جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها

(بازنگری اول)

ضابطه شماره ۷۱۴

آخرین ویرایش: ۰۱-۰۵-۱۴۰۱

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی
امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
nezamfanni.ir

وزارت راه و شهرسازی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
www.bhrc.ac.ir

۱۴۰۱

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره :	۱۴۰۱/۲۴۳۳۶۴
	تاریخ :	۱۴۰۱/۰۵/۲۲

موضوع: دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها (بازنگری اول)

در چارچوب نظام فنی و اجرایی یکپارچه، موضوع ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و آیین‌نامه اجرایی آن و ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه، به پیوست ضابطه شماره ۷۱۴ امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران با عنوان « دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها (بازنگری اول)» به صورت لازم الاجرا ابلاغ می‌شود تا از تاریخ ۱۴۰۱/۰۷/۰۱ به اجرا درآید.

برای قراردادهایی که بعد از تاریخ ۱۴۰۱/۰۷/۰۱ منعقد می‌شوند، بخشنامه شماره ۹۵/۷۵۸۳۹۶ مورخ ۱۳۹۵/۰۷/۱۰ فاقد اعتبار است.

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران، دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.

سید مسعود میرکاظمی

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را بصورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت‌نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۵- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.

۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال کنید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه- سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران- مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

Email: nezamfanni@mporg.ir **web: nezamfanni.ir**

باسمه تعالی

پیشگفتار

نماهای ساختمانی در شکل‌دهی شهر نقش بسزایی دارند. هر نوع نمایی با هر نوع مصالح ساختمانی و با هر هزینه‌ای که ساخته شود، علاوه بر زیبایی ظاهری و آرامش بصری، باید بتواند آسایش و ایمنی ساکنین و شهروندان را فراهم آورد. بدین منظور باید قطعات، اجزاء و اتصـــالات نما توانایی تحمل بارها و جابجایی های نســـبی وارد بر آن را تحت اثر عوامل مختلف داشته و پایداری خود را حفظ نمایند. لذا توجه به نوع و شیوه اجرای نما از اهمیت زیادی برخوردار است. در این دســـتورالعمل ضـــوابط طراحی و اجرای نماهای مختلف تحت اثر بارهای وارد برآن نظیر بارهای لرزه ای، باد، ضـــربه و نیز عوامل محیطی که روی دوام و پایداری نما تاثیرگذار است بیان شده و راهکارهای مناسب برای مهار آنها ارائه شده است.

ویرایش اول این نشریه با عنوان "دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها" در سال ۱۳۹۵ با همکاری سازمان مجری ساختمان‌ها و تاسیسات دولتی و عمومی تهیه و جهت بهره برداری جامعه مهندسی توسط سازمان برنامه و بودجه ابلاغ گردید. اکنون پس از قریب به پنج سال از ابلاغ ویرایش اول این دستورالعمل با توجه به آزمایشات و مطالعات مداوم انجام شده بر روی انواع مختلف نما در بخش سازه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و ورود انواع نوین نما به صنعت ساخت و ساز کشور لزوم بروز رسانی و تکمیل این دستورالعمل احساس شده و در برنامه کاری قرار گرفت.

با توجه به مطالب فوق، بازنگری اول این ضابطه پس از تهیه و کسب نظر عوامل ذینفع نظام فنی و اجرایی کشور به سازمان برنامه و بودجه ارسال شد، که پس از بررسی براساس نظام فنی اجرایی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه تصویب و ابلاغ گردید.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صـــرف گردید، این مجموعه مصـــون از وجود اشـــکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این ضابطه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادهای دریافت شـــده را بررســـی کرده و در صـــورت نیاز به اصـــلاح در متن ضـــابطه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشـــور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده‌است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از اینرو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

بدین وسیله معاونت فنی و امور زیربنایی و تولیدی از تلاش ها و جدیت رییس محترم مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی و متخصصان همکار در امر تهیه و بروز رسانی این ضابطه تشکر و قدردانی می نماید.

حمید امانی همدانی

معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی

تابستان ۱۴۰۱

تهیه و کنترل «دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها(بازنگری اول)» [ضابطه شماره ۷۱۴]

مجری

دکتر مژده زرگران	دانشیار مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

اعضای گروه تهیه کننده متن اصلی بازنگری اول دستورالعمل

دکتر مژده زرگران	دانشیار مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
دکتر نادر خواجه‌احمد عطاری	استاد مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
دکتر سعید علیزاده	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مهندس محمدرضا بیات	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
دکتر نرگس آزادوار	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مهندس وحید کیانی	مهندسین مشاور

اعضاء کمیته داوری فنی بازنگری اول دستورالعمل (به ترتیب حروف الفبا)

مهندس محمد حسین افتخار	بنیاد بتن ایران
دکتر علی اکبر آقا کوچک	استاد دانشگاه تربیت مدرس
مهندس بهناز پور سید	مهندسین مشاور
مهندس حسن تابش	مهندسین مشاور
مهندس علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
دکتر فیاض رحیم‌زاده	استاد دانشگاه صنعتی شریف
دکتر علی اصغر ساعد سمعی	مهندسین مشاور
دکتر محمد شکرچی زاده	استاد دانشگاه تهران
مهندس رضا طبیب زاده	مهندسین مشاور
مهندس محمد جعفر علیزاده	مشاور وزیر راه و شهرسازی
مهندس بهرام غفاری	مهندسین مشاور
مهندس جواد فرید	مهندسین مشاور

اعضای گروه تهیه کننده متن اصلی ویرایش اول دستورالعمل (۱۳۹۵)

دکتر مژده زرگران	عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
دکتر نادر خواجه‌احمد عطاری	استاد مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

دکتر سعید علیزاده	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مهندس محمدرضا بیات	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مهندس لیلی ارشاد	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مهندس مرتضی حدادی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
دکتر نرگس آزادوار	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مهندس وحید کیانی	مهندسین مشاور

اعضاء کمیته داوری فنی ویرایش اول دستورالعمل (۱۳۹۵) (به ترتیب حروف الفبا)

دکتر علی اکبر آقا کوچک	استاد دانشگاه تربیت مدرس
مهندس رضا اخباری	سازمان مجری ساختمان‌ها و تاسیسات دولتی و عمومی
مهندس محمدتقی اسکویی	سازمان مجری ساختمان‌ها و تاسیسات دولتی و عمومی
مهندس خالد خیری	سازمان مجری ساختمان‌ها و تاسیسات دولتی و عمومی
دکتر فیاض رحیم‌زاده	استاد دانشگاه صنعتی شریف
مهندس خسرو شادمهر	سازمان مجری ساختمان‌ها و تاسیسات دولتی و عمومی
دکتر محمد شکرچی زاده	استاد دانشگاه تهران
دکتر محمدتقی کاظمی	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف
مهندس محمد جعفر علیزاده	مشاور وزیر راه و شهرسازی
مهندس محسن عسگری	سازمان مجری ساختمان‌ها و تاسیسات دولتی و عمومی
دکتر طارق مهدی	عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

اعضای گروه تأیید کننده دستورالعمل

کمیته هماهنگی و تلفیق نشریه ۵۵ سازمان برنامه و بودجه کشور در سال ۱۴۰۱

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور)

مهندس علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
مهندس محمدرضا سیادت	کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول - کلیات ۱

۱-۱- هدف ۱

۱-۲- محدوده کاربرد ۱

۱-۲-۱-نقش نما در ساختمان ----- ۱

۱-۳- ملاحظات کلی ۱

۱-۴- انواع نما ۲

۱-۴-۱- انواع نما از نظر نحوه اجرا و اتصال ----- ۲

۱-۴-۱-۱-نمای پرده‌ای ----- ۲

۱-۴-۱-۲- دیوار نما ----- ۳

۱-۴-۱-۳- نماهای مهارشده به میان‌قاب ----- ۳

۱-۴-۲- انواع نماهای متداول از نظر مصالح ----- ۴

۱-۴-۲-۱- نمای سنگی ----- ۴

۱-۴-۲-۲- نمای آجری ----- ۵

۱-۴-۲-۳- نمای سیمانی ----- ۵

۱-۴-۲-۴- نمای سرامیک ----- ۶

۱-۴-۲-۵- نمای کامپوزیت فلزی ----- ۷

۱-۴-۲-۶- سیستم نمای دارای عایق حرارتی خارجی ----- ۷

۱-۴-۲-۷- نمای شیشه‌ای ----- ۷

۱-۴-۲-۸- نمای چوبی ----- ۸

۱-۴-۲-۹- نمای سبز ----- ۸

فصل دوم - الزامات اجزای نما ۹

۲-۱-مقدمه ۱۱

۲-۲-الزامات کلی ۱۱

۲-۲-۱- نماهای پانلی ----- ۱۲

۲-۲-۲- سیستم نمای پرده‌ای ----- ۱۲

۲-۳- الزامات عملکردی و اجرایی دیوارهای خارجی و نما ۱۳

۲-۳-۱- حفاظت در مقابل عوامل جوی ----- ۱۳

۲-۳-۱-۱ عایق رطوبتی ----- ۱۴

۲-۳-۱-۲- بخاربند ----- ۱۴

۲-۳-۱-۳- درزپوش ----- ۱۶

۲-۳-۱-۴- فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌های دیوارهای خارجی ----- ۱۶

۲-۳-۲- سازه‌ای ----- ۱۶

۲-۳-۳- آتش ----- ۱۷

۲-۳-۴- مقاومت در برابر سیل ----- ۱۷

۲-۴- الزامات مصالح نما ۱۷

۲-۴-۱- نمای آجری (بنایی) ----- ۱۸

۲-۴-۲- نمای سنگی یا سرامیکی ---- ۱۹
۲-۴-۲-۱- نماهای سنگ چسبانده شده ---- ۱۹
۲-۴-۲-۲- نماهای سرامیک یا سنگ مهار شده ---- ۲۰
۲-۴-۳- نمای شیشه‌ای ---- ۲۰
۲-۴-۴- نماهای سیمانی ---- ۲۲
۲-۴-۵- نمای کامپوزیت ---- ۲۲
۲-۴-۶- نمای تخته سیمانی ---- ۲۳
۲-۵- دیوار پشتیبان نما ---- ۲۳
۲-۶ – نماهای ترکیبی ---- ۲۳

فصل سوم – بارهای وارده بر اجزاء نما و معیارهای پذیرش ---- ۲۵

۳-۱- مقدمه ---- ۲۷
۳-۱-۱- سطوح اهمیت ساختمان ---- ۲۷
۳-۱-۲- سطح خطر لرزه‌ای ---- ۲۸
۳-۱-۳-ضریب اهمیت نما ---- ۲۸
۳-۱-۴- ملاحظات کلی ---- ۲۸
۳-۲- بار ثقلی ---- ۲۹
۳-۳- بارها و اثرات ناشی از زلزله ---- ۲۹
۳-۳-۱- محاسبه نیروی وارده به اجزاء نما ---- ۳۰
۳-۳-۱-۱- نیروی افقی زلزله ---- ۳۰
۳-۳-۱-۱-۱- ضریب بزرگنمایی نیرو در ارتفاع ---- ۳۱
۳-۳-۱-۱-۲ ضریب کاهش ناشی از شکل پذیری سازه ---- ۳۱
۳-۳-۱-۱-۳- ضریب تشدید ---- ۳۲
۳-۳-۱-۱-۴- ضریب مقاومت جزء ---- ۳۲
۳-۳-۱-۲- روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی ---- ۳۲
۳-۳-۱-۳- مؤلفه قائم نیروی زلزله ---- ۳۲
۳-۳-۱-۴- بارهای غیر لرزه‌ای ---- ۳۳
۳-۳-۲- محاسبه تغییرمکان ---- ۳۳
۳-۳-۳- مهار نما و دیوارهای غیرسازه‌ای ---- ۳۴
۳-۳-۳-۱- نیروی طراحی مهارها ---- ۳۴
۳-۳-۳-۲ مهار اتصالات نما و دیوار نگهدارنده نما ---- ۳۴
۳-۳-۴- معیارهای پذیرش، ضوابط و الزامات لرزه‌ای اجزاء نما ---- ۳۵
۳-۳-۴-۱- نماهای چسبانده شده ---- ۳۵
۳-۳-۴-۲-نماهای مهار شده ---- ۳۶
۳-۳-۴-۳- پانل‌های پیش‌ساخته بتنی ---- ۳۷
۳-۳-۴-۴- نماهای کامپوزیت ---- ۳۷
۳-۳-۴-۵- دیوار پشتیبان و اتصالات آن ---- ۳۷
۳-۴- بار باد وارده بر اجزای نما ---- ۳۹
۳-۴-۱- فشار یا مکش ناشی از باد بر سطح نما ---- ۴۰
۳-۴-۱-۱- روش استاتیکی ---- ۴۰
۳-۴-۱-۲- روش های تجربی و دینامیکی ---- ۴۱

۳-۴-۲- معیار پذیرش نما برای بار باد ---- ۴۱
۳-۴-۲-۱- معیار پذیرش نما در برابر نیروهای ناشی از بار باد ---- ۴۱
۳-۴-۲-۲- معیار پذیرش نما در برابر تغییر شکل ناشی از بار باد ---- ۴۲
۳-۴-۲-۳- روش آزمون و تعیین ظرفیت قطعات و پانل‌های نما ---- ۴۲
۳-۵- ارزیابی نمای ساختمان در مقابل بارهای ضربه‌ای ---- ۴۲
۳-۵-۱- مقدمه ---- ۴۲
۳-۵-۲- آزمون ضربه ---- ۴۳
۳-۵-۲-۱- ضربه اجسام سخت ---- ۴۳
۳-۵-۲-۲- ضربه جسم نرم بزرگ ---- ۴۴
۳-۵-۳- گروه‌بندی عملکردی نما برای تعیین انرژی ضربه ---- ۴۶
۳-۵-۳-۱- گروه‌بندی عملکردی ---- ۴۶
۳-۵-۳-۲- تعیین انرژی ضربه ---- ۴۷
۳-۵-۳-۳- ارتفاع سقوط وزنه و کیسه در آزمون‌های ضربه ---- ۴۷
۳-۵-۴- موقعیت ضربات روی نما ---- ۴۷
۳-۵-۵- معیار پذیرش ---- ۴۹
۳-۵-۵-۱ حفظ سطح خدمت پذیری نما ---- ۴۹
۳-۵-۵-۲- حفظ ایمنی افراد ---- ۴۹
۳-۶- نحوه اعمال بارها و ترکیبات بارگذاری ---- ۴۹
۳-۷- ترکیب بار برای کنترل اجزاء نما ---- ۵۰

فصل چهارم - الزامات طراحی و اجرای نمای سنگی ---- ۵۱

۴-۱- مقدمه ---- ۵۳
۴-۲- قسمت‌های مختلف سیستم نمای سنگی ---- ۵۳
۴-۳- قطعات یا پانل‌های سنگی (پوشش نما) ---- ۵۳
۴-۳-۱- انواع سنگ‌های نما ---- ۵۳
۴-۳-۱-۱- گرانیت ---- ۵۳
۴-۳-۱-۲- تراورتن ---- ۵۴
۴-۳-۱-۳- ماسه سنگ ---- ۵۴
۴-۳-۱-۴- مرمر ---- ۵۵
۴-۳-۱-۵- سنگ لوح (اسلیت) ---- ۵۶
۴-۳-۲- ویژگی‌ها و مشخصات فنی کلی و حدود قابل پذیرش سنگ نما ---- ۵۶
۴-۳-۳- حداقل ضخامت سنگ مهار شده ---- ۵۷
۴-۴- انواع مهارهای نمای سنگی ---- ۵۸
۴-۴-۱- انواع مهار در نماهای چسبانده شده ---- ۵۹
۴-۴-۱-۱- مهارهای پیش‌ساخته ---- ۵۹
۴-۴-۱-۲- مهارهای سیمی فولادی ---- ۶۰
۴-۴-۱-۳- مهارهای سطحی برای نماهای موجود فاقد مهار ---- ۶۱
۴-۴-۲- انواع مهار در نماهای مهار شده ---- ۶۲
۴-۴-۲-۱- لقمه‌های پشتیبان (روش نصب مستقیم) ---- ۶۲
۴-۴-۲-۲- ترکیب مهار بار ثقلی و بار جانبی در یک قطعه ---- ۶۴
۴-۴-۲-۳- روش نصب قطعات سنگ نما به وسیله قطعات ناودانی شکل عمودی ---- ۶۶

۴-۴-۳- اجرای نمای پرده‌ای سنگی ---------- ۶۶
۴-۵- درزهای بین قطعات یا پانل‌های سنگی ۷۰
۴-۶- سازه پشتیبان ۷۰
۴-۶-۱- اتصال نمای سنگی به دیوار پشتیبان بنایی ---------- ۷۰
۴-۷- نحوه اجرای نمای سنگی چسبانده شده بر روی ستون‌ها ۷۲
۴-۸- نمای پرده‌ای سنگی پیش‌ساخته ۷۴
۴-۹- نفوذپذیری آب ۷۵
۴-۱۰- رواداری‌ها ۷۶
۴-۱۱- مصالح مورد استفاده برای نمای سنگی ۷۶
۴-۱۱-۱- فلزات مهار ---------- ۷۶
۴-۱۲- درزگیرها ۷۷
۴-۱۳- مصالح ملات ۷۷
۴-۱۴- درزپوش‌ها ۷۸

فصل پنجم - الزامات طراحی و اجرای نمای آجری ۷۹

۵-۱- انواع نمای آجری ۸۱
۵-۲- انواع آجر نما ۸۲
۵-۳- الزامات کلی طراحی ۸۲
۵-۳-۱- نماهای مهار شده ---------- ۸۲
۵-۳-۱-۱- واحد بنایی ---------- ۸۳
۵-۳-۱-۲- تکیه‌گاه ثقلی نماهای آجری مهار شده ---------- ۸۳
۵-۳-۱-۳- تکیه‌گاه جانبی نماهای بنایی مهار شده ---------- ۸۳
۵-۳-۱-۴- نماهای آجری مهار شده به دیوار خشک ---------- ۸۵
۵-۳-۱-۵- نماهای آجری مهار شده به دیوار بتنی یا بنایی ---------- ۸۵
۵-۳-۲- نماهای چسبانده شده ---------- ۸۶
۵-۳-۲-۱- الزامات نماهای بنایی چسبانده شده ---------- ۸۶
۵-۴- الزامات کلی اجرایی ۸۷
۵-۴-۱- اتصالات برای تحمل بار جانبی ---------- ۸۷
۵-۴-۲- تکیه‌گاه برای تحمل بار ثقلی ---------- ۸۸
۵-۴-۲-۱- تکیه‌گاه ثقلی نمای آجری در تراز طبقات ---------- ۸۸
۵-۴-۲-۲- تکیه‌گاه ثقلی در بالای بازشو (نعل درگاه) ---------- ۸۹
۵-۴-۳- فاصله هوایی ---------- ۹۱
۵-۴-۴- قرارگیری درزگیرها و آب‌بندها ---------- ۹۲
۵-۴-۵- درزگیرها ---------- ۹۳
۵-۴-۶- ساخت و فاصله حفره‌های زه‌کشی ---------- ۹۳
۵-۴-۷- ریزش ملات به درون فاصله هوایی ---------- ۹۵
۵-۴-۸- درز انبساطی پیوسته در نمای آجری ---------- ۹۵
۵-۴-۹- مشخصات نمای آجری متصل به دیوار بتنی یا بلوکی ---------- ۹۶
۵-۴-۹-۱- کلیات ---------- ۹۶
۵-۴-۹-۲- مقاومت دیوارهای پشتیبان بلوک سیمانی در برابر نفوذ آب و هوا ---------- ۹۸
۵-۴-۱۰- الزامات تکمیلی نمای آجری متصل به دیوار پشتیبان *LSF* غیر باربر ---------- ۹۹

فصل ششم – الزامات طراحی و اجرای نمای سیمانی ۱۰۱
۶-۱- مشخصات نماهای سیمانی ۱۰۱
۶-۲- طرح اختلاط لایه‌های نمای سیمانی ۱۰۳
۶-۳- نمای سیمانی بر روی دیوارهای خشک ۱۰۴
۶-۴- اجرای نمای سیمانی ۱۰۵
۶-۴-۱- درزهای کنترل و درزهای انبساط ۱۰۵
۶-۴-۲- سختی خارج از صفحه دیوار ۱۰۸
۶-۴-۳- نمای سیمانی یک لایه ۱۰۸
۶-۴-۴-نمای سیمانی بر روی دیوارهای بنایی و بتنی ۱۰۸
۶-۴-۴-۱-فاصله درزها نمای سیمانی اجرا شده بر روی دیوارهای بنایی و بتنی ۱۰۹

فصل هفتم – الزامات طراحی و اجرای نمای سرامیکی ۱۱۱
۷-۱- مقدمه ۱۱۳
۷-۲- اجزای سیستم اتصال خشک ۱۱۳
۷-۲-۱- دیوار یا قاب پشتیبان ۱۱۳
۷-۲-۲- زیرسازی ۱۱۴
۷-۲-۳- اتصالات ۱۱۵
۷-۳- نصب سرامیک تراکوتا ۱۱۵
۷-۳- ۱- مشخصات ریل در نصب خشک سرامیک تراکوتا ۱۱۵
۷-۳-۲- الزامات نصب ریل در سرامیک تراکوتا ۱۱۵
۷-۳-۳- الزامات نصب پانل و مهار ۱۱۶
۷-۴- نصب خشک سرامیک پرسلانی ۱۱۷
۷-۴-۱- سیستم نصب نمایان ۱۱۸
۷-۴-۲- سیستم نصب پنهان ۱۲۰
۷-۴-۲-۱- سیستم نصب با مهار و قلاب ۱۲۰
۷-۴-۲-۲- سیستم نصب با ایجاد شکاف ۱۲۴

فصل هشتم – الزامات طراحی و اجرای نمای کامپوزیت ۱۲۷
۸-۱- مقدمه ۱۲۹
۸-۲- انواع پانل کامپوزیت ۱۲۹
۸-۲-۱- تقسیم‌بندی از لحاظ نوع لایهٔ میانی ۱۲۹
۸-۲-۲- تقسیم بندی از لحاظ نوع پوشش ۱۳۰
۸-۲-۳- تقسیم بندی از لحاظ نوع مغزه عایق ۱۳۱
۸-۲-۳-۱- چسب‌ها ۱۳۱
۸-۳- رواداری‌ها و مشخصات ۱۳۱
۸-۳-۱- رواداری‌های ابعادی ۱۳۲
۸-۳-۲- کیفیت ظاهری سطح ۱۳۲
۸-۳-۳- خواص فیزیکی و مکانیکی ۱۳۲
۸-۴- انواع سیستم‌های نصب پانل‌های کامپوزیت آلومینیوم ۱۳۳
۸-۴-۱- سیستم ثابت *(Fixing)* ۱۳۳
۸-۴-۱-۱- سیستم ثابت با زیرسازی فولادی ۱۳۴
۸-۴-۱-۲- سیستم ثابت با زیر سازی آلومینیوم ۱۳۴

۸-۴-۲- سیستم آویزان ---- ۱۳۴
۸-۴-۳- سیستم هوک ---- ۱۳۶
۸-۴-۴- سیستم ثابت-ریلی ---- ۱۳۶
۸-۴-۵- سایر روش‌ها ---- ۱۳۷

فصل نهم - الزامات طراحی و اجرای نمای شیشه‌ای ۱۳۹
۹-۱- مقدمه ۱۴۱
۹-۲- الزامات عملکردی نماهای شیشه‌ای ۱۴۱
۹-۳- انواع سیستم‌های نمای شیشه‌ای ۱۴۳
۹-۴- انواع سیستم های دیوار پرده‌ای شیشه‌ای ۱۴۳
۹-۴-۱- مهار دیوار پرده‌ای شیشه‌ای درجا به سازه ---- ۱۴۶
۹-۵- مهار بار مرده و مهارهای انبساطی ۱۴۶
۹-۵-۱- اتصال وادار به مهار ثقلی (DL) یا مهار انبساطی (EX) ---- ۱۵۰
۹-۵-۲- اتصال ریل به وادار ---- ۱۵۲
۹-۶- نماهای پرده‌ای نصب شده از داخل و نصب شده از خارج ساختمان ۱۵۲
۹-۶-۱- جزئیات نماهای پرده‌ای شیشه‌ای در ساختمان‌های مرتفع ---- ۱۵۳
۹-۷- نماهای پرده‌ای شیشه‌ای یکپارچه ۱۵۴
۹-۸-نماهای شیشه‌ای نصب شده از خارج ساختمان (به وسیله صفحه‌های فشاری نگهدارنده شیشه) ۱۵۵
۹-۹-نماهای شیشه‌ای نصب شده از خارج ساختمان (شیشه چسبانده شده با آب‌بند سیلیکونی سازه‌ای) ۱۵۸
۹-۱۰-نماهای شیشه‌ای نصب شده از داخل ساختمان ۱۵۸
۹-۱۱- نماهای شیشهای نامتعارف ۱۵۹
۹-۱۱-۱-نمای شیشهای مهار شده با خرپاهای کابلی ---- ۱۶۰
۹-۱۱-۲- نمای شیشهای مهار شده با کابل پیشکشیده ---- ۱۶۰
۹-۱۱-۳- نماهای شیشهای دو پوسته ---- ۱۶۱
۹-۱۲- عملکرد سازه‌ای نمای دیوار پرده ای شیشه‌ای ۱۶۱
۹-۱۲-۱- مقاومت در برابر طوفان و مقاومت لرزهای ---- ۱۶۳
۹-۱۲-۲- حرکت حرارتی و سازهای ---- ۱۶۳
۹-۱۲-۳- بار تجهیزات تمیز کننده شیشه ---- ۱۶۳
۹-۱۳- ضوابط عملکرد محیطی برای دیوار پردهای شیشهای ۱۶۴
۹-۱۳-۱- کنترل نفوذ هوا ---- ۱۶۴
۹-۱۳-۲- کنترل نفوذ آب باران ---- ۱۶۴
۹-۱۳-۳- مقدار U، جذب گرمای خورشیدی و مقاومت در برابر تقطیر ---- ۱۶۴

فصل دهم - الزامات طراحی و اجرای نمای بتنی پیش ساخته ۱۶۵
۱۰-۱- مقدمه ۱۶۷
۱۰-۲- شکل و اندازه پانل‌ها ۱۶۷
۱۰-۳- مقاومت بتن ۱۶۸
۱۰-۴- ضخامت پانل ۱۶۹
۱۰-۵- اتصال پانل‌های بتنی پیش ساخته به سازه ۱۶۹
۱۰-۵-۱- تکیه‌گاه‌ها بار ثقلی (اتکایی) ---- ۱۷۰
۱۰-۵-۲- دوخت به پشت (اتصال بار جانبی) ---- ۱۷۲
۱۰-۵-۳- پانل‌ها و سازه‌های شامل قاب فولادی ---- ۱۷۳

۱۰-۵-۴- فاصله آزاد پانل‌ها از قاب سازه‌ای ۱۷۳
۱۰-۶- نمای ظاهری پانل‌های پیش‌ساخته ۱۷۳
۱۰-۶-۱- دیوارهای پانلی بتنی پیش‌ساخته با لایه پوششی آجر ۱۷۳
۱۰-۶-۲- دیوارهای پانلی بتنی پیش ساخته با رویه پوششی سنگی ۱۷۳
۱۰-۷- نمای بتنی پیش‌ساخته دارای قاب فولادی ۱۷۴
۱۰-۷-۱- کنترل نفوذ آب و درزهای بین پانل‌ها ۱۷۵
۱۰-۷ -۲- پانل‌های دارای عایق (ساندویچ پانل‌های بتنی) ۱۷۶

فصل یازدهم - الزامات طراحی و اجرای نماهای خاص ۱۷۷

۱۱-۱- نمای سنگی مصنوعی ۱۷۷
۱۱-۱-۱- مهار پانل‌های سنگ مصنوعی ۱۷۹
۱۱-۲ - سیستم نمای دارای عایق حرارتی خارجی(نمای EIFS) ۱۸۰
۱۱-۲-۱- نصب نمای *EIFS* ۱۸۱
۱۱-۲-۲- نصب لایه‌های پوشش پایه، شبکه الیاف شیشه و پوشش نهایی ۱۸۲
۱۱-۲-۳- نمای *EIFS* مقاوم در برابر ضربه ۱۸۳
۱۱-۲-۴- نمای *EIFS* دارای زه‌کش ۱۸۴
۱۱-۳- نمای بتن مسلح به الیاف کوتاه شیشه (GFRC) ۱۸۵
۱۱-۳-۱- نمای *GFRC* پیش‌ساخته ۱۸۵
۱۱-۳-۲- مهارهای انعطاف‌پذیر ۱۸۶
۱۱-۳-۳- رویه سطحی پانل‌های *GFRC* ۱۸۸
۱۱-۳-۴- جزئیات اتصال پانل‌های *GFRC* ۱۸۹
۱۱-۴-نمای بتنی مسلح شده با شبکه الیاف TRC ۱۸۹
۱۱-۵- نمای تخته سیمان الیافی ۱۹۲
۱۱-۵-۱- ویژگی‌های تخته سیمان الیافی ۱۹۳
۱۱-۵-۲- استانداردهای تخته سیمانی ۱۹۳
۱۱-۵-۳-الزامات اجرائی صفحات سیمان الیافی ۱۹۴
۱۱-۵-۴-جزئیات اجرای صفحات سیمانی الیافی ۱۹۵
۱۱-۵-۴-۱- قاب فولادی سرد نورد ۱۹۵
۱۱-۵-۴-۲- قطعات اتصال (پیچ‌ها، پرچ‌ها و ...) ۱۹۵
۱۱-۵-۴-۳- عایق حرارتی ۱۹۵
۱۱-۵- ۵-روش‌های اجرا ۱۹۵
۱۱-۵-۵-۱-اجرای قاب فلزی ۱۹۵
۱۱-۵-۵-۲- نصب عایق‌های حرارتی ۱۹۶
۱۱-۵-۵-۳- نصب صفحات سیمانی ۱۹۶
۱۱-۵-۵-۴- نصب با پیچ یا پرچ ۱۹۶
۱۱-۵-۵-۵- پیش‌بینی درز انبساط و انقباض در سامانه صفحه سیمانی نما ۱۹۷
۱۱-۶- نماهای سبز ۱۹۹
۱۱-۷- نماهای چوبی ۲۰۴
۱۱-۸-رنگ نما ۲۰۷
۱۱-۹- بتن نمایان ۲۰۸
۱۱-۱۰- نمای میکروسمنت ۲۰۸

۱۱-۱۱- نماهای دو پوسته ۲۰۹

فصل دوازدهم- ضوابط طرح و اجرای دیوارهای ساختمان (دیوارهای نگهدارنده نما) ۲۰۹

۱۲-۱- مقدمه ۲۱۱

۱۲-۲- دیوارهای خارجی ۲۱۱

۱۲-۲-۱- محدودیت ابعاد هندسی ----- ۲۱۱

۱۲-۲-۲-طراحی دیوارها ----- ۲۱۱

۱۲-۲-۲-۱- دیوارهای پانلی ----- ۲۱۲

۱۲-۲-۲-۲-دیوارهای بلوکی ----- ۲۱۲

۱۲-۲-۲-۳-طراحی میلگرد بستر یا بست برای مهار خمشی خارج از صفحه دیوار بنایی در راستای افقی ----- ۲۱۳

۱۲-۲-۲-۳-۱- برآورد مقاومت دیوار ----- ۲۱۳

۱۲-۲-۲-۳-۲- تقاضای وارد بر دیوار بنایی ----- ۲۱۶

۱۲-۲-۲-۴- طراحی وال‌پست ----- ۲۱۷

۱۲-۲-۲-۵- طراحی دیوار تقویت شده با بتن مسلح شده با الیاف ----- ۲۱۸

۱۲-۳-جزییات اجرایی دیوارهای خارجی ۲۱۹

۱۲-۳-۱-وادارها ----- ۲۲۲

۱۲-۳-۱-۱-اتصال دیوار به وادار ----- ۲۲۴

۱۲-۳-۱-۲- اتصال وادار به قاب سازه‌ای ----- ۲۲۵

۱۲-۳-۲-تیرک‌ها (دیوارهای با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر) ----- ۲۲۶

۱۲-۳-۳-روش‌های اتصال دیوار به اعضای قائم سازه‌ای ----- ۲۲۸

۱۲-۳-۴-اتصال دیوار به زیر سقف ----- ۲۲۹

۱۲-۳-۵-اجرای دیوار در دهانه‌های مهاربندی ----- ۲۳۰

۱۲-۳-۶-جزییات اجرای دیوار در بیمارستان‌ها ----- ۲۳۱

۱۲-۳-۷- مسلح‌کردن دیوار با شبکه الیاف ----- ۲۳۳

۱۲-۳-۸- اتصال دیوار های غیر سازه‌ای به یکدیگر ----- ۲۳۵

۱۲-۳-۹- اجرای نعل درگاه و نصب پنجره ----- ۲۳۸

۱۲-۳-۱۰- جلوگیری از آسیب به سازه‌های بتنی درحین اجرای اتصالات مهار دیوارها ----- ۲۴۰

۱۲-۳-۱۱- دیوارهای پانلی ----- ۲۴۱

۱۲-۴- جان‌پناه‌ها ۲۴۳

منابع و مراجع ۲۴۹

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۲-۱- موارد مجاز در استفاده از بخاربند کلاس III ۱۵
جدول ۳-۱- طبقه‌بندی ساختمان‌ها با توجه به نوع سطوح کاربری ۲۷
جدول ۳-۲- ملزومات طراحی لرزه‌ای نمای ساختمانی ۳۰
جدول ۳-۳- ضرایب نما، دیوار خارجی و اتصالات آنها ۳۵
جدول ۳-۴- راستای بار بادی که باید نما برای آن کنترل شود ۴۰
جدول ۳-۵- محدوده قابل قبول تغییر شکل نما تحت اثر باد ۴۲
جدول ۳-۶- گروه‌بندی سطوح در معرض ضربه در ساختمان‌ها ۴۶
جدول۳-۷- جدول تعیین انرژی ضربه ۴۷
جدول ۴-۱- حدود پذیرش و الزامات سنگ‌های مختلف ۵۸
جدول ۵-۱ استانداردهای آجر ۸۲
جدول ۸-۱- حداکثر مجاز رواداری‌های ابعادی ۱۳۲
جدول ۸-۲- مشخصات ظاهری قابل پذیرش ۱۳۲
جدول ۸-۳ حداقل مشخصات فیزیکی و مکانیکی قابل قبول پانل کامپوزیت ۱۳۲
جدول ۹-۱- دسته‌بندی انواع شیشه‌های مورد استفاده ۱۴۱
جدول ۱۱- ۱- کلاس‌های صفحات سیمانی براساس حداقل مدول گسیختگی صفحهها ۱۹۳
جدول ۱۱-۲- استانداردهای موجود برای کنترل کیفیت صفحات سیمان الیافی ۱۹۴
جدول ۱۲-۱- مدول گسیختگی دیوارهای بنایی ۲۱۴
جدول ۱۲-۲- ضرایب توزیع سهم خمشی دیوار در دو جهت (با توجه به شرایط چهار لبه مفصل) ۲۱۶
جدول ۱۲-۳ - ضرایب توزیع سهم خمشی دیوار در دو جهت (با توجه به شرایط سه لبه مفصل و یک لبه آزاد- عدم مهار در زیر سقف) ۲۱۷

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل ۱-۱- نمای شماتیک نمای پرده‌ای، دیوار نما و دیوار میان‌قاب ۴
شکل ۲-۱- نمونه‌هایی از اجرای اتصال لوبیایی در محل اتصال به تیر طبقه جهت جداسازی نما از جابجایی داخل صفحه قاب سازه‌ای ۱۷
شکل ۳-۱- انجام آزمایش ضربه جسم سخت ۴۴
شکل ۳-۲- انجام آزمایش ضربه جسم سخت بر روی نما ۴۴
شکل ۳-۳- کیسه کروی مخروطی پنجاه کیلوگرمی ۴۵
شکل ۳-۴- جزییات نحوه انجام آزمایش ضربه جسم نرم سنگین ۴۵
شکل ۳-۵- آزمایش ضربه جسم نرم سنگین روی نما ۴۶
شکل ۴-۱- مهار سنگ با استفاده از ایجاد شکاف مورب و تعبیه صفحات فولاد گالوانیزه، ۵۹
شکل۴-۲-نمونه‌هایی از مهارهای سیمی فولادی ۶۰
شکل۴-۳- مهار سطحی ۶۱
شکل ۴-۴—اجرای سنگ با استفاده از رول پلاک واشردار در محل درز سنگ‌ها ۶۱
شکل ۴-۵- مهار سنگ نما به کمک لقمه پشتیبان، قطعه سنگ نما همراه با قطعات لقمه سنگی نصب شده در فاصله ۰٫۲۵ طول قطعه ۶۲
شکل ۴-۶-مقطعی از نمای سنگی متصل به دیوار بنایی کمک لقمه‌های پشتیبان ۶۳
شکل ۴-۷- نمونه‌ای از مهارهای دم دو تکه ۶۳
شکل ۴-۸- مهارهای دم دو تکه تنظیم شونده که به وسیله نبشی تکیه‌گاهی که به دیوار پشتیبان متصل شده‌اند ۶۴
شکل ۴-۹- مهارهای ترکیبی بار ثقلی و جانبی شامل ورقه فولادی ضد زنگ ۶۴
شکل ۴-۱۰- مقطعی از نمای سنگی اجرا شده با مهارهای ترکیبی بار ثقلی و جانبی. شامل ورقه فولادی ضد زنگ. ۶۵
شکل ۴-۱۱- جزئیات اتصال P در صورت وجود عایق سخت ۶۵
شکل ۴-۱۲- ناودانی‌های تکیه‌گاهی عمودی پیوسته ۶۶
شکل ۴-۱۳- جزییات اجرای نمای پرده‌ای سنگی ۶۷
شکل ۴-۱۴-جزییات اتصال مهار سنگ به سازه نگهدارنده نما و تیر بتنی ۶۷
شکل ۴-۱۵-جزییات نحوه مهار سنگ در نما خشک ۶۸
شکل ۴-۱۶-اجرای سوراخ لوبیایی در نبشی اتصال نما خشک برای جلوگیری از انتقال جابجایی نسبی طبقات به نما ۶۹
شکل ۴-۱۷ – نمونه‌ای از جزییات اجرای نمای سنگی خشک بر روی دیوار مصالح بنایی ۷۱
شکل ۴-۱۸ – نمونه‌ای از جزییات اجرای نمای سنگی خشک بر روی دیوار عایق و مهار آن به دیوار پشتی ۷۲
شکل ۴-۱۹- نحوه اجرای نمای چسبانده شده در دیوارهای جداسازی شده ۷۳
شکل ۴-۲۰- نحوه اجرای نمای چسبانده شده در دیوارهای جداسازی شده مسلح شده با شبکه الیاف ۷۴
شکل ۴-۲۱- پانل دیواری پرده‌ای پیش‌ساخته سنگی ۷۴
شکل۴-۲۲- لوله تهویه بخار ۷۵
شکل ۵-۱- اجرای نمای آجری بر روی دیوار مسلح شده براساس ضوابط فصل دوازدهم ۸۱
شکل ۵-۲-جزییات اجرای نمای آجری ۸۱
شکل ۵-۳- نمای مهاری ۸۵
شکل ۵-۴- نحوه مهار نمای آجری به دیوار پشت ۸۶
شکل ۵-۵ نمای چسبانده شده به دیوار نگهدارنده بنایی یا بتنی ۸۶
شکل ۵-۶- تنظیم‌شوندگی مورد نیاز در جهت‌های مختلف مهار دو تکه ۸۷
شکل ۵-۷- بیشینه فاصله مجاز مهارهای نما ۸۸
شکل ۵-۸- تکیه‌گاه‌ها جهت تحمل بار ثقلی نما ۸۹
شکل ۵-۹- جزئیات شماتیک نبشی تکیه‌گاهی ۸۹

شکل ۵-۱۰- نمای شماتیک از قرارگیری نبشی‌های تکیه‌گاهی و نعل درگاهی و درزگیرها ۹۰
شکل ۵-۱۱- فضای هوای مورد نیاز پشت دیوار ۹۱
شکل ۵-۱۲- اجرای درزگیر در نمای آجری ۹۲
شکل ۵-۱۳- خالی گذاشتن درز ملات جهت زه‌کشی ۹۳
شکل ۵-۱۴- دو نمونه از تورهای محافظ درز ملات خالی ۹۴
شکل ۵-۱۵- فتیله‌های از جنس طناب های پنبه‌ای جهت حفره‌های زه‌کشی ۹۴
شکل ۵-۱۶- وسیله مهار ملات ۹۵
شکل ۵-۱۷- درز انبساطی پیوسته در نمای آجری ۹۵
شکل ۵-۱۸- جزئیات درز انبساطی قائم ۹۶
شکل ۵-۱۹- نمای آجری متصل به دیوار پشتیبان ۹۷
شکل ۵-۲۰- جزئیات اجرایی اتصال نبشی تکیه‌گاهی به دیوار پشتیبان ۹۸
شکل۵-۲۱- دو روش متداول برای ایجاد مقاومت در برابر بار جانبی در قسمت فوقانی دیوارهای پشتیبان بلوک سیمانی ۹۸
شکل ۵-۲۲- استفاده از ماده مخصوص جلوگیری از نفوذ آب و هوا قبل از اجرای نمای آجری ۹۹
شکل۵-۲۳- بست‌های رایج برای اتصال نمای آجری بر روی پشت‌بندهای قائم فولادی (روکش محافظ خارجی فاقد عایق می‌باشد، ولی بین پشت‌بندها از عایق استفاده شده است) ۹۹
شکل۵-۲۴- نحوه اتصال نمای آجری به پشت‌بندهای قائم فولادی، زمانی که روکش محافظ خارجی دارای عایق می‌باشد (در این شرایط باید از بست‌های زبانه دار استفاده شود) ۱۰۰
شکل۵-۲۵- جزئیات اجرای نمای آجری بر روی پشت‌بندهای قائم فولادی، در سازه بتن آرمه ۱۰۰
شکل۵-۲۶- دو روش اجرای پشت‌بندهای قائم فولادی، در سازه بتن آرمه ۱۰۰
شکل ۶-۱ ساختار اجرای نمای سیمانی روی دیوار خشک ۱۰۴
شکل ۶-۲- نمونه درزهای کنترل بر روی نمای سیمانی ۱۰۵
شکل ۶-۳- جزئیات یک نمونه درز انبساط افقی در یک دیوار خشک پوشانده شده از نمای سیمانی ۱۰۶
شکل ۶-۴- یک نمونه مقطع دیوار و جزئیات متناظر از یک ساختمان قاب فلزی پوشانده شده با نمای سیمانی ۱۰۷
شکل ۶-۵- لوازم مورد استفاده برای نمای سیمانی ۱۰۸
شکل ۶-۶- ساختار پوشش نمای سیمانی یا استاکو (الف) دیوار بنایی و (ب) دیوار بتنی ۱۰۹
شکل ۷-۱- براکت‌ها (نشیمن‌های) استاندارد ۱۱۴
شکل ۷-۲- براکت‌ها (نشیمن‌های) گوشه ۱۱۴
شکل ۷-۳- مقطع پروفیل‌های قائم ۱۱۵
شکل ۷-۴- محل قرارگیری ریل‌های استاندارد و انتهایی و اتصال ریل لبه‌دار به وسیله مهار نبشی شکل آلومینیومی به دیوار پشتیبان ۱۱۶
شکل ۷-۵- نصب درزپوش بر روی مهارها ۱۱۷
شکل ۷-۶- درزپوش لاله‌ای بین پانل‌ها ۱۱۷
شکل ۷-۷- سرامیک تقویت شده با شبکه الیاف شیشه و چسب مناسب ۱۱۸
شکل ۷-۸- نمونه‌هایی از سیستم نصب نمایان ۱۱۸
شکل ۷-۹- اجزای سیستم نصب نمایان ۱۱۹
شکل ۷-۱۰- مراحل نصب سیستم نصب نمایان ۱۲۰
شکل ۷-۱۱- اجرای نواری از چسب پلی‌یورتان بر روی پروفیل قائم ۱۲۰
شکل ۷-۱۲- سیستم نصب پنهان با ایجاد مهار در پشت سرامیک ۱۲۱
شکل ۷-۱۳- ساختار سیستم نصب پنهان به روش مهار و قلاب ۱۲۱
شکل ۷-۱۴- آماده‌سازی پانل سرامیکی ۱۲۲
شکل ۷-۱۵- هندسه حفره ایجاد شده در پشت سرامیک ۱۲۲
شکل ۷-۱۶- مراحل نصب سیستم نصب پنهان ۱۲۳

شکل ۷-۱۷- سیستم نصب پنهان با ایجاد شکاف ۱۲۴
شکل ۷-۱۸- مراحل نصب سیستم پنهان – با ایجاد شکاف ۱۲۵
شکل۸-۱- ساختار لایه‌های پانل ۱۲۹
شکل ۸-۲- نمونه‌ای از اجرای ثابت ۱۳۴
شکل ۸-۳- نمونه‌ای از روش اجرای آویزان ۱۳۵
شکل ۸-۴- نمونه‌ای از روش اجرای هوک ۱۳۶
شکل ۸-۵- نمونه‌ای از روش اجرای ثابت –ریلی ۱۳۷
شکل۹-۱- سیستم نمای پرده ای درجا ۱۴۴
شکل ۹-۲- سیستم نمای پرده ای یک پارچه ۱۴۵
شکل ۹-۳- سیستم نمای پرده‌ای شامل قطعه-وادار ۱۴۵
شکل ۹-۴- سیستم نمای پرده‌ای پانلی ۱۴۶
شکل ۹-۵- سیستم نمای پرده‌ای پوشش ستون و تیر پیشانی ۱۴۶
شکل ۹-۶- مراحل نصب دیوارپرده‌ای شیشه‌ای درجا در یک ساختمان اداری که در آن طبقات زیرین پارکینگ و طبقات بالایی اداری است ۱۴۸
شکل ۹-۷- نمونه اتصال انبساطی بین دو قطعه وادار ۱۴۹
شکل ۹-۸- سیستم‌های تکیه‌گاهی برای دیوارهای پرده‌ای شیشه با وادار تک و دو دهانه ۱۵۰
شکل ۹-۹ - جزئیات اتصال تیپ وادار به تیر پیرامونی ۱۵۱
شکل ۹- ۱۰- اتصال متداول ریل به وادار در نماهای پرده‌ای شیشه‌ای ۱۵۳
شکل ۹- ۱۱- جزئیات نمای پرده‌ای نصب شده از خارج ساختمان در تراز کف طبقه، پایه و سقف ۱۵۴
شکل ۹-۱۲- مراحل نصب نمای پرده‌ای یکپارچه ۱۵۵
شکل ۹-۱۳- نمای پردهای شیشهای نصب شده از خارج (صفحه تحت فشار نگهدارنده شیشه) ۱۵۶
شکل ۹-۱۴- روکش و وادار سفارشی برای نمای پردهای شیشهای با شیشه نصب شده از خارج ۱۵۶
شکل ۹-۱۵- انواع جزئیات نمای پردهای شیشهای با شیشه نصب شده از خارج (صفحه فشار نگدارنده شیشه) ۱۵۷
شکل ۹-۱۶ جزئیات نمای پردهای شیشهای با شیشه نصب شده از خارج (آب‌بند سیلیکونی سازه‌ای چسبیده به شیشه) ۱۵۸
شکل ۹-۱۷- جزئیات دیوار پردهای شیشهای با شیشه نصب شده از داخل ۱۵۹
شکل ۹-۱۸- جزئیات نمای پردهای شیشهای با شیشه نصب شده از داخل ۱۶۰
شکل ۹-۱۹-اتصال رایج در نقطه تلاقی کابل ها (اتصال کابل‌ها را به یکدیگر متصل نگه داشته و تکیه گاه لازم برای شیشه را نیز فراهم می‌کند. گوشه‌های ۴ شیشه در هر اتصال به یکدیگر می‌رسند. ۱۶۱
شکل ۹-۲۰- افزایش مقاومت وادارها بوسیله مقاطع فولادی ۱۶۲
شکل ۹-۲۱- نمای پرده‌ای بلند، جهت تامین مقاومت جانبی به قاب فولادی سازه متصل شده است ۱۶۳
شکل۱۰-۱- نمای ساختمان ساخته شده با پانل‌های بتنی پیش‌ساخته ۱۶۷
شکل۱۰-۲- الف- پانل بتنی پیش‌ساخته با جزئیات سطح صیقلی ب-پانل‌های بتنی پیش‌ساخته با سطح سمباده‌ای کم و متوسط ج- پانل بتنی با رویه سنگدانه نمایان ۱۶۷
شکل۱۰-۳- نمونه‌هایی از انواع اشکال پانل‌های بتنی پیش‌ساخته ۱۶۸
شکل۱۰-۴- تیپ اتصالات تکیه‌گاهی یک پانل بتنی پیش‌ساخته ۱۷۰
شکل۱۰-۵- پروفیل قوطی شکل به عنوان تکیه‌گاه اتکایی و پیچ تنظیم ارتفاع ۱۷۱
شکل۱۰-۶- نمونه‌هایی از عناوین تکیه‌گاه اتکایی در پانل‌های بتنی پیش ساخته ۱۷۱
شکل۱۰-۷- نمونه‌ای از اتصال دوخت به پشت ۱۷۲
شکل۱۰-۸- تیپ اتصالات دوخت به پشت که در سه جهت قابل تنظیم می‌باشند ۱۷۲
شکل۱۰-۹- دو نوع متداول اتصالات ۱۷۴
شکل۱۰-۱۰- جزئیات شماتیک نماهای بتنی پیش ساخته دارای قاب فولادی ۱۷۵
شکل۱۰-۱۱- نحوه اتصال و عایق بندی دیوارهای بتنی پیش ساخته ۱۷۵

شکل ۱۱-۱- ساخت پانل سنگی نازک ۱۷۹
شکل ۱۱-۲- روش معمول مورد استفاده برای مهار پانل‌های سنگ مصنوعی به دیوار پشتیبان ۱۸۰
شکل ۱۱-۳- تفاوت بین نما EIFS از نوع PB و PM ۱۸۱
شکل ۱۱- ۴- نمای EIFS بر روی دیوار بتنی و یا بنایی ۱۸۱
شکل ۱۱- ۵- روش‌های مختلف چسباندن عایق به دیوار پشتیبان ۱۸۲
شکل ۱۱- ۶- قرار دادن شبکه الیاف در اطراف بازشوها ۱۸۲
شکل ۱۱-۷- اجرای لایه‌های پوششی ۱۸۳
شکل ۱۱- ۸- جزییات درزهای لرزه‌ای و انبساطی در دیوار نما EIFS ۱۸۳
شکل ۱۱- ۹ جزییات نمای EIFS مقاوم در برابر ضربه که شامل دو شبکه الیاف است ۱۸۴
شکل ۱۱- ۱۰- نمای EIFS دارای زه‌کش نوع اول (صفحه عایق با شیارهای عمودی) ۱۸۴
شکل ۱۱- ۱۱- نمای EIFS دارای زه‌کش به روش اجرای صفحه عایق بین پوشش هوابند و عایق ۱۸۵
شکل ۱۱-۱۲- الف- سطح بیرونی یک پانل GFRC، در حال حمل در کارگاه، ب- نمای پشت یک پانل GFRC همراه با قاب فولادی ۱۸۶
شکل ۱۱-۱۳- نمونه‌هایی از لایه پیوندی و مهارهای انعطاف پذیر ۱۸۷
شکل ۱۱-۱۴- جزئیات اتصال مهارهای انعطاف پذیر ۱۸۸
شکل ۱۱-۱۵- نمونه‌ای از نمای نازک بتنی با مواد پلیمری در پانل GFRC ۱۸۸
شکل ۱۱-۱۶- تصویری شماتیک از جزئیات اتصالات اتکایی و دوخت به پشت در پانل‌های پیرامونی GFRC ۱۸۹
شکل ۱۱-۱۷- نمونه‌ای از شبکه الیافی ۱۹۰
شکل ۱۱-۱۸- نمای بتن مسلح شده با منسوج (شبکه الیاف) در دیوارهای بدون نیاز به عایق حرارتی ۱۹۱
شکل ۱۱-۱۹- جزییات نمای بتن مسلح شده با منسوج در دیوارهای بدون نیاز به عایق حرارتی ۱۹۱
شکل ۱۱-۲۰- نمای بتن مسلح شده با منسوج (شبکه الیاف) در دیوارهای نیازمند به عایق حرارتی مانند سفال ۱۹۲
شکل ۱۱-۲۱- جزییات نمای بتن مسلح شده با منسوج در دیوارهای نیازمند به عایق حرارتی مانند سفال ۱۹۲
شکل ۱۱-۲۲- نمونه جانمایی و تعیین محل‌های نصب صفحه سیمانی بر روی زیرقاب ۱۹۷
شکل ۱۱-۲۳- نمونه فاصله‌گذاری و تعیین محل‌های نصب صفحه سیمانی(در جهت افقی) بر روی زیرقاب ۱۹۷
شکل ۱۱-۲۴- نمونه فاصله‌گذاری و تعیین محل‌های نصب صفحه سیمانی(در جهت عمودی) بر روی زیرقاب ۱۹۸
شکل ۱۱-۲۵- پروفیل‌های مخصوص درزهای انبساط نما ۱۹۸
شکل ۱۱-۲۶-نمونه‌ای از نحوه اجرای قاب نگهدارنده دیوار زنده (دیوار سبز پانلی) و اتصال آن به دیوار پشتیبان ۲۰۳
شکل ۱۱-۲۷- نمونه‌ای از نمای سبز پانلی ۲۰۳
شکل ۱۱-۲۸-جزییات اجرای فضای جریان هوا در پشت نمای چوبی و اجرای مش در پایین و بالای نما برای جلوگیری از ورود حشرات ۲۰۵
شکل ۱۱-۲۹-نمونه‌هایی از روش‌های مختلف اجرای نمای چوبی و جزییات اجرای گوشه نما ۲۰۶
شکل ۱۱-۳۰-نمونه‌هایی از نحوه اتصال پانل‌های چوبی به یکدیگر و استادهای چوبی ۲۰۷
شکل ۱۲-۱- اجرای قاب سردنورد نگهدارنده تخته سیمانی با دو تیرک به صورت کشویی ۲۱۳
شکل ۱۲-۲- توزیع کرنش و نیرو در مقطع دیوار بنایی با میلگرد بستر ساخته‌شده از واحد بنایی توخالی ۲۱۵
شکل ۱۲-۳- خمش افقی و قائم به همراه ضرایب کاهش مقاومت خمشی در دیوار بنایی دارای میلگرد بستر افقی ۲۱۶
شکل ۱۲-۴- دیوار خارجی بلوکی دارای ملات سیمانی مسلح شده به میلگرد بستر ۲۲۰
شکل ۱۲-۵- نمونه‌هایی از انواع میلگرد بستر ۲۲۲
شکل ۱۲-۶- بست‌های فلزی منقطع در دیوارهای بلوکی ساخته شده از ملات بستر نازک ۲۲۲
شکل ۱۲-۷- اجرای عایق پشم سنگ و مش الیاف یا رابیتس بر روی وادار ۲۲۳
شکل ۱۲-۸- نمونه‌ای از وادار بتنی و جزییات اجرایی آن در دیوار بلوکی ۲۲۴
شکل ۱۲-۹- اتصال وادار به سقف ۲۲۶
شکل ۱۲-۱۰- دیوارهای بلوکی با ارتفاع بیش از ۳٫۵ متر دارای تیرک و وادار ۲۲۷
شکل ۱۲-۱۱- جزییات اجرایی اتصال تیرک و وادار در دیوار با ارتفاع بیش از ۳٫۵ متر ۲۲۷

شکل ۱۲-۱۲- جزییات اجرایی اتصال تیرک و وادار در دیوار با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر ۲۲۸
شکل ۱۲-۱۳- مهار دیوار خارجی ساخته شده از بلوک به ستون با استفاده از نبشی یا ناودانی ۲۲۸
شکل ۱۲-۱۴ –روش‌های مهار دیوار به ستون جهت نیروی خارج از صفحه ۲۲۹
شکل ۱۲-۱۵- جزییات اجرایی در محل تلاقی دیوار با سقف - اتصال دیوار به سقف با استفاده از نبشی ۲۳۰
شکل۱۲-۱۶- نمونه ای از اجرای دیوار با ملات بستر نازک در دهانه مهاربند ۲۳۱
شکل ۱۲-۱۷- اجرای ناودانی سرتاسری در مجاورت تیر و ستون در دیوارهای بیمارستانی ۲۳۲
شکل ۱۲-۱۸- جزییات اتصال ناودانی سرتاسری به تیر و ستون ۲۳۳
شکل ۱۲-۱۹- مسلح‌کردن دیوارها با استفاده از نوارهای شبکه‌ای الیاف شیشه (سطح خارجی دیوار) ۲۳۴
شکل ۱۲-۲۰- مسلح‌کردن دیوارها با استفاده از نوارهای شبکه‌ای الیاف شیشه (سطح داخلی دیوار) ۲۳۵
شکل ۱۲-۲۱- اجرای دیوارهای متقاطع و نحوه اجرای وادار در محل اتصال دو دیوار ۲۳۶
شکل۱۲-۲۲- اجرای دیوار متقاطع با استفاده از بست انعطاف پذیر ۲۳۷
شکل ۱۲-۲۳- نحوه اجرا و تسلیح دیوارهای متقاطع با استفاده از مش الیاف ۲۳۷
شکل ۱۲-۲۴- نحوه اجرای فریم و نعل درگاه در اطراف بازشو ۲۳۸
شکل ۱۲-۲۵- نحوه اجرای وادار در دو طرف بازشو های بزرگتر از ۲/۵ متر ۲۳۹
شکل ۱۲-۲۶- تسلیح دیوار در مجاورت بازشو با استفاده مش الیاف – وجه خارجی دیوار ۲۳۹
شکل ۱۲-۲۷- تسلیح دیوار در مجاورت بازشو با استفاده مش الیاف – وجه داخلی دیوار ۲۴۰
شکل ۱۲-۲۸- جزییات نحوه قرارگرفتن صفحات انتظار جهت اتصال مهار دیوار در تیر و ستون بتنی ۲۴۱
شکل ۱۲-۲۹- نمونه‌هایی از اجرای دیوار پانلی مسلح کاملاً پیش ساخته به عنوان دیوار خارجی سازه به عنوان نمونه در سوله ۲۴۲
شکل ۱۲-۳۰- جزییات اجرای دیوار پانلی نیمه پیش ساخته ۲۴۳
شکل ۱۲-۳۱- جزییات نحوه مهار دیوار پانلی نیمه پیش ساخته در سقف طبقات ۲۴۳
شکل ۱۲-۳۲- نحوه مهار جان‌پناه غیرمسلح بنائی با استفاده از ادامه دادن ستون‌ها ۲۴۴
شکل ۱۲-۳۳- مهار جان‌پناه بنائی توسط وادار فلزی ۲۴۵
شکل ۱۲-۳۴- جزئیات اجرایی اتصال جان‌پناه با وادار بتنی ۲۴۶
شکل ۱۲-۳۵- نمونه‌ای از تسلیح دیوار جان پناه با استفاده ملات مسلح شده با مش الیاف و جزییات اجرای آن ۲۴۷
شکل ۱۲-۳۶- نمونه ای از اجرای دیوار بالکن ساختمان ۲۴۸

فصل اول

کلیات

۱-۱- هدف

هدف این دستورالعمل ارائه ضوابط طراحی و اجرای نماهای ساختمانی تحت اثر بارهای لرزه‌ای، باد، ضربه و سایر عوامل محیطی و ارائه راهکارهای مناسب برای مهار آنها می‌باشد.

۱-۲- محدوده کاربرد

محدوده کاربرد این دستورالعمل نماهای ساختمانی است. این ضوابط در صورتی باعث پایداری نما می‌شود که دیوارهای پشتیبان نما در صورت وجود، ضوابط فصل۱۲ این دستورالعمل را رعایت نمایند. در غیر این صورت، آسیب‌های وارده به دیوارهای نگهدارنده نما باعث آسیب دیدن و خرابی نما می‌گردد. همچنین تغییرمکان‌ها و جابجایی‌های نسبی سازه نیز باید در محدوده ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ برای سازه باشد. در غیر این صورت رعایت ضوابط این دستورالعمل به تنهایی از وقوع آسیب به نما جلوگیری نمی‌کند.

۱-۲-۱-نقش نما در ساختمان

به طور کلی نما سه نقش عمده در ساختمان دارد. مقاومت در برابر بارهای ناشی از باد، زلزله، نیروهای گرانشی و ...، محافظت در برابر عوامل محیطی نظیر رطوبت و دما و تامین زیبایی ظاهری. طراحی و اجرای نما در ساختمان‌ها باید دو بخش عمده را لحاظ کند:

- بارهای وارده به نما: نمای ساختمان باید برای تحمل بارهای وارده، ناشی از باد، زلزله، نیروهای گرانشی و بار ثقلی مصالح نما، طراحی و اجرا گردد.
- مقاومت و دوام نما: نمای ساختمان باید دارای مقاومت مناسب در برابر عوامل محیطی نظیر تغییرات رطوبت، دما، یخزدگی، آلاینده‌های موجود در هوا، بارندگی شدید، سایش، نور خورشید، گرما و سرما، به خصوص در محیط های دارای شرایط خورندگی و تغییرات شدید در شبانه روز باشد.

۱-۳- ملاحظات کلی

با توجه به ضوابط ارائه شده در این دستورالعمل، لازم است اجزای نما بسته به نیاز، در مقابل بارهای وارده ناشی از باد و نیروها و جابجایی‌های زلزله و بارهای ناشی از ضربه مهار شوند.

در طراحی نمای ساختمان‌ها در برابر بارهای وارده سه عامل به شرح زیر باید مورد بررسی و کنترل قرار گیرد:

- اتصال نمای ساختمان‌ها به تکیه‌گاه باید قادر به تحمل نیروهای وارده به نما ناشی از بار باد، زلزله و اثرات ضربه باشد.
- تکیه‌گاه نما و اتصال آن به سازه باید توانایی انتقال بار به سازه را داشته باشد.

- نمای ساختمان باید قادر به تحمل نیروها و جابه‌جایی نسبی تعریف شده در این دستورالعمل باشد.

قیود مورد نیاز برای مهار نما براساس نوع، اندازه و وزن قطعات آن تعیین می‌شود. در انتخاب و نصب قیود برای طراحی نما، نکات زیر باید رعایت شود:

- مهار نصب شده برای نما با مهار نصب شده برای سیستم‌های دیگر تداخل پیدا نکند.
- در صورت نیاز به سوراخ‌کردن دیوارهای غیرسازه‌ای نگهدارنده نما یا در مواردی که تجهیزات دیگری در مسیر انتقال بار مهار به اعضای سازه‌ای قرار داشته باشند، باید تمهیدات ویژه‌ای در نظر گرفته شود.
- انتهای مهار لرزه‌ای همواره باید به قطعه‌ای متصل باشد که مقاومت کافی در برابر بار طراحی ناشی از بارهای زلزله، باد و ضربه مطابق فصل سوم را داشته باشد.
- قیود مورد استفاده برای مهار لرزه‌ای باید الزامات فنی قطعه نما را نیز برآورده نماید.
- اتصال قطعات از طریق پیچ‌کردن، جوش یا سایر اتصالات باید صورت گیرد و نباید بر روی مقاومت اصطکاکی ناشی از وزن قطعه نما حساب نمود.
- یک مسیر بار ممتد همراه با مقاومت و سختی کافی بین قطعه نما و سازه نگهدارنده باید فراهم باشد. اتصالات اجزای نما باید قابلیت انتقال نیروهای محاسبه شده را داشته باشند.

۱-۴- انواع نما

۱-۴-۱- انواع نما از نظر نحوه اجرا و اتصال

انواع نماهای خارجی متداول شامل دیوار پرده‌ای[1]، دیوار نما[2] و نمای مهار شده به میان‌قاب[3] هستند (شکل ۱-۱) که هرکدام می‌توانند به صورت مهار شده یا چسبانده شده اجرا شوند

۱-۴-۱-۱- نمای پرده‌ای

در نمای پرده‌ای، بارهای وارده به نما توسط قاب سازه‌ای جداگانه‌ای که مستقیماً به اعضای اصلی سازه متصل شده است تحمل می‌شود و مجموعه به مانند یک پرده روی سطح خارجی ساختمان را می‌پوشاند. در یک نمای پرده‌ای، بارهای ناشی از وزن نما، باد و زلزله مستقیما از نما به اعضای سازه‌ای منتقل می‌شود.

باید حداقل ۵۰ میلی‌متر فاصله بین نمای پرده‌ای و اعضای سازه‌ای در نظر گرفته شود. این فاصله برای تطابق بی‌نظمی‌های ابعادی غیرقابل پیش‌بینی در سازه است. نمای پرده‌ای می‌تواند به دو صورت شفاف و غیر شفاف باشد. نمای

---

[1] Curtain wall
[2] Veneer wall
[3] Infill wall

پرده‌ای شفاف شامل انواع نماهای پانل شیشه‌ای می‌باشد و نمای پرده‌ای غیرشفاف شامل پانل‌های بتنی پیش‌ساخته، پانل‌های مسلح شده با الیاف شیشه، نمای کامپوزیت و نظایر آن است. در نمای پرده‌ای غیرشفاف به منظور فراهم کردن امکان نازک‌کاری داخلی، افزودن عایق حرارتی، برق‌کاری و عبور لوله‌های تاسیساتی در پشت نما، یک دیوار داخلی اجرا می‌شود.

۱-۴-۱-۲- دیوار نما

این نوع نما مشابه نمای پرده‌ای غیرشفاف است. دیوار نما می‌تواند در سازه‌های قابی و سازه‌های دیوار باربر استفاده شود. در این نوع نما وجود یک دیوار در پشت نما اجباری است. بارهای وارد بر این نوع نما به دیوار پشتیبان منتقل می‌شود. دیوار پشتیبان بارها را به قاب سازه‌ای ساختمان منتقل می‌کند. دیوار نما به دو نوع مهارشده و چسبانده شده تقسیم می‌شود.

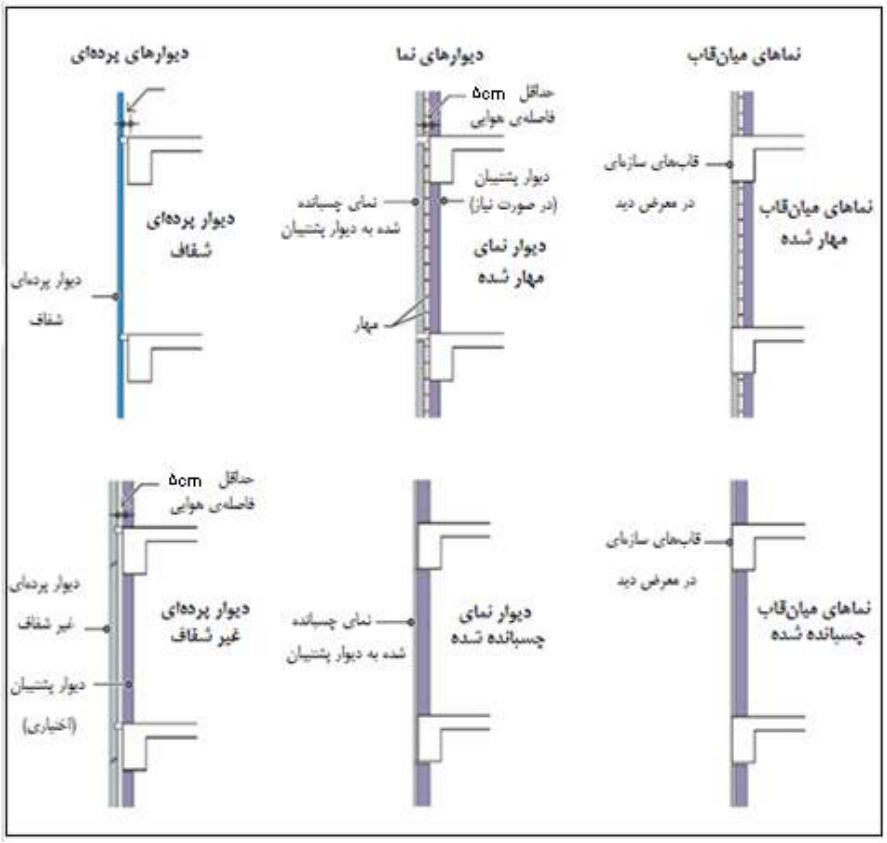
در نمای مهارشده، مهار، نما را به دیوار پشتیبان متصل می‌کند. بنابراین علاوه بر انتقال و تحمل بار ثقلی نما، این مهار باید بارهای باد و زلزله را از نما به دیوار پشتیبان انتقال دهد. عموماً در این نوع نما، یک فضای خالی بین نما و دیوار پشتیبان، به صورت یک زه‌کش طراحی می‌شود.

در نمای چسبانده شده، نما به دیوار پشتیبان چسبانده می‌شود. در این حالت حتماً باید نما با قطعه مناسب برای تحمل بارهای لرزه‌ای به دیوار پشتیبان مهار شود و ماده چسباننده تنها وظیفه انتقال بارهای ثقلی را دارد.

۱-۴-۱-۳- نماهای مهارشده به میان‌قاب

نمای خارجی مهار شده به میان قاب (دیوار قرار گرفته در فضای بین تیر و ستون) در فضای خالی بین تیرها و ستون‌ها قرار می‌گیرد و در این حالت قاب سازه‌ای در معرض دید قرار دارد. نمای مهار شده به میان‌قاب، تنها در سازه‌های قابی استفاده می‌شود و به دو صورت مهار شده و چسبانده شده طراحی می‌شود.

در سازه‌هایی که چنین سیستم نمایی دارند، به دلیل پائین بودن مقادیر مقاومت حرارتی قاب سازه‌ای بتنی یا فولادی، مشکل عایق‌بندی حرارتی وجود داشته و انتقال حرارت از طریق تیر و ستون انجام می‌شود. با توجه به اینکه در دیوار پرده‌ای و دیوار نما، قاب سازه‌ای ساختمان پوشانده می‌شود، می‌توان کارایی حرارتی بالاتری بدست آورد. از لحاظ لرزه‌ای جزییات این نوع نما ساده‌تر از سایر انواع نما می‌باشد.



شکل ۱-۱- نمای شماتیک نمای پرده‌ای، دیوار نما و دیوار میان‌قاب

۱-۴-۲- انواع نماهای متداول از نظر مصالح

نماها براساس مصالح به کار رفته در آن‌ها به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

۱-۴-۲-۱- نمای سنگی

سنگ جسم جامد طبیعی است که از ترکیب یک یا چند نوع کانی تشکیل شده است. سنگ‌های ساختمانی طبیعی به دلیل زیبایی ظاهری و هزینه نگهداری پایین، یکی از رایج‌ترین مصالح ساختمانی مورد استفاده در نمای ساختمان‌ها به شمار می‌روند.

غالباً از سنگ گرانیت، سنگ آهک، تراورتن، ماسه‌سنگ، سنگ لوح، ماربل و کوارتزیت برای نماسازی استفاده می‌شود.

سنگ‌های نما از نظر کیفیت کلی باید سالم، بادوام و خوش ظاهر بوده و در هنگام انتخاب باید به دوام و پایداری در برابر عوامل جوی، تغییرات ابعادی، مقاومت فشاری، تخلخل، پایداری در برابر نمک‌های محلول و بخارات شیمیایی که احتمال می‌رود سنگ در معرض آن قرار گیرد توجه شود. در صورت اجرای صحیح و اصولی، سنگ‌ها از دوام بالایی برخوردار می‌باشند. انتخاب سنگ مناسب، مشخص نمودن روش استخراج و ساخت، طراحی شیوه اتصال و نصب صحیح تمام اجزا، سبب افزایش دوام سنگ می‌گردد.

