزینه ی ترمیم تَرَک های ایجاد شده، می باشد. در بیشتر مواردی که میزان نشست‌ها جزئی بوده، ممکن است میزان خسارت در نظر گرفته شده، کافی باشد؛ ولی در مواردی که مثلاً، به علّت نشت آب از لوله ی آب شهری، نشست زیادی در ساختمان ایجاد شده که باعث خرابی قسمتی از ساختمان یا به وجود آمدن تَرَک های عریض شده، علاوه بر خسارت مستقیم وارد شده به ساختمان (هزینه ی ترمیم ظاهری و تقویت سازه در صورت لزوم)، خسارت‌های دیگری به علّت تلقّی عموم از حضور تَرَک به عنوان عامل ضعف در ساختمان نیز وارد می شود که رابطه ی مستقیم با میزان خسارت وارده دارد. در این کتاب، این نوع خسارت، "خسارت اعتباری" نامیده شده است.

بنا بر عرف جامعه، همان گونه که برای اموالی که دچار صدمه شده و سپس ترمیم شده‌اند، ارزش کمتری نسبت به نوع خسارت ندیده آن درنظر گرفته می شود؛ مثلاً، برای اتومبیلی که تصادف نموده

و سـپس صافکاری و رنگ شده است، ارزش کمتری نسبت به اتومبیلی مشابه که تصادف ننموده، قایل می شوند؛ در مورد ساختمان ها نیز همین نکته درنظر گرفته می شود. یعنی، به علّت ورود صدمه به "**اعتبار**" سـاختمان در اثر وقوع نشست در قسمتی از آن، خریداران حاضر نیستند آپارتمان را به قیمت روز خریداری نمایند. ولی اگر آپارتمان قابل سکونت باشد، بالاخره خریداری پیدا خواهد شد که با قیمتی کمتر (به علّت ورود صدمه به اعتبار ساختمان) آپارتمان را خریداری نماید. بدیهی است، درصورتی که محلّ مورد نظر قابل اسـتفاده نباشد، به دستور ارجاع کننده ی کارِ کارشناسی ممکن است هزینه ی تأمین محلّ مشابه، اسباب کشی و ... نیز جزء خسارت وارده محاسبه شود.

لازم بـه توجّه خاص اسـت در این مبحث، فقط تَرَک های ناشـی از **نشسـت‌های موضعی** در سـاختمان و نشست ستون ها نسـبت به یکدیگر، مدّ نظر می باشند. هنگامی که ساختمان دچار نشست‌های یکنواخت شود، موضوع از این بحث خارج خواهد بود.

۷-۳-۱- روش ساده ی تخمین میزان خسارت اعتباری (مراحل تکمیل شدن روش)

در این بخش، سـیر تکامل فرمول پیشنهادی برای بررسی خسارات اعتباری ناشی از نشست ستون ها در قسمت های مختلف ساختمان، مطرح می شود.

در ابتـدا، یکی از روش‌هایی که می توانسـت برای تخمین میزان خسـارت اعتباری وارده به سـاختمان مورد استفاده قرار گیرد، رابطه‌ای است که با درنظر گرفتن نسبت تعداد ستون های نشست نموده به تعداد کلّ ستون های ساختمان (بدون درنظر گرفتن محلّ ستون های نشست نموده و اثر آنها در خسارت اعتباری) تخمین زده شود.

$$M = \left(\frac{n}{N}\right).P$$

M = میزان خسارت اعتباری وارد شده به ساختمان

n = تعداد ستون هایی که نشست کرده اند

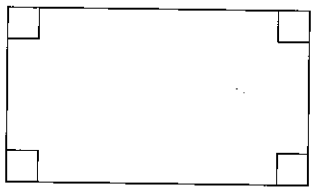
N = تعداد ستون های ساختمان

P = ارزش ساختمان

۷-۳-۱-۱- مثال

ساده ترین شکل یک بنا، ساختمانی است که دارای چهار ستون می باشد. یعنی $N = 4$ و در چنین ساختمانی اگر دو ستون دچار نشست بشوند، یعنی $n = 2$

با استفاده از فرمول پیشنهادی $M = (2 / 4) \times P = 0.5\ P$



تصویر ۷-۱۰- پلان ساختمان - با چهار ستون

یعنی "**خسارت اعتباری**" ساختمان برابر ۵۰٪ ارزش کلّ ساختمان خواهد بود.

به همین ترتیب، ساختمان هایی با **پلان های** مختلف می توانند مورد بررسی قرار گیرند. امّا، این فرمول برای ساده‌ترین شکل یک ساختمان کاربرد دارد و در آن موقعیّت وقوع نشست در ساختمان از لحاظ بَر به گذر، پشت جبهه و بَر به املاک مجاور درنظر گرفته نشده است. بنابراین، برای درنظر گرفتن سایر موارد این فرمول نیاز به بازنگری دارد.

۷-۳-۲- ایجاد رابطه ی جامع برای تخمین خسارت اعتباری

بـرای ایجـاد فرمول جامع تر که در آن نکاتی مانند محلّ وقوع نشسـت در سـاختمان و نیز ضخامت تَرَک ها درنظر گرفته شـوند، لازم اسـت اثر این موارد در **تخمین** خسارت اعتباری درنظر گرفته شود.

بدیهی است، اگر نشست در ستون هایی ایجاد شود که منجر به تَرَک خوردگی، درنمای اصلی ساختمان گردند، این نشست بیشترین اثر منفی (خسارت) را در ارزش ساختمان خواهد داشت. همچنین **ضخامت تَرَک** ایجاد شـده و محلّ آن در ساختمان نیز رابطه ی مستقیمی با کاهش

ارزش ساختمان خواهد داشت.

در برآورد خسارت اعتباری (M)، برای اِعمال نکات گفته شده، می توان هریک از موارد ضخامت تَرَک و محلّ تَرَک در ساختمان را به صورت جداگانه در نظر گرفت.

۷-۳-۲-۱- اثرات محلّ وقوع تَرَک در تخمین خسارت اعتباری

برای اِعمال اثر محلّ وقوع تَرَک، فرمول می تواند به صورت زیر اصلاح شود:

$$M = \left(\frac{n}{N}\right).K.P$$

در این فرمول، K ضریب مربوط به موقعیّت محلّ ایجاد تَرَک در ساختمان است و مقادیر آن به شرح زیر پیشنهاد می شود:

الف – تَرَک در دیوار نمای ساختمان به گذر اصلی K= 1

ب – تَرَک در دیوار نمای ساختمان به طرف حیاط K= 0.9

پ – تَرَک در دیوار نمای ساختمان به طرف ملک غیر در طرفین ساختمان K= 0.8

ت – تَرَک در دیوار داخل ساختمان K= 0.6

۷-۳-۲-۲- اثر تَرَک ناشی از نشست در خسارت اعتباری

چنانچه بخواهیم در فرمول پیشنهاد شده در بند ۷-۳-۲-۱، اثر ضخامت تَرَک یا میزان اختلاف ارتفاع بین دو ستون را برای تخمین میزان خسارت اعتباری نیز اعمال کنیم، می توان رابطه ی ۷-۳-۲-۱ را به صورت زیر مطرح نمود:

$$M = \left(\frac{n}{N}\right).K.C.P$$

M = میزان خسارت اعتباری وارد شده به ساختمان

n = تعداد ستون هایی که نشست کرده اند

N = تعداد ستون های ساختمان

K = ضریب محلّ وقوع نشست

C = ضریب عرض تَرَک

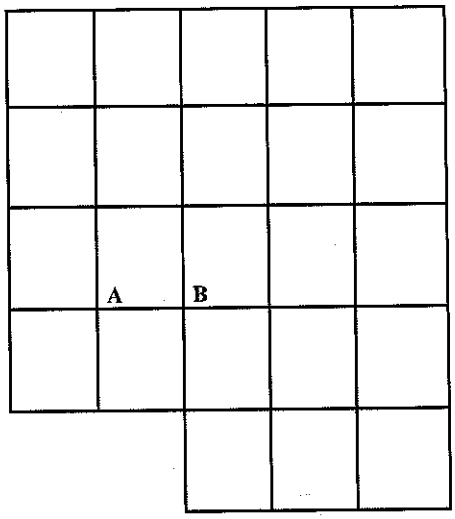
P = ارزش ساختمان

همچنین می توان مقادیر زیر را برای C، ضریب ضخامت تَرَک درنظر گرفت:

ردیف	مجموع عرض تَرَک میلیمتر	ضریب پیشنهادی C
۱	۲ و کمتر	۰ر۱
۲	۴	۰ر۲
۳	۶	۰ر۳
۴	۸	۰ر۴
۵	۱۰	۰ر۵
۶	۱۵	۱
۷	۲۰	۱ر۱
۸	۲۵	۱ر۱
۹	۳۰	۱ر۲
۱۰	۳۵	۱ر۲
۱۱	۴۰	۱ر۳
۱۲	۵۰	۱ر۴
۱۳	۶۰	۱ر۵
۱۴	۷۰	۱ر۶
۱۵	۸۰	۱ر۸

۷-۳-۲-۳- مثال

در شکل زیر ساختمان دارای ۳۴ ستون با دهانه های ۵ متری می باشد. با فرض وجود یک ستون در محلّ تلاقی هریک از محورها و وجود نشست در محلّ ستون های A و B و همچنین مجموع عرض ۱۰ میلی متری تَرَک ها بر هر دیوار در اطراف محلّ نشست نسبی دو ستون مجاور، می توان **خسارت اعتباری** را محاسبه کرد.



تصویر ۷-۱۱

با استفاده از فرمول پیشنهادی، حدود ضریب "خسارت اعتباری" وارده به ساختمان مورد نظر عبارت است از:

M = میزان خسارت اعتباری وارد شده به ساختمان

P = ارزش ساختمان

N = تعداد ستون های ساختمان = ۳۴

n = تعداد ستون هایی که نشست کرده اند = ۲

C = ضریب ضخامت تَرَک = ۵ر۰ (از جدول بند ۷-۳-۲-۲)

K = ضریب موقعیّت نشست = ۶ر۰ (داخل ساختمان از بند ۷-۳-۲-۱)

با استفاده از فرمول خواهیم داشت:

$$M = \left(\frac{n}{N}\right).K.C.P$$

$$M = (2/34) \times 0.6 \times 0.5 \times P = \%\ 1.7\ P$$

بر این اســاس، حدود ۷ر۱٪ از ارزش کلّ ساختمان، به ساختمان "**خسارت اعتباری**" وارد آمده اســت که برای تعیین خسارت کلّ وارده ناشی از نشست، لازم است **هزینه ی ترمیم ســاختمان** را نیز به آن اضافه نمود. درصورت وجود دســتور مقام ارجاع کننده، لازم است سایر هزینه ها، مانند تأمین مسکن و... نیز در نظر گرفته شوند.

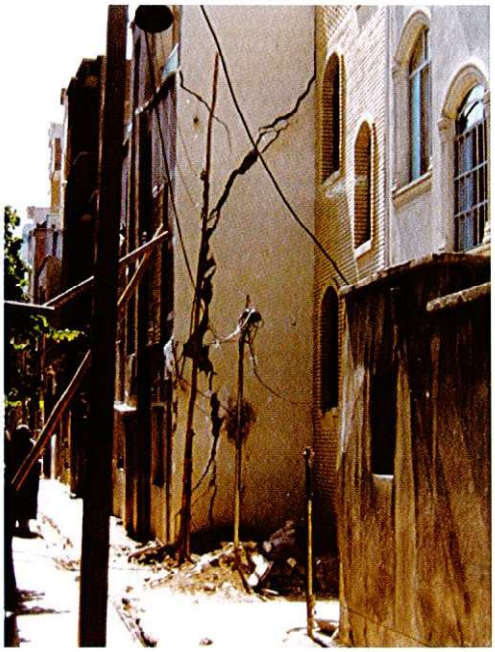
لازم به توجّه خاص اســت که روش ارائه شــده، **پیشنهادی** برای تخمین حدود "**خسارت اعتباری**"وارده بر مبنای ارزش روز **کلّ ســاختمان** می باشــد و هر کارشــناس می تواند بر مبنای سایر اطّلاعات به دست آمده، همچنین تجربیّات خود نسبت به تعیین میزان خسارت وارده اعم از اعتباری و ترمیم ساختمان و... اقدام نماید.