وزن سنگ در مقایسه با سایر انواع نما بیشتر است که باعث می‌شود نیروی ثقلی و زلزله بیشتری به آن وارد شود و این مسأله در صورت مهار نامناسب باعث جدا شدن سنگ از سطح نما و سقوط آن تحت اثر بارهای ثقلی، بارهای جانبی ناشی از زلزله و یا انقباض و انبساط ناشی از تغییرات درجه حرارت می‌شود.

سنگ‌های مصنوعی در مقایسه با سنگ طبیعی وزن کمتری داشته و از ترکیب مجدد سنگ‌های طبیعی با مواد افزودنی دیگر به دست می‌آیند. سنگ‌های مصنوعی از ترکیب سیمان یا رزین، رس‌ها، آگرگات‌های سنگ‌های ضایعاتی و خاک‌های سبک وزن ساخته می‌شوند. رنگدانه‌ها یا اکسید فلزات، رنگ مورد نظر را به این سنگ‌ها می‌دهد. ترکیبی که از این راه به دست می‌آید در قالب‌هایی ریخته می‌شود که دارای نقش و نگارهای سنگ‌های طبیعی بوده و به این قطعات جلوه‌ای طبیعی می‌دهد.

۱-۴-۲-۲- نمای آجری

آجر یکی از قدیمی‌ترین مصالح ساختمانی شناخته شده می‌باشد. آجر سنگی است مصنوعی که در سه نوع رسی، ماسه آهکی و بتنی ساخته می‌شود. نوع رسی آجر از پختن خشت (گل شکل داده شده) و نوع ماسه آهکی آن از عمل آوردن خشت ماسه آهکی (که از فشردن مخلوط همگن ماسه سیلیسی و آهک در قالب ساخته می‌شود) با بخار تحت فشار زیاد بدست می‌آید. آجرهای بتنی همانند بلوک‌های سیمانی تهیه می‌شوند.

آجر در شکل‌های گوناگون تولید شده و در نماسازی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. نماهای آجری به علت دوام زیاد، تطبیق پذیری، صرفه اقتصادی، مقاومت در برابر آتش و ظاهر زیبا مورد توجه‌اند. علاوه بر این نماهای آجری نیاز کمی به نگهداری و تعمیر دارند و برای ساختمان‌هایی با ارتفاع‌های مختلف قابل استفاده‌اند.

آجرهایی که برای نماچینی به کار می‌روند در رنگ‌های زرد کم رنگ که به آن آجر سفید می‌گویند و زرد پررنگ که به آن آجر بهی می‌گویند و همچنین آجر قرمز رنگ روشن یا قرمز رنگ سیر موجود است. ارتفاع آجرهایی که در نما کار می‌شوند ممکن است ۳، ۴ یا ۵ سانتی‌متر باشد ولی دو بعد دیگر این آجرها عموما مانند سایر آجرهای فشاری یا ماشینی ۱۰×۲۰ می‌باشد. در سالیان اخیر آجرهای نما با عرض کم نیز به عنوان آجر نمای نازک (آجر پلاک) بسیار متداول شده است.

۱-۴-۲-۳- نمای سیمانی

نمای سیمانی از متداول‌ترین نماها برای ساختمان‌های بلندمرتبه به حساب می‌آید. انواع نمای متداول نمای پایه سیمانی عبارتند از:

الف- نمای آستر سیمانی (نمای سیمانی لیسه‌ای)

اندود سیمان پرتلند می‌تواند هم برای سطوح داخلی و هم برای سطوح خارجی مورد استفاده قرار گیرد. غالب کاربرد اندود سیمان پرتلند به عنوان آستر نهایی دیوار خارجی می‌باشد. اندود سیمان پرتلند خارجی به نام نمای آستر سیمانی نامیده می‌شود.

ب- نمای تخته سیمانی الیافی

صفحه‌های سیمانی الیافی صفحه‌های پیش‌ساخته‌ای هستند که دارای مواد چسباننده از نوع سیمانی یا کلسیم سیلیکات سنتزی می‌باشند و در آن‌ها از الیاف برای تقویت خصوصیات کششی و خمشی استفاده می‌شود. الیاف می‌توانند به صورت پراکنده تصادفی یا شبکه‌ای منظم در ماتریس سیمانی به‌کار گرفته شوند. ظاهر این صفحه‌ها می‌تواند خودرنگ (رنگ واقعی سیمان)، رنگ‌دار شده (به رنگ و فام دلخواه) و بافت‌دار (به طرح دلخواه) باشد.

ج- نمای بتنی پیش‌ساخته

پانل‌های بتنی پیش‌ساخته برای تمامی شرایط آب و هوایی مناسب و قابل اجرا می‌باشند ولی بیشتر در شرایط آب و هوایی سخت مورد استفاده قرار می‌گیرند چرا که استفاده از مصالح بنایی یا بتن درجا در آب و هوایی که خطر یخزدگی وجود دارد به دلیل سرعت پایین عمل‌آوری سیمان پرتلند مشکل‌ساز است. استفاده از پانل‌های پیش ساخته باعث حذف نیاز به نصب داربست و افزایش امنیت کارگران می‌شود. همچنین با توجه به اینکه این پانل‌ها در محل‌های سر بسته و بدون اینکه شرایط آب و هوایی بر روند ساخت آنها تاثیری داشته باشد تولید می‌شوند، دارای کیفیت بالا هستند.

د- نماهای بتن پارچه‌ای

این نوع نما به صورت پانل‌های بتنی مسلح شده با یک لایه پارچه عمدتاً از نوع الیاف شیشه مقاوم به قلیا می‌باشد. این پانل‌ها را می‌توان به ابعاد و شکل‌های مختلف ساخت و از شکل پذیری و مقاومت بسیار بالایی در برابر بارهای وارده برخوردار می‌باشند. همچنین این نماها در برابر شرایط مختلف محیطی از پایداری بسیار خوبی برخوردار می‌باشند.

۱-۴-۲-۴- نمای سرامیک

با توجه به قیمت بالای سنگ و وزن زیادی که انواع سنگ‌ها به صورت یک لایه متمرکز در قشر خارجی ساختمان‌ها، به صورت بار خطی بر سازه اعمال می‌کنند و به جهت حفاظت از منابع طبیعی و جلوگیری از تخریب محیط زیست، از سرامیک که به صورت مصالح مصنوعی و فرآوری شده تهیه می‌گردد به عنوان نمای ساختمان می‌توان استفاده نمود. نمای سرامیک در مقایسه با سنگ، وزن کمتر و تنوع بیشتری دارد. نمای سرامیکی مجاز برای استفاده در نمای خارجی سازه‌ها نمای سرامیکی خشک می‌باشد.

۱-۴-۲-۵- نمای کامپوزیت فلزی

کامپوزیت‌ها از ترکیب دو یا چند ماده جداگانه تشکیل شده‌اند که ماده حاصل نسبت به هر کدام از اجزاء تشکیل‌دهنده استحکام و دوام بیشتری دارد. خواص کامپوزیت در مجموع از هرکدام از اجزاء تشکیل‌دهنده آن بهتر است و اجزاء مختلف، کارایی یکدیگر را بهبود می‌بخشند و این یکی از مزیت‌های کامپوزیت محسوب می‌شود. از متداول‌ترین نماهای کامپوزیت می‌توان به نمای کامپوزیت آلومینیومی، پانل‌های فلزی عایق‌بندی شده و نمای کامپوزیت پلی‌یورتان اشاره کرد.

ورق‌های کامپوزیت آلومینیوم[۱] متشکل از دولایه آلومینیوم به ضخامت ۳ تا ۰/۵ میلی‌متر در اطراف و یک هسته از جنس پلاستیک یا یک ماده معدنی پرکننده ضدحریق (نظیر مواد پلی‌اتیلنی) به ضخامت ۳ الی ۵ میلی‌متر می‌باشند. لایه خارجی عمدتاً دارای یک پوشش آستر رزین اپوکسی و یک لایه PVDF[۲] می‌باشد. سطح ورق کامپوزیت با یک لایه فیلم محافظت می‌شود. از جمله مزایای این پانل می‌توان به سبکی وزن، تنوع رنگ و شکل‌پذیری اشاره کرد.

از جمله بزرگترین مشکلات این نوع نما، چسبیدن ذرات گرد و غبار بر سطح نمای ساختمان‌ها و همچنین تغییر رنگ نما است. تمیز کردن نما مستلزم ایجاد داربست یا پیش‌بینی بالابرهای مخصوص جهت شستشو است.

۱-۴-۲-۶- سیستم نمای دارای عایق حرارتی خارجی

سیستم نمای دارای عایق حرارتی خارجی که با عنوان نمای اتیکس یا EIFS شناخته می‌شود، یک سیستم نمای خارجی است که از سه جز اصلی زیر تشکیل شده است:

۱-عایق: رایج‌ترین مواد برای عایق، فوم پلی‌استایرن منبسط شده و پشم معدنی تخته‌ای است. البته استفاده از عایق‌های دیگر نیز امکان‌پذیر است. لایه عایق باید با استفاده از میخ پرچ به دیوار پشت نما متصل شود.

۲-مسلح‌کننده: به منظور مسلح‌کردن تخته‌های عایق یک لایه اندود سیمانی به همراه مش الیاف مسلح‌کننده عمدتاً از الیاف شیشه مقاوم به قلیا به منظور جلوگیری از ایجاد ترک استفاده می‌شود.

۳-پوشش نهایی: برای پوشش نهایی، انواع اندود، چوب، سرامیک، آجر لعاب‌دار، فلز و موادی از این قبیل می‌تواند به کار رود.

۱-۴-۲-۷- نمای شیشه‌ای

به شیشه یا پلاستیک و هر نوع ماده شفاف یا نیمه شفاف در مقابل عبور نور در نمای خارجی ساختمان، نمای شیشه‌ای گفته می‌شود. انواع شیشه‌های مورد استفاده در صنعت ساختمان را می‌توان براساس اجزا ترکیبی، روش ساخت و ویژگی‌های آن تقسیم‌بندی نمود.

---

[۱] Aluminum Composite Panels

[2] Poly Vinylidiene Floride

تمامی شیشه‌هایی که در ساختمان به کار می‌روند باید از ترکیب موادی ساخته شوند که ثبات ویژگی‌های شیشه در طول زمان را تضمین نمایند. به عبارتی باید نسبت به تابش خورشید مقاوم باشند یعنی تابش خورشید سبب خرابی آنها نشود و خواص طیفی آنها در مقابل اشعه‌های تابشی مستقیم و غیر مستقیم تغییر نکند. همچنین در مقابل عوامل جوی پایدار باشند.

۱-۴-۲-۸- نمای چوبی

نمای چوبی به سادگی با سایر مصالح ترکیب می‌شود و امکان ساخت نماهای متنوع را فراهم می‌آورد. چوب‌های نرم برای ساختمان‌ها به عنوان نمای خارجی قابل استفاده می‌باشد. انجام عملیات حرارتی بر روی چوب (نظیر ترمو چوب) و فرایندهای اصلاح چوب توانسته است قابلیت دوام محدوده وسیعی از چوب‌های نرم را بدون اصلاح در روش‌های نگهداری افزایش دهد. استفاده از چوب‌های سخت نیز به غیر از گونه‌های خاصی از آنها در حال افزایش است. چوب‌های سخت عموماً محکم‌تر و پایدارتر از چوب‌های نرم هستند.

۱-۴-۲-۹- نمای سبز

توسعه شهرنشینی در سال‌های اخیر منجر به توجه بیشتر به ایجاد فضای سبز در فضاهای شهری به عنوان یک رویکرد پایدار برای بهبود اکولوژی و تغییرات آب و هوایی در محیط زیست، شده است. دیوارها و نماهای سبز یکی از راه‌حل‌هایی است که به همراه بام‌های سبز برای افزایش مساحت فضای سبز شهرها اندیشیده شده است.

دیوار سبز دیواری است که یا به طور خودایستا است یا بخشی از یک ساختمان است که به طور کامل یا بخشی از آن از گیاه پوشیده شده است. از فواید آن می‌توان به استفاده مجدد از آب، بهبود کیفیت هوا و کاربرد به عنوان مانع صوتی اشاره کرد. دیوارهای سبز معمولا به دو شکل نمای سبز و دیوار زنده اجرا می‌شوند.

فصل دوم

الزامات اجزای نما

۲-۱-مقدمه

در این فصل ملاحظات و معیارهای کلی برای ارزیابی رفتار انواع نما و اتصالات آنها با توجه به تجربیات موجود ارائه شده است. معیارهای کمی طراحی نماها و اتصالات آنها در فصل ۳ ارائه شده است.

۲-۲-الزامات کلی

۱-در صورت استفاده از نمای صلب سنگین مانند نمای چسبانده شده سنگی یا آجری، در نمای سازه‌های با سیستم انعطاف‌پذیر مانند قاب خمشی باید توجه کرد که خطر آسیب اینگونه نماها در این نوع سازه‌ها زیاد است و در صورت استفاده باید از جزییات ویژه ارائه شده در این دستورالعمل استفاده شود.

۲-باید با استفاده از جزییات ویژه ارائه شده در این دستورالعمل از قرار گیری نما تحت اثر جابجایی نسبی طبقات جلوگیری نمود.

۳-به طور کلی در هر نوع نما، اجزای پوششی که وزن واحد سطح آنها بیش از $50\ kg/m^2$ می‌باشد، باید در فواصل کمتر یا مساوی ۱٫۲ متر دارای مهار مکانیکی به قاب دیوار خارجی باشند. کفایت مهار در مقابل بارهای لرزه‌ای باید براساس معیارهای پذیرش ارائه شده در این دستورالعمل ارزیابی شود. همچنین کفایت اجزای پوشش در مقابل مقادیر مورد انتظار تغییرمکان تعیین شده در این دستورالعمل باید با استفاده از جزییات ارائه شده در این دستورالعمل تامین گردد.

۴-در نماهای مهار شده، قطعات نما توسط اتصالات مکانیکی به سازه متصل شده‌اند. قطعات و اتصالات مزبور باید طوری طراحی شوند که قادر به تحمل تغییرشکل‌های ناشی از زلزله بدون انتقال آن به نما باشند.

۵-پنجره‌های بزرگ به خصوص پنجره‌های نمای مشرف به پیاده‌رو، باید دارای شیشه‌های ایمن باشند. شیشه ایمن شامل شیشه‌های آبدیده، شیشه‌های دارای سیم یا الیاف، شیشه‌های دارای لایه پوشش مقاوم در برابر ضربه یا پانل‌های پلاستیکی می‌باشد. شیشه‌های ایمن، در برابر خردشدن ایمنی بالایی دارند یا پس از خردشدن در قاب خود باقی می‌مانند.

۶-در جاهایی که از مهار نگهدارنده در بتن استفاده شده است، این مهار باید به میلگردهای اصلی سازه بتن مسلح متصل و مهار شود و کفایت مهار نگهدارنده مورد استفاده در اتصالات بتنی باید برای بارهای وارده ارزیابی گردد.

۷-در نمای بالای خروجی‌ها یا مسیرهای پیاده‌رو، نصب قطعات بزرگ در ارتفاع بیش از ۳ متر از سطح زمین ممنوع است. در صورت اجرای قطعات بزرگ در نما باید از دسترسی عابران به مکان‌هایی که احتمال افتادن این قطعات وجود دارد با ایجاد موانع یا باغچه های عریض جلوگیری شود.

۸-مهارهای نما باید به صورت دوره‌ای کنترل شده و در هیچ‌کدام از اعضای اتصالات نباید نشانه‌هایی از خرابی یا زنگ‌زدگی و پوسیدگی دیده شود و مهارهای زنگ زده باید تعویض شوند. شایان ذکر است افزایش تعداد مهارهای هر قطعه نما خطر سقوط آن را کمتر می‌کند.

۹- پوشش‌های محافظ در برابر شرایط جوی باید توسط اتصال‌دهنده‌های مناسب از جنس آلومینیوم، مس، یا فولاد با پوشش روی یا سایر مصالح مقاوم در برابر خوردگی به پشت‌بندها متصل شوند.

۱۰- در نماهای پرده‌ای باید با اجرای آتش‌بند در فاصله بین نما و سقف طبقه در ترازهای طبقه از خطر انتقال آتش بین طبقات جلوگیری نمود.

۲-۲-۱- نماهای پانلی

۱-جزئیات نماهای پانلی پیش‌ساخته باید به گونه‌ای باشد که جابجایی نسبی بین پانل و سازه امکان‌پذیر باشد.

۲-هر قطعه نما پانلی باید حداقل دارای دو عدد تکیه‌گاه برای تحمل بارهای قائم ناشی از وزن در هنگام وقوع زلزله باشد.

۳-هر قطعه نمای پانلی باید حداقل دارای چهار عدد تکیه‌گاه برای بارهای خارج از صفحه (ناشی از باد، زلزله و ضربه) باشد. تکیه‌گاه‌ها می‌توانند به صورت همزمان برای وظیفه موردنظر در بند ۲ و ۳ در نظرگرفته شوند.

۴-قطعات نمای پانلی با ضخامت کمتر از ۵۰ میلی‌متر باید به طور مستقیم به دیوار پشتیبان بنایی یا بتنی مهار شوند.

۲-۲-۲- سیستم نمای پرده‌ای

سیستم نمای پرده‌ای شامل قطعات نمای پیش ساخته و سیستم‌های گوناگون نمای شیشه‌ای، پانل‌های عایق با روکش فلزی، سیستم نمای پرده‌ای یکپارچه، پانل‌هایی با قاب فلزی دارای قطعات آجری متصل شده، بتن مسلح شده با الیاف شیشه (GFRC) یا نمای سرامیکی، سنگی یا آجری با اجرای خشک می‌باشد. سیستم‌های نمای پرده‌ای به شتاب و تغییرشکل حساس هستند و ممکن است تحت اثر مستقیم شتاب و یا خرابی اتصالات ناشی از جابجایی نسبی از جای خود خارج شوند. در این نماها باید ضوابط زیر رعایت شود:

۱-نمای پرده‌ای باید به نحوه مناسبی به قاب سازه‌ای متصل شود و باید در محل اتصال قطعات، درزبند انعطاف‌پذیر قرارداده شود؛ به گونه‌ای که در حرکات رفت و برگشتی سازه، نما خراب نشود.

۲-هر پانل باید دارای حداقل ۴ مهار برای هر قطعه باشد. به واسطه ملاحظات تغییرمکان‌های حرارتی و جمع‌شدگی، سیستم اتصال پانل‌های پوشش‌دهنده عموماً از درجه نامعینی بالا برخوردار نیست. لذا خرابی یک اتصال می‌تواند منجر به ناپایداری پانل و سقوط آن از ساختمان شود. لذا اتصالات پانل‌ها باید برای تحمل جابجایی طبقه واقعی و نیز برای مقاومت در برابر زلزله تشدید یافته، مطابق ضوابط فصل سوم طرح شوند تا از عدم خرابی آنها اطمینان حاصل شود.

۳-برای قطعات بتنی پیش‌ساخته، اتصالات باید به نحوی طراحی و اجرا شوند که رفتار شکل‌پذیر داشته باشند. بدنه اتصال باید از ورق یا پروفیل‌های فولادی ساخته شود و برای حداکثر بار لرزه‌ای تشدید یافته و ۱٫۵ برابر بار باد تعیین شده در فصل سوم طراحی شود. توجه شود حتی در صورتی‌که بار باد، حاکم بر طراحی باشد جزییات اتصالات و مهارها باید براساس ضوابط لرزه‌ای طراحی و اجرا شوند.

۴-اعضای اتصال که ممکن است رفتاری ترد از خود نشان دهند مثل جوش‌ها، پیچ‌ها و اقلام مدفون در بتن مثل میل‌مهارها باید برای حداکثر بار لرزه‌ای تشدید یافته و ۱٫۵ برابر بار باد تعیین شده در فصل سوم طراحی شود (در نماهای شیشه‌ای پرده‌ای، اتصالات و میل مهارها باید برای ۲ برابر بار باد محاسبه شده در فصل سوم این دستورالعمل کنترل شوند).

۵-برای سیستم‌های نمای پانلی، پانل‌ها باید به طریقی طرح شوند که جابجایی نسبی طبقه در قاب سازه‌ای را بدون آسیب اساسی تحمل کنند. قطعاتی که بین دو طبقه اجرا می‌شوند باید امکان جابجایی نسبی را با تکیه بر اتصالات لغزشی یا خمشی یا از طریق مکانیزم گهواره‌ای ایجاد نمایند. اتصالات لغزشی می‌تواند جزئیاتی به شکل بولت با امکان لغزش در سوراخ لوبیایی داشته باشد. طول سوراخ لوبیایی باید مساوی دو برابر جابجایی نسبی طبقه مورد انتظار به علاوه قطر پیچ به علاوه فاصله لازم برای رواداری‌های اجرایی باشد. برای تامین کارایی، پیچ باید در مرکز شیار قرار گیرد زیرا اگر پیچ در حین زلزله به انتهای شیار برسد نیروهای برشی زیادی در آن ایجاد می‌شود.

۶-طراحی و جانمایی اتصالات باید به‌گونه‌ای باشد که رفتار حاکم بر قطعه، خمشی باشد. اتصالاتی که از میله‌های رزوه شده بهره می‌برند، ممکن است که تحت اثر خمش غیر الاستیک دچار خرابی ناشی از خستگی شوند. مکانیزم گهواره‌ای به قطعات پوشش این امکان را می‌دهد که جابجایی نسبی طبقه را از طریق حرکت قائم در اتصالات باربر ثقلی خود در محل شیارهای قائم یا سوراخ‌های با سایز بزرگ تحمل نمایند.

۷-باید به چینش درزها در سیستم دیوارهای پیش‌ساخته توجه ویژه شود. در گوشه‌های ساختمان و در جایی‌که در قطعات مجاور از شیوه‌های متفاوتی برای تحمل جابجایی نسبی استفاده می‌شود، پانل‌های نما ممکن است به صورتی غیرهماهنگ حرکت کنند. در این حالت درز بین پانل‌های نما ممکن است بسته شده و باعث برخورد پانل‌های مجاور به یکدیگر شود که این برخورد نیروهای بزرگی را به پانل‌ها و مهارهای آنها اعمال خواهد نمود لذا باید با ایجاد درزهای اجرایی با فاصله کافی از وقوع آن جلوگیری کرد.

۸-اجزای نما در دیوار پرده‌ای که وزن واحد سطح آنها بیش از ۴۰ kg/m^2 می‌باشد. باید در فواصل کمتر یا مساوی ۱٫۲ متر دارای مهار مکانیکی به قاب دیوار خارجی باشند.

۲-۳- الزامات عملکردی و اجرایی دیوارهای خارجی و نما

۲-۳-۱- حفاظت در مقابل عوامل جوی

دیوارهای خارجی باید دارای پوششی خارجی برای محافظت در مقابل عوامل جوی باشند که این وظیفه بر عهده سیستم نمای خارجی می‌باشد. نما باید شامل درزپوش[1] مشخص شده در بند ۲-۳-۱-۴ باشد. نما باید به گونه‌ای طراحی و ساخته

[1] flashing

شود که با استفاده از عایق‌های رطوبتی پشت نمای خارجی که در بند ۲-۳-۱-۲ معرفی شده‌اند، از انباشت آب در دیوار جلوگیری شود و همچنین در آن از تجهیزات مناسب برای زه‌کشی آب‌های وارد شده به دیوار استفاده شود. جلوگیری از میعان در دیوارهای خارجی باید مطابق بند ۲-۳-۱-۳ صورت گیرد.

استثنا:

۱- پوشش خارجی مقاوم در برابر عوامل جوی برای دیوارهای بتنی الزامی نمی‌باشد.

۲- رعایت الزامات مربوط به زه‌کشی و بندهای ۲-۳-۱-۲ و ۲-۳-۱-۵، برای پوشش دیوار خارجی که در آزمایشات براساس ASTM E 331، در برابر کج باران در درزها و محل اتصال مصالح غیر یکسان تحت شرایط زیر از خود مقاومت نشان داده است، الزامی نمی‌باشد.

۲-۱ در مجموعه آزمایشات نما باید حداقل یک بازشو، یک درز کنترل، یک فصل مشترک دیوار و پیش‌آمدگی لبه بام[1] و یک کف درگاه[2] موجود باشد. تمام بازشوها و منافذ آزمایش شده باید بیانگر وضعیتی باشند که در عمل وجود دارد.

۲-۲ در آزمایشات نما، حداقل ابعاد پوشش مورد آزمایش باید ۲۴۰۰×۱۲۰۰ میلی‌متر باشد.

۲-۳ مجموعه نما باید تحت حداقل اختلاف فشار ۰٫۳ kN/m^2 مورد آزمایش قرار گیرد.

۲-۴ مجموعه نما باید حداقل به مدت ۲ ساعت تحت آزمایش قرار گیرد.

هنگامی که نتایج آزمایشات نشانگر عدم نفوذ آب در درزهای کنترل نما و درزهای اطراف محیط بازشو یا محل اتصال مصالح غیر یکسان است، نما با جزئیات طراحی شده مقاوم در برابر کج باران در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳-۱-۱ عایق رطوبتی

باید حداقل یک لایه ایزوگام یا سایر مصالح مورد تأیید به استادها[3] یا پوشش[4] دارای درز پوش، به شکلی متصل گردد که عایق پیوسته رطوبتی در پشت نمای دیوار خارجی ایجاد شود.

۲-۳-۱-۲- بخاربند

۲-۳-۱-۲-۱- کلاس‌بندی مصالح بخاربند

کلاس‌بندی مصالح بخاربند به جز موارد ذکر شده در زیر باید براساس آزمایش‌های انجام شده توسط مراجع معتبر صورت گیرد. درجه‌بندی تعیین شده به قرار زیر است:

---

[1] Wall/eave interface
[2] Wall sill
[3] Studs
[4] sheathing

کلاس I : ورق پلی‌پروپیلن و روکش آلومینیومی مضرس نشده و بدون سوراخ[1] با درجه نفوذپذیری بخار کمتر و مساوی perm ۰/۱

کلاس II : فایبرگلاس سخت، رنگ با درجه نفوذپذیری بخار بزرگتر از ۰/۱ و کمتر یا مساوی ۱ perm

کلاس III : چسب لاتکس یا رنگ لعاب‌دار[2] با درجه نفوذپذیری بخار ۱ perm

۲-۳-۱-۲-۲- استفاده از بخاربند کلاس I و II

توصیه می‌شود بخاربندهای کلاس I و II در سمت داخلی دیوارها در مناطق سردسیر و در سمت خارجی در مناطق گرم و مرطوب مورد استفاده قرار گیرند. منطقه مناسب باید بر اساس فصل سوم آیین‌نامه بین‌المللی حفاظت انرژی و محل دقیق نصب بخاربند در دیوار خارجی باید با توجه به خطرات میعان طراحی شود.

استثنا:

الف- دیوارهای زیر زمین

ب- بخش‌های پایین‌تر از سطح زمین در هر دیوار

ج- ساخت و ساز در جاهایی‌که رطوبت و یخزدگی ناشی از آن نتواند به مصالح آسیب برساند.

۲-۳-۱-۲-۳- استفاده از بخاربند کلاس III

بخاربند کلاس III در صورتی‌که یکی از شرایط موجود در جدول زیر برقرار باشد، مجاز است.

جدول ۲-۱- موارد مجاز در استفاده از بخاربند کلاس III

منطقه[3]	استفاده از بخاربند کلاس III در موارد زیر مجاز است:
ساحلی ۴	نمای تهویه شونده روی پانل‌های سازه‌ای چوبی
	نمای تهویه شونده روی تخته الیافی
	نمای تهویه شونده روی تخته گچی
	عایق با مقاومت حرارتی R ≥ ۲/۵ روی دیوار ۲×۴
	عایق با مقاومت حرارتی R ≥ ۳/۷۵ روی دیوار ۲×۶
۵	نمای تهویه شونده روی پانل‌های سازه‌ای چوبی
	نمای تهویه شونده روی تخته الیافی
	نمای تهویه شونده روی تخته گچی
	عایق با مقاومت حرارتی R ≥ ۵ روی دیوار ۲×۴

[1] foil no perforated aluminum

[2] enamel paint

[3] منطقه‌بندی ذکر شده بر اساس آیین‌نامه بین‌المللی انرژی (IECC) و مرجع ASHRAE است که لازم است با مناطق آب و هوایی کشور انطباق‌های لازم صورت پذیرد.

	عایق با مقاومت حرارتی R ≥۷/۵ روی دیوار ۲×۶
۶	نمای تهویه شونده روی تخته الیافی
	نمای تهویه شونده روی تخته گچی
	عایق با مقاومت حرارتی R ≥۷/۵ روی دیوار ۲×۴
	عایق با مقاومت حرارتی R ≥۱۱/۲۵ روی دیوار ۲×۶
۷ و ۸	عایق با مقاومت حرارتی R ≥۱۰ روی دیوار ۲×۴
	عایق با مقاومت حرارتی R ≥۱۵ روی دیوار ۲×۶

۲-۳-۱-۳- درزپوش[1]

درزپوش باید به صورتی نصب شود که از ورود رطوبت به دیوار یا از هدایت آن به داخل جلوگیری کند. درزپوش باید در محیط اطراف در و پنجره خروجی، حفره‌ها و قسمت‌های انتهایی دیوارهای خارجی و محل برخورد دیوار خارجی و سقف‌ها و شومینه‌ها و ورودی‌ها و کف‌ها و بالکن و پیش آمدگی‌های مشابه و ناودانی‌های توکار[2] و مکان‌های مشابهی که امکان ورود رطوبت به دیوار وجود دارد، نصب شود. درزپوش با بال‌های برجسته[3] باید در هر دو طرف و انتهای کتیبه‌ها[4]، زیر کف پنجره‌ها و به صورت ممتد روی پیش‌آمدگی‌های معماری نصب شود.

۲-۳-۱-۴- فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌های دیوارهای خارجی[5]

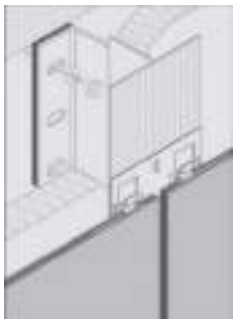
در دیوارهای خارجی ساختمان‌ها یا سازه‌ها، از فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌های دیوارها و درز که رطوبت می‌تواند در آن انباشته شود باید پرهیز شود یا سطح آن به وسیله کلاهک‌ها[6] یا آبچکان‌ها[7] یا سایر وسایل مطمئن که از آسیب‌های ناشی از رطوبت جلوگیری می‌کنند، محافظت شود.

۲-۳-۲- سازه‌ای

سازه باید به گونه‌ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه طبقات در ساختمان‌ها به مقادیر مشخص شده در آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله -استاندارد ۲۸۰۰ محدود شود. بعلاوه در نماهای پرده‌ای یا نماهای خشک، قاب نگهدارنده نما باید در هر طبقه قطع شود و مانند شکل ۲-۱ در تراز سقف طبقات با اتصالات لوبیایی از سازه جداسازی شود. در سایر انواع نما، دیواری که نما به آن متصل می‌شود باید براساس ضوابط فصل دوازدهم این دستورالعمل طراحی و اجرا شود.

---

[1] flashing
[2] Built-in gutters
[3] projecting flangs
[4] copings
[5] exterior wall pockets
[6] Caps
[7] drips



الف- نمونه اجرای اتصال لوبیایی به تیر در اجرای خشک نمای سرامیکی

ب- نمونه اجرای اتصال لوبیایی به تیر در پانل بتنی پیش‌ساخته

شکل ۲-۱- نمونه‌هایی از اجرای اتصال لوبیایی در محل اتصال به تیر طبقه جهت جداسازی نما از جابجایی داخل صفحه قاب سازه‌ای

۲-۳-۳- آتش

حفاظت نما و دیوارهای خارجی در برابر آتش باید مطابق ضوابط مبحث سوم مقررات ملی و آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش صورت گیرد.

۲-۳-۴- مقاومت در برابر سیل

برای ساختمان‌های واقع در مناطق با خطر سیل بر اساس مبحث ششم مقررات ملی، نمای دیوارهای خارجی که تا سطح تراز پی ادامه یافته‌اند، باید با مصالح مقاوم در برابر آب و نیروی فشاری ناشی از سیل بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، ساخته شوند.

۲-۴- الزامات مصالح نما

مصالح مورد استفاده در ساخت نما باید مطابق با الزامات این بخش باشند. مصالحی که در این بخش ذکر نشده‌اند باید جهت استفاده در نما توسط مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی یا سازمان ملی استاندارد مورد تایید قرار بگیرند.

۲-۴-۱- نمای آجری (بنایی)

۱- المان بنایی، ملات و فلزاتی که برای مهار یا چسباندن نمای بنایی به دیوار پشتیبان مورد استفاده قرار می‌گیرند باید مطابق با الزامات فصل پنجم این دستورالعمل باشند. دیوار پشتیبان که نما به آن چسبانده شده یا مهار شده باید مطابق با ضوابط فصل دوازدهم این دستورالعمل باشد.

۲- نمای آجری باید توسط نبشی یا اعضای فولادی مشابه در هر طبقه، بالای طبقهٔ اول مهار شود. کفایت این مهارها برای بار وارده باید کنترل شود. جزئیات مهار نمای بنایی در تراز پایه نیز در فصل پنجم این دستورالعمل ارائه شده است.

۳- نمای آجری باید توسط مهارهایی از جنس فولاد ضدزنگ یا دارای پوشش گالوانیزه در فواصل کمتر یا مساوی ۶۰ سانتی‌متر به دیوار پشتیبان متصل شود. این مهارها باید برای نیرو وارده براساس ضوابط فصل سوم طراحی شده باشند.

۴- نمای آجری باید در نزدیک محل بازشوها یا محل درزها یا سایر ناپیوستگی‌ها به دیوار پشتیبان مهار شود. این مهارها باید قابلیت تحمل بارهای وارده را داشته باشند.

۵- در نماهایی که با فاصله از دیوار پشتیبان و توسط استادهای فولادی نگهداشته شده‌اند، درزهای زه‌کشی و زه‌کش پایهٔ دیوار باید پیش‌بینی شود.

۶- مهارهای لرزه‌ای نما در نماهای بنایی می‌توانند شامل سیم‌های فلزی یا گیره‌هایی باشند که از یک سو توسط بست مکانیکی به دیوار پشتیبان نما متصل شده و از سوی دیگر در ملات بین ردیف‌های نما قرار گرفته‌اند. برای مقابله با زلزله باید علاوه بر موارد فوق یک میلگرد افقی در ملات دیوار (در راستای دیوار مطابق جزییات فصل ۵) نیز قرار گرفته و به مهار نیز متصل باشد.

۷- از سیم یا میلگردهای مستقیم برای مهار نمای آجری به خصوص در صورتی که لایه‌ای از عایق یا هوا بین نمای آجری و دیوار پشتیبان فاصله انداخته است، نباید استفاده شود.

۸- درزپوش‌ها و حفرات زه‌کشی در نمای مصالح بنایی مهار شده باید در اولین لایه مصالح بنایی و در بالای سطح تمام شده زمین و بالای پی یا دال و سایر نقاط تکیه‌گاهی از جمله کف‌های سازه‌ای، نبشی‌های نگدارنده نما و نعل درگاه‌هایی که نما به آنها متصل شده‌اند، قرار گیرند.

۹- در نمای بنایی خارجی چسبانده شده باید علاوه بر ضوابط فصل پنجم این دستورالعمل موارد زیر نیز رعایت شود:

الف- درزپوش در تراز پی: یک درزپوش با حداقل ضخامت ۰٫۵ میلی‌متر گالوانیزه یا پلاستیکی با حداقل بال متصل عمودی با ارتفاع ۹۰ میلی‌متر نصب گردد و تا تراز پی در دیوارهای پشتیبان ادامه یابد. آب‌بند باید تا روی قسمت خارجی درزپوش ادامه یابد.

ب- در دیوارهای پشتیبان دارای استاد فلزی، نمای چسبانده شده باید در فاصله حداقل ۱۰۰ میلی‌متر از سطح زمین یا حداقل ۵۰ میلی‌متر از نواحی دارای پوشش عایق رطوبتی یا ۱۲ میلی‌متر بالای نواحی پیاده‌روی خارجی که دارای پی مشترک با دیوار خارجی است، نصب شود.

۲-۴-۲- نمای سنگی یا سرامیکی

۱- در نماهای سنگی چسبانده شده که وزن نما توسط ملات یا چسب تحمل می‌شود استفاده از مهارهای مسلح کننده برای نگهداری لرزه‌ای نما اجباری است که جزییات آن در فصل چهارم ارائه شده است.

۲- در سنگ نما نباید اثر ترک‌خوردگی یا رگه‌های ضعیف به صورت آشکار نمایان باشد. در صورت وجود این مسائل باید نسبت به تعویض سنگ دارای ترک خوردگی یا رگه‌ی آشکار، اقدام گردد.

۳- در قطعات نمای سنگی از جنس مرمر، تراورتن، گرانیت یا سایر قطعات پانلی سنگی مهارهای لرزه‌ای مقاوم در برابر خوردگی باید در داخل سوراخ‌های واقع در یک سوم میانی لبه قطعات و با فواصل حداکثر ۶۰۰ میلی‌متر بر روی محیط هر قطعه و حداقل ۴ مهار برای هر قطعه از نما اجرا شود. مساحت نمای پانلی نباید از ۱٫۹ متر مربع بیشتر شود. بست‌های نما باید از فلزات مقاوم در برابر خوردگی و دارای قابلیت مقاومت کششی و فشاری در مقابل باری برابر با دو برابر وزن نمای متصل شده به آن، باشد. در صورتی که بست‌های نما از ورق فلزی ساخته شده باشند ابعاد آنها نباید از ۱× ۲۵ میلی‌متر مربع کمتر باشد و در صورتی که از سیم ساخته شده‌اند قطر آنها نباید از ۳ میلی‌متر کمتر باشد.

۲-۴-۲-۱- نماهای سنگ چسبانده شده

۱- نماهای سنگی چسبانده شده که با زیرسازی اندود سیمانی یا مواد چسباننده به دیوار نگهدارنده متصل می‌شوند، از لحاظ رفتاری به تغییرشکل‌ها حساس‌اند و رفتار لرزه‌ای آنها متکی به لایه نگهدارنده زیرین است. این نماها به صورت طبیعی ترد هستند. تغییر شکل لایه زیرین در این نماها منجر به ایجاد ترک می‌شود که این ترک عامل جداشدگی نما از دیوار نگهدارنده است. بنابراین اجرای این‌گونه نماها بر روی دیوارهایی که براساس فصل دوازدهم این دستورالعمل طراحی و اجرا نشده باشند ممنوع می‌باشد.

۲- برای اینکه نمای چسبانده شده دارای مهار لرزه‌ای، عملکرد لرزه‌ای مناسبی داشته باشد باید دیوار نگهدارنده نما با جزئیات مناسب ارائه شده در فصل دوازدهم از اثرات جابجایی نسبی طبقات، جداسازی شده و محافظت شود یا تغییرمکان‌های نسبی غیرخطی واقعی سازه با استفاده از سیستم‌های باربر جانبی صلب به کمتر از ۰٫۵ درصد محدود شود.

۳- آسیب‌پذیرترین نقاط نمای سنگی چسبانده شده، محل قطع‌شدگی‌ها از قبیل بازشوها و گوشه‌ها است.

۵- به ازای هر ۰٫۲ متر مربع نمای سنگی باید حداقل از مهار سیمی فولادی به قطر ۳ میلی‌متر (یا سطح معادل آن) با روکش روی یا روکش‌های غیرفلزی استفاده شود. این مهار سیمی باید حلقه‌ای با پایه‌های با طول بیش از ۴۰۰ میلی‌متر باشد که این پایه‌ها خم شده و در درز نمای سنگی قرار گیرند. ۵۰میلی‌متر انتهایی از هر پایه سیمی باید با زاویه ۹۰ درجه خم شود. حداقل ضخامت ملات سیمانی که بین دیوار پشت‌بند و نمای سنگی قرار می‌گیرد ۲۵ میلی‌متر می‌باشد.

۶- در دیوار پشت‌بند LSF، مش‌های سیمی ۵۰ میلی‌متر در ۵۰ میلی‌متر از سیم‌های با روکش روی یا روکش‌های غیرفلزی به همراه ۲ لایه آب‌بند باید به طور مستقیم به پشت‌بند فولادی با حداکثر فاصله مراکز ۱۴۰۰ میلی‌متر متصل شوند. مش‌ها باید به وسیله پیچ‌های مخروطی خودکار نمره ۸ (قطر ۴٫۲ میلی‌متر)، مقاوم در برابر خوردگی، با فاصله مرکز به مرکز ۲۰۰

میلی‌متر در بالا و پایین ریل‌ها، مهار گردند. تمامی پیچ‌ها باید حداقل به اندازه ۳ دندانه در اتصالات فولادی فرو روند. اعضای قاب‌های فولادی سردنورد شده باید دارای حداقل ۱/۰ میلی‌متر ضخامت خالص فولاد باشند.

۷- بست‌های نما باید دارای مقاومت کافی برای تحمل کل وزن نما در حالت کششی باشند. فاصله نما از دیوار پشت‌بند باید حداکثر ۵۰ میلی‌متر باشد و این فاصله باید توسط ملات سیمان پرتلند و ماسه پر شود و قبل از گیرش، نما و دیوار پشت‌بند باید با آب تمیز خیس شده و در هنگام ریختن ملات کاملاً مرطوب باشند.

۸- نما می‌تواند توسط مهارهای فلزی مقاوم در برابر خوردگی که در بالای هر قطعه و یا در درزهای افقی در فاصله مرکز به مرکز ۳۰۰ میلی‌متر تا ۴۵۰ میلی‌متر نصب شده‌اند، مهار شود. این مهارها باید باید به نحوه مناسبی به دیوار پشت‌بند متصل شوند.

۲-۴-۲-۲- نماهای سرامیک یا سنگ مهار شده

نماهای سنگی و سرامیکی مهار شده نماهایی هستند که به سازه نگهدارنده خود با قطعات مکانیکی متصل می‌شوند. قطعات نمای مهار شده باید به کمک اتصالات لغزشی یا درزها، از جابجایی نسبی طبقات مستقل شود. همچنین نما باید با اتصالاتی که با در نظرگرفتن نیروهای وارده و اثر مولفه قائم زمین‌لرزه طراحی شده باشند مهار شود.

باید توجه خاصی به طراحی نقاطی که قابلیت تغییرمکان‌های زیاد دارند از قبیل بازشوها و گوشه‌ها معمول شود و در کنار بازشوی در و پنجره باید از استادهای فولادی اضافی برای مهار نما استفاده شود.

قطعات سرامیکی یا سنگی مهار شده با ضخامت بیش از ۴۰ میلی‌متر باید به طور مستقیم به دیوار پشتیبان بنایی یا بتنی مهار گردند.

اجرای یک لایه مش الیاف شیشه همراه با رزین در پشت قطعات نمای سنگی و سرامیکی که به صورت خشک اجرا می‌شوند جهت جلوگیری از شکست آنها براثر ضربه اجباری می‌باشد.

۲-۴-۳- نمای شیشه‌ای

خرابی در نماهای شیشه‌ای تحت اثر باد و زلزله به هر دو صورت برون‌صفحه‌ای و درون‌صفحه‌ای رخ می‌دهد. به طور خاص نماهای شیشه‌ای در سازه‌های نرم با تغییر مکان نسبی قابل توجه بین طبقات، آسیب‌پذیر می‌باشند. با افزایش اندازه قطعات نمای شیشه‌ای، حساسیت آنها به بارهای لرزه‌ای و باد افزایش می‌یابد. در این نوع نما باید ضوابط زیر رعایت گردد:

۱- شیشه‌های موجود برروی تیغه‌ها و قاب‌های منفردی که دارای مساحت بیش از ۱/۵ متر مربع می‌باشند و در ارتفاع بیش از ۳ متر در بالای محل عبور عابرین پیاده نصب شده‌اند باید از جنس لمینیت، آبدیده یا شیشه‌های با مقاومت بالا که به هنگام شکستن در داخل قاب شیشه باقی می‌مانند باشند. استفاده از شیشه‌های بازپخت شده به طور قابل ملاحظه‌ای خطرپذیری لرزه‌ای را کاهش می‌دهد زیرا در اثر شکستن، این شیشه‌ها به صورت تکه‌های ریز بدون گوشه تیز خرد می‌گردند. شیشه‌های لایه‌ای (لمینیت) پس از شکستن در محل خود باقی می‌مانند و با شکستن به صورت تکه تکه در

نمی‌آیند. شیشه‌های مسلح با شبکه‌ای از سیم‌های فولادی در مواردی که شیشه تحت اثر آتش (حرارت بالا) و ضربه نمی‌باشد، کاربرد دارند.

۲- استفاده از شیشه‌های لایه‌ای برای پنجره‌های نمای طبقه اول باعث کاهش خطرپذیری لرزه‌ای و افزایش امنیت در مقابل سرقت می‌گردد.

۳- در نماهای شیشه‌ای فاصله آزاد شیشه در قاب حتما باید به منظور تامین فضای آزاد کافی برای تغییر مکان‌های ناشی از زلزله طبق ضوابط فصل سوم این دستورالعمل رعایت گردد. همچنین اجزای قائم پنجره باید برای تحمل نیروهای ناشی از زلزله طراحی شود.

۴- در نماهای شیشه‌ای اسپایدر، هرکدام از پانل‌های شیشه‌ای نمای ساختمان باید با حداقل ۴ عدد اتصال، مهار شوند.

۵- طراحی نماهای شیشه‌ای وابسته به جابه‌جایی نسبی طبقه محاسبه شده ساختمان می‌باشد. به طور کلی نماهای شیشه‌ای در سیستم‌های سازه‌ای سخت‌تر، که دارای دریفت طبقه کمتر بوده یا در پنجره‌هایی که دارای فاصله آزاد شیشه ($\Delta_{fallout}$) بیشتری در قاب هستند، عملکرد بهتری دارند. در فصل سوم ضوابط حداقل فاصله آزاد ارائه شده است.

۶- برای جلوگیری از پرتاب شدن قطعات شیشه در اثر باد یا زلزله می‌توان از لایه نازک پلاستیکی(استیکر) استفاده کرد. استفاده از این لایه‌های نازک باعث کاهش خطر باد و زلزله به خصوص برای موقعیت پنجره‌هایی که در ارتفاع بیش از سه متر از سطح زمین قرار دارند می‌شود. استفاده از این لایه‌های نازک برای افزایش مقاومت شیشه‌ها نیز معمولاً از لحاظ اقتصادی به صرفه می‌باشد. این لایه‌ها به دلایل دیگری نظیر افزایش امنیت یا کاهش نفوذ گرمای خورشید، نیز به کار می‌روند. اتصال لایه نازک مزبور به گوشه‌های قاب پیرامونی علاوه بر نگه داشتن تکه‌های شکسته شده در محل باعث عدم فروریزی کل قطعه شیشه می‌شود.

۷- در جایی که نمای سازه‌ای خارجی شیشه‌ای در ارتفاعی کمتر از ۴٫۵ متر بالای تراز پیاده‌رو قرار دارد، هیچکدام از قطعات آن نباید بیش از ۰٫۹ متر مربع مساحت داشته باشند و در جایی که این فاصله بیشتر از ۴٫۵ متر است مساحت آن باید کمتر از ۰٫۵ متر مربع باشد.

۸- طول و ارتفاع قطعه نمای سازه‌ای خارجی شیشه‌ای نباید بیش از ۱٫۲ متر باشد.

۹- ضخامت نمای خارجی شیشه‌ای نباید کمتر از ۹ میلی‌متر باشد.

۱۰- در جایی که شیشه تا سطح پیاده‌رو امتداد می‌یابد، هر قطعه شیشه باید در یک قالب فلزی مطمئن قرار گرفته و در ارتفاع حداقل یک میلی‌متر از بالای مرتفع‌ترین نقطه پیاده‌رو نصب شود. فاصله بین قالب و پیاده رو باید کاملاً درزبندی و آب‌بندی شود.

۱۱- درزهای افقی بزرگتر از ۱۶ میلی‌متر باید توسط یک ماده یا وسیله غیر صلب پر شوند وقتی نمای شیشه‌ای در کناره‌ها یا بالا در مجاورت مصالح غیر انعطاف پذیر قرار می‌گیرد باید درز انبساطی با حداقل بعد ۶ میلی‌متر بین آنها ایجاد شود.

۱۲- در نمای شیشه‌ای نصب شده در ارتفاع بیش از ۳٫۵ متر از سطح تراز پیاده‌رو، علاوه بر ماستیک و نبشی باید در هر ضلع عمودی و افقی یا در هر ۴ گوشه قطعات شیشه‌ای از بست استفاده کرد. بست‌ها باید به وسیله پیچ‌های انبساطی،

پیچ‌های مفصلی[1] یا سایر روش‌ها به سازه نگهدارنده متصل شود. بست‌ها باید طوری طراحی شوند که بتوانند به تنهایی نمای شیشه‌ای را با صرفنظر از ماستیک، در صفحه عمودی مهار کنند. نبشی‌های مورد استفاده به عنوان تکیه‌گاه و بست‌ها باید برای بارهای وارده براساس فصل سوم این دستورالعمل طراحی شوند.

۱۳- لبه‌های نمای شیشه‌ای که در معرض دید هستند باید به وسیله درزپوش‌های فلزی مقاوم در برابر خوردگی درزبندی شده و به وسیله مصالح آب‌بند طوری آب‌بندی شوند که از ورود رطوبت به داخل فضای بین نمای شیشه‌ای و سازه نگهدارنده جلوگیری شود.

۲-۴-۴- نماهای سیمانی

نماهای اندود سیمانی از دسته مصالح ترد محسوب می‌شوند و در تغییر مکان‌های کمی این اندودها ترک خورده و با افزایش تغییرمکان‌ها، نما دچار خرابی بیشتر شده و مصالح تبله کرده و از زیرسازی جدا می‌شوند. باید توجه کرد که تعمیر اندودهای سیمانی آسیب‌دیده بر اثر زلزله، ارزان بوده و خسارت‌های مالی وارده محدود خواهد بود. اما زلزله می‌تواند باعث خرابی بخش بزرگی از این نماها شده و باعث خسارات جانی احتمالی در اثر افتادن و جداشدگی قطعاتی از نما و یا مسدود شدن راه‌های خروج ساختمان شود. برای جلوگیری از این مشکلات به عنوان جایگزین می‌توان از نماهایی مانند نمای بتنی مسلح شده با مش الیاف (TRC) استفاده نمود.

در نماهای سیمانی باید موارد زیر را مورد نظر قرار داد:

۱- اجرای مستقیم این نوع نما بر روی دیوارهای برشی بتنی به علت آسیب دیدن این نماها براثر تغییر شکل‌های دیوار در هنگام زلزله در ساختمان‌هایی که طبق تقسیم بندی استاندارد ۲۸۰۰ جز ساختمان‌های با اهمیت زیاد و بسیار زیاد محسوب می شوند ممنوع می‌باشد.

۲-نازکی نسبی و وزن سبک، مشکلاتی را برای خشک نگه‌داشتن دیوار پوشیده شده با نمای سیمانی در مناطق مرطوب ایجاد می‌نماید. در این مناطق نماهای سیمانی دارای عایق خارجی می‌توانند به عنوان جایگزین به کار روند.

۲-۴-۵- نمای کامپوزیت

در استفاده از نمای کامپوزیت به عنوان نمای خارجی ضوابط زیر باید رعایت شود.

۱- نماهای کامپوزیت باید مطابق الزامات فصل سوم این دستورالعمل در برابر بارهای باد طراحی و اجرا شوند. توجه شود که مانند سایر انواع نما جزییات اجرایی اتصالات این نوع نما نیز باید با در نظر گرفتن جابجایی‌ها و اثرات ناشی از زلزله طرح و اجرا شوند.

---

[1] toggle bolt

۲- نماهای کامپوزیت باید با استفاده از مصالح تایید شده که مشخصات عملکردی مورد نیاز در فصل هشتم این دستورالعمل را در طول زمان بهره برداری تامین می‌نماید، ساخته شود.

۳- نمای کامپوزیت لزوماً باید از لحاظ مقاومت در برابر آتش براساس ضوابط مبحث سوم مقررات ملی مورد ارزیابی قرار گیرد.

۴- تکیه‌گاه‌های فلزی برای اتصال نمای کامپوزیت باید توسط رنگ زدن یا گالوانیزه کردن یا سایر پوشش‌های معادل یا سایر روش‌ها محافظت شوند. درزها و لبه‌های تحت شرایط جوی باید به وسیله مصالح ضد رطوبت بادوام، درزبندی شده و از نفوذ رطوبت جلوگیری شود.

۲-۴-۶- نمای تخته سیمانی

۱- پانل سیمان الیافی باید دارای مقاومت کافی در برابر فشار و مکش باد وارده براساس ضوابط فصل سوم این دستورالعمل باشد. نصب باید مطابق با الزامات آب‌بندی بند ۲-۳ صورت گیرد. پیچ‌های استفاده شده برای اتصال پوشش به پشت‌بندها باید مقاوم در برابر خوردگی و دارای طول کافی برای نفوذ به پشت‌بند بوده و حداقل طول آن ۲۵ میلی‌متر باشد. برای قاب‌های فلزی باید از پیچ‌هایی که در برابر تمام شرایط جوی مقاوم‌اند[1] استفاده شود و باید حداقل ۳ دنده کامل آن در قاب فلزی نفوذ کند.

۲- در پانل‌های سیمان الیافی طول پانل‌ها باید موازی یا عمود بر قاب نصب گردد. درزهای عمودی و افقی که بر روی اعضای قاب ایجاد می‌شود باید درزبندی شوند و با زوارها[2] پوشانده شوند یا براساس بند ۲-۳-۱ طراحی گردند.

۳- پوشش لب به لب[3] سیمان الیافی باید دارای حداکثر عرض ۳۰۰ میلی‌متر بوده و مطابق الزامات ASTM C 1186 و از نوع A و با حداقل درجه II باشد. پوشش لب به لب بدون درزهای انتهایی کام و زبانه باید با درزبندها آب‌بندی شده و با پوشش درز با مقطع H شکل پوشانده شوند و روی یک نوار درزپوش قرار گیرند یا باید مطابق با بند ۲-۳-۱ طراحی گردند.

۲-۵- دیوار پشتیبان نما

اجرای دیوار پشتیبان نما از نوع مصالح بنایی غیرمسلح ممنوع می‌باشد دیوارهای پشتیبان نما باید براساس ضوابط فصل دوازده این دستورالعمل طرح و اجرا شوند.

۲-۶ – نماهای ترکیبی

استفاده از ترکیب نماهای مختلف در نمای ساختمانی با رعایت ضوابط زیر مجاز است:

---

[1] all-weather screws
[2] battens
[3] lap siding

۱- هر نوع نما باید برای بارهای وارده بر آن متناسب با ضریب تشدید و شکل‌پذیری نما طراحی شود. اتصال نما نیز باید برای بارهای وارده بر آن طراحی شود. اگر در نمای ساختمان، درصد یک نوع نما در کل سطح نما کمتر از ۱۰٪ باشد می‌توان محاسبات بارهای وارده را برای نمای غالب انجام داد.

۲- توجه ویژه در چینش درزها در سیستم‌های نماهای ترکیبی باید انجام شود. درجاهایی‌که قطعات مجاور از جنس مختلف می‌باشند یا روش اتصال آنها متفاوت است، باید سیستم‌های مختلف درزهای اجرایی جهت جلوگیری از برخورد یا حرکت غیرهماهنگ نماهای با جنس مختلف تعبیه شود. این امر در نماهای پانلی حساس‌تر است.

۳- زمانی‌که نمای شیشه‌ای در کناره‌ها یا بالا در مجاورت نمایی از مصالح غیرانعطاف‌پذیر قرار می‌گیرد باید درز انبساطی با حداقل بعد ۶ میلی‌متر بین آنها ایجاد شود.

فصل سوم

بارهای وارده بر اجزای نما و معیارهای پذیرش

۳-۱- مقدمه

در این فصل انواع بارهای وارد بر نمای ساختمان شامل بار ثقلی، زلزله، باد و اثرات ضربه تعریف و ضوابط موجود در تعیین بار، نحوه ترکیب و معیارهای ارزیابی و پذیرش آن ارائه شده است.

۳-۱-۱- سطوح اهمیت ساختمان

سازه‌ها به لحاظ سطوح اهمیت در ۴ درجه اهمیت بسیار زیاد، زیاد، متوسط و کم طبقه‌بندی می‌گردند. سطح اهمیت کم، ساختمان‌هایی را دربرمی‌گیرد که خرابی آن‌ها، خطر کمی برای جان انسان‌ها ایجاد می‌کند و سطح اهمیت بسیار زیاد، ساختمان‌هایی را در برمی‌گیرد که ضروری و حیاتی هستند. این طبقه‌بندی درجدول ۳-۱ برای کاربری‌های ساختمان‌های مختلف ارائه شده است. سطوح اهمیت نمای ساختمان نیز براساس اهمیت سازه می‌باشد.

جدول ۳-۱- طبقه‌بندی ساختمان‌ها با توجه به نوع سطوح کاربری

ردیف	کاربری ساختمان	سطح اهمیت ساختمان
۱	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که خرابی در آنها خطر کمی برای جان انسان ایجاد می‌کند. این ساختمان‌ها شامل موارد زیر می‌شوند: ◂ سازه‌ها و ساختمان‌های مربوط به کشاورزی ◂ سازه‌ها و ساختمان‌های موقت ◂ انبارهای کوچک	کم
۲	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در طبقه‌بندی کاربری I، III و IV ذکر نشده‌اند. همچنین نیروگاه‌های فرعی که منشأ تأمین برق شبکه نیرو نیستند، نیز شامل این دسته می‌شوند.	متوسط
۳	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که خرابی آنها خطر قابل توجهی را برای جان انسان ایجاد کند، یا خرابی آنها باعث ایجاد ضربه اقتصادی قابل ملاحظه‌ای گردد، و یا باعث اختلال در زندگی روزانه شهروندان شود. این ساختمان‌ها شامل موارد زیر می‌شوند: ◂ محل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر زیر یک سقف ◂ ساختمانهای دارای مهد کودک با ظرفیت بیش از ۱۵۰ نفر ◂ مدارس ابتدایی و راهنمایی با ظرفیت بیش از ۲۵۰ نفر و دبیرستان‌ها و آموزشگاه‌های بزرگسالان با ظرفیت بیش از ۵۰۰ نفر ◂ درمانگاه‌های با بیش از ۵۰ نفر بیمار که دارای تجهیزات جراحی و اورژانس نمی‌باشند. ◂ بازداشتگاه‌ها و زندان‌ها ◂ ایستگاه‌های تولید برق (پست‌های برق) ◂ مراکز مخابراتی ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در طبقه‌بندی کاربری IV قرار ندارند ولی مواد سمی و یا منفجره درون آنها به اندازه‌ای باشد، که در صورت آزاد شدن برای عموم خطرناک باشد.	زیاد
۴	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که تأسیسات ضروری و حیاتی محسوب می‌شوند شامل موارد زیر می‌شوند: ◂ بیمارستان‌ها و مراکز درمانی با امکانات جراحی و اورژانس ◂ ایستگاه‌های آتش‌نشانی، پلیس، نجات، آمبولانس و گاراژهای وسایل نقلیه اورژانسی ◂ پناهگاه‌های مواقع اضطراری ◂ تأسیسات مربوط به آمادگی و واکنش در مواقع اضطراری ◂ پست‌های برق و امکانات عمومی مورد نیاز برای بازسازی و واکنش در مواقع اضطراری ◂ سازه‌های فرعی لازم برای ادامهٔ فعالیت سازه‌ها و ساختمان‌های طبقه‌بندی کاربری IV ◂ برج مراقبت و کنترل هوایی و ... ◂ انبارهای آب و ایستگاه‌های پمپاژ آب مورد نیاز برای خاموش کردن آتش (اطفاء حریق) ◂ ساختمان‌ها و سازه‌های لازم برای دفاع ملی ◂ ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در آن مواد بسیار سمی و یا مواد منفجره به مقداری که خطری برای عموم تلقی گردد، نگهداری می‌شود.	بسیار زیاد

۳-۱-۲- سطح خطر لرزه‌ای

سطح خطر لرزه‌ای مورد نیاز برای طراحی نما و دیوار نگهدارنده آن، سطح خطر-۱ «زلزله طرح» می‌باشد که این سطح خطر براساس ۱۰٪ احتمال فراگذشت در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان که معادل دورهٔ بازگشت ۴۷۵ سال است، تعیین می‌شود. برای طیف طرح می‌توان از طیف طرح ارتجاعی استاندارد ۲۸۰۰ ایران (A.B) استفاده نمود. برای طیف طرح زلزله قائم می‌توان از $\frac{۲}{۳}$ طیف طرح افقی انتخابی استفاده نمود.

۳-۱-۳-ضریب اهمیت نما

ضریب اهمیت نما در سازه‌های با اهمیت بسیار زیاد برابر ۱٫۴ و ضریب اهمیت نما در سازه‌های با اهمیت زیاد یا متوسط، برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود. برای سازه‌های با اهمیت کم، نیاز به طرح لرزه‌ای نما نمی‌باشد.

۳-۱-۴- ملاحظات کلی

لازم است اجزای نما بسته به نیاز، در مقابل بارهای وارده ناشی از فشار و مکش باد (هرکدام به تنهایی) و نیروها و جابجایی‌های زلزله و بارهای ناشی از ضربه مهار شوند.

در طراحی نمای ساختمان‌ها در برابر بارهای وارده سه عامل به شرح زیر باید مورد بررسی و کنترل قرار گیرد:

- اتصال نمای ساختمان‌ها به تکیه‌گاه باید قادر به تحمل نیروهای وارده به نما ناشی از بار باد، زلزله و اثرات ضربه باشد.
- تکیه‌گاه نما و اتصال آن به سازه باید توانایی انتقال بار به سازه را داشته باشد.
- نمای ساختمان‌ها باید قادر به تحمل جابه‌جایی نسبی و تغییرشکل‌های تعریف شده در این دستورالعمل باشد.

قیود مورد نیاز برای مهار نما براساس نوع، اندازه و وزن قطعات آن تعیین می‌شود. در انتخاب و نصب قیود برای طراحی نما، نکات زیر باید رعایت شود:

- مهار نصب شده برای نما با مهار نصب شده برای سیستم‌های دیگر تداخل پیدا نکند.
- در صورت نیاز به سوراخ‌کردن دیوارهای غیرسازه‌ای نگهدارنده نما یا در مواردی که تجهیزات دیگری در مسیر انتقال بار مهار قرار داشته باشند، باید تمهیدات ویژه‌ای در نظر گرفته شود.
- انتهای مهار لرزه‌ای همواره باید به قطعه‌ای متصل باشد که مقاومت کافی در برابر بار طراحی ناشی از بارهای زلزله، باد و ضربه مطابق ضوابط این فصل را داشته باشد.
- قیود مورد استفاده برای مهار لرزه‌ای باید الزامات فنی قطعه نما را برآورده نماید.
- اتصال قطعات از طریق پیچ‌کردن، جوش یا سایر اتصالات باید صورت گیرد و نباید بر روی مقاومت اصطکاکی ناشی از وزن قطعه نما حساب نمود.

- یک مسیر بار ممتد همراه با مقاومت و سختی کافی بین قطعه نما و سازه نگهدارنده باید در طرح وجود داشته باشد. اتصالات اجزای نما باید قابلیت انتقال نیروهای محاسبه شده را داشته باشند.

۳-۲- بار ثقلی

بارهای ثقلی وارد بر نما شامل وزن قطعه نما، اتصالات آن یا مواد چسباننده نما به سازه است که براساس جزییات نما و وزن مخصوص مصالح مورد استفاده باید محاسبه شوند. این بار بسته به نوع سیستم نما و نحوه اتصال نما به سازه اصلی منتقل می‌شود.

در نماهای پرده‌ای این بار توسط قاب نگهدارنده نما به تیرها و ستون‌های سازه منتقل می‌شود. در حالی‌که در دیوار نما یا نمای میان‌قابی، بار ثقلی از طریق ماده چسباننده (در نماهای چسبانده شده) یا اتصالات مکانیکی (در نماهای مهار شده) به دیوار پشتیبان نما منتقل شده و از طریق دیوار پشتیبان به سازه منتقل می‌شود. بسته به نوع سیستم نما و مسیر انتقال بار ثقلی، اجزای تحمل‌کننده و انتقال‌دهنده بار ثقلی باید برای تحمل مجموع بارهای ثقلی و شتاب قائم زلزله طراحی شوند.

۳-۳- بارها و اثرات ناشی از زلزله

اجزاء نما باید در برابر نیروهای اینرسی ناشی از شتاب وارده بر قطعات نما و تمام ادوات متصل به آن، پایدار بمانند، نمای ساختمان به جابجایی‌های نسبی بین طبقات ساختمان نیز حساس می‌باشد. این اجزاء باید علاوه بر نیروهای طراحی لرزه‌ای طبق بند (۳-۳-۱)، برای تغییرشکل ناشی از جابجایی نسبی جانبی طبقات در زلزله نیز طبق بند (۳-۳-۲) کنترل شوند یا با جزییات ارائه شده در فصول ۴ تا ۱۱ این دستورالعمل از انتقال جابجایی نسبی بین طبقات به نمای ساختمانی جلوگیری به عمل آید.

نیاز به ارزیابی لرزه‌ای انواع مختلف نما بسته به جنس آن و میزان وزن آن در واحد سطح در جدول (۳-۲) ارائه شده است. لازم به ذکر است ترازهای لرزه‌خیزی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد مورد استفاده در جدول (۳-۲) مطابق تقسیم‌بندی استاندارد ۲۸۰۰ ایران است. در صورتیکه نما نیاز به ارزیابی لرزه‌ای داشته باشد باید خود و اتصالاتش برای نیروهای محاسبه شده در بند ۳-۳-۱-و جابجایی نسبی محاسبه شده در بند ۳-۳-۲ کنترل شود.

دیوارها و نماهای قرار گرفته بر روی اعضای طره باید برای جابجایی‌های ناشی از چرخش تکیه‌گاهشان طراحی شوند. در طراحی دیوارهای خارجی و نمای قرار گرفته بر روی طره‌ها باید اثرات جابجایی‌های نسبی در راستای قائم سقف طره در طراحی دیوار، نما و اتصالات آن لحاظ شود.

با توجه به اینکه نما در ترکیب با دیوار نگهدارنده آن، بارهای وارده را تحمل می‌کند در این فصل علاوه بر نما، بارهای وارده بر دیوارهای خارجی که نما به آن متصل می‌شود نیز مشخص شده است.

جدول ۳-۲- ملزومات طراحی لرزه‌ای نمای ساختمانی

نوع جزء	خطر لرزه خیزی سایت	
	لرزه‌خیزی خیلی زیاد ، زیاد و متوسط	لرزه‌خیزی کم
۱- نمای آجری یا سنگی		
- نمای چسبانده شده	+	+
- نمای مهارشده	+	-
۲- پانل بتنی پیش‌ساخته	+	+
۳- نماهای شیشه‌ای	+	+
۴- نمای سرامیک	+	-
۵- انواع نماهای سیمانی	+	-
۶- نمای کامپوزیت و سایر نماهای سبک	-	-

+ : کنترل لرزه‌ای لازم است.

- : کنترل لرزه‌ای لازم نیست.

۳-۳-۱- محاسبه نیروی وارده به اجزاء نما

۳-۳-۱-۱- نیروی افقی زلزله

نیروی جانبی زلزله طبق رابطه (۳-۱) محا سبه شده و بر مرکز جرم جزء اثر داده می شود. توزیع این نیرو بین بخش‌های مختلف جزء به نسبت جرم آنها است.

$$F_p = 0.4A(1+S)W_pI_p\left(\frac{H_f}{R_\mu}\right)\left(\frac{C_{AR}}{R_{po}}\right) \qquad (۱-۳)$$

در این رابطه:

F_p= نیروی جانبی زلزله

A= شتاب پایه، طبق بند (۳-۱-۲)

S+۱= ضریب شتاب طیفی، طبق بند (۳-۱-۲)

I_p= ضریب اهمیت جزء، طبق بند (۳-۱-۳)

W_p= وزن جزء غیرسازه‌ای همراه با محتویات آن در زمان بهره برداری

H_f= ضریب بزرگنمایی نیرو که تابعی است از ارتفاع مرکز جرم جزء از تراز پایه، طبق بند (۳-۳-۱-۱-۱)

R_μ= ضریب کاهش ناشی از شکل پذیری، طبق بند (۳-۳-۱-۱-۲)

C_{AR}= ضریب تشدید برای تبدیل حداکثر شتاب پایه یا طبقه به شتاب حداکثر جزء، طبق بند (۳-۳-۱-۱-۳)

R_{po}= ضریب مقاومت عضو، طبق بند (۳-۳-۱-۱-۴)

مقدار F_p در هیچ حالت نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$F_p(\min) = 0.3A(1+S)I_pW_p \quad (۲-۳)$$

همچنین مقدار F_p لزومی ندارد بیشتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$F_p(\max) = 1.6A(1+S)I_pW_p \quad (۳-۳)$$

۳-۳-۱-۱-۱- ضریب بزرگنمایی نیرو در ارتفاع

ضریب بزرگنمایی نیرو در ارتفاع، H_f، طبق رابطه (۳-۴) تعیین می‌شود. به عنوان روش جایگزین در مواردی که دوره تناوب تجربی سازه ساختمان و یا سازه غیر ساختمانی نگهدارنده عضو غیرسازه‌ای نامشخص باشد، می‌توان از رابطه (۳-۵) استفاده نمود. H_f برای اجزاء غیرسازه‌ای که در تراز پایه یا پایین‌تر از آن هستند برابر با ۱ می‌باشد.

$$H_f = 1 + a_1\left(\frac{z}{h}\right) + a_2\left(\frac{z}{h}\right)^{10} \quad (۴-۳)$$

$$H_f = 1 + 2.5\left(\frac{z}{h}\right) \quad (۵-۳)$$

که در آن

$$a_1 = \frac{1}{T_a} \leq 2.5$$
$$a_2 = [1 - (0.4/T_a)^2] > 0$$

h= ارتفاع متوسط بام ساختمان از تراز پایه

z= ارتفاع محل اتصال جزء غیر سازه‌ای نسبت به تراز پایه. برای جزئی که روی تراز پایه یا زیر آن قرار دارد، z=0 منظور می‌شود. مقدار z لازم نیست بیشتر از h در نظر گرفته شود.

T_a= دوره تناوب تجربی سازه نگهدارنده جزء غیرسازه‌ای است، در سازه‌های با ترکیبی از سیستم‌های مقاوم در برابر زلزله، کمترین مقدار T_a مورد استفاده قرار می‌گیرد. دوره تناوب تجربی سازه‌های ساختمانی طبق استاندارد ۲۸۰۰ تعیین می‌شود.

۳-۳-۱-۱-۲ ضریب کاهش ناشی از شکل پذیری سازه

برای نما و دیوارهای خارجی، ضریب کاهش ناشی از شکل‌پذیری سازه نگهدارنده، R_μ، طبق رابطه (۳-۶) تعیین می‌شود.

$$R_\mu=(1.1R/\Omega_0)^{1/2} \geq 1.3 \quad (۶-۳)$$

که در آن:

R= ضریب رفتار سازه طبق استاندارد ۲۸۰۰

Ω_0= ضریب اضافه مقاومت برای سازه طبق استاندارد ۲۸۰۰

در تراز پایه می‌توان مقدار R_μ را برابر با ۱ در نظر گرفت. در صورتی که سیستم مقاوم در برابر بار جانبی سازه، مشخص نباشد یا در استاندارد ۲۸۰۰ تعریف نشده باشد، می‌توان مقدار R_μ را برابر با ۱/۳ در نظر گرفت.