چنانچه میزان "**خســارت اعتباری**" وارده (به طریقی که پیشنهاد شده است) از حدود ۵۰٪ ارزش کلّ ســاختمان تجاوز بنماید، به نظر مؤلف، **با احتســاب سایر خسارت های وارده،** می توان مجموع خســارات وارده به ساختمان را "**خسارت کلّی**" یا ۱۰۰٪ ارزش ساختمان فرض نمود (یعنی، ساختمان را بی ارزش تلقّی کرد).

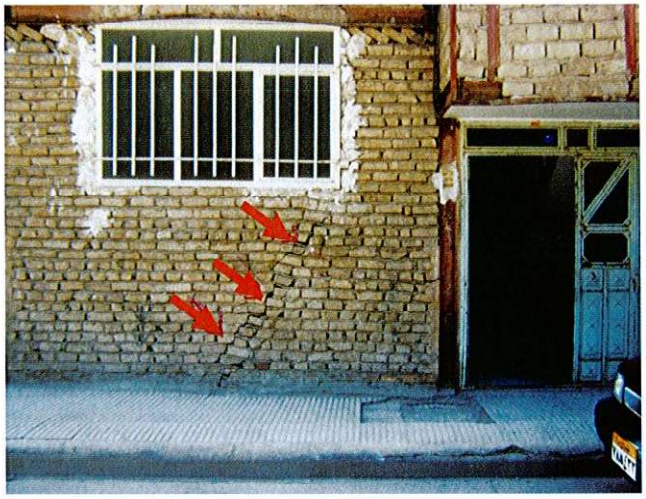
تصویر ۷-۱۲- تَرَک های ایجاد شده در دیوار حیاط، ناشی از نشست ساختمان

تصویر ۷-۱۳- تَرَک ایجاد شده در ساختمان قدیمی در مجاورت ساختمان جدید

تصویر ۷-۱۴- تَرَک های ناشی از نشست ساختمان در دیوار حیاط و در ساختمان مجاور



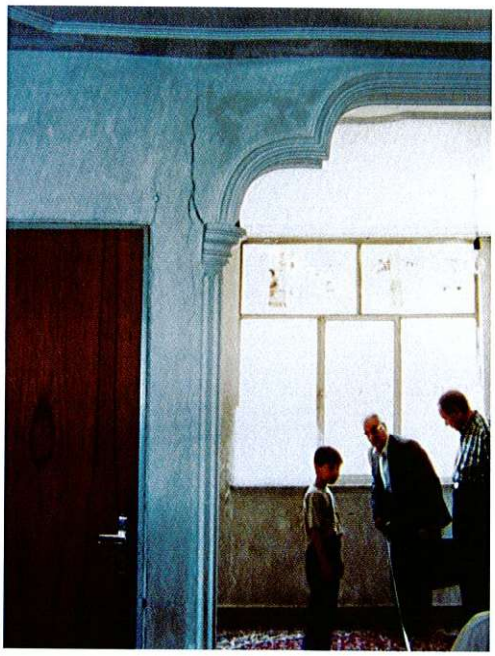
تصویر ۷-۱۵- تَرَک ایجاد شده در ساختمان موجود، در کنار ساختمان جدید



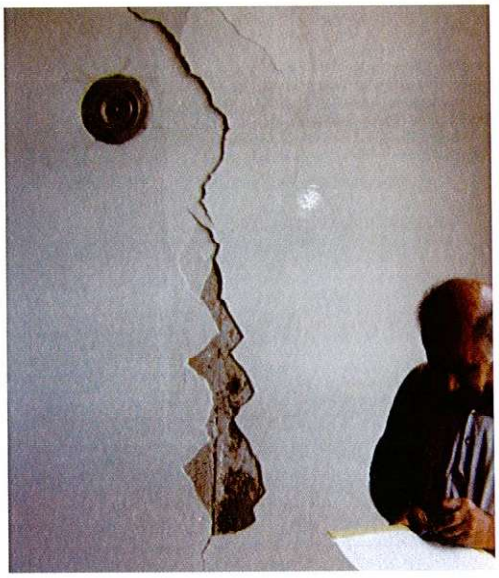
تصویر ۷-۱۶- تَرَک ایجاد شده در دیوار خارجی ساختمان، در مجاورت شکستگی لوله آب

تصویر ۷-۱۷- تَرَک ایجاد شده در دیوار بعلت ایجاد نشست در دیوار به طرف خارج ساختمان، با دید از داخل ساختمان، همچنین حفره ایجاد شده در داخل ساختمان در نتیجه ی نشت آب از لوله ی آب شهری

تصویر ۷-۱۸- تَرَک ایجاد شده در دیوار به علت نشست

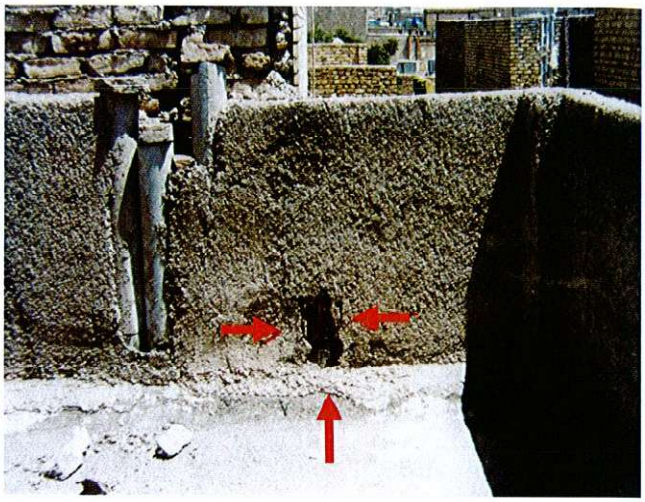


تصویر ۷-۱۹-تَرَک ایجاد شده در قسمتی از آرک تزیینی که ارتباطی با نشست قسمتی از ساختمان ندارد.



تصویر ۷-۲۰- تَرَک در دیوار، ناشی از انبساط و انقباض ستون فلزی ساختمان

تصویر ۷-۲۱- توجّه: ستون های فلزی که در دو عکس بالا ملاحظه می شوند دارای اندود گچی بسیار کم هستند.



تصویر ۷-۲۲- نمونه ی پوشش ناکافی برای ستون فلزی در سطح بام ساختمان که منجر به ریزش اندود سیمانی دیوار شده است

نگاهی جامع بر منشأ پیدایش انواع ترک‌های ساختمانی

از جمله تخصص‌هایی که هر مهندس عمران و معماری باید به آن اشراف داشته باشد، آشنایی با منشأ پیدایش ترک‌های ساختمانی و روش‌های ترمیم و تعمیر ترک و یا تقویت اعضای ترک‌خورده است، تا بتواند در مواقع حساس از بروز خسارت و خرابی‌های بیشتر جلوگیری نماید، منابع موجود بر ترک‌های اعضا و سطوح بتنی متمرکز هستند و منبع منسجمی برای همه انواع ترک‌ها از جمله اعضای غیر سازه‌ای، سطوح غیر بتنی، کف‌ها، نازک‌کاری و... در دسترس نیست، در این مقاله تلاش شده تا تمامی انواع مودهای ترک‌های ساختمانی با هر الگوهای انتشار، از نظر علت پیدایش بررسی و در خصوص اثرات زیان‌بار آن‌ها در صورت تداوم در ساختمان بحث شود، از آنجایی که ارائه روش‌های ترمیم و تعمیر ترک و تقویت اعضا منجر به طولانی شدن مطلب می‌شود، در فرصتی دیگر ارائه خواهد شد.

نرگس امیدی نیا
کارشناس ارشد سازه
omidinia.n@gmail.com

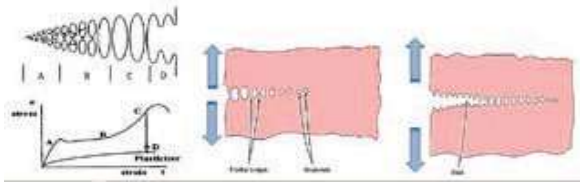
مقدمه

ترک‌های ایجادشده در هر ساختمان می‌توانند معرف ضعف در ظرفیت باربری اسکلت ساختمان و استحکام آن باشد و یا ممکن است در اثر عواملی مانند نشست خاک بوده و نشان‌دهنده شرایط خطرناک ساختمان باشد، اما در بیشتر موارد علل پیدایش ترک‌ها که ظاهر نامطلوبی هم دارند از نظر ایستایی ساختمان خطرناک نیستند و منشأیی غیر از نشست پی ساختمان دارند. بنابراین برای جلوگیری از خسارت محتمل ناشی از انتشار این ترک‌ها و بخصوص کم کردن بار روانی ساکنین، شناخت ماهیت ترک‌ها و پیشگیری از گسترش آنها برای تمامی مهندسین ضروری است.

تعریف ترک و شکست و اهمیت شناخت ترک‌ها

مواد و مصالح ساختمانی و اعضای بتنی در کشش بسیار ضعیف می‌باشند و با تحمیل تنش‌های کششی ناشی از خمش، برش و پیچش یا ترکیب آنها، دچار گسستگی بین‌مولکولی و یا همان ترک می‌شوند. بارگذاری ثقلی و زلزله، نشست‌های نامتوازن تکیه‌گاهی و خزش و خیزها و... می‌توانند باعث اعمال این تنش‌ها گردند. در مصالح شکل‌پذیر با دامنه تسلیم زیاد، قبل از ظاهر شدن ترک، پل‌های رشته‌ای میکروسکوپی ایجاد می‌شوند که ظاهرسازی ترک بر روی عضو را با تأخیر می‌اندازد (تصویر ۱) بر این اساس ترک در مصالح ترد سریع‌تر بر روی عضو پدیدار می‌شود، در صورت توسعه و انتشار کامل این ترک‌ها، باربری کششی عضو می‌تواند به‌صورت کامل از بین برود و جدایی یک قسمت از اتفاق آن افتد، که در این صورت شکست رخ‌داده است. با توجه به این مکانیزم، راستای انتشار ترک همواره عمود بر راستای اعمال تنش‌هاست است. دلایل کلی ایجاد ترک و به‌دنبال آن شکست بر اساس مفاهیم مکانیک شکست جامدات شامل موارد زیر است:

خطاهای اجرایی طی فرآیندهای ساخت‌وساز (رواداری ها، کاهش ابعاد و...)
طراحی نامناسب اعضای سازه‌ای و غیرسازه ای (عدم کنترل خیزهای بلندمدت و اشتباه در مدل‌سازی و...)
ضعف مقاومتی در مصالح بکار گرفته‌شده (ضعف بتن، ملات، سرامیک، گچ و...)
شرایط محیطی (تغییر کاربری، افزایش بارگذاری و...)
شرایط عملکردی (خستگی، خوردگی، تأثیرات دمایی (یخزدگی و آتش‌سوزی) و حوادث طبیعی...)