در سازه‌های با ترکیب سیستمهای مقاوم در برابر زلزله در راستاهای مختلف و یا ترکیب سیستم‌های سازه‌ای مختلف در ارتفاع، مقدار ضریب کاهش ناشی از شکل‌پذیری سازه براساس سیستم مقاوم جانبی محاسبه می‌شود که کمترین مقدار R_μ را نتیجه دهد.

۳-۳-۱-۱-۳- ضریب تشدید

برای نما و دیوار نگهدارنده آن بر حسب آن که در تراز پایه است و یا بالاتر از تراز پایه سازه قرار دارد، یک ضریب تشدید، C_{AR}، تعریف می‌شود این ضریب طبق جدول (۳-۳) تعیین می‌شود.

۳-۳-۱-۱-۴- ضریب مقاومت جزء

ضریب مقاومت عضو، R_{po}، طبق جدول (۳-۳) تعیین می‌شود.

۳-۳-۱-۲- روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی

در روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی، نیروی جانبی زلزله طبق رابطه (۳-۷) محاسبه می‌شود.

$$F_p = I_p W_p a_i \left(\frac{C_{AR}}{R_{po}} \right) \qquad (۳-۷)$$

در این رابطه:

a_i = شتاب حداکثر در تراز "i" است تراز i ترازی است که جزء غیرسازه‌ای در آن واقع است.

مقدار a_i از تحلیل سازه به روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی تحت حداقل ۷ شتابنگاشت بدست می‌آید. در صورتی که طراحی سازه نگهدارنده به روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی مطابق استاندارد ۲۸۰۰ صورت گیرد، کل مجموعه شتابنگاشت‌های استفاده شده در تحلیل سازه باید در تعیین مقدار a_i استفاده شود. مقدار a_i متوسط بیشینه شتاب‌های بدست آمده در مرکز جرم سازه در تراز i می‌باشد. ضابطه حداقل و حداکثر مقدار برای F_p که در روابط (۳-۲) و (۳-۳) آمده است باید رعایت شود.

۳-۳-۱-۳- مؤلفه قائم نیروی زلزله

مؤلفه قائم نیروی زلزله از رابطه (۳-۸) تعیین می‌شود.

$$F_{pv} = 0.6A(1+S) I_p W_p \qquad (۳-۸)$$

این مؤلفه باید همزمان با نیروی جانبی به جزء اثر داده شده و در ترکیب‌های بارگذاری‌های مختلف به‌کار برده شود.

۳-۳-۱-۴- بارهای غیر لرزه‌ای

هرگاه مقدار بار غیرلرزه‌ای (بار باد یا ضربه) بر روی نما یا دیوار نگهدارنده آن از F_p تجاوز کند، آن بار، مبنای طراحی قرار خواهد گرفت. اما، جزئیات اجرایی و محدودیت‌های تعیین شده براساس طراحی لرزه‌ای باید اعمال گردد.

۳-۳-۲- محاسبه تغییرمکان

نماها با توجه به اینکه در دو یا چند نقطه به سازه متکی هستند، باید قادر به پذیرش تغییر مکان‌های نسبی بین این نقاط D_{PI} باشند.

$$D_{PI} = D_p I_p \qquad (۹-۳)$$

I_p ضریب اهمیت عضو غیر سازه‌ای می‌باشد و تغییر مکان نسبی، D_p، بین دو نقطه A وB با استفاده از ضوابط زیر تعیین می‌شود:

الف- دونقطه بر روی یک سازه قرار دارند:

$$D_p = \Delta_{xA} - \Delta_{yA} \qquad (۱۰-۳)$$

در مواردی که از روش تحلیل طیفی برای تعیین اثر زلزله در سازه استفاده می‌شود، مقدار D_p باید برای هر مود محاسبه و نتایج به صورت آماری ترکیب گردند. مقدار D_p لزومی ندارد بیشتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$D_p = \frac{(h_x - h_y)\Delta_{aA}}{h_{sx}} \qquad (۱۱-۳)$$

راهکار دیگر جدا سازی نما و دیوار پشتیبان آن با استفاده از جزییات ارائه شده در فصول ۴ تا ۱۲ به صورتی است که جابجایی جانبی نما یا دیوار فقط به جابجایی یک تراز ارتفاعی ساختمان وابسته باشد و نما و دیوار تحت اثر جابجایی نسبی قرار نگیرد. بنابراین در صورت رعایت جزییات ارائه شده در این دستورالعمل برای نما و دیوار خارجی نیازی به کنترل جابجایی نسبی بین طبقات نیست.

ب- دو نقطه نما بر روی دو سازه قرار دارند:

$$D_p = |\delta_{xA}| + |\delta_{yB}| \qquad (۱۲-۳)$$

مقدار D_p از این رابطه لازم نیست بیشتر از مقدار رابطه (۳-۱۳) در نظر گرفته شود:

$$D_p = \frac{h_x \Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_y \Delta_{aB}}{h_{sx}} \qquad (۱۳-۳)$$

که در آن:

D_p = تغییر مکان نسبی جانبی زلزله که جزء باید برای پذیرش آن طراحی شود.

δ_{xA} = تغییر مکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز X سازه A

δ_{yA} = تغییرمکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز Y سازه A

δ_{xB} = تغییرمکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز X سازه B

h_x = ارتفاع تراز x (مربوط به اتصال بالایی)

h_y = ارتفاع تراز y (مربوط به اتصال پایینی)

Δ_{aA} = تغیرمکان جانبی نسبی مجاز طبقه برای سازهA

Δ_{aB} = تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه برای سازه B

h_{sx} = ارتفاع طبقه به‌کار رفته در تعریف تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه

۳-۳-۳-مهار نما و دیوارهای غیرسازه‌ای

نما، دیوار خارجی و تکیه‌گاه‌های آنها باید به‌گونه‌ای به سازه مهار شوند که بتوانند نیروهای وارده به نما و دیوار را به سازه منتقل کنند و تغییرشکل‌های ایجاد شده در آنها را پذیرا باشند. مسیر انتقال بار در این اجزا باید دارای مقاومت و سختی کافی بوده و محل اتصال به سازه توانایی تحمل اثر موضعی بارها را داشته باشد. استفاده از اتصالات جوشی یا پیچی و نظایر آنها مجاز است ولی نباید به مقاومت اصطکاکی ناشی از بارهای ثقلی تکیه شود.

۳-۳-۳-۱- نیروی طراحی مهارها

نیروی طراحی اتصالات باید براساس نیروها و جابجایی‌های وارده بر نما براساس بند ۳-۳-۱ و ۳-۳-۲ محاسبه شود. در ترکیبات بار مورد استفاده برای طراحی مهار باید از ضریب اضافه مقاومت Ω_{op} عضو غیر سازه‌ای که در جدول ۳-۳ داده شده است در ترکیبات بار استفاده نمود.

۳-۳-۳-۲ مهار اتصالات نما و دیوار نگهدارنده نما

مهار اتصالات نما و دیوار نگهدارنده نما در اعضای فولادی، بتن آرمه و مصالح بنایی باید طبق ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی صورت گیرد و در مواردی که دستورالعمل مشخصی ارائه نشده است با انجام دادن آزمایش‌های مناسب از کافی بودن مقاومت مهارها و نیز ظرفیت تغییرشکل‌پذیری آنها اطمینان حاصل شود. مهار باید به گونه‌ای طراحی شود که تکیه‌گاه یا عضو غیر سازه‌ای که مهار به آن متصل است قبل از رسیدن مهار به مقاومت طراحی، به خرابی رسیده باشد یا باید مهار برای ترکیبات بار طراحی با فرض ضریب اضافه مقاومت Ω_{op} داده شده در جدول ۳-۳ طراحی شود.

جدول ۳-۳- ضرایب نما، دیوار خارجی و اتصالات آنها

اجزا معماری	C_{AR}	R_{po}	Ω_{op}
دیوار غیر سازه‌ای خارجی و اتصالات			
دیوارهای غیر سازه‌ای خارجی مسلح	۱	۱/۵	۱/۵
دیوارهای غیر سازه‌ای خارجی پانلی	۱	۱/۵	۱/۵
بست‌ها و پیچ‌ها و قطعات سیستم اتصال دیوار	۲/۸	۱/۵	۱
جان‌پناه‌ها و دیوارهای طره خارجی	۱	۱/۵	۱/۵
پوشش نما			
هر نوع چسبانده شده بر روی دیوار خارجی جداسازی شده اجرا شده براساس فصل ۱۲ این دستورالعمل	۱	۱/۵	۱/۵
هر نوع نمای چسبانده شده بر روی دیوار میانقابی	۱/۴	۱/۵	۲
نماهای مهار شده (سنگ، آجر، سرامیک، GFRC،کامپوزیت و ...)	۱	۱/۵	۱/۵
انواع نمای شیشه‌ای	۱/۴	۱/۵	۲
نمای پیش‌ساخته بتنی	۱	۱/۵	۱/۵
بست‌ها و پیچ‌های سیستم اتصال نما	۲/۸	۱/۵	۱

۳-۳-۴- معیارهای پذیرش، ضوابط و الزامات لرزه‌ای اجزاء نما

۳-۳-۴-۱- نماهای چسبانده شده

در نماهای چسبانده شده، ملات مورد استفاده جهت تحمل بارهای ثقلی می‌باشد و نما باید با اتصالات مکانیکی یا مهارهای پشت بندی که قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای افقی محاسبه شده در بند ۳-۳-۱ می‌باشند، به دیوار مهار شود. همچنین کنترل پایداری دیواری که نما به آن چسبیده نیز براساس ضوابط این فصل ضروری است.

در صورت اجرای نمای چسبانده به طور مستقیم روی دیوارهای برشی یا ستون‌ها که تحت جابجایی بزرگ قرار می‌گیرند، این نماها در زلزله آسیب‌پذیر خواهند بود و باید برای آنها تمهیدات ویژه‌ای در نظر گرفت.

در نماهای چسبانده شده خرابی داخل صفحه نما معمولاً بر اثر تغییرشکل سازهٔ دربرگیرندهٔ دیوار میانقابی که نما بر روی آن چسبانده شده است رخ می‌دهد که باعث به وجود آمدن ترک و گسترش آن می‌شود. در صورتیکه دیوار براساس ضوابط فصل دوازدهم این دستورالعمل از سازه جداسازی شود نمای قرار گرفته بر روی آن نیز مشکلی براثر جابجایی‌های داخل صفحه نما نخواهد داشت. خرابی خارج از صفحه که به صورت بیرون افتادن نما رخ می‌دهد، مستقیماً به دلیل شتاب می‌باشد و باید به کمک مهارها و اتصالات مکانیکی از آن جلوگیری نمود.

۳-۳-۴-۲-نماهای مهار شده

الف-نماهای پرده‌ای

نماهای پرده‌ای باید به نحوه مناسبی به سازه مهار شوند. دراین نماها اتصالات باید بارهای ثقلی ناشی از وزن نما به همراه بارهای لرزه‌ای ناشی از شتاب افقی داخل صفحه، خارج صفحه و قائم زلزله را تحمل نمایند. در این نماها قاب نگهدارنده نما در تراز سقف طبقات باید براساس جزییات ارائه شده در فصول ۴ تا ۱۱ این دستورالعمل با اتصالات مناسب از جابجایی‌های نسبی سازه جداسازی شود.

در نماهای پرده‌ای شیشه‌ای، نما و سازه نگهدارنده آنها باید قادر به تحمل جابجایی‌های نسبی مطابق رابطه زیر باشند یا اتصالات آنها به گونه‌ای طراحی شوند که تا این میزان جابجایی نسبی، نیرویی به نمای شیشه‌ای وارد نشود.

$$\Delta_{fallout} \geq \max\left(1.25 D_{pI}, 13mm\right) \qquad (۱۴-۳)$$

در این رابطه:

D_{pI}: تغییرمکان نسبی لرزه‌ای مطابق بند ۳-۳-۲

$\Delta_{fallout}$: تغییرمکان نسبی لرزه‌ای که موجب بیرون افتادن شیشه از قاب نگهدارنده خود می‌شود و باید توسط روش تحلیلی یا آزمایش به دست آمده باشد.

در نماهای شیشه‌ای که یکی از شرایط زیر وجود داشته باشد نیازی به کنترل رابطه فوق نمی‌باشد:

۱- هر نمای شیشه‌ای که دارای فاصله کافی از قاب نگهدارنده خود باشد به طوری که در تغییرمکان نسبی لرزه‌ای که نما باید براساس آن طراحی شود تماس فیزیکی بین شیشه و قاب رخ ندهد. این فاصله از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$D_{clear} \geq 1.25 D_{PI} \qquad (۱۵-۳)$$

در این رابطه:

$$D_{clear} = 2c_1\left(1+\frac{h_p c_2}{b_p c_1}\right) \qquad (۱۶-۳)$$

که در آن:

h_p: ارتفاع شیشه

b_p: عرض شیشه

c_1: فاصله بین لبه‌های قائم شیشه و قاب

c_2: فاصله بین لبه‌های افقی شیشه و قاب

D_{PI}: تغییرمکان نسبی لرزه‌ای که نما باید برای تحمل آن طراحی شود و از بند ۳-۳-۲ به دست می‌آید.

۲- نمای شیشه ای کاملاً بازپخت شده (آبدیده) که در ساختمان های با اهمیت کم، متوسط و زیاد در ارتفاع کمتر یا مساوی ۳ متر از سطح پیاده‌رو قرار گیرد.

۳- هر نمای شیشه‌ای متشکل از شیشه آنیل، آبدیده یا لمینیت شده با ضخامت حداقل ۰/۷۶ میلی‌متر که به صورت مکانیکی در نمای شیشه‌ای پرده‌ای مهار شده است و اتصالات آن به صورتی است که در راستای درون صفحه نما این میزان جابجایی را بدون اعمال نیرو به نمای شیشه‌ای منتقل کند.

ب- نماهای مهار شده به دیوار پشتیبان

نماهای آجری و سنگی مهارشده و انواع مختلف نمای خشک در صورتی‌که از دیوار پشتیبان برای مهار استفاده شود، از نوع نماهای مهار شده متصل به دیوار پشتیبان می‌باشند. در نمای مهارشده اتصالات باید بارهای ثقلی ناشی از وزن نما به همراه بارهای لرزه‌ای ناشی از شتاب افقی داخل صفحه، خارج صفحه و قائم زلزله را تحمل نمایند. در این نماها در صورتی‌که دیوار پشتیبان طبق ضوابط فصل دوازدهم این دستورالعمل اجرا شود نیازی به کنترل جابجایی‌های نسبی برای نما نمی‌باشد.

۳-۳-۴-۳- پانل‌های پیش‌ساخته بتنی

پانل پیش‌ساخته بتنی معمولاً توسط اتصالات مکانیکی در فاصله‌های مشخص به سازه محیطی (تیرهای طبقات) وصل می‌شوند. اتصالات این نماها نیز باید برای بارهای ثقلی ناشی از وزن و شتاب‌های داخل صفحه و خارج صفحه زلزله به همراه شتاب قائم زلزله طراحی شوند. در این نوع نما نیز اگر جزییات اتصالات نما به سازه طبق فصل دهم این دستورالعمل باشد نیازی به کنترل جابجایی‌های نسبی نمی‌باشد.

۳-۳-۴-۴- نماهای کامپوزیت

با توجه به وزن واحد سطح پایین این نماها و جنس شکل‌پذیر آنها نیازی به کنترل این نماها برای نیروهای لرزه‌ای نیست. این نماها باید برای تحمل بار باد طراحی شوند ولی جزییات اجرایی اتصالات آنها باید به گونه‌ای باشد که تحمل جابجایی‌های ناشی از زلزله را داشته باشد و پانل‌های کامپوزیت را تحت اثر جابجایی نسبی ناشی از زلزله قرار ندهد.

۳-۳-۴-۵- دیوار پشتیبان و اتصالات آن

دیوارهای غیر سازه‌ای بلوکی یا پانلی باید به گونه طراحی شوند که در برابر بارهای لرزه‌ای (اینرسی)، باد و ضربه و بارهای ثقلی مقاومت کنند. همچنین باید به گونه‌ای اجرا شوند که با تغییرمکان‌های نسبی ناشی نیروهای جانبی زلزله و تغییرات درجه حرارت همساز باشند. دیوارها را می‌توان به دو صورت غیر پیوسته (جداسازی شده از سازه اصلی) و یا چسبانده شده به دیوار (میانقابی) طراحی و اجرا نمود. دیوارهای غیر پیوسته به دیواری اطلاق می‌شود که بجز در کف‌ها با پیش‌بینی درز انقطاع از سازه باربر جانبی جداشده و در سختی آن دخالت ندارند و مزاحمتی برای رفتار سازه‌ایجاد نمی‌کنند. در دیوارهای غیر پیوسته لازم است دیوار و اتصالات آن صرفا تحت اثر نیروهای اینرسی خارج صفحه کنترل شوند. در هر دو صورت دیوار باید برای تحمل بارهای عمود بر صفحه ناشی از باد و زلزله محاسبه و طراحی شود و جزییات اجرایی آن براساس ضوابط فصل دوازدهم این دستورالعمل باشد. در تمام ساختمان‌ها توصیه می‌شود که نسبت به جداسازی دیوار از قاب اقدام شود. جداسازی دیوار از قاب مطابق جزییات ارائه شده در این فصل باید در کلیه ساختمان‌های بلندتر از چهارطبقه و نیز

در ساختمان‌های با اهمیت بسیار زیاد و با طبقات کمتر از چهار طبقه و تمام ساختمان‌هایی که یکی از شرایط زیر را داشته باشند رعایت شود.

مقاومت واحد بنایی دیوار کمتر از ۳٫۵ مگا پاسگال باشد.

دیوار باعث ایجاد نامظمی پیچشی در ساختمان شود.

دیوار در ارتفاع دچار عدم پیوستگی باشد و در طبقات پایین‌تر حذف شود.

دیوارهایی که جنس مصالح آنها آجر سفالی باشد.

همچنین در صورت عدم مدلسازی رفتار دیوار در مدل‌های سازه‌ای جداسازی آن ضروری است.

دیوارهای خارجی که تمام ارتفاع طبقه را پوشش نمی‌دهند (دیوارهای دارای پنجره‌های سرتاسری) همواره باید از قاب سازه‌ای جدا شوند، زیرا در غیر اینصورت می‌توانند باعث تشکیل "ستون کوتاه" در سازه شوند.

فاصله جداسازی دیوار از ستون‌ها در هر طرف دیوار برابر با حداقل دو مقدار ۳۰ میلی‌متر و ۰٫۰۱ ارتفاع کف تا کف طبقه می‌باشد و فاصله جداسازی از سقف برابر با بیشترین مقدار از دو مقدار ۲۵ میلی‌متر و حداکثر خیز دراز مدت تیر می‌باشد. طول آزاد دیوارها در پلان نباید از ۴ متر و ارتفاع آزاد آن نباید از ۳٫۵ متر بیشتر در نظر گرفته شود. در دیوارهای با طول بیشتر از ۴ متر باید از عضو قائم با مقطع فولادی یا بتنی به عنوان تکیه‌گاه جهت مهار خارج از صفحه دیوار (وادار) استفاده شود. در دیوارهای با ارتفاع بیش از ۳٫۵ متر باید با استفاده از عضو افقی با مقطع فولادی یا بتنی (تیرک) ارتفاع آزاد را کاهش داد. جزییات وادارها و تیرک‌ها در فصل دوازدهم این دستورالعمل ارائه شده است.

در دیوارهای پانلی کارخانه‌ای و دیوارهای مسلح شده به شبکه الیاف، ارتفاع دیوار می‌تواند تا حدی که برای برش و خمش عمود بر صفحه طراحی شده، در نظر گرفته شود. در این دیوارها احتیاجی به استفاده از وادار نمی‌باشد.

تنها دیوارهای پانلی دارای گواهینامه فنی لرزه‌ای و دیوارهای بلوکی مسلح شده براساس جزییات ارائه شده فصل دوازدهم این دستورالعمل به عنوان دیوار خارجی قابل استفاده می‌باشند. دیوارهای خارجی باید قادر به پذیرش جابجایی‌های نسبی ناشی زلزله و حرکت‌های ناشی از تغییرات درجه حرارت باشند. این دیوارها باید یا مستقیما توسط اعضای سازه‌ای مهار شوند یا به وسیله اتصال مکانیکی با شرایط زیر مهار شوند.

الف- اتصالات و درز بین دیوار و سازه باید به گونه‌ای باشد که امکان جابجایی تجمعی معادل با ۶۰ میلی‌متر یا ۲٪ ارتفاع طبقه هر کدام که کمتر بود را فراهم نماید. بدین منظور فاصله بین دیوار و سازه در هر سمت دیوار باید برابر با نصف این مقدار یعنی حداقل دو مقدار ۳۰ میلی‌متر و ۱٪ ارتفاع طبقه باشد.

ب-اتصالات باید از نوع قطعات لغزشی فولادی یا سایر انواع اتصالات معرفی شده در فصل دوازدهم این دستورالعمل باشند و قابلیت تحمل جابجایی نسبی بین سازه و دیوار را داشته باشند.

ج- اتصالات باید از شکل‌پذیری و ظرفیت کافی جهت جلوگیری از خرد شدگی در بتن یا شکست ترد در نواحی نزدیک به اتصال برخوردار باشند.

د-تمام اجزای اتصال شامل بولت‌ها، جوش‌ها و رول پلاک‌ها و بدنه قطعه اتصال باید برای نیروی F_P مشخص شده در بند ۳-۳-۱ که در مرکز جرم جسم وارد می‌شود. سیستم اتصالات شامل اتصالات بین قاب سازه‌ای و دیوار بلوکی یا پانلی و اتصالات بین پانل‌ها یا بلوک‌ها می‌باشد.

هـ- هنگامی‌که اجزای مهار دیوار به صفحات کارگذاشته در بتن یا مصالح بنایی متصل می‌شوند، این صفحات باید جهت ممانعت از وقوع مود خرابی بیرون کشیدگی از بتن یا مصالح بنایی کنترل شوند.

جزییات اتصال دیوارها باید به گونه طراحی شوند که دیوار در راستای درون صفحه دیوار به صورت صلب با سقف پایین دیوار حرکت کرده و از سقف بالای دیوار با استفاده از اتصالات کشویی جداسازی شده باشد.

۳-۴- بار باد وارده بر اجزای نما

ساختمان‌ها به طور کلی و نما به عنوان جزء در معرض باد، باید به صورت مستقل برای اثرات ناشی از باد طراحی و اجرا شوند. این اثر بر روی نما باید با توجه به میانگین سرعت باد در منطقه، ارتفاع، شکل هندسی ساختمان‌ها، میزان پوشش و گرفتگی‌ای که موانع مجاور برای آنها ایجاد می‌کنند محاسبه شود. جهت تعیین اثر ناشی از باد فرض می‌شود که باد به صورت افقی و در هر یک از امتدادها و به طور غیر همزمان به نمای ساختمان اثر می‌کند. این اثر با بار زلزله جمع نمی شود و کلیه اجزای نما باید برای اثر آن، طراحی شوند. بسته به نوع نما، سیستم نما باید برای اثرات مکشی باد یا اثرات مکش و فشار باد هر کدام به تنهایی طراحی شود در نماهای چسبانده شده بار باد حاکم، بارهای مکش می‌باشد ولی در نماهای مهار شده بسته به نوع مهارها هر کدام از بارهای مکش یا فشار می‌تواند بحرانی شود و نما باید برای هر دو حالت کنترل شود. جدول ۳-۴ راستای بار بادی که نما باید برای آن کنترل شود را نشان می‌دهد. توجه شود که اتصالات پانل‌های نما در نماهای پرده‌ای مانند نمای بتنی پیش ساخته باید برای ۱٫۵ برابر بار باد طراحی نما و اتصالات نماهای پرده ای شیشه ای باید برای ۲ برابر بار باد وارده به نما طراحی شوند.

جدول ۳-۴- راستای بار بادی که باید نما برای آن کنترل شود

اجزاء نما	مکش	فشار
سنگ چسبانده شده	+	−
سنگ مهار شده	+	+
آجر چسبانده شده	+	−
آجر مهارشده	+	+
سرامیک با اتصال خشک	+	+
تخته سیمانی و GRP	+	+
کامپوزیت	+	+
نمای سیمانی	+	−
نمای TRC	+	−
نمای با لایق عایق خارجی	+	−
شیشه پرده ای	+	+
شیشه store front	+	+
نمای پیش‌ساخته بتنی	+	+
نمای سنگ پرده‌ای	+	+
اجزای سیستم اتصال نمای مهار شده	+	+
اجزای سیستم اتصال نمای چسبانده شده	+	−
دیوارهای نگهدارنده نما و اتصالات آنها		
دیوارپشت نما در نماهای پرده ای غیر شفاف	−	−
دیوار پشتیبان در سایر انواع نما	+	+
اجزای سیستم اتصال دیوار در نماهای پرده ای	−	−
اجزای سیستم اتصال دیوار در سایر انواع نما	+	+

۳-۴-۱- فشار یا مکش ناشی از باد بر سطح نما

۳-۴-۱-۱- روش استاتیکی

در روش استاتیکی فشار یا مکش تحت اثر باد بر نما یا دیوار خارجی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$p = 0.000613\mathrm{V}^2\mathrm{I_w}\mathrm{C_e}\mathrm{C_t}\mathrm{C_d}(\mathrm{C_p}C_g + C_p^*C_{gi}) \qquad (۳-۱۷)$$

که در این رابطه :

p =فشار یا مکش که به صورت استاتیکی در جهت عمود بر سطح عمل می‌کند. در حالت فشار به سمت رو به سطح عمل می‌کند و در حالت مکش به سمت خارج از سطح عمل می‌کند. این بار از جمع جبری فشار ها یا مکش‌های داخلی و خارجی ساختمان طبق مبحث ششم مقررات ملی بدست می‌آید.

V =سرعت مبنای باد بر حسب متر بر ثانیه براساس جدول (۶-۱۰-۱) مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان. توجه شود که مقادیر این جدول بر حسب کیلومتر بر ساعت می‌باشد و پیش از اعمال در رابطه فوق باید با تقسیم بر ضریب ۳٫۶ به متر بر ثانیه تبدیل شود.

I_w: ضریب اهمیت بار باد طبق مبحث ششم مقررات ملی

C_e: ضریب اثر تغییر سرعت طبق بند ۶-۱۰-۶ مبحث ششم مقررات ملی

C_t: ضریب پستی و بلندی زمین طبق بند ۶-۱۰-۷ مبحث ششم مقررات ملی

C_d: ضریب هم راستایی باد طبق بند ۶-۱۰-۱۲ مبحث ششم مقررات ملی

C_p: ضریب فشار یا مکش خارجی طبق بند ۶-۱۰-۸ یا ۶-۱۰ -۹ مبحث ششم مقررات ملی

C_g: ضریب اثر تندباد برای سطح خارجی ساختمان طبق بند ۶-۱۰-۸ یا ۶-۱۰ -۹ مبحث ششم مقررات ملی

C_p^*: ضریب فشار یا مکش داخلی طبق بند ۶-۱۰-۱۱ مبحث ششم مقررات ملی که براساس میزان و نوع بازشو ها در نما تعیین می‌شود.

C_{gi}: ضریب اثر تندباد برای سطح داخلی ساختمان طبق بند ۶-۱۰-۸ مبحث ششم مقررات ملی

۳-۴-۱-۲- روش‌های تجربی و دینامیکی

در ساختمان‌های بلند با ارتفاع بیش از ۶۰ متر یا نسبت عرض به ارتفاع بیش از ۴ استفاده از روش استاتیکی مجاز نمی‌باشد و باید براساس یکی از دو روش دینامیکی یا تجربی براساس مبحث ششم مقررات ملی بار باد وارده بر نما و دیوار خارجی محاسبه شود.

۳-۴-۲- معیار پذیرش نما برای بار باد

تمام اجزای نما در ساختمان باید مقاومت کافی در مقابل بار باد را دارا باشد. اجزای نما از قبیل قطعات سنگ یا قطعات نمای کامپوزیت و غیره به عنوان یک قطعه مجزا باید مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین مهارها و نیز در صورت وجود دیوار نگهدارنده هر کدام باید مقاومت کافی برای انتقال نیروهای ناشی از بار باد به تکیه‌گاه‌ها را دارا بوده و سطح خدمت رسانی مورد نظر را تامین نمایند. باید توجه شود که در نماهای پرده‌ای غیر شفاف، کل بار باد توسط نما و اجزای آن تحمل می‌شود و به اسکلت سازه‌ای انتقال می‌یابد و به دیوار پشتیبان باری وارد نمی‌شود.

۳-۴-۲-۱- معیار پذیرش نما در برابر نیروهای ناشی از بار باد

تمام اجزای نما شامل خود قطعه نما و اتصالات آن و همچنین دیوار پشتیبان نما باید توانایی تحمل در برابر نیروهای ناشی از بار باد را داشته باشند. تنش‌های خمشی ایجاد شده در قطعه نما باید با ظرفیت تنش خمشی نما به روش ذکر شده در بند ۳-۴-۲-۳ یا روش‌های محاسباتی براساس مکانیک مهندسی مقایسه شود. همچنین تنش‌های برشی، فشاری و کششی ایجاد شده در اتصالات نما به سازه نیز باید از نظر ظرفیت تنش قابل تحمل در اتصالات کنترل شود.

۳-۴-۲-۲- معیار پذیرش نما در برابر تغییر شکل ناشی از بار باد

تغییر مکان‌های ناشی از بار باد در هر سیستم نما از جمله نما با قطعات چسبیده یا مهار شده اعم از مهار شده به دیوار پشتی یا مهار شده به سازه نگهدارنده باید در محدوده معینی باشد. محدودیت‌های تغییر شکل شامل اعمال بار باد به صورت مکش و فشار می‌باشد.

چنانچه مصالح دیوار از نوع شکننده و ترد باشد، حد مجاز تغییر شکل خارج از صفحه نما $L/240$ و چنانچه از مصالح انعطاف‌پذیر استفاده شده باشد حد مجاز این تغییر شکل $L/120$ می‌باشد. L فاصله بین تکیه‌گاه‌های جدار بیرونی است. برای ارزیابی این مسئله می‌توان از مدلسازی اجزای محدود که در بر گیرنده تمام اجزای نما و اتصالات آن می‌باشد و یا از آزمون‌های آزمایشگاهی استفاده نمود.

۳-۴-۲-۳- روش آزمون و تعیین ظرفیت قطعات و پانل‌های نما

جهت تعیین ظرفیت قطعات و پانل‌های نما می‌توان از آزمون آزمایشگاهی به شرح زیر بهره برد:

آزمون باید تحت اثر افزایشی تدریجی سربار قرار گیرد تا اینکه یا خرابی رخ دهد یا بار سربار به مقداری برسد که محدودیت تغییر مکان جدول ۳-۵ در آن رخ دهد. در مواردی که معیارهای تغییر مکان جدول ۳-۵ به هر دلیل، مبنا قرار نگیرد، بارگذاری تا خرابی ادامه داده می‌شود. در اینجا مقدار مجاز نیروی قابل اعمال به قطعه معادل کمترین مقدار حاصل از بندهای زیر در نظر گرفته می‌شود.

۱-نیرو در تغییرمکان برابر جدول ۳-۵

۲-نیروی خرابی

جدول ۳-۵- محدوده قابل قبول تغییر شکل نما تحت اثر باد

نوع نمای خارجی	محدوده قابل قبول تغییر شکل نما
نما با پوشش مصالح شکننده	L/۲۴۰
نما با پوشش مصالح شکل‌پذیر	L/۱۲۰

۳-۵- ارزیابی نمای ساختمان در مقابل بارهای ضربه‌ای

۳-۵-۱- مقدمه

یکی از الزامات در طراحی نمای ساختمان، تحمل نما در مقابل ضربات در طول دوره بهره‌برداری است. این ضربات می‌تواند شامل ضربات سنگین اتومبیل‌ها، ضربات ناشی از برخورد افراد یا سایر اجسام باشد. بنابر رویکرد استانداردها به طور معمول جدار خارجی ساختمان مورد ارزیابی در مقابل ضربه قرار می‌گیرد. این جدار می‌تواند شامل دیوارخارجی و نمای چسبیده به آن بوده یا شامل نما و سازه مجزای نگهدارنده نما که به آن متصل است باشد. از آنجا که معیارهای پذیرش، مبتنی بر

امکان ادامه بهره‌برداری ایمن از قطعات است لذا این آزمون‌ها برای نمای ساختمان الزامی است. در حالتی که نمای ساختمان از طریق یک سازه نگهدارنده به قطعات سازه‌ای متصل باشد (نمای پرده‌ای)، آزمون‌های ضربه باید به طور مستقل روی نما انجام شود.

بدین منظور دو راهکار وجود دارد:

الف- مدل‌سازی اجزای محدود نما با جزییات و اتصالات آن و انجام تحلیل عملکرد نما تحت اثر بار دینامیکی ضربه

ب- در صورت عدم انجام تحلیل دیوار در برابر بارهای ضربه‌ای، انجام آزمایش بر روی نمونه نمای ساخته شده از جنس مورد نظر براساس ضوابط این بخش

روش عمومی انجام آزمون‌های ضربه براساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۷۲ با عنوان "اجزای قائم ساختمان-آزمون مقاومت در برابر ضربه-اجسام ضربه‌ای و روش‌های عمومی آزمون" می‌باشد. ضربات مورد بررسی در این فصل شامل ضربه‌های ایجادکننده شوک و ضربه‌های ناشی از حرکت با سرعت بالای یک شیء (مانند پرتابه اسلحه گرم یا چکش) نمی‌شود.

۳-۵-۲- آزمون ضربه

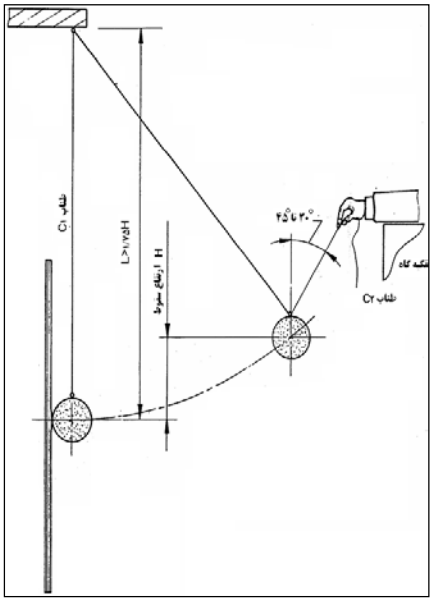
آزمون‌های ضربه شامل جسم ضربه‌زننده‌ای است که مانند آونگ روی سطح نمونه قائم دیوار که در یک قاب جاسازی شده است، سقوط می‌کند. در هنگام برگشت، جسم ضربه‌زننده عقب نگهداشته می‌شود و اصابت مجدد صورت نمی‌گیرد. برای نما دو نوع آزمون شامل ضربه اجسام سخت و ضربه اجسام نرم بزرگ باید انجام شود.

۳-۵-۲-۱- ضربه اجسام سخت

ضربه اجسام سخت فقط حاصل ضربه‌هایی است که از جابجایی یا پرتاب اشیاء صلب حاصل می‌شود (به طور مثال پرتاب یک قطعه سخت یا یک تکه سنگ).

ابزار اعمال این آزمون، جهت ارزیابی حفظ قابلیت خدمت‌رسانی قطعات نما (بند ۳-۵-۵-۱)، جسم سخت یک گوی فولادی پانصد گرمی به قطر ۵۰ میلی‌متر است که جرم آن با مهره اتصال حدود g(۵±۵۰۰) خواهد بود ضربه‌هایی که با این نوع گلوله اعمال می‌شود با علامت H1 شناخته می‌شود. جهت ارزیابی حفظ معیار ایمنی ساکنین (بند ۳-۵-۵-۲)، جسم سخت یک گوی فولادی یک کیلوگرمی به قطر ۶۲٫۵ میلی‌متر است که جرم آن با مهره اتصال حدود g (۱۰±۱۰۰۰) خواهد بود، ضربه‌هایی که با این نوع گلوله اعمال می‌شود با علامت H2 شناخته می‌شود.

در شکل (۳-۱) روش انجام آزمون نمایش داده شده است. ارتفاع سقوط بر مبنای انرژی ضربه‌ای تعیین می‌شود. شکل (۳-۲) نمونه‌ای از این آزمون را نمایش می‌دهد. این ارتفاع براساس انرژی ضربه موجود در جدول (۳-۷) تعیین می‌گردد.



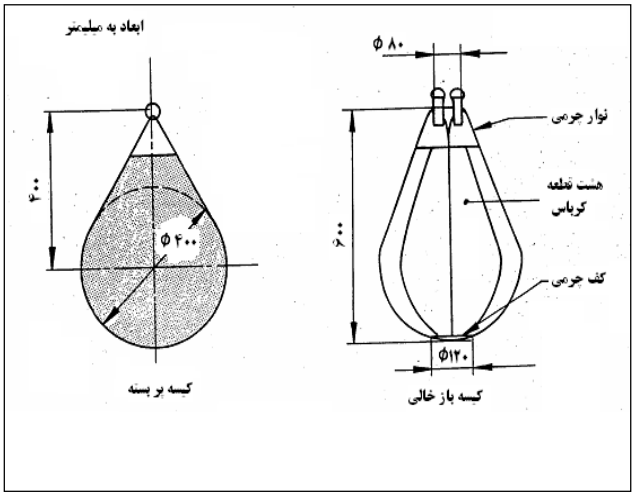
شکل ۳-۱- انجام آزمایش ضربه جسم سخت

شکل ۳-۲- انجام آزمایش ضربه جسم سخت بر روی نما

۳-۵-۲-۲- ضربه جسم نرم بزرگ

ضربه جسم نرم بزرگ حاصل ضربه‌هایی است که از برخورد بدن انسان روی سطح اتفاق می‌افتد (به طور مثال ضربه شانه، ضربه حاصل از دویدن و برخورد به دیوار).

جسم ضربه‌زننده یک کیسه کروی مخروطی به جرم ۵۰ kg است. این کیسه از هشت قطعه پارچه کرباسی که به هم دوخته شده‌اند، تشکیل شده است. کیسه با گلوله‌های شیشه‌ای به قطر سه میلی‌متر پر شده است. جرم کیسه (۵۰±۰٫۵kg) است. ضربه‌هایی که با این کیسه اعمال می‌شود با علامت S2 نمایش داده می‌شود. در شکل (۳-۳) نمایی از کیسه مورد استفاده در آزمون نشان داده شده است.

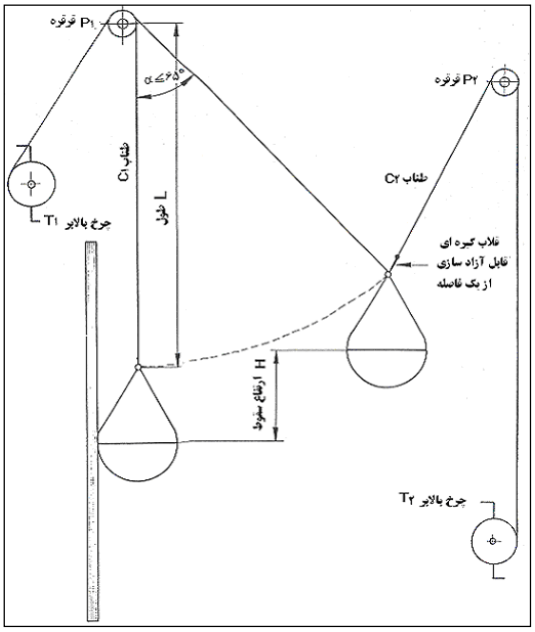


شکل ۳-۳- کیسه کروی مخروطی پنجاه کیلوگرمی

ضربه به وسیله سقوط آونگی کیسه کروی مخروطی که در بالا شرح داده شده است، اعمال می‌شود. ابزاری که برای کنترل سقوط کیسه به کار می‌رود، در شکل (۳-۴) نشان داده شده است. قرقره و چرخ بالابر با کیسه در یک راستا قرار داشته باشند.

کیسه وقتی بالا برده می‌شود در موقعیت قائم قرار می‌گیرد. ارتفاع سقوط H با به‌کارگیری میله اندازه‌گیری قائم که روی زمین افقی تکیه دارد، اندازه‌گیری می‌شود. ارتفاع سقوط برابر با تفاوت بین تراز خط افقی مشخص شده در مرکز کیسه تا تراز محل برخورد بر روی دیوار است.

ارتفاع سقوط مطابق بند ۳-۵-۳-۳ و مبتنی بر انرژی ضربه‌ای که در جدول ۳-۷ ارائه شده است تعیین می‌شود.



شکل ۳-۴- جزییات نحوه انجام آزمایش ضربه جسم نرم سنگین

شکل ۳-۵- آزمایش ضربه جسم نرم سنگین روی نما

۳-۵-۳- گروه‌بندی عملکردی نما برای تعیین انرژی ضربه

ضربه اعمال شده بر روی سطح نما تابع موقعیت قرارگیری قطعه نما در ساختمان و میزان در معرض ضربه بودن آن قطعه است. به این منظور گروه‌بندی عملکردی برای قطعات پیرامونی یک ساختمان تعیین می‌شود.

۳-۵-۳-۱- گروه‌بندی عملکردی

با توجه به موقعیت یک نما در ساختمان و تنوع عملکردهایی که در اطراف ساختمان امکان‌پذیر است، دامنه وسیعی از حالات ممکن است ولی در اینجا این دامنه به ۶ گروه اصلی تقسیم می‌شود. گروه‌های A تا D مربوط به موقعیت‌های تا ۱٫۵ متر بالاتر از سطح پیاده‌رو بوده و بالاتر از این تراز با توجه به کاهش خطرات ضربه به دو گروه دیگر تقسیم می‌شود. تعاریف این گروه‌ها در جدول ۳-۶ ارائه شده است.

جدول ۳-۶- گروه‌بندی سطوح در معرض ضربه در ساختمان‌ها

گروه	شرح	مثال	
A	در دسترس عموم و افرادی که انگیزه ای برای ملاحظه کاری ندارند. در معرض نفوذهای خرابکارانه و یا اعمال خشن.	دیوار منازل مسکونی یا ساختمان‌های عمومی در مناطق با احتمال خرابکاری	ناحیه ای از دیوار ۱٫۵ متر بالاتر از سطح پیاده رو یا کف
B	در دسترس عموم و افرادی که انگیزه‌ای برای ملاحظه کاری ندارند. در معرض بروز تصادفات یا سوء استفاده.	دیوارهای مجاور پیاده راه کنار شاهراه‌ها و یا مجاور زمین بازی که در گروه A نگنجد.	
C	عمدتاً در دسترس افراد دارای انگیزه ملاحظه کاری. احتمال وقوع تصادف و سوء استفاده وجود دارد.	دیوارهای مجاور فضای سبز خصوصی و دیوارهای عقب بالکن‌ها.	
D	تنها در دسترس افراد دارای ملاحظه‌کاری و دور از مسیرهای عبور. احتمال کم بروز تصادفات یا سوء استفاده.	دیوارهای مجاور فضای سبز محصور بدون راه عبور	
E	بالاتر از ناحیه با احتمال ضربه از سوی افراد ولی با احتمال برخورد اشیاء پرتابی	در ارتفاع ۱٫۵ متر تا ۶ متر در نواحی گروه A و B	
F	نواحی بالاتر از ناحیه با احتمال ضربه از سوی افراد و بدون احتمال برخورد اشیاء پرتابی	نواحی با ارتفاع بیش از ۶ متر که به طور معمول با تجهیزات خاص قابل دسترس است.	

۳-۵-۳-۲- تعیین انرژی ضربه

ضوابط زیر شامل نماهای شیشه‌ای شفاف و مات و ورق‌های پلاستیک شفاف نمی‌شود و برای این مواد باید به ضوابط اختصاصی مراجعه نمود. انرژی ضربه جسم سخت و جسم نرم بزرگ براساس گروه عملکردی در جدول ۳-۷ ارائه شده است.

جدول۳-۷- جدول تعیین انرژی ضربه

گروه عملکردی	انرژی ضربه‌ای جسم سخت $N.m$		انرژی ضربه‌ای جسم نرم بزرگ $N.m$	
	معیار حفظ شرایط عملکردی نما	معیار حفظ ایمنی افراد	معیار حفظ شرایط عملکردی نما	معیار حفظ ایمنی افراد
A	به توضیحات (الف) مراجعه شود			
B	(H2) ۱۰	(H2)۱۰	(S1)۱۲۰	(S1) ۵۰۰
C	(H1) ۶	(H2)۱۰	(S1)۱۲۰	(S1) ۵۰۰
D	(H1) ۶	(H2)۱۰	(S1)۱۲۰	(S1) ۵۰۰
E	(H1) ۶	(H2)۱۰	-	(S1) ۳۵۰
F	(H1) ۳	-	-	(S1) ۳۵۰

الف-برای این دسته از دیوارها هیچ معیاری ارائه نمی‌شود و با توجه به سطح و شدت خرابکاری محتمل باید ارزیابی صورت گیرد

۳-۵-۳-۳- ارتفاع سقوط وزنه و کیسه در آزمون‌های ضربه

در جدول (۳-۷) انرژی ضربه برای حالات مختلف ارائه شده است در زیر براساس انرژی ضربه و وزن گلوله یا کیسه، ارتفاع رهاسازی ارائه شده است:

الف- ضربات جسم سخت

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۱۰Nm یک گلوله فولادی استیل با قطر ۶۲٫۵mm و با جرم ۱٫۰kg از ارتفاع ۱۰۲۰mm به صورت آونگی رها می‌شود.

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۶Nm یک گلوله فولادی استیل با قطر ۵۰ mm و با جرم ۰٫۵kg از ارتفاع ۱۲۲۰mm به صورت آونگی رها می‌شود.

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۳Nm یک گلوله فولادی استیل با قطر ۵۰ mm و با جرم ۰٫۵kg از ارتفاع ۶۱۰mm به صورت آونگی رها می‌شود.

ب- ضربات جسم نرم

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۵۰۰Nm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۱۰۲۰mm به صورت آونگی رها می‌شود.

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۳۵۰Nm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۷۱۵mm به صورت آونگی رها می‌شود.

برای ایجاد انرژی ضربهٔ ۱۲۰Nm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۲۴۵mm به صورت آونگی رها می‌شود.

۳-۵-۴- موقعیت ضربات روی نما

موقعیت ضربات باید به گونه‌ای تعیین شود که احتمال وقوع بدترین اثرات به لحاظ ترک‌خوردگی یا جداشدگی مهار از قطعه نما وجود داشته باشد. به طور نمونه در مورد نمای سنگی که متکی به چند مهار پشت سنگ می‌باشد عکس‌العمل

یک پانل به ضربه، با توجه به مکان ضربه تغییر می‌کند. اگر یک پانل در نزدیکی نقطه مهار به طور مستقیم مورد ضربه قرار گیرد، ممکن است مهار در سطح خارجی پانل فرو رود. اگر در مرکز پانل ضربه وارد شود، پانل ممکن است بین مراکز اضلاع بلندتر به سادگی دچار ترک عرضی در وسط شود. در مقایسه با حالتی که ضربه بین دو پانل توزیع شود یا در عرض اضلاع یا گوشه‌های مشترک رخ دهد، بدترین حالتی که محتمل‌تر است، وقتی است که ضربه به یک پانل تک برخورد کند. اگر پانل دچار ضربه در یک گوشه شود، گوشه ممکن است به سادگی بشکند.

ماهیت و نوع سیستم مهار نیز در مقاومت در برابر ضربه موثر است. اگر سنگ با مهارهای کوتاه صلب به دیوار پشت‌بند صلب متصل شده باشد و ضربه در نزدیکی یک مهار وارد شده باشد هیچ انرژی‌ای توسط مهاربندها جذب نشده و ماکزیمم مقدار انرژی به سنگ منتقل می‌شود. اگرمهارها انعطاف‌پذیرتر باشند می‌توانند مقداری از انرژی را جذب کنند و مقاومت سنگ در برابر ضربه را بهبود بخشند. اگر دیوار پشت‌بند، انعطاف‌پذیر باشد یا یک قاب فلزی منعطف از سنگ حفاظت کند، مقدار قابل‌توجهی از انرژی ممکن است توسط آنها جذب شود.

اگر ضربه در فاصلهٔ دور از محل مهار رخ دهد، تنش خمشی در سنگ ایجاد می‌شود که احتمالاً موجب ایجاد ترک در نزدیکی نقطه ضربه در ترک می‌شود. اگر سنگ قادر به چرخش در مهارها باشد، ممکن است این امر تنش‌ها را کاهش دهد اما ممکن است یک بخش نازکی از سنگ نزدیک به مهار دچار انحنا شود.

استانداردها به طور معمول برای جزئیات مختلف نما و روش‌های مختلف اتصال، حداقل تعداد آزمایش ضربه و نقاط اجباری انجام آزمون ضربه را معرفی می‌نماید.

به طور نمونه برای نماهای سنگ مهار شده به دیوار بنایی ضوابط زیر برای تعیین موقعیت ضربه ارائه شده است:.

در هنگام تعیین مکان آزمون ضربه، باید مکان‌های حداقل (یکی از مکان‌های ذکر شده در پایین که مقاومت ضربه در آن حداقل است) در موارد زیر مدنظر قرار گیرد:

الف) برای سنگ

۱- وسط پانل سنگ، در بیش‌ترین فاصله از مهارها

۲- وسط طولانی‌ترین ضلع پانل

۳- وسط کوتاه‌ترین ضلع پانل

۴- وسط پانل

ب) برای سنگ با مهار نقطه‌ای (مهاربندها/ مهارهای جدا، یا صفحات موضعی corbel کوتاه):

۱- در نقطه‌ای برروی خط بین دو نقطهٔ قطری مهاربند، بین ۵۰mm و ۱۰۰mm از نقطه مهاربند

۲- دقیقاً روی نقطهٔ مهاربند

ج) برای سنگ با مهار ضلعی (ریل‌های ممتد با شیارهای کاملاً پرشد از ملات (grout) یا درزگیر):

در نزدیکی نقطه یک چهار از لبهٔ طولانی، بین ۵۰mm تا ۱۰۰mm از لبهٔ زبانه

تبصره۱: برای ضربات نزدیک مهارها، بهتر است که ضربه در فاصله کمی از نقطهٔ تکیه‌گاه وارد شود، تا تنش‌های ناشی از خمش در جدار نازک سنگ بین مهاربند و سطح پانل ایجاد شود.

تبصره۲: اگر بعضی از انواع پدهای مقاوم در برابر ضربه در پشت پانل‌های سنگی قرار داده شوند، مناسب است که ضربه در فاصله بین مکان این پد و یکی از نقاط مهاربندی وارد شود.

اگر پانل سنگی توسط یک قاب فلزی منعطف محافظت می‌شود، در هنگامی که نیرو به صفحهٔ سنگ وارد می‌شود، باید مکان‌هایی که در آنها سیستم تکیه‌گاهی بیشترین و کمترین تأثیر را، از خود نشان می‌دهد تعیین شود. در قسمت کمترین مقدار، باید در حالتی که یکی از نقاط مهاربند سنگ دقیقاً روی قاب نگهدارنده، که کمترین تأثیر را نشان می‌دهد، انجام شود.

۳-۵-۵- معیار پذیرش

برای نما معیارهای پذیرش مقاومت در برابر ضربه برای دو سطح عملکرد حفظ شرایط خدمت پذیری نما و معیار حفظ ایمنی افراد به ترتیب، متناسب با ضربه سطح متوسط و ضربه شدید باید کنترل شود.

۳-۵-۵-۱ حفظ سطح خدمت پذیری نما

دیواری که تحت ضربه سطح متوسط قرار می‌گیرد نباید کاهش سطح عملکرد داشته باشد. ارزیابی وضعیت سطح نمای دیوار پس از اعمال ضربه به صورت کیفی صورت می‌گیرد. در مورد مصالح ترد و شکننده هیچگونه صدمه‌ای، قابل قبول تلقی نمی‌شود. در مورد مصالح غیر ترد بروز سوراخ یا حفره باعث رد شدن نمونه بوده و فرورفتگی اگرچه تابع اثرات خرابی بر زیبایی نما است اما می‌تواند با معیار عمق فرورفتگی ارزیابی شود.

به طور مثال در مورد نمای سنگ، یکپارچگی سنگ و مهارهای آن، بعد از یک ضربهٔ با سطح متوسط، باید در نظر گرفته شود. برای سطح خدمت‌پذیری، در اثر آزمون ضربه، هیچ‌گونه آسیبی به سنگ مورد قبول نیست.

۳-۵-۵-۲- حفظ ایمنی افراد

ضربه شدید نباید باعث هر گونه آسیب سازه‌ای یا ناپایداری شود و نباید باعث جداشدگی بخش‌هایی از ساختمان و بروز صدمه به ساکنین یا افراد خارج ساختمان باشد. هیچ‌یک از ادوات اعمال ضربه نباید از جدار گذر نماید. با توجه به شدت ضربه برای ارزیابی نما در این وضعیت، خسارت به نما در این حالت قابل قبول تلقی می‌شود و بروز تغییر شکل دائمی در سمت دیگر دیوار امکان‌پذیر است.

به طور نمونه در مورد نمای سنگی در اثر آزمون ضربه نباید پانل‌های سنگی به گونه‌ای ترک بخورند که بخش‌های بزرگی از آن به سمت زمین سقوط کند و اینکه مهاربندها و سنگ‌های اطراف نقاط مهاربند آسیب ببینند.

۳-۶- نحوه اعمال بارها و ترکیبات بارگذاری

به منظور بررسی عملکرد جزء نما و اتصالات آن پس از محاسبه نیروهای وارده شامل بار ثقلی، بار زلزله، باد و ضربه و

تعیین عکس‌العمل‌ها، باید با انجام تحلیل و ترکیب بارهای وارده نسبت به بررسی نیروهای وارده بر مهارها اقدام شده و با میزان تحمل آنها مقایسه شود. کنترل مهارها و خود نما باید برای موارد زیر انجام شود که عبارتند از:

اتصالات باید قابلیت تحمل نیروی وزن نما را داشته باشند.

اتصالات باید قابلیت تحمل نیروی برشی ناشی از بارهای جانبی را داشته باشند.

نما باید قابلیت تحمل نیروی برشی و خمشی خارج از صفحه وارده بر آن را داشته باشد.

دیوار نگهدارنده نما و اتصالات آن باید قابلیت تحمل نیروهای وارده از نما و اتصالات آن را داشته باشند.

نیروی زلزله باید در جهت افقی به مرکز جرم نما وارد شود و با نیروهای بهره‌برداری وارد به آن ترکیب شود.

در مورد طراحی اتصالات نما، روش LRFD به کار گرفته می‌شود. ظرفیت بسیاری از اجزاء استاندارد مانند میل‌مهارها، پیچ‌ها و غیره با استفاده از روش ASD مشخص شده است. برای اجزائی که ظرفیت آنها براساس روش ASD به دست می‌آیند می‌توان بارهای حاصل از روش LRFD طبق روابط (۳-۱) الی (۳-۸) را با ۱٫۴ برابر ظرفیت به دست آمده براساس روش ASD مقایسه نمود.

۳-۷- ترکیب بار برای کنترل اجزاء نما

$$
\begin{aligned}
&1)\ 1.2W_p + F_{pv} \pm F_p \\
&2)0.9W_p - F_{pv} \pm F_p \\
&3)0.9W_p \pm 1.6W \\
&4)1.2W_p \pm 1.6W \\
&5)0.9W_p + A_k
\end{aligned}
\qquad (۱۸-۳)
$$

که در این روابط، W_p: وزن نما؛ F_p و F_{pv}: مولفه‌های بار افقی و قائم لرزه‌ای وارد بر نما براساس بخش ۳-۳ این دستورالعمل می‌باشد.W : بار باد و A_k بار ناشی از انفجار می‌باشد.

برای کنترل اتصالات نما به سازه اصلی یا دیوار نگهدارنده در برابر بار زلزله باید ترکیبات بار زیر در نظر گرفته شود:

$$
\begin{aligned}
&6)\ 1.2D + F_{pv} \pm \Omega_{op} F_p \\
&7)\ 0.9W_p - F_{pv} \pm \Omega_{op} F_p
\end{aligned}
\qquad (۱۹-۳)
$$

که در آن Ω_{op} ضریب اضافه مقاومت نما است که در جدول ۳-۳ ارائه شده است. همچنین برای کنترل اتصالات نماهای پرده‌ای به سازه اصلی باید بار باد در ضریب ۱٫۵ ضرب شود و برای نمای پرده‌ای شیشه‌ای به طور خاص بار باد باید در ضریب ۲ ضرب شود.

فصل چهارم

الزامات طراحی و اجرای نمای سنگی

۴-۱- مقدمه

سنگ از قدیمی‌ترین مصالح ساختمانی طبیعی به شمار می‌رود که قدمت استفاده از آن به بیش از ۱۲۰۰۰ سال قبل می‌رسد. سنگ‌های ساختمانی طبیعی به دلیل زیبایی ظاهری و هزینه نگهداری پایین، از جمله نماهای ساختمانی متداول به شمار می‌روند. سنگ‌های نما از نظر کیفی باید سالم، بادوام و خوش ظاهر بوده و در هنگام انتخاب لازم است به دوام و پایداری در برابر عوامل جوی، تغییرات ابعادی، مقاومت فشاری، تخلخل، پایداری در برابر نمک‌های محلول و بخارات شیمیایی که احتمال می‌رود سنگ در معرض آن قرار گیرد توجه شود. در صورت اجرای صحیح و اصولی، نمای سنگی از دوام بالایی برخوردار می‌باشد. طراحی و نصب سنگ نما به روش صحیح و اصولی، براساس قابلیت‌ها و محدودیت‌های سنگ و سیستم نگهدارنده آن به منظور مقاومت در برابر تمامی نیروهای وارد بر آن براساس ضوابط فصل سوم باید صورت پذیرد.

۴-۲- قسمت‌های مختلف سیستم نمای سنگی

سیستم نمای سنگی، دارای پنج بخش اصلی مرتبط به هم است که در هنگام اجرای نما باید مد نظر قرار گیرد:

۱) قطعات یا پانل‌های سنگی که پوشش نما هستند.

۲) مهار، که پوشش نما را به پشت‌بند متصل می‌کند.

۳) قاب‌های فرعی، که زمانی‌که مهار، مستقیماً به ساختمان متصل نیست، به صورت واسط، نما را به سازه ساختمان متصل می‌کند.

۴) درزهای بین قطعات یا پانل‌های سنگی

۵) دیوار پشتیبان یا سازه اصلی ساختمان (بسته به نوع سیستم نما) که بارهای وارده به سنگ توسط مهارها یا چسباننده‌ها به آن انتقال داده می‌شود.

۴-۳- قطعات یا پانل‌های سنگی (پوشش نما)

۴-۳-۱- انواع سنگ‌های نما

سنگ‌های گرانیت، سنگ آهک، تراورتن، ماسه‌سنگ، سنگ لوح، ماربل و کوارتزیت به شرط رعایت مشخصات و استانداردهای بند ۴-۳-۲ در نمای خارجی ساختمان‌ها، قابل استفاده می‌باشند.

۴-۳-۱-۱- گرانیت

گرانیت یا سنگ خارا در پوسته جامد زمین به وفور یافت می‌شود و حدود ۵۰ درصد از سنگ‌های آذرین درونی را شامل می‌شود. از نظر ترکیب شیمیایی این سنگ دارای حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد اکسید سیلیسیم، ۱۴ تا ۱۵ درصد اکسید آلومینیوم به اضافه اکسیدهای آهن، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و تیتانیوم است. این سنگ به لحاظ ترکیب شیمیایی و وجود

کانی‌های مختلف به رنگ‌های سفید، قرمز، سبز، خاکستری و سیاه در بسیاری از نقاط جهان یافت می‌شود. گرانیت‌ها از سنگ‌های سخت محسوب می‌شوند و به این ترتیب جزو مصالح بادوام ساختمانی قرار می‌گیرند. گرانیت‌ها در برابر نفوذ آب و اثر ضربه مقاومند و محیط‌های صنعتی را به خوبی تحمل می‌نمایند. ظاهر گرانیت متأثر از کار انجام شده برروی سطح نهایی آن است که ممکن است چکشی،کلنگی، تیشه‌ای یا صیقلی باشد. بهترین نمای سنگ گرانیت حالت صیقلی آن است که زیبایی رنگ و انعکاس کریستال‌های آن را نمایش می‌دهد. سطح گرانیت بر اثر حرارت و تفاوت ضریب انبساط و انقباض بین اجزای کریستالی مختلف آن به صورت سوخته در می‌آید. سنگ گرانیت به علت هزینه سنگین استخراج، برش و صیقل، نسبتاً گران است به همین دلیل بیشتر در نمای ساختمان‌های مهم به کار برده می‌شود.

از دیدگاه تجاری گرانیت، سینیت، کوارتز، مونزونیت، گرانودیوریت، کوارتز دیوریت و دیوریت که از سنگ‌های آذرین درونی هستند، در اصطلاح تجاری «گرانیت» نامیده می‌شود و به سنگ‌های آذرین تیره رنگ گابرو، بازالت، دیاباز، انورتوزیت و پیروکسینیت (از سنگ‌های اولترامافیک) در اصطلاح تجاری «گرانیت سیاه» گفته می‌شود.

۴-۳-۱-۲- تراورتن

تراورتن نوعی سنگ آهک متخلخل و سبک است که در چشمه‌های معدنی و غارها تشکیل می‌شود. تراورتن‌ها از نظر شیمیایی، کربنات کلسیم هستند که در اثر عبور آب چشمه‌ها از لایه‌های آهکی بوجود می‌آیند. انواع مختلف این سنگ در کشور به وفور یافت می‌شوند و می‌توان از رنگ‌های قرمز، لیموئی، گردوئی، سفید و کرم آن نام برد. تراورتن به دلیل مقاومت قابل قبول، برش‌پذیری و صیقل‌پذیری خوب، شرایط استخراج خوب (به دلیل اینکه اغلب با لایه‌بندی افقی، شیب کم و در نقاط کم ارتفاع و قابل دسترسی تشکیل می‌گردند)، عدم وجود ساختارهای تکنوتیکی بر روی این ذخایر، زیبایی ظاهر، وجود تخلخل جهت تسهیل چسبیدن به ملات، از پرمصرف‌ترین سنگ‌های ساختمانی است.

تراورتن گاهی اوقات به منظور مقاصد تجاری در گروه سنگ آهک طبقه‌بندی می‌شود (زیرا اساساً از کربنات کلسیم تشکیل شده) و بعضی مواقع در صورتی که صیقل‌پذیر باشد، در گروه مرمرها قرار می‌گیرد.

سنگ آهک در سه گروه تقسیم‌بندی می‌شود:

I- (چگالی کم)، سنگ آهکی که دارای چگالی بین ۱۷۶۰ تا ۲۱۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

II- (چگالی متوسط)، سنگ آهکی که دارای چگالی بیشتر از ۲۱۶۰ تا ۲۵۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

III- (چگالی زیاد)، سنگ آهکی که دارای چگالی بیشتر از ۲۵۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

۴-۳-۱-۳- ماسه سنگ

از دیدگاه تجاری ماسه سنگ، سنگی رسوبی است که اساساً از قطعات کانی و خرده سنگ در اندازه ماسه (از ۰/۰۶ میلی‌متر تا ۲ میلی‌متر) تشکیل شده است. جنس ذرات ماسه عمدتاً از انواع کانی‌های مقاوم و بیشتر از نوع کوارتز و در مواردی کلسیت یا کانی‌های دیگر است و دارای حداقل ۶۰ درصد سیلیس می‌باشد که توسط موادی همچون سیلیس، اکسیدهای

آهن، کربنات‌ها یا رس به درجات کم یا زیاد سیمانی شده باشد. ماسه سنگ معمولاً دارای مقاومت فشاری بیش از ۲۸ مگاپاسکال بوده و ممکن است از محل سیمان یا از بین دانه‌های تشکیل‌دهنده بشکند اما به طور معمول از محل سیمان می‌شکند. رنگ ماسه سنگ‌ها اغلب از سیمان آنها منشا می‌گیرد. ماسه سنگ‌ها متخلخل و نفوذپذیر بوده و تخلخلشان از ۱ تا ۳۰ درصد متغیر است. "ماسه سنگ کوارتزیتی" نوعی سنگ مقاوم و متراکم و معمولاً سفید رنگ است که تقریباً به طور کامل از ذرات کوارتز تشکیل یافته است (حداقل ۹۰ درصد سیلیس آزاد شامل دانه‌های کوارتز و سیمان سیلیسی). "کوارتزیت" ماسه‌سنگ به شدت سخت شده و دگرگون شده حاوی ۹۵ درصد سیلیس آزاد و دارای سطح ناهمواری است که به طور معمول از بین دانه‌ها می‌شکند. این نوع سنگ که اغلب با سنگ گرانیت نیز اشتباه می‌شود دارای ویژگی‌های متفاوتی بوده و از گرانیت سخت‌تر است. این سنگ با ظاهر زبر و بلوری خود قابل شناسایی است. کوارتزیت به دلیل ظاهر زبر آن بیشتر در ساختمان‌های ارزان قیمت و روستایی به کار برده می‌شود و به رنگ قهوه‌ای سوخته، سرخ، خاکستری و قهوه‌ای نیز یافت می‌شود.

به طور معمول انواع ماسه سنگ را برحسب نوع سیمان یا ماده دربرگیرنده آن نام‌گذاری می‌کنند؛ مانند ماسه سنگ سیلیسی (ماده دربرگیرنده آن عمدتاً سیلیس است)، ماسه سنگ آهکی (ماده دربرگیرنده و یا دانه‌های آواری و یا هر دو را کربنات کلسیم تشکیل می‌دهد)، ماسه سنگ رسی (دارای مقدار کافی رس برای اتصال جزئی سیلیسی بین دانه‌های کوارتز بوده و کماکان می‌تواند در این گروه قرار بگیرد)، ماسه سنگ آهن دار (ماسه سنگی با مقادیر فراوان از کانی‌های اکسید آهن که مشخصاً رنگ قرمز متمایل به قهوه‌ای به سنگ می‌دهد).

ماسه سنگ با توجه به میزان اکسید سیلیسیوم (سیلیس) آزاد موجود در آنها بصورت زیر طبقه‌بندی می‌شود:

I- ماسه سنگ، محتوی حداقل ۶۰ درصد اکسید سیلیسیوم (سیلیس) آزاد

II- ماسه سنگ کوارتزی، محتوی حداقل ۹۰ درصد اکسید سیلیسیوم (سیلیس) آزاد

III- سنگ کوارتز (کوارتزیت)، محتوی حداقل ۹۵ درصد اکسید سیلیسیوم (سیلیس) آزاد

۴-۳-۱-۴- مرمر

مرمرها به صورت سنگ‌های دگرگون شده سفید، خاکستری و رنگی، درخشندگی و شفافیت و زیبایی خاصی دارند و به همین جهت در صنعت سنگ‌های تزئینی جایگاه ویژه‌ای یافته‌اند. مرمر درشت بلور، سفید یا خاکستری روشن تا کرم را اصطلاحاً کریستال می‌گویند. مرمر کریستال سفید را اصطلاحاً سنگ چینی می‌نامند.

از نظر تجاری مرمر شامل کلیه سنگ‌های آهکی اعم از دگرگون یا غیردگرگون می‌شود که برای صیقل دادن مناسب بوده و جلای خوبی دارند. مرمر را برحسب مقدار کربنات منیزیم یا کلسیم به نام‌های مرمریت کلسیتی، مرمریت منیزیتی (یا دولومیتی) می‌نامند. این سنگ با توجه به وجود ناخالصی‌ها به رنگ روشن و سفید تا رنگی و نهایتاً تیره وجود دارد. سختی کلسیت ۳ ولی سختی کربنات منیزیم ۳/۵ الی ۴ است؛ از این رو مرمرهای کلسیم‌دار از منیزیم‌دار مقاوم‌تر هستند. مرمرهای متشکل از کلسیت خالص مصرف شده در پله‌ها و کف و یا بیرون ساختمان‌ها معمولاً زود خرد می‌شوند. به خاطر تداخل و

قفل‌بندی دانه‌های بلور، مرمر دارای تخلخل بسیار کمی است که از حدود ۰٫۰۰۰۲ الی ۰٫۵ درصد حجم سنگ را اشغال می‌کند. از این رو قادر به آبگیری زیاد نیست و در مقابل عمل یخ‌زدگی مقاومت بیشتری دارد.

این نوع سنگ نیز در کشور ایران فراوان یافت می‌شود و مورد مصرف قرار می‌گیرد. مرمرهای ایران به رنگ‌های بسیار متنوع از سیاه گرفته تا کرم، صورتی، کرم گل‌دار، صورتی گل‌دار، گل پنبه‌ای، قرمز و طیف‌ها و تلفیق‌های متفاوتی از رنگ‌های فوق‌الذکر وجود دارند. از معادن معروف این نوع سنگ می‌توان به معادن مرمر سیاه نجف آباد و لاشتر، سفید تا کرم جشقان صورتی، کرم و گل پنبه‌ای منطقه خورو بیابانک در استان اصفهان و کرم دهبید اشاره کرد.

۴-۳-۱-۵- سنگ لوح (اسلیت)

شیل‌ها، ماسه‌سنگ‌های ناخالص و به طور کلی همه سنگ‌هایی که دارای مقادیر زیادی کانی رسی هستند، در صورتی‌که تحت فشار قرار بگیرند متراکم شده و تخلخل‌شان را از دست می‌دهند. چنین سنگی که به مقدار کمی دگرگون شده است و قابلیت جداشدگی به صورت ورقه‌های ضخیم را داراست "سنگ لوح" (اسلیت)[1] نامیده می‌شود. این سنگ دگرگون ریز بلور که غالباً از شیل مشتق شده بیشتر حاوی میکاها، کلریت و کوارتز است. کانی‌های میکادار جهت‌یابی شبه موازی دارند و بنابراین رخ خوبی به سنگ می‌دهند که سبب می‌شود سنگ به صورت ورقه‌هایی نازک اما سخت بشکنند.

۴-۳-۲- ویژگی‌ها و مشخصات فنی کلی و حدود قابل پذیرش سنگ نما

برای نماسازی ساختمان‌ها باید از سنگ‌هایی استفاده کرد که مشخصات زیر را داشته باشند:

- از نظر بافت و ظاهر سالم بوده و پوسیدگی نداشته باشد. همچنین بادوام و عاری از هوازدگی و رگه‌های سست مارنی، میکایی، الیوین، پیریت، ترکیبات سولفاتی و سولفیدی و سایر موادی که در اثر عوامل جوی و هوازدگی تخریب می‌شوند باشد.

- سنگ نما باید فاقد شیار، ترک، درزهای باز، حفره یا دیگر نقص‌هایی که احتمال دارد به انسجام ساختاری آن در زمینه استفاده موردنظر آسیب وارد کند، باشد. همچنین سطوح و خطوط مرئی سنگ نباید لب‌پریدگی داشته باشد.

- در مقابل عوامل جوی نظیر باران، تابش خورشید، گازهای موجود در هوا، بخار آب و وزش باد مقاوم باشد.

- سنگ لوح مورد استفاده برای بخش‌های بیرونی در محیط با جو اسیدی یا در نواحی صنعتی که در آن آلودگی شدید هوا وجود دارد باید عاری از نوارهای کربن‌دار[2] باشد. سنگ لوح باید به گونه‌ای انتخاب شود که دارای ظاهری طبیعی باشد.

- سطوح نمای سنگ باید یکنواخت بوده و به بهترین وجه کلنگی، تیشه‌ای، چکشی یا صیقلی شود به نحوی که رگه‌ها و نقش طبیعی آن به خوبی مشخص باشد.

- سنگ باید متراکم و دارای ساخت و بافت یکنواخت بوده و از بلورهای ریز تشکیل شده باشد و درجه خلوص آن

---

[1] Slate
[2] Carbonaceous

حتی‌المقدور زیاد باشد.

- حداکثر قدرت مکش آب برابر ٪۸ وزن سنگ باشد.

- در برابر یخ‌زدگی و هوازدگی مقاومت کافی داشته باشد.

- آب درون آن نشت نکند به عبارت دیگر در آب از هم پاشیده نشده و با آن ترکیب نشود.

- در مورد سنگ‌های نما ضریب انبساط حرارتی کانی‌های مختلف سنگ و همچنین ملات پشت آن باید نزدیک باشد تا از خرد شدن سنگ و جدا شدن آن از ملات جلوگیری به عمل آید.

- حداقل ضخامت سنگ پلاک نمای چسبانده شده ۲۰ میلی‌متر است.

- جذب آب، میزان حل شدن در آب، تخلخل، پایداری در برابر هوازدگی و مواد شیمیایی باید با استانداردهای جدول ۴-۱ تطابق داشته باشد.

- بافت و رنگ مطلوب، در دامنه تغییرات مجاز از طریق کنترل و مقایسه نمونه‌هایی که معرف کل مصالح تولیدی برای پروژه می‌باشد باید تایید شود. نمونه‌های معرف با بررسی تعدادی کافی از نمونه‌ها، قبل از تولید، که نشانگر گستره کاملی از تغییرات در رنگ و بافت سنگ مشخصی می‌باشد، انتخاب می‌شود.

-سنگ‌های ساختمانی نما باید با الزامات فیزیکی جدول ۴-۱ مطابقت داشته باشند.

الف- مقاومت فشاری حداقل، مقاومت خمشی و مدول گسیختگی باید بر پایه حداقل متوسط مقاومت نمونه‌های آزمایش شده در چهار شرایط تر یا خشک و موازی یا عمود بر برش[1]، باشد.

ب- مشخصات فیزیکی مفروض در جدول ۴-۱ معرف مشخصات سنگ مناسب برای استفاده در نمای خارجی ساختمان است. استفاده از سنگ با مقاومت فشاری، مقاومت خمشی و مقاومت در برابر ساییدگی کمتر از حداقل مقادیر تجویزی در جدول ۴-۱ مجاز نیست.

۴-۳-۳- حداقل ضخامت سنگ مهار شده

ضخامت مورد نیاز سنگ برای پروژه‌های مختلف نمای سنگی از طریق محاسبات سازه‌ای یا آزمایشات عملکردی به خصوص مقاومت خمشی و بار گسیختگی در مهار تعیین می‌شود. حداقل ضخامت قطعات سنگی براساس نوع سنگ و مشخصات آن، ابعاد قطعه سنگی، بارهای وارد شده، محل قرارگیری و جهت آن روی ساختمان، رویارویی با شرایط جوی و عمر مفید مورد انتظار، نوع مهار و سیستم مهاربندی و ترتیب قرارگیری، ملاحظات مربوط به حمل و نقل و سهولت کار با آن و مشخصات معماری نظیر نوع پرداخت تغییر می‌کند. حداقل ضخامت‌های اسمی برای قطعات سنگی مهار شده (اجرای خشک)، جهت اجرا در سطوح خارجی قائم با سطح صاف عبارتند از: ۳۰ میلی‌متر برای گرانیت، سنگ لوح، سنگ آهک با چگالی بالا، مرمر و تراورتن؛ ۵۰ میلی‌متر برای سنگ‌های با پایه کوارتزی درشت دانه و سنگ آهک با چگالی کم.

---

[1] Rift

در صورتی‌که قطعات سنگی کوچک‌تر از ۰/۷۵ متر مربع باشند، ضخامت‌های فوق می‌تواند کاهش یابد و در صورتی‌که ابعاد آن از ۱/۵ مترمربع بیشتر باشد یا در معرض فشار باد بسیار شدید قرار گیرد، ضخامت‌ها باید افزایش یابد.

در صورتی‌که قطعات سنگی به صورت سنگ درپوش، زیر سقف، کتیبه، کف پنجره، پیش‌آمدگی یا بلوک لقمه پشتیبان استفاده شوند، به علت آنکه براثر وزن خود تحت بار خمشی دائمی قرار دارند، ضخامت آن‌ها باید افزایش یابد.

جدول ۴-۱- حدود پذیرش و الزامات سنگ‌های مختلف

نوع سنگ	استاندارد	حداکثر جذب آب درصد ISIRI ۵۶۹۹		حداقل چگالی Kg/m^3 ISIRI ۵۶۹۹	حداقل مقاومت فشاری MPa ISIRI ۵۶۹۸	حداقل ضریب گسیختگی MPa ISIRI ۵۶۹۷	حداقل مقاومت خمشی MPa ISIRI ۸۲۲۹	حداکثر مقاومت در برابر اسید mm ISIRI ۱۴۲۱۵
گرانیت	ISIRI ۵۶۹۴ ASTM C615	۰/۴		۲۵۶۰	۱۳۱	۱۰	۸	
سنگ آهک	ISIRI ۵۶۹۵ ASTM C568	۱۲	چگالی کم I	۱۷۶۰	۱۲	۳	_	
		۷/۵	چگالی متوسط II	۲۱۶۰	۲۸	۳/۵	_	
		۳	چگالی زیاد III	۲۵۶۰	۵۵	۷	_	
ماربل	ISIRI ۵۶۹۶ ASTM C503	۰/۲	کلسیت	۲۶۰۰	۵۲	۷	۷	
		۰/۲	دولومیت	۲۸۰۰	۵۲	۷	۷	
سنگ لوح	ISIRI ۱۴۲۱۶ ASTM C629	۰/۲۵	کاربرد بیرونی	_	_	در عرض لایه ۶۲ در طول لایه ۵۰	_	۰/۴
تراورتن	ISIRI ۱۳۲۴۷ ASTM C1527	۲/۵	کاربرد بیرونی	۲۳۰۵	۵۲	۷	۷	
پایه کوارتز	ISIRI ۱۴۲۱۳ ASTM C616	۸	ماسه سنگ	۲۰۰۰	۲۸	۲/۵		
		۳	ماسه سنگ کوارتزی	۲۴۰۰	۶۹	۷		
		۱	کوارتزیت	۲۵۶۰	۱۳۸	۱۴		

۴-۴- انواع مهارهای نمای سنگی

شیوه مهار نمای سنگی به یکی از دو طریق زیر است:

الف-نمای سنگی چسبانده شده: نماهایی هستند که در آن از چسب یا ملات به همراه وسایل اتصال برای اتصال سنگ نما به دیوار پشتیبان استفاده می‌شود. در این حالت نقش ماده چسباننده، تنها مهار بار ثقلی بوده و به منظور تحمل بار جانبی باید یکی از وسایل مهار مکانیکی ذکر شده در این فصل به عنوان مهار جانبی سنگ استفاده شود.

ب-نمای سنگی مهارشده: نماهایی هستند که در آن از مهار مکانیکی به همراه قاب الحاقی جداگانه برای اتصال سنگ نما به تیرهای سازه‌ای (نمای پرده‌ای) و یا از مهارهای مکانیکی جهت اتصال سنگ نما به دیوار پشتیبان (دیوار نما) استفاده می‌شود. در هر دو حالت بار ثقلی و جانبی باید توسط مهار تحمل شود.

نوع مهار، شکل قرارگیری و تعداد آن‌ها به عوامل زیر بستگی دارد:

۱) نوع و جنس سنگ مورد استفاده

۲) ابعاد، ضخامت و سطح رویهٔ قطعات سنگ

۳)جنس دیوار پشتیبان مانند بتن درجا، دیوارهای بلوکی (آجری، سیمانی،سفالی و...)، دیوارهای پانلی (تری دی وال و...)

۴) بارهای وارد شده به هر مهار مانند بار مرده، بار چرخه‌ای یا ترکیبی از هر دو

۵- روش و نحوه مهار و محل اتصال مهار (دیوار پشتیبان، سازه)

۴-۴-۱- انواع مهار در نماهای چسبانده شده

۴-۴-۱-۱- مهارهای پیش‌ساخته

میخ‌پرچ‌های صاف، مفتول‌های سیمی (مهارهایی از نوع فنرهای سیمی پیش ساخته)، پیچ‌ها یا میله‌های حدیده شده به عنوان مهارهای اتصال‌دهنده سنگ نما به پانل‌های بتنی پیش‌ساخته استفاده می‌شوند. شکل (۴-۱) مهار سنگ به صورت درجا را نشان می‌دهد، مهار در صفحه افقی یا قائم می‌تواند بارهای ثقلی و جانبی را تحمل کند. توجه شود که پس از کارگذاری میل مهار، ملات پشت سنگ اجرا می‌شود.

می‌توان از چسب‌های سازگار با سنگ همراه با این مهارها استفاده نمود. هرچند اتکا به چسب، برای نگهداری سنگ به تنهایی مجاز نیست. در این حالت نیز ملات پشت سنگ در آخرین مرحله اجرا می‌شود.

شکل ۴-۱- مهار سنگ با استفاده از ایجاد شکاف مورب و تعبیه صفحات فولاد گالوانیزه،

هنگامی که قطعه سنگ در موقعیت نهایی خود نصب می‌شود، مهارها باید در صورت امکان، در راستای افقی قرار بگیرند و در شکافی با زاویه بین ۳۰ تا ۴۵ درجه در پشت سنگ نصب شده باشند. هنگام مهار سنگ‌های زیرطاق‌ها باید دقت زیادی شود تا اطمینان حاصل شود که همه مهارها درگیر شده‌اند و بارهای قائم و جانبی را به خوبی تحمل می‌نمایند.

۴-۴-۱-۲- مهارهای سیمی فولادی

مهارهای سیمی فولادی به کار رفته روی قطعات سنگ قائم تنها به منظور تحمل بارهای جانبی در نظر گرفته می‌شوند. وزن قطعات سنگی قائم باید توسط لبه، شکاف یا لقمه پشتیبان به صورت جدا از مهار سیمی فولادی تحمل شود (شکل ۴-۲). مهارهای سیمی فولادی همراه با ملات با پایه سیمان پرتلند می‌توانند جهت اتصال سنگ نما به دیوار پشت‌بند بتنی درجا یا پشت‌بند مصالح بنایی در سطوح خارجی استفاده شوند.

برخی سنگ‌ها به علت ملات یا اندود دچار لکه می‌شوند. سازگاری این ملات‌ها و اندودها، مهار سیمی فولادی و مصالح سنگی قبل از نصب باید مورد بررسی قرار گیرد تا مانع از ایجاد لک گردد.

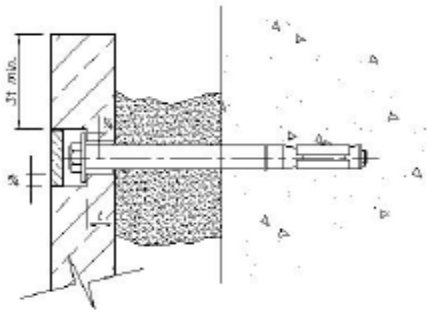
شکل۴-۲-نمونه‌هایی از مهارهای سیمی فولادی

مهارهای سیمی فولادی می‌توانند به لبه‌های قطعات سنگ نما قلاب شوند یا در درون شیارهای متقاطع ایجادشده در کنار یا پشت سنگ یا هردو، پیچیده شوند. حلقه کردن مهارهای سیمی درون سوراخ‌های متقاطع پشت سنگ این امکان را فراهم می‌کند که مهارها پنهان بمانند. مهارهای سیمی فولادی یا به صورت قلاب در دیوار پشتیبان مهار می‌شوند یا به صورت مکانیکی در درون پشت‌بند بسته می‌شوند تا در نتیجه بتوان به عملکرد آن‌ها بصورت مهار کششی اعتماد نمود. به منظور انتقال نیروی فشاری لازم است مابین سنگ و دیوار پشتیبان با ملات یا اندود پر شود. شکافی که مهار در آن قرار گرفته است باید با اپوکسی یا ملات با پایه سیمان پرتلند پر شود. می‌توان از اندود در کاربری‌های داخلی برای محکم نگه داشتن سیم در داخل سنگ استفاده نمود. سنگ و مهارهای سیمی فولادی قبل از گیرش ملات یا اندود باید تنظیم شوند. عدم ایجاد ترک در سنگ در مراحل سوراخ‌کاری و یا ایجاد شیارها باید مورد کنترل قرار گیرد.

سیم‌ها باید از فولاد مقاوم در برابر خوردگی بوده و تعداد سیم‌ها برای هر قطعه سنگ نما باید حداقل ۲ و حداکثر ۴ عدد باشد. حداقل قطر سیم قطعه مهار شده با دو سیم در سطوح خارجی، ۳ میلی‌متر و درنمای داخلی، ۲ میلی‌متر است.

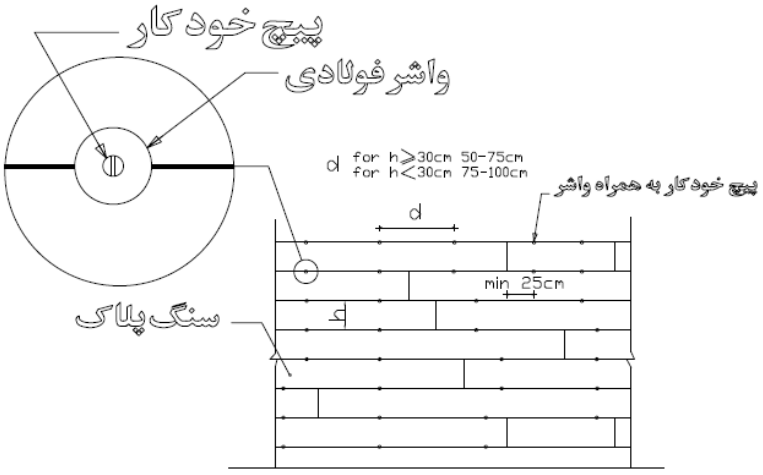
۴-۴-۱-۳- مهارهای سطحی برای نماهای موجود فاقد مهار

مهارهای سطحی اساساً از نوع پیچی بوده و کاربرد اصلی آن‌ها به عنوان تقویت‌کننده برای سنگ‌هایی است که مهار آنها آسیب دیده یا نماهای اجرا شده‌ای که در کل فاقد مهار بوده‌اند. در این حالت یک فرو رفتگی روی سطح سنگ ایجاد می‌شود که روی فرورفتگی با یک صفحه تزئینی به صورت نمایان در رویه خارجی سنگ، پوشانده می‌شود. داخل فرورفتگی یک پیچ تعبیه می‌شود که سنگ نما را به دیوار پشت‌بند متصل می‌کند. انتهای پیچ باید به صورت بازشونده باشد که اتصال مناسب با دیوار پشت‌بند برقرار سازد (شکل ۴-۳).



شکل۴-۳- مهار سطحی

جهت اسکوپ نماهای موجود بهتر است حداقل در چهار گوشه سنگ و در صورت زیاد بودن طول سنگ در فواصل معینی در طول سنگ محل سوراخ‌کاری در محل بندکشی‌ها ایجاد شود تا از ایجاد ترک در سنگ جلوگیری گردد. (شکل ۴-۴) محل نصب این پیچ و رول‌پلاک‌ها در درز سنگ‌ها با واشر فولادی با ضخامت حداقل ۲ میلی‌متر و حداقل قطر ۳ سانتی‌متر می‌باشد.

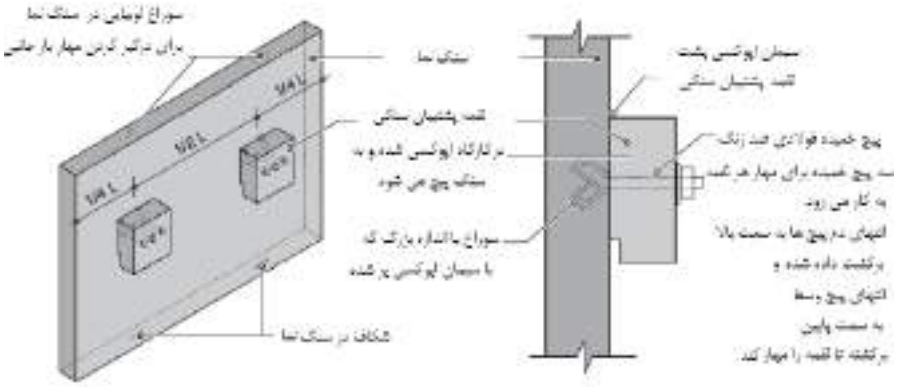


شکل ۴-۴– اجرای سنگ با استفاده از رول پلاک واشردار در محل درز سنگ‌ها

۴-۴-۲- انواع مهار در نماهای مهار شده

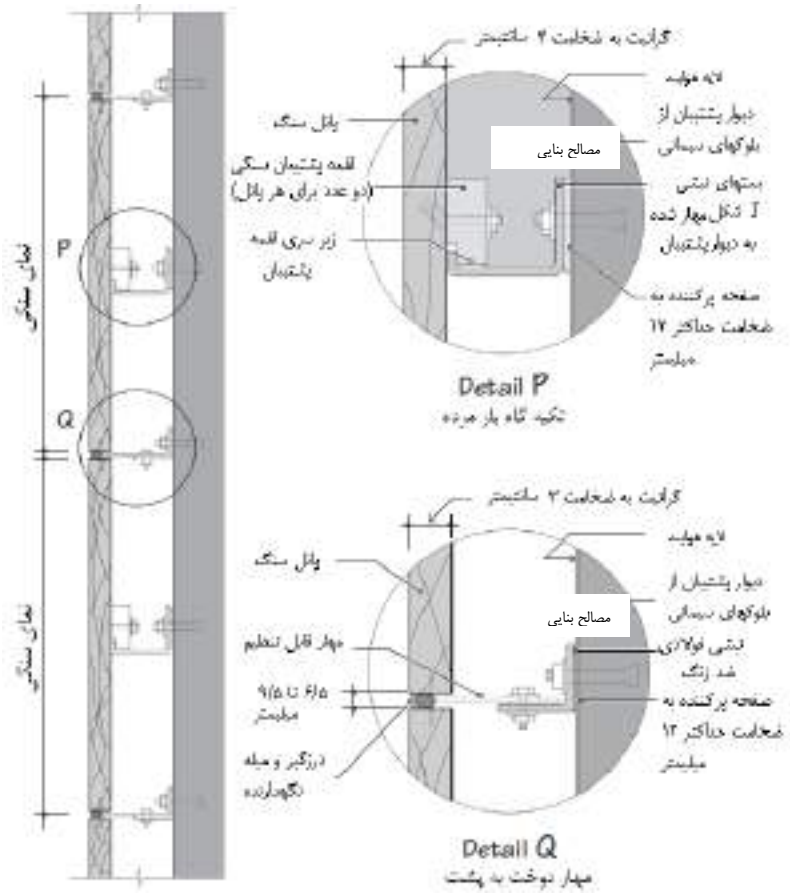
۴-۴-۲-۱- لقمه‌های پشتیبان[1] (روش نصب مستقیم)

در این روش هر یک از سنگ‌های نما جهت تحمل بارهای ثقلی و جانبی به صورت مستقیم به دیوار پشتیبان متصل می‌شود. بار ثقلی هر یک از قطعات سنگ نما به وسیله دو تکیه‌گاه به دیوار پشت‌بند منتقل می‌شود که این تکیه‌گاه‌ها شامل لقمه‌های پشتیبان می‌باشند. لقمه‌های پشتیبان که نقش آن‌ها، انتقال بار از سنگ به مهار می‌باشد شامل قطعاتی از سنگ یا فلز هستند که در هنگام ساخت سنگ‌های نما به وسیله مهار مکانیکی ضد زنگ آغشته به چسب به پشت سنگ متصل می‌شوند (شکل۴-۵ و ۴-۶). ماده چسبنده، تنها به منظور تسهیل اتصال لقمه‌های پشتیبان به سنگ استفاده می‌شود. مهار مکانیکی باید شامل دو یا تعداد بیشتری مهار فولادی ضدزنگ به ازای هر لقمه باشد که انتهای آن یا تمام طول آن با زاویه ۳۰ یا ۴۵ درجه یکی رو به بالا و یکی رو به پایین از پشت لقمه پشتیبان تا داخل سنگ ادامه می‌یابند. مهره این مهارها پس از گیرش چسب لقمه پشتیبان محکم می‌شود. لقمه‌های پشتیبان می‌توانند دارای یک برش شیاری باشند تا شکافی تشکیل دهند که به مهارهای نبشی J شکل که به دیوار پشتیبان بلوک سیمانی و یا بتنی مهار شده‌اند، متصل شوند یا می‌توان آن‌ها را به صورت مربعی برش داد (شکل ۴-۵). مهارهای مکانیکی تعبیه شده در سنگ باید به اندازه طول‌های محاسبه‌شده، از قبل برش داده شده باشند، به صورتی که هنگامی‌که به طور کامل داخل سوراخ‌های تعبیه‌شده جای می‌گیرند، انتهای آن‌ها در سطح لقمه پشتیبان قابل رویت باشد.



شکل ۴-۵- مهار سنگ نما به کمک لقمه پشتیبان، قطعه سنگ نما همراه با قطعات لقمه سنگی نصب شده در فاصله ۰٫۲۵ طول قطعه

[40] Liners

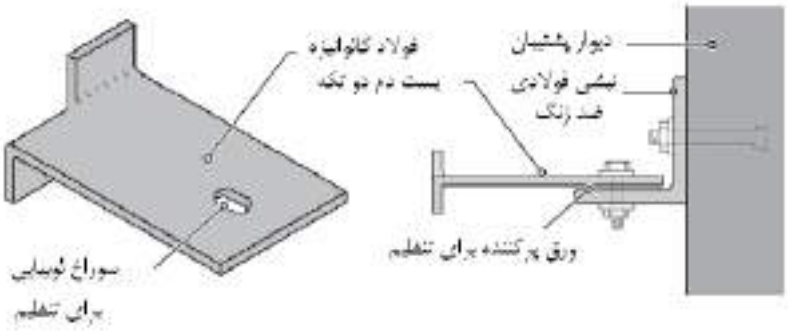


شکل ۴-۶-مقطعی از نمای سنگی متصل به دیوار بنایی کمک لقمه‌های پشتیبان

در ساخت و نصب نماهای سنگی، مهارهای دوخت به پشت، جهت تحمل بارهای جانبی به کار می‌روند و شامل مهارهای دم دو تکه هستند که قسمت انتهایی آنها در داخل شیار ایجاد شده در قطعه سنگ، مهار می‌شود. (شکل ۴-۷)

شکل ۴-۷- نمونه‌ای از مهارهای دم دو تکه

مهارهای دم دو تکه می‌توانند به صورت مستقیم به دیوار پشتیبان متصل شوند و یا می‌توان آن‌ها را به نبشی تکیه‌گاهی که به دیوار پشتیبان متصل است مهار نمود (شکل ۴-۸). متصل کردن مهارها به نبشی تکیه‌گاهی باعث افزایش قابلیت تنظیم آنها در محل می‌شود.



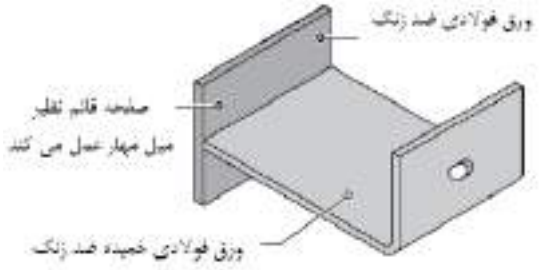
شکل ۴-۸- مهارهای دم دو تکه تنظیم شونده که به وسیله نبشی تکیه‌گاهی که به دیوار پشتیبان متصل شده‌اند

شیار موجود در قطعات سنگی نما باید قبل از نصب مهارها به صورت کامل با درزگیر زود سخت شونده پر شوند. نفوذ ناقص درزگیر ممکن است منجر به نفوذ آب باران به داخل شیار شود و در اثر چرخه‌های یخ‌زدن باعث آسیب به قطعه سنگ نما شود.

تعداد مهارها بر پایه مقاومت مهار و نیز میزان نیروی جانبی وارده تعیین می‌شود. به طور کلی حداقل چهار مهار برای قطعات کوچکتر از m^2 ۱ باید پیش‌بینی شود و در صورت افزایش مساحت قطعه به اتصالات بیشتری نیاز است.

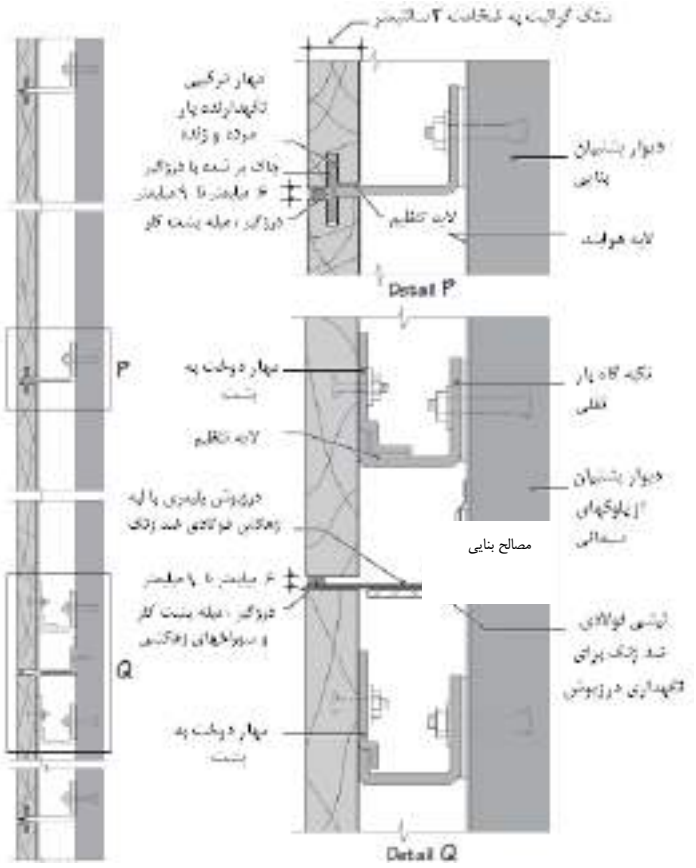
۴-۴-۲-۲- ترکیب مهار بار ثقلی و بار جانبی در یک قطعه

تکیه‌گاه بار ثقلی و مهارهای دوخت به پشت (جهت انتقال بار جانبی) در نماهای سنگی را می‌توان ترکیب کرد و فقط از یک مهار که هر دو وظیفه انتقال بار ثقلی و بار جانبی را بر عهده دارد استفاده نمود. این مهارها از دو قطعه فولاد ضد زنگ ساخته می‌شوند که شامل یک ورق فولادی خمیده و یک ورق فولادی صاف می‌باشد (شکل ۴-۹).



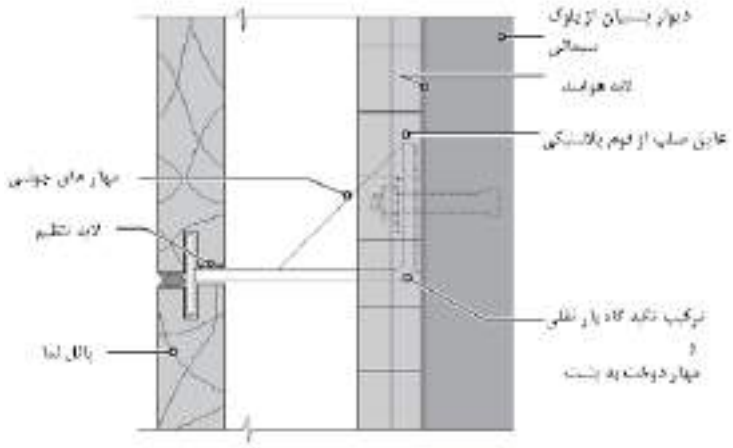
شکل ۴-۹- مهارهای ترکیبی بار ثقلی و جانبی شامل ورقه فولادی ضد زنگ

استفاده از یک نوع مهار، نصب قطعات نما را به طور قابل ملاحظه‌ای ساده خواهد کرد. در مواقعی که استفاده از درزگیر مورد نیاز است تکیه‌گاه‌های بار ثقلی و مهارهای بار جانبی باید به صورت جداگانه به کار روند. (جزییات Q در شکل ۴-۱۰)



شکل ۴-۱۰- مقطعی از نمای سنگی اجرا شده با مهارهای ترکیبی بار ثقلی و جانبی. شامل ورقه فولادی ضد زنگ.

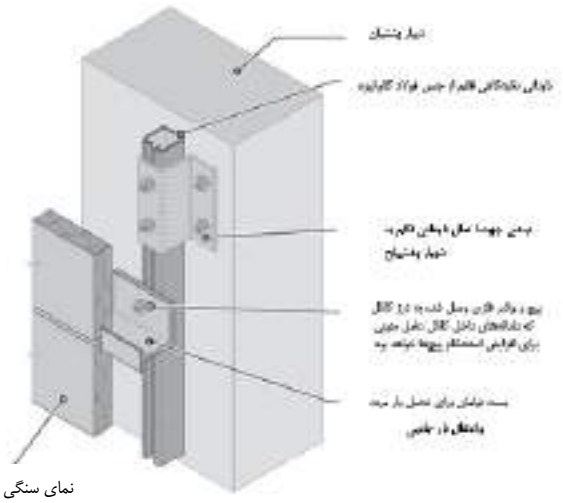
در مواقعی که از فوم‌های سخت بین نما و دیوار پشتیبان به عنوان عایق استفاده می‌شود. مطابق شکل ۴-۱۱ عایق باید در اطراف مهارهای بار ثقلی و بار جانبی بریده شوند و باید در این موارد از مهارهای قوی‌تری استفاده نمود.



شکل ۴-۱۱- جزئیات اتصال P در صورت وجود عایق سخت

۴-۴-۲-۳- روش نصب قطعات سنگ نما به وسیله قطعات ناودانی شکل عمودی

با استفاده از ناودانی‌های تکیه‌گاهی عمودی پیوسته روند نصب قطعات سنگ نما به شکل قابل ملاحظه‌ای ساده می‌شود (شکل ۴-۱۲). سازندگان تکیه‌گاه‌های ناودانی شکل از لوازم متنوعی جهت اتصال ناودانی به دیوار پشتیبان استفاده می‌کنند.



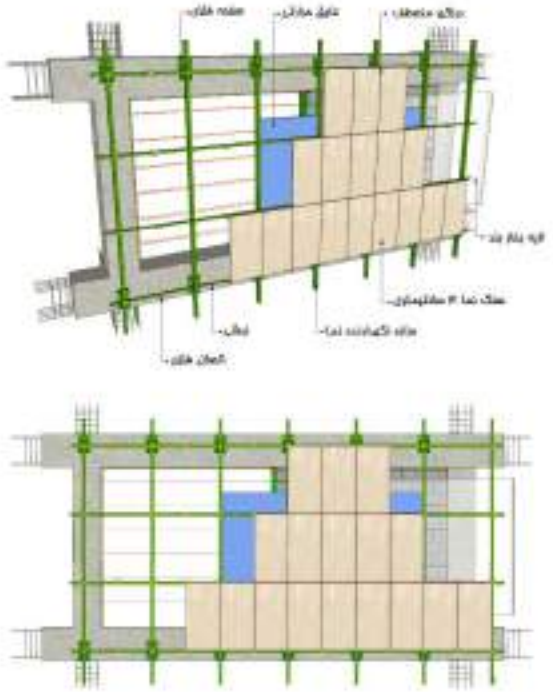
شکل ۴-۱۲- ناودانی‌های تکیه‌گاهی عمودی پیوسته

همانطور که در شکل ۴-۱۲ نمایش داده شده است ناودانی‌های تکیه‌گاهی در فواصل یک چهارم قطعات سنگ نما به دیوار پشتیبان متصل می‌شوند. اساسی‌ترین مسأله در این روش اجرای نما این است که ناودانی‌ها در هر طبقه باید به صورت جداگانه اجرا شوند و نباید بین طبقات، پیوسته باشند.

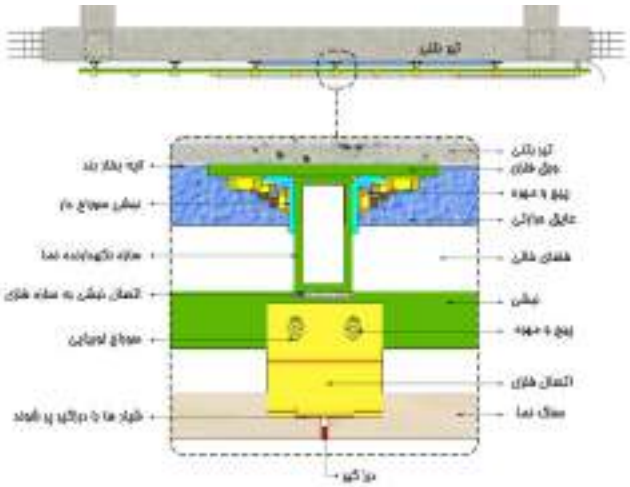
۴-۴-۳- اجرای نمای پرده‌ای سنگی

در نمای سنگی پرده‌ای، نمای سنگی خشک باید با استفاده از شبکه سازه‌ای قرار گرفته در پشت نما، مستقیم به تیرهای طبقات متصل شود و بارهای وارده به نما مستقیما به تیر سازه‌ای منتقل شود. در این سیستم با توجه به اینکه نمای پرده‌ای سنگی، غیر شفاف است نیاز به اجرای یک دیوار داخلی در پشت نما می‌باشد. این دیوار با توجه به اینکه بارهای خارجی ناشی از باد و طوفان به آن وارد نمی‌شود می‌تواند سبک‌تر و دارای مقاومت کمتری باشد. باید توجه شود که قوطی‌های پشت نمای سنگی با توجه به عدم مهار به دیوار پشتی در این سیستم و طول آزاد معادل ارتفاع طبقه از مقاطع سنگین تری برخوردار می‌باشند. شکل (۴-۱۳) جزییات اجرای این نما را نشان می‌دهد. باید در ضخامت قطعات سنگ شکاف‌های افقی ایجاد شود که مهار فولادی متصل به قاب پشت بند در داخل این شکاف قرار گیرد (شکل‌های ۴-۱۴و ۴-۱۵). باید توجه شود که قوطی‌ها و المان‌های قائم باید در این روش در هر طبقه قطع شود و هر قوطی قائم فقط در یک طبقه امتداد دارد. برای جلوگیری از انتقال جابجایی نسبی طبقات به نما اتصال قوطی قائم به تیر با کمک نبشی انجام می‌شود. اتصال پایین قوطی قائم باید مهار شده باشد ولی اتصال در تراز بالای طبقه باید مطابق شکل (۴-۱۶) در محل اتصال نبشی به قاب در راستای صفحه نما به صورت لوبیایی باشد و در محل اتصال نبشی به قوطی قائم در راستای قائم به صورت

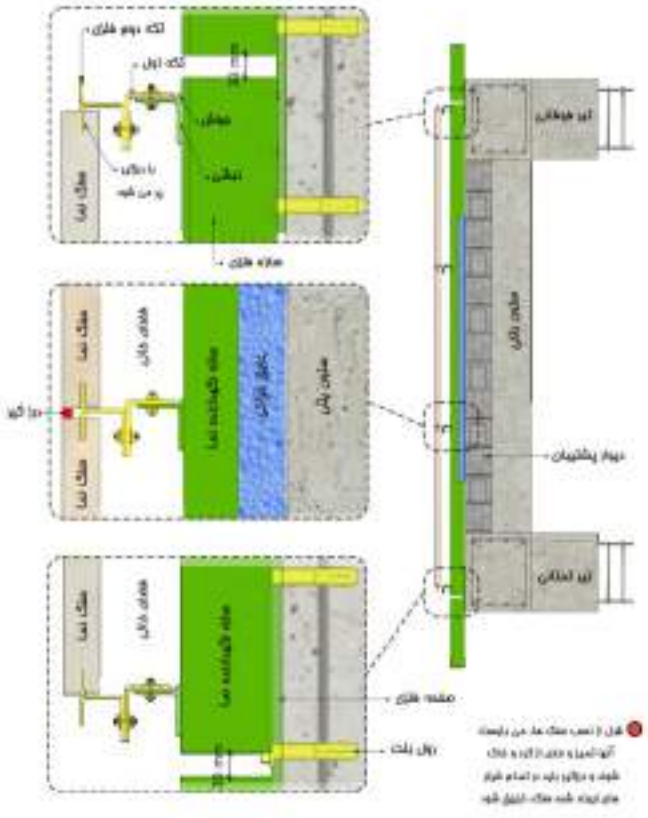
لوبیایی باشد تا تغییر شکل‌های ثقلی به نما منتقل نشود.



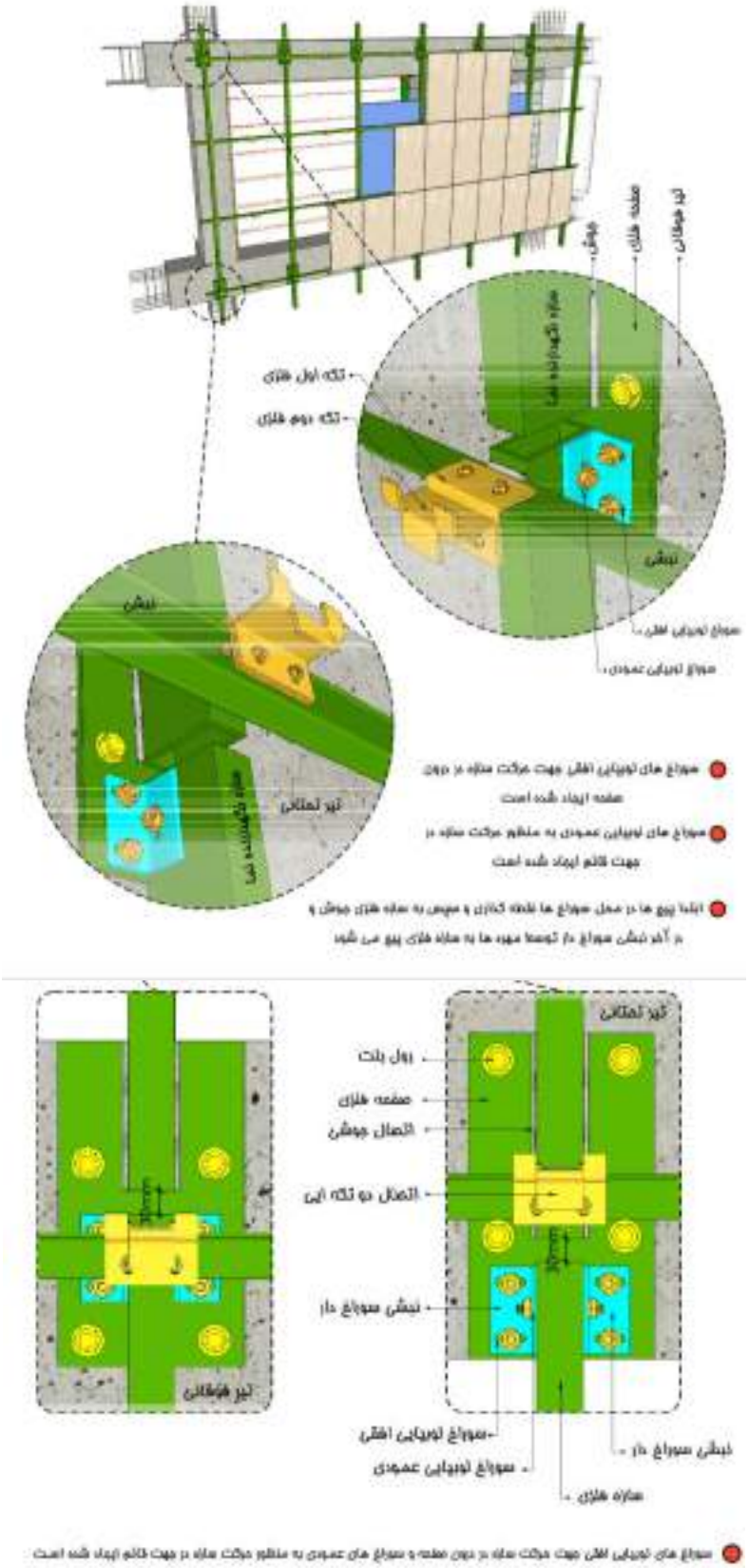
شکل ۴-۱۳- جزییات اجرای نمای پرده‌ای سنگی



شکل ۴-۱۴-جزییات اتصال مهار سنگ به سازه نگهدارنده نما و تیر بتنی



شکل ۴-۱۵-جزییات نحوه مهار سنگ در نما خشک



شکل ۴-۱۶-اجرای سوراخ لوبیایی در نبشی اتصال نما خشک برای جلوگیری از انتقال جابجایی نسبی طبقات به نما

۴-۵- درزهای بین قطعات یا پانل‌های سنگی

- درزهای بین سنگ‌ها باید متناسب با موارد زیر باشد:

۱) رواداری‌های ابعادی سنگ

۲) رواداری‌های اجرایی

۳) تغییرات ابعادی در سنگ به دلیل عواملی چون تغییرات دما، کرنش و رطوبت

۴) جابجایی‌های سازه‌ای نظیر تغییر طول ستون، تغییرمکان‌های جانبی سازه و پیچش و خیز تیر پیشانی

۵) تأثیرات بلندمدت ناشی از خزش یا جاری شدن پلاستیک

۶) مهارها

۷) درزگیرها و میله پشتیبان برای نسبت ابعادی صحیح درزگیر

- سازگاری درزهای افقی با تغییرات ابعادی بیشتر از درزهای قائم است.

- جلوگیری از حرکت سنگ نما ممکن است منجر به ایجاد تنش‌های زیاده از حد و در نهایت، شکست سنگ شود. تعبیه درزهای نرم و باز سازه‌ای می‌تواند مانع از چنین شکست‌هایی شود.

- یک درز نرم، درزی است که مانع از انتقال بار از سنگ مجاور در عرض درز می‌گردد، عرض درز در صورتی که هر سنگ به صورت جداگانه مهار شده باشد و بسته به درزگیر مورد استفاده، معمولاً می‌تواند ۲ تا ۴ برابر جابجایی پیش‌بینی‌شده باشد. به عنوان مثال، برای جابجایی پیش‌بینی‌شده ۵ میلی‌متر، عرض درز باید ۱۰ میلی‌متر تا ۲۰ میلی‌متر باشد. در برخی از طرح‌ها، سنگ‌ها طوری روی هم قرار می‌گیرند که بارهای ثقلی را منتقل کنند.

- به منظور حفظ عملکرد غیرمقید یک درز نرم، ویژگی‌های درزگیر باید در نظر گرفته شود.

- در مرحله گیرش، باید دقت شود که از ورود احتمالی مصالح سخت به داخل درزهای باز جلوگیری شود. تمرکز تنش حاصله در نقاط گیردار می‌تواند منجر به خرد شدن سنگ یا شکست احتمالی مهار یا هر دو شود.

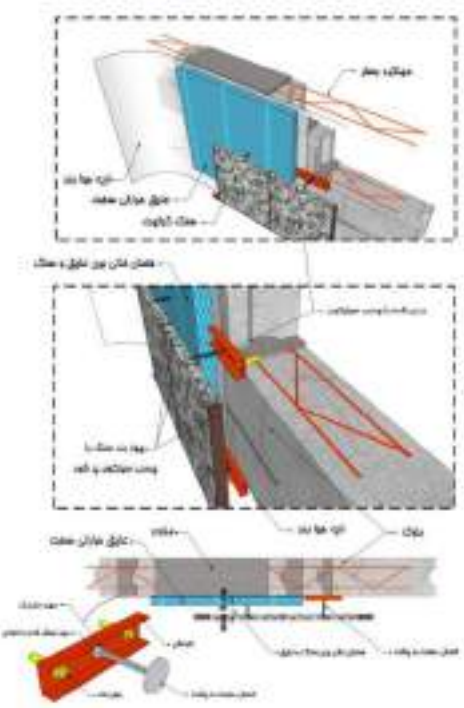
۴-۶- سازه پشتیبان

سازه پشتیبان، سازه‌ای است که توسط آن، بارهای وارده به سنگ و مهارها به سازه ساختمان انتقال داده می‌شود. سازه پشتیبان (پشت بند) می‌تواند سازه ساختمان، دیوار بنایی، سیستم استاد (قوطی‌های قائم) فلزی یا مجموعه‌ای پیش‌ساخته باشد. پشت‌بند باید به گونه‌ای باشد که بارهای ثقلی، باد، زلزله، پنجره، سکوی نگهداری (سکوی تعمیر)، ملزومات حمل و نقل و نصب و ابزارهای اتصال سنگ در آن در نظر گرفته شده باشد.

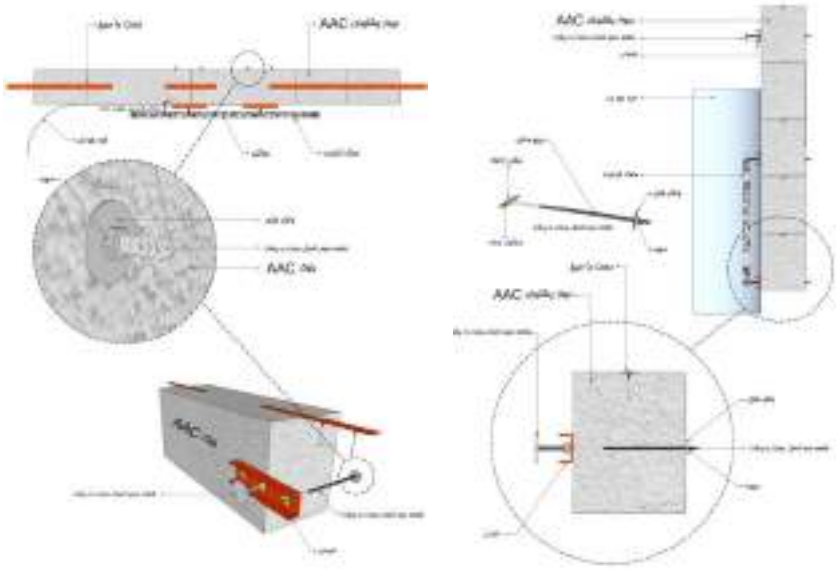
۴-۶-۱- اتصال نمای سنگی به دیوار پشتیبان بنایی

دیوار پشتیبان بنایی باید طبق ضوابط فصل دوازدهم این دستورالعمل، طراحی و اجرا شده باشد. راه‌های گوناگونی برای اتصال مهار به دیوار پشت‌بند وجود دارد. به عنوان مثال می‌توان از پیچ‌های انبساطی در واحدهای بنایی توپر استفاده کرد.

برای بلوک‌های بتنی توخالی که به عنوان دیوار پشت‌بند به کار می‌روند، از پیچ‌های میان‌گذر با واشر انتهایی که آن دو را به‌هم متصل ساخته و در امتداد هم قرار می‌دهد، استفاده می‌شود. اما بهترین روش اجرای مهار در محل و ترازی است که مانند شکل (۴-۱۷) دیوار توسط میلگرد مسلح شده باشد. مهار می‌تواند به یک قطعه واسط نظیر نبشی، قوطی و یا ناودانی که به دیوار پشت‌بند متصل شده، پیچ شود. در دیوارهایی که خود، عایق حرارتی می‌باشند، احتیاج به اجرای عایق سخت بین دیوار و نما نیست (شکل ۴-۱۸). در صورتی‌که نمای سنگی بر روی رج مسلح شده دیوار قرار نگیرد می‌توان با اجرای قطعه اتصال مانند شکل ۴-۱۸ قطعه سنگ را به دیوار مهار نمود.



شکل ۴-۱۷ – نمونه‌ای از جزییات اجرای نمای سنگی خشک بر روی دیوار مصالح بنایی

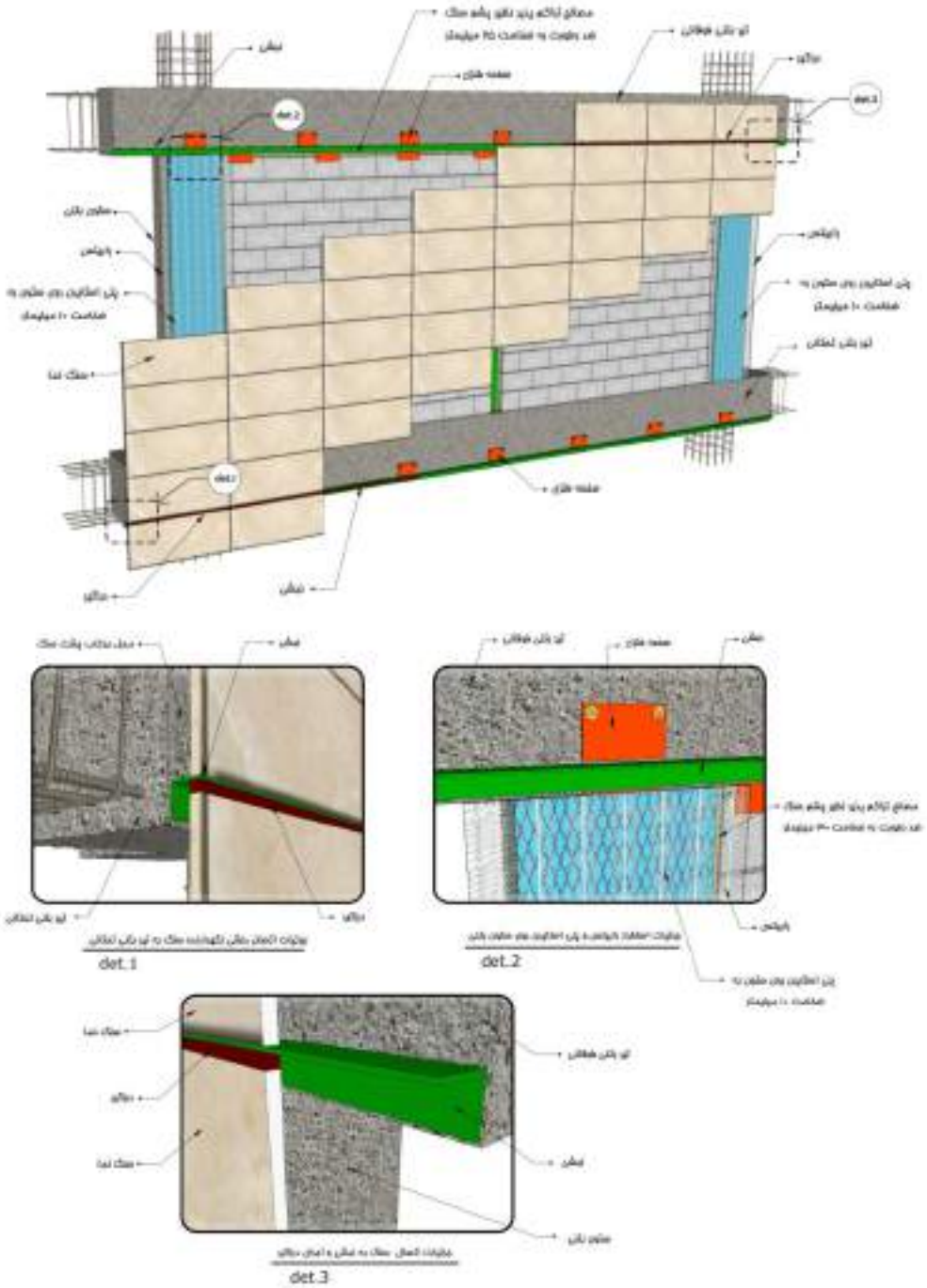


شکل ۴-۱۸ – نمونه‌ای از جزییات اجرای نمای سنگی خشک بر روی دیوار عایق و مهار آن به دیوار پشتی

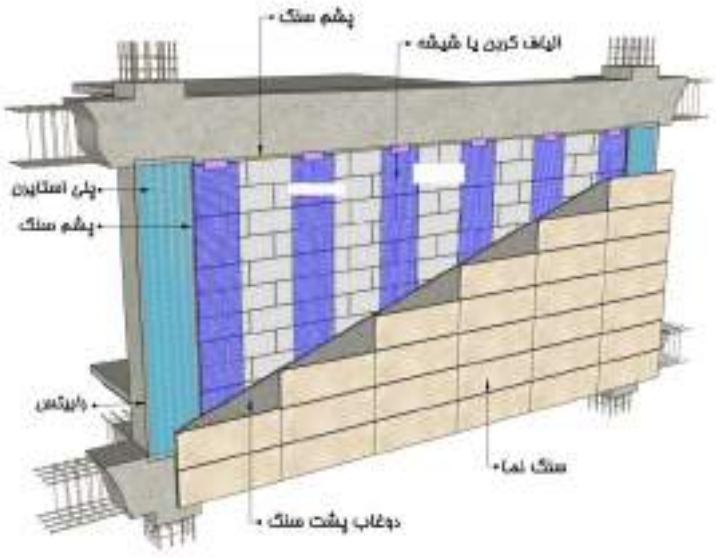
۴-۷- نحوه اجرای نمای سنگی چسبانده شده بر روی ستون‌ها

در نماهای سنگی چسبانده شده خرابی داخل صفحه نما معمولاً بر اثر تغییرشکل سازهٔ دربرگیرندهٔ دیواری که نما بر روی آن چسبانده شده است رخ می‌دهد، که باعث به وجود آمدن ترک و گسترش آن می‌شود. خرابی خارج از صفحه که به صورت بیرون افتادن نما رخ می‌دهد، مستقیماً به دلیل شتاب است. بدین منظور باید با استفاده از جزئیات ارائه شده در فصل دوازدهم این دستورالعمل، اتصال دیوار پشتیبان به سازه محیطی را جدا نمود. این جداسازی باید به نحوی صورت گیرد که با اتصال نما به دیوار، امکان حرکت آن با دیوار فراهم شود و در محل‌هایی که پوشش نما از ستون‌ها عبور می‌کند باید توسط مصالح پرکننده نظیر پشم سنگ از چسبیدن نما به ستون‌ها جلوگیری شود (شکل‌های ۴-۱۹ و ۴-۲۰). همچنین اجرای نما باید به گونه‌ای باشد که در تراز طبقات (تیر یا دال) در نما درز انقطاع اجرا شود.

در صورتی‌که دیوار از مصالحی ساخته شود که بتواند ضوابط عایق حرارتی را برآورده کند نیازی به اجرای عایق حرارتی جداگانه بر روی دیوار نیست. در غیر این صورت باید جزییات عایق بندی پوسته خارجی شامل مجموعه دیوار و نما رعایت گردد. در این حالت باید نما به نحو مناسبی به دیوار پشت متصل شود.



شکل ۴-۱۹- نحوه اجرای نمای چسبانده شده در دیوارهای جداسازی شده



شکل ۴-۲۰- نحوه اجرای نمای چسبانده شده در دیوارهای جداسازی شده مسلح شده با شبکه الیاف

۴-۸- نمای پرده‌ای سنگی پیش‌ساخته

به جای نصب سنگ‌ها به صورت جداگانه بر روی دیوار پشتیبان، می‌توان سنگ‌ها را به قاب خرپایی فولادی متصل کرد. مجموعه سنگ و قاب، پانلی را تشکیل می‌دهد که توسط جرثقیل تا موقعیت نصب بلند شده و به سازه ساختمان متصل می‌شود. عموماً فاصله بین دو ستون با یک پانل پوشانده می‌شود و پانل روی ستون‌ها تکیه می‌کند. سیستم پانلی برای استفاده در موقعیت‌هایی که هزینه‌های نیروی کار بالا باشد و یا شرایط آب و هوایی نامطلوب باشد یا کارگاه ساختمانی برای ایجاد داربست نامناسب باشد، به کار می‌رود.

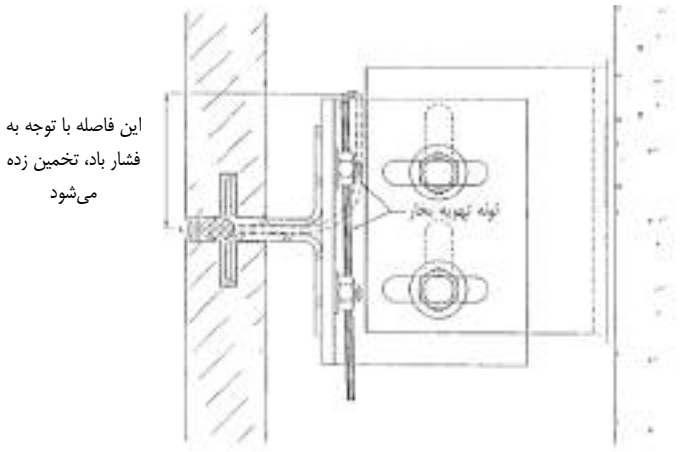
شکل ۴-۲۱- پانل دیواری پرده‌ای پیش‌ساخته سنگی

۴-۹- نفوذپذیری آب

بدون درنظر گرفتن ملاحظات مربوط به جلوگیری از نفوذ آب به پشت سنگ نما از طریق طراحی درزها یا درزگیرها در نمای مهار شده، باید به این نکته توجه داشت که نشت آب ممکن است در طول عمر بنا اتفاق بیفتد. لذا باید جهت جلوگیری از محبوس شدن آب و خرابی‌های متعاقب آن در داخل ساختمان ملاحظاتی در نظر گرفته شود. این امر به کمک استفاده از درزپوش[۱] و آبچکان[۲] قابل انجام است.

در صورتی که تجهیزات حفاظت در برابر آتش تداخلی ایجاد نکند، باید درزپوش و آبچکان در هر طبقه یا یک عدد برای چند طبقه اجرا شود. پیشنهاد می‌شود که یک عدد برای حداکثر دو طبقه یا ۷٫۶ متر اجرا شود. آبچکان‌ها در درزپوش باید تقریباً با فاصله افقی ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر نسبت به هم قرار گیرند. آبچکان‌ها بهتر است در محل تقاطع درزها در محلی که با مهارها تداخل نداشته باشند و حفره‌های آبچکان بتوانند توسط مواد درزگیر، محافظت شوند، قرار بگیرند.

هوای موجود در فاصله بین پشت سنگ نما و سازه پشت‌بند باید تهویه گردد تا بخار ایجاد شده توسط لوله‌های تعبیه شده خارج گردد. آبچکان و لوله تهویه باید دارای ابعاد بیرونی سازگار با پهنای درز باشد. طناب یا فتیله نیز می‌توانند نقش آبچکان را داشته باشد. لوله تهویه بخار باید به صورت عمودی در پشت سنگ تا ارتفاعی قرار گیرد که از ورود کج باران به داخل فاصله هوایی ممانعت نماید (شکل ۴-۲۲).



شکل۴-۲۲- لوله تهویه بخار

بیشتر بخار آبی که در پشت سنگ نما ایجاد می‌شود، ناشی از رطوبت موجود در داخل ساختمان است. بخاربند مناسب باید به عنوان بخشی از سیستم پشت‌بند دیوار خارجی از دال کف تا دال یا سازه بالایی آن و از پنجره تا پنجره بعدی درنظر گرفته شود تا فضای خالی دیوار خارجی را از فضای داخل جدا کند.

---

[55] Flashing
[56] Weeping

در نظر نگرفتن بخاربند موثر، باعث ایجاد میعان روی سطح داخلی سنگ می‌شود و ممکن است رطوبت در داخل شکاف‌ها و سوراخ‌ها حبس شده و باعث ایجاد خرابی‌های ناشی از چرخه یخزدن- آب‌شدن (که در محل‌های مهار، یکپارچگی سنگ را مختل می‌کند) شود. همچنین، میعان به واسطه جریان سیال در سطح زیر درزگیر سبب خرابی درزگیرها و خوردگی فولاد می‌شود. حتی اگر هیچ‌گونه خرابی سازه‌ای رخ ندهد، میعان محبوس می‌تواند به رویه سنگ منتقل شده و باعث ایجاد لکه در آن شود.

درزگیری درزها عامل اصلی جلوگیری از نفوذ آب می‌باشد اما نمی‌تواند به عنوان یک بخاربند ضد آب درنظر گرفته شود. درزگیر باید با دقت انتخاب و مشخص شود. انواع مختلفی موجود می‌باشد که هر کدام دارای ویژگی‌های بخصوصی از جمله چسبندگی، پیوستگی، کشیدگی، طول عمر، مدول و رنگ می‌باشند. درزگیرهای روغنی و غیرپوسته‌ای[1] به دلیل احتمال لکه‌دارکردن سنگ یا خودشان، نباید مورد استفاده قرار گیرند. معمولاً چسبندگی درزگیر برای سنگ مشکلی ایجاد نمی‌کند. اما، چسبندگی به سطوح مجاور ممکن است با مشکلاتی همراه باشد.

۴-۱۰- رواداری‌ها

برخی از رواداری‌های معمول در نصب به شرح زیر است:

اختلاف نسبت به سطح شاقولی دیوارها، گوشه سنگ‌ها، گوشه‌های خارجی، درزها و سایر خطوط آشکار نباید در هیچ طبقه‌ای (یا حداکثر در ۶ متر) بیشتر از ۶ میلی‌متر باشد.

اختلاف تراز نسبت به تراز مشخص شده در نقشه‌ها برای درزهای افقی و سایر خطوط آشکار نباید در حداکثر ۶ متر بیشتر از ۶ میلی‌متر و برای ۱۲ متر نباید بیش از ۲۰ میلی‌متر باشد.

اختلاف در خطوط مستقیم ساختمان نسبت به محل مشخص‌شده در نقشه‌ها و بخش مربوطه روکار دیوار نباید در هیچ دهانه‌ای یا در حداکثر ۶ متر، بیشتر از ۱۲ میلی‌متر یا در هر ۱۲ متر نباید بیش از ۲۰ میلی‌متر باشد.

اختلاف در سطح وجوه قطعات مجاور یکدیگر (غیرهم تراز بودن) نباید از یک چهارم پهنای درز بین قطعات بیشتر از ۱/۵ میلی‌متر تجاوز کند مگر این‌که پرداخت پانل ناصاف باشد یا اندازه پانل بیش از ۱/۸ متر مربع باشد.

۴-۱۱- مصالح مورد استفاده برای نمای سنگی

۴-۱۱-۱- فلزات مهار

فلزات مورد استفاده برای مهار و اتصالات بسته به محل استفاده آن انتخاب می‌شوند:

[1] Non-skinning

نوع فلز مورد استفاده در صورتی‌که در تماس با سنگ باشد، باید از فولاد گالوانیزه یا ضدزنگ یا آلومینیوم باشد. برای سنگ گرانیت می‌توان از آلومینیوم آندکاری شده استفاده نمود. در مواردی که پروژه در معرض کلریدها است (شامل مناطقی که در معرض بخار نمک‌های ضدیخ معابر می‌باشند و مناطقی که در محدوده ۱۰ تا ۲۰ کیلومتری آب شور هستند) توصیه می‌شود که براساس نیازها و محدودیت‌های کاربردهای خاص از فولاد ضدزنگ استفاده شود. برای مهارها از سیم‌های برنجی یا فولاد ضدزنگ استفاده شود.

اجزای فولادی ضدزنگ با ضخامت کمتر از ۶ میلی‌متر نباید جوش داده شوند. در صورت نیاز به جوش در آن اجزا، باید از انواع کم‌کربن آلیاژ مربوطه استفاده شود.

مهارهای سیمی خارجی که در درون ملات سیمان استفاده می‌شوند، باید از فولاد ضدزنگ شکل‌پذیر باشند و از به کار بردن آلومینیوم با ملات به دلیل عدم سازگاری آنها با هم، خودداری شود.

فلزی که در تماس مستقیم با سنگ نیست و در معرض هوا قرار می‌گیرد باید از فولاد ضدزنگ، فولاد گالوانیزه، فولاد با پوشش حاوی روی یا با پوشش اپوکسی یا آلومینیوم باشد.

مهارها و پیچ و مهرها باید از فولاد ضدزنگ باشد.

۴-۱۲- درزگیرها

درزگیرهایی که در مجاورت با سنگ قرار می‌گیرند، باید دارای قابلیت کافی جهت تأمین ویژگی‌های موردنیاز باشند. این ویژگی‌ها عبارتند از مقاومت گسیختگی و پوسته شدن، کشسانی، قابلیت فشردگی، مقاومت فرورفتگی، مقاومت در برابر آلوده شدن و تغییررنگ و سازگاری با دیگر درزگیرهایی که ممکن است در تماس با آن‌ها قرار گیرند.

امکان نشت برخی درزگیرها بر روی سنگ وجود دارد. در این مورد، پیشنهاد می‌شود آزمایش‌های مناسب انجام شوند.

بیشتر درزگیرها نیازمند یک پوشش اولیه (آستر) هستند.

۴-۱۳- مصالح ملات

ملات استفاده شده برای ثابت کردن مهارها در محل، در نماها باید شامل یک بخش سیمان معمولی یا زودسخت‌شونده و یک بخش ماسه باشد. ملات باید به حالت خمیر نسبتاً خشک بوده و به خوبی در داخل سوراخ اطراف مهار کوبیده شود و باید برای اینکه کاملاً بگیرد تا ۴۸ ساعت نباید تحت تنش قرار گیرد.

جایی که مهارها با رزین در پانل‌های سنگی محکم شوند، نوع رزین انتخاب شده باید با مهارهای فلزی سازگاری داشته باشد و مخصوص استفاده در سنگ باشد. همهٔ رزین‌ها باید با دارای گواهی درجه‌بندی آتش مناسب باشند. جایی که نصب سنگ با مهار سیمی فولاد ضدزنگ همراه باشد، مهار باید در سوراخ دریل شده با حداقل زاویهٔ 10° نسبت به افق، قرار داده شود.

سیمان پرتلند، سیمان بنایی و آهک استفاده شده در تهیه ملات آهک و سیمان باید بدون لک‌شدگی باشد.

دوغاب غیرانقباضی نباید مورد استفاده قرار گیرد.
مواد افزودنی می‌تواند روی مقاومت و چسبندگی ملات‌ها تأثیر بگذارد و باید در استفاده از آنها مراقب بود.
کلرید کلسیم و افزودنی‌های دارای کلسیم کلرید نباید به ملات‌ها افزوده شوند.
آب باید آب لوله‌کشی یا سایر منابع قابل شرب باشد. اگر آب لوله‌کشی در دسترس نبود، آب باید تمیز و عاری از املاح محلول و غیر محلول باشد به مقداری که تأثیرات مضر روی ملات، سنگ یا فلزات نگذارد و موجب لطمه به دوام ساخت و ساز نشود.

۴-۱۴- درزپوش‌ها

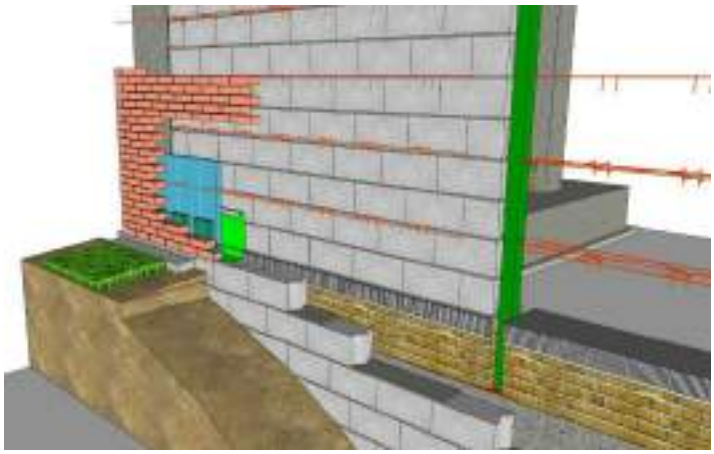
انتخاب ورقه فلزی برای هوازدگی و درزپوش‌ها باید با در نظر گرفتن شرایط استفاده و در معرض بودن و رفتار شیمیایی در تماس با سایر مصالح، انجام گیرد. آلومینیوم و روی و آلیاژهای آن‌ها، در هنگام تماس مستقیم با سایر فلزات و در حضور رطوبت می‌توانند دچار خوردگی شوند و از تماس مستقیم آن‌ها با سایر فلزات مورد استفاده در نما، مخصوصاً مس و آلیاژهای مس باید اجتناب شود. در جاهایی که چنین تماس‌هایی غیرقابل اجتناب است، ضروری است پیش‌گیری‌های لازم برای ایزولاسیون فلزات غیرمشابه از خوردگی گالوانیکی صورت گیرد. رواناب حاصل از آب باران که از روی درز پوش‌های مسی یا آلیاژهای مسی عبور می‌کند نباید در تماس با درزپوش‌ها یا اجزای ساخته شده از آلومینیوم و روی یا آلیاژهای آن‌ها قرار گیرد، مگر اینکه قبل از آن، با یک اندود قیری یا سایر مصالح مناسب مورد محافظت قرار گیرند.
مصالح غیرفلزی نیز می‌توانند به عنوان درزپوش مورد استفاده قرار گیرند، ولی طول عمر آنها به نسبت زیادی به میزان در معرض مستقیم آب و هوا بودن، بستگی دارد. بعضی مصالح، مانند الیاف معدنی مسلح قیری، برای نرم‌کردن و شکل‌دادن نیاز به گرما دارند در حالی مصالح دیگر، مانند پلی‌اتیلن یا قیر پلی‌اتیلن به وسیلهٔ چسب‌های مخصوص در وضعیت خود قرار می‌گیرند. مصالح درزپوش باید به گونه‌ای انتخاب شوند که جابجایی و رواداری‌های لازم را تأمین نماید.

فصل پنجم

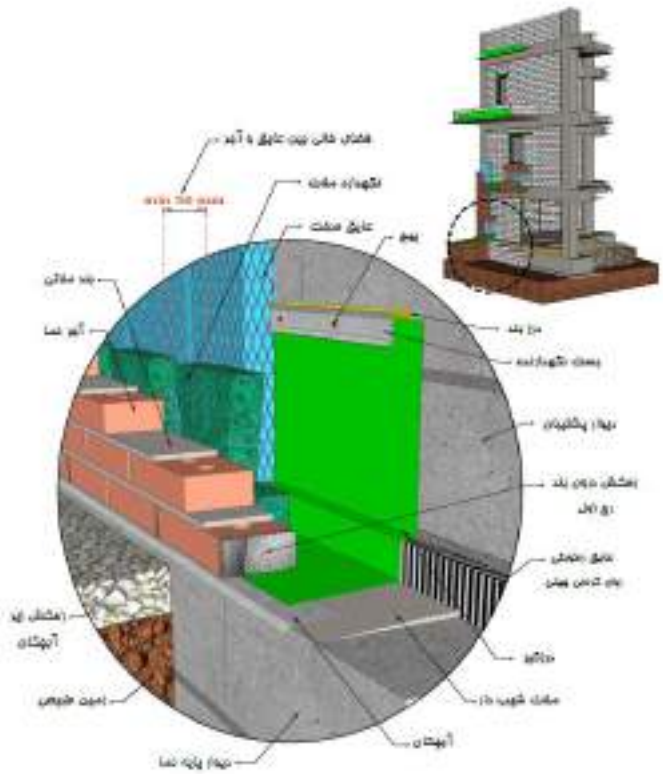
الزامات طراحی و اجرای نمای آجری

۵-۱- انواع نمای آجری

نماهای آجری شامل یک لایه آجر، با ضخامت حداکثر ۱۰ سانتی‌متر، می‌باشد. دیوار پشتیبان که نمای آجری بر روی آن نصب می‌شود ممکن است سازه‌ای یا غیرسازه‌ای باشد. جزییات اجرای دیوار پشتیبان باید براساس ضوابط فصل دوازدهم این دستورالعمل اجرا شود. نمونه‌ای از اجرای نمای آجری و اتصال آن به این دیوارها در شکل‌های ۵-۱ و ۵-۲ نمایش داده شده است.



شکل ۵-۱– اجرای نمای آجری بر روی دیوار مسلح شده براساس ضوابط فصل دوازدهم



شکل ۵-۲-جزییات اجرای نمای آجری

۵-۲- انواع آجر نما

آجرهای مورد استفاده در نمای ساختمانی شامل آجر رسی، آجر ماسه آهکی، آجر مارنی و آجر بتنی می‌باشند که هر کدام از آن‌ها می‌توانند به صورت توپر، سوراخ‌دار یا صفحات نازک (پلاک) باشند.