تصویر ۱- میکرو پل‌های ایجادشده پس از اعمال تنش‌های کششی در مصالح شکل‌پذیر قبل از پیدایش ترک

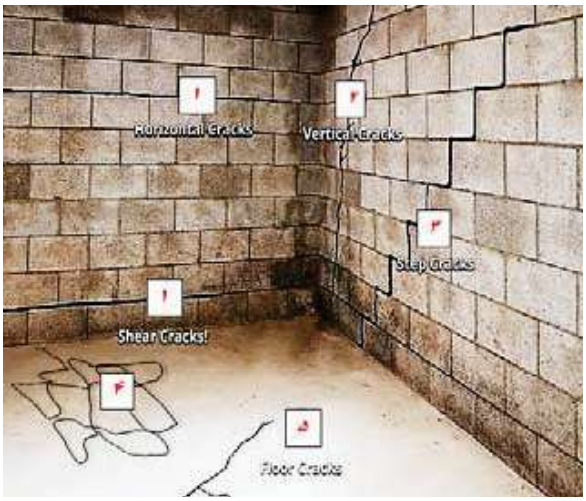
انواع دسته‌بندی ترک‌ها: با جمع‌بندی منابع پراکنده موجود پنج دسته‌بندی را برای انواع ترک‌ها می‌توان برشمرد:

۱. ساختاری (سازه‌ای - غیر سازه‌ای): ترک سازه‌ای به ترکی گفته می‌شود که حاصل فعل‌وانفعالات و تغییر شکل‌ها در موقعیت، وضعیت و ساختار اجزای سازه‌ای‌اند، حتی اگر بر روی عضو غیر سازه‌ای باشند و این ترک‌ها حائز اهمیت می‌باشند و ترک غیرسازه ای عبارت است از: ترک‌های حاصل از تغییرات دمایی، لرزش و یا جابجایی‌های کوچک در اجزای غیر سازه‌ای که از اهمیت زیادی برخوردار نیستند، تمامی انواع ترک‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای در (تصویر ۲) نشان داده‌شده است اما

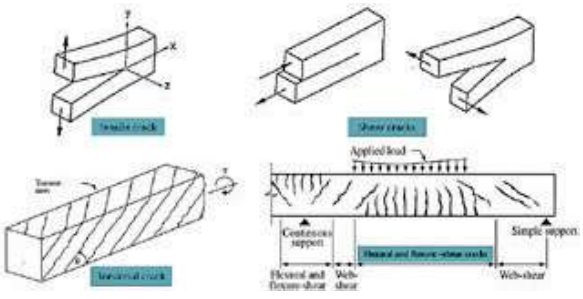
از آنجاکه گام اول برای تشـخیص منشـأ ترک از روی ظاهر اعضا اسـت، بنابراین در ادامه به توضیح و تفسیر با دسته‌بندی الگوی انتشار پرداخته‌شده است.

تصویر ۲- دسته‌بندی ترک‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای

شکل و الگوی انتشار (افقی عمودی پلکانی چندوجهی موازی مورب و...) (تصویر ۳)
عمق و عرض
فعال و غیرفعال
ترک‌های متناسـب با تنش‌های داخلی (برشـی، خمشـی، کشش، برشی خمشی) (تصویر ۴)
همچنین توجه به مشخصات ظاهری (عمق، عرض، طول، راستای انتشار و تعداد) ترک، سـن ترک (مدت‌زمان پیدایش پس از اجرای عضو) و موقعیت ترک در پلان سازه و ارتفاع عضو، منظور شناخت ترک الزامیست.



تصویر ۳- انواع ترک‌ها ازنظر راستا و الگوی انتشار



تصویر ۴- انواع ترک‌ها ازنظر نوع تلاش‌های داخلی وارده

منشأ پیدایش انواع ترک‌ها با الگوی انتشار افقی برسطوح

الف: ترک‌های افقی خمشـی ایجادشـده در اثر کمانش و شـکم‌دادن دیوارهایی که یکپارچه و یا بلند اجراشده‌اند و یا به آنها نیرویی همانند نیروی فشار خاک از پشت دیوار وارد می‌شود.
محـل پیدایـش ایـن نـوع ترک از خطِ ملات بین بلوک‌ها و عموماً یک‌سـوم میانی ارتفـاع دیـوار خواهـد بود، به‌منظـور جلوگیری از پیدایش چنیـن ترک‌هایی و به دنبال آن شکسـت‌های دیوارهای زیرزمین یک‌طبقه و بیشـتر، اجرای دیوارهای حائل بتنی در زیرزمین‌ها بخصوص در مناطق با خاک ریزدانه فاقد چسـبندگی و مناطق مرطوب و عایق کاری آن‌ها الزامی اسـت، همچنین درصورت مناسـب بودن خاک برای زیرزمین‌های تنها یک طبقه حداقل ضخامت دیوار باید ۳۵ سـانتی‌متر با آجر فشاری باشد، استفاده از بلوک‌های سیمانی مخصوصاً به‌صورت توخالی اصلاً توصیه نمی‌شود (تصویر ۵)

تصویر ۵- ترک‌های افقی ناشی از فشار خاک در زیرزمین

ب: ترک‌های افقی ریز ایجادشده در مسیر وجود درزهای سرد اجرایی (عدم اجرای فاق و زبانه) در بخش‌هایی از دیوار و یا وجود وقفه زمانی در اجرای دیوارها و محل پرشـده پنجـره و طاقچه‌هـای قدیمی و عدم دقت و مهـارت در دیوارچینی (وجود گردوخاک و درنتیجه عدم پیوسـتگی رج‌های بلوک) و... که محل آن‌ها عموماً در یک‌سوم میانی ارتفاع دیوار است و بعد از ضربه و تغییر شکل‌های کوچک و بزرگ پدید می‌آیند.
ج: ترک‌های افقی برشی ناشی از افت‌وخیز (نشست) تیرها در اثر بارگذاری بیش‌از حد و یا نامتقارن و یا ضعف‌های طراحی یا اجرایی و یا مصالح که درنتیجه آن از پایین‌ترین رج‌های دیوار در محل ملات بین بلوک‌ها ظاهر خواهند شد. (تصویر ۶)

تصویر ۶- ترک افقی برشی ناشی از خیز تیر تحت بار متمرکز شومینه

چ: ترک‌هـای افقـی در اثر تغییرشـکل قاب‌های بتنـی در زلزله‌های کوچک، باعث جداشدگی دیوارهای غیر سازه‌ای از تیر در محل اتصالشان در تراز سقف می‌شود، که در صورت استفاده از نماهایی با ضخامت کم همانند نمای سیمانی، این گسستگی

به‌صورت ترکی افقی در دو امتداد تیر در نما پدیدار می‌شود. (تصویر ۷)

تصویر ۷- ترک‌های افقی مرز دیوار خارجی و تیر بتنی ناشی از حرکت رفت‌وبرگشت سازه در زلزله خفیف

ح: ترک‌های افقی با عرض و طول متغیر روی ستون بتنی عمدتاً به دو دلیلِ رایج ظاهر می‌شوند:

ترک‌های ناشی از جمع شدگی پلاستیک بتن تازه که به‌صورت قوسی در یک‌سوم بالایی ستون‌های بتنی با عرض حداکثر ۲ میلی‌متر و طول چند سانتی‌متر ایجادشده و به دلیل نسبت آب به سیمان بالا و یا گیرش سریع و عدم آب‌رسانی و کیورینگ و یا وزش باد (گیرش سریع) و عدم ویبره، در ۱۰ دقیقه تا ۶ ساعت پس از بتن‌ریزی رخ می‌دهند.

برخی از ترک‌های افقی روی ستون‌های بتنی بهنگام اصلاح ناشاغولی ستون بعد از بتن‌ریزی و درنتیجه حرکت افقی بتن و میلگردها در قالب در همان ساعت اولیه پس از بتن‌ریزی و در شرایطی که هنوز بتن در حالت خمیری است، رخ می‌دهد. این ترک‌ها عموماً در پای ستون‌ها و یا محل درز پانل‌های قالب ستون‌ها نمایان می‌شود. (تصویر ۸)

تصویر ۸- ترک‌های افقی ناشی از قالب‌زدگی و اصلاح شاغولی بعد از گیرش اولیه بتن ستون

خ: آسیب‌های ناشی از جمله عوامل خورنده محیطی بر میلگردها، در مسیر میلگردهای افقی همانند تیرها، ترک‌های افقی ایجاد می‌کنند که به دلیل افزایش حجم میلگرد در اثر خوردگی بعد از رسیدن رطوبت و یا سایر شرایط محیطی خورنده به آرماتورها روی کاور آن نمایان می‌شود.

منشأ پیدایش انواع ترک‌ها با الگوی انتشار عمودی

الف: ترک‌های عمودی عمیق روی دیوارها که اگر عمق یا عرض این ترک‌ها زیاد یا در اعضای دیگر سازه همچون سقف، کف و سایر قسمت‌ها و سنگ‌قر نیز ادامه داشته باشند به دلیل اینکه ترک‌ها در اثر نشست و از نوع سازه‌ای هستند از اهمیت فراوانی برخوردارند، درصورتی که خاک و به‌تبع آن پی زیر دیوار حرکت و یا نشست یک‌طرفه و غیریکنواخت داشته باشد ترک‌های عمودی عمیق ایجاد می‌نماید این ترک‌ها عمدتاً به دلیل نبود شناژ افقی و قایم یا کمبود آن و یا وجود فاصله زیاد بین شناژها ایجاد می‌شوند. (تصویر ۹)

تصویر ۹- ترک‌های عمودی عمیق بعد از نشست یک‌طرفه خاک در زیر ساختمان

ب: ترک‌های عمودی روی ستون‌های بتنی: به‌طور کلی علل ایجاد ترک عمودی روی ستون بتنی بنابر یکی از عوامل زیر است:

کم بودن ظرفیت باربری ستون که در اثر عواملی از قبیل اشتباهات طراحی و عدم کنترل نقشه‌های سازه، کمتر بودن مقاومت فشاری بتن نسبت به مقاومت طرح، اشتباهات و کوتاهی‌های اجرایی از قبیل عدم عمل‌آوری بتن، کم کردن تعداد میلگردهای ستون و یا ابعاد آن و یا تغییر کاربری و بارگذاری نامتوازن به‌صورت عمودی در برخی از پروژه‌ها روی ستون‌های بتنی پدیدار می‌شوند و از نوع ترک‌های سازه‌ای بوده و سریعاً تقویت اعضای سازه باید در دستور کار قرار گیرد. (تصویر ۱۰)

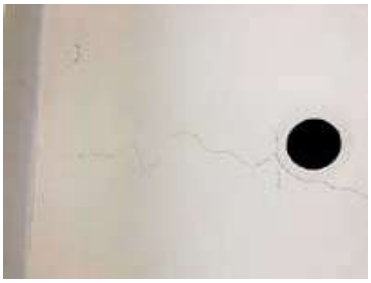
ترک‌های ناشی از خوردگی میلگردهای طولی و قایم موجود در ستون‌های بتنی که به‌صورت عمودی نمایان می‌شوند، عموماً در مناطق شمالی و جنوبی کشور به دلیل شرایط محیطی حاوی کلر و رطوبت شاهد آن هستیم. خوردگی در اعضای باربر یک سازه به معنی کاهش سطح مقطع میلگرد و تهدیدی بر ایستایی و پایداری اسکلت است که نمونه‌هایی واضح آن در فروریزش پل‌ها، تیر برق‌ها و... در بسیاری از شهرها و یا حتی بعد از زلزله‌های کوچک وجود دیده می‌شود. (تصویر ۱۱)

تصویر ۱۰- ترک‌های عمودی روی ستون بتنی ناشی از کم بودن ظرفیت باربری آن

تصویر ۱۱- ترک‌های عمودی ناشی از خوردگی میلگردهای ستون در مناطق شمالی در یک مسجد

ج: ترک‌های عمودی در درزهای سرد اجرایی در اثر لرزش و یا خیز تیرها ناشی از عدم وجود هشت گیر در دیوارهای متعامد و یا عدم چسبندگی مناسب دوتکه به هم که معمولاً در محل اتصال دیوار به ستون یا محل پرشده پنجره یا طاقچه ایجاد می‌شود و پس از ضربه یا ارتعاش و نشست‌های تیر و طبیعی ساختمان، شاهد آن هستیم، بارگذاری متمرکز و زیاد دهانه‌های کوتاه گاهی بجای ایجاد ترک‌های برشی افقی در پای دیوار، به‌صورت ترک عمودی در سراسر ارتفاع محل اتصال دیوار به ستون نمایان می‌شود،

چ: ترک‌های حرارتی ناشی از انقباض و انبساط اجزای مدفون در زیر پلاسترها و نازک‌کاری ساختمان (خصوصیات حرارتی مواد و مصالح) که این ترک‌ها معمولاً در مسیر عبور لوله‌های بخاری، مسیر عبور کانال‌های کولر و یا رایزرها، مسیر عبور لوله‌های تأسیسات برقی و یا اطراف کلید و پریزهای برق و روی محل وجود ستون‌های فلزی نمایان می‌شوند. (تصویر ۱۲)



تصویر ۱۲- ترک‌های عمودی ناشی از انبساط مصالح مدفون در زیر پلاسترها

منشأ ترک‌های مایل و پلکانی:

ترک‌هایی که حدوداً زاویه ۴۵ درجه نسبت به راستای افق دارند، به ترک‌های مورب معروف هستند. این ترک‌ها به‌طور کلی در اثر اختلاف در جابجایی دو قسمت از یک عضو رخ می‌دهند، این اختلاف جابجایی می‌تواند نشست خاک یا بالاآمدگی قسمتی از آن و یا خیز تیرها و... باشد، در ترک‌های مورب که همواره عمود بر راستای تنش کششی ایجادشده در مقطع هستند، الگوی حرکت ترک ممکن است بجای خط مورب، یک مسیر پلکانی (خطوط پلکانی محل درز ملات و بلوک یا آجر) و یا حتی خطی قایم و یا افقی در محل درز سرد اجرایی باشد، به‌طور کلی در این نوع ترک، خطوط ترک مسیری با ظرفیت کششی کمتر را انتخاب می‌کند که معمولاً در قاب‌های دارای بازشو، مسیر حرکت ترک از قطر ضعیف قاب و گوشه بازشو خواهد بود. انواع مودهای نشست یک ساختمان و الگوهای ترک هر کدام به سه شکل است:

نشست غیریکنواخت نامتقارن که در ساختمان‌های فاقد شالوده‌های بتن آرمه و قدیمی‌ساز و یا دارای شالوده‌های ضعیف و یا نشست قابل‌ملاحظه خاک، شاهد این نوع از نشست هستیم و در آن فقط یک سمت ساختمان نشست می‌کند و انتظار ایجاد ترک‌های مورب روی دیوارها را داریم.