رده‌بندی آجر، براساس مقاومت آن‌ها در مقابل چرخه‌های یخبندان تعریف می‌شود. دو رده برای آجر نما تعریف شده است:

رده SW (آب و هوایی سخت) برای استفاده آجر در جاهایی که مقاومت بالا نسبت به تخریب در برابر چرخه یخبندان الزامی است.

رده MW (آب و هوای معتدل) برای استفاده آجر در جاهایی که مقاومت متوسطی نسبت به تخریب در برابر چرخه یخبندان الزامی است.

زمانی که نوع آجرنما مشخص نشده باشد الزامات آجر استاندارد باید رعایت شود.

-آجر باید عاری از هرگونه عیب باشد و پرداخت‌های سطح (مانند پوشش‌ها) نباید موجب آسیب به مقاومت و عملکرد آجر شود.

- اگر هرگونه پوشش یا ترمیمی روی سطوح توسط سازنده انجام گیرد، باید نوع و مقدار این پوشش‌ها یا ترمیم سطح گزارش شود.

مشخصات فیزیکی نظیر دوام، مقاومت فشاری، حداکثر جذب آب، ابعاد و رواداری‌های مجاز، پیچیدگی و ... باید مطابق با استانداردهای جدول زیر باشد.

جدول ۵-۱ استانداردهای آجر

نوع آجر	استاندارد
آجر نمای رسی	ISIRI 7
آجر نمای بتنی	INSO 16211
آجر مارنی	ISIRI 14507
آجر ماسه آهکی	ASTM C73
آجر پلاک	ASTM C1088
آجر سوراخ‌دار	ASTM C652

۵-۳- الزامات کلی طراحی

ضوابط این بخش از دستورالعمل به طور خاص برای طراحی نماهای آجری می‌باشد و در مورد سایر انواع نما کاربرد ندارد.

۵-۳-۱- نماهای مهار شده

الزامات زیر باید از لحاظ لرزه‌ای برای نماهای آجری مهار شده رعایت شود:

- برای نماهای با اتصالات مهاری، نما باید از لبه‌های جانبی و لبه بالا از سازه اصلی جدا شود تا در مقاومت نیروهای جانبی زلزله که توسط سازه اصلی تحمل می‌شود مشارکت نداشته باشد.

- وزن نما برای هر طبقه به صورت جداگانه باید توسط نبشی نشیمنی واقع در آن طبقه تحمل شود.

- درزها باید با استفاده از مفتول‌های پیوسته با حداقل قطر ۴ میلی‌متر با حداکثر فواصل ۴۵۰ میلی‌متر مسلح شوند. اتصال مهارها به درزهای مسلح به وسیله قلاب و یا کلیپس باید صورت پذیرد.

هم چنین الزامات ذکر شده در بندهای ۵-۳-۱-۱ تا ۵-۳-۱-۵ باید در مورد این نوع نما رعایت شود:

۵-۳-۱- ۱- واحد بنایی

واحدهای بنایی باید حداقل ۵۰ میلی‌متر ضخامت داشته باشند.

۵-۳-۱-۲- تکیه‌گاه ثقلی نماهای آجری مهار شده

الف- وزن نمای آجری مهار شده در طبقه اول باید به شالوده اعمال شود.

ب- باید وزن نما در تراز هر طبقه به نبشی تکیه‌گاهی نصب شده در آن طبقه اعمال شود.

ج- هنگامی که وزن نمای آجری مهار شده توسط هر طبقه تحمل می‌شود باید خیز المان‌های باربر تحت بارهای غیرضریب‌دار مرده به علاوه زنده کمتر از $\frac{L}{600}$ باشد که L طول دهانه المان باربر ثقلی است.

د- در شرایطی که در نما بازشو وجود دارد باید وزن نما توسط تیر نعل درگاهی و یا سایر تکیه‌گاه‌هایی که به عضوهای غیر قابل اشتعال متصل شده است تحمل شود. در این شرایط خیز این تکیه‌گاه‌ها نیز نباید از مقدار $\frac{L}{600}$ فراتر رود.

۵-۳-۱-۳- تکیه‌گاه جانبی نماهای بنایی مهار شده

نما باید توسط مهارهایی با ضوابط زیر به تکیه‌گاه مهار شود:

الف- ورق‌های فلزی کنگره‌دار

- ورق‌های فولادی کنگره‌دار باید حداقل ۲۰ میلی‌متر عرض و ۰٫۸ میلی‌متر ضخامت باشند و طول موج کنگره‌ها باید بین ۷٫۵ میلی‌متر تا ۱۲٫۵ میلی‌متر و ارتفاع آنها بین ۱٫۵ تا ۲٫۵ میلی‌متر باشد.

ورق‌های فولادی کنگره‌دار باید به صورت زیر در نمای آجری مهار شده قرار گیرند:

ـ ورق فولادی کنگره‌دار باید در داخل درز ملات نما یا دوغاب کار گذاشته شود به طوری که حداقل به مقدار ۴۰ میلی‌متر در داخل دیوار نما قرار داشته باشد و حداقل دارای ۱۵ میلی‌متر پوشش ملات تا سطح خارجی نما باشد.

ب- مهارهای شامل ورق‌های فلزی

- ورق‌های فلزی حداقل باید ۲۰ میلی‌متر عرض و ۱٫۵ میلی‌متر ضخامت داشته باشند و باید:

دارای کنگره‌هایی مطابق بند الف یا خمیده، بریده شده یا سوراخ شده باشند تا بتوانند عملکرد یکسانی در حالت‌های کشش و فشار داشته باشند.

-مهارهای شامل ورق‌های فلزی باید به صورت زیر در نمای آجری مهار شده قرار گیرند.

–ورق فولادی کنگره‌دار باید در داخل درز ملات نما یا دوغاب کار گذاشته شود به طوری که حداقل به مقدار ۴۰ میلی‌متر در داخل نما قرار داشته باشد و حداقل دارای ۱۵میلی‌متر پوشش ملات تا سطح خارجی نما باشد.

ج- مهار های مفتولی

- مهارهای مفتولی باید حداقل دارای قطر ۴ میلی‌متر بوده و در دو انتها خم شوند به طوری‌که طول خم‌شدگی حداقل برابر با ۵۰ میلی‌متر باشد.

- مهارهای مفتولی باید به صورت زیر در نماهای آجری مهار شده قرار گیرند:

- ورق فولادی کنگره‌دار باید در داخل درز ملات نما یا دوغاب کار گذاشته شود به طوری که حداقل به مقدار ۴۰ میلی‌متر در داخل نما قرار داشته باشد و حداقل دارای ۱۵میلی‌متر پوشش ملات تا سطح خارجی نما باشد.

د- مسلح کننده درز ملات

-در درز ملات نماهای آجری مهار شده استفاده از مسلح کننده نردبانی یا زبانه‌ای مجاز می‌باشد. مفتول‌های عرضی که در نماهای آجری مهار شده به کار می‌روند باید حداقل دارای قطر ۴ میلی‌متر باشند. مفتول‌های عرضی باید به مفتول‌های طولی با قطر ۴ میلی‌متر جوش شوند.

- مفتول‌های طولی باید در داخل درز ملات طوری قرار گیرند که حداقل از هر طرف ۱۵ میلی‌متر پوشش روی آنها وجود داشته باشد.

ه- مهار های تنظیم شونده

- ورق‌های فلزی و قطعات مفتول مهارهای تنظیم شونده باید الزامات این بند یا ه -۲ را برآورده کنند. مهارهای تنظیم شونده با مسلح کننده‌های درز ملات نیز باید الزامات بند ه -۳ را برآورده کنند.

- مهارهای تنظیم شونده باید دارای جزئیاتی باشند تا مانع از هم گسیختن آن‌ها شود.

- میله لولای مهارها باید حداقل دارای دو ساق یا مفتول به قطر ۴ میلی‌متر باشد و فاصله بین آنها نباید بیش از ۳۰ میلی‌متر باشد.

- مهارهای تنظیم کننده‌ای که دارای مقاومت و سختی برابر با مقادیر مشخص شده در بندهای ه -۱ تا ه -۴ می‌باشد قابل استفاده در نماهای آجری مهار شده می‌باشد.

- مهارهای تنظیم شونده، مهارهای مفتولی با قطر ۴ میلی‌متر، ورق‌های فلزی کنگره‌دار ۰٫۸ میلی‌متر به ازای هر ۰٫۲۵ متر مربع از سطح دیوار باید حداقل یک عدد نصب شود.

- در سایر انواع مهارها باید به ازای هر ۰٫۳ متر مربع از دیوار حداقل یک مهار نصب شود.

- فاصله قائم و افقی مهارها نباید از مقادیر ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی‌متر بیشتر شود.

- اطراف بازشوهای با ابعاد بزرگتر از ۴۰۰ میلی‌متر باید مهارهای تقویتی نصب شود. مهارها در اطرف محیط بازشو باید حداکثر دارای فاصله ۹۰۰ میلی‌متر باشند. مهارها باید در فاصله ۳۰۰ میلی‌متر از بازشو قرار گیرند.

- ضخامت درز ملات باید حداقل دو برابر ضخامت مهار مدفون شده در آن باشد.

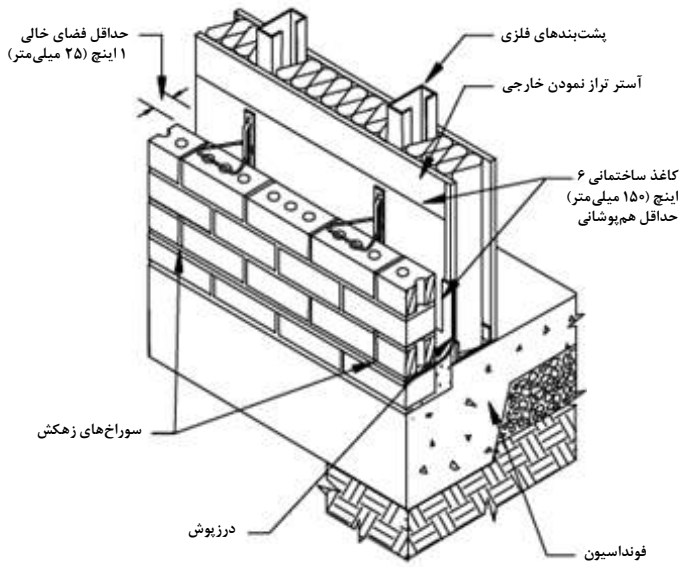
۵-۳-۱-۴- نماهای آجری مهار شده به دیوار خشک

- اتصال مهارها به قاب فلزی با پیچ‌های مقاوم در برابر خوردگی که حداقل دارای قطر اسمی ۵ میلی‌متر است باید انجام شود.

- قاب فولادی سرد نورد شده نگهدارنده باید در برابر خوردگی مقاوم باشد و حداقل دارای ضخامت فلز پایه ۱٫۰ میلی‌متر باشد.

- حداکثر فاصله سطح داخلی نما و قاب فلزی باید ۱۲۰ میلی‌متر باشد. حداقل فاصله ۲۵ میلی‌متر برای فضای هوا باید در نظر گرفته شود.

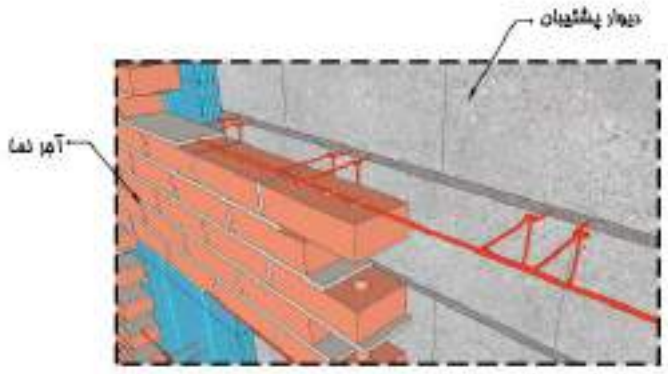
- در استفاده از پروفیل‌های گالوانیزه هنگام برش‌کاری باید محل برش داده شده با عایق مناسب پوشانده و یا از ضدزنگ استفاده شود.



شکل ۵-۳- نمای مهاری

۵-۳-۱-۵- نماهای آجری مهار شده به دیوار بتنی یا بنایی

- اتصال نمای آجری به نگهدارنده‌های بنایی باید به وسیله مهارهای مفتولی از فولاد ضد زنگ یا دارای پوشش گالوانیزه، قابل تنظیم یا درزهای مسلح شده انجام شود. اتصال نما به نگهدارنده‌های بتنی باید به وسیله مهارهای قابل تنظیم انجام شود. جزییات نحوه اجرای این نما در شکل ۵-۴ نمایش داده شده است.



شکل ۵-۴- نحوه مهار نمای آجری به دیوار پشت

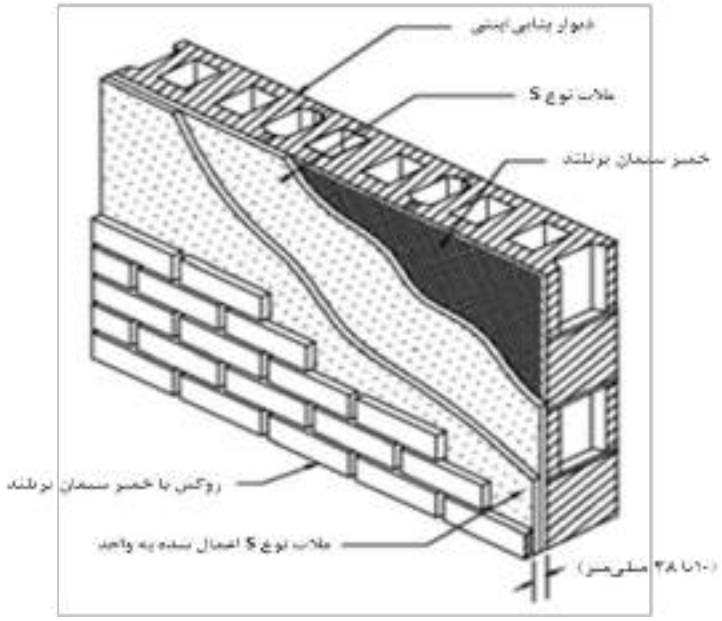
۵-۳-۲- نماهای چسبانده شده

الزامات زیر درخصوص این نما باید در نظر گرفته شود.

الف: بارها از نما به دیوار پشتیبان به وسیله مهارهای مکانیکی مناسب انتقال یابد.

ب: خمش خارج از صفحه برای جلوگیری از جدایی نما از دیوار پشتیبان باید محدود شود.

ج : نما نباید در معرض تنش‌های کششی ناشی از خمش قرار گیرد.



شکل ۵-۵ نمای چسبانده شده به دیوار نگهدارنده بنایی یا بتنی

۵-۳-۲-۱- الزامات نماهای بنایی چسبانده شده

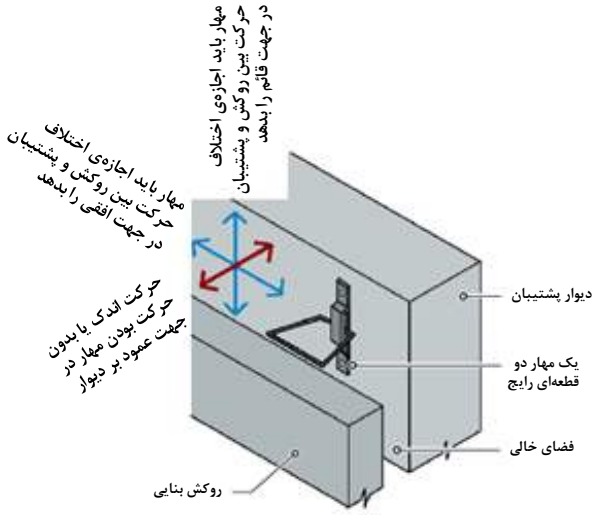
ضخامت هر یک از واحدهای آجر نمای چسبانده شده نباید بیشتر از ۶۰ میلی‌متر باشد. دیوار پشتیبان باید بر اساس ضوابط فصل دوازدهم این دستورالعمل مسلح شده باشد.

۵-۴- الزامات کلی اجرایی

۵-۴-۱- اتصالات برای تحمل بار جانبی

در اتصال نما آجری به دیوار پشتیبان از گیره‌های فولادی استفاده می‌شود که نقش این گیره‌ها انتقال بار جانبی از نما به دیوار پشتیبان می‌باشد. به هنگام انتقال بار، بسته به اینکه دیوار تحت فشار یا مکش باشد، گیره‌های متصل کننده ممکن است تحت نیروی محوری فشاری و یا کششی قرار بگیرند.

اتصالات باید از درجه صلبیت بالایی برخوردار باشند، به گونه‌ای که اجازه حرکت در صفحه عمود بر دیوار را نداشته باشند. به همین دلیل، از آنجایی که نما و دیوار پشتیبان هر دو به طور عادی دچار انبساط و انقباض متفاوتی در صفحه خود می‌باشند، طراحی اتصالات برای جابجایی‌های رو به بالا، پایین و جانبی باید با دقت بالایی انجام شود.



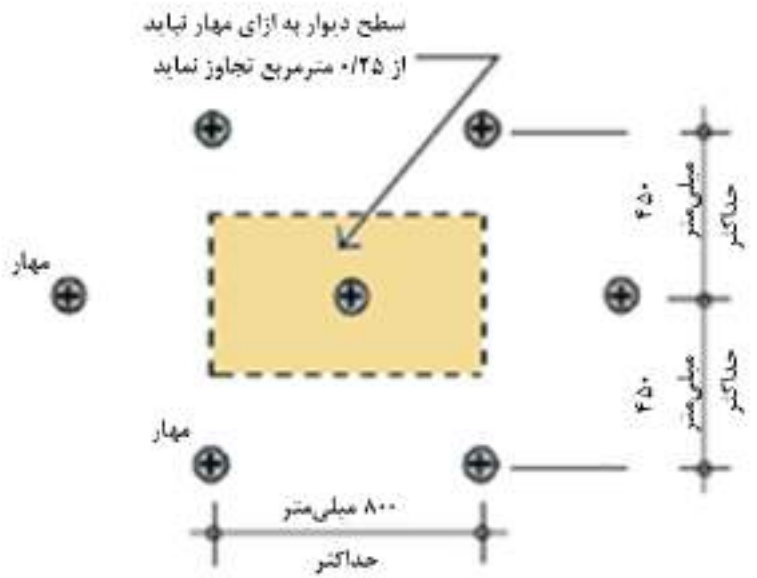
شکل ۵-۶- تنظیم‌شوندگی مورد نیاز در جهت‌های مختلف مهار دو تکه

اجزایی که در اتصال نما آجری به دیوار استفاده می‌شوند، شامل دو قطعه متصل شده به هم می‌باشند. یکی از این قطعه‌ها به دیوار پشتیبان متصل شده و دیگری در درز افقی نما که از ملات پر شده قرار می‌گیرد. اتصالات دو جزیی تنظیم شونده باید به گونه‌ای باشند که به نما اجازه حرکت در راستا موازی صفحه دیوار پشتیبان داده شود و از حرکت دیوار در راستای عمود بر صفحه دیوار جلوگیری کند.

نوع دیگری از اتصالات که در نصب نمای آجری به دیوار به کار می‌روند ورقه‌های فولادی تک لایه کنگره‌دار می‌باشند. کنگره‌های موجود در ورقه‌ها چسبندگی بین ورقه و ملات را افزایش می‌دهند و این امر باعث افزایش مقاومت کششی اتصال می‌شود، این در حالی است که همان شیارها تمایل اتصال را برای کمانش افزایش داده و باعث کاهش مقاومت فشاری اتصال می‌شود. این نوع اتصال، فقط در ساختمان‌های کم ارتفاع تا سه طبقه و در مناطقی با خطر لرزه‌ای و باد کم قابل استفاده است.

مهارها معمولا از نوع فولاد گالوانیزه شده می‌باشند ولی در مواردی که دوام از درجه اهمیت بالایی برخوردار است و یا محیط بیش از حد معمول خورنده است باید فولاد ضد زنگ مورد استفاده قرار گیرد.

فاصله‌گذاری اتصالات باید براساس بار جانبی و مقاومت مهارها محاسبه شود. اما به ازای هر $۱۲۰۰cm^2$ نما، حداقل یک مهار لازم است. بیشترین فاصله افقی و عمودی مهارها به ترتیب نباید از ۸۰ cm و ۴۵ cm بیشتر اختیار شود.



شکل ۵-۷- بیشینه فاصله مجاز مهارهای نما

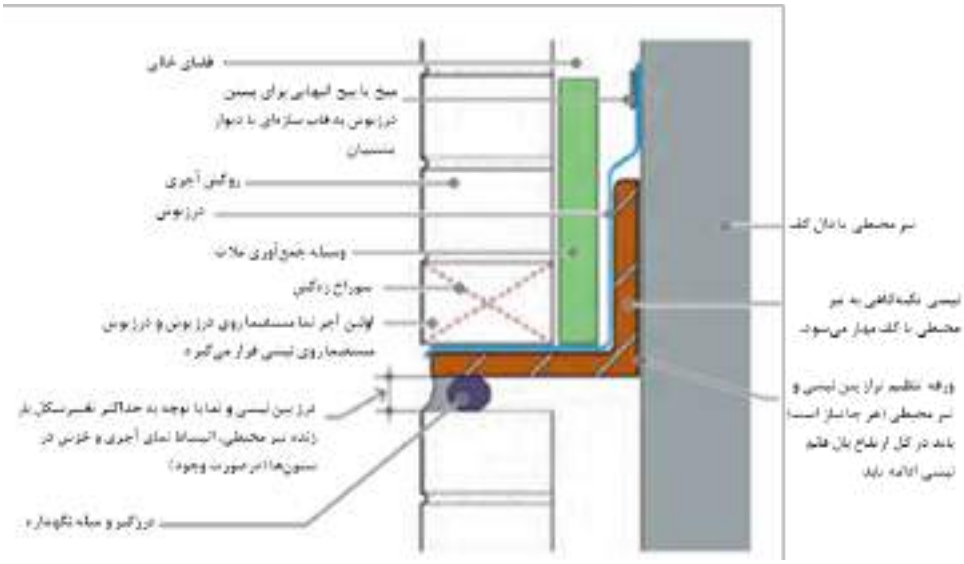
۵-۴-۲- تکیه‌گاه برای تحمل بار ثقلی

۵-۴-۲-۱- تکیه‌گاه ثقلی نمای آجری در تراز طبقات

در تمام ساختمان‌های دارای نمای آجری باید در هر طبقه از نبشی‌های تکیه‌گاهی فولادی برای تحمل بار نمای همان طبقه استفاده شود. این نبشی‌ها به سازه متصل شده و توسط آن پشتیبانی می‌شوند. در سازه قابی، نبشی‌های تکیه‌گاهی به وسیله جوش و یا پیچ به تیرهای محیطی سازه متصل می‌شوند (شکل ۵-۸). در ساختمان‌هایی با سیستم دیوار باربر، نبشی‌های تکیه‌گاهی به دیوارهای خارجی متصل می‌شوند.

در اجرای نبشی‌های تکیه‌گاهی فوقانی باید فاصله‌ای بین قسمت فوقانی نما و بال تحتانی نبشی وجود داشته باشد. این فاصله جهت انبساط قائم نما و نیز خیز تیر پیرامونی سازه بر اثر اعمال بارهای زنده می‌باشد و باید با محاسبه تغییر مکان کوتاه مدت و خزش دراز مدت تیر بدست آید. این فضای خالی همانطور که در شکل ۵-۹ نیز نمایش داده شده است با استفاده از یک درزگیر پوشانده می‌شود. نبشی‌های تکیه‌گاهی نباید سرتاسری باشند و بیشینه طول آنها به ۶ متر محدود می‌شود.

شکل ۵-۸- تکیه‌گاه‌ها جهت تحمل بار ثقلی نما



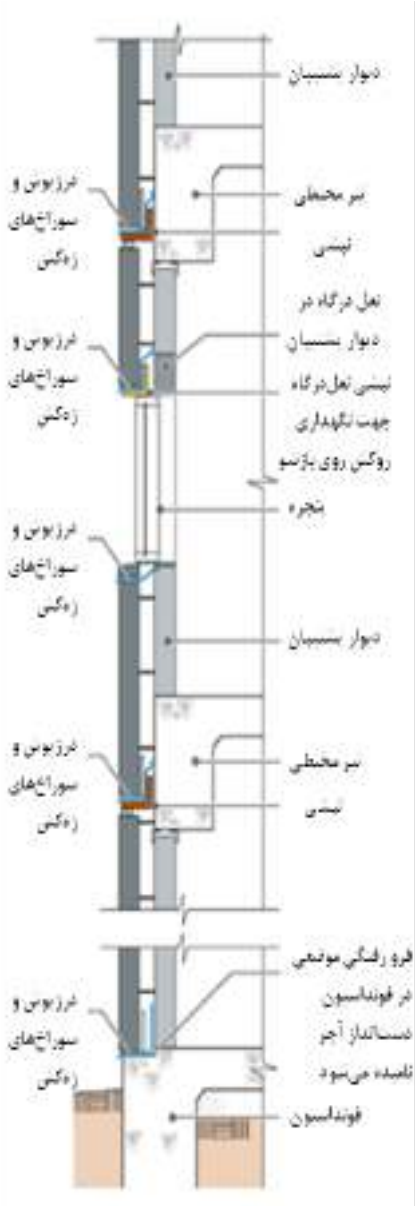
شکل ۵-۹- جزئیات شماتیک نبشی تکیه‌گاهی

۵-۴-۲-۲- تکیه‌گاه ثقلی در بالای بازشو (نعل درگاه)

در نقاطی که بازشوها (در و پنجره‌ها و ...) در نمای ساختمان وجود دارند، به تکیه‌گاهی علاوه بر موارد ذکر شده احتیاج می‌باشد. همانطور که در شکل ۵-۱۰ نمایش داده شده است، در نماهای آجری از نبشی‌های فولادی به عنوان تیرهای نعل

درگاهی استفاده می‌شود. بر خلاف نبشی‌های تکیه‌گاهی، تیرهای نعل درگاهی به منظور تأمین امکان جابجایی نسبی به سازه متصل نمی‌شوند، بلکه به صورت ساده بر روی نما قرار می‌گیرند.

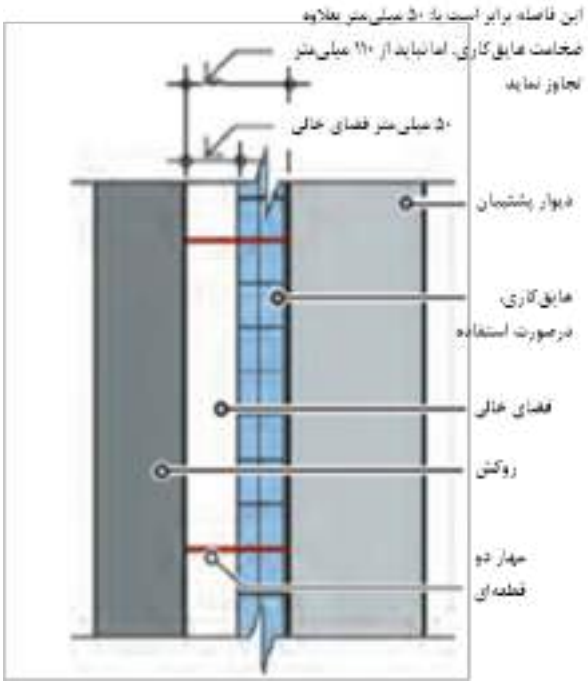
جهت آزاد گذاشتن حرکت نسبی نما و تیر نعل درگاهی، در محل اتکای تیر نعل درگاهی به نما نباید از ملات استفاده شود.



شکل ۵-۱۰- نمای شماتیک از قرارگیری نبشی‌های تکیه‌گاهی و نعل درگاهی و درزگیرها

۵-۴-۳- فاصله هوایی[1]

پیشنهاد می‌شود در اجرای نمای آجری ۵ cm به عنوان فاصله هوایی در نظر گرفته شود. بنابراین درصورتی که جهت عایق کاری نیز ۴ cm فضا در نظر گرفته شود، در نهایت باید ۹ cm فاصله بین دیوار پشتیبان و نمای آجری وجود داشته باشد.



شکل ۵-۱۱- فضای هوای مورد نیاز پشت دیوار

همانطور که در شکل ۵-۱۱ نشان داده شده است، به جز ساختمان‌های کم ارتفاع که فضای هوایی می‌تواند به ۲٫۵ cm کاهش یابد، حداقل فاصله هوایی اجرایی در نماهای آجری، ۵ cm می‌باشد. از طرفی در مجموع با در نظر گرفتن ضخامت عایق‌کاری، نباید فضای بین دیوار و نمای آجری بیشتر از ۱۱ cm شود.

زمانی که فاصله هوایی کم باشد این احتمال وجود داردکه به هنگام اجرای نما، ملات بین آجرها به فضای هوایی وارد شود و همچون یک پل، یک تماس دائمی بین نما و دیوار پشتیبان ایجاد کند. فضای هوایی با ضخامت ۵ cm احتمال وقوع چنین شرایطی را کاهش می‌دهد.

بیشینه فاصله بین نما و دیوار پشتیبان به ۱۱ cm محدود شده است. هرچه فاصله بین دیوار و نما بیشتر شود احتمال خرابی ناشی از کمانش مهارها بیشتر می‌شود.

[1] Air space

۵-۴-۴- قرارگیری درزگیرها و آب‌بندها

درزگیرها باید در تمامی نقاط ناپیوستگی نما قرار گیرند:

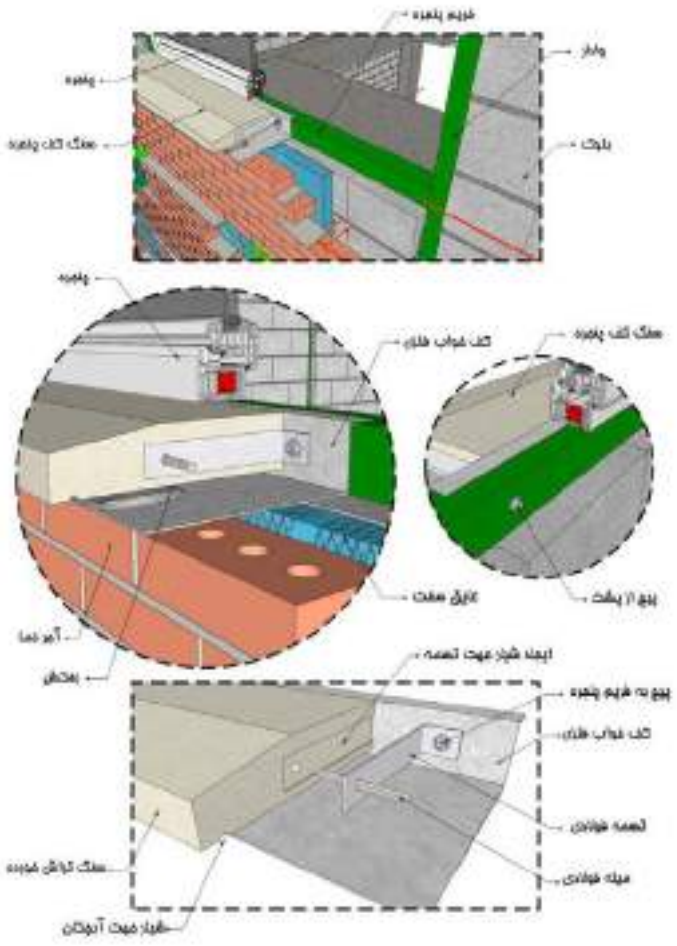
در تراز پی‌ها

بر روی نبشی‌های تکیه‌گاهی

بر روی نبشی‌های نعل درگاهی

در زیر پایه پنجره

اتصالات بین درزگیرها باید به خوبی آب‌بندی شود و تمامی درزگیرها باید با حفره‌های زه‌کشی همراه باشند. درزگیرها باید تا سطح خارجی نما امتداد پیدا کنند تا از زه‌کشی آب به خارج از نما اطمینان حاصل شود. انتهای درزگیرها و یا جایی که درزگیرها قطع می‌شوند باید به اندازه ارتفاع یک آجر به سمت بالا خم شوند تا از ورود آب به داخل فضای خالی پشت نما ممانعت شود (شکل ۵-۱۲).



شکل ۵-۱۲- اجرای درزگیر در نمای آجری

۵-۴-۵- درزگیرها

درزگیرها باید در مقابل آب غیر قابل نفوذ باشند و دارای مقاومت کافی در مقابل سوراخ‌شدگی، پاره‌شدگی و سایش نیز باشند. به علاوه درزگیرها باید دارای انعطاف‌پذیری بالایی باشد. دوام درزگیرها نیز از مهم‌ترین خواص آنها می‌باشد، چرا که تعویض و تعمیر درزگیرهای آسیب‌دیده کاری پر زحمت و پرهزینه می‌باشد. بنابراین در صورت استفاده از درزگیرهای فلزی، آن‌ها باید در مقابل خوردگی مقاوم باشند. مقاومت در برابر اشعه فرابنفش خورشید نیز از دیگر ملزومات درزگیرها می‌باشد، چرا که در قسمت خارجی نما این مصالح در معرض تابش مستقیم نور خورشید می‌باشند. متداول‌ترین مصالحی که به عنوان درزگیر استفاده می‌شود عبارتند از:

۱) ورق‌های فولادی ضد زنگ

۲) ورق‌های مسی

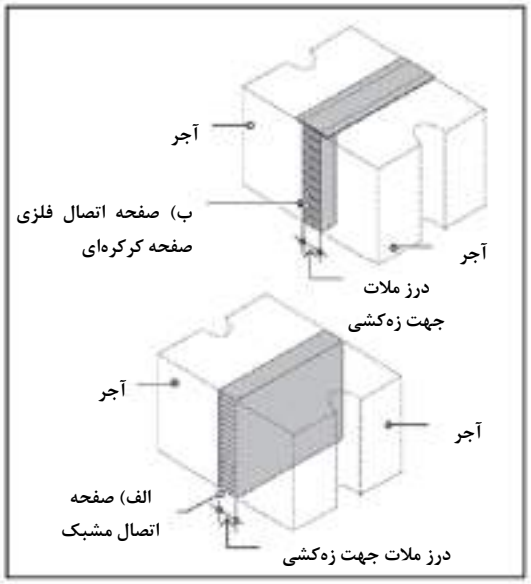
۳) پلاستیک‌ها

۴) درزگیرهای کامپوزیتی

۵-۴-۶- ساخت و فاصله حفره‌های زه‌کشی

حفره‌های زه‌کشی باید بلافاصله بالای درزگیرها تعبیه شوند. روش‌های متفاوتی برای ایجاد حفره‌های زه‌کشی وجود دارد. همانطور که در شکل ۵-۱۳ نمایش داده شده است، یکی از موثرترین و ساده‌ترین راه‌های ایجاد حفره‌های زه‌کشی خالی، گذاشتن یکی از درزهای ملات قائم در نماهای آجری است. جهت جلوگیری از نفوذ حشرات و زباله به داخل این حفره‌های زه‌کشی، باید از تورهای محافظ استفاده نمود. همانطور که در شکل ۵-۱۴ نمایش داده شده است، این قطعات به شکل L و از جنس پلاستیک یا فلز می‌باشد، به طوری که وجه عمودی آنها جهت عبور آب، توری شکل است و وجه افقی آن در داخل درز ملات افقی قرار می‌گیرد.

شکل ۵-۱۳- خالی گذاشتن درز ملات جهت زه‌کشی



شکل ۵-۱۴- دو نمونه از تورهای محافظ درز ملات خالی

به جای باز گذاشتن درز ملات، می‌توان از لوله‌های پلاستیکی با قطر ۱۰ سانتی‌متر و یا فتیله در درز ملات استفاده نمود. فتیله‌ها که از جنس طناب های پنبه‌ای می‌باشند، مطابق شکل ۵-۱۵ در داخل درز ملات قرار می‌گیرند. آن‌ها آب را از فضای خالی پشت نما به وسیله خاصیت مویینگی جذب می‌کنند و به وجه خارجی منتقل می‌کنند.

شکل ۵-۱۵- فتیله‌های از جنس طناب های پنبه‌ای جهت حفره‌های زه‌کشی

عملکرد لوله‌های پلاستیکی در مقایسه با فتیله‌ها بهتر می‌باشد. علاوه بر این درز ملات باز بهتر از دو روش دیگر می‌باشد. لوله های پلاستیکی که با طناب بسته شده‌اند در داخل درز ملات قرار می‌گیرند و پس از ساخت نما، این طناب‌ها از داخل لوله ها خارج می‌شوند تا از عدم ورود ملات به داخل لوله ها اطمینان حاصل شود. حفره‌های زه‌کشی باید به تعداد لازم مهیا شوند به طوری که زه‌کشی فضای خالی پشت دیوار به خوبی انجام شود. به طور کلی فاصله حفره‌های زه‌کشی با درز ملات باز نباید از ۶۰ سانتی‌متر بیشتر و در حالتی که از فتیله یا لوله‌های پلاستیکی استفاده می‌شود نباید از ۴۵ سانتی‌متر بیشتر باشد.

۵-۴-۷- ریزش ملات به درون فاصله هوایی

لازمه عملکرد موثر فضای خالی هوا به عنوان لایه زه‌کش، کاهش ریزش ملات به درون این فضا می‌باشد. تجمع بیش از حد ملات در این فضا باعث گرفتگی آن می‌شود. از طرفی سوراخ‌های زه‌کش زمانی عملکرد خوبی دارند که در اثر ریزش ملات بر روی آنها مسدود نشوند. آجر چینی ضعیف و نامناسب می‌تواند باعث تجمع قابل توجهی از ملات در محل درزگیرها شود. احتیاط به هنگام آجرچینی، به منظور کاهش ریزش ملات از مسائل مهم در اجرا می‌باشد. برای حفظ فضای خالی از گرفتگی، اقدامات اضافی باید صورت گیرد. یک راه حل این مسئله استفاده از ابزار مخصوص جمع کردن ملات در فضای خالی می‌باشد که دقیقا بر روی درزگیر قرار می‌گیرد. این ابزار از مش‌هایی که از رشته‌های پلیمری ساخته شده‌اند، تشکیل یافته‌اند. این ابزار ملات را بالای حفره‌های زه‌کشی حبس کرده و به صورت معلق نگه می‌دارد. (شکل ۵-۱۶) این سیستم به آب موجود در ملات اجازه می‌دهد تا از آن عبور کرده و روانه حفره‌های زه‌کش شود.

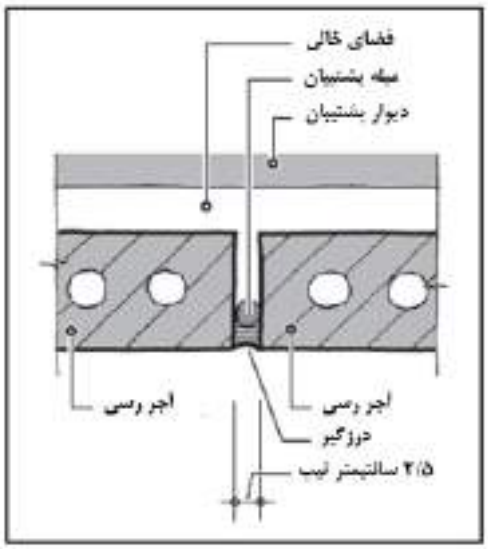
شکل ۵-۱۶- وسیله مهار ملات

۵-۴-۸- درز انبساطی پیوسته در نمای آجری

از آنجا که دیوارهای آجری پس از ساخت منبسط می‌شوند، بنابراین نماهای آجری باید شامل درز انبساطی قائم پیوسته‌ای در فواصل مشخص باشد (شکل ۵-۱۷).

شکل ۵-۱۷- درز انبساطی پیوسته در نمای آجری

مقدار فاصله پیشنهادی بیشینه جهت درزهای انبساطی قائم ۸ متر در قسمت میانی نما و ۳ متر در گوشه‌های نما می‌باشد. همانطور که در شکل(۵-۱۸) نمایش داده شده است، در درزهای انبساطی قائم به جای استفاده از ملات از میله پشتیبان و قطعه درزگیر استفاده می‌شود به طوری که اجازه حرکت به آجرهای دو طرف درز انبساط داده می‌شود و آببندی دیوار نیز از بین نمی‌رود. عرض درز انبساط قائم حداقل باید ۱۳ میلی‌متر باشد، به طوری که با سایر درزهای ملات قائم در دیوار نمای آجری مطابقت داشته باشد.



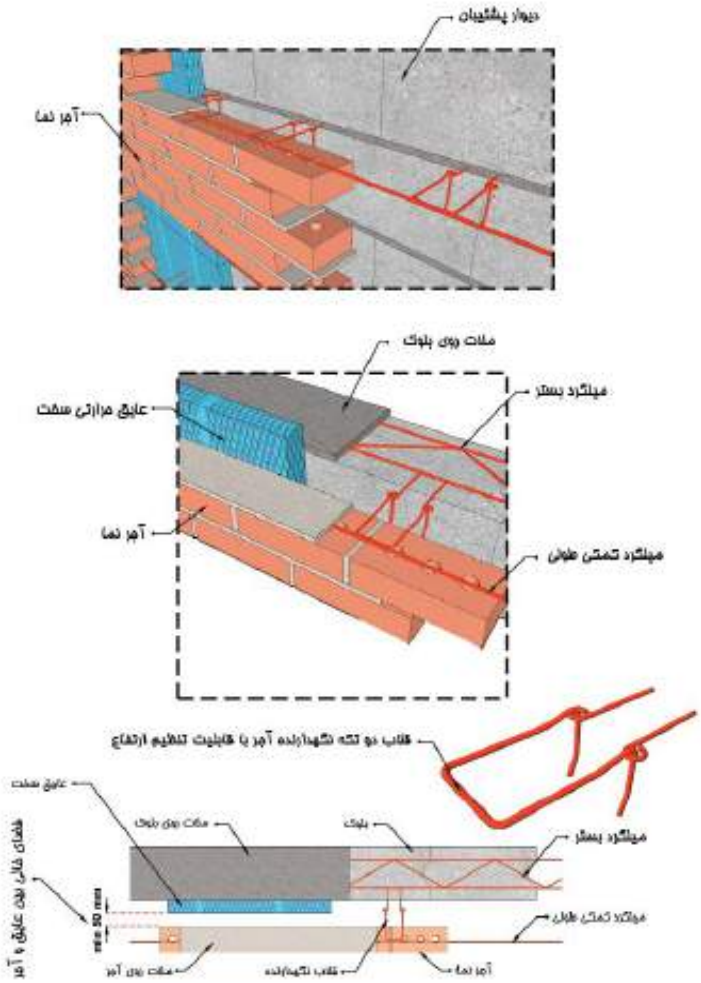
شکل ۵-۱۸- جزئیات درز انبساطی قائم

با مهیا کردن درز انبساطی قائم و نیز وجود فاصله زیر نبشی تکیه‌گاهی (که به عنوان درز انبساطی افقی عمل می‌کند) نمای آجری به پانل‌های منفرد مجزا تبدیل می‌شود که قابلیت انبساط و انقباض را دارند، به طوری که به سازه و دیواره پشتیبان نیرویی وارد نمی‌شود.

۵-۴-۹- مشخصات نمای آجری متصل به دیوار بتنی یا بلوکی

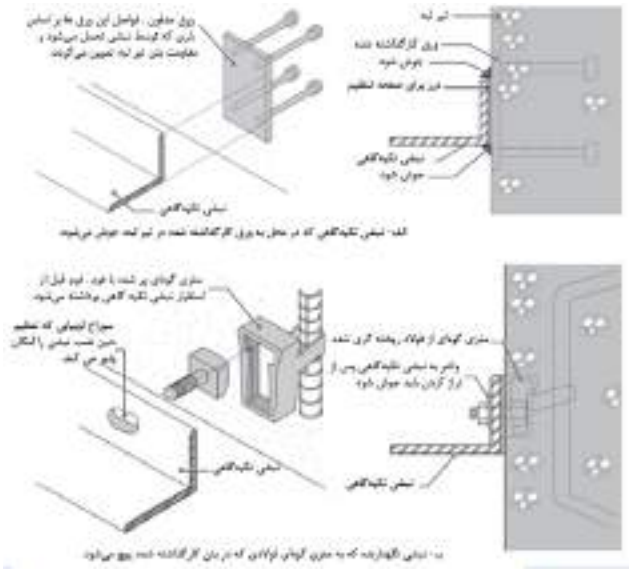
۵-۴-۹-۱- کلیات

تصویر نمای آجری نصب شده بر روی دیوار پشتیبان بلوکی در شکل (۵-۱۹) نشان داده شده است. برای متصل کردن نما به دیوار باید از مهارهای مفتولی دو تکه استفاده نمود. قطعه اول نقش مسلح‌کننده درز ملات را دارد و در دیوار پشتیبان جا داده می‌شود (شکل۵-۱۹) و قطعه دوم، نما را به قطعه اول که در دیوار پشتیبان جاسازی شده است، متصل می‌کند.



شکل ۵-۱۹- نمای آجری متصل به دیوار پشتیبان

جزییات اجرایی اتصال نبشی تکیه‌گاهی در شکل (۵-۲۰) مشخص شده است. دو روش اتصال نبشی تکیه‌گاهی به تیر بتن مسلح محیطی ساختمان در شکل (۵-۲۱) نشان داده شده است. در روش اول که بیشتر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد، نبشی‌های تکیه‌گاهی مربوط به هر طبقه باید قبل از اجرای نمای زیر آن نصب شوند. در روش دوم می‌توان نبشی‌های تکیه‌گاهی را بعد از اجرای نمای زیر آن‌ها نصب کرد. این روش، زمانی که نما شامل سنگ‌های طبیعی بزرگ و یا پانل‌های پیش ساخته سنگی می‌باشد به کار می‌رود.

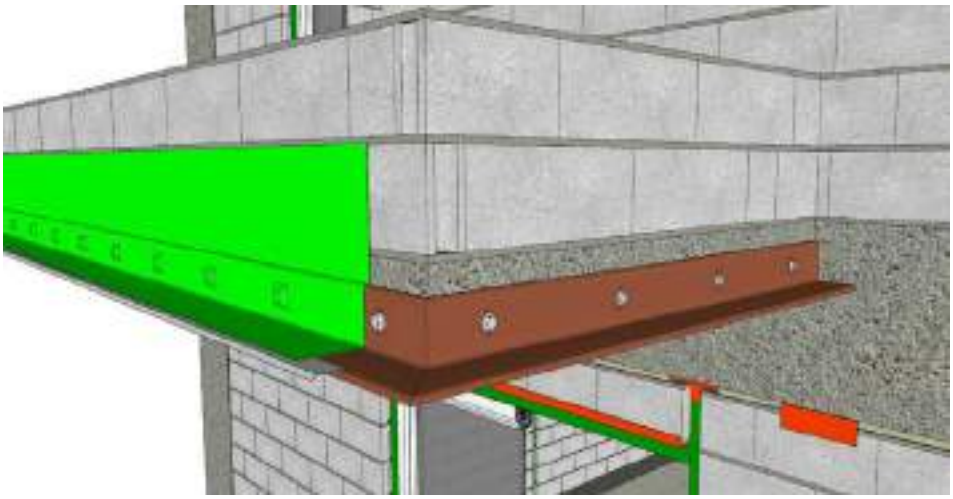


شکل ۵-۲۰- جزئیات اجرایی اتصال نبشی تکیه‌گاهی به دیوار پشتیبان

شکل ۵-۲۱- دو روش متداول برای ایجاد مقاومت در برابر بار جانبی در قسمت فوقانی دیوارهای پشتیبان بلوک سیمانی

۵-۴-۹-۲- مقاومت دیوارهای پشتیبان بلوک سیمانی در برابر نفوذ آب و هوا

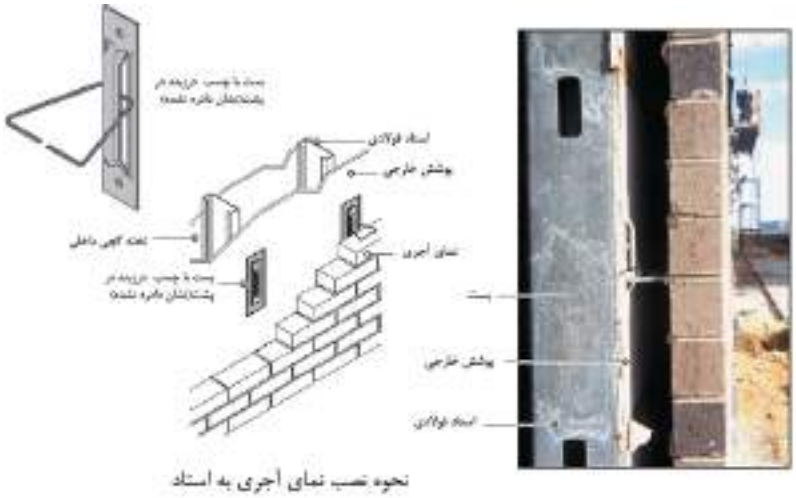
در ساختمان‌ها با دیوار پشتیبان بلوکی، به دلیل وجود تماس جداره بیرونی دیوار با آب و هوا، دیوار باید از مقاومت خوبی در برابر نفوذ این عوامل برخوردار باشد. در همین راستا مواد ویژه‌ای به منظور آب‌بندکردن دیوار به کار برده می‌شود. قبل از اجرای نمای آجری، سطح خارجی دیوار پشتیبان باید با استفاده از ماده آب‌بند پوشانده شود (شکل ۵-۲۲).



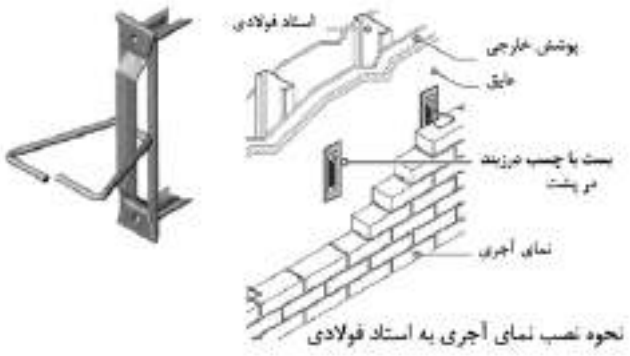
شکل ۵-۲۲- استفاده از ماده مخصوص جلوگیری از نفوذ آب و هوا قبل از اجرای نمای آجری

۵-۴-۱۰- الزامات تکمیلی نمای آجری متصل به دیوار پشتیبان LSF غیر باربر

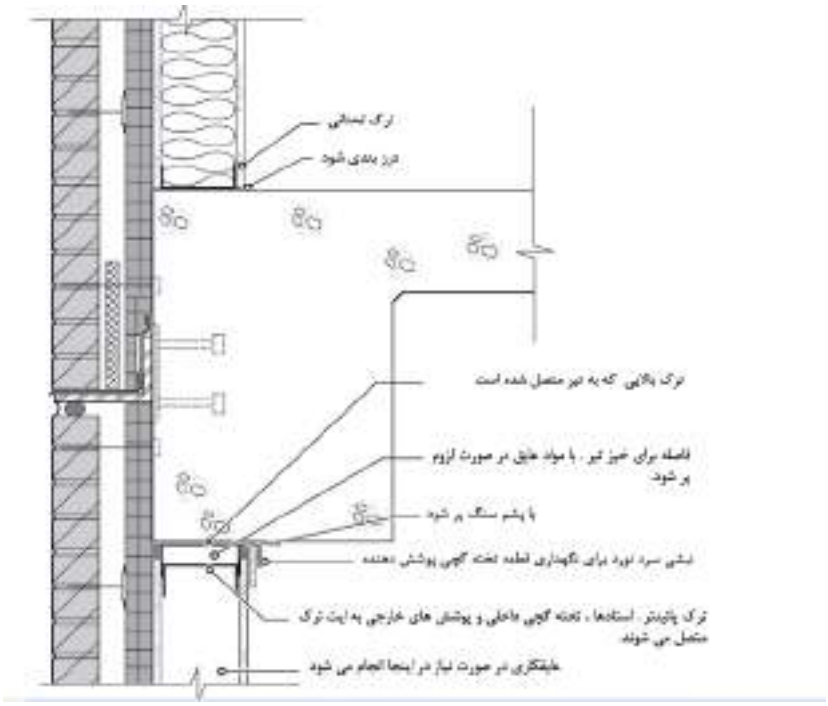
ساختار نمای آجری متصل به دیوارهای پشتیبان بلوک سیمانی متفاوت از ساختار نمای آجری متصل به دیوارهای از نوع LSF غیر باربر می‌باشد و اصلی‌ترین تفاوت آن‌ها در بست‌هایی است که برای اتصال نما به دیوار به کار می‌رود. برای این دسته از دیوارهای پشتیبان، بست‌های متنوعی متناسب با شرایط مختلف وجود دارد. به عنوان مثال همانطور که در شکل (۵-۲۳) نشان داده شده است، اگر فضای خالی پشت نما فاقد عایق فومی مقاوم باشد، بست‌ها به پشت‌بندهای قائم فولادی متصل می‌شوند. شکل(۵-۲۴) نیز بست به کار رفته در شرایط وجود عایق در فضای خالی را نشان می‌دهد. نوع دیگری از بست‌ها، بست‌های زبانه‌دار هستند که انتهای تیز آن، عایق را سوراخ کرده و بار جانبی را مستقیم و بدون انتقال به عایق و فشرده کردن آن، به پشت‌بندهای قائم منتقل می‌کند.



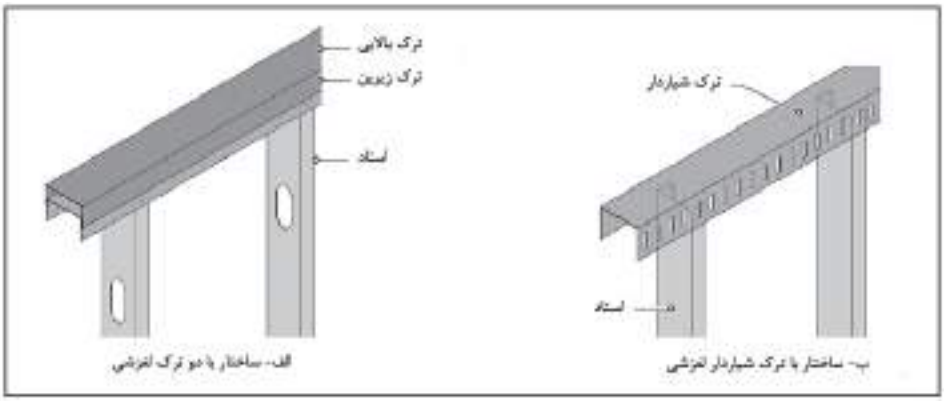
شکل۵-۲۳- بست‌های رایج برای اتصال نمای آجری بر روی پشت‌بندهای قائم فولادی (روکش محافظ خارجی فاقد عایق می‌باشد، ولی بین پشت‌بندها از عایق استفاده شده است)



شکل۵-۲۴- نحوه اتصال نمای آجری به پشت‌بندهای قائم فولادی، زمانی که روکش محافظ خارجی دارای عایق می‌باشد (در این شرایط باید از بست‌های زبانه دار استفاده شود)



شکل۵-۲۵- جزئیات اجرای نمای آجری بر روی پشت‌بندهای قائم فولادی، در سازه بتن آرمه



شکل۵-۲۶- دو روش اجرای پشت‌بندهای قائم فولادی، در سازه بتن آرمه

فصل ششم

الزامات طراحی و اجرای نمای سیمانی

۶-۱- مشخصات نماهای سیمانی

نماهای اندود سیمانی از دسته مصالح ترد محسوب می‌شوند و در تغییر مکان‌های کمی، این اندودها دچار ترک می‌شوند و با افزایش تغییرمکان‌ها، نما دچار خرابی بیشتر شده و ممکن است از زیرسازی جدا شود. اجرای مستقیم این نماها بر روی دیوارهای برشی بتنی به علت آسیب دیدن این نماها براثر تغییر شکل‌های دیوار در هنگام زلزله در ساختمان‌هایی که طبق تقسیم بندی استاندارد ۲۸۰۰ جز ساختمان‌های با اهمیت زیاد و بسیار زیاد محسوب می‌شوند نیاز به اخذ مجوز از کارفرما دارد. باید توجه کرد که تعمیر اندودهای سیمانی آسیب‌دیده بر اثر زلزله ارزان بوده و خسارت‌های مالی وارده محدود خواهد بود. اما زلزله می‌تواند باعث خرابی بخش بزرگی از این نماها شده و باعث خسارات احتمالی جانی در اثر افتادن و جداشدگی قطعاتی از نما و یا مسدود شدن راه‌های خروج ساختمان شود. نمای سیمانی در رنگ‌های مختلف موجود می‌باشد و این امر عامل مهمی در بحث زیبایی شناختی ساختمان با پرداخت نمای سیمانی است.

اندود برای قرن‌ها به عنوان یک آستر نهایی دیوار داخلی، خارجی و سقف مورد استفاده قرار گرفته است. این نوع نما، قابل رنگ‌آمیزی بوده و اندودکاری مناسب، سطوح آن را در برابر نفوذ آب و هوا مقاوم می‌نماید.

جهت جلوگیری از رفتار ترد و ترک خوردگی در نمای سیمانی از الیاف استفاده می‌شود.

اندود سیمان پرتلند می‌تواند برای سطوح داخلی و سطوح خارجی مورد استفاده قرار گیرد. اغلب کاربرد اندود سیمان پرتلند به عنوان آستر نهایی دیوار خارجی می‌باشد. اندود سیمان پرتلند خارجی به نام استاکو نیز نامیده می‌شود.

نمای سیمانی برروی دیوارهای مختلف از جمله دیوارهای خشک، دیوارهای بنایی و دیوارهای بتنی به کار می رود. با توجه به آنکه مصالح اصلی نمای سیمانی، سیمان پرتلند می‌باشد، اجرای آن نیازمند شرایط دمایی مناسب است. توصیه می‌شود، نمای سیمانی زمانی اجرا شود که دمای محیط حداقل ۵ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر باشد.

۶-۲- طرح اختلاط لایه‌های نمای سیمانی

نمای سیمانی معمولا به صورت دو لایه به نام‌های لایه پایه و لایه آستر نهایی، روی دیوار اجرا می‌شود. اجزای تشکیل‌دهنده لایه پایه، سیمان پرتلند، آهک، ماسه و آب می‌باشد.

سیمان پرتلند همانند چسبی است که تمام مواد تشکیل دهنده مخلوط را به هم متصل می‌سازد و در انتها به سطحی صلب و قوی تبدیل می‌شود. آهک به مخلوط خاصیت پلاستیکی و چسبندگی می‌دهد. خاصیت پلاستیکی باعث می‌شود که مخلوط بتواند به سادگی پهن شود و خاصیت چسبندگی باعث می‌گردد که مخلوط پایدار باشد و بر روی سطح افقی در هنگام استفاده تغییر شکل ندهد.

سیمان پرتلند و آهک برای لایه پایه در سایت با اضافه نمودن ماسه و آب و با استفاده از یک میکسر، مخلوط می‌شوند. رنگ، در مخلوط لایه نهایی اضافه می‌شود. لایه نهایی نیازی به اضافه کردن ماسه ندارد. بنابراین در لایه پایانی، آب به سیمان پرتلند و آهک اضافه می‌شود. ضروری است که آستر نهایی بی‌وقفه اجرا شده و وقفه‌ها تنها در درزهای کنترلی و

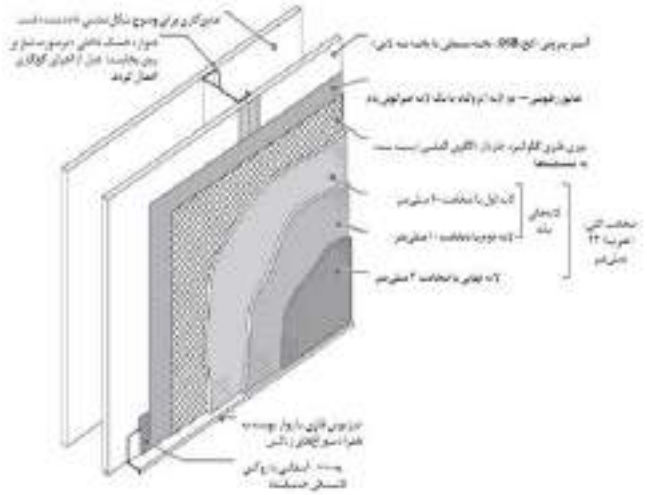
درزهای انبساط اتفاق بیفتد. برای لایه نهایی، دو نوع مخلوط شامل مخلوط سیمانی پرتلند و مخلوط پلیمری اکریلیک وجود دارد.

در صورت استفاده از لایه نهایی پلیمری اکریلیک، این لایه انعطاف‌پذیرتر بوده، ترک‌خوردگی در سطح نمای سیمانی را کاهش می‌دهد و رنگ‌های پایدار و نسبتا ماندگارتری را فراهم می‌سازد. از سوی دیگر، یک لایه نهایی سیمان پرتلند نسبت به لایه نهایی پلیمری نفوذپذیری بیشتری در مقابل هوا دارد (بخار به راحتی از لایه عبور می‌کند) به گونه‌ای که رطوبت محبوس درون یا پشت نمای سیمانی سریع‌تر از بین می‌رود.

۶-۳- نمای سیمانی بر روی دیوارهای خشک

ساختار اجرای نما روی دیوارهای خشک در شکل ۶-۱ نمایش داده شده است. این دیوارها دارای یک پوشش تخته گچی یا تخته سیمانی بوده که باید بر روی آن عایق رطوبتی و یک لایه شبکه فولادی اجرا شود.

علاوه بر عایق رطوبتی، خود لایه نهایی نمای سیمانی نیز تا حدی از نفوذ آب جلوگیری می‌کند. حداقل دو لایه ایزوگام یا یک لایه قیرگونی آسفالتی به عنوان عایق رطوبتی برای این سیستم نما لازم می‌باشد.



شکل ۶-۱ ساختار اجرای نمای سیمانی روی دیوار خشک

شبکه فلزی به صورت گالوانیزه، دارای شاخک (رابیتس) می‌باشد. رابیتس باید در حدود ۶ میلی‌متر از دیوار زیرین فاصله داشته باشد. بنابراین هنگامی که لایه نمای سیمانی اجرا می‌شود، رابیتس در آن مدفون شده و یک بخش جدایی‌ناپذیر از نمای سیمانی می‌شود. در یک دیوار خشک، رابیتس باید با استفاده از پیچ‌های خودکار به استادها مهار شود تا نمای سیمانی از نظر سازه‌ای با استادها درگیر شود.

۶-۴- اجرای نمای سیمانی

نمای سیمانی اجرا شده بر روی دیوارهای خشک عموماً متشکل از دو لایه (لایه پایه اول و لایه پایه دوم) است که هریک از این لایه‌ها دارای ضخامت تقریبی ۱۰ میلی‌متر بوده و به همراه یک لایه نهایی با ضخامت تقریبی ۳ میلی‌متر، ضخامت کلی در حدود ۲۳ میلی‌متر برای یک نمای سیمانی کامل ایجاد می‌نمایند. توصیه می‌شود لایه‌ها به صورت پاششی با دستگاه شات‌کریت تر اجرا شود.

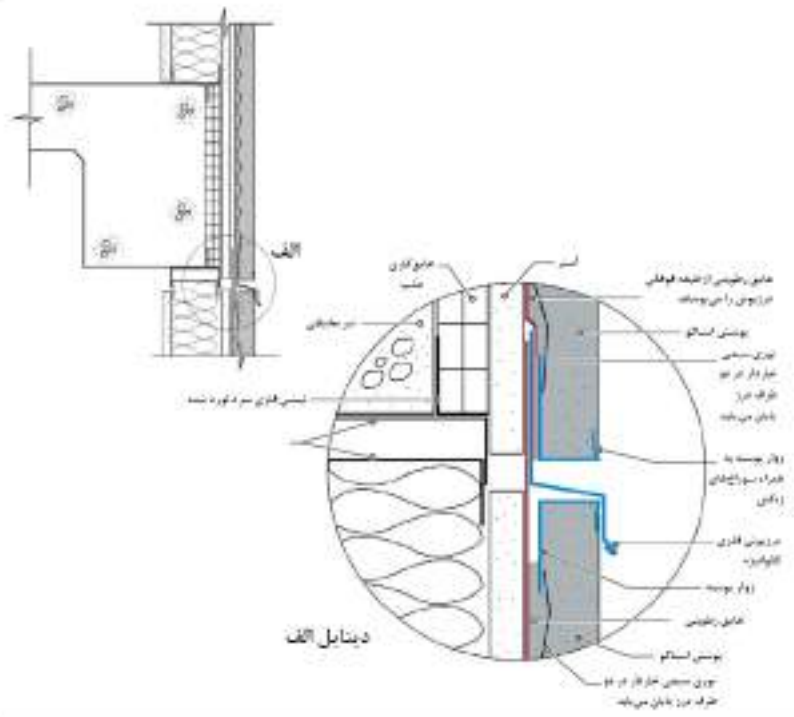
برای لایه پایه اول، مصالح پاشیده شده بر روی رابیتس ماله‌کشی می‌شود تا رابیتس به صورت کامل در لایه مذکور مدفون شود. مخلوط لایه‌پایه دوم نیز با استفاده از پاشش با روشی مشابه لایه اول اجرا می‌شود. مصالح پاشیده شده باید با استفاده از یک ماله چوبی یا فلزی به صورت یک صفحه هموار درآید که این کار باعث متراکم‌تر شدن مصالح نیز می‌شود. سپس، با استفاده از یک ماله فلزی، سطح برای لایه نهایی آماده‌سازی می‌شود. لایه نهایی مهمترین بخش از نمای سیمانی می‌باشد چرا که بافت و رنگ مورد نظر را به نما می‌دهد. این لایه می‌تواند با استفاده از دست یا بصورت پاششی اجرا گردد. لایه پایانی باید با استفاده از یک ماله اسفنجی یا دیگر ابزارهای مناسب پرداخت شود.

۶-۴-۱- درزهای کنترل و درزهای انبساط

به دلیل وجود سیمان پرتلند، انقباض یک ویژگی ذاتی نمای سیمانی است که این امر سبب ترک‌خوردن سطح می‌شود. ترک‌خوردن نمای سیمانی را نمی‌توان به صورت کامل حذف نمود، اما می‌توان با فراهم نمودن درزهای کنترل با فاصله نزدیک آن را کنترل کرد. حداکثر سطح بین درزهای کنترل در نمای سیمانی اجرا شده بر روی دیوار خشک به شرط آن‌که هیچ یک از اضلاع این سطح از ۵ متر بیشتر نشود، ۱۳ مترمربع است. باید درزهای کنترل در اطراف بازشوهای دیوار نیز ایجاد شود (شکل ۶-۲). نسبت طول به عرض سطح بین درزهای کنترل باید بین ۱ تا ۲٫۵ باشد.

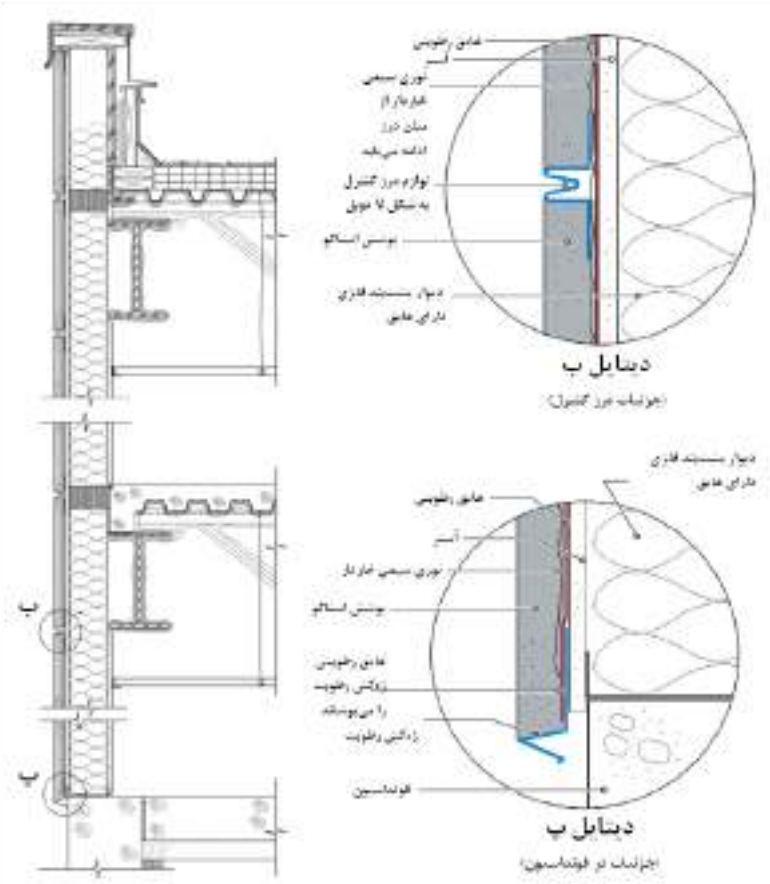
شکل ۶-۲- نمونه درزهای کنترل بر روی نمای سیمانی

علاوه بر درزهای کنترل، درزهای انبساط نیز در نمای سیمانی نیاز است. درزهای کنترل وسیله‌ای برای کنترل انقباض نمای سیمانی است و درزهای انبساط به حرکات بزرگ سازه ساختمان پاسخ می‌دهد. بنابراین، درزهای انبساط باید در دیوار خارجی در تراز هر طبقه در محل اتصال به تیر محیطی جهت عدم انتقال حرکت سازه به نما فراهم شودد (شکل ۶-۳). درزهای انبساط همچنین در جاهایی که تغییر زیاد در ارتفاع ساختمان یا در جایی که یک دیوار با نمای سیمانی در مجاورت یک دیوار ساخته شده از مصالح متفاوت قرار می‌گیرد، مورد نیاز است.



شکل ۶-۳- جزئیات یک نمونه درز انبساط افقی در یک دیوار خشک پوشانده شده از نمای سیمانی

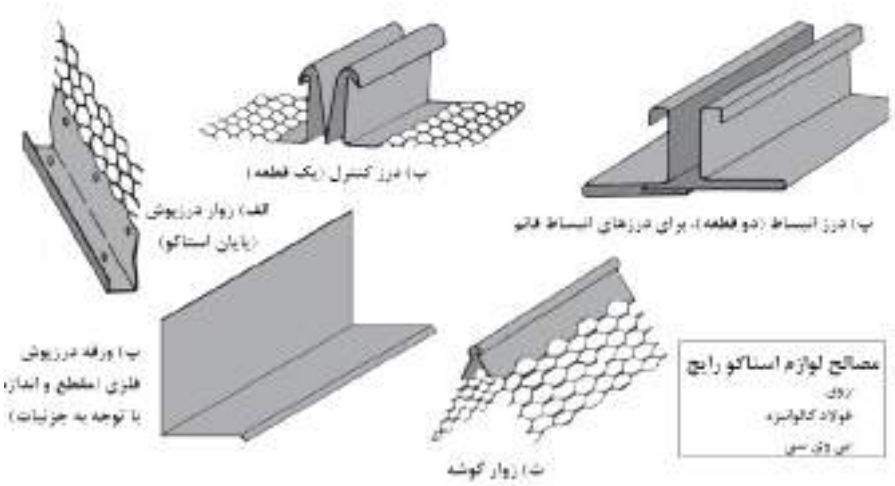
علاوه بر ایجاد درز در نما در زیر تیرها، نما نیازمند درزهای کنترل می‌باشد. این موضوع در شکل ۶-۴) نمایش داده شده است. درزهای کنترل و درزهای انبساط با استفاده از زوارهای فلزی پوشانده می‌شود (شکل ۶-۵). بال‌های زوارهای فلزی از فلزات دارای قلاب به گونه‌ای است که بتواند با رابیتس یکپارچه شده و مشابه رابیتس به پشت‌بندها متصل شود. زوارهای درز کنترل تک قطعه‌ای می‌باشند در حالی که زوارهای درز انبساط دو قطعه‌ای هستند. در مورد درز انبساط، رابیتس باید بر روی دو طرف درز خاتمه یابد. اما رابیتس زیر درز کنترل باید ممتد باشد.



شکل ۶-۴ - یک نمونه مقطع دیوار و جزئیات متناظر از یک ساختمان قاب فلزی پوشانده شده با نمای سیمانی

در نمای سیمانی صرفنظر از درز کنترل و انبساط، لوازم دیگری مثل زوارهای درزپوش، زوارهای گوشه و درز پوش، نیز لازم است. زوارهای درزپوش در لبه انتهایی سطح نمای سیمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. زوارهای گوشه خارجی، یک تقاطع مستقیم افقی و قائم بین دو سطح ایجاد می‌نماید. همچنین از شکسته‌شدن گوشه‌ها در مقابل ضربه محافظت می‌کند و ضخامت نهایی نمای سیمانی را تعیین می‌کند. در گوشه های داخلی، برای نمای سیمانی زوار مورد نیاز نمی‌باشد.

مصالح مجاز برای زوارها و درزپوش‌ها، فلز روی، فولاد گالوانیزه، PVC و یا پارچه از الیاف شیشه مقاوم به قلیا می‌باشد. در محیط‌های با خورندگی بالا، استفاده از فلز روی، PVC و یا پارچه از الیاف شیشه مقاوم به قلیا توصیه می‌شود. در جایی که زوارها با یکدیگر مماس می‌شوند، درزها در انتهای دو زوار یا تقاطع آنها باید با استفاده از درزگیر مناسب در سطوح بیرونی ساختمان آب‌بندی شود.



شکل ۶-۵- لوازم مورد استفاده برای نمای سیمانی

۶-۴-۲- سختی خارج از صفحه دیوار

از آنجا که سطح نمای سیمانی، تقریبا نازک (۲۳ میلی‌متر) و شکننده می‌باشد، باید دیوار از سختی کافی برخوردار باشد. انعطاف پذیری بیش از حد دیوار باعث ایجاد ترک در نمای سیمانی می‌شود که این امر منجر به زوال سریع دیوار ناشی از نفوذ آب، خرابی ناشی از یخ زدن و ذوب شدن و امثال آن می‌گردد.

۶-۴-۳- نمای سیمانی یک لایه

در نمای سیمانی یک لایه، دو لایه پایه با یک لایه پایه جایگزین می‌شود. مخلوط لایه پایه، شامل الیاف شیشه مقاوم به قلیا به اضافه سیمان پرتلند و آهک است که باید با آب و ماسه برای تهیه مصالح لایه پایه ترکیب شود. عموماً ضخامت لایه پایه برای نمای سیمانی یک لایه ۱۲٫۵ میلی‌متر است. لایه نهایی برروی نمای سیمانی یک لایه به روش مشابه نمای سیمانی دو لایه مرسوم اجرا می‌گردد.

نمای سیمانی یک لایه باعث کاهش عملیات اجرایی می‌گردد. افزودن الیاف شیشه مقاوم به قلیا در لایه پایه باعث کاهش ترک‌خوردگی و افزایش مقاومت خمشی و مقاومت در برابر ضربه این نما می‌شود. در این حالت نیازی به استفاده از رابیتس فولادی نمی‌باشد.

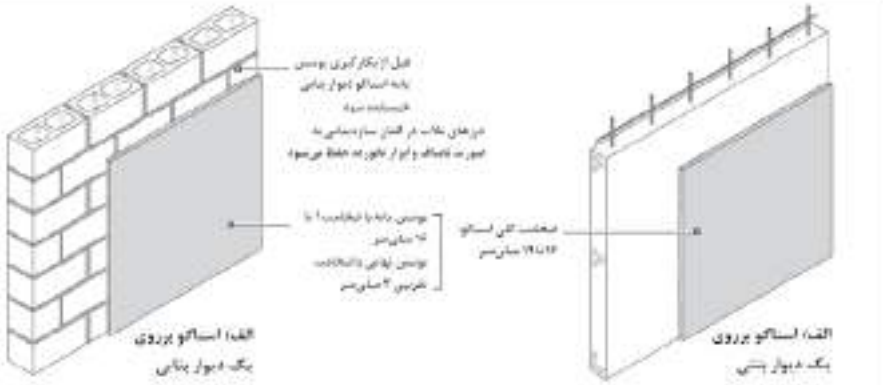
۶-۴-۴-نمای سیمانی بر روی دیوارهای بنایی و بتنی

مصالح بنایی، لایه زیرین مناسبی برای نمای سیمانی است چراکه به مراتب صلب‌تر از دیوار خشک است. از این گذشته، زبری و خلل و فرج مصالح بنایی سبب اتصال خوب نمای سیمانی می‌شود. بنابراین، برای اجرای نمای سیمانی بر روی دیوارهای بنایی به رابیتس فلزی نیازی نیست و در این حالت نیز استفاده از الیاف کوتاه شیشه‌ای مقاوم به قلیا یا فلزی در نمای سیمانی کفایت می‌کند.

نمای سیمانی اجرایی بر روی دیوار بنایی معمولاً متشکل از دو لایه (یک لایه پایه برای صاف نمودن هر گونه حفره بر روی سطح دیوار و یک لایه نهایی) به ضخامت کلی ۱۶ تا ۱۹ میلی‌متر است (شکل ۶-۶).

به منظور حفظ زبری طبیعی مصالح بنایی، درزهای ملات در دیوار بنایی ابزار زده نمی‌شود. به وضوح، سطح بنایی باید تمیز و عاری از نقص‌هایی باشد که اتصال بین نمای سیمانی و مصالح بنایی را با اختلال همراه سازد. با توجه به آنکه مصالح بنایی متخلخل می‌باشند، ممکن است آب را از مخلوط جذب نموده و آب کافی درنمای سیمانی باقی نماند. بنابراین، سطح بنایی باید قبل از اجرای لایه پایه خیسانده شود.

دیوار بتنی به اندازه دیوار بنایی زیر و جاذب آب نیست. بنابراین، توصیه می‌شود برروی دیوار بتنی پیش از اجرای نمای سیمانی ماسه‌پاشی سبک به همراه اجرای یک لایه دوغاب بعد از آن انجام شود. ضخامت کلی نمای سیمانی برروی دیوار بتنی نزدیک به ضخامت آن برروی دیوار بنایی می‌باشد.



شکل ۶-۶- ساختار پوشش نمای سیمانی یا استاکو (الف) دیوار بنایی و (ب) دیوار بتنی.

۶-۴-۴-۱-فاصله درزها نمای سیمانی اجرا شده بر روی دیوارهای بنایی و بتنی

با توجه به آنکه دیوارهای بنایی و بتنی نسبت به دیوارهای خشک از سختی بیشتری برخوردار می‌باشند، در اجرای نمای سیمانی روی آنها، درزهای کنترل می‌تواند با فاصله بیشتری در نظر گرفته شود. مساحت پیشنهادی سطح نمای سیمانی بین درزهای کنترل در این حالت ۲۰ مترمربع می‌باشد و سایر الزامات آن مشابه اتصال نمای سیمانی به دیوار خشک است. درزهای کنترل و سایر زوارها با استفاده از میخ‌های فولادی به بتن یا دیوار بنایی متصل می‌شوند.

فصل هفتم

الزامات طراحی و اجرای نمای سرامیکی

۷-۱- مقدمه

دو روش کلی نصب سرامیک در نماهای داخلی و خارجی ساختمان‌ها وجود دارد. روش نصب تر یا روش چسبانده شده و روش نصب خشک یا روش مهار شده. اجرای نمای سرامیکی با روش تر در نمای خارجی ساختمان‌ها ممنوع می‌باشد و تنها روش مجاز نصب سرامیک در نمای خارجی ساختمان‌ها روش نصب خشک می‌باشد. در روش نصب خشک، اتصالات، باید بارهای ثقلی ناشی از سرامیک و اجزای آن را علاوه بر بارهای جانبی وارده شامل بارهای زلزله، بارهای فشار و مکش باد تحمل کنند. همچنین این نوع نما باید در برابر بارهای ضربه ناشی از برخورد قطعات مختلف به آنها به‌خصوص قطعات جابجا شده توسط تندبادها کنترل شوند.

در نماهای سرامیکی مهار شده که وزن نما توسط اتصالات یا استادهای فولادی قائم تحمل می‌شود، فواصل استادهای فولادی یا آلومینیومی که به عنوان نگهدارنده و پشتیبان نما اجرا می‌شوند باید کمتر یا مساوی ۶۰ سانتی‌متر باشند. کفایت اتصال این اعضا به قاب سازه‌ای باید برای بارهای وارده کنترل گردد. همچنین باید توجه خاصی به طراحی نقاطی که قابلیت تغییرشکل‌های زیاد دارند از قبیل بازشوها و گوشه‌ها معمول شود و در کنار بازشوی در و پنجره باید از استادهای فولادی یا آلومینیومی اضافی برای مهار نمای سرامیکی استفاده شود.

مشخصات و الزامات سرامیک‌های پورسلان یا سرامیک‌های تراکوتا قابل استفاده در روش نصب خشک سرامیک در استاندارد ملی ۲۵ ISIRI آورده شده است.

اجزای یک سیستم نصب خشک سرامیک به شرح زیر است:

۱-ریل‌های قائم آلومینیومی یا فولادی با درزبند که به دیوار پشتیبان یا تیرها به وسیله براکت‌ها و مهارهای مورد نیاز متصل شده است.

۲-مهارهای آلومینیومی با واشرهای عایق که مهارها به ریل‌ها به نحو مناسبی متصل می‌شوند و واشرها مانع ایجاد لرزش در هنگام وزش باد می‌شوند. مهارهای آلومینیومی در حفره‌های قطعات قائم آلومینیومی کار گذاشته می‌شود و از درز بند برای جلوگیری از نفوذ هوا به پشت سرامیک‌ها استفاده می‌شود.

۳-پانل‌های سرامیکی با ابعاد استاندارد که توسط مهارهای آلومینیومی مهار می‌شوند.

۷-۲- اجزای سیستم اتصال خشک

۷-۲-۱- دیوار یا قاب پشتیبان

بسته به اینکه نوع سیستم اجرای سرامیک به صورت نمای پرده‌ای یا دیوار نما باشد. بار وارده به نمای سرامیکی به تیرهای طبقات یا دیوار پشتیبان نما وارد می‌شود. قاب سازه‌ای و دیوارهای پشتیبان باید از نظر دارا بودن سطحی صاف و شاغولی و قرار گیری در محدوده رواداری‌های مجاز و شرایط تعیین شده برای نصب سیستم سرامیکی کنترل شوند.

۷-۲-۲- زیرسازی

زیرسازی نصب خشک سرامیک، متشکل از پروفیل‌های قائم و براکت‌های اتصال می‌باشد که این پروفیل‌ها و براکت‌ها از آلیاژ آلومینیوم یا فولاد گالوانیزه با حداقل ضخامت ۲ میلی‌متر تشکیل شده است. این پروفیل‌ها و براکت‌ها باید به نحوی به تیر طبقات یا دیوار پشتیبان بسته به نوع سیستم نما متصل شوند که قادر به تحمل انبساط و انقباض حرارتی و همچنین تغییرشکل‌های جانبی و ثقلی تکیه‌گاه باشند به طوری که باعث ایجاد تنش و آسیب در پوشش نما نشوند. وسایل اتصال پروفیل به تیر یا دیوار پشتیبان به شرح زیر می‌باشند:

الف- براکت ها

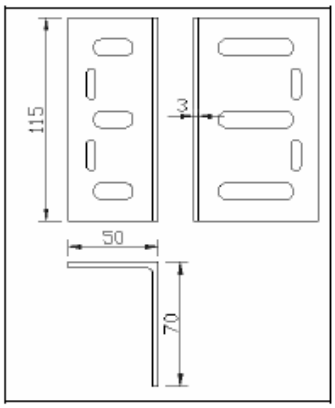
به طور کلی دو نوع براکت (نشیمن) در ساختمان این نوع نما مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱- براکت‌های نگه دارنده

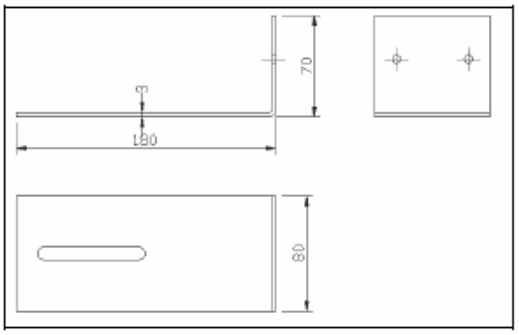
این براکت‌ها بارهای ثقلی، بار باد و زلزله را به سازه منتقل می‌کنند و معمولا به تیرهای سازه‌ای متصل می‌شوند.

۲- براکت‌های حائل (پشت‌بند)

این براکت‌ها بارهای باد و زلزله را منتقل کرده و به دیوارهای پشتیبان متصل می‌شوند. در صورت اجرای نمای پرده‌ای، این براکت ها حذف می‌شوند و دیوار پشت نما برای نیروهای کمتری طراحی می‌شود اما به علت حذف تکیه‌گاه جانبی مقاطع پروفیل‌های قائم در سیستم پرده‌ای به مراتب سنگین‌تر خواهد بود.



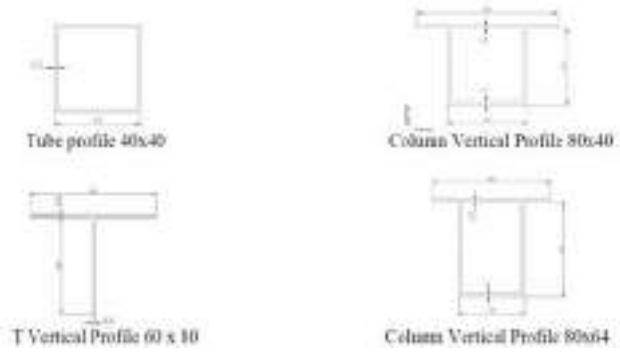
شکل ۷-۱- براکت‌ها (نشیمن‌های) استاندارد



شکل ۷-۲- براکت‌ها (نشیمن‌های) گوشه

ب- پروفیل‌های قائم

پروفیل‌های قائم می‌توانند با مقاطع متفاوت که نمونه‌هایی از آنها در شکل ۷-۳ نمایش داده شده است اجرا شوند.



شکل ۷-۳- مقطع پروفیل‌های قائم

۷-۲-۳- اتصالات

مهارها جهت اتصال پروفیل‌ها به یکدیگر و همچنین اتصال براکت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. مهارها باید از فولاد ضد زنگ ساخته شوند. ابعاد مهار و نوع اتصال‌دهنده و فواصل نصب مهارها به ساختمان باید توسط طراح تعیین شود.

از واشرهای پلاستیکی مقاوم در برابر ضربه بین مهار و مصالح غیر مشابه (مانند فولاد یا مصالح سیمانی یا ریل‌های آلومینیومی) برای جلوگیری از واکنش‌های گالوانیک و ترازکردن و همسطح کردن مهار، باید استفاده شود. هر ریل قرارگیری پانل سرامیکی باید حداقل با ۲ مهار برای ایجاد مهار کافی به تیر یا دیوار پشتیبان متصل شود.

۷-۳- نصب سرامیک تراکوتا

۷-۳- ۱- مشخصات ریل در نصب خشک سرامیک تراکوتا

در نصب این نوع از سرامیک‌ها، فاصله ریل ها باید با توجه به نیروهای وارده مشخص شود. فواصل سوراخ ریل به ارتفاع پانل بستگی دارد.

برای ایجاد سوراخ ریل در محل، فاصله سوراخ انتهایی تا انتهای ریل باید ۲۵ میلی‌متر باشد. سوراخ انتهایی در فاصله ۴۵ میلی‌متر از انتهای پانل قرار خواهد گرفت. فاصله ضلع فوقانی بالاترین سوراخ از بالای ریل ۱۲٫۵ میلی‌متر می‌باشد.

در شرایطی که پانل‌های فوقانی و تحتانی دارای ارتفاع استاندارد نبوده و به سوراخ‌های ریل برخورد نمی‌کنند، بست‌ها باید اصلاح شوند. بست فوقانی اصلاح شده، در بالای ریل و بدون استفاده از سوراخ نصب می‌گردد و بست تحتانی اصلاح شده به طور مستقیم و بدون استفاده از سوراخ، به ریل پیچ می‌شود.

۷-۳-۲- الزامات نصب ریل در سرامیک تراکوتا

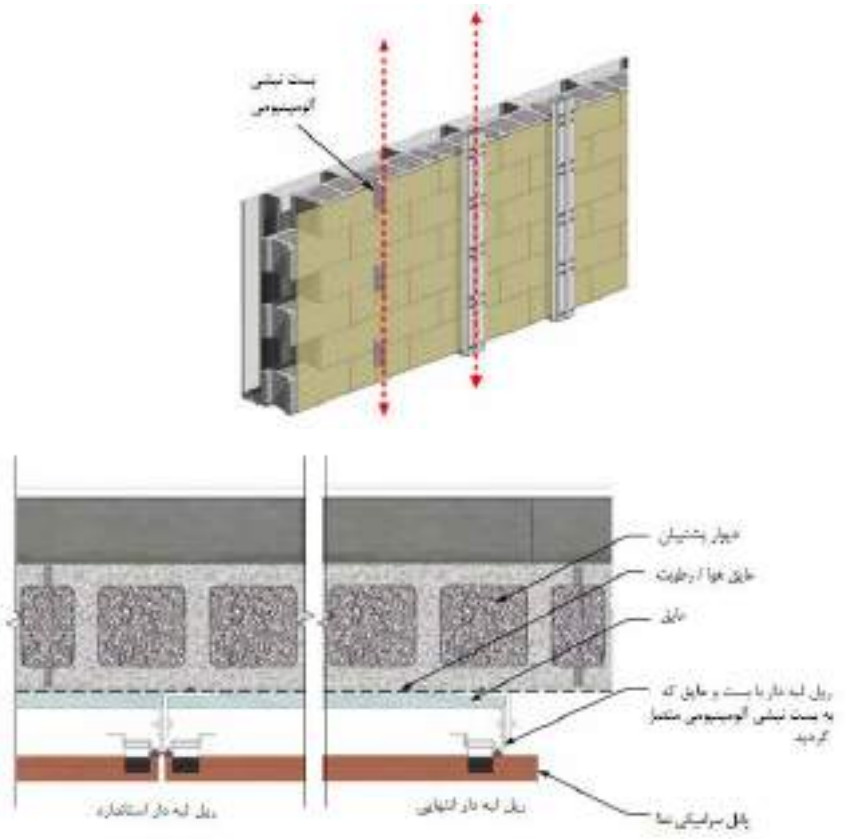
در نصب ریل باید به شاقولی بودن آن توجه داشت. در صورت نصب نامناسب ریل، نصب پانل‌ها دچار مشکل خواهد شد و

باعث ایجاد ضعف‌هایی در کل سیستم خواهد شد.

محل استاندارد ریل‌ها مطابق با درزهای پانل می‌باشد. ریل انتهایی باید با کمی فاصله از لبه پانل نصب شود. نیم ریل باید در مجاورت محل قطع نمای سرامیکی نصب شود. حداکثر فاصله مجاز ریل‌های قائم ۶۰ سانتی‌متر است (شکل ۷-۴).

برای جلوگیری از واکنش‌های گالوانیک بین ریل‌های آلومینیومی و سایر مصالح غیرمشابه (مانند فولاد یا مصالح سیمانی) و همچنین برای تراز کردن و شاغولی‌کردن ریل‌ها باید از واشرهای پلاستیکی مقاوم در برابر ضربه استفاده شود. همچنین می‌توان از سایر مصالح جداکننده مانند رنگ قیری برای پوشش سطوح آلومینیومی که ممکن است در تماس با سایر مصالح قرار گیرند، استفاده کرد. درزپوش‌ها پس از نصب ریل در آن قرار داده می‌شود. انتهای ریل باید خم شده و روی درزپوش عمودی قرار گیرد تا از حرکت درزپوش در طول نصب پانل جلوگیری شود.

در سازه‌های دارای دیوارهای پشتیبان مصالح بنایی یا بتنی می‌توان برای نصب سرامیک از ریل‌های لبه‌دار استفاده نمود. ریل لبه‌دار به وسیله مهار نبشی شکل آلومینیومی یا فولاد گالوانیزه به دیوار پشتیبان متصل می‌شود (شکل ۷-۴).



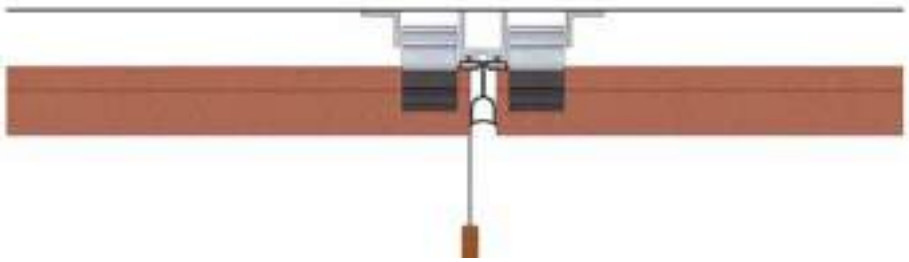
شکل ۷-۴- محل قرارگیری ریل‌های استاندارد و انتهایی و اتصال ریل لبه‌دار به وسیله مهار نبشی شکل آلومینیومی به دیوار پشتیبان

۷-۳-۳- الزامات نصب پانل و مهار

درزپوش‌ها برای محکم کردن پانل‌ها به دور مهارها پیچیده می‌شوند. (شکل ۷-۵)

شکل ۷-۵- نصب درزپوش بر روی مهارها

باید اطمینان حاصل شود که کناره‌های پانل، درز عمودی ثابت و صافی را ایجاد کنند. می‌توان از چکش پلاستیکی برای ضربه زدن پانل برای قرار گرفتن در راستایی که دارای فاصله مناسب برای ایجاد درز می‌باشد، استفاده کرد. ضروری است که مهارها و پانل‌ها کاملاً در جای خود قرار گیرند و درز افقی مشخص شده بین پانل‌ها در طول نصب حفظ شود. باید از یک درزپوش لاله‌ای بین پانل‌های سرامیکی استفاده کرد (شکل ۷-۶). در طول نصب و تنظیم پانل‌ها باید توجه داشت که درزپوش به درستی تنظیم شود.



شکل ۷-۶- درزپوش لاله‌ای بین پانل‌ها

۷-۴- نصب خشک سرامیک پرسلانی

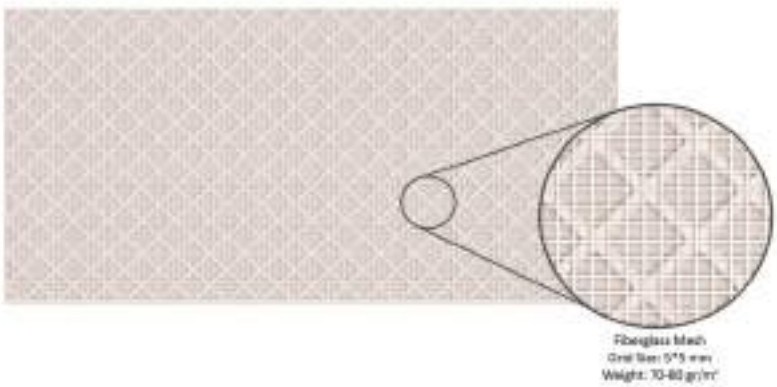
روش‌های مختلفی برای نصب خشک سرامیک پرسلان وجود دارد. در تمام این روش ها باید به دو نکته اساسی توجه شود:

۱- باید توجه شود که پروفیل‌های قائم باید در تراز طبقات، قطع شود تا هر طبقه عملکردی جداگانه از سایر طبقات داشته باشد و نما تحت اثر جابجایی‌های نسبی طبقات قرار نگیرد.

۲- به منظور جلوگیری از سقوط سرامیک‌ها از نما، باید سطح پشت تمامی سرامیک‌ها در نمای خارجی ساختمان‌های پنج طبقه و بیشتر با استفاده از شبکه الیاف شیشه و چسب مناسب مسلح شود. (شکل ۷-۷)

۳- فاصله آزاد مجاز بین سرامیک ها ۴ تا ۸ میلی‌متر می‌باشد.

۴- باید از لاستیک‌های ضربه گیر در محل شیار پروفیل قائم استفاده نمود.



شکل ۷-۷- سرامیک تقویت شده با شبکه الیاف شیشه و چسب مناسب

۷-۴-۱- سیستم نصب نمایان

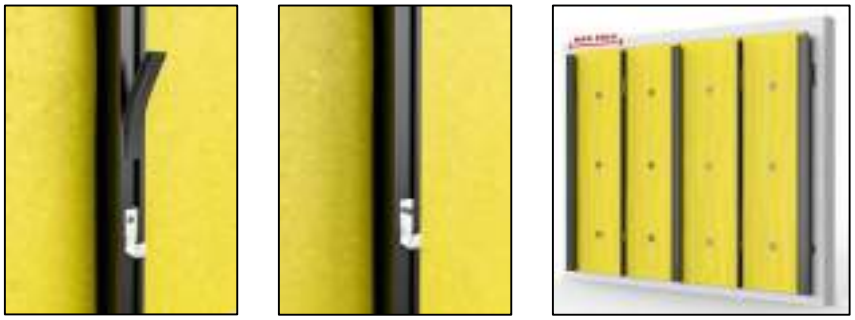
این روش یکی از مطمئن‌ترین روش‌های نصب سرامیک‌های پرسلان به روش خشک است و مزایای متعددی همچون سرعت بالای اجرا، قابلیت رگلاژ و همچنین سهولت تعویض سرامیک را دارد. در این روش مهار به گونه‌ای نصب می‌شود که سرامیک در داخل آن قرار گرفته و مهار شود. مهار به زیرسازی و شبکه آلومینیومی یا فولادی مطابق شکل (۷-۸) متصل می‌شود. مهارها از جنس فولاد ضد زنگ بوده و می‌توان آنها را با رنگ‌های کوره‌ای متناسب با رنگ سرامیک، رنگ نمود.

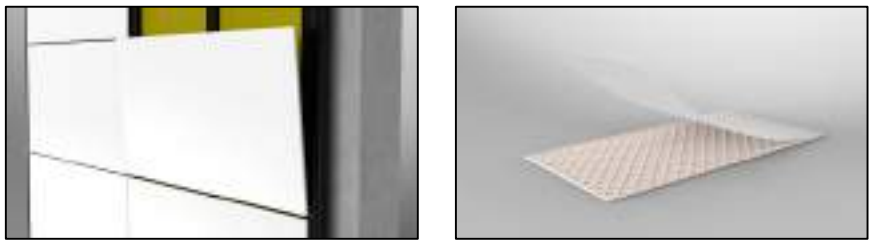
شکل ۷-۸- نمونه‌هایی از سیستم نصب نمایان

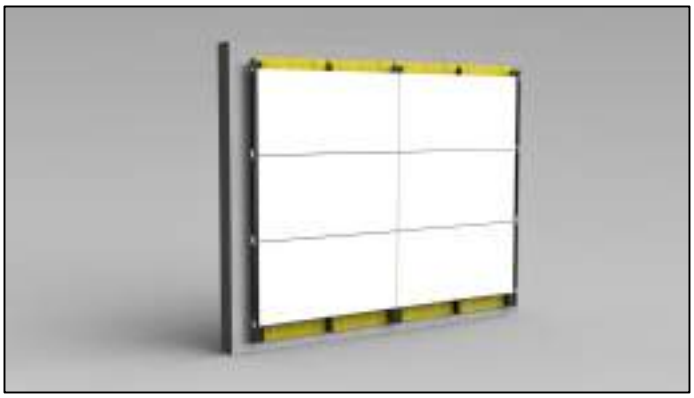
اجزای مختلف سیستم نصب نمایان در شکل ۷-۹ نمایش داده شده است.

شکل ۷-۹- اجزای سیستم نصب نمایان

مراحل نصب سیستم نصب نمایان در (شکل ۷-۱۰) نشان داده شده است:

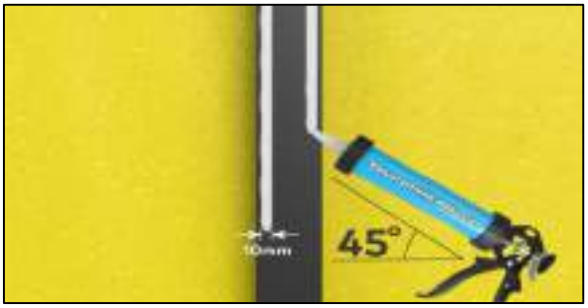






شکل ۷-۱۰- مراحل نصب سیستم نصب نمایان

در روش نصب نمایان برای اتصال سرامیک به پروفیل‌ها می‌توان از چسب پلی‌یورتان (شکل ۷-۱۱) به همراه مهارهای مکانیکی استفاده نمود. در این حالت، پس از نصب مهارهای تحتانی به وسیله پیچ‌های خودکار به پروفیل‌های قائم، نواری از چسب پلی‌یورتان بر روی پروفیل قائم قرار داده می‌شود. این لایه چسب پلی‌یورتان باعث اتصال سرامیک به پروفیل قائم و افزایش امنیت قطعات متصل شده به نما می‌شود.



شکل ۷-۱۱- اجرای نواری از چسب پلی‌یورتان بر روی پروفیل قائم

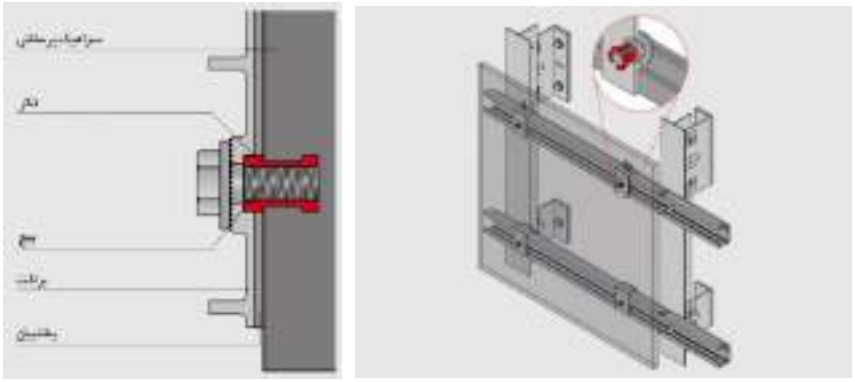
۷-۴-۲- سیستم نصب پنهان

این سیستم برای سرامیک‌های پرسلان قابل استفاده است. برای جلوگیری از اتلاف بالای مصالح و خرد شدن آنها توصیه می‌شود که سوراخ‌کاری‌های مورد نیاز در سرامیک با توجه به فواصل قاب آلومینیومی در کارخانه انجام شود و سوراخ‌کاری‌های قاب آلومینیومی در سایت انجام شود.

۷-۴-۲-۱- سیستم نصب با مهار و قلاب

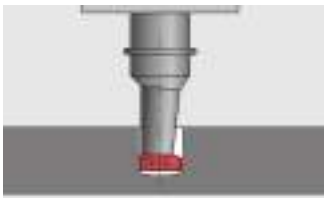
در این سیستم مهار و قلاب در پشت سرامیک‌ها تعبیه می‌شود و پس از ریل‌کشی، بر روی ساختمان نصب و رگلاژ خواهند شد. قلاب‌ها از جنس آلومینیوم یا فولاد گالوانیزه می‌باشند. رگلاژ هرکدام از سرامیک‌ها و یا تعویض هر کدام در هر نقطه‌ای از سطح نما به سهولت امکان‌پذیر است (شکل‌های ۷-۱۲ و ۷-۱۳).

شکل ۷-۱۲- سیستم نصب پنهان با ایجاد مهار در پشت سرامیک



شکل ۷-۱۳- ساختار سیستم نصب پنهان به روش مهار و قلاب

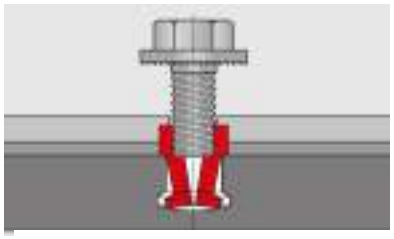
شکل ۷-۱۴ مراحل آماده‌سازی پانل سرامیکی را در این روش و شکل ۷-۱۵ هندسه حفره ایجاد شده در پشت سرامیک را نشان می‌دهد.



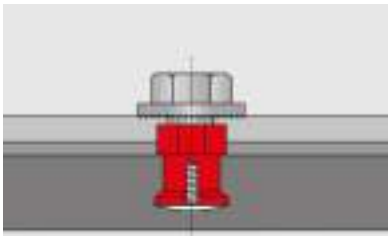
۱. ایجاد سوراخ با مته

۲. سوراخ‌کاری با قطر بیشتر

۳. سوراخ نهایی

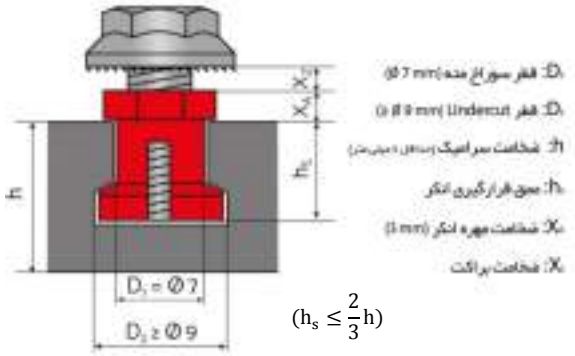


۴. قراردادن انکر



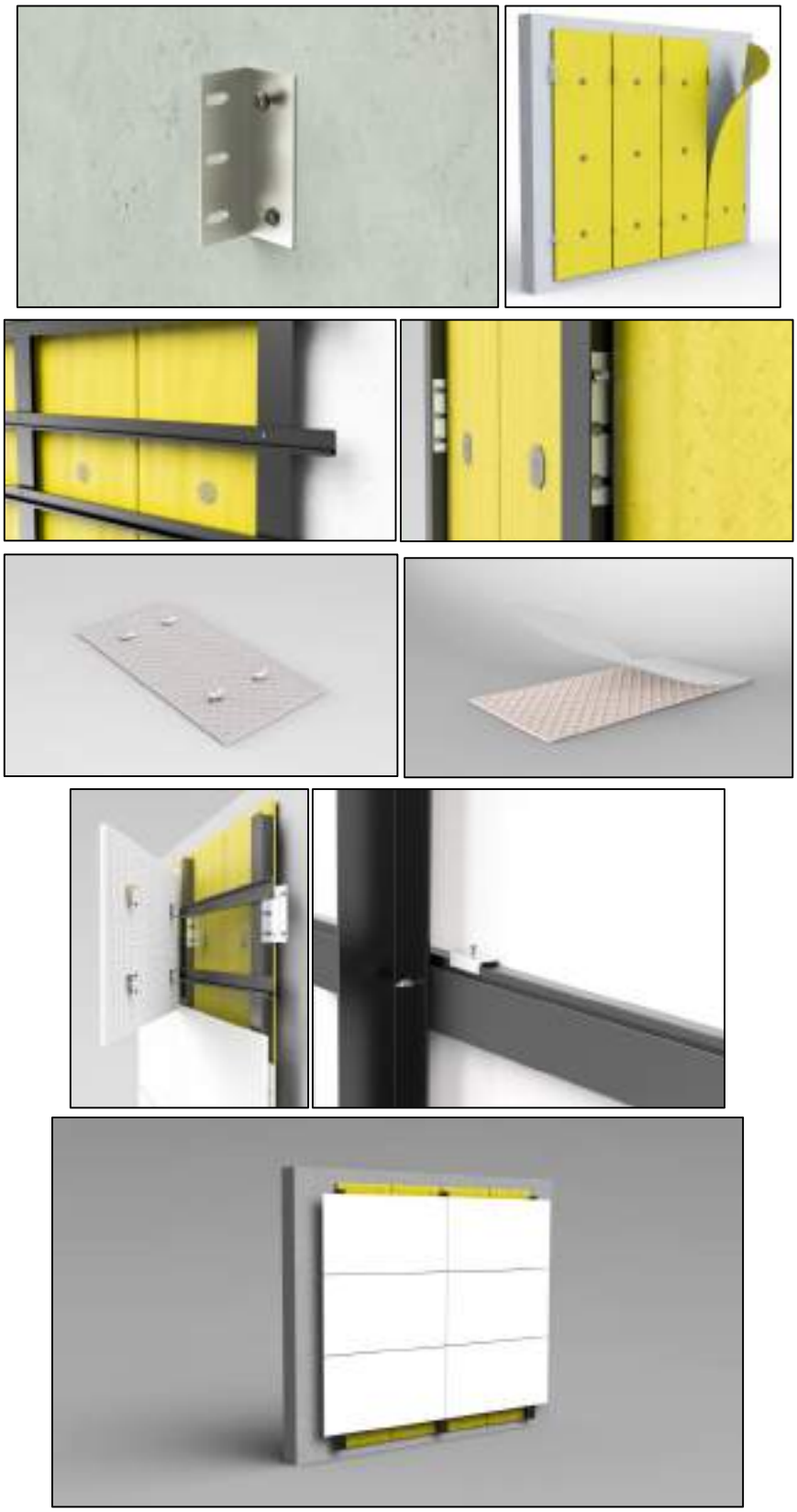
۵. بستن پیچ

شکل ۷-۱۴- آماده‌سازی پانل سرامیکی



شکل ۷-۱۵- هندسه حفره ایجاد شده در پشت سرامیک

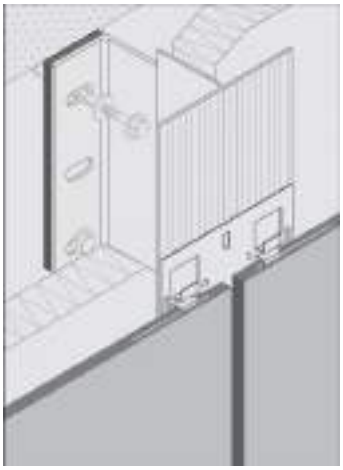
مراحل نصب نمای سرامیکی با روش نصب نهان در شکل ۷-۱۶ نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۶- مراحل نصب سیستم نصب پنهان

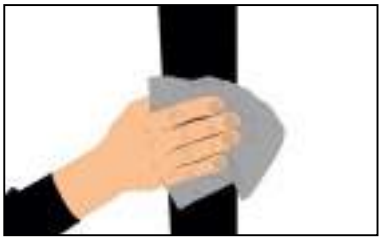
۷-۴-۲-۲- سیستم نصب با ایجاد شکاف

در این روش ابتدا در ضخامت سرامیک با دستگاه شیار زن، شیاری به طول ۳ تا ۵ سانتی‌متر ایجاد شده و پس از زیرسازی، با قرار دادن مهار از جنس استیل ضدزنگ در شیار سرامیک عملیات نصب اجرا می‌شود. نمونه‌ای از این نوع مهار در شکل (۷-۱۷) مشاهده می‌شود.



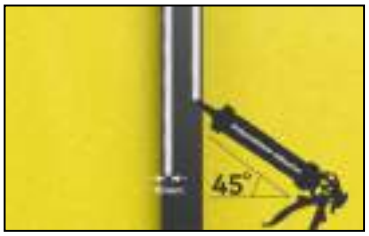
شکل ۷-۱۷- سیستم نصب پنهان با ایجاد شکاف

مراحل نصب سیستم نصب پنهان با ایجاد شکاف (شیار از جان) در شکل ۷-۱۸ نشان داده شده است.



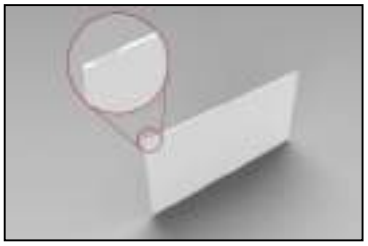
۱- تمیز و خشک کردن پروفیل‌های قائم

۲- نصب کلیپس‌های تحتانی بر روی پروفیل‌های قائم

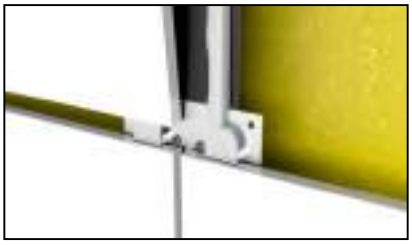


۳- اعمال چسب پلی‌یورتان بر روی پروفیل

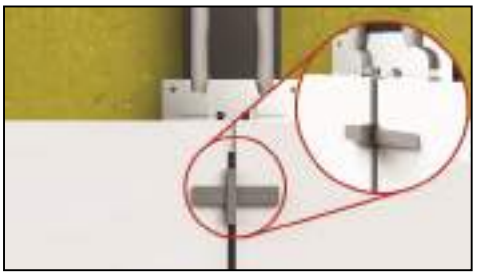
۴- همپوشانی چسب با کلیپس



۵- شیار زدن ضخامت سرامیک‌ها



۶- قرار دادن کلیپس فوقانی و نصب سرامیک



۷- استفاده از گوه هم‌تراز کننده

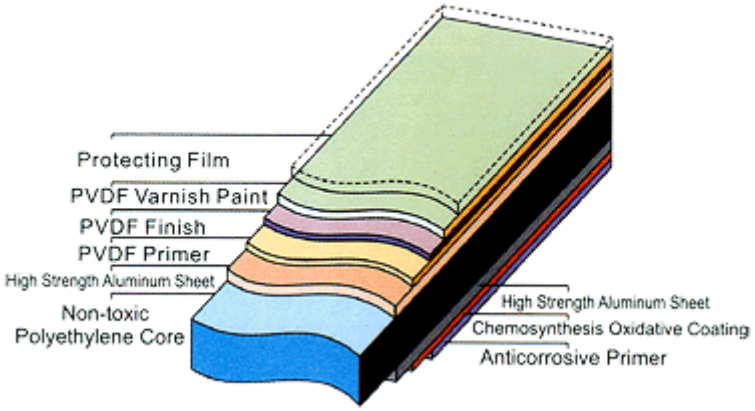
شکل ۷-۱۸- مراحل نصب سیستم پنهان – با ایجاد شکاف

فصل هشتم

الزامات طراحی و اجرای نمای کامپوزیت

۸-۱- مقدمه

پانل کامپوزیت شامل دو ورق نازک است که به یک مغزه سبک متصل شده و توسط آن از یکدیگر جدا شده‌اند. فاصله دو ورق تعیین‌کننده صلبیت کامپوزیت نهایی است و هرچه فاصله بیشتر باشد، مقاومت و کارایی محصول نهایی بالاتر خواهد بود.
پانل‌های کامپوزیت با توجه به ضخامت و نوع آلیاژ آلومینیوم، لایه‌ها، نوع رنگ به کار رفته در پوستهٔ بیرونی و نوع و ضخامت مواد به کار رفته در لایهٔ میانی و پوشش سطح آلومینیوم انواع مختلفی داشته و هر کدام کیفیت و کاربرد معینی دارند.
پانل کامپوزیتی آلومینیومی متشکل از سه قسمت عمده است: دو لایه آلومینیوم به ضخامت ۰٫۳ تا ۰٫۵ میلی‌متر، یک هسته از جنس پلیمر ترموپلاستیک (معمولاً پلی‌اتیلن[1]) یا یک ماده معدنی پرکننده به ضخامت ۳ تا ۵ میلی‌متر که در بین این دو لایه قرار می‌گیرد و لایهٔ خارجی که دارای یک پوشش آستر از رزین اپوکسی[2] و یک لایهٔ پلی‌وینیلیدن‌فلوراید[3] یا پلی‌استر[4] جهت تثبیت رنگ می‌باشد. روی سطح پانل کامپوزیت آلومینیوم با یک لایهٔ فیلم پلیمری محافظت می‌شود.



شکل۸-۱- ساختار لایه‌های پانل

۸-۲-انواع پانل کامپوزیت

۸-۲-۱- تقسیم‌بندی از لحاظ نوع لایهٔ میانی

لایهٔ میانی پانل کامپوزیتی آلومینیومی از مواد مختلفی می‌تواند تشکیل شود.

۱) پلی‌اتیلن
۲) لایهٔ میانی ضد حریق B1

---

[1] Polyethylene
[2] Epoxy Resin
[3] Polyvinylidene Fluoride
[4] Polyester

۳) لایهٔ میانی ضد حریق A2 که از هیدروکسید آلومینیوم و یا دیگر مواد معدنی ساخته می‌شود.

پلی‌اتیلن استفاده شده در لایهٔ میانی این پانل‌ها لازم است غیرقابل اشتعال باشد اما بر حسب حساسیت و وجود مواد اشتعال‌زا در نزدیکی این پانل‌ها، از لایه میانی با خاصیت ضدحریق B1 و A2 نیز می‌توان استفاده کرد.

۸-۲-۲- تقسیم بندی از لحاظ نوع پوشش

براساس نوع روکش سطح، پانل‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند.

الف) پوشش پلی‌استر

این پوشش تاحدی مقاوم در مقابل اشعهٔ ماوراء بنفش می‌باشد. بر حسب میزان درخشش آن، پوشش به دو گروه مات و براق طبقه‌بندی می‌شود. ساختار فشرده مولکول‌ها، رنگ سطح را صاف و درخشنده می‌نماید. توصیه می‌شود کاربرد این پوشش بر روی بخش آلومینیومی داخلی پانل یا برای دکوراسیون داخلی باشد.

ب) پوشش پلی وینیلیدن فلوراید

پوشش پلی وینیلیدن فلوراید به دو گروه پوشش معمولی و پوشش نانویی تقسیم‌بندی می‌گردد.

- پوشش معمولی پلی وینیلیدن فلوراید، قابلیت ضد اسیدی، ضد قلیایی و با دوام در محیط و شرایط آب و هوایی خشن داشته و برای روکش دیوارهای خارجی کاربرد دارد. رنگ رویهٔ این پانل‌ها بخش عمدهٔ نور خورشید را بازتاب داده و در نتیجه انرژی تابشی ورودی به ساختمان را کاهش می‌دهد.

-پوشش نانویی پلی وینیلیدن فلوراید، به عنوان پوششی روشن محسوب می‌گردد. شامل موادی با ابعاد نانومتر بوده که پانل را از آلودگی محافظت می‌نماید. همچنین خاصیت "خود تمیزی" داشته و در نتیجه به راحتی از آب و باران و گرد و غبار و آلودگی پاک می‌شود.

ج) پوشش فلوئورو اتیلن وینیل اتر[1]

پوشش رویهٔ پلیمر-فلوئور مقاومت مناسبی در برابر شرایط آب و هوایی دارد. در مقایسه با پلی وینیلیدن فلوراید، رنگ‌های زنده‌تر و تازه‌تری ضمن حفظ درخشندگی بالا دارد.

د) پانل مقاوم در برابر آتش[2]

هستهٔ مرکزی این پانل‌ها از ترکیبات پلی‌الفینی غیرهالوژنی و پرکننده‌های معدنی کندکنندهٔ سرعت سرایت شعله به سایر نقاط و مواد ضد حریق در اندازه‌های نانومتری در مرکز کامپوزیت می‌باشد. در واقع هستهٔ ترموپلاستیکی شامل عنصر ضدآتش و تأخیراندازی شعله هستند که سبب می‌شود این ترکیب آتش نگرفته و هنگام آتش‌سوزی از خود گاز مضری

---

[1] FluoroEthylene Vinyl Ether
[2] Fire Resistance

متصاعد نکند. این مواد دارای خاصیت پایداری در برابر شرایط آب و هوائی هستند.

۸-۲-۳- تقسیم بندی از لحاظ نوع مغزه عایق

انواع متنوعی از مواد و فوم‌های ورقه‌ای دارای ضخامت‌های مختلف را می‌توان به عنوان مغزه پانل‌های کامپوزیتی مورد استفاده قرار داد :

- پشم معدنی
- مغزه‌های کاغذی لانه زنبوری
- ورق‌های صلب پلی‌استایرنی لبه‌دار
- ورق‌های صلب پلی‌استایرنی
- فوم‌های پلی‌یورتانی

ورق‌های پلی‌استایرنی که توسط حرارت دادن گرانول‌های پلی‌استایرنی و ذوب کردن آن‌ها باهم و به همراه مخلوطی از بخار و پرس تولید می‌شوند، باعث اعمال هزینه کمتری در مواد اولیه در قیاس با فوم‌های پلی‌یورتانی می‌گردد. با این حال، پلی‌یورتان عایق بهتری در مقایسه با پلی‌استایرن است (پلی‌یورتان با ضخامت ۲۵ میلی‌متر خواص عایقی یکسانی با پلی‌استایرن‌های با ضخامت ۴۰ میلی‌متر دارد) و ساخت آن‌ها نیز ساده‌تر است.

استفاده از هرگونه مغزه با نوع و ضخامت خاص وابسته به سختی مورد نیاز کل پانل و خواص و کارایی حرارتی و صوتی مورد نیاز می‌باشد. درحالت کلی در مواد فومی، هرچه چگالی بالاتر باشد، پانل مستحکم‌تر و سخت‌تر است و هرچه چگالی و تراکم کمتر باشد، خواص عایقی آن بهتر است.

۸-۲-۳-۱- چسب‌ها

به منظور جلوگیری از لایه لایه شدن محافظ‌ها و حمل‌کننده‌ها و یاتاقان‌ها، براساس فشار و تنش‌های متحمل شده احتمالی که ممکن است میان لایه ها ایجاد گردد و میزان نیاز به مقاومت حرارتی لازم است از اتصال دهنده و چسب مناسب استفاده شود. برخی از این چسب‌ها تنش برشی تا ۲۸ مگاپاسکال را تحمل می‌کنند. سه نوع چسب به طور عمده در تولید پانل‌های ساندویچی لایه لایه استفاده می‌شود:

- چسب‌های اتصالات نئوپرنی
- پلی‌یورتان‌های یک و دوجزئی
- اپوکسی‌های یک و دوجزئی

۸-۳- رواداری‌ها و مشخصات

در پانل‌های با کاربرد نمای خارجی باید حداقل ضخامت پانل ۴ میلی‌متر باشد. ضخامت ورق آلومینیوم روی پانل‌های با کاربرد نمای خارجی باید حداقل ۰/۴ میلی‌متر و ضخامت آلومینیوم زیرین باید حداقل ۰/۳ میلی‌متر باشد.

۸-۳-۱- رواداری‌های ابعادی

مقادیر حداکثر مجاز رواداری‌های ابعادی به شرح جدول ۸-۱ می‌باشد:

جدول ۸-۱- حداکثر مجاز رواداری‌های ابعادی

طول (mm)	±۳
عرض (mm)	±۲
اختلاف قطری (mm)	≤۵
انحراف گوشه‌ها و لبه‌ها (mm/m)	≤۱
خمیدگی (mm/m)	≤۵

۸-۳-۲- کیفیت ظاهری سطح

سطوح خارجی پانل باید کاملاً تمیز و عاری از هر گونه آلودگی باشند. روکش سطح نباید زدگی، نقص و خط و خش داشته باشد. هیچ‌گونه برآمدگی و برجستگی و زدگی در سطوح پانل وجود نداشته باشد. سطح قابل پذیرش باید فاقد نقص ظاهری مطابق جدول ۸-۲ باشد.

جدول ۸-۲- مشخصات ظاهری قابل پذیرش

نقص	شرایط قابل قبول
موج داشتن	-
ورآمدگی	حداکثر ۱عدد بر متر مربع
زدگی	حداکثر ۲ عدد بر متر مربع
خط کشیده داشتن	$\leq 100 mm/m^2$
خراشیدگی	$\leq 300 mm^2/m^2$ و کمتر از ۴ محل
رنگ سنجی	$\Delta E \leq ۲$

۸-۳-۳- خواص فیزیکی و مکانیکی

حداقل مشخصات فیزیکی و مکانیکی قابل قبول پانل کامپوزیت در جدول ۸-۳ آورده شده است.

جدول ۸-۳ حداقل مشخصات فیزیکی و مکانیکی قابل قبول پانل کامپوزیت

ویژگی	حد قابل قبول پانل برای کاربرد در خارج ساختمان
ضخامت روکش μ	≥۲۵
شفافیت	≥۷۰
سختی	≥HB
انحنا پذیری	≤۲
مقاومت ضربه	≥۵

مقاومت آب جوش		بدون تغییر
مقاومت شیمیایی	خاصیت چرک پذیری	≤٪۱۵
	مقاومت اسیدی	بدون تغییر
	مقاومت قلیایی	بدون تغییر
	مقاومت در مقابل روغن	بدون تغییر
	خاصیت محلل	بدون تغییر
مقاومت فرسودگی	مقاومت شستشو	≥۱۰۰۰
	کروماتیسم	≤۳
	افت روشنایی	درجه ۲
مقاومت در برابر پاشش نمک		۵۰۰۰ ساعت
مقاومت خمشی MPa		≥۱۰۰
استحکام برشی KN		≥۹
مقاومت ورآمدگی N/mm		≥۷
خاصیت اختلاف دمای عایق		بدون تغییر
ضریب انبساط گرمایی C^{-1}		$\leq ۴\times۱۰^{-۵}$
دمای تغییر شکل C		≥۱۰۵

آزمایشات مقاومت چسبندگی، ضربه‌پذیری، مقاومت سایشی و مقاومت شیمیایی باید مطابق استاندارد AAMA2605 انجام شود. همچنین ضریب انبساط گرمایی باید مطابق استاندارد ASTM D976 اندازه‌گیری شود.

۸-۴- انواع سیستم‌های نصب پانل‌های کامپوزیت آلومینیوم

سیستم‌های مختلف نصب پانل کامپوزیت آلومینیوم به شرح زیر است:

۱-روش ثابت

۲-روش آویزان

۳- روش L ،H

۴-روش ثابت-ریلی

۵-روش هوک

۸-۴-۱- سیستم ثابت (Fixing)

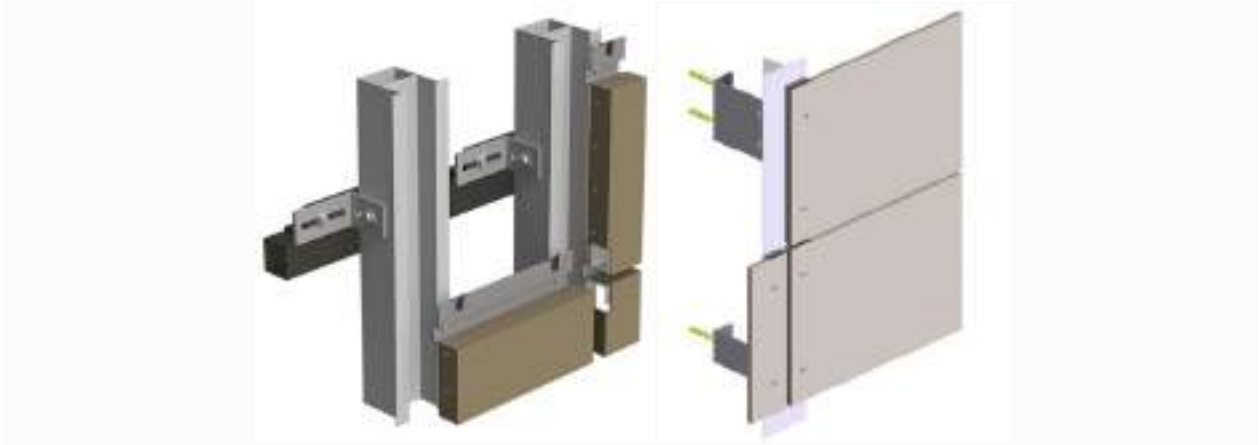
در این روش، کامپوزیت پس از برش و ایجاد شیار در آن به صورت ثابت یا پرچ بر روی زیرسازی آلومینیومی یا فولادی متصل شده است. در فاصله پانل‌های نصب شده جهت آب‌بندی نما از تسمه‌ای از جنس پانل و چسب‌های پلی‌یورتان استفاده می‌شود. این روش نصب، ساده‌ترین روش نصب می‌باشد که مراحل نصب آن از سرعت بالایی برخوردار است.

۸-۴-۱-۱- سیستم ثابت با زیرسازی فولادی

در این سیستم جهت اجرای قاب اصلی زیرسازی از پروفیل‌های فولادی با مقطع متناسب با ابعاد و نیروهای وارده استفاده می‌شود. همچنین جهت ساخت شبکه افقی و عمودی متصل به قاب اصلی که محل نصب پانل‌های کامپوزیت را مشخص می‌کنند از پروفیل‌های فولادی مشابه استفاده می‌شود. در این نوع سیستم ثابت، کلیهٔ اتصالات فولادی به وسیلهٔ جوش انجام می‌پذیرد و تنها جهت نصب پانل‌های کامپوزیت بر روی پروفیل‌ها از نبشی‌های آلومینیومی استفاده می‌شود. آب‌بندی در این سیستم توسط چسب سیلیکون یا نوارهای لاستیکی صورت می‌پذیرد. در پروژه‌های بزرگ این سیستم توصیه نمی‌شود، چرا که امکان رگلاژ سیستم وجود ندارد. مزایای این روش صرفه جویی در هزینه، امکان آب‌بندی کامل، امکان تعویض هر پانل به صورت مجزا، استحکام مناسب در مقابل بار باد و تنش‌های احتمالی می‌باشد و معایب آن امکان خوردگی فولاد در مناطق اسیدی و با رطوبت بالا است.

۸-۴-۱-۲- سیستم ثابت با زیر سازی آلومینیوم

در این سیستم جهت جلوگیری از خورندگی بین فولاد ساختمان و آلومینیوم از لاستیک عایق الکتریکی استفاده می‌گردد. این سیستم دارای قابلیت رگلاژ بیشتری نسبت به سیستم ثابت فولادی است و همچنین به علت استفاده از آلومینیوم، سازهٔ نگهدارنده آن سبک‌تر است. آب‌بندی در این سیستم مانند سیستم ثابت فولادی توسط چسب سیلیکون و یا نوارهای لاستیکی صورت می‌پذیرد.



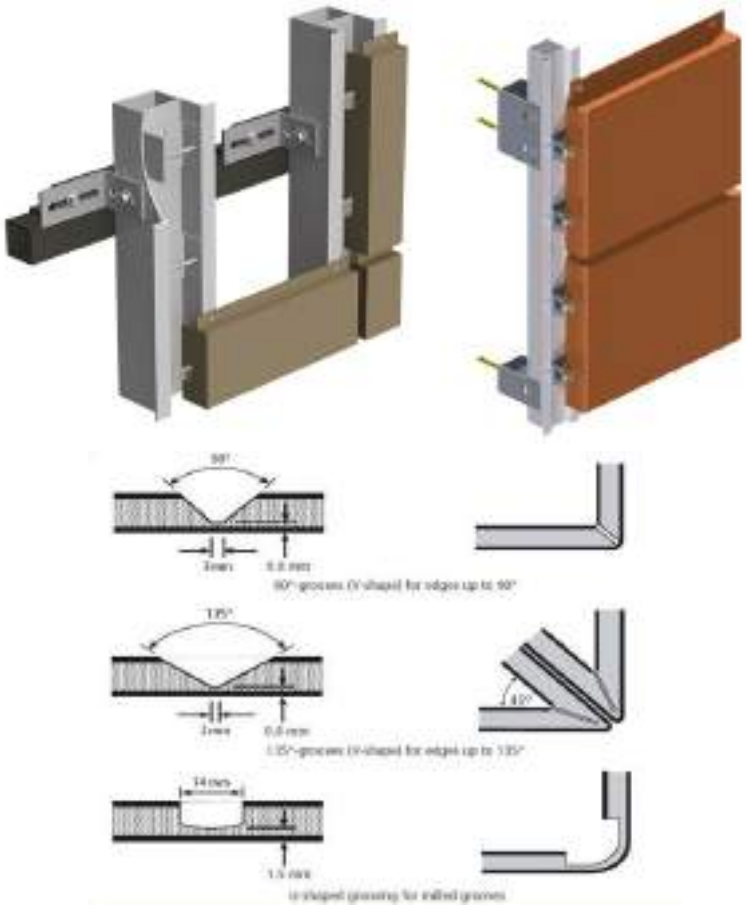
شکل ۸-۲- نمونه‌ای از اجرای ثابت

۸-۴-۲- سیستم آویزان

در این روش، پانل‌ها با استفاده از شیارهای تعبیه شده، بر روی پروفیل‌های مخصوص آلومینیومی نصب می‌شوند. در این حالت به دلیل عدم استفاده از پیچ یا پرچ، سرعت کار بالا بوده، امکان جداسازی و تعویض هر یک از قطعات به طور جداگانه وجود دارد و همچنین به دلیل کاربرد پروفیل‌های ناودانی شکل آلومینیومی، نیازی به آب‌بندی نما وجود ندارد. در این سیستم، پس از اجرای قاب فولادی جهت شکل گرفتن ساختار زیرسازی، نبشی‌های فولادی با سوراخ لوبیایی روی قاب

مطابق با محوربندی ارائه شده در نقشه‌های اجرایی، نصب می‌شوند. در مرحلهٔ بعد، ناودانی‌های ریلی آلومینیومی با مقطع مشخص در محور نبشی‌های فولادی به وسیلهٔ براکت‌های آلومینیومی با دو سوراخ لوبیایی به زیرسازی متصل می‌شوند. در این سیستم همانند سیستم ثابت آلومینیومی جهت جلوگیری از خوردگی بین فولاد و آلومینیوم از لاستیک دی‌الکتریکال بین قطعه آلومینیومی و نبشی فولادی استفاده می‌شود. پانل‌های کامپوزیت به وسیلهٔ اتصالات آلومینیومی به شکل ناودانی که در داخل قطعات آلومینیومی می‌باشند، بر روی آنها نصب می‌شوند. در این روش پانل‌های کامپوزیت بعد از برش و مونتاژ، شیارهای چکمه‌ای خورده و بر روی ریل‌های آلومینومی قابل رگلاژ نصب شده و امکان برداشت هر پانل به صورت جداگانه وجود دارد.

در این روش لبه‌های برگشتی پانل‌های کامپوزیت آلومینیوم پانچ می‌شوند که جهت سهولت نصب باید پانچ پانل‌های کامپوزیت آلومینیوم با دقت بالا صورت گیرد.



شکل ۸-۳- نمونه‌ای از روش اجرای آویزان

در صورت صدمهٔ احتمالی به پانل‌های کامپوزیت آلومینیوم تعویض پانل‌ها به سهولت امکان‌پذیر است. با توجه به اینکه تمام اجزای زیرسازی و روسازی از جنس آلومینیوم می‌باشند، انقباض و انبساط اجزاء در اثر تغییر دما مشابه هم بوده که این امر از تغییرشکل پانل ها جلوگیری می‌کند. در صورت نفوذ آب به زیرسازی نمای آلومینیوم کامپوزیت، به دلیل استفاده

از آلومینیوم و بولت‌های استیل در زیرسازی، زنگ‌زدگی اتفاق نمی‌افتد. امکان تشکیل پیل الکتریکی وجود ندارد در نتیجه ذرات گرد و غبار بر سطح آلومینیوم کامپوزیت کمتر جذب می‌گردد. این روش مناسب جهت نصب پانل‌های آلومینیوم کامپوزیت عمودی بوده و در آن نیاز به استفاده از چسب‌های سیلیکون و یا لاستیک آب‌بندی نمی‌باشد. به دلیل امکان وجود جریان هوا در پشت پانل‌های کامپوزیت آلومینیوم، تعریق در پشت پانل‌ها اتفاق نمی‌افتد و قطعات متناسب با وزن خود روی بولت‌ها قرار می‌گیرند.

۸-۴-۳- سیستم هوک

این روش مشابه روش آویزان است با این تفاوت که پانل‌ها بلافاصله بعد از برش در پروفیل‌های مخصوص H شکل و L شکل قرار می‌گیرند. از مزایای این روش به سرعت اجرای بالا و تمیزی اجرا و هزینهٔ کمتر می‌توان اشاره کرد. معایب این روش، عدم آب‌بندی کامل و همچنین عدم امکان تعویض پانل، در صورت نیاز می‌باشد و در صورتی که پانل‌ها به ابعاد بزرگ اجرا شود، تغییر شکل و سر و صدای پانل در هنگام باد و بارندگی مشکل‌ساز خواهد بود.

در این روش، زیرسازی با استفاده از پروفیل‌های فولادی بر روی نما نصب شده، سپس با استفاده از پروفیل‌های آلومینیومی با سطح مقطع H، پانل‌های کامپوزیت آلومینیومی بدون نیاز به لبه‌های برگشتی، متصل می‌شوند.

در سیستم هوک پس از اجرای کمربندی‌ها و براکت‌های فلزی، ناودانی‌های ریلی به براکت‌های فلزی توسط پیچ‌های کاسهٔ نمدی متصل می‌گردند. در این سیستم با توجه به لوبیایی بودن براکت‌های اتصال دهندهٔ ناودانی‌های ریلی به زیرسازی آهنی امکان حرکت ناودانی‌های ریلی در صفحهٔ عمود بر ناودانی‌ها وجود دارد.

شکل ۸-۴- نمونه‌ای از روش اجرای هوک

۸-۴-۴- سیستم ثابت-ریلی

در این روش جهت جلوگیری از خوردگی بین فولاد و آلومینیوم از زیرسازی آلومینیومی استفاده می‌شود. این سیستم دارای قابلیت رگلاژ کامل نسبت به روش ثابت فولادی است و به علت استفاده از آلومینیوم، دارای سازه سبک‌تری نسبت

به روش ثابت فولادی می‌باشد. آب‌بندی در این سیستم با استفاده تسمه‌ای از جنس پانل در درزهای عمودی و دو لبه برگشته در درزهای افقی صورت می‌پذیرد.

هنگامی که در طراحی ساختمان، کاربرد پانل‌های عریض مدنظر باشد، استفاده از این سیستم مناسب است.

این روش جهت ساختمان‌هایی که در آنها از پانل‌های با ابعاد بزرگ استفاده می‌شود و ساختمان‌هایی که در طراحی آنها پانل‌های افقی دیده شده یا ساختمان‌های بلند یا فضاهایی که نیروی فشار باد در آنها زیاد است مناسب است.

شکل ۸-۵- نمونه‌ای از روش اجرای ثابت –ریلی

۸-۴-۵- سایر روش‌ها

طراحی و اجرای نمای آلومینیوم کامپوزیت، هرگز محدود به استفاده از روش‌های ذکر شده نخواهد بود، بلکه امکان طراحی و اجرا به روش‌های دیگری بسته به نحوهٔ طراحی، حجم پروژه، نحوهٔ کاربری، امکانات منطقه‌ای و خواسته‌های کاربر میسر است. از جمله این روش‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- استفاده از مقاطع پروفیل‌های خاص مانند انواع H و انواع T
- استفاده از مقطع نبشی به جای قوطی در زیرسازی
- نصب مستقیم بر روی سازه موجود (در مقاوم‌سازی ساختمان)
- طراحی و تولید مقاطع خاص پروفیل با آلیاژ خاص و پوشش رنگ خاص

فصل نهم

الزامات طراحی و اجرای نمای شیشه‌ای

۹-۱- مقدمه

استفاده از شیشه یا پلاستیک و هر نوع ماده شفاف یا نیمه شفاف در مقابل عبور نور در نمای خارجی ساختمان، نمای شیشه‌ای گفته می‌شود. عوامل شکست و فروریزش سیستم‌های نمای شیشه‌ای عبارتند از:

۱- تغییرشکل دورن صفحه قاب به سبب جابجایی نسبی طبقات که موجب ایجاد نیروی فشاری در راستای قطر قاب و ترک‌خوردن شیشه در گوشه‌های قاب می‌شود.

۲- طراحی و اجرای تکیه‌گاه‌های نامناسب برای نگهداشتن شیشه در قاب

۳- عدم رعایت فاصله کافی بین شیشه و قاب

۴- کوچک‌بودن بیش از حد شیشه نسبت به قاب و نبود لبه کافی در تکیه‌گاه‌ها که باعث به بیرون پرت شدن شیشه می‌شود.

۵- شل‌شدن درزگیرها و خارج شدن آنها از قاب شیشه

انواع شیشه‌های مورد استفاده در صنعت ساختمان را می‌توان براساس اجزای ترکیبی، روش ساخت و ویژگی‌های آن تقسیم‌بندی نمود. شیشه‌های مورد استفاده در ساختمان براساس جدول (۹-۱) تقسیم‌بندی می‌شوند و استاندارد مربوط به کنترل کیفیت هرکدام در این جدول ارائه شده است.

جدول ۹-۱- دسته‌بندی انواع شیشه‌های مورد استفاده

از نظر انواع مواد تشکیل دهنده	از نظر روش تولید	طبقه بندی پس از تولید			استاندارد مربوط
شیشه سودا آهکی شیشه بورو سیلیکات شیشه سرامیکی	شیشه فلوت شیشه شیت شیشه طرح‌دار شیشه سیمی	**ساده**	شیشه آنیل شده		ASTM C1036 BS 952-1
			شیشه آبدیده کامل		BS EN 12150-1 BS 952-1
			شیشه آبدیده		BS EN 1863-1 ASTM C1048 BS 952-1
			شیشه مقاوم شده شیمیایی		BS EN 12337-1
		مرکب	شیشه پوشش دار	انعکاسی	BS EN 1096-2 BS 952-1S EN 1096-3
				کم گسیل	
				ضدانعکاسی	
			شیشه لمینیت		ASTM C1172 BS 952-1
			شیشه عایق (دو یا چند جداره)		ASTM E2190 BS 952-1

۹-۲- الزامات عملکردی نماهای شیشه‌ای

در نماهای شیشه‌ای الزامات زیر باید رعایت شود:

۱- شیشه‌های موجود برروی تیغه‌ها و قاب‌های منفردی که دارای مساحت بیش از ۱٫۵ متر مربع می‌باشند و در ارتفاع بیش از ۳ متر در بالای محل عبور عابرین پیاده نصب شده‌اند باید از جنس لایه‌ای (لمینیت)، آبدیده یا شیشه‌های با مقاومت بالا که به هنگام شکستن در داخل قاب شیشه باقی می‌مانند باشند. استفاده از شیشه‌های آبدیده به طور قابل ملاحظه‌ای خطرپذیری در برابر زلزله و باد را کاهش می‌دهد زیرا در اثر شکستن، این شیشه‌ها به صورت تکه‌های ریز بدون گوشه تیز خرد می‌شوند. شیشه‌های لایه‌ای (لمینیت) پس از شکستن در محل خود باقی می‌مانند و با شکستن به صورت تکه تکه در نمی‌آیند. استفاده از شیشه‌های لایه‌ای برای پنجره‌های نمای طبقه اول باعث افزایش امنیت در مقابل سرقت نیز می‌شود.

۲- در نماهای شیشه‌ای فاصله آزاد شیشه در قاب حتما باید به منظور تأمین فضای آزاد کافی برای تغییر مکان‌های ناشی از زلزله رعایت شود.

۳- در نماهای شیشه‌ای اسپایدر، هرکدام از پانل‌های شیشه‌ای نمای ساختمان باید با حداقل ۴ عدد اتصال، مهار شوند.

۴- خرابی در نماهای شیشه‌ای تحت اثر باد و زلزله به هر دو صورت برون‌صفحه‌ای و درون‌صفحه‌ای رخ می‌دهد. به طور خاص نماهای شیشه‌ای در سازه‌های نرم با تغییرمکان نسبی قابل توجه بین طبقات، آسیب‌پذیر می‌باشند. با افزایش اندازه قطعات نمای شیشه‌ای حساسیت آنها به بارهای لرزه‌ای و باد افزایش می‌یابد.

۵- طراحی نماهای شیشه‌ای وابسته به جابه‌جایی نسبی (دریفت) طبقه محاسبه شده ساختمان می‌باشد. به طور کلی نماهای شیشه‌ای در سیستم‌های سازه‌ای سخت‌تر، که دارای دریفت طبقه کمتر بوده یا در پنجره‌هایی که دارای فاصله آزاد شیشه ($\Delta_{fallout}$) بیشتری در قاب هستند، عملکرد بهتری دارند. ضوابط حداقل فاصله آزاد در فصل سوم این دستورالعمل ارائه شده است و در صورت برآورده نشدن این معیار، خطر جداشدن شیشه از قاب نگهدارنده و افتادن آن در اثر تغییرمکان نسبی ناشی از زلزله وجود دارد.