نشست یک‌طرفه ساختمان در اکثر موارد بدون ترک است و در این حالت ساختمان دارای فونداسیون مناسبی بوده اما یک‌طرف خاک بنابر هر دلیلی (نفوذ آب، مقاومت پایین بخشی از خاک زیر پی، وجود خاک دستی، ریزش چاه و قنات و...) نشست داشته است و موجب کج شدن ساختمان می‌شود.

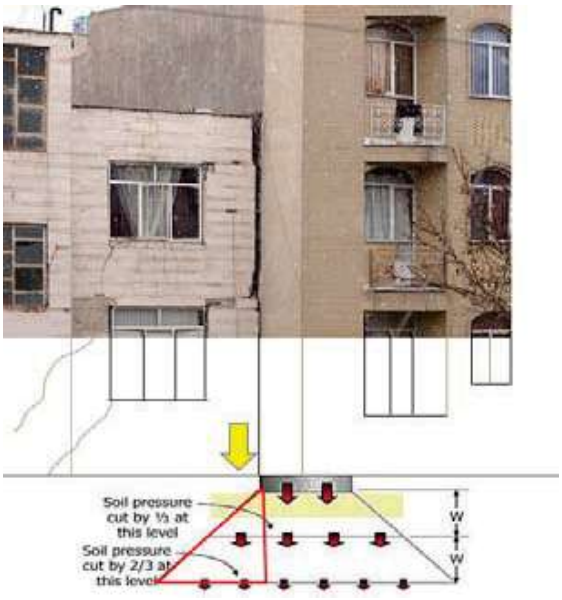
نشست یکنواخت که در اکثر ساختمان‌ها به مقدار کم هم شاهد آن هستیم و بدون ترک است و استانداردها نیز تا مقداری آن را مجاز می‌داند.

الف: ترک‌های مورب روی دیوار در اثر نشست موضعی و یک‌طرفه خاک زیر فونداسیون (یا گودبرداری مجاورین): در شرایطی که خاک زیر ساختمان به هر دلیلی مقاومت برشی کافی در برابر نیروهای وارده از روسازه را نداشته باشد، در ساختمان‌ها با یا بدون فونداسیون‌های منفرد و یا نواری با عمق و یا مقاومت کم ممکن است یک‌بخشی از ساختمان و یا ستون نشست کرده و ترک‌های مورب بر دیوارها پدیدار شود، عمق و عرض این ترک‌ها متناسب با میزان نشست و تراکم خاک است، یکی از عوامل اصلی نشست خاک دارای سربار، رسیدن رطوبت درازمدت به آن است که از متداول‌ترین عوامل نشست‌های کوچک بخصوص در ساختمان‌ها با عمر بیش از بیست سال است. (تصویر ۱۳)

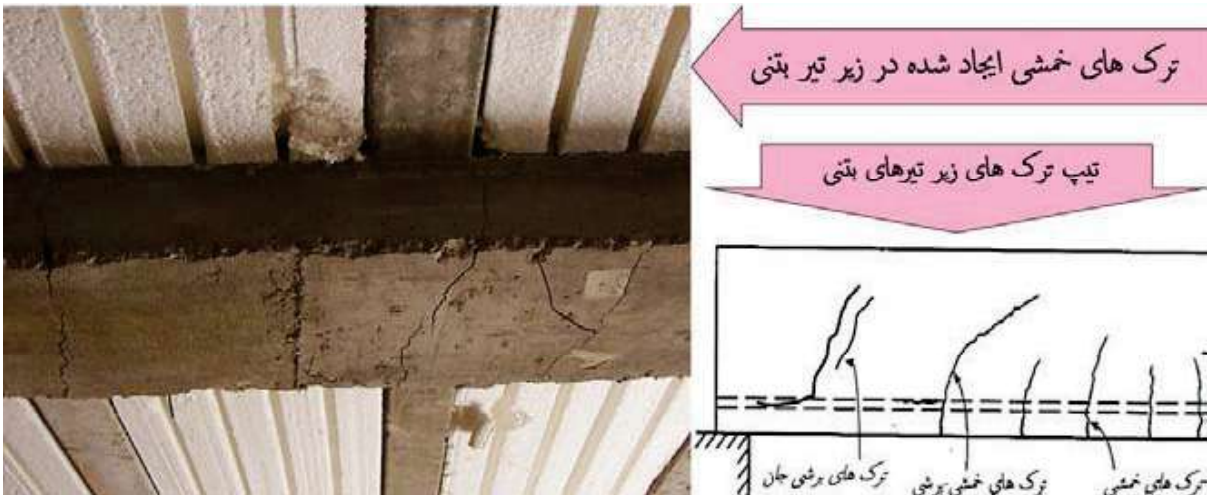
تصویر ۱۳- ترک‌های مورب ناشی از نشست یک‌طرفه قابل‌ملاحظه ساختمان

ب: ترک‌های مورب روی دیوار در اثر تورم خاک زیر فونداسیون: در مواردی اندک به دلیل خاصیت تورم پذیری برخی خاک‌ها مانند مارن گچ دار (یک سنگ مارنی مایل به خاکستری، غنی از گچ که تا ۳۰% دارای مواد رسی می باشد chalky marl) ممکن است خاک زیر بخشی از فونداسیون بعد از جذب رطوبت و تورم بالا آمده و ایجاد ترک روی دیوارها نماید. گاهی نیز این بالاآمدگی در اثر فشار ریشه درختان به سمت بالا است.

ج: ترک‌های مورب ناشی از نشست بعد از نوسازی همسایه: با اجرای طرح‌های نوسازی در برخی پروژه‌ها و نشست یکنواخت در ساختمان نوساز، ساختمان‌های مجاور قدیمی دچار ترک‌های مورب می‌شوند، به‌منظور درک بیشتر علت این نوع ترک لازم است تا به بررسی خطوط گسیختگی خاک تحت اثر بار فشاری ساختمان بپردازیم. خطوط گسیختگی برشی موضعی در خاک دانه‌ای نیمه متراکم (به‌طور مثال مناطق ساحلی و یا جنوب غرب تهران) بجای خطی قایم مسیری مورب خواهد بود با برش خاک و نشست آن با زاویه‌ای حدوداً ۴۵ درجه بخشی از خاک زیر ساختمان همسایه نیز متحمل نشست و جابجایی خواهد شد که بعد از نشست خاک، شاهد ترک‌های مورب برروی دیوارهای ساختمان مجاور خواهیم بود. در روش‌های معمول طراحی شالوده از این برش ۴۵ درجه صرفه نظر می‌شود. باید توجه داشت که دو عامل جنس خاک و عدم وجود فونداسیون و شناژ یکپارچه در زیر ساختمان همسایه، اصلی‌ترین عامل بروز این پدیده است. (تصویر ۱۴)



تصویر ۱۴- ترک‌های مورب ناشی نشست خاک زیر ساختمان قدیمی پس از نوسازی هم جواری



چ: ترک‌های مورب ناشی از خیز تیرها: بدون شک یکی از فراوان‌ترین نوع ترک‌های مورب ایجادشده روی دیوارها و نازک‌کاری ترک‌های ناشی از خیز آنی تیرها هستند که این ترک در ابتدا به‌صورت ترک افقی در زیر و وسط دهانه تیرهای بتن آرمه ظاهر می‌شود که با گسترش ترک و اضافه شدن خیزهای درازمدت در دیوارها نیز رخ‌نمود می‌کند. در سال‌های اخیر به دلیل تمایل کارفرمایان به پلان‌ها با حداقل تعداد ستون‌ها و بزرگ‌تر شدن دهانه‌ها، این ترک‌ها نیز بوفور دیده می‌شوند و به دلیل شباهت آن به الگوی ترک ناشی از نشست خاک، نگرانی‌هایی را ایجاد می‌کنند. علل ایجاد ترک‌های خمشی روی تیرها که عامل ۹۵ درصد ترک‌های مورب روی دیوارها هستند شامل موارد زیر است: (تصویر ۱۵)

تصویر ۱۵- ترک‌های مورب ناشی از خیز تیر و سقف‌ها روی جداگرهای میانی

ضعف طراحی: عدم کنترل خیز آنی و خیز درازمدت عضو خمشی که با توجه به ضوابط مبحث نهم مقررات ملی باید توسط طراح کنترل شوند.

ضعف اجرایی: عدم اعمال درستِ خیز منفی در حین اجرا یا قصور اجرایی و کاهش ابعاد و یا بازکردن زودهنگام جک و قالب تیر و مخصوصاً عدم به‌کارگیری جک اطمینان در سقف‌های پایین‌تر قبل از بتن‌ریزی...

ضعف مصالح اعضا: کیفیت پایین بتن و استفاده از اسپیسرهای پلاستیکی و...

تغییرات کاربری و اضافه بارگذاری

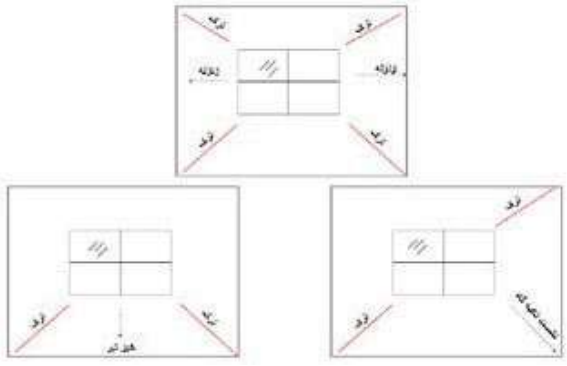
اما سؤالی که همواره مطرح است این است که این خیزها و ترک‌ها تا چه میزان خطرناک و مسئله‌ساز هستند. بر اساس مفاد مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ملاک عمل مقاومت و کیفیت بهره‌دهی عضو خمشی است (۹-۱۹-۲-۱-۱) حد مجاز خیز تیرها و سقف‌های بتنی نیز در جدول ۹-۱۹-۳ مبحث نهم آورده شده که چنانچه خیز مثبت دهانه از این مقدار بیشتر شود ترک‌ها نیز عمیق‌تر شده و بهره‌برداری نیز مختل خواهد شد و در این صورت نیاز به تقویت تیرها وجود خواهد داشت. بنابراین کنترل مقدار خیز دال و تیر ملاک عمل خواهد بود.

ح: ترک‌های مورب ایجادشده بعد از زلزله: ترک‌های ناشی از دریافت طبقات حاصل از حرکات رفت و برگشتی زلزله به دلیل اعمال تنش کششی بیش از ظرفیت کششی دیوار ایجاد می‌شود. اساساً بعد از جابجایی، شکل مستطیلی قاب به متوازی‌الاضلاع تبدیل‌شده و این افزایش طول قطر تولید تنش کششی و درنتیجه ترک مورب (ضربدری) می‌نماید. (تصویر ۱۶)

تصویر ۱۶- ترک‌های ضربدری ناشی از دریافت طبقات درحرکت‌های رفت و برگشتی زلزله در اطراف بازشو

نکته: تا اینجا از ترک‌های مورب حاصل از نشست پی و یا خیز تیرها و زلزله مطالبی ارائه شد. سؤال: چگونه می‌توان ترک مورب حاصل از نشست تکیه‌گاه و یا خیز تیر در زیر پنجره‌ها و یا زلزله را از هم تشخیص داد؟

پاسخ: در ترک ناشی از نشست خاک زیر فونداسیون الگوی ترک در یک‌جهت و در یک خط و امتداد قرار دارد، به‌طور مثال در بالای باز شوها نیز ترک با همان شیب ادامه پیدا خواهد کرد. اما در شرایطی که ترک ناشی از خیز تیر زیر پنجره یا یک دیوار باشد، ترک‌ها محدود به زیر پنجره و نه بالای آن و در دو جهت با شیب خلاف هم خواهند بود، به عبارتی شیب ترک در آن‌سوی پنجره در حدود ۹۰ درجه تغییر مسیر خواهد داد و نهایتاً در ترک‌های ناشی از زلزله مسیر ترک‌های مورب در هر چهارگوشه قاب یا بازشو خواهد بود. (تصویر ۱۷)



تصویر ۱۷- مقایسه الگوی انتشار ترک در اطراف بازشو در سه حالت: زلزله، خیز تیر و نشست تکیه‌گاه

ترک‌های چندوجهی (پوست‌ماری یا خطوط موازی) و ترک‌های سطوح بتنی، کف و...

الف: ترک‌خوردگی ناشی از جمع شدگی پلاستیک بتن: ترک‌خوردگی حاصل از جمع شدگی پلاستیک در سطوح بتنی بوده که بتن آن به‌تازگی استقراریافته (۳۰ دقیقه تا ۶ ساعت بعد از بتن‌ریزی) و هم‌زمان با عمل پرداخت‌کاری و یا بلافاصله پس‌ازآن پدیدار می‌شود. این ترک‌ها نسبت به یکدیگر به‌صورت موازی تشکیل می‌شوند. همچنین بهارخواب‌های حاصل از جمع شدگی پلاستیک به‌ندرت به مقاومت کف‌ها و زیرسازی‌های بتنی آسیب می‌رسانند و تنها دارای ظاهری بدنما می‌باشند. تجاوز سرعت و میزان تبخیر رطوبت سطحی از سرعت و نرخ آب‌آوری سطحی و خشک شدن سطح، عامل اصلی ایجاد این نوع ترک‌ها معرفی‌شده است.

ب: ترک‌خوردگی ناشی از نشست (افت) پلاستیک بتن: نوع دیگری از ترک‌های انقباضی بتن هستند که از ۱۰ دقیقه تا ۳ ساعت از بتن‌ریزی در شرایطی که کاور میلگرد کم باشد رخ خواهد داد. این ترک‌ها روی مسیر عبور میلگردها رخ می‌دهند و از نوع متداول آن روی سطوح بتن‌ریزی شده فونداسیون‌ها قابل مشاهده است. (تصویر ۱۸)

تصویر ۱۸- ترک‌های چندوجهی انقباضی از نوع نشست پلاستیک روی بتن جوان فونداسیون

ج: ترک‌های حاصل از یخ‌زدگی در کوتاه‌مدت و بلندمدت: چنانچه عملیات کیورینگ بتن تازه در هوای سرد (زیر ۵ درجه سانتی گراد) انجام نشود، موجبات یخ‌زدگی آب بتن فراهم آمده و بتن بشدت مقاومت خود را از دست می‌دهد. در این شرایط عموماً سطح بتن با سایش پودر می‌شود و یا جداشدگی شدید بتن از میلگرد به‌طور مثال در محل انتظار ستون‌ها را شاهد هستیم، اما الگوی ترک در یخ‌زدگی‌های بلندمدت و چرخه‌ای، به‌صورت ترک‌های ریز چندضلعی روی سطح خواهد بود که پس از سپری کردن چند زمستان شاهد آن خواهیم بود.

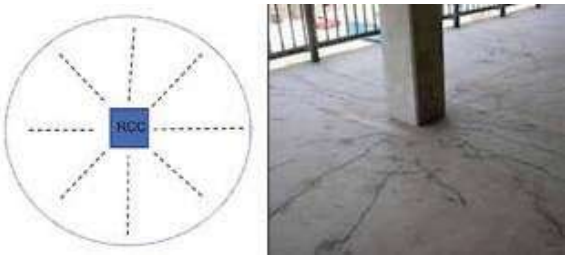
چ: ترک‌های چندوجهی حاصل از واکنش قلیایی سنگ‌دانه یا سرطان بتن (پس از ۵ سال): در بتن، سنگ‌دانه‌ها تحت تأثیر یک محیط قلیایی قرار دارند. برخی فازهای کانی که معمولاً در شرایط محیطی عادی پایدار می‌باشند در این محیط با قلیا واکنش شیمیایی نشان می‌دهند که به این نوع واکنش‌ها، واکنش‌های قلیایی سنگ‌دانه گفته می‌شود این واکنش سبب انبساط بتن شده و درنهایت نیز منجر به ترک‌خوردگی، کاهش ایمنی و عمر آن خواهد شد. (تصویر ۱۹)

تصویر ۱۹- ترک‌های چندوجهی روی بتن، ناشی از واکنش قلیایی سنگ‌دانه پس از چند سال

علل پیدایش ترک‌های ایجادشده در کف‌ها

الف: ترک‌های ناشی از نشست خاک ملک مجاور: انواع عمیق آن درنتیجه نشست خاک زیر پی نمایان می‌شوند و بسیار خطرناک هستند.

ب: ترک‌های خمشی شعاعی روی دال‌های بتنی در اطراف ستون: در این مود از ترک‌ها، ترک‌ها و لولاهای گسیختگی به‌صورت ستاره‌ای و شعاعی در کف دال‌ها و اطراف تکیه‌گاه‌ها و ستون‌ها پدیدار می‌شوند، بسیاری از این دال‌ها هم در طراحی و هم در اجرا ضعیف بوده‌اند که پس از بررسی اقدام به مقاوم‌سازی آن‌ها می‌شود در صورت افزایش تنش‌ها، ترک‌های برشی اطراف تکیه‌گاه نیز اضافه می‌شود که به آنها ترک‌های پانچینگ می‌گویند. (تصویر ۲۰)



تصویر ۲۰- ترک‌های شعاعی خمشی اطراف تکیه‌گاه روی دال‌های بتنی

ج: ترک‌های ناشی از انبساط سطحی مصالح کف: در برخی موارد در اثر انقباض و انبساط‌های سطحی سرامیک در نبود درزهای انبساطی، شاهد ایجاد ترک‌ها و به دنبال آن شکست سرامیک‌های کف خواهیم بود، در مهروموم‌های اخیر با تولید سرامیک‌هایی با مساحت بزرگ‌تر این نوع از ترک‌ها نیز بیشتر شده‌اند. در مواردی نیز وجود ملات های هوایی همانند گچ و یا نشست خاک در زیر کف‌سازی موجب بلند شدن و یا ترک و شکست سرامیک و کف‌سازی می‌شود. اجرای درزهای انبساطی می‌تواند از بروز آن جلوگیری کند.

سخن پایانی

در این فرصت تلاش شد تا منشأ پیدایش مهم‌ترین الگوهای ترک روی سطوح بتنی و غیر بتنی ساختمان بیان شود و اما با تمام الگوهای ترکی که تا اینجا مشاهده کردید، باز ممکن است با مود جدیدی مواجه شویم که علل پیدایش آن چیزی به‌غیراز عوامل عنوان‌شده باشد. بنابراین دامنه انواع ترک‌ها بدون انتهاست و شناخت بیشتر نیازمند تجربه و تحقیق چندین ساله دارد. بدون شک یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطالعه ترک، پایش آن و آشنایی با انواع ترک سنج‌ها و ارائه راه‌حل‌هایی جهت، ترمیم، تعمیر و یا تقویت آنهاست که در فرصت‌های آینده به آن پرداخته خواهد شد.

فلزی و پیچ مهره‌ای

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شناسایی شرکت‌ها و فناورهای دارای توانمندی برای مشارکت در طرح جهش تولید مسکن

در راستای مصوبه شورای معاونین و تشکیل حلقه‌های اندیشه‌ورز و استفاده از شرکت‌های دانش‌بنیان و داری ایده‌های نو در صنعت ساختمان

آذر ماه ۱۴۰۰

۲-سازه اسکلت فلزی پیش‌ساخته با اتصالات پیچ و مهره‌ای

- برتری های ویژه اتصالات پیچ و مهره ای نسبت به اتصالات جوشی در سازه های فولادی موجب گسترش و رشد چشمگیر استفاده از پیچ و مهره در صنعت ساختمان کشور شده است.
- شکل پذیری مناسب سازه، تامین الزامات کیفی و نصب سریع از مزیت های استفاده از اتصالات پیچ و مهره ای است که با طراحی دقیق، تهیه و آزمایش درست قطعات اتصال و بکارگیری روش مناسب بستن و پیش تنیدن می توان به آنها دست یافت.

نمونه‌ای از اتصالات پیچ و مهره‌ای

سازه اسکلت فلزی پیش‌ساخته با اتصالات پیچ و مهره‌ای

- اهمیت کنترل کیفیت پیچ و مهره‌های استفاده شده و نحوه اطمینان از سفت شده آن‌ها؛
- خودکفایی در تولید پیچ با روش نورد سرد در کشور؛
- با توجه به تعداد کارخانه‌های تولید اسکلت فلزی و توان تولید بالای پیچ، در این سیستم از توان بالایی برخوردار هستیم.

ظرفیت تولید اعلام نشد ولی با توجه به توان تولیدی کشور و سابقه این صنعت، در این زمینه توان خوبی وجود دارد

پیش‌ساخته بتن آرمه

وزارت راه و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شناسایی شرکت‌ها و فناورهای دارای توانمندی برای مشارکت در طرح جهش تولید مسکن

در راستای مصوبه شورای معاونین و تشکیل حلقه‌های اندیشه‌ورز و استفاده از شرکت‌های دانش‌بنیان و داری ایده‌های نو در صنعت ساختمان

آذر ماه ۱۴۰۰

۵- سیستم قاب ساده نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح با دیوارهای برشی - کلیات

- در کشورهای با خطر نسبی کم زلزله کاربرد سیستم‌های بتنی پیش ساخته و صنعتی با اتصالات نیمه گیردار و ساده مطلوب بوده و متداول شده است.
- در ایران که خطر لرزه‌خیزی زیاد تا خیلی زیاد است سیستم نیمه گیردار به تنهایی جوابگو نبوده و به سیستمی نیاز است که قادر به مقابله با نیروهای مؤثر جانبی باشد.
- سیستم ابداع شده در مرکز تحقیق و توسعه ایران فریمکو توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مورد تأیید قرار گرفته و تحت عنوان "سیستم نیمه پیش ساخته بتن مسلح ایران فریمکو" معرفی شده است که تا ده طبقه به همراه دیوار برشی درجا به تصویب رسیده است.
- این سیستم بر اساس آزمایشات اولیه تا چهار طبقه بصورت قاب خمشی صلب پاسخگوی نیروهای وارده قائم و جانبی می باشد. تحقیقات و بازنگری برای اطمینان از گیرداری کامل اتصال سیستم پیشنهادی در حال انجام است.

شرکت ایران فریمکو

شرکت ایران فریمکو

سیستم قاب ساده نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح با دیوارهای برشی – حذف معایب بتن ریزی در سازه کارگاهی از جمله

۱) معایب اجرایی که تحت کنترل نبوده و مشاهده هم نمی شود.