۶- برای جلوگیری از پرتاب شدن قطعات شیشه در اثر باد یا زلزله می‌توان از لایه نازک پلاستیکی (استیکر) استفاده کرد. استفاده از این لایه‌های نازک باعث کاهش خطر باد و زلزله به خصوص برای موقعیت پنجره‌هایی که در ارتفاع بیش از سه متر از سطح زمین قرار دارند می‌شود. استفاده از این لایه‌های نازک برای افزایش مقاومت شیشه‌ها نیز معمولاً از لحاظ اقتصادی به صرفه می‌باشد. این لایه‌ها به دلایل دیگری نظیر افزایش امنیت یا کاهش نفوذ گرمای خورشید، نیز به کار می‌روند. اتصال لایه نازک مزبور به گوشه‌های قاب پیرامونی علاوه بر نگه‌داشتن تکه‌های شکسته شده در محل، باعث عدم فروریزی کل قطعه شیشه می‌شود.

۷- در جایی که نمای سازه‌ای خارجی شیشه‌ای در ارتفاعی کمتر از ۴٫۵ متر بالای تراز پیاده‌رو قرار دارد، هیچکدام از قطعات آن نباید بیش از ۰٫۹ متر مربع مساحت داشته باشند و در جایی که این فاصله بیشتر از ۴٫۵ متر است مساحت آن باید کمتر از ۰٫۵ متر مربع باشد.

۸- طول و ارتفاع قطعه نمای سازه‌ای خارجی شیشه‌ای نباید بیش از ۱٫۲ متر باشد.

۹- ضخامت نمای شیشه‌ای خارجی نباید کمتر از ۹ میلی‌متر باشد.

۱۰- در جایی که نمای شیشه‌ای تا سطح پیاده‌رو امتداد می‌یابد، هر قطعه شیشه باید در یک قالب فلزی مطمئن قرار گرفته و در ارتفاع حداقل ۵ میلی‌متر بالاتر از مرتفع‌ترین نقطه پیاده‌رو نصب شود. فاصله بین قالب و پیاده رو باید کاملاً درزبندی شده و آب‌بندی شود.

۱۱- درزهای افقی بزرگتر از ۱۶میلی‌متر باید توسط یک ماده یا وسیله غیرصلب پر شوند وقتی نمای شیشه‌ای در کناره‌ها یا بالا در مجاورت مصالح غیر انعطاف پذیر قرار می‌گیرد باید درز انبساطی با حداقل بعد ۶/۵ میلی‌متر بین آنها ایجاد شود.

۱۲- در نمای شیشه‌ای نصب شده در ارتفاع بیش از ۳/۵ متر از سطح تراز پیاده‌رو باید علاوه بر ماستیک و نبشی باید در هر ضلع عمودی و افقی یا در هر ۴ گوشه قطعات شیشه‌ای از مهار استفاده کرد. مهارها باید به وسیله پیچ یا سایر انواع مهار به سازه نگهدارنده متصل شوند. مهارها باید طوری طراحی شوند که بتوانند به تنهایی نمای شیشه‌ای را صرفنظر از درزگیر در صفحه عمودی مهار کنند. نبشی‌های مورد استفاده به عنوان تکیه‌گاه و مهارها باید برای بارهای وارده طراحی شوند.

۱۳- لبه‌های نمای شیشه‌ای که در معرض دید هستند باید به وسیله درزپوش‌های فلزی مقاوم در برابر خوردگی درزبندی شده و به وسیله مصالح آب‌بند طوری آب‌بندی شوند که از ورود رطوبت به داخل فضای بین نمای شیشه‌ای و سازه نگهدارنده جلوگیری شود.

۹-۳- انواع سیستم‌های نمای شیشه‌ای

به دلیل ا ستفاده گ سترده دیوارهای پرده‌ای شی شه‌ای نحوه طرح و اجرای این نوع نما دائم در حال تحول ا ست. بنابراین یک طبقه‌بندی کامل که شامل تمام انواع دیوارهای پرده‌ای شی شه‌ای متداول با شد مقدور نی ست. سی ستم‌های دیوار پرده‌ای شیشه‌ای به ۵ نوع به شرح زیر بر اساس ساختار آنها تقسیم‌بندی می‌شوند.

- سیستم‌های نصب درجا
- سیستم‌های پیش ساخته
- سیستم‌های قطعه و وادار (unit and mullion systems)
- سیستم‌های پانلی
- سیستم‌های پوشش ستون و تیر درگاه

این سیستم‌ها در شکل ۹-۱ نمایش داده شده است. سیستم درجا قدیمی‌ترین و پرکاربردترین این سیستم‌ها است. سایر سیستم‌ها با سیستم درجا تفاوت دارند چون شامل واحدهای پیش‌ساخته دیوار، مشابه پانل‌های شفاف دیوار پرده‌ای می‌باشند.

۹-۴- انواع سیستم‌های دیوار پرده‌ای شیشه‌ای

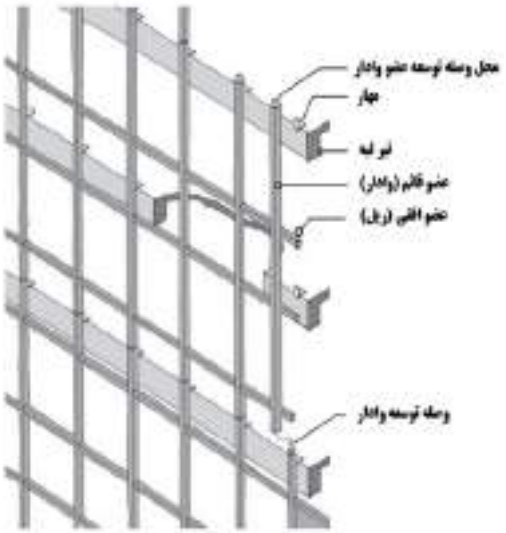
انواع سیستم‌های دیوار پرده‌ای شیشه‌ای به شرح زیر می‌باشند:

الف- سیستم درجا

در این سیستم، دیوار پرده‌ای به صورت قطعه قطعه در محل نصب می شود. به طور معمول، ابتدا وادارها نصب شده و سپس ریل‌ها نصب می شوند. در ادامه پانل‌های شیشه در چارچوب ایجاد شده از ریل و وادار نصب می شوند. مهار دیوار حاصل به سازه از طریق وادارها صورت می‌گیرد. وادارها می‌تواند بین دو سقف متکی بوده و یا حتی به صورت یک سقف در میان باشد. امکان انبساط حرارتی وادارها باید از طریق درزهای انبساط پیش‌بینی شده در وادارها امکان‌پذیر باشد.

قطعات سیستم در کارخانه ساخته شده و به صورت منفصل به محل پروژه حمل می شوند و از این رو هزینه حمل به نسبت کمتری داشته و امکان تنظیمات در محل بیشتری نسبت به سایر سیستم‌ها دارد.

معایب آن شامل مدت زمان بیشتر در سایت و نیروی کار مورد نیاز بیشتر به نسبت سایر سیستم‌ها است (شکل ۹-۱).



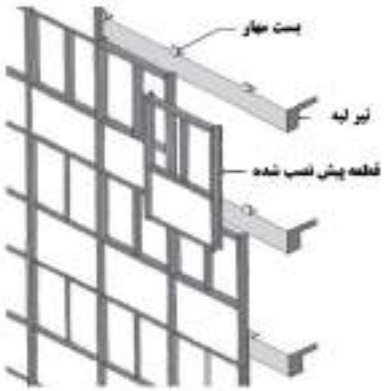
شکل۹-۱- سیستم نمای پرده ای درجا

ب-سیستم یکپارچه

سیستم یکپارچه شامل دیوارهای دارای قاب‌بندی است که در کارخانه ساخته شده، سرهم شده و معمولاً شیشه‌ها نیز نصب می‌شود. واحدها به طریقی طرح می‌شوند که اعضای افقی و قائم در قطعات مجاور در هم قفل و بست شده تا وادار و ریل مرسوم را پدید آورند.

واحدها می‌تواند به ارتفاع یک یا دو طبقه باشد. این واحدها به همان طریقی که در روش اجرای درجا، در مورد اتصال وادارها به سازه در بند ۹-۵ توضیح داده شده، به سازه اتصال می‌یابند.

مزیت این سیستم درجه بالای کنترل کیفیت ناشی از ساخت کارخانه‌ای است. نقاط ضعف آن هزینه بالاتر حمل و نقل به دلیل حجم بالای قطعات و نیاز به دقت بیشتر حین حمل و امکان تنظیمات کمتر در زمان نصب است (شکل ۹-۲).

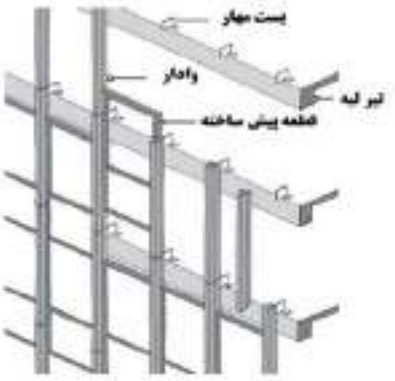


شکل ۹-۲- سیستم نمای پرده ای یک پارچه

پ- سیستم قطعه و وادار

سیستم قطعه و وادار ترکیبی از نقاط قوت دو سیستم درجا و پیش‌ساخته را داراست. اجرای این سیستم با اجرای وادارها شروع می‌شود. پس از آن، قطعات پیش‌ساخته کارخانه‌ای بین وادارها قرار داده می‌شود.

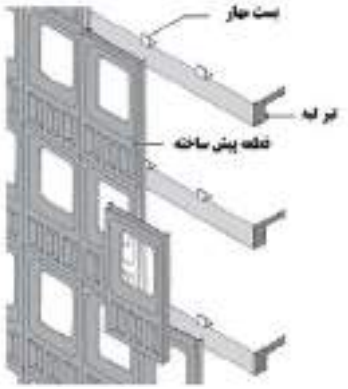
به دلیل آنکه این سیستم از تعامل دو سیستم درجا و پیش‌ساخته ایجاد شده مزایا و معایب هر دو را به نوعی به همراه دارد. به طور نمونه هزینه‌های حمل و نقل آن از سیستم پیش‌ساخته کمتر و از هزینه حمل و نقل سیستم درجا بیشتر است. از درجه بالاتری از قابلیت تنظیم در محل برخوردار است ولی آزادی عمل در نصب آن کمتر از سیستم درجا می‌باشد (شکل ۹-۳).



شکل ۹-۳- سیستم نمای پرده‌ای شامل قطعه-وادار

ت- سیستم پانلی

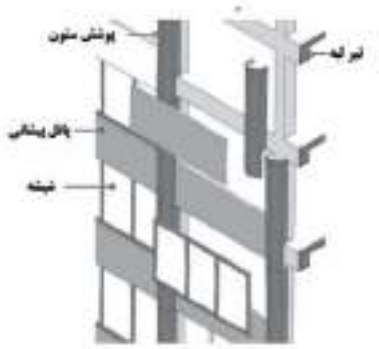
سیستم پانلی متشکل از پانل‌هایی از جنس ورق فلزی و به صورت پیش‌ساخته کارخانه‌ای است. در میان پانل، شیشه قرار می‌گیرد (معمولاً شیشه نیز در کارخانه نصب می‌شود). نمای دیوار پرده‌ای ظاهری یکپارچه‌تر و جامع‌تر از الگوهای متداول شبکه‌ای که شامل اعضای افقی و قائم است دارد. پانل‌ها از دو طریق پرس‌کاری و یا ریخته‌گری قابل تولید می‌باشند. روش تولید ریخته‌گری در صورتی که تعداد قطعات مشابه زیاد باشد اقتصادی می‌شود (شکل ۹-۴).



شکل ۹-۴- سیستم نمای پرده‌ای پانلی

ث- سیستم پوشش ستون و تیر پیشانی

این سیستم یک دیوار پرده‌ای محسوب نمی‌شود و متشکل از پوشش‌های روی ستون بوده و توسط قطعات پانل پیشانی متکی به ستون و در دهانه ستون تا ستون قرار می‌گیرد. قطعات شیشه‌ای پرکننده همانند روش درجا هم می‌تواند به صورت پیش‌ساخته و هم به صورت درجا اجرا شود (شکل ۹-۵).



شکل ۹-۵- سیستم نمای پرده‌ای پوشش ستون و تیر پیشانی

۹-۴-۱- مهار دیوار پرده‌ای شیشه‌ای درجا به سازه

مشابه سایر دیوارهای پرده‌ای، دیوار پرده‌ای شیشه‌ای هم باید به منظور ایجاد امکان تغییرات ابعادی (در محدوده رواداری‌های مجاز)، از قاب سازه‌ای ساختمان فاصله داشته باشد. حداقل فاصله لازم ۵ سانتی‌متر است. برای ساختمان‌های بلند فاصله بیشتری ممکن است مورد نیاز باشد.

۹-۵- مهار بار مرده و مهارهای انبساطی

همان‌گونه که در شکل ۹-۱ نشان داده شده است یک دیوار پرده‌ای شیشه‌ای درجا متشکل از اعضای قائم (وادارها) و اعضای افقی (ریل‌ها) می‌باشد. مقاطع وادارها و ریل‌ها مشابه و معمولاً قوطی هستند.

دیوار از طریق وادارها به قاب سازه‌ای ساختمان متصل می شود. در ابتدا تمامی وادارها نصب و سپس ریل‌ها مابین آنها قرار می‌گیرد. به طور معمول سه ریل در هر طبقه قرارداده می شود که جای لازم برای دو قطعه شیشه ایجاد می‌نماید- شیشه دید و شیشه پیشانی.

در یک ساختمان (یا در بخشی از ساختمان) زمانی که شیشه دید وجود نداشته باشد، مثل پارکینگ در یک ساختمان چندطبقه، ریل‌های میانی تنها به منظور کاهش ابعاد قطعات شیشه در نظرگرفته می‌شود. دو ریل در طبقه در چنین مواردی متداول است (شکل ۹-۶). فاصله مرکز تا مرکز وادارها بسته به شدت بار جانبی و ظاهر مطلوب نما، معمولاً ۱/۵ تا ۲ متر است.

به منظور تسهیل انبساط و انقباض وادارها که به سبب تغییرات حرارت روی می‌دهد، هر وادار باید دارای درز انبساط باشد. از این رو هر وادار شامل قطعات با طول کوتاه (طول به میزان یک یا دو طبقه) است که در محل درزهای انبساط در هر دو انتها قطع می‌شوند (شکل ۹-۷).

درزهای انبساط، خزش ستون‌های بتن‌آرمه و خیز ناشی از بار زنده تیرهای پیرامونی که وادارها به آنها متصل شده‌اند را نیز جذب می‌نمایند. لذا پهنای درز انبساط برای هر پروژه باید جداگانه تعیین شود. باید توجه داشت که درز انبساط تنها آزادی حرکت در راستای قائم را فراهم می‌آورد.

چون تمام بارهای روی دیوار پرده‌ای از طریق وادارها به قاب سازه‌ای منتقل می‌شود، برای هر وادار یک مهار مخصوص بار مرده (به طور ساده مهار ثقلی DL) باید تأمین شود که این مهار، برای تحمل بار ثقلی و جانبی ناشی از باد و زلزله وارده بر قسمتی از دیوار که به وادار منتقل می‌شود طراحی می‌شود.

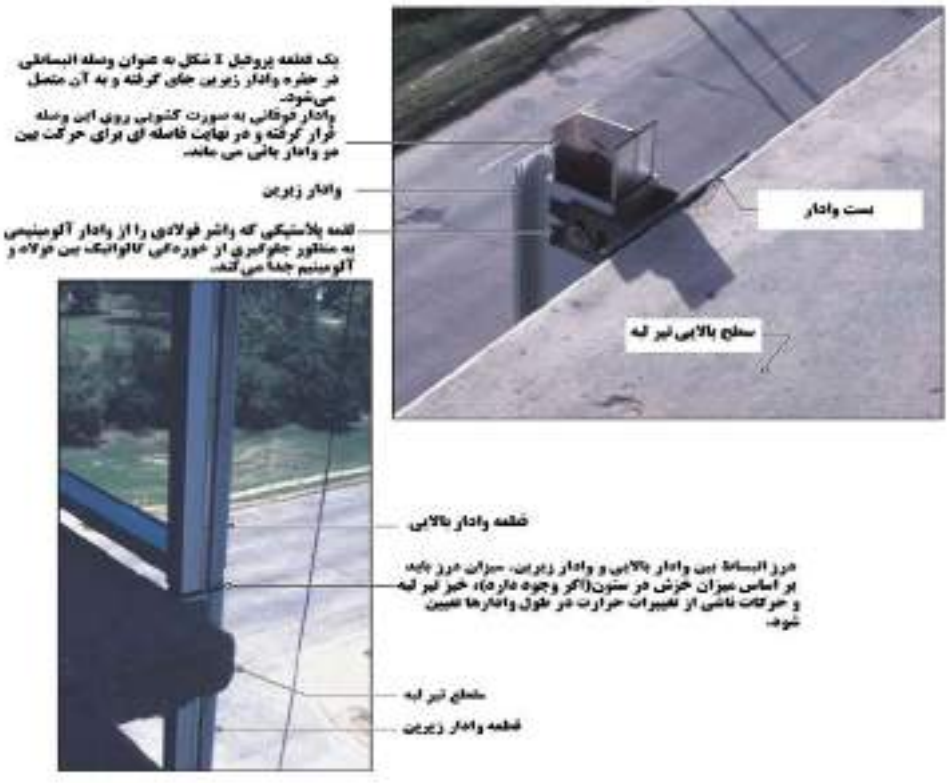
شکل ۹-۶- مراحل نصب دیوارپرده‌ای شیشه‌ای درجا در یک ساختمان اداری که در آن طبقات زیرین پارکینگ و طبقات بالایی اداری است

یک مهار ثقلی (DL) به طور کامل وادار را در محل اتصال مهار می‌کند. لذا وادار در سه جهت اصلی در محل تکیه‌گاه بار مرده بی‌حرکت است. مهار ثقلی (DL) باید به گونه‌ای طراحی شود که نیروهای مرده و نیروهای جانبی اعمال شده به وادار را به قاب سازه‌ای ساختمان منتقل نماید.

دو نوع سیستم دهانه برای وادارها در دیوار پرده‌ای شیشه-آلومینیوم مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۹-۸):

- سیستم وادار تک دهانه
- سیستم وادار دو دهانه

در سیستم وادار تک دهانه، هر وادار فقط یک طبقه را پوشش می‌دهد. بنابراین مهارهای ثقلی (DL) در هر طبقه به غیر از طبقه همکف که فونداسیون بار مرده پایین‌ترین وادار را تحمل می‌کند نیاز است (شکل ۹-۸ الف).



شکل ۹-۷- نمونه اتصال انبساطی بین دو قطعه وادار

در سیستم وادار دو دهانه، وادارها دو طبقه را پوشش می‌دهند. بنابراین هر وادار می‌تواند یک مهار ثقلی (DL) داشته باشد، مهارها در طبقات مختلف پیش‌بینی می‌شوند، (شکل ۹-۸ ب). تفاوت دیگر بین سیستم‌های یک دهانه و دو دهانه این است که مهارهای انبساطی (به طور ساده مهار EX) هم در طبقات مختلف نیاز است. در سیستم یک دهانه تنها یک مهار لرزه‌ای (EX) و فقط در طبقه اول ساختمان ضرورت دارد.

مهارهای ثقلی (DL) و لرزه‌ای (EX) از جنس فولاد یا آلومینیوم هستند و وادارها به آنها پیچ می‌شوند. همانگونه که در شکل ۹-۸ ب نشان داده شده است تقریباً شکل دو مهار یکسان است. تنها تفاوت بین آنها آن است که در مهار ثقلی (DL) دو سوراخ بالایی دایروی و در مهار لرزه‌ای (EX) دو سوراخ بالایی در جهت قائم به صورت شیاری است که امکان حرکت قائم را فراهم می‌نماید. توجه شود که اتصال هر دوی این مهارها به سازه همان‌گونه که در شکل ۹-۹ نشان داده شده است، در جهت داخل صفحه نمای شیشه‌ای، به صورت ریلی است و بنابراین نمای شیشه‌ای تحت اثر جابجایی داخل صفحه سازه قرار نمی‌گیرد.

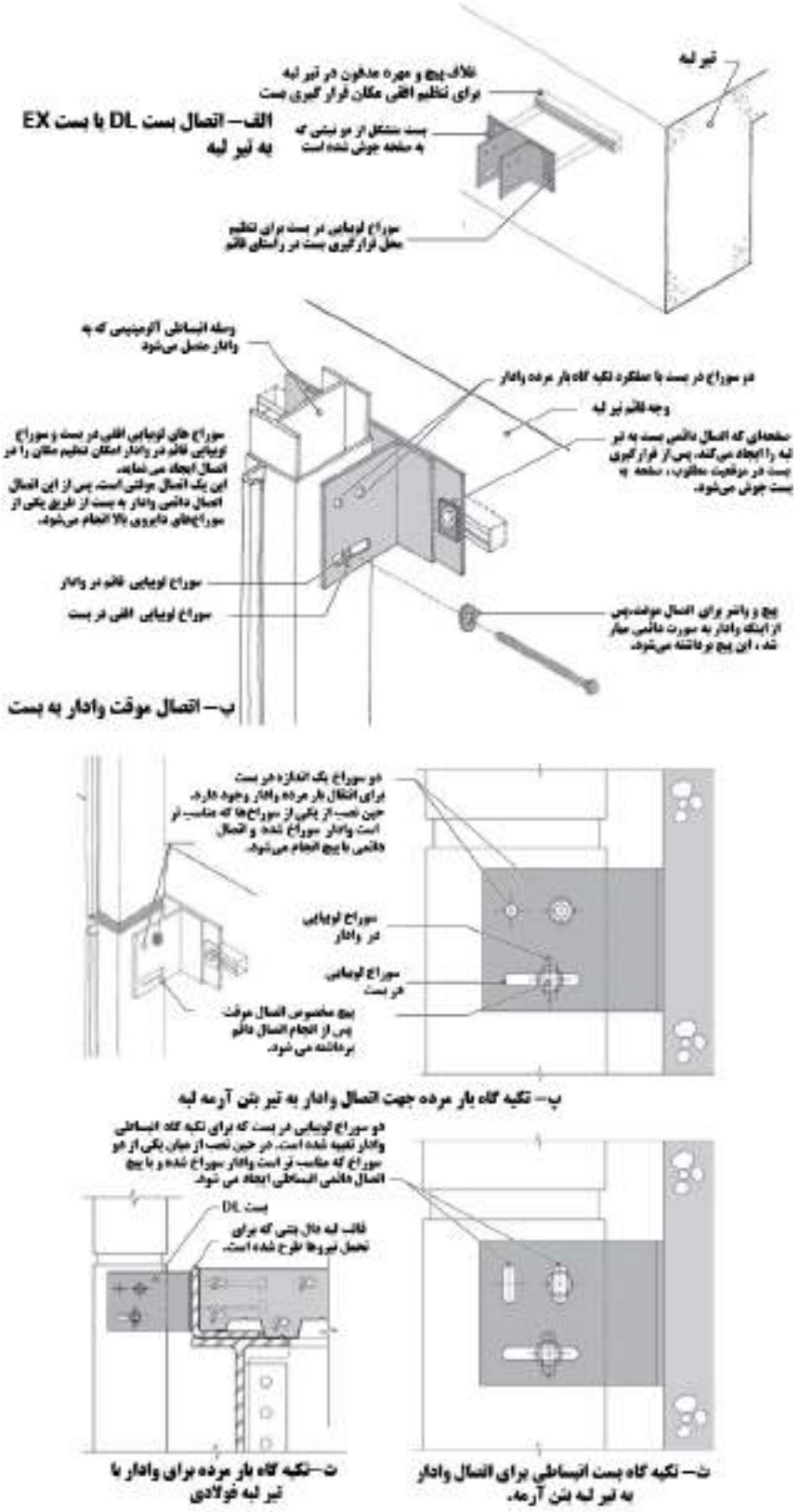
شکل ۹-۸- سیستم‌های تکیه‌گاهی برای دیوارهای پرده‌ای شیشه با وادار تک و دو دهانه

۹-۵-۱- اتصال وادار به مهار ثقلی (DL) یا مهار انبساطی (EX)

شکل ۹-۹ نحوه اتصال یک وادار به مهار ثقلی (DL) یا مهار انبساطی (EX) را نشان می‌دهد. مهار وادار با مهار ثقلی DL یا مهار انبساطی EX، یک فرآیند دو مرحله‌ای دارد. مرحله اول شامل ایجاد اتصال موقت بین وادار و مهار است که در (شکل ۹-۸-ب) نشان داده شده است. پس از آنکه تمام وادارها در یک راستای قائم تراز شدند، اتصال دائمی بین وادار و مهار ایجاد می‌شود.

اتصال دائمی نیازمند سوراخ‌کاری وادارها در محل‌های از پیش سوراخ شده موجود در مهارها است (شکل ۹-۹ پ، ت و ث).

مهار انبساطی جهت ایجاد امکان جابجایی نسبی در راستای قائم بین نما و کف طبقات است. این جابجایی نسبی بر اثر انبساط و انقباض، خیز و خزش تیر سقف، جابجایی و تغییر شکل سقف در راستای قائم در اثر زلزله می‌باشد.



شکل ۹-۹ - جزئیات اتصال تیپ وادار به تیر پیرامونی

۹-۵-۲- اتصال ریل به وادار

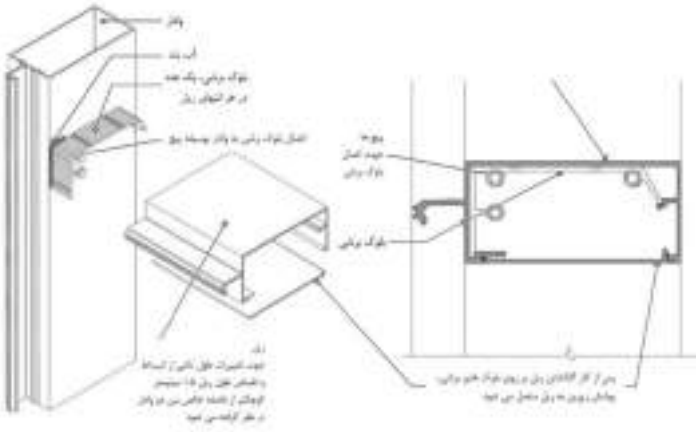
در این نوع نمای ساختمانی از روش‌های متفاوتی جهت اتصال ریل به وادار استفاده می‌شود. یک روش متداول این اتصال، استفاده از قطعات آلومینیومی (که به آن بلوک برشی گفته می‌شود) است که به وسیله پیچ به وادارها متصل می‌شوند. پس از نصب بلوک‌های برشی، ریل‌ها به این قطعات آلومنیومی چفت می‌شوند، به طوری که هر یک از بلوک‌های برشی در یک انتهای ریل قرار می‌گیرد (شکل ۹-۱۰). بنابراین هیچ مهاری بین ریل و بلوک برشی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. از آنجا که طول هر یک از ریل‌ها کوچک است (در حدود ۱٫۲-۱٫۸ متر)، در نتیجه فضای اندکی جهت جلوگیری از آسیب ناشی از انبساط و انقباض ریل یا جابجایی افقی داخل صفحه آن نیاز می‌باشد. به طور کلی طول ریل در حدود ۱٫۵ میلی‌متر از فاصله خالص بین دو وادار کمتر در نظر گرفته می‌شود.

۹-۶- نماهای پرده‌ای نصب شده از داخل و نصب شده از خارج ساختمان

یکی از عوامل تعیین‌کننده شکل مقاطع مورد استفاده در وادارها و ریل‌ها، نوع نمای شیشه‌ای از لحاظ نصب از خارج و یا نصب از داخل می‌باشد (شکل ۹-۱۰)

در روش نصب از خارج، پانل‌های شیشه دیوار، از خارج ساختمان به وسیله کارگرانی که بر روی داربست مستقر شده‌اند نصب می‌شوند. این روش نصب دارای کارایی لازم نمی‌باشد و علاوه بر آن به دلیل استفاده از داربست، پرهزینه نیز می‌باشد. به طور کلی این روش در سازه‌های کوتاه تا متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرد. پانل‌های شیشه در روش نصب از خارج به دو روش در جای خود مهار می‌شوند:

- به وسیله صفحه‌های فشاری نگهدارنده شیشه[1]
- آب‌بند سیلیکونی سازه‌ای که باعث چسباندن شیشه می‌شود[2]



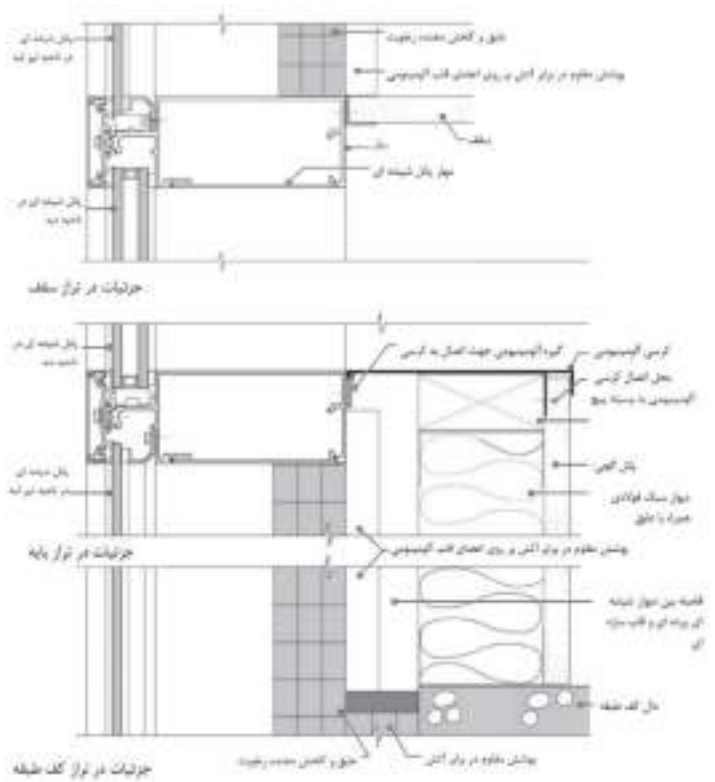
[1] pressure plate-captured glass
[2] structural silicone sealant-adhered glass

شکل ۹- ۱۰- اتصال متداول ریل به وادار در نماهای پرده‌ای شیشه‌ای

در روش نصب از داخل، پانل‌های شیشه‌ای به وسیله کارگرانی که در طبقات سازه مستقر شده‌اند نصب می‌شوند. این روش نسبت به روش نصب از خارج کارآمدتر است، چرا که نیازی به استفاده از داربست ندارد. مقطع عرضی ریل‌ها و وادارها در این روش بسیار پیچیده‌تر از روش نصب از خارج می‌باشند. این روش در سازه‌های بلند مرتبه انتخاب مناسبی است.

۹-۶-۱- جزئیات نماهای پرده‌ای شیشه‌ای در ساختمان‌های مرتفع

شکل ۹-۱۱ جزئیات متداول نمای شیشه‌ای (نصب از خارج) را در ساختمان‌های مرتفع در ترازهای کف طبقات، سقف طبقات و آستانه پنجره نمایش می‌دهد. در آستانه پنجره، یک قطعه آلومینیومی قرار دارد که سطح تمام شده داخلی را شامل می‌شود. این قطعه آلومینیومی از یک طرف به تیر پیرامونی که به ریل متصل است، چفت می‌شود و از طرف دیگر به المان نگهدارنده متصل می‌شود. معمولاً از شیشه‌های مقاوم در برابر حرارت در ناحیه تیرهای پیرامونی سازه استفاده می‌شود. نماهای پرده‌ای مقاوم در برابر حریق باید از نفوذ دود و آتش از طبقه‌ای به طبقه دیگر جلوگیری کنند. برای این منظور از پشم معدنی نیمه صلب[1] که با فشار در داخل فضای بین دیوار پرده‌ای و تیر پیرامونی جا داده شده است استفاده می‌شود. برای حصول نفوذ ناپذیری کامل این لایه، آب‌بندهای مقاوم در برابر آتش مورد استفاده قرار می‌گیرند. این جزئیات در شکل ۹-۱۱ نمایش داده شده است.



[1] Semi rigid mineral wool

شکل ۹- ۱۱- جزئیات نمای پرده‌ای نصب شده از خارج ساختمان در تراز کف طبقه، پایه و سقف

۹-۷- نماهای پرده‌ای شیشه‌ای یکپارچه

در نماهای پرده‌ای شیشه‌ای یکپارچه قطعات پیش‌ساخته نما که بر روی آن‌ها شیشه‌ها نصب شده است، جهت اتصال به سازه، به محل پروژه حمل می‌شوند. در این نوع نما، به جای استفاده از وادارها و ریل‌ها، قطعات نما به صورت تک تک در کنار یکدیگر قرار گرفته و نما شیشه‌ای را تشکیل می‌دهند. شکل ۹-۱۲ مراحل نصب نماهای شیشه‌ای یکپارچه به سازه را نمایش می‌دهد.

قطعات نما طوری طراحی می‌شوند که با قطعات مجاور در وادارها و با قطعات بالا و پایین در ریل‌ها جفت شوند. ریل بالایی قطعه پایینی به ریل پایینی قطعه بالایی متصل می‌شود. همانطور که در (شکل ۹- ۱۲) نشان داده شده است قطعات اتصال تعبیه شده در ریل بالایی قطعه زیرین، در فضای خالی تعبیه شده در ریل پایینی قطعه فوقانی به طور کامل چفت می‌شود. این جزئیات باید برای مقاومت در برابر بار جانبی طراحی شود و مشابه جزئیات به کار رفته در نماهای ساخت درجا می‌باشد. مقاومت قطعات دیوار در برابر بار ثقلی به وسیله مهارهایی که به کف طبقات متصل است، حاصل می‌شود (شکل ۹-۱۲). دو قطعه مجاور نما جهت انتقال بار ثقلی از یک مهار استفاده می‌کنند.

شکل ۹-۱۲- مراحل نصب نمای پرده‌ای یکپارچه

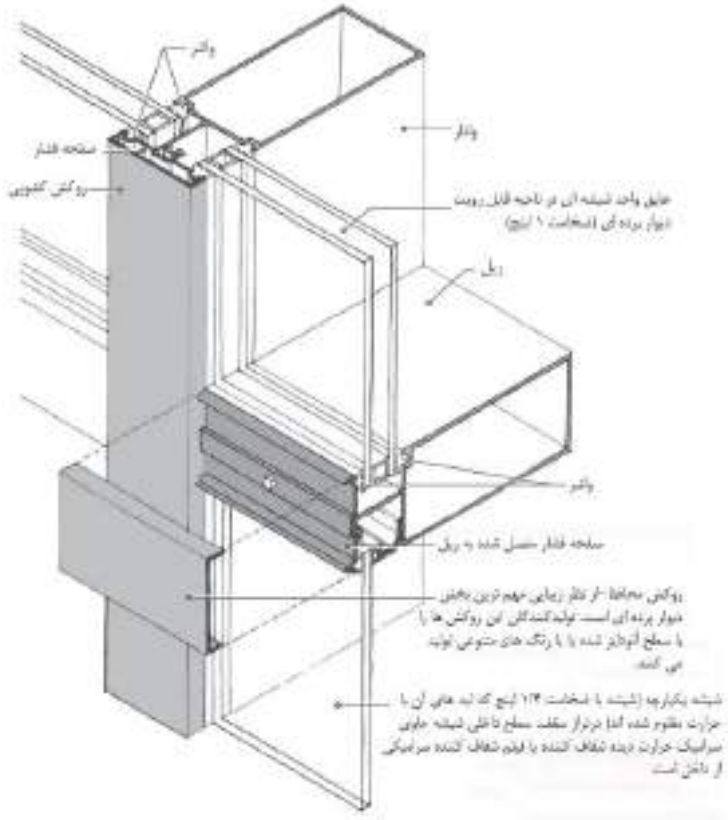
۹-۸-نماهای شیشه‌ای نصب شده از خارج ساختمان (به وسیله صفحه‌های فشاری نگهدارنده شیشه)

در نماهای پرده‌ای نصب شده از خارج، شیشه توسط صفحات فشار افقی و عمودی که با پیچ به وادارها و ریل‌ها متصل شده‌اند، نگه داشته می‌شود. قطعه‌ای پلاستیکی بین صفحه فشار و وادار (یا ریل) نصب می‌شود که به عنوان جداکننده حرارتی عمل می‌کند. در مرحله آخر صفحه تحت فشار با روکش محافظ[1] پوشانده می‌شود (شکل ۹-۱۳). از آنجا که این روکش‌ها تنها بخشی از قاب نمای پرده‌ای است که از خارج قابل مشاهده است، بنابراین تأثیر زیادی بر ظاهر نمای پرده‌ای دارد (شکل ۹-۱۴).

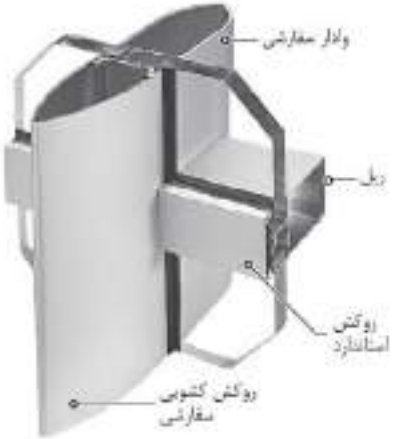
واشرهای خارجی و داخلی باید از نشت آب از طریق نما جلوگیری کنند. با این حال، یک سیستم نمای پرده‌ای باید شامل محل‌هایی برای زه‌کشی باشد که در آن محل‌ها، آب از واشر به خارج هدایت شود. این عمل از طریق سوراخ‌های زه‌کش

[1] snap-on covers

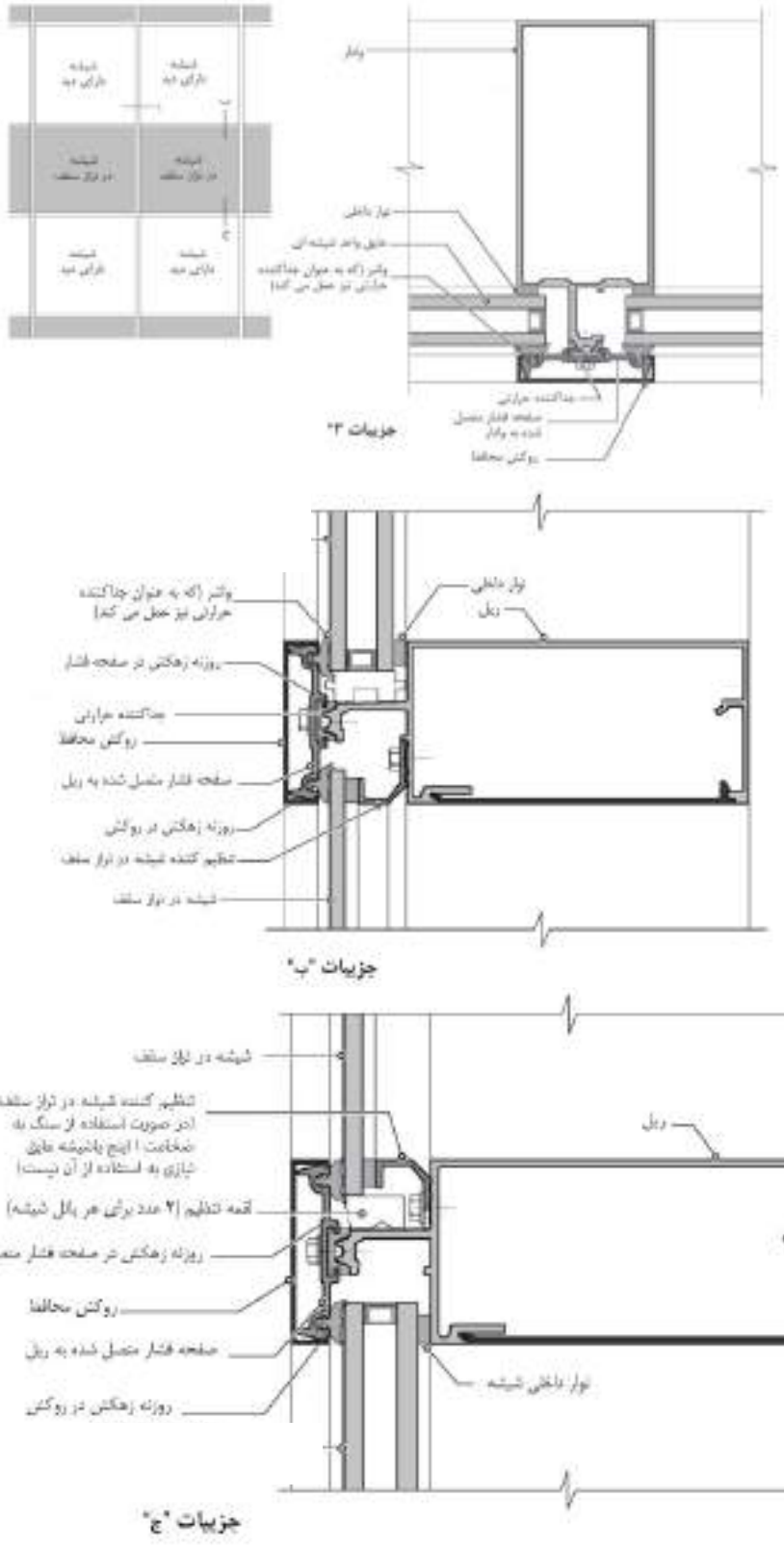
واقع شده در صفحات فشار و روکش‌ها انجام می‌شود. بنابراین، در یک نمای پرده‌ای، هر پانل شیشه‌ای به طور مستقل زه‌کشی می‌شود. شکل ۹-۱۵ انواع مقاطع صفحه‌های فشاری نگهدارنده شیشه را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۱۳- نمای پرده‌ای شیشه‌ای نصب شده از خارج (صفحه تحت فشار نگهدارنده شیشه)



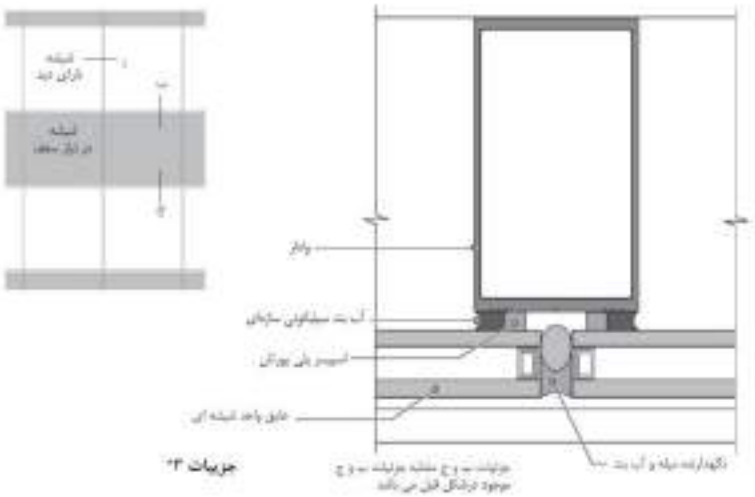
شکل ۹-۱۴- روکش و وادار سفارشی برای نمای پرده‌ای شیشه‌ای با شیشه نصب شده از خارج



شکل ۹-۱۵- انواع جزئیات نمای پرده‌ای شیشه‌ای با شیشه نصب شده از خارج (صفحه فشار نگدارنده شیشه)

۹-۹-نماهای شیشه‌ای نصب شده از خارج ساختمان (شیشه چسبانده شده با آب‌بند سیلیکونی سازه‌ای)

نوع دیگر نمای پرده‌ای نصب شده از خارج ساختمان، نمای شیشه‌ای است که در آن، شیشه توسط آب‌بند سیلیکونی سازه‌ای در جای خود نگه داشته می‌شود. در این نوع سیستم، لبه‌های عمودی پانل شیشه با قطعات آب‌بند سیلیکونی سازه‌ای به وادارها چسبانده می‌شوند. وادارهای موجود در این دیوار شبیه وادارهای دیوارهای پرده‌ای نصب شده از خارج ساختمان اما بدون وادار نما[1] هستند. لبه‌های افقی شیشه بر روی ریل‌ها قرار گرفته و از طریق صفحات فشار استاندارد مهار می‌شوند (شکل ۹-۱۶). عدم وجود صفحات فشار قائم در این سیستم، افقی بودن روکش‌ها را مهم‌تر می‌کند.



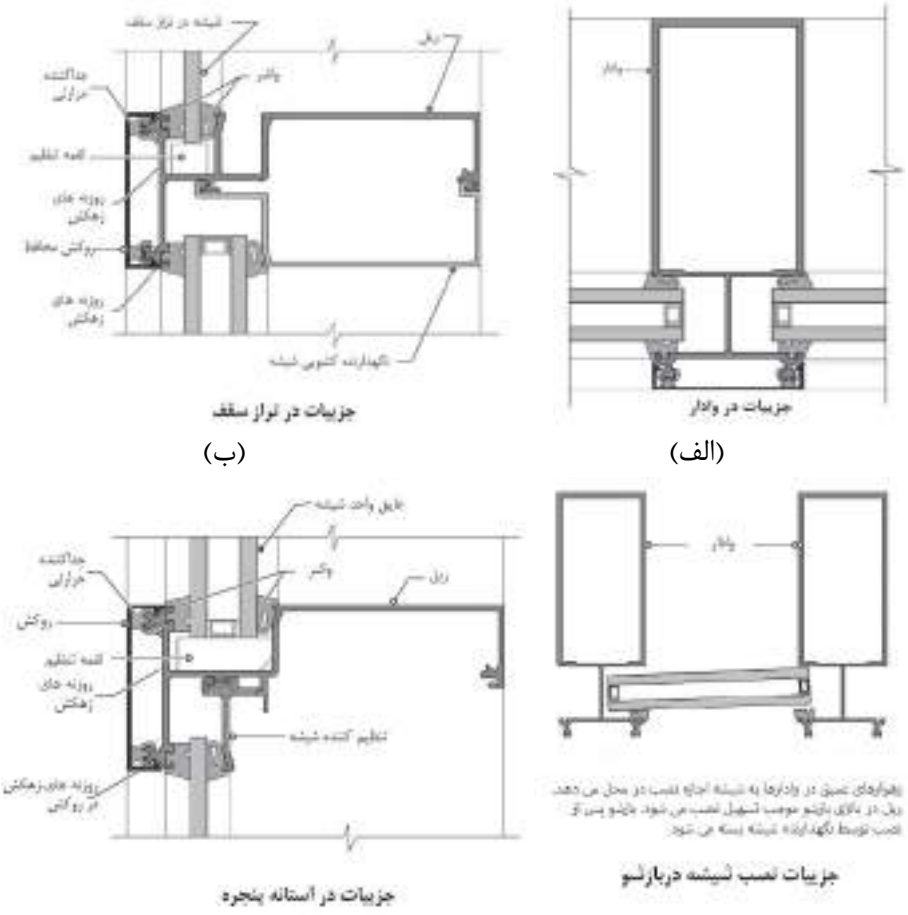
شکل ۹-۱۶ جزئیات نمای پرده‌ای شیشه‌ای با شیشه نصب شده از خارج (آب‌بند سیلیکونی سازه‌ای چسبیده به شیشه)

۹-۱۰-نماهای شیشه‌ای نصب شده از داخل ساختمان

در نماهای شیشه‌ای نصب شده از داخل ساختمان، از صفحات فشار استفاده نمی‌شود. بنابراین مقاطع آلومینیومی نمای پرده‌ای با موارد استفاده شده برای نماهای شیشه‌ای نصب شده از خارج ساختمان متفاوت است. این مقاطع شامل زهوار[2] در وادار و ریل پایین در هر بازشو هستند. ریل بالایی بازشو باز بوده و فاقد زهوار است. باز بودن باعث می‌شود تا شیشه در بازشو قرار گیرد. پس از قرار گرفتن شیشه، یک نگهدارنده کشویی شیشه[3] بر روی ریل بالای دهانه از داخل قرار می‌گیرد که شیشه را در دهانه محکم می‌کند (شکل ۹-۱۷-ب).

[1] mullion nose
[2] glazing pockets
[3] glazing stop is snapped on

(شکل ۹-۱۷-ج) یک پلان از روند قرار دادن شیشه را نشان می‌دهد. سایر جزئیات نمای شیشه‌ای نصب شده از داخل در (شکل ۹-۱۷-الف) و (شکل ۹-۱۷-د) نشان داده شده است. نکته مهمی که باید به آن توجه داشت این است که در نمای شیشه‌ای نصب شده از داخل، پوشش‌های ریل و وادار باید قبل از قرار دادن شیشه نصب شوند.



شکل ۹-۱۷- جزئیات دیوار پرده‌ای شیشه‌ای با شیشه نصب شده از داخل

۹-۱۱- نماهای شیشه‌ای نامتعارف

در این سیستم‌ها از مقاطع آلومینیومی استفاده نمی‌شود و متداول‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- نمای شیشه‌ای مهار شده با خرپاهای کابلی[1]
- نمای شیشه‌ای مهار شده با کابل پیش‌کشیده[2]

[1] Glass wall supported by cable trusses
[2] Glass wall supported by a pretensioned cable net

• نمای شیشه‌ای دو لایه[1]

۹-۱۱-۱-نمای شیشه‌ای مهار شده با خرپاهای کابلی

یک نسخه پیچیده و منحصر به فرد از نمای شیشه‌ای با هزینه زیاد، نمای شیشه‌ای بدون وادار است. در این سیستم، هر پانل شیشه‌ای توسط اتصالات عنکبوتی از جنس فولاد ضد زنگ در چهار گوشه در جای خود قرار می‌گیرند. اتصالات توسط یک خرپای افقی متشکل از کابل‌های کششی از جنس فولاد ضد زنگ و پایه‌های فشاری نگه داشته می‌شوند. تعداد زیادی از این خرپاها در قاب‌های فولادی عمودی مهار می‌شوند (شکل ۹-۱۸). فقط آب‌بندهای سیلیکونی الاستومری یک پانل شیشه‌ای را از شیشه‌های مجاور آن جدا می‌کند.

در این سیستم از سازه پشتیبان در دو جهت (شامل المان‌های عمودی و افقی) استفاده می‌شود. المان‌های افقی سازه پشتیبان شامل خرپاهای با کابل‌های کششی و پایه‌های نگهدارنده فشاری هستند. المان‌های عمودی شامل خرپاهای ساخته شده با لوله‌های فولادی می‌باشند. شیشه توسط اتصال عنکبوتی که به پایه‌های فشاری متصل‌اند نگه‌داشته می‌شود.

شکل ۹-۱۸- جزئیات نمای پرده‌ای شیشه‌ای با شیشه نصب شده از داخل

۹-۱۱-۲- نمای شیشه‌ای مهار شده با کابل پیش‌کشیده

در این سیستم نمای شیشه‌ای از شبکه‌ای از کابل‌های پیش‌کشیده به عنوان تکیه‌گاه شیشه استفاده می‌شود.

نمای شیشه‌ای مهار شده با کابل پیش‌کشیده، از شبکه کابل‌های فولاد ضد زنگ پیش کشیده (تقریباً به قطر ۲۵ میلی‌متر) که در دو جهت افقی و عمودی کشیده شده‌اند، تشکیل شده است. کابل‌های عمودی بین بالا و پایین بازشو (معمولاً بین تیرهای تراز سقف در بالا و پایین طبقه) کشیده می‌شوند. کابل‌های افقی بین دو طرف بازشو (معمولاً بین ستون‌ها یا دیواره‌های نگهدارنده ساختمان) کشیده می‌شوند.

---

[1] Double-skin glass walls

کابل‌های افقی و عمودی در محل‌های تقاطع از طریق اتصالات مخصوص فولاد ضد زنگ به هم متصل می‌شوند که به عنوان نقاطی برای متصل کردن شیشه به شبکه نیز عمل می‌کنند. یک اتصال رایج در شکل ۹-۱۵ نشان داده شده است. پانل‌های شیشه‌ای به طور کلی شامل واحدهای شیشه‌ای عایق و شیشه‌های لمینیت گرمادیده هستند. از آنجا که کابل‌ها تحت تنش بالایی قرار دارند، بار زیادی را به عناصر مرزی بازشو وارد می‌کنند - دو تیر تراز سقف و ستون‌ها (یا دیوارها) – که باید برای مقاومت در برابر این بار اضافی طراحی شوند.

شکل ۹-۱۹-اتصال رایج در نقطه تلاقی کابل ها (اتصال کابل‌ها را به یکدیگر متصل نگه داشته و تکیه گاه لازم برای شیشه را نیز فراهم می‌کند. گوشه‌های ۴ شیشه در هر اتصال به یکدیگر می‌رسند.

۹-۱۱-۳- نماهای شیشه‌ای دو پوسته

یکی دیگر از سیستم‌های جدید شیشه‌ای، سیستم نمای دو پوسته است که به آن نمای شیشه‌ای زیست اقلیمی[1] نیز گفته می‌شود. در این سیستم از دو نمای شیشه‌ای با فاصله ۰٫۳ تا ۱٫۵ متر استفاده می‌شود. هوای موجود در این فاصله به عنوان یک حائل بین دو پوسته عمل کرده و دمای هوای خارج را متعادل می‌کند و همچنین به عنوان یک فضا[2] برای سیستم تهویه ساختمان عمل می‌کند. لایه خارجی می‌تواند شامل شیشه‌های هوشمند و محافظ در برابر خورشید باشد.
اگرچه مزیت اصلی سیستم دو لایه صرفه‌جویی در مصرف انرژی است، اما علاوه براین، این سیستم می‌تواند نفوذ آب، نفوذ هوا، آلودگی صوتی و... را به طور موثرتری کنترل کند.

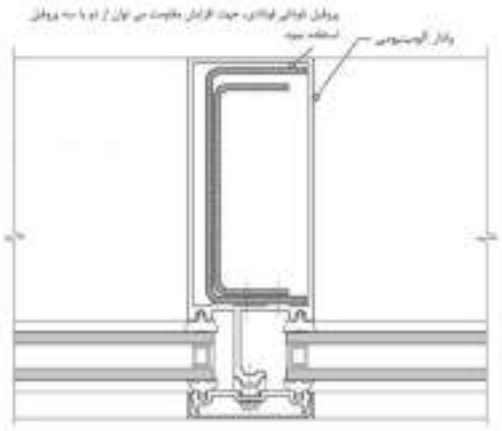
۹-۱۲- عملکرد سازه‌ای نمای دیوار پرده ای شیشه‌ای

مهمترین نیاز سازه‌ای نماهای شیشه‌ای، توانایی آنها در مقابله با بارهای جانبی (به طور خاص بار باد) و نیز ایستادگی در برابر ضربه اجسام خارجی که در هنگام وقوع تندبادها (در مناطق طوفان‌خیز) ممکن است به نمای پرده‌ای برخورد کنند، می‌باشد. مهارهای بار ثقلی نماهای شیشه‌ای که وزن نما را به سازه منتقل می‌کنند، باید برای تحمل بارهای لرزه‌ای و باد

[1] bioclimatic glass wall
[2] plenum

طراحی شوند. همچنین جزئیات خاصی جهت مقاومت نماهای پرده‌ای در برابر بارهای جانبی، ناشی از زلزله لازم است. برای تامین مقاومت کافی بهتر است از مقاطع فولادی در داخل وادارها استفاده شود (شکل ۹-۲۰). مقاطع فولادی و وادارها باید به یکدیگر به شکلی متصل می‌شوند که با صورت یک مقطع مرکب عمل کنند. به طور معمول مقاطع C یا I شکل به عنوان مقاطع قرار گرفته در وادارها استفاده می‌شود. مقاطع C شکل نسبت به مقاطع I شکل قابلیت جای‌گیری در کنار یکدیگر را دارند، به طوری که ممکن است در یک وادار به طور همزمان از ۲ یا ۳ مقطع C شکل استفاده شود. پروفیل‌های فولادی قرار گرفته در داخل وادارها باید برای جلوگیری از واکنش گالوانیک بین آلومینیوم و فولاد به طور کامل اندود شوند. به عنوان روش جایگزین، به جای قرار دادن مقطع فولادی در داخل وادارها، می‌توان وادارها را به یک عضو فولادی قاب سازه‌ای متصل نمود (شکل ۹-۲۱).

این روش معمولاً در نماهای پرده‌ای بلند، در هنگامی که وادارها دارای تکیه‌گاهی در وسط ارتفاع نباشند، استفاده می‌شود. این تکیه‌گاه‌ها مشابه تکیه‌گاه‌هایی است که در نماهای ساختمان‌های مرتفع توسط کف طبقات تأمین می‌شود.



شکل ۹-۲۰- افزایش مقاومت وادارها بوسیله مقاطع فولادی

شکل ۹-۲۱- نمای پرده‌ای بلند، جهت تامین مقاومت جانبی به قاب فولادی سازه متصل شده است

۹-۱۲-۱- مقاومت در برابر طوفان و مقاومت لرزه‌ای

با توجه به تجربیات موجود در مورد آسیب شدید وارده به نماهای پرده‌ای شیشه‌ای در اثر بادهای شدید و طوفان، نمای پرده‌ای شیشه‌ای باید در برابر ضربه اجسام خارجی[1] به ویژه در طبقات پایین ساختمان مقاوم باشد. علاوه براین نمای پرده‌ای شیشه‌ای در ساختمان‌های واقع در مناطق با خطر لرزه خیزی متوسط و بیشتر براساس استاندارد ۲۸۰۰ باید مقاومت کافی در برابر لرزش و جابجایی شیشه و حرکت افقی اجزای نما دارا باشد.

۹-۱۲-۲- حرکت حرارتی و سازه‌ای

اعضای قاب شیشه به دلیل تغییرات دما، منبسط و منقبض می‌شوند. جزییات اجرای نمای پرده‌ای شیشه‌ای باید به گونه‌ای باشد که انبساط و انقباض ایجاد شده درآن باعث ایجاد تنش در آن قاب نما نشود. انبساط و انقباض اتصالات در نمای پرده‌ای یکپارچه نیز باید در جزییات اجرایی در نظر گرفته شود.

۹-۱۲-۳- بار تجهیزات تمیز کننده شیشه

نماهای پرده‌ای بلند مرتبه به صورت دوره‌ای تمیز می‌شوند. این بدان معناست که در این نماها باید نقاط مهار از سقف تا جلوی نمای پرده‌ای برای نصب تجهیزات تمیزکاری در نظر گرفته شود. این مهارها بارهای نقطه‌ای را به نما اضافه می‌کنند.

[1] missile-impact resistant

۹-۱۳- ضوابط عملکرد محیطی برای دیوار پرده‌ای شیشه‌ای

عملکرد غیر سازه‌ای نمای پرده‌ای شیشه‌ای به اندازه عملکرد سازه‌ای آن مهم است. از جمله معیارهای مهم طراحی غیر سازه‌ای برای نمای پرده‌ای شیشه‌ای عبارتند از:

- کنترل نفوذ هوا
- کنترل نفوذ آب باران و آب مذاب
- مقدار U
- گرم شدن بر اثر گرمای خورشیدی
- مقاومت در برابر تقطیر

۹-۱۳-۱- کنترل نفوذ هوا

حداکثر نفوذ هوا از طریق نمای پرده‌ای شیشه‌ای تحت اختلاف فشار هوای داخل و خارج معادل با اختلاف فشار حاصل از باد با سرعت ۲۵ متر بر ساعت تا مقدار $0.3\ l/s/m^2$ (لیتر بر ثانیه به ازای هر مترمربع) مجاز است.

۹-۱۳-۲- کنترل نفوذ آب باران

سیستم نمای پرده‌ای شیشه‌ای باید به گونه‌ای طراحی شود که تحت اختلاف فشار هوای استاتیکی (بین داخل و خارج) برابر با ٪۲۰ بار فشاری باد طراحی براساس فصل سوم این دستورالعمل، در برابر آب نفوذناپذیر باشد.

کنترل نفوذ آب سیستم به روش‌های مختلفی انجام می‌شود که معمولاً شامل زه‌کشی مناسب در نازک‌کاری آلومینیوم و زهوارهای شیشه است. به عنوان مثال، در نمای پرده‌ای شیشه‌ای درجا، در صفحات فشار و پوشش‌های محافظ، سوراخ‌های زه‌کشی در نظر گرفته می‌شوند تا آب را به بیرون هدایت کنند.

۹-۱۳-۳- مقدار U، جذب گرمای خورشیدی و مقاومت در برابر تقطیر

این سه معیار به هم مرتبط، تابع نوع شیشه، نوع قاب آلومینیومی و فاصله مرکز تا مرکز اعضای قاب هستند. این مقادیر باید با مشورت مشاور تهویه مطبوع[1] مشخص شود.

[1] HVAC consultant

فصل دهم

الزامات طراحی و اجرای نمای بتنی پیش ساخته

۱۰-۱-مقدمه

پانل‌های بتنی پیش‌ساخته برای تمامی شرایط آب و هوایی مناسب و قابل اجرا می‌باشند. استفاده از پانل‌های پیش‌ساخته باعث حذف نیاز به نصب داربست و افزایش امنیت کارگران می‌شود. همچنین با توجه به اینکه این پانل‌ها در محل‌های سر بسته و با شرایط محیطی ثابت تولید می‌شوند، دارای کیفیت بالایی هستند. کاربرد پانل‌های بتنی پیش‌ساخته در ساختمان‌های با ارتفاع متوسط تا بلند، توصیه می‌شود (شکل ۱۰-۱).

شکل ۱۰-۱- نمای ساختمان ساخته شده با پانل‌های بتنی پیش‌ساخته

به علت امکان ایجاد رویه‌ها و شکل‌های ظاهری مختلف با استفاده از شکل قالب‌های مختلف و بتن‌های رنگی، تنوع زیادی در طراحی این نوع نما می‌توان ایجاد کرد (شکل ۱۰-۲).

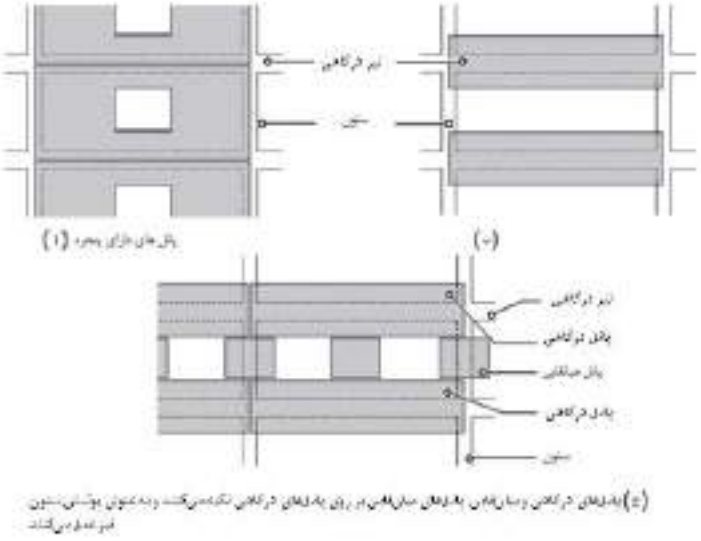
الف ب ج

شکل ۱۰-۲ الف- پانل بتنی پیش‌ساخته با جزئیات سطح صیقلی ب-پانل‌های بتنی پیش‌ساخته با سطح سمباده‌ای کم و متوسط ج- پانل بتنی با رویه سنگدانه نمایان

۱۰-۲- شکل و اندازه پانل‌ها

از نکات مهم و تاثیرگذار بر طراحی پانل‌ها، اندازه، شکل و عملکرد هریک از آنها می‌باشد. انواع پانل‌ها شامل پانل‌های دارای در یا پنجره، پانل‌های درگاهی و پانل‌های فاقد بازشو می‌باشند (شکل ۱۰-۳). ارتفاع پانل‌ها باید به اندازه ارتفاع یک طبقه باشد.

معمولاً پانل‌های بتنی پیش‌ساخته تا حد ممکن بزرگ ساخته می‌شوند و عوامل محدودکننده اندازه آن‌ها، ظرفیت جرثقیل‌ها جهت نصب و محدودیت‌های موجود در حمل و نقل پانل‌ها است



شکل ۱۰-۳- نمونه‌هایی از انواع اشکال پانل‌های بتنی پیش‌ساخته

به دلایل سازه‌ای معمولاً هر پانل به اندازه دهانه‌های بین ستون‌های ساختمان ساخته و نصب می‌شوند. هرچه اندازه پانل‌ها کوچک‌تر باشد تعداد پانل به کار رفته و اتصالات بیشتر و مدت زمان نصب آن طولانی‌تر است و در نتیجه هزینه‌ها افزایش می‌یابد.

۱۰-۳-مقاومت بتن

پانل‌های بتنی پیش‌ساخته پس از بتن‌ریزی در قالب، در اولین فرصت پس از شکل گرفتن، از قالب درآورده می‌شوند تا امکان استفاده از قالب‌ها به سرعت فراهم شود. بنابراین مقاومت ۲۸ روزه بتن باید به حد کافی بالا باشد تا هنگامی که قطعه از قالب در آورده می‌شود قادر به تحمل تنش‌هایی که در حین باز کردن قالب‌ها و انجام عملیات حمل و نقل به بتن وارد می‌شود، باشد.

مقاومت بتن پانل‌ها به شرایط استفاده از این نوع نما شامل دوام مورد نیاز و شکل و اندازه پانل‌ها نیز وابسته است. بتنی که در پانل‌های پیش ساخته به کار می‌رود باید حداقل دارای مقاومت ۲۸ روزه‌ای معادل MPa ۳۰ باشد. این مقاومت باعث می‌شود که بتن با دوام‌تر و در برابر نفوذ آب مقاوم‌تر شده و همچنین عملکرد پانل‌ها را بالا می‌برد. به عبارت دیگر پانل‌ها در برابر تنش‌های ایجاد شده ناشی از بارهای اعمالی به سازه، حرکات ساختمان و تغییرات حجمی ناشی از تغییرات دما، خزش و جمع‌شدگی عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهند.

به دلیل زیبایی ساختمان و مسائل اقتصادی، در تهیه بتن تشکیل‌دهنده پانل‌ها، دو طرح اختلاط مختلف که یکی برای پشت پانل‌ها (که بخش سازه‌ای محسوب می‌شود) و دیگری جهت بخش رویی (که از نظر زیبایی مهم تر است) مورد

استفاده قرار می‌گیرد. در این شرایط باید ضرایب انبساط و انقباض هر دو بخش با هم برابر باشند تا از ایجاد اعوجاج و ناهمگونی در پانل‌ها جلوگیری شود، به عبارت دیگر مقاومت، اسلامپ و نسبت آب به سیمان هر دو طرح تقریباً باید نزدیک به هم باشد.

در تهیه پانل‌ها، قالب‌ها به گونه‌ای هستند که ابتدا بتن رویه و پس از آن بتن سازه‌ای ریخته می‌شود. ضخامت بتن رویه بستگی به اندازه دانه‌های به کار رفته در بتن دارد ولی در کل نباید از ۲/۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

۱۰-۴- ضخامت پانل

در تعیین ضخامت پانل‌ها معمولاً تنش‌های ناشی از جابجایی و نصب نقش مهم‌تری نسبت به تنش‌های ناشی از بارهای بهره‌برداری دارند. با توجه به شبکه آرماتور مورد استفاده و پوشش بتن مورد نیاز، ضخامت سازه‌ای پانل حداقل ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. با توجه به ضخامت بتن رویه که برای زیبایی ریخته می‌شود، ضخامت کل پانل نباید از ۱۲/۵ سانتی‌متر کمتر باشد.

از آنجایی‌که ابعاد پانل‌ها معمولاً حداکثر ممکن انتخاب می‌شود، حداقل ضخامت کل ۱۵ سانتی‌متر برای پانل‌ها توصیه می‌شود. پانل با ضخامت بیشتر نه تنها مقاوم‌تر است بلکه بادوام‌تر در برابر نفوذ آب و آتش‌سوزی نیز می‌باشد. ضخامت بیشتر همچنین باعث افزایش ظرفیت جذب حرارتی توسط پانل می‌شود.

۱۰-۵- اتصال پانل‌های بتنی پیش ساخته به سازه

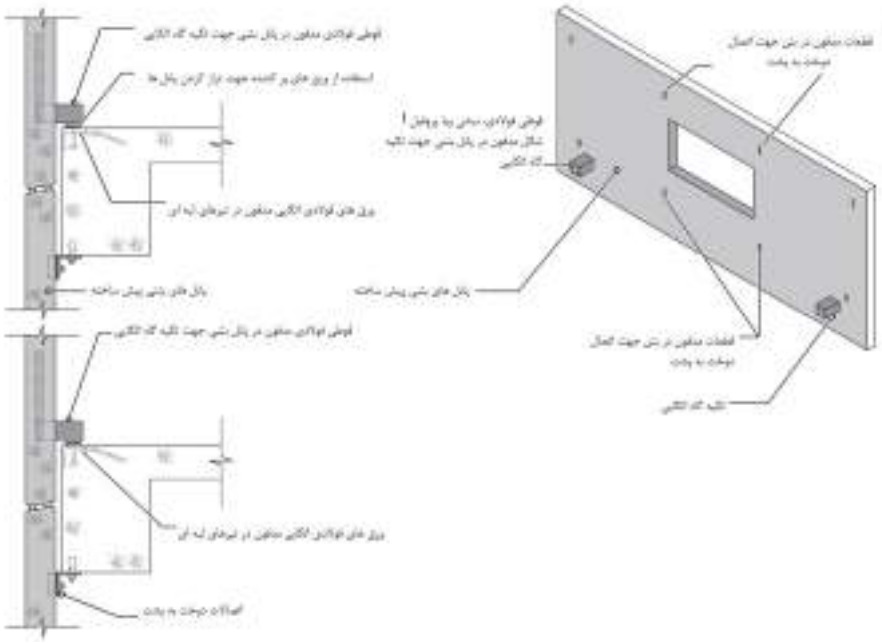
اتصالات پانل‌های بتنی به ساختمان‌ها جز حساس‌ترین موضوعات در پروژه‌های اجرای نماهای بتنی پیش‌ساخته می‌باشد.

برای هر پانل دو نوع اتصال به کار می‌رود:

۱- اتصال جهت انتقال بار ثقلی

۲- اتصال جهت انتقال بار جانبی

برای هر پانل دو اتصال برای بار ثقلی کافی است که تکیه‌گاه اتکایی نامیده می‌شوند و معمولاً سعی می‌شود تا جایی که ممکن است، نزدیک به ستون پیش‌بینی شوند. اتصالات مربوط به بار جانبی که دوخت به پشت نامیده می‌شوند، معمولاً بسته به نیاز سازه‌ای برای هر پانل به تعداد دو عدد و یا بیشتر پیش‌بینی می‌شوند (شکل ۱۰-۴).



شکل ۱۰-۴- تیپ اتصالات تکیه‌گاهی یک پانل بتنی پیش‌ساخته

۱۰-۵-۱ تکیه‌گاه‌ها بار ثقلی (اتکایی)

رایج‌ترین اتصال اتکایی برای پانل‌های پیش‌ساخته با توجه به هم ارتفاعی آنها با یک طبقه از ساختمان، یک قطعه فولادی قوطی شکل است که بخشی از آن داخل پانل جای می‌گیرد و بخشی از آن که بیرون از پانل قرار می‌گیرد بر روی ورق‌های فولادی اتکایی (نبشی فولادی) که در لبه‌های تیرهای پیرامونی جاسازی شده است می‌نشیند. به دلیل خطاهای ساخت، در سازه یا در پانل‌های بتنی، اغلب در محل اتصال پانل بتنی به تیرهای پیرامونی از ورق‌های پرکننده استفاده می‌شود.