۲) عدم تطبیق سازه ساخته شده درجا ریز با مفروضات محاسباتی.

۳) عدم امکان کنترل و نظارت مستمر بر ساخت سازه درجا ریز .

۴) کاهش پرت و افت مصالح ارزشمند (سیمان و فولاد).

۵) حذف تلورانس های هندسی متداول در اجرای سنتی سازه.

۶) حذف سرعت عمل پایین در اجرای سنتی سازه.

۷) کاهش زمان اجرا و درنتیجه حذف هزینه های متغییر در ساخت سازه.

۸) ایجاد امکان حذف المان های معیوب قبل از بکارگیری در سازه

شرکت ایران فریمکو

سیستم قاب ساده نیمه پیش‌ساخته بتن مسلح با دیوارهای برشی- برتری‌های سیستم نیمه پیش‌ساخته نسبت به بتن‌ریزی درجا

- ایجاد امکان ساخت ستون بصورت یکسره
- تأمین کلیه پارامترهای محاسباتی از قبیل ضریب الاستیسته، ممان اینرسی و سطح مقطع درسرتاسر ستون بطور یکسان و سایر المان‌ها نظیر تیرها و سقف‌ها
- امکان نصب خاموت در حد فاصل ضخامت سقف داخل ستون
- قابلیت ایجاد کنترل کارخانه‌ای در تمام مراحل ساخت و تولید
- قابلیت ایجاد سرعت بالا در تولید و در نتیجه افزایش سرعت در تحویل
- حذف وصله آرماتور (overlap) در هر طبقه
- حذف درزهای اجرایی و اشتباهات پنهان در ستون در تراز کف و سقف هر طبقه

توان تولید ۱۰۰۰ واحد در سال

- صرفه‌جویی در مصرف مصالح گران قیمت سازه (سیمان و فولاد) با کاهش ابعاد هندسی المان‌ها
- امکان استفاده از بتن با رده‌های مقاومتی بالاتر از بتن کارگاهی (استفاده از رده مقاومتی C50 بجای C25)
- امکان عمل‌آوری کامل با بخار و رسیدن به حد مطلوب مقاومت مستقل از زمان و محیط مناسب

۷- سیستم سازه‌ای قاب ساختمانی با اتصالات ساده (مفصلی) - معرفی

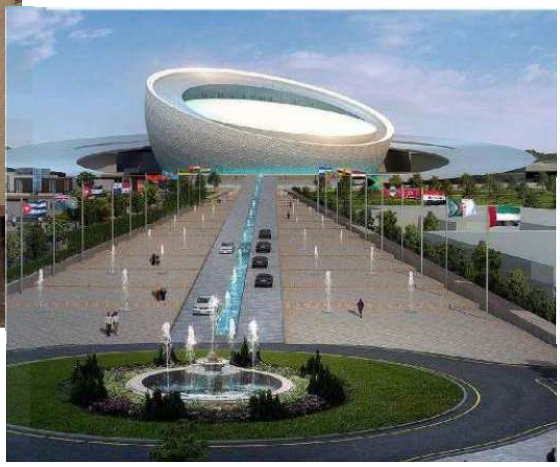
۱) فونداسیون پیش‌ساخته یا درجا
۲) ستون پیش‌ساخته
۳) تیر پیش‌ساخته
٤) سقف پیش‌ساخته
٥) دیوارهای برشی درجا

سیستم سازه‌ای قاب ساختمانی با اتصالات ساده (مفصلی) – توانمندی شرکت

❖ برخی قسمت های کارخانه

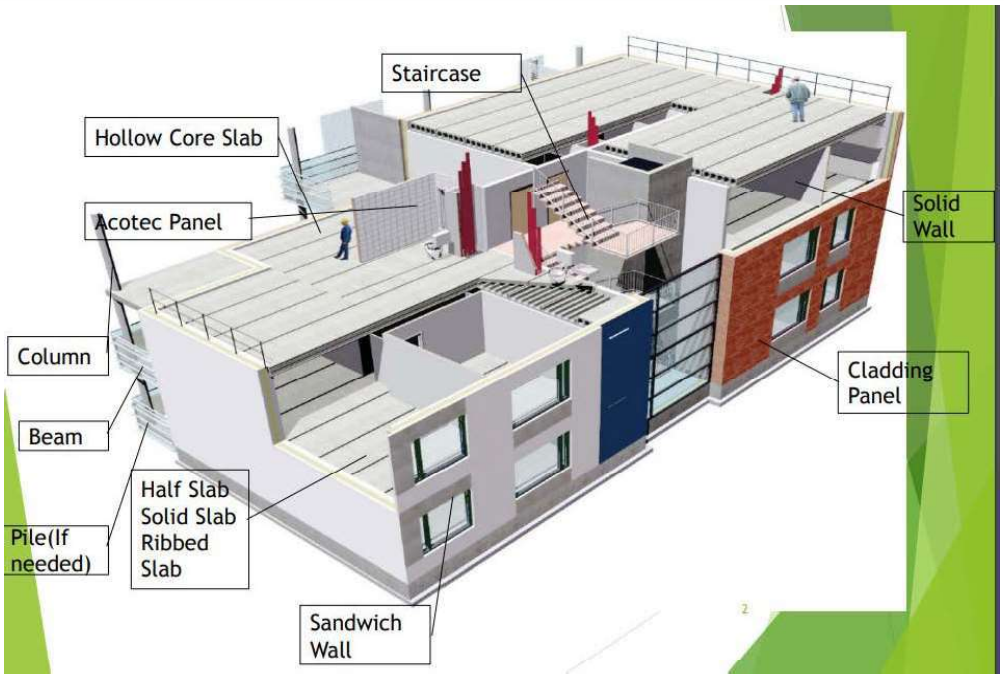
سیستم سازه‌ای قاب ساختمانی با اتصالات ساده (مفصلی) – نمونه‌ای از کارهای انجام شده

❖ تصاویر برخی پروژه های سیستم اسکلت بتنی پیش ساخته



ظرفیت ساخت ۲۰,۰۰۰ واحد در سال

۱۰- سازه های پیش ساخته(لارج پانل)



موسسه شهید رجایی

سازه های پیش ساخته(لارج پانل)

ضخامت آنها ۱۲۰-۵۰۰ میلی متر
عرض ۱.۲-۲.۴ متر

ظرفیت های باربری عالی و دهانه های بلند تر(۵ تا ۱۳ متر) به طراحی معماری و سازه آزادی می دهد

لایه داخلی بتنی ۸۰-۱۵۰ میلی متر
لایه خارجی ۷۰-۸۵ میلی متر
لایه بیرونی ساندویچ پانل می تواند ظاهرهای مختلفی داشته باشد، مانند آجرکاری، بتن گرافیکی، سنگ مرمر صیقلی یا گرانیت بسته به نوع عایق، کارایی انرژی خوبی را تضمین می کند.
کل ضخامت ۱۵۰-۲۳۰ میلی متر،

موسسه شهید رجایی

سازه های پیش ساخته(لارج پانل)

از بتن استاندارد یا سبک
تا ضخامت ۲۰۰ میلی متر،
طول ۱۴ متر و
ارتفاع ۳.۵ متر تولید کرد.

به صورت محصولات پیش ساخته
۶۰-۱۰۰ میلی متر و
عرض ۱.۲-۴ متر
با دهانه ۲-۶ متر تولید می شوند.
ضخامت نهایی کف، از جمله بتن ریزی نهایی، معمولاً ۲۰۰-۲۶۰ میلی متر است.

سازه های پیش ساخته(لارج پانل)

مقایسه برخی از روش های روز دنیا(صنعتی – پیش ساخته–سنتی)

ردیف	جزییات	روش تونلی (صنعتی)	روش پانلی (پیش ساخته)	روش های سنتی
۱	هزینه تهیه اولیه	نسبتا زیاد	زیاد	کم
۲	سیستم بتن ریزی در محل	زیاد	حداقل در محل	زیاد
۳	سیکل اجرای سقف	سه روز	یک روز	حداقل ۳ هفته
۴	سرعت ساخت	زیاد	خیلی زیاد	کم
۵	انعطاف پذیری طراحی در ایران	تا ۱۶ طبقه	و بیشتر ۷ طبقه	نا محدود
۶	نوع کارگر اجرایی	ماهر	ماهر	معمولی
۷	مجموع هزینه کارگری	متوسط	متوسط	متوسط
۸	کارگران مورد نیاز در سایت	متوسط	خیلی کم	زیاد
۹	قابلیت استفاده مجدد تجهیزات	+۳۰۰	+۵۰۰	۱۵–۲۵
۱۰	قابلیت مونتاژ و مونتاژ	ندارد	دارد	ندارد
۱۱	روش نصب	تاورکرین	تاورکرین یا جرثقیل	ندارد

موسسه شهید رجایی

سازه های پیش ساخته(لارج پانل)

مقایسه برخی از روش های روز دنیا(صنعتی – پیش ساخته–سنتی)

ردیف	جزییات	روش تونلی (صنعتی)	روش پانلی (پیش ساخته)	روش های سنتی
۱۲	دقت اجرایی	متوسط	زیاد	کم
۱۳	نازک کاری	کم	حداقل	زیاد
۱۴	ایمنی	ایمن درصورت حمل ایمن قالب	ایمن درصورت نصب ایمن	ایمن
۱۵	دفع زباله	متوسط	کم	زیاد
۱۶	ارزش قراضه	زیاد	زیاد	هیچ
۱۷	فضای مفید به ناخالص متراژ	۹۰ درصد	۹۰ درصد	۸۵ درصد
۱۸	مقاومت در برابر زلزله	تمامی اعضا موثر	تمامی اعضا موثر	–
۱۹	اندوخته هزینه نهایی	کاهش ۸ درصدی	کاهش ۲۳ درصدی	–
۲۰	زمان	کاهش ۳۰درصدی	کاهش ۵۰ درصدی	–
۲۱	مطلوبیت	برای بیش از ۱۴ طبقه مطلوب	برای تا ۱۲ طبقه مطلوب	برای کمتر از ۲۰ طبقه مطلوب

به نام خدا

وزارت راه و شهرسازی

معاونت مسکن و ساختمان

مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان

طرح و اجرای صنعتی ساختمان‌ها

inbr.ir

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

ویرایش سوم (۱۴۰۰)

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۵ پوشش محافظت‌کننده بلوک‌های پلی‌استایرن باید دارای اتصال مکانیکی به سازه باشد. اتصال مستقیم پوشش به پلی‌استایرن، به تنهایی، مجاز نیست.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۶ دیوارهای بین واحدهای مستقل مانند دیوار بین آپارتمان‌های مسکونی یا واحدهای تجاری، اداری در هر ساختمان، باید دارای مقاومت کافی در برابر آتش باشند. در این دیوارها باید به صورت مناسب از مصالح حریق‌بند استفاده شود؛ به گونه‌ای که بلوک‌های پلی‌استایرن در قسمت بین دو فضای مجاور پیوستگی نداشته باشند و از گسترش هر گونه حریق احتمالی بین دو فضایی که به وسیله دیوار مقاوم در برابر آتش از یکدیگر جدا شده‌اند، جلوگیری شود. برای جزییات این ضوابط به نشریه ض-۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مراجعه شود.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۷ به منظور تامین مقاومت کافی سقف‌ها در مقابل آتش لازم است لایه پلی‌استایرن در مرز سقف / کف هر طبقه قطع شود و بین طبقات امتداد نداشته باشد. در این قسمت‌ها، در صورت نیاز و برای تامین مقاومت لازم باید از مسدودکننده‌های آتش استفاده شود.

۱۱-۶-۳-۲-۳۲-۸ در مناطقی که در معرض خطر حمله حشرات موذی، مانند موریانه قرار دارد لازم است تمهیدات لازم برای محافظت از لایه پلی‌استایرن به عمل آید.

۱۱-۶-۴ ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته

۱۱-۶-۴-۱ کلیات

در ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته، تمامی اجزای سازه‌ای و برخی از اجزای غیرسازه‌ای ساختمان از قطعات بتن پیش‌ساخته تولیدشده در کارخانه تشکیل می‌شوند. قطعات بتنی پیش‌ساخته شامل تیر، ستون، سقف، دیوار، پله و نما می‌باشند. محدودیت ابعاد و وزن این قطعات به ظرفیت تجهیزات موجود برای تولید، حمل و نصب قطعات پیش‌ساخته وابسته است. سازه‌های بتنی پیش‌ساخته از سیستم‌های سازه‌ای مختلفی مانند قاب خمشی، دیوار باربر و سیستم‌های دوگانه (ترکیبی) تشکیل می‌شود و سیستم مقاوم آنها در برابر بارهای جانبی عبارتند از: دیوار برشی، قاب خمشی، ستون‌های T شکل یک سر گیردار و قاب‌های مهاربندی‌شده.

اتصالات در قطعات بتنی پیش‌ساخته از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشند. به طور کلی دو نوع اتصال خشک و تر برای این قطعات وجود دارد. در اتصالات خشک، عمدتا از مصالح فولادی با جوش یا پیچ

و مهره استفاده می‌شود؛ در حالی که در اتصالات تر، گروت یا ملات به‌کار می‌رود. سازه پی ساختمان بتنی پیش‌ساخته می‌تواند به صورت پیش‌ساخته یا درجا با اتصال تر و خشک اجرا شود.

۱۱-۶-۴-۲ الزامات ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته

۱۱-۶-۴-۲-۱ منظم‌بودن ساختمان در پلان و ارتفاع الزامی است.

۱۱-۶-۴-۲-۲ طراحی و اجرای ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته باید مطابق با ضوابط بارگذاری و طراحی اجزای بتنی مندرج در مباحث ششم و نهم مقررات ملی ساختمان و با در نظر گرفتن کلیه شرایط اجرایی پروژه از جمله جابجایی، نصب و حمل صورت پذیرد.

۱۱-۶-۴-۲-۳ مقرون به صرفه‌ترین اندازه برای قطعات پیش‌ساخته یک ساختمان، بزرگترین مقداری است که تمام محدودیت‌های زیر را تامین نماید:

- اندازه حاصل از پایداری و تنش‌های مجاز روی قطعات در حین جابجایی؛
- اندازه حاصل از محدودیت‌های وزن مجاز در حمل و نقل و نیز در تجهیزات نصب؛
- ظرفیت جرثقیل موجود در کارخانه و کارگاه پروژه؛
- فضای انبارش، شعاع چرخش کامیون و سایر محدودیت‌های موجود در کارگاه‌های ساخت و نصب.

۱۱-۶-۴-۲-۴ تامین ضوابط دیافراگم صلب و همچنین تامین پیوستگی و یکپارچگی برای کلیه سقف‌ها الزامی است.

۱۱-۶-۴-۲-۵ طراحی و اجرای میل‌مهارهای سقفی مناسب در محل اتصال اعضای پانلی سقف پیش ساخته به یکدیگر الزامی است.

۱۱-۶-۴-۲-۶ طراحی اتصالات ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته باید طبق ضوابط مباحث نهم و دهم مقررات ملی ساختمان و سایر مراجع معتبر انجام شود.

۱۱-۶-۴-۲-۷ اتصال سقف به قاب و دیوار باید به صورت پیوسته و یکپارچه طراحی و اجرا گردد و میلگردگذاری لازم برای این یکپارچگی، در محل اتصال انجام شود. همچنین تامین پیوستگی و یکپارچگی در محل اتصال تیر به ستون و اجرای میلگردگذاری لازم برای این یکپارچگی، ضروری است.

۱۱-۶-۴-۲-۸ تامین اتصال قاب پیش‌ساخته ساده ساختمانی به دیوار برشی بتن‌آرمه‌ی درجا، باید از طریق اتصال تیرهای هم‌امتداد دیوار برشی با المان مرزی درجا صورت گیرد.

۱۱-۶-۴-۲-۹ در صورت تعبیه اعضای مرزی در دیوارهای برشی بتن‌آرمه، ضروری است این اعضا به صورت درجا اجرا شوند و در نظر گرفتن ستون‌های پیش‌ساخته قاب، به عنوان اعضای مرزی مورد تایید نیست.

۱۱-۶-۴-۲-۱۰ برای تامین پایداری قطعات پیش‌ساخته الحاقی به ساختمان مانند راه‌پله، جان‌پناه و ... باید تهمیدات لازم صورت پذیرد.

۱۱-۶-۴-۲-۱۱ طراحی و اجرای تیرچه در پیرامون بازشوها، الزامی است.

۱۱-۶-۴-۲-۱۲ رعایت ضوابط طراحی و اجرای سازه پی برای ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته، باید مطابق مباحث هفتم و نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۴-۲-۱۳ مشخصات کلیه میلگردهای فولادی به‌کار رفته در بتن باید منطبق بر ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۴-۲-۱۴ مشخصات مصالح و کیفیت بتن تولیدشده باید منطبق بر ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۴-۲-۱۵ اندازه بزرگ‌ترین سنگ‌دانه مصرفی در قطعات بتن پیش‌ساخته نباید بیش از ۲۵ میلی‌متر باشد.

۱۱-۶-۴-۲-۱۶ اسلامپ بتن مصرفی در قطعات بتن پیش‌ساخته نباید بیش از ۱۵۰ میلی‌متر باشد.

۱۱-۶-۴-۲-۱۷ عمل‌آوری قطعات بتنی پیش‌ساخته تولیدشده باید به صورت تامین گرمایش از طریق بخار آب، شبکه لوله‌های آب داغ یا سایر شیوه‌های گرمایش باشد و با پوشش عایق مناسب، میزان رطوبت و درجه حرارت در طول مدت عمل‌آوری کنترل شود.

۱۱-۶-۴-۲-۱۸ تمام اندازه‌ها و خواص مهندسی مقاطع فولادی به‌کار رفته در این سیستم، باید مطابق ضوابط موجود در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان باشد.

inbr.ir

۱۱-۶-۴-۲-۱۹ در اتصالات پیچ و مهره‌ای قطعات بتنی پیش‌ساخته باید از پیچ و مهره‌های استاندارد معمولی و پرمقاومت مطابق مشخصات تعیین‌شده در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استفاده شود.

۱۱-۶-۴-۲-۲۰ استفاده از اتصالات جوشی، پیچ و مهره، گلدانی و غلاف ملات / گروت اجزای باربر به سازه پی مجاز می‌باشد و باید مطابق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و سایر مراجع معتبر طراحی گردند.

۱۱-۶-۴-۲-۲۱ طول وصله‌های آرماتور در محل اتصالات تر باید مطابق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۴-۲-۲۲ وصله ستون‌های بتن‌مسلح پیش‌ساخته باید در محلی که کمترین تنش موجود است، انجام شود.

۱۱-۶-۴-۲-۲۳ لازم است تمهیدات لازم جهت تحمل نیروی Uplift در اتصال ستون بالایی به ستون پایینی صورت گیرد؛ مانند: دندانه‌دار کردن شیارهای تعبیه‌شده در بالای ستون پایینی.

۱۱-۶-۴-۲-۲۴ در نظر گرفتن تمهیدات لازم در هنگام بتن‌ریزی در محل اتصال تیرها به ستون‌های پیش‌ساخته برای تامین کیفیت مناسب بتن ضروری است؛ مانند: ویبره مناسب.

۱۱-۶-۴-۲-۲۵ اتصالات باید در برابر شرایط محیطی و آتش‌سوزی محافظت شوند.

۱۱-۶-۴-۲-۲۶ مدارک اختصاصی زیر باید برای اجرای ساختمان‌های بتنی پیش‌ساخته تهیه گردد:

- دستورالعمل حمل، انبار و نگهداری قطعات با توجه به جوانب احتیاط حین اجرا؛
- معیارهای رد و پذیرش قطعه یا سیستم؛
- محدودیت بارهای کارگاهی و حمل و نقل.

۱۱-۶-۴-۲-۲۷ نقشه‌های ساخت باید با در نظر گرفتن جزییات کامل تهیه شود.

۱۱-۶-۴-۲-۲۸ نشانه‌های استفاده شده در نقشه‌های کارگاهی باید طبق مراجع معتبر باشد.

۱۱-۶-۴-۲-۲۹ مدارک فنی نصب قطعات پیش‌ساخته باید با در نظر گرفتن فرآیند نصب تهیه شود.

۱۱-۶-۴-۲-۳۰ باید به عملکرد قطعات در حین نصب توجه شود؛ به طوری که وقتی نسبت دهانه به عمق تیر بالا باشد، مقدار انحنا، خروج از محوریت و لرزش تیرها مورد توجه بیشتری قرار گیرند.

۱۱-۶-۴-۲-۳۱ نقاط مخصوص برای بلند کردن قطعات از محل ساخت به محل اجرا باید به گونه‌ای تعیین شوند که تنش قطعه در محدوده مجاز باقی بماند و قطعه در حین بلندکردن تراز باشد.

۱۱-۶-۴-۲-۳۲ برای قطعات با هندسه نامتقارن یا مقطع ناقص باید نقاط مکمل کمکی برای بلندکردن قطعه در نظر گرفته شود.

۱۱-۶-۴-۲-۳۳ در صورتی که بخشی از قطعه دارای مساحت کوچک (مقطع کاهش یافته) یا کنسول های بزرگ باشد، اضافه کردن تقویت‌های فلزی سازه‌ای به پشت قطعه برای فراهم‌کردن مقاومت اضافی لازم است.

۱۱-۶-۴-۲-۳۴ زمانی که زاویه زنجیر کوچک است، بهتر است از تیر شاهین (پخشی)، دو عدد جرثقیل یا سایر لوازمی که زاویه زنجیر را افزایش می‌دهد، استفاده شود.

۱۱-۶-۴-۲-۳۵ علاوه بر لنگر خمشی طولی، ممکن است لنگر خمشی عرضی ناشی از موقعیت نقاط اتصال بلندکننده با توجه به ابعاد عرضی ایجاد شود.

۱۱-۶-۴-۲-۳۶ رعایت تمهیدات لازم مناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران الزامی است.

۱۱-۶-۴-۲-۳۷ رواداری‌های حمل و نصب قطعات بتنی پیش‌ساخته باید طبق مراجع معتبر رعایت شود.

۱۱-۶-۵ روش تیلت-آپ

۱۱-۶-۵-۱ کلیات

تیلت-آپ به عنوان یک روش اجرا برای دیوارهای باربر و غیرباربر شناخته می‌شود. در این روش، دیوارها در مجاورت محل نصب، به صورت خوابیده، ساخته و سپس، توسط جرثقیل برپا و در جای خود نصب می‌شوند. از این‌رو، نقاط قوت این روش، بهره‌گیری از مزایای پیش‌ساخته‌سازی، کاهش قابل ملاحظه هزینه قالب‌بندی و حذف مرحله انتقال قطعات از محل ساخت به محل اجرا است.

۱۱-۶-۴-۲-۳۰ باید به عملکرد قطعات در حین نصب توجه شود؛ به طوری که وقتی نسبت دهانه به عمق تیر بالا باشد، مقدار انحنا، خروج از محوریت و لرزش تیرها مورد توجه بیشتری قرار گیرند.

۱۱-۶-۴-۲-۳۱ نقاط مخصوص برای بلند کردن قطعات از محل ساخت به محل اجرا باید به گونه‌ای تعیین شوند که تنش قطعه در محدوده مجاز باقی بماند و قطعه در حین بلندکردن تراز باشد.

۱۱-۶-۴-۲-۳۲ برای قطعات با هندسه نامتقارن یا مقطع ناقص باید نقاط مکمل کمکی برای بلندکردن قطعه در نظر گرفته شود.

۱۱-۶-۴-۲-۳۳ در صورتی که بخشی از قطعه دارای مساحت کوچک (مقطع کاهش یافته) یا کنسول های بزرگ باشد، اضافه کردن تقویت‌های فلزی سازه‌ای به پشت قطعه برای فراهم‌کردن مقاومت اضافی لازم است.

۱۱-۶-۴-۲-۳۴ زمانی که زاویه زنجیر کوچک است، بهتر است از تیر شاهین (پخشی)، دو عدد جرثقیل یا سایر لوازمی که زاویه زنجیر را افزایش می‌دهد، استفاده شود.

۱۱-۶-۴-۲-۳۵ علاوه بر لنگر خمشی طولی، ممکن است لنگر خمشی عرضی ناشی از موقعیت نقاط اتصال بلندکننده با توجه به ابعاد عرضی ایجاد شود.

۱۱-۶-۴-۲-۳۶ رعایت تمهیدات لازم مناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران الزامی است.

۱۱-۶-۴-۲-۳۷ رواداری‌های حمل و نصب قطعات بتنی پیش‌ساخته باید طبق مراجع معتبر رعایت شود.

۱۱-۶-۵ روش تیلت-آپ

۱۱-۶-۵-۱ کلیات

تیلت-آپ به عنوان یک روش اجرا برای دیوارهای باربر و غیرباربر شناخته می‌شود. در این روش، دیوارها در مجاورت محل نصب، به صورت خوابیده، ساخته و سپس، توسط جرثقیل برپا و در جای خود نصب می‌شوند. از این‌رو، نقاط قوت این روش، بهره‌گیری از مزایای پیش‌ساخته‌سازی، کاهش قابل ملاحظه هزینه قالب‌بندی و حذف مرحله انتقال قطعات از محل ساخت به محل اجرا است.

کارآیی این روش برای پلان‌های منظم موجب شده است که اغلب در ساختمان‌هایی با کاربری اداری، تجاری و انبار استفاده شود. دیوارهای ساخته شده با این روش، عموما بتن‌آرمه هستند.

۱۱-۶-۵-۲ الزامات طراحی و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه با شیوه تیلت-آپ

۱۱-۶-۵-۲-۱ حداکثر ارتفاع قابل ساخت با روش تیلت-آپ ۱۳ متر است.

۱۱-۶-۵-۲-۲ استفاده از روش تیلت-آپ برای دیوارهای باربرِ ساختمان‌های متعلق به گروه خطرپذیری ۱، ۲ و ۳ در مناطق لرزه‌خیز با خطر نسبی خیلی زیاد ممنوع است.

۱۱-۶-۵-۲-۳ کاربرد سقف‌های غیرصلب (انعطاف‌پذیر) در روش تیلت-آپ مجاز نیست؛ مگر اینکه سقف‌ها پوششی باشند.

۱۱-۶-۵-۲-۴ طراحی دیوارهای تیلت-آپ باید مطابق با ضوابط بارگذاری و طراحی اجزای بتنی مندرج در مباحث ششم و نهم مقررات ملی ساختمان و نیز نشریه ACI 551.2R و با در نظر گرفتن کلیه شرایط اجرایی پروژه از جمله برپاسازی و نصب صورت پذیرد.

۱۱-۶-۵-۲-۵ مقرون به صرفه‌ترین ابعاد دیوار، بزرگترین آن، با توجه به محدودیت‌های زیر است:

- مساحت محوطه ساخت؛
- اندازه حاصل از پایداری و تنش‌های مجاز روی دیوار در حین برپاسازی؛
- ظرفیت جرثقیل موجود در کارگاه پروژه؛
- ظرفیت تجهیزات نصب و اتصالات؛
- سایر محدودیت‌های موجود در کارگاه برای ساخت و نصب.

۱۱-۶-۵-۲-۶ استفاده از اتصالات جوشی، پیچ و مهره، گلدانی و غلاف ملات / گروت دیوارهای باربر به سازه پی مجاز است و باید مطابق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و سایر مراجع معتبر، طراحی گردند.

۱۱-۶-۵-۲-۷ هنگامی که از روش تیلت-آپ، برای دیوار حایل استفاده می‌شود، اتصال دیوار و دال بتن‌آرمه باید از دوران دیوار بر اثر فشار خاک جلوگیری کند.

inbr.ir

۱۱-۶-۵-۲-۸ اگر دو یا چند پانل دیواری در مجاورت یکدیگر قرار گیرند، این پانل‌ها باید در محل‌هایی که اتصال آنها از نظر پایداری سازه‌ای در برابر بارهای وارد بر سازه، اهمیت دارند، با اتصال جوشی به یکدیگر متصل شوند.

۱۱-۶-۵-۲-۹ در مواردی که اتصال پانل‌های دیوار به یکدیگر، به لحاظ مقاومت در برابر لنگر واژگونی لازم باشد، باید پانل‌ها دو به دو و حداکثر در گروه‌های سه‌تایی در صفحه به هم متصل شوند. در این صورت، باید آرماتورهای افقی اضافه‌ای برای کنترل ترک‌های عرضی تعبیه شود.

۱۱-۶-۵-۲-۱۰ رعایت تمهیدات لازم برای اتصالات، متناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده الزامی است.

۱۱-۶-۵-۲-۱۱ در مواردی که بتن به صورت نمایان قرار خواهد گرفت، سنگدانه‌های مصرفی برای برآورده نمودن الزامات دوام باید خواص مربوط به سلامت سنگدانه، مقاومت در برابر چرخه‌های یخزدن و آب‌شدن و در صورت نیاز، مقاومت در برابر باران‌های اسیدی را داشته باشد.

۱۱-۶-۵-۲-۱۲ جزییات اجرایی باید مطابق نشریه ACI 551.1R باشد.

۱۱-۶-۵-۲-۱۳ پیش‌بینی تمهیدات ایمنی لازم، به هنگام برپاسازی دیوارها با جرثقیل، الزامی است.

۱۱-۶-۵-۲-۱۴ استفاده از تیر شاهین (پخشی)، برای برپاسازی قطعه الزامی است.

۱۱-۶-۵-۲-۱۵ مدارک فنی نصب باید با در نظر گرفتن فرآیند نصب تهیه شود.

۱۱-۶-۶ ساختمان‌های نیمه‌پیش‌ساخته با صفحات بتن پاششی سه بعدی (3D پانل)

۱۱-۶-۶-۱ کلیات

ساختمان‌های نیمه‌پیش‌ساخته با صفحات بتن پاششی سه بعدی که به 3D پانل مشهورند، متشکل از یک شبکه خرپای فضایی از میلگردهای ساده، یک لایه پلی‌استایرن به ضخامت ۴۰ تا ۹۰ میلی‌متر و دو لایه بتن پاششی در طرفین است. شبکه خرپای فضایی، از اتصال شبکه‌های فولادی ساخته‌شده به روش جوش نقطه‌ای اتوماتیک، توسط میلگردهای مورب حاصل می‌شود. در این سیستم، بازشوها در زمان تولید در کارخانه یا پیش از نصب، تعبیه و تقویت‌های لازم با استفاده از شبکه فولادی انجام می‌شود.

۱۱-۶-۷-۲-۱۴ تمهیدات لازم در اجرای نازک‌کاری و نماسازی بر روی سطوح بتنی باید در مراحل طراحی و اجرا در نظرگرفته شود.

۱۱-۶-۷-۲-۱۵ رعایت رواداری‌های دیوارهای برشی و باربر، طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان الزامی است.

۱۱-۶-۸ ساختمان‌های بتن‌آرمه درجای یکپارچه

۱۱-۶-۸-۱ کلیات

استفاده از این روش بتن‌ریزی درجا، فقط در انبوه‌سازی‌ها توجیه اقتصادی دارد. در این شیوه، امکان اجرای سازه پی، به صورت نواری یا گسترده وجود دارد؛ اما معمولا به دلایل سهولت اجرا، افزایش سرعت، کاهش هزینه و بهبود کیفیت، از نوع گسترده استفاده می‌شود. سیستم سازه‌ای این روش، متشکل از دیوارهای باربر بتن مسلح در ترکیب با دال بتنی درجا است که همراه با سازه پی آن، ساختار یکپارچه و کاملا مستحکمی را در برابر نیروهای جانبی و قائم پدید می‌آورد. تجربه زلزله‌های گذشته، عموما رفتار مناسب این سیستم سازه‌ای را نشان داده است.

مزیت این شیوه، سرعت بالای آن، به سبب اجرای هم‌زمان کل دیوارهای یک طبقه است. ضمن اینکه، اجرای دیوارهای بتنی به صورت نمایان، نیاز به نازک‌کاری بر روی سطوح آن‌ها را برطرف می کند. آزادی عمل در طراحی معماری به علت امکان توزیع دیوارهای باربر در هر دو امتداد اصلی متعامد در کل پلان و همچنین، امکان حرکت طولی، عرضی و ارتفاعی تاسیسات در تقاطع دیوارها و سقف از دیگر مزایای این روش است.

۱۱-۶-۸-۲ الزامات طراحی و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه درجای یکپارچه

۱۱-۶-۸-۲-۱ مبانی کلی طراحی این سیستم، مطابق با ساختمان‌های بتن مسلح از نوع دیوار باربر است.

۱۱-۶-۸-۲-۲ بارگذاری و طرح سازه‌ای این روش باید به ترتیب، بر اساس مباحث ششم و نهم مقررات ملی ساختمان انجام گیرد.

۱۱-۶-۸-۲-۳ رعایت ضوابط مربوط به شکل‌پذیری زیاد متناسب با لرزه‌خیزی مناطق مختلف ایران الزامی است.

۱۱-۶-۸-۲-۴ حداقل ضخامت دیوارها باید طبق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۱۱-۶-۸-۲-۵ سطح مقطع اسمی دیوارهای سازه‌ای در هر جهت باید حداقل ۳٪ سطح زیربنای طبقه باشد.

۱۱-۶-۸-۲-۶ سطح مقطع اسمی دیوارهای سازه‌ای یک جهت باید حداقل ۸۰ درصد جهت دیگر باشد.

۱۱-۶-۸-۲-۷ رعایت حداقل مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای ۲۵ مگاپاسکال برای بتن سازه‌ای و حداقل تنش تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال برای فولاد الزامی است.

۱۱-۶-۸-۲-۸ قطعات قالب باید با توجه به پلان معماری و محدودیت‌های نصب، نظیر ظرفیت جرثقیل‌ها و قلمرو چرخش آنها، تا جای امکان عریض باشند و طراحی آنها طبق نشریه ACI 347 صورت پذیرد.

۱۱-۶-۸-۲-۹ قالب‌برداری سقف با تامین ضوابط پایه موقت، باید طبق نشریه ACI 347.2R انجام شود.

۱۱-۶-۸-۲-۱۰ استفاده از مواد افزودنی (روان‌کننده، فوق روان‌کننده و افزودنی‌های تسریع‌کننده گیرش بتن) باید مطابق مقررات ملی ساختمان یا سایر مراجع معتبر باشد؛ همچنین، نوع و میزان مصرف آن‌ها باید بر مبنای مشخصات اجرایی و اقلیمی محل پروژه انتخاب گردد.

۱۱-۶-۸-۲-۱۱ در نظر گرفتن میزان روانی بتن، با توجه به تراکم آرماتورها، لوله‌های تاسیسات الکتریکی و همچنین در اطراف محل بازشوها ضروری است.

۱۱-۶-۸-۲-۱۲ لحاظ‌کردن جزییات دقیق مسیر و محل نصب کلیه اقلام تاسیسات برقی و مکانیکی در مرحله طراحی و اجرا ضروری است.

۱۱-۶-۸-۲-۱۳ در نظر گرفتن تمهیدات و تجهیزات لازم برای اجرای یکپارچه دیوارها در هر طبقه الزامی است.

۱۱-۶-۸-۲-۱۴ در نظر گرفتن تمهیدات و تجهیزات لازم برای عملیات نگهداری بتن دیوارها در شرایط مختلف آب و هوایی و همچنین، در تماس با محیط‌های خورنده الزامی است.

۱۱-۶-۸-۲-۱۵ یکپارچگی سقف هر طبقه با دیوارهای فوقانی و تحتانی آن باید تامین شود.

۱۱-۶-۸-۲-۱۶ رعایت رواداری‌های دیوارهای برشی و باربر، طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان الزامی است.

inbr.ir

به نام خدا

وزارت راه و شهرسازی

معاونت مسکن و ساختمان

مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان

طرح و اجرای صنعتی ساختمان‌ها

inbr.ir

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

ویرایش سوم (۱۴۰۰)