پس از تراز کردن پانل‌ها، تکیه‌گاه‌های اتکایی به ورق‌های اتکایی جوش داده می‌شوند. سیستم تکیه‌گاه‌های اتکایی به گونه‌ای است که پانل به راحتی در صفحه خود قادر به حرکت است و تحت تاثیر تنش‌های ناشی از تغییرات حرارت، خزش و انقباض (بتن) قرار نمی‌گیرد.

گاهی به جای استفاده از ورق‌های پرکننده، در محل تکیه‌گاه‌های اتکایی از پیچ‌های تنظیم استفاده می‌شود، (شکل ۱۰-۵). در تکیه‌گاه‌های اتکایی به جای پروفیل قوطی، می‌توان از نبشی فولادی یا پروفیل I شکل نیز استفاده کرد (شکل ۱۰-۶).

شکل ۱۰-۵- پروفیل قوطی شکل به عنوان تکیه‌گاه اتکایی و پیچ تنظیم ارتفاع

شکل ۱۰-۶- نمونه‌هایی از عناوین تکیه‌گاه اتکایی در پانل‌های بتنی پیش ساخته

۱۰-۵-۲- دوخت به پشت (اتصال بار جانبی)

اتصال دوخت به پشت برای تحمل بارهای افقی که از طریق باد یا زلزله به پانل وارد می‌شود طراحی می‌شود. بنابراین این اتصال باید قادر به تحمل تنش‌های کششی و فشاری عمود بر صفحه پانل باشد. اتصالات دوخت به پشت باید به شکلی طراحی شود که به پانل اجازه حرکت در صفحه خود را بدهد. از طرفی اتصال باید به گونه‌ای باشد که در هنگام نصب در سه جهت اصلی قابلیت تنظیم‌شدن را داشته باشد. در شکل‌های ۱۰-۷ و ۱۰-۸ نمونه‌هایی از اتصال دوخت به پشت متداول نشان داده شده است.

شکل ۱۰-۷- نمونه‌ای از اتصال دوخت به پشت

شکل ۱۰-۸- تیپ اتصالات دوخت به پشت که در سه جهت قابل تنظیم می‌باشند

۱۰-۵-۳ پانل‌ها و سازه‌های شامل قاب فولادی

دیوارهای پانلی پیش‌ساخته، به علت بارگذاری خارج از مرکز بر روی تیرهای محیطی، باعث ایجاد پیچش در این تیرها می‌شوند. به علت مقاومت پیچشی پایین تیرهای فولادی (I شکل) پانل‌های پیش‌ساخته در قاب‌های سازه‌ای فولادی، این مسأله باید در طراحی تیرهای لبه لحاظ گردد.

۱۰-۵-۴- فاصله آزاد پانل‌ها از قاب سازه‌ای

حداقل فاصله آزاد افقی بین پانل‌های پیش‌ساخته و قاب سازه‌ای ساختمان ۵ سانتی‌متر است.

۱۰-۶- نمای ظاهری پانل‌های پیش‌ساخته

۱۰-۶-۱- دیوارهای پانلی بتنی پیش‌ساخته با لایه پوششی آجر

می‌توان رویه خارجی پانل‌های بتنی پیش ساخته را در هنگام ساخت با لایه نازکی از آجر پوشش داد. بدین منظور معمولا آجرهایی با ضخامت ۲ الی ۲/۵ سانتی‌متر استفاده می‌شود. این آجرها در شکل‌های مختلفی موجود هستند. برای این کار ابتدا آجرها را کف قالب چیده و سپس بتن بر روی آنها در داخل قالب ریخته می‌شود. جهت جلوگیری از جابجایی آجرها در حین انجام عملیات از یک لایه پلاستیکی که محل آجرها در آن مشخص است استفاده شده و آجرها را بر روی آن قرار می‌دهند. لایه پلاستیکی آجرها را در یک ردیف نگه داشته و به بتن اجازه پرکردن درزها را می‌دهد به طوری که مشابه ملات بین آجرها به نظر رسد.

در صورتی که پانل‌ها با دقت بالایی طراحی و ساخته شوند، تفاوت بارزی بین این دسته از پانل‌ها و دیوارهای آجر کاری ساخته شده در محل وجود نخواهد داشت.

به دلیل اینکه آجرهای رسی با جذب رطوبت موجود در هوا منبسط می‌شوند، آجرهای نازک را قبل از استفاده باید در کارگاه تولید پانل‌های پیش‌ساخته، جهت خشک شدن نگهداری کنند. این کار باعث می‌شود تا ناسازگاری ذاتی آجر با بتن را که در هنگام خشک شدن دچار انقباض می‌شود، کاهش یابد.

در دیوارهای پانلی بتنی، اتصال بین بتن و آجر اهمیت بالایی دارد. رویه پشتی آجرها باید شیاردار و دندانه‌ای بوده یا با استفاده از اتصال دم چلچله‌ای به پانل متصل شوند تا چسبندگی کافی داشته باشند.

۱۰-۶-۲- دیوارهای پانلی بتنی پیش ساخته با رویه پوششی سنگی

نمای دیوارهای پانل بتنی پیش‌ساخته می‌تواند به وسیله رویه سنگ (طبیعی) پوشانده شوند. ضخامت نما بسته به نوع سنگ و ابعاد قطعات نما تغییر می‌کند. مساحت هر یک از قطعات سنگ نمای گرانیتی به $۲/۲۵\ m^۲$ و در سنگ‌های مرمر و سنگ آهک به $۱/۳۵\ m^۲$ محدود می‌شود. بنابراین هر یک از پانل‌های بتنی پیش‌ساخته به وسیله تعدادی قطعات سنگ نما که به آن متصل شده است، پوشانده می‌شوند.

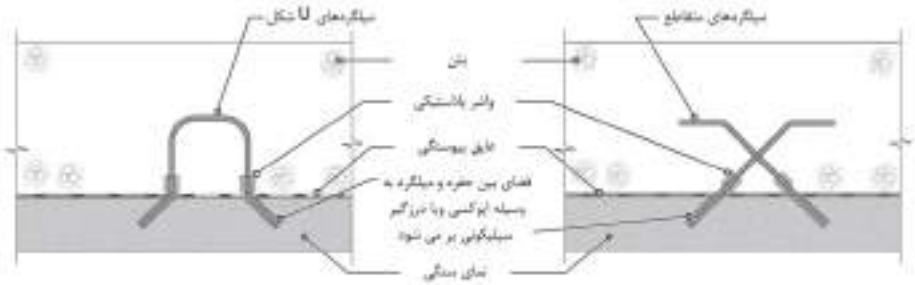
سنگ نما باید با استفاده از میلگردهای ضد زنگ انعطاف‌پذیر فولادی به پانل بتنی دوخته (متصل) شود. قطر این میلگردها بسته به ابعاد سنگ، باید براساس طراحی تعیین شود. این میلگردها به دو شکل U شکل و ضربدری به کار می‌روند (شکل ۱۰-۹). میلگردها در حفره‌هایی که در سنگ ایجاد می‌شود قرار می‌گیرند. قطر این حفره‌ها در حدود ۲ تا ۳ میلی‌متر بزرگتر از قطر خود میلگردها است و بوسیله اپوکسی یا درزگیر سیلیکونی زودگیر الاستیک، پر می‌شوند. سوراخ‌هایی که در هنگام ساخت پر نشده باشند، عامل نفوذ آب به داخل نما بوده و باعث لکه‌دار شدن و آسیب‌های احتمالی ناشی از یخ زدگی و ذوب‌شدگی آب در نما می‌شوند.

به دلیل انعطاف‌پذیر بودن میلگردها، امکان حرکت نسبی بین دیوار پشتیبان و نما وجود دارد. برای افزایش انعطاف‌پذیری میلگردها از واشرهای پلاستیکی در وجه مشترک نما و دیوار پشتیبان استفاده می‌شود.

عمق قرارگیری مهار میلگرد در داخل پانل بتنی تا حدود نصف ضخامت آن است. بسته به نوع سنگ و بارهای وارده به پانل، عمق قرارگیری مهار میلگرد در داخل پانل بتنی متفاوت است.

بین نمای سنگی و دیوار پشتیبان بتنی نباید چسبندگی وجود داشته باشد چراکه باعث اعوجاج و ترک خوردگی نما می‌شود. برای جلوگیری از ایجاد چسبندگی از ورقه‌های پلی اتیلنی به ضخامت ۱٫۵ تا ۲٫۵ میلی‌متر یا فوم پلی‌اتیلنی قابل تراکم به ضخامت ۳ تا ۶ میلی‌متر استفاده می‌شود. معمولاً استفاده از تخته‌های فومی رایج‌تر است، زیرا به دیوار پشتیبان همراه با نمای سنگی ناصاف قابلیت حرکت بهتری می‌دهد.

پانل‌های بتنی پیش ساخته ممکن است به وسیله نمای سنگی بطور کامل پوشانده شوند و یا تنها در بخش‌هایی از پانل از پوشش سنگی استفاده شود.

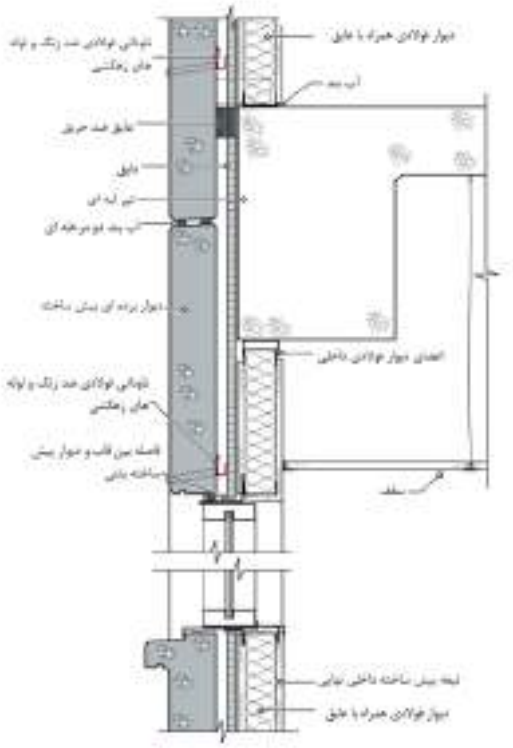


شکل ۱۰-۹- دو نوع متداول اتصالات

۱۰-۷-نمای بتنی پیش‌ساخته دارای قاب فولادی

در پانل‌های بتنی پیش‌ساخته دارای قاب از یک قاب فولادی LSF که در پشت آنها قرار دارد استفاده می‌شود. قاب فولادی، به علت امکان پرکردن فضای داخل آن با مصالح عایق، نقش عایق را نیز ایفا می‌کند و علاوه بر این فضایی جهت عبور کابل‌های برق و سایر تدسیسات نیز فراهم می‌کند. از آنجایی که این دیوار LSF در معرض بارهای ناشی از باد قرار ندارد کافیست که این دیوار فقط برای بارهای جانبی وارده از طرف داخل ساختمان و نیروی زلزله وارده بر وزن خود قطعه طراحی شود. در نتیجه قاب فولادی سبک برای این منظور پاسخگو خواهد بود.

شکل ۱۰-۱۰ تصویری از جزئیات یک نمای بتنی پیش‌ساخته دارای قاب فولادی را نشان می‌دهد. در صورت لزوم فاصله بین پانل و قاب فولادی را می‌توان به وسیله عایق‌های سخت پر نمود.

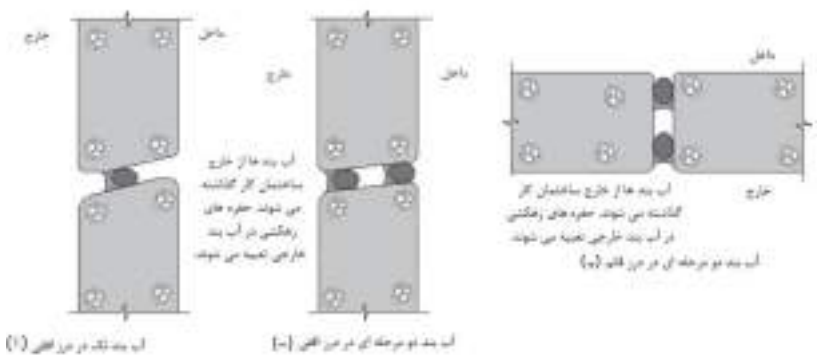


شکل ۱۰-۱۰ جزئیات شماتیک نماهای بتنی پیش ساخته دارای قاب فولادی

۱۰-۷-۱- کنترل نفوذ آب و درزهای بین پانل‌ها

دیوارهای بتنی در برابر نفوذ آب مقاوم می‌باشند. بنابراین نیازمند کنترل و نگهداری در برابر نفوذ آب نمی‌باشند. باید توجه داشت که درزهای بین پانل‌ها باید به وسیله میله‌های پشتیبان و درزگیرها پوشانده و عایق‌بندی شوند.

حداقل عرض درز بین پانل‌ها معمولاً ۲٫۵ سانتی‌متر پیشنهاد می‌شود. بهتر است از درزگیرهای با سیستم دو مرحله‌ای استفاده شود که شامل ترکیبی از یک جفت میله پشتیبان و درزگیر است. یکی از میله‌های پشتیبان و درزگیر در سطح خارجی محل درز و دیگری در سطح داخلی آن قرار داده می‌شود (شکل ۱۰-۱۱).



شکل ۱۰-۱۱ نحوه اتصال و عایق بندی دیوارهای بتنی پیش ساخته

درزگیر بیرونی عایق آب و هوا بوده و دارای حفره‌های زه‌کش می‌باشد. درزگیر داخلی پیوسته، بدون هیچ بازشو و عایق هوا می‌باشد. عایق هوا باید پیوسته بوده و کل درز بین پانل‌ها را بپوشاند و از محل اتصال پانل‌ها نیز عبور نماید.

هر دو درزگیر داخلی و خارجی باید از بیرون اجرا شوند تا بین تیرهای محیطی و دال‌های طبقات ناپیوستگی به وجود نیاید. برای این کار نیازمند غلتک‌های میله‌ای عمیق می‌باشد تا میله پشتیبان را تا عمق زیادی داخل درز فرو برده و ماده درزگیر تزریق شود.

در کنار درزهای عایق‌بندی شده، دیوار پانل بتنی پیش‌ساخته باید به ناودانی‌های فولادی ضد زنگ و لوله‌های زه‌کش جهت جمع‌آوری و خارج‌کردن آب‌هایی که ممکن است در پشت پانل‌ها جمع شود، مجهز شوند.

استفاده از درزگیرهای تک مرحله‌ای در صورت عدم امکان نصب درزگیر دو مرحله‌ای مجاز است.

۱۰-۷ -۲ پانل‌های دارای عایق (ساندویچ پانل‌های بتنی)

در مناطق سردسیر، می‌توان از عایق‌های سخت در بین دو لایه از بتن در ماهای بتنی پیش‌ساخته استفاده نمود. پانل‌های ساندویچی از دو بخش لایه بتن داخلی و خارجی تشکیل شده است. در این پانل‌ها هر دو لایه به وسیله مهار از داخل لایه فومی پلاستیکی به یکدیگر متصل می‌شوند.

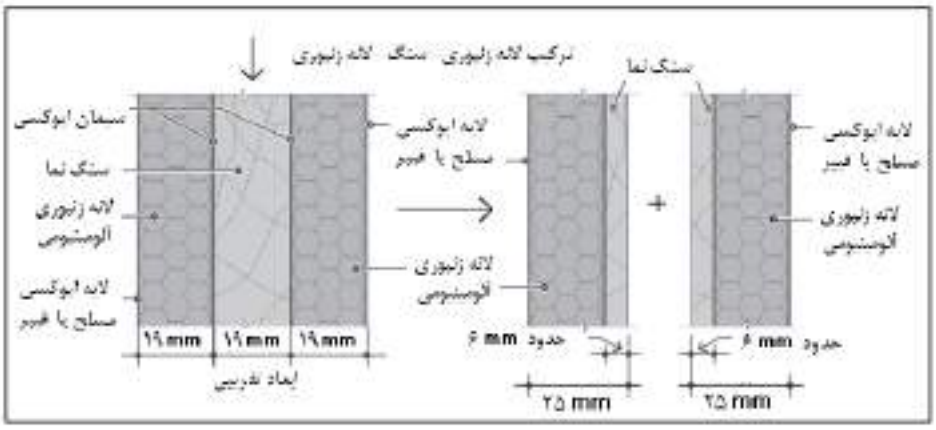
لایه خارجی لایه غیر سازه‌ای است در حالی‌که لایه داخلی برای تحمل بارها و انتقال آن‌ها به قاب سازه‌ای طراحی شده است. در تهیه پانل‌ها ابتدا لایه غیر سازه‌ای ریخته می شود و سپس مهارها در داخل آن جاگذاری می شوند و پس از آن عایق فومی پلاستیکی بر روی مهارها قرار داده می‌شود. صفحه عایق شامل سوراخ‌هایی است که برای محل مهارها تعبیه شده است. این مهارها از سمت دیگر عایق خارج می شوند و در لایه بتنی که بر روی صفحه عایق ریخته می شود مدفون می‌شوند.

فصل یازدهم

الزامات طراحی و اجرای نماهای خاص

۱۱-۱-نمای سنگی مصنوعی

نمای سنگی مصنوعی، به صورت لایه نازکی از سنگ مصنوعی (که از پودر سنگ قرار گرفته تحت فشار تولید می‌شود) به ضخامت ۶/۵ میلی‌متر (یک چهارم اینچ) است که به پشت آن لایه شبکه آلومینیومی چسبانده می‌شود. این شبکه به صورت لانه زنبوری از جنس آلومینیوم بوده که فضای بین آن با سیمان اپوکسی مسلح شده با الیاف کوتاه پر شده است. ضخامت لایه سیمانی ۱۹ میلی‌متر است. ترکیب لانه زنبوری- سنگ مصنوعی- لانه زنبوری از وسط برش داده می‌شود و تبدیل به دو پانل مشابه می‌گردد (شکل ۱۱-۱).

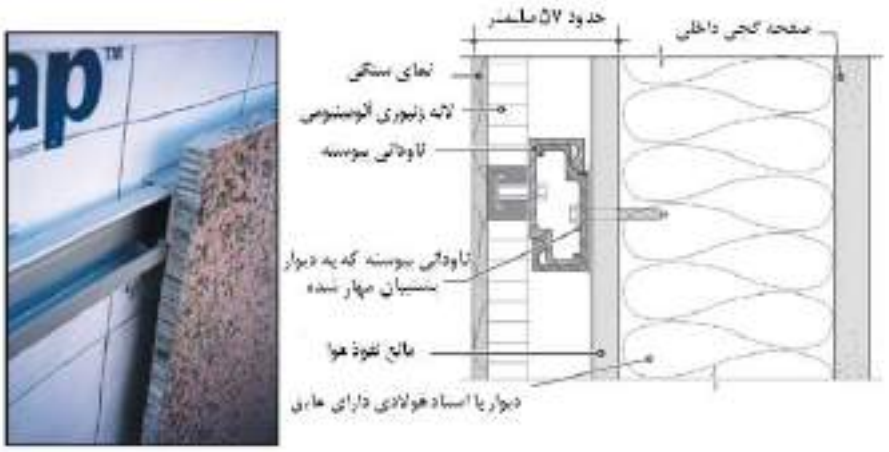


شکل ۱۱-۱ - ساخت پانل سنگی نازک

پس از برش پانل، وجه سنگی در هر پانل در صورت نیاز پرداخت می‌شود. پشت‌بند سیمان پلیمری سبک دارای شبکه آلومینیومی به ضخامت ۱۹ میلی‌متر بوده که همراه با لایه نازک سنگ، پانلی به ضخامت ۲۵ میلی‌متر را تشکیل می‌دهد. ابعاد استاندارد پانل‌ها ۱۲۰×۲۴۰ سانتی‌متر مربع است. ابعاد دیگر با حداکثر اندازه ۳۰۰×۱۵۰ سانتی‌متر مربع نیز متداول است. سبکی وزن پانل‌ها نصب آن‌ها را راحت‌تر می‌کند. وزن پانل ترکیبی سنگ مصنوعی حدود ۱۷ Kg/m^2 است که تقریبا معادل وزن شیشه به ضخامت ۶/۵ میلی‌متر است. مقاومت خمشی پانل سنگ مصنوعی به دلیل پشت‌بند لانه زنبوری و لایه سیمان اپوکسی سبک مسلح شده با الیاف که به آن چسبانده شده نسبتاً زیاد است. این ترکیب شکل‌پذیری بالایی برای انعطاف در برابر بارهای جانبی دارد. سبکی وزن پانل، شکل‌پذیری و مقاومت خمشی بالا، آن را برای بکارگیری در مناطق لرزه‌خیز مناسب می‌سازد.

۱۱-۱-۱-مهار پانل‌های سنگ مصنوعی

روش معمول به کار رفته برای مهار پانل‌های سنگ مصنوعی با استاد فولادی یا دیگر انواع دیوار پشتیبان به صورت دو ناودانی در هم قفل شده است. یکی از این ناودانی‌ها در کارخانه به پشت پانل نصب می‌شود و دیگری به دیوار پشت بند در کارگاه حین کار نصب می‌شود. شکل (۱۱-۲) جزئیات کاربرد پانل‌های سنگ مصنوعی را نشان می‌دهد.



شکل۱۱-۲- روش معمول مورد استفاده برای مهار پانل‌های سنگ مصنوعی به دیوار پشتیبان

۱۱-۲ - سیستم نمای دارای عایق حرارتی خارجی (نمای EIFS)

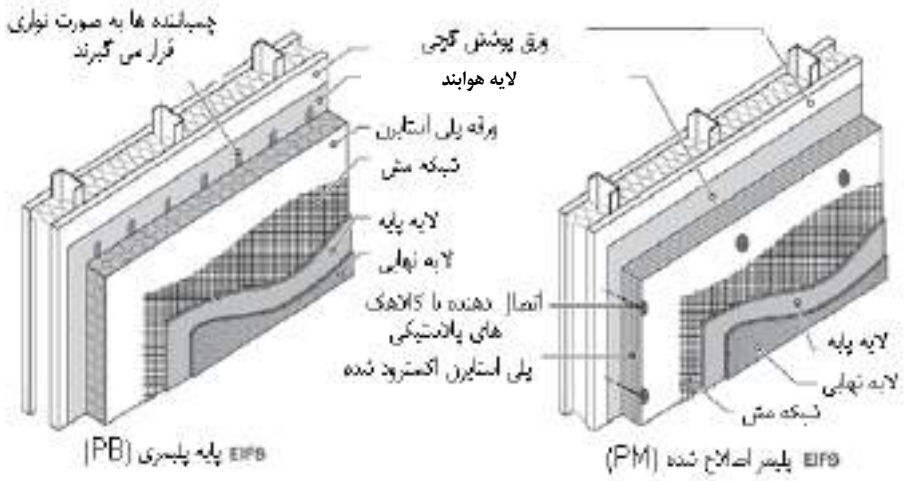
نمای عایق حرارتی بیرونی و نازک‌کاری EIFS شامل یک لایه فوم عایق پلی استایرن، شبکه الیاف تسلیح از جنس الیاف شیشه مقاوم به قلیا، یک لایه پوشش پایه و لایه پوشش نهایی می‌باشد که شبکه الیاف تسلیح در داخل لایه پوشش پایه قرار می‌گیرد.

ظاهر نهایی این نما بسیار شبیه نمای سیمانی است لذا به آن نمای سیمانی مرکب نیز گفته می‌شود. در این نما بین لایه‌های مختلف، درزبندها، درزپوش‌ها و ادوات اتصال باید سازگاری وجود داشته باشد. نمای EIFS به دو دسته تقسیم بندی می‌شود:

۱. EIFS پایه پلیمری (PB) که EIFS با پوشش نرم نیز نامیده می‌شود.
۲. EIFS پلیمری اصلاح شده (PM) که EIFS با پوشش سخت نیز نامیده می‌شود.

نمای EIFS، نوع PB، عایق شامل ورقه‌های پلی‌استایرن منبسط شده می‌باشد که به لایه زیرین چسبانده شده است (شکل ۱۱-۳). ضخامت لایه نهایی (شبکه الیاف، پوشش پایه و پوشش نهایی) تقریبا حدود ۳ میلی‌متر می‌باشد.

در نمای EIFS نوع PM، از پلی‌استایرن اکسترود شده که با استفاده از پیچ‌های فولادی با کلاهک پلاستیکی به لایه زیرین متصل شده‌اند استفاده می‌شود. پوشش پایه در این سیستم شامل سیمان پرتلند اصلاح شده با پلیمر می‌باشد که حداقل باید ۶ میلی‌متر ضخامت داشته باشد.

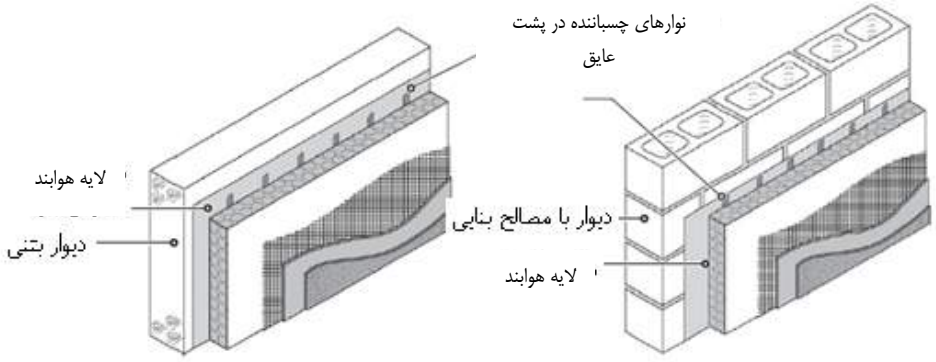


شکل ۱۱-۳- تفاوت بین نما EIFS از نوع PB و PM

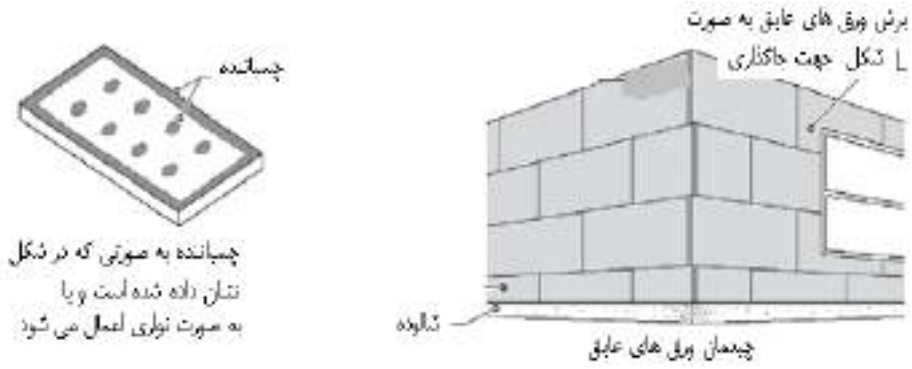
نمای EIFS تنوع فراوانی دارد و در انواع مختلف ساختمان‌های کوتاه مرتبه و بلند مرتبه، مسکونی و تجاری کاربرد دارد. این نما را می‌توان بر روی دیوارهای خشک، دیوارهای بتنی یا مصالح بنایی به کار برد. استفاده از فوم عایق در نمای EIFS دو مزیت دارد. اول اینکه از لحاظ کاهش مصرف انرژی کارایی داشته و و دوم اینکه بر روی فوم عایق امکان کاربرد انواع جزییات اجرایی به سهولت وجود دارد. در پوشش تمام شده نمای EIFS انواع گوناگونی از رنگ‌ها قابل اجرا است. در نمای EIFS الزامی به اجرای درزهای کنترلی همانند آنچه در نمای سیمانی باید اجرا شود وجود ندارد.

۱۱-۲-۱- نصب نمای EIFS

برای اجرای EIFS از نوع PB ابتدا عایق بر روی سطح لایه هوابند که بر روی دیوار پشتیبان اجرا شده چسبانده می‌شود. نوارهای چسباننده عایق در شکاف‌های پشت عایق قرار می‌گیرد و بلافاصله عایق، با اعمال فشار روی سطح زیرین چسبانده می‌شود. (شکل ۱۱-۴). صفحات عایق به منظور جلوگیری از درزهای پیوستگی باید به صورت ردیفی چسبانده شوند (شکل ۱۱-۵).



شکل ۱۱- ۴- نمای EIFS بر روی دیوار بتنی و یا بنایی

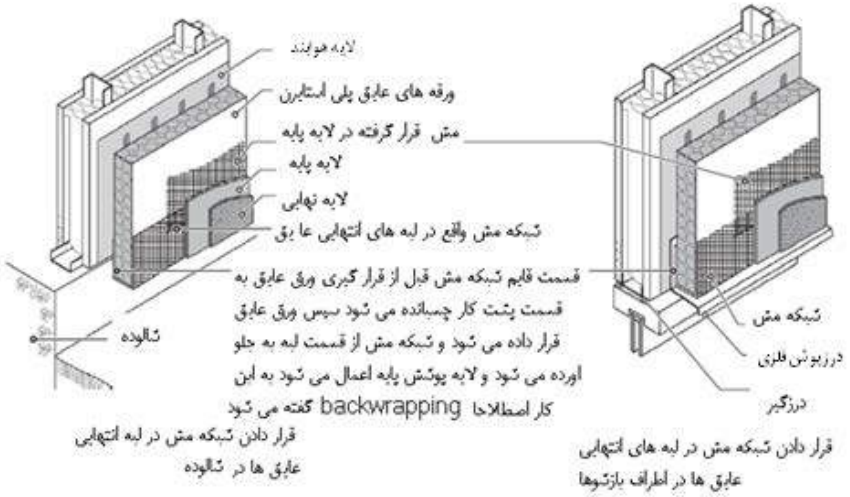


شکل ۱۱- ۵- روش‌های مختلف چسباندن عایق به دیوار پشتیبان

بعد از چسباندن لایه عایق سطح آن باید صاف شود.

۱۱-۲-۲- نصب لایه‌های پوشش پایه، شبکه الیاف شیشه و پوشش نهایی

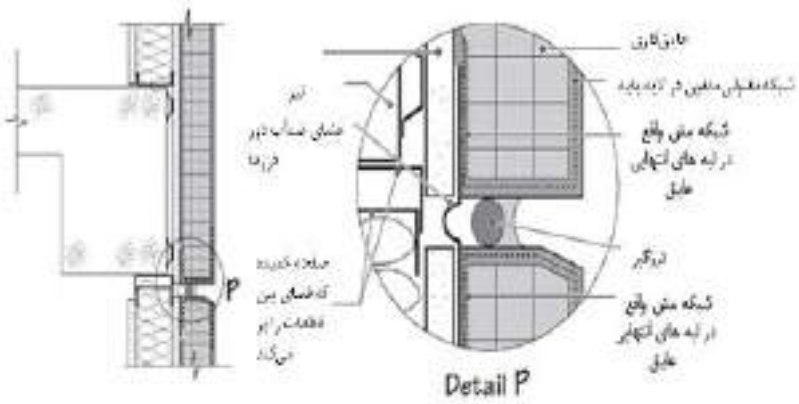
قبل از اینکه لایه پوشش پایه اعمال شود لبه‌های انتهایی صفحات عایق با استفاده از شبکه الیاف شیشه مقاوم به قلیا در اطراف بازشوها پوشانده می‌شود (شکل ۱۱-۶). این شبکه الیاف کاملاً در لایه پوشش پایه جاسازی می‌شود. بعد از تثبیت شبکه الیاف، لایه پوشش پایه اعمال می‌شود. سپس لایه پوشش نهایی بر روی سطح پاشیده شده یا توسط ماله روی سطح اجرا می‌شود (شکل ۱۱-۷).



شکل ۱۱- ۶- قرار دادن شبکه الیاف در اطراف بازشوها

شکل ۱۱-۷- اجرای لایه‌های پوششی

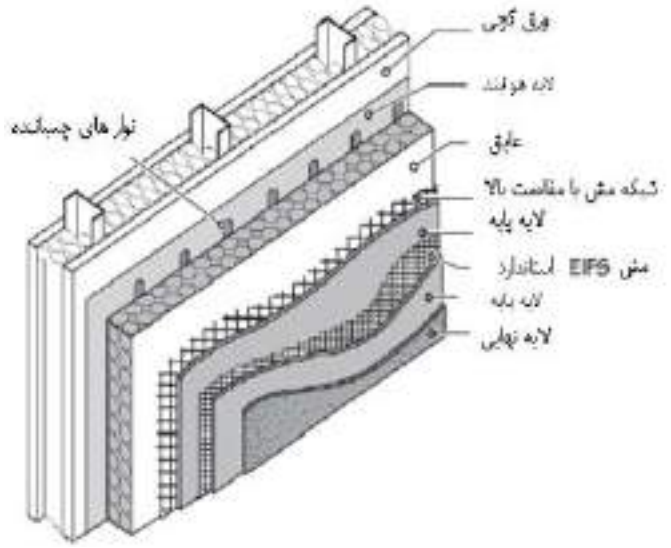
لازم است که در این نما درزهای انبساطی و لرزه‌ای تعبیه شود. این درزها باید در نما در تراز زیر تیر طبقات، در جایی که دیوار دارای نمای EIFS در مجاورت با نمایی از یک مصالح دیگر می‌باشد و در محل تغییرات جلوآمدگی یا تورفتگی نما باید انجام شود. در صورت رعایت جزییات مشابه جزییات ارائه شده در نمای چسبانده شده سنگی برای ستون‌ها نیازی به ایجاد درز لرزه‌ای در کنار ستون‌ها نیست در غیر اینصورت باید درز لرزه‌ای در بر ستون‌ها نیز اجرا شود. در شکل ۱۱- ۸ جزییات درزهای انبساطی و لرزه‌ای در دیوار نمای EIFS نشان داده شده است.



شکل ۱۱- ۸- جزییات درزهای لرزه‌ای و انبساطی در دیوار نما EIFS

۱۱-۲-۳- نمای EIFS مقاوم در برابر ضربه

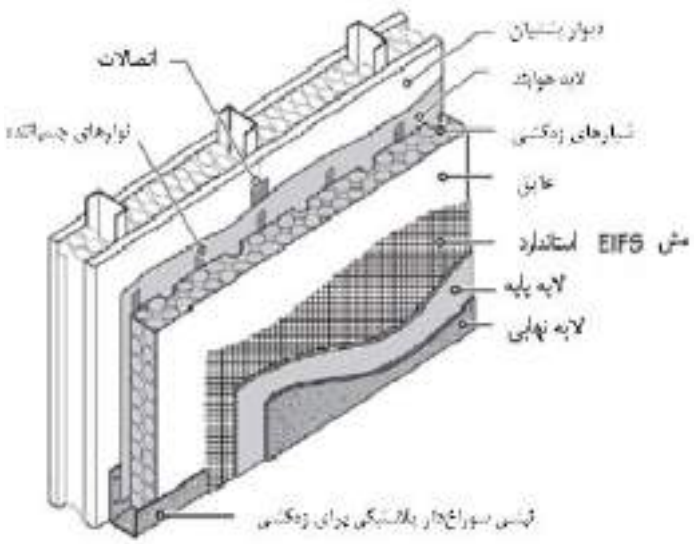
نمای EIFS مقاوم در برابر ضربه شامل دو لایه پایه است. ضخامت شبکه الیاف لایه اول بیش از ضخامت شبکه الیاف متداول در لایه نمای EIFS استاندارد است. لایه بعدی مطابق روال عادی در اجرای این نما و شامل یک شبکه الیاف می‌باشد (شکل ۱۱-۹). در این حالت مقاومت ضربه نمای EIFS افزایش پیدا می‌کند و معادل با مقاومت در برابر ضربه سایر نماها می‌شود.



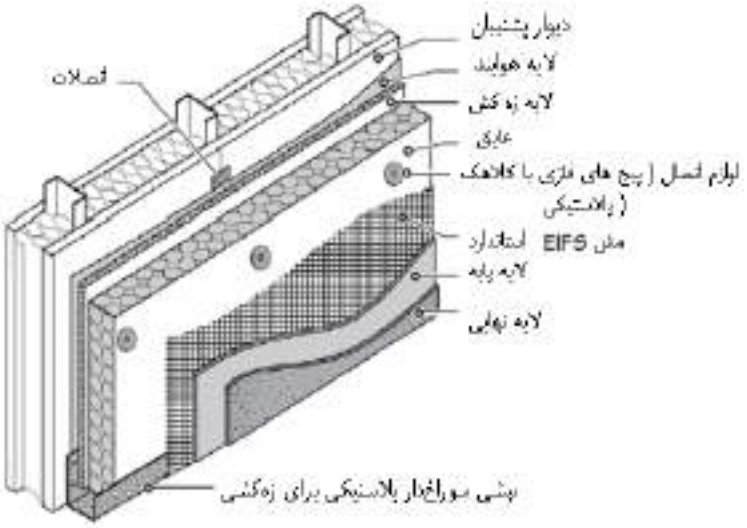
شکل ۱۱- ۹ جزییات نمای EIFS مقاوم در برابر ضربه که شامل دو شبکه الیاف است

۱۱-۲-۴- نمای EIFS دارای زه‌کش

دو نوع از نمای EIFS دارای زه‌کش با جزییات متفاوت موجود می‌باشد. در نوع اول شیارهای کوچک عمودی در پشت صفحه عایق که چسبانده می‌شود، تعبیه شده است (شکل ۱۱-۱۰). در نوع دوم صفحات عایق با مهار مکانیکی به لایه زیرین متصل می‌شود و یک لایه بالشتکی و پوشش به منظور ممانعت از نفوذ هوا در پشت صفحه عایق اجرا می‌شود (شکل ۱۱-۱۱). لایه زه‌کش معمولاً از جنس پلاستیک است. برای هر دو جزییات ارایه شده لازم است یک نبشی پلاستیکی سوراخ‌دار در زیر قرار داده شود تا امکان زه‌کشی را به وجود آورد. در ساختمان‌های چند طبقه برای تراز هر طبقه این نبشی باید تعبیه شود.



شکل ۱۱- ۱۰- نمای EIFS دارای زه‌کش نوع اول (صفحه عایق با شیارهای عمودی)



شکل ۱۱- ۱۱- نمای EIFS دارای زه‌کش به روش اجرای صفحه عایق بین پوشش هوابند و عایق

۱۱-۳- نمای بتن مسلح به الیاف کوتاه شیشه (GFRC)

نمای بتن مسلح به الیاف کوتاه شیشه متشکل از سیمان پرتلند، ماسه، آب و الیاف شیشه مقاوم به قلیا است. وجود الیاف شیشه باعث افزایش مقاومت کششی بتن می‌شود. بر خلاف پانل‌های بتنی پیش‌ساخته که به وسیله میلگرد مسلح شده‌اند، پانل‌های مسلح شده به الیاف شیشه‌ای نیازی به مسلح کننده‌های فولادی ندارند.

طول الیاف در حدود ۲٫۵ تا ۵ سانتی‌متر است و به صورت تصادفی در داخل مخلوط بتن توزیع می‌شوند. پخش‌شدن تصادفی و یکنواخت الیاف نه تنها باعث ایجاد مقاومت کششی در بتن می‌شود، بلکه باعث سخت‌تر شدن و ارتقا مقاومت در برابر ضربه در پانل نیز می‌شود. از آنجایی که الیاف شیشه معمولی در برابر سیمان پرتلند واکنش می‌دهند، در این پانل‌ها از الیاف شیشه مقاوم در برابر قلیا باید استفاده شود.

۱۱-۳-۱- نمای GFRC پیش‌ساخته

نمای GFRC پیش‌ساخته از ۳ بخش مهم تشکیل می‌شود:

۱. پانل GFRC
۲. قاب پشتیبان فولادی سرد نورد شده
۳. اتصال‌هایی که پانل GFRC را به قاب پشتیبان متصل می‌کنند

پانل GFRC معمولاً ضخامتی در حدود ۱٫۵ تا ۲ سانتی‌متر دارد. پانل GFRC به قاب متشکل از اعضای فولادی سرد نورد شده، متصل می‌شود (شکل ۱۱-۱۱). در این ترکیب، پانل، بارها را به قاب فلزی منتقل کرده و قاب فلزی نیز بارها را به

سازه ساختمان انتقال می‌دهد. اندازه و فاصله بین اعضای قاب پشتیبان با توجه به اندازه کلی پانل و بارهای وارده بر آن بر اساس فصل سوم این دستورالعمل باید طراحی شود.

۱۱-۳-۲- مهارهای انعطاف‌پذیر

پانل GFRC در فاصله‌ای در حدود ۵ سانتی‌متر از صفحه قاب به وسیله مهارهای میله‌ای نصب می‌شود. فضای خالی بین دیواره و قاب حائز اهمیت است، زیرا در این حالت دیواره و قاب اجازه حرکت آزادانه را خواهند داشت.

شکل ۱۱-۱۲- الف- سطح بیرونی یک پانل GFRC، در حال حمل در کارگاه

شکل ۱۱-۱۲-ب- نمای پشت یک پانل GFRC همراه با قاب فولادی

مهارها از میلگردهایی که به صورت L شکل خم شده‌اند تشکیل شده و دارای قطری برابر با ۱ سانتی‌متر می‌باشند. جهت ایجاد مقاومت در برابر خوردگی، از فولاد آبکاری شده با کادمیوم در مهارها استفاده می‌شود. یک انتهای مهارها به قاب

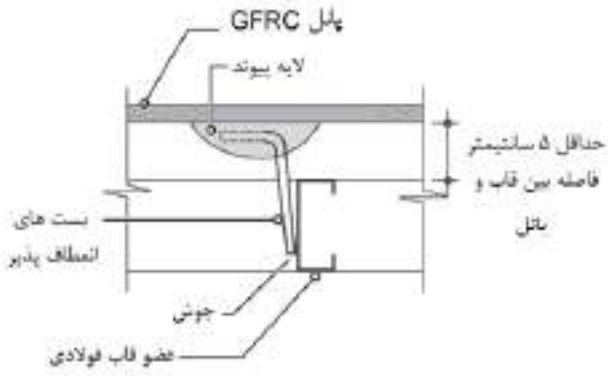
جوش داده شده و انتهای دیگر در درون پانل GFRC جا داده می‌شود. ضخامت دیواره در اطراف محل اتصال مهارها ضخیم‌تر است. این ناحیه که در آن ضخامت دیواره بیشتر است لایه پیوندی[1] نام دارد (شکل ۱۱-۱۳).

شکل ۱۱-۱۳- نمونه‌هایی از لایه پیوندی و مهارهای انعطاف پذیر

هدف از بکارگیری این مهارها انتقال هر دو بار ثقلی و جانبی از دیواره به قاب است. برای این کار مهارها باید در صفحه عمود بر پانل، صلبیت نسبی داشته باشند به طوری‌که به هنگام انتقال بار کوچکترین تغییر شکلی در آنها ایجاد نشود.

از آنجاکه دیوار GFRC به هنگام تاثیر رطوبت و تغییرات دما دچار تغییر اندازه می‌شود، مهارها باید انعطاف‌پذیری قابل قبولی داشته باشند تا به هنگام وقوع این تغییرات، تنش قابل توجهی در دیواره ایجاد نشود. یکی از راهکارهای حصول این هدف، جدا کردن مهار از قاب و جوش دادن انتهای مهار به قاب می‌باشد (شکل ۱۱-۱۴).

[1] Bonding pad



شکل ۱۱-۱۴- جزئیات اتصال مهارهای انعطاف پذیر

۱۱-۳-۳- رویه سطحی پانل‌های GFRC

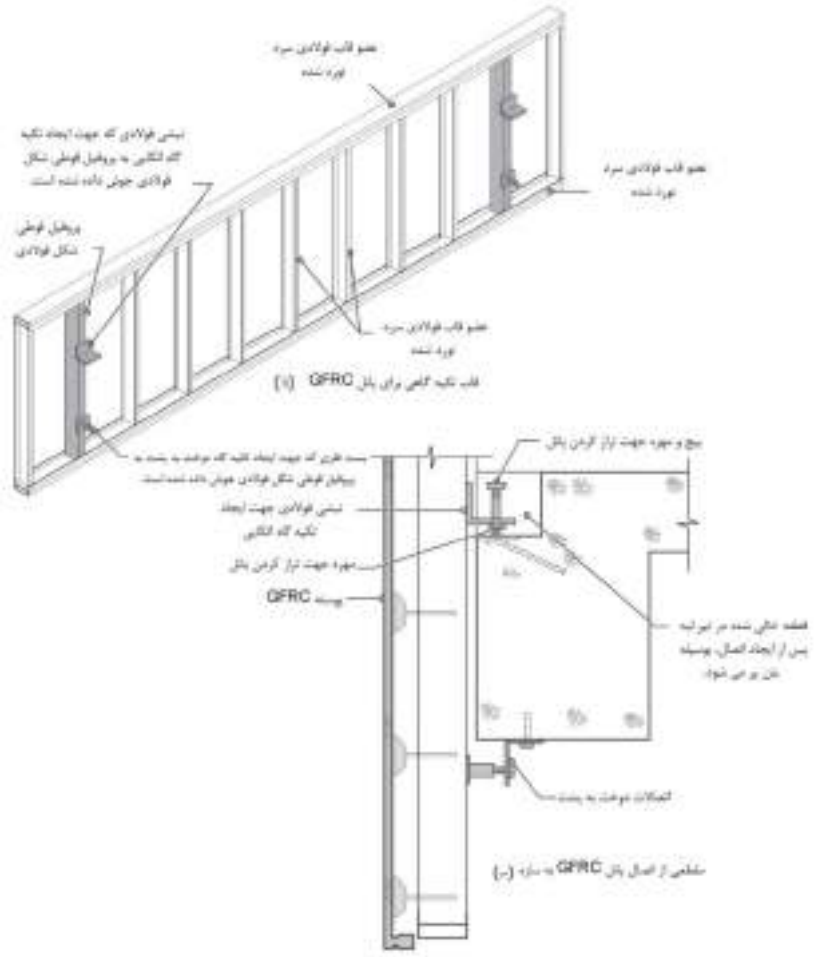
رویه استاندارد برای پانل GFRC، یک لایه نازک بتنی با مواد پلیمری است (شکل ۱۱-۱۵). پانل‌های GFRC را می‌توان به شکل سنگدانه‌های نمایان نیز ساخت، این عمل مشابه کاری است که در پانل‌های پیش‌ساخته بتنی نیز صورت می‌گیرد.

شکل ۱۱-۱۵- نمونه‌ای از نمای نازک بتنی با مواد پلیمری در پانل GFRC

جهت ساخت پانل‌های GFRC با رویه سنگدانه‌های نمایان، به جای استفاده از پوشش آستر، می‌توان از یک لایه بتنی که مخلوط پوسته نامیده می‌شود استفاده کرد. ضخامت مخلوط نما در حدود ۱ سانتی‌متر و ابعاد سنگدانه‌های به کار رفته در این مخلوط در حدود ۵ الی ۶ میلی‌متر می‌باشد.

۱۱-۳-۴- جزئیات اتصال پانل‌های GFRC

سیستم اتصال پانل‌های GFRC به سازه ساختمان مشابه سیستم اتصال پانل‌های پیش‌ساخته بتنی می‌باشد. به عبارت دیگر در پانل‌های GFRC دو اتصال اتکایی و دو یا چند اتصال مهاری (دوخت به پشت) به کار می‌رود. به دلیل اینکه پانل‌های GFRC سبک‌تر از پانل‌های پیش ساخته بتنی‌اند، اتصالات آنها نیز سبک‌تر خواهد بود (شکل ۱۱-۱۶).



شکل ۱۱-۱۶- تصویری شماتیک از جزئیات اتصالات اتکایی و دوخت به پشت در پانل‌های پیرامونی GFRC

۱۱-۴-نمای بتنی مسلح شده با شبکه الیاف TRC

نمای بتنی مسلح شده با شبکه الیاف یک نوع نمای سیمانی است که در آن برای مسلح کردن نمای سیمانی از شبکه الیاف استفاده می‌شود. ضخامت لایه سیمانی بین ۱۵ تا ۲۰ میلی‌متر می‌باشد. نسبت مناسب سیمان و سنگ‌دانه در لایه سیمانی ۱ به ۲ می‌باشد. می‌توان از پوزولان‌ها به عنوان جایگزین قسمتی از سیمان استفاده نمود. در این روش از شبکه الیاف شیشه مقاوم به قلیا (AR-Glass) با مقاومت تسلیم بیش از ۱۰۰۰ MPa می‌توان استفاده نمود.

شبکه الیاف یک ساختار شبکه‌ای متشکل از نخ‌های ممتد است که به یکدیگر متصل شده‌اند. شبکه الیاف باید دارای ساختار دو جهته باشد. در شبکه الیاف دوطرفه در هر دو جهت نخ‌ها از مقاومت کششی بالایی برخوردار می‌باشند. فاصله بین

چشمه‌ها (یک نخ تا نخ مجاور) در ساختار شبکه‌ای بنا به طراحی می‌تواند متفاوت باشد. اما این فاصله نباید از ۵ میلی‌متر کمتر و از ۱۰ میلی‌متر بیشتر باشد. همچنین حداکثر اندازه سنگدانه مورد استفاده در ملات، برای اتصال شبکه الیافی نباید از نصف فاصله باز بین چشمه‌ها بیشتر باشد.

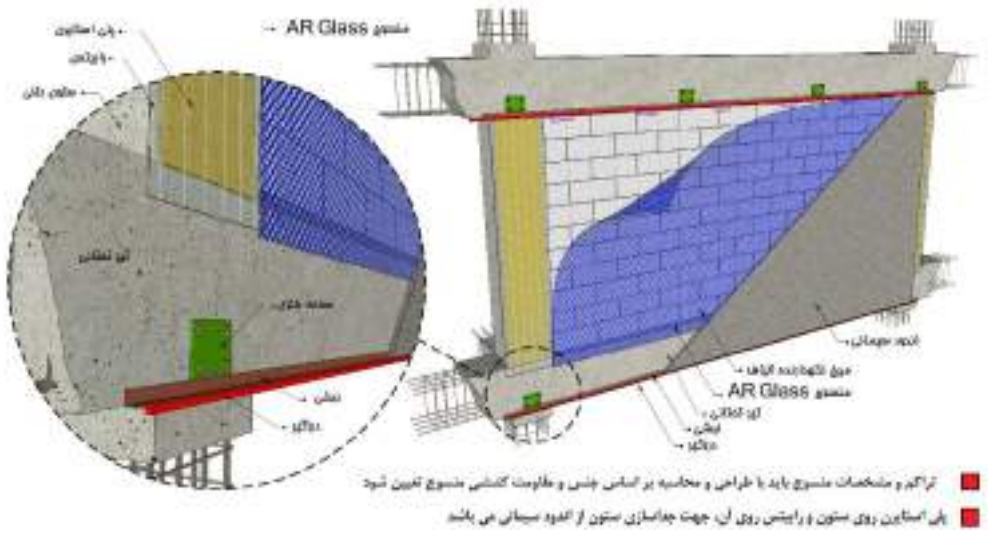
ژئوگریدهایی که ساختار شبکه‌ای پلیمری داشته و از نخ و الیاف تشکیل نشده‌اند و همچنین پارچه الیافی که عموماً در ساختارهای کامپوزیت FRP مورد استفاده قرار می‌گیرد، نباید به عنوان شبکه الیافی مورد استفاده قرار گیرند. شکل (۱۱-۱۷) نمونه‌ای از شبکه‌های الیافی را نمایش می‌دهد.

شکل ۱۱-۱۷- نمونه‌ای از شبکه الیافی

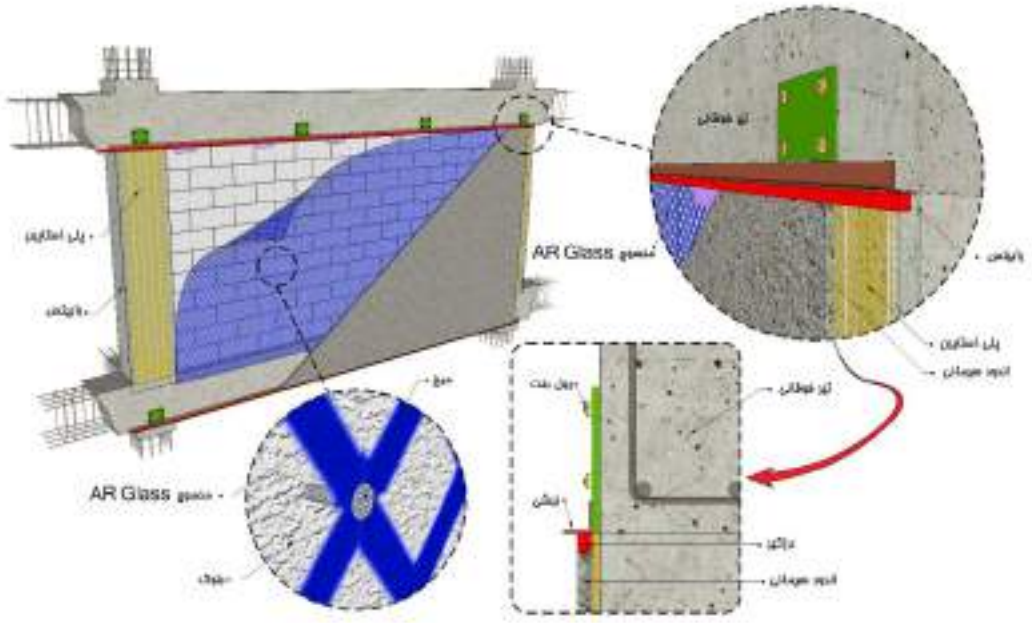
لازم به ذکر است الیاف شیشه مورد استفاده در محیط سیمانی حتماً باید از الیاف شیشه مقاوم به قلیا باشند، به علت اینکه در محیط سیمانی (با pH >۱۲٫۵)، الیاف شیشه تحت تأثیر قلیایی محیط پیرامون خود قرار می‌گیرند و کاهش مقاومت پیدا می‌کنند. در نهایت فرآیند خوردگی در محلول قلیایی با گذشت زمان می‌تواند تا تخریب کامل شبکه ادامه پیدا کند و به این ترتیب طول عمر الیاف لایه تقویت کاهش می‌یابد. کاهش مقدار قلیای سیمان و ایجاد یک لایه سد محافظتی روی الیاف در برابر اثرات شیمیایی محیط، هرچند راهکارهای موثری در بهبود خوردگی الیاف شیشه می‌باشند اما کافی نیست و حتماً لازم است از الیاف شیشه مقاوم به قلیا استفاده نمود. الیاف شیشه مقاوم به قلیا باید دارای حداقل ۱۶ درصد زیرکونیا (ZrO_2) باشد. تعیین سطح مقطع نخ، دانسیته، مقاومت کششی و مدول الاستیسیته، تعیین درصد زیرکونیا در الیاف و آزمون مقاومت به قلیا از جمله آزمون‌های ضروری برای شناخت ویژگی‌های الیاف شیشه می‌باشند.

تعیین سطح مقطع نخ، دانسیته، مقاومت کششی و مدول الاستیسیته، تعیین درصد کربن یا گرفتن طیف مادون قرمز FTIR از نمونه، از جمله آزمون‌های ضروری برای شناخت ویژگی‌های شبکه الیاف کربنی می‌باشند.

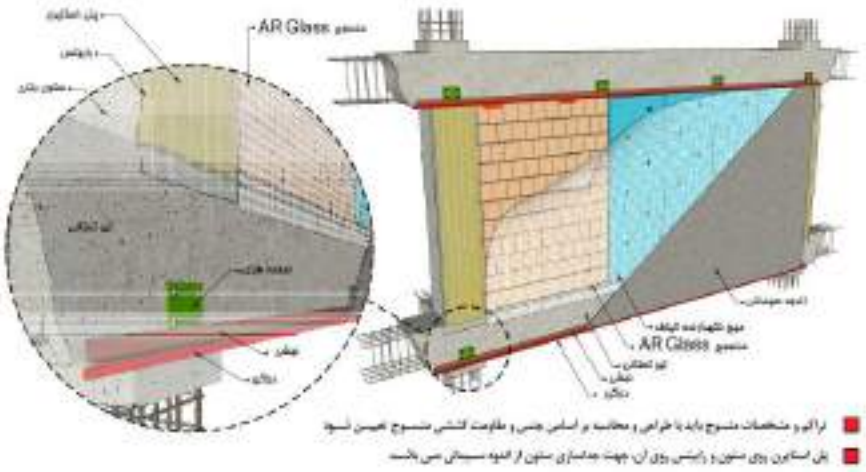
روش اجرای این نما به این صورت است که شبکه الیاف بر روی دیوار نصب می‌شود و سپس ملات سیمانی بر روی آن پاشیده می‌شود. می‌توان به لایه انتهایی ملات سیماتی مانند نمای سیمانی رنگ اضافه نمود. جزییات این روش در شکل‌های (۱۱-۱۸) الی (۱۱-۱۹) نشان داده شده است. در صورتی که دیوار به صورتی باشد که نیاز به عایق حرارتی داشته باشد می‌توان از جزییات نشان داده شده در شکل‌های (۱۱-۲۰) و (۱۱-۲۱) استفاده نمود.



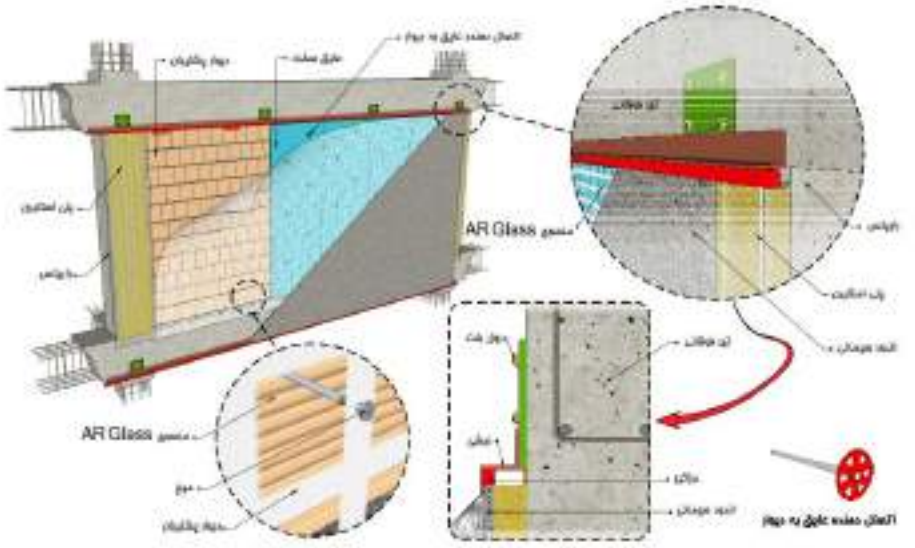
شکل ۱۱-۱۸- نمای بتن مسلح شده با منسوج (شبکه الیاف) در دیوارهای بدون نیاز به عایق حرارتی



شکل ۱۱-۱۹- جزییات نمای بتن مسلح شده با منسوج در دیوارهای بدون نیاز به عایق حرارتی



شکل ۱۱-۲۰- نمای بتن مسلح شده با منسوج (شبکه الیاف) در دیوارهای نیازمند به عایق حرارتی مانند سفال



شکل ۱۱-۲۱- جزییات نمای بتن مسلح شده با منسوج در دیوارهای نیازمند به عایق حرارتی مانند سفال

۱۱-۵-نمای تخته سیمان الیافی

تخته سیمان الیافی صفحاتی پیش‌ساخته عمدتاً جهت استفاده در نمای خارجی هستند که در آن‌ها از الیاف برای مسلح سازی و تقویت خصوصیات کششی و خمشی ماتریس سیمانی استفاده شده است. در این صفحات، الیاف می‌توانند به‌صورت پراکنده و تصادفی و یا به صورت منظم در ماتریس سیمانی قرار گیرند. ظاهر این صفحه‌ها می‌تواند خودرنگ، رنگ‌دار شده و بافت‌دار باشد. این محصول دارای پایه سیمانی و آهکی است و معمولاً در مغزه و یا در رویه با الیاف یا شبکه بافته شده از الیاف تقویت می‌شود.

۱۱-۵-۱-ویژگی‌های تخته سیمان الیافی

سطح رویه صفحات سیمانی می‌تواند بافت‌دار یا بدون بافت و رنگی و یا به رنگ طبیعی محصول باشد.
صفحات سیمانی براساس مقاومت در برابر شرایط جوی و ابعاد نصب، به‌صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

- تقسیم‌بندی براساس مقاومت در برابر شرایط جوی (نوع کاربرد)

دسته A: ورقه‌هایی هستند که در حین مصرف درمعرض دما، رطوبت زیاد و یخ زدن شدید قرار خواهند گرفت.

دسته B : ورقه‌هایی هستند که در حین مصرف درمعرض دما، رطوبت و گاهی یخ زدن قرار خواهند گرفت.

دسته C : ورقه‌هایی هستند که در حین مصرف درمعرض دما و رطوبت قرار خواهند گرفت، اما در معرض یخ زدن قرار نمی‌گیرند.

دسته D : ورقه‌هایی هستند که در زیر لایه‌های صلب مورد استفاده قرار می‌گیرند.

علاوه بر این، صفحه‌های سیمانی در دسته‌های مختلف A تا D در کلاس‌های مختلف جای می‌گیرند. مقاومت خمشی و حداقل مقدار مدول گسیختگی بر حسب مگاپاسکال محاسبه می‌شود. مدول گسیختگی صفحه‌ها باید در دو جهت طولی و عرضی به‌دست آمده و میانگین‌گیری شود. هر صفحه بر حسب مقدار مدول گسیختگی و دسته‌بندی مورد نظر (از نظر نوع کاربرد)، مطابق جدول زیر کلاس‌بندی می‌شود.

جدول ۱۱- ۱- کلاس‌های صفحات سیمانی براساس حداقل مدول گسیختگی صفحه‌ها

حداقل مدول گسیختگی در شرایط محیطی (بر حسب MPa)		حداقل مدول گسیختگی در شرایط محیطی (بر حسب MPa)	
کلاس‌ها	دسته A و B	کلاس‌ها	دسته C و D
۱	۴	۱	۴
۲	۷	۲	۷
۳	۱۳	۳	۱۰
۴	۱۸	۴	۱۶
۵	۲۴	۵	۲۲

مقاومت خمشی صفحه‌های دستهٔ A و B باید در شرایط مرطوب تعیین شوند. مقاومت صفحه‌های دستهٔ C و D باید در شرایط محیط تعیین شوند. حداقل مدول گسیختگی صفحه‌ها در جهت ضعیف‌تر نباید کم‌تر از ۰٫۷۵ مقدار مشخص‌شده برای میانگین دو جهت باشد. این محدودیت برای صفحه‌های بافت‌دار الزامی نیست.

۱۱-۵-۲-استانداردهای تخته سیمانی

آزمون‌های مورد نیاز برای کنترل کیفیت صفحات سیمانی الیافی شامل آزمون‌های ابعادی و هندسی، اندازه‌گیری طول و عرض، اندازه‌گیری ضخامت، تعیین میزان راست بودن لبه‌ها و تعیین گونیا بودن ورقه‌ها است. آزمون‌های عملکرد فیزیکی-

مکانیکی صفحات سیمان الیافی شامل اندازه‌گیری چگالی، اندازه‌گیری مقاومت خمشی، نفوذ ناپذیری آب، اندازه‌گیری نفوذ بخار آب، آب گرم و آزمون تر-خشک کردن است. آزمون‌های دوام شامل آزمون یخ زدن-ذوب شدن، آزمون گرما-بارش و همچنین آزمون عملکرد در برابر آتش و آزمون عملکرد در برابر صوت بر روی این صفحات انجام می‌شود. در جدول ۱۱-۲ آزمون‌های مورد نیاز برای کنترل کیفیت این صفحات به همراه استانداردهای مرجع داده شده است.

جدول ۱۱-۲- استانداردهای موجود برای کنترل کیفیت صفحات سیمان الیافی

توضیحات	ISIRI	EN	ASTM
آزمون‌های فیزیکی	-	12467	1185
آزمون‌های مکانیکی	7515	12467	1185
آزمون‌های دوام	-	12467	1185*
آزمون نفوذ بخار آب	-	12572	-
آزمون آتش	-	12467	-
الزامات و معیارها	7515	12467	1459و1186

۱۱-۵-۳-الزامات اجرائی صفحات سیمان الیافی

- دیوار پشتیبان نمای تخته سیمانی می‌تواند دیوار مصالح بنایی یا بتنی طبق ضوابط فصل دوازدهم و یا دیوار سبک سرد نورد طبق ضوابط فصل هفتم نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه کشور باشد.
- توجه شود که این نما در صورت اجرا با قاب فلزی سرد نورد، قسمتی از دیوار خارجی ساختمان نیز می‌باشد. ضوابط و جزییات دیوار سبک سرد نورد باید در خصوص جزییات اجرایی آنها رعایت شود.
- در سیستم دیوار سبک سرد نورد رعایت جزییات فصل دوازدهم و نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه در خصوص عدم اتصال دیوار به زیر سقف و عدم انتقال بار ثقلی سازه به دیوار و قطعات نمای تخته سیمانی برای جلوگیری از ترک خوردن و آسیب این نماها ضروری است.
- دیوار سبک سرد نورد پشتیبان باید دارای پوشش گالوانیزه از جنس روی به ضخامت تعیین شده در نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه کشور باشند (پوشش Z180).
- در حین برش صفحات سیمانی، برای جلوگیری از تنفس غبار حاصل، باید الزامات ایمنی کار از جمله موارد استفاده از تجهیزات ایمنی رعایت شود. در صورت استفاده از صفحات سیمانی به‌صورت نمایان، باید محل‌های برش‌خورده در پای کار با مواد مخصوص (واکس) پوشش داده شود تا از نفوذ آب ناشی از بارندگی به داخل تخته‌ها جلوگیری شود.
- در حین انتخاب صفحات سیمانی، باید به رده‌بندی آنها از نظر حداکثر و حداقل دمای کاربرد توجه شود.
- درز انبساط بین صفحات سیمان الیافی برای کاربردهای درونی و بیرونی ساختمان باید براساس حداکثر ضریب انبساط حرارتی تعیین شود.
- انواع عایق‌های پشم‌های معدنی و پلی‌استایرن منبسط‌شده می‌توانند برای عایق‌بندی صفحات سیمانی استفاده شوند. در مواردی که بین صفحات سیمانی و عایق یک لایه هوای تهویه‌شده در نظر گرفته می‌شود، لازم است برای عایق‌کاری حرارتی از پشم‌های معدنی استفاده شود.

- در تمامی روش‌های اجرا، عایق حرارتی مورد استفاده باید غیرآب‌دوست باشد.
- صفحات سیمانی باید به صورت بسته‌بندی شده حمل شوند. در زمان جابه‌جا کردن و تخلیه آن‌ها باید دقت شود تا نیروهای موضعی باعث شکستن قطعات نشوند.
- جابه‌جایی تخته‌ها باید با احتیاط انجام شود تا از کشیده‌شدن تخته‌ها روی صفحات زیرین و یا بلند کردن از یک‌سوی آن‌ها جلوگیری شود.

۱۱-۵-۴-جزئیات اجرای صفحات سیمانی الیافی

در این قسمت ضوابط نصب صفحات سیمان الیافی ارائه شده است.

۱۱-۵-۴-۱- قاب فولادی سرد نورد

همانگونه که ذکر شد در صورت اجرای این نما بر روی قاب فولادی سرد نورد عملاً نما قسمتی از دیوار نیز می‌باشد. در این حالت قاب باید ضوابط رواداری‌ها و پوشش نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه کشور را رعایت کند.

۱۱-۵-۴-۲- قطعات اتصال (پیچ‌ها، پرچ‌ها و ...)

اتصال نبشی‌ها و دیگر پروفیل‌های نگه‌دارنده به دیوار بنایی یا بتنی باید با استفاده از پیچ‌های خودکار استیل یا گالوانیزه صورت‌گیرد. اتصال صفحات سیمانی به قاب سبک سرد نورد نیز باید توسط پیچ‌های خودکار براساس ضوابط نشریه ۶۱۲ انجام شود.

۱۱-۵-۴-۳- عایق حرارتی

نصب صفحات سیمانی نما باید به‌گونه‌ای روی قاب سبک سرد نورد صورت گیرد که عایق حرارتی بتواند بین قطعات قاب سبک سردنورد نصب شود. در طراحی و اجرای صفحات سیمان الیافی نما، باید حتی‌الامکان یک لایه هوای تهویه‌شده بین عایق حرارتی و پوشش صفحه سیمانی در نظر گرفته شود. این روش اجرا امکان استفاده از عایق‌های پشم معدنی را فراهم می‌کند.

۱۱-۵- ۵-روش‌های اجرا

اجرای نمای صفحه سیمانی، شامل دو مرحلهٔ اجرای قاب فلزی و نصب صفحات سیمانی است.

۱۱-۵-۵-۱-اجرای قاب فلزی

برای اجرای قاب فلزی سرد نورد باید از پروفیل‌های اکسترود شده آلومینیومی، یا پروفیل‌های C و U گالوانیزه سرد نوردشده، استفاده نمود. این قطعات باید به‌گونه‌ای طراحی و ساخته شوند که امکان تنظیم را در شرایطی که دیوار دارای اعوجاج و ناترازی است، داشته باشد.

۱۱-۵-۵-۲- نصب عایق‌های حرارتی

نصب عایق‌حرارتی در زیر کار صفحه سیمانی نما می‌تواند به روش‌های مختلف و با مصالح متنوعی صورت پذیرد. متداول‌ترین عایق‌های مورد مصرف انواع پشم‌های معدنی و پلی‌استایرن منبسط‌شده هستند.

در حالتی‌که سطح زیرکار صفحه سیمانی از نوع دیوار خشک و درلایه میانی دارای عایق باشد نصب عایق‌های حرارتی به‌صورت تودلی بین اِستادهای دیوار صورت می‌گیرد.

محل اجرای هوابند، سمت خارجی قاب فلزی است. لایه بخاربند نیز در طرف گرم عایق حرارتی قرار می‌گیرد. به‌عبارت دیگر، در مناطق سردسیر، لایه بخاربند در طرف رو به داخل عایق حرارتی و در مناطق گرم و مرطوب، در طرف رو به خارج قرار می‌گیرد. در صورت پیش‌بینی یک لایه هوای تهویه‌شده در طرف خارجی دیوار، می‌توان لایه بخاربند و در بعضی موارد لایه هوابند را حذف کرد. عایق حرارتی مورد استفاده باید غیرآب‌دوست بوده و یک فاصله هوا بین عایق و صفحه سیمانی در نظر گرفته شود.

وجود لایه هوا، جهت جلوگیری از ایجاد میعان در پشت صفحه سیمانی که در دراز مدت می‌تواند باعث تغییرات ظاهری و حتی خرابی در صفحه سیمانی و به‌طور کلی دیوار شود، ضروری است. لایه هوا نه تنها باعث جلوگیری از تماس آب ناشی از میعان با صفحه سیمانی می‌شود، بلکه در حالتی که امکان جریان هوا نیز در نظر گرفته شده باشد، باعث خشک شدن رطوبت احتمالی ورودی ناشی از بارندگی و هم‌چنین رطوبت ناشی از میعان در داخل عایق می‌شود.

۱۱-۵-۵-۳- نصب صفحات سیمانی

نصب صفحات سیمانی بر روی استاد فلزی با استفاده از پیچ صورت می‌گیرد. در این حالت دو ضلع عمودی هر پانل سیمانی باید بر روی استاد قرار گرفته و دو ضلع افقی آن در فضای بین دو استاد قرار گیرند. بنابراین، درزهای عمودی بین پانل‌ها به کمک استاد کاملاً پوشیده شده اما درزهای افقی باز می‌مانند. برای پوشاندن این درزها لازم است از قطعه‌ای پلیمری و یا تسمه فولادی استفاده شود.

۱۱-۵-۵-۴- نصب با پیچ یا پرچ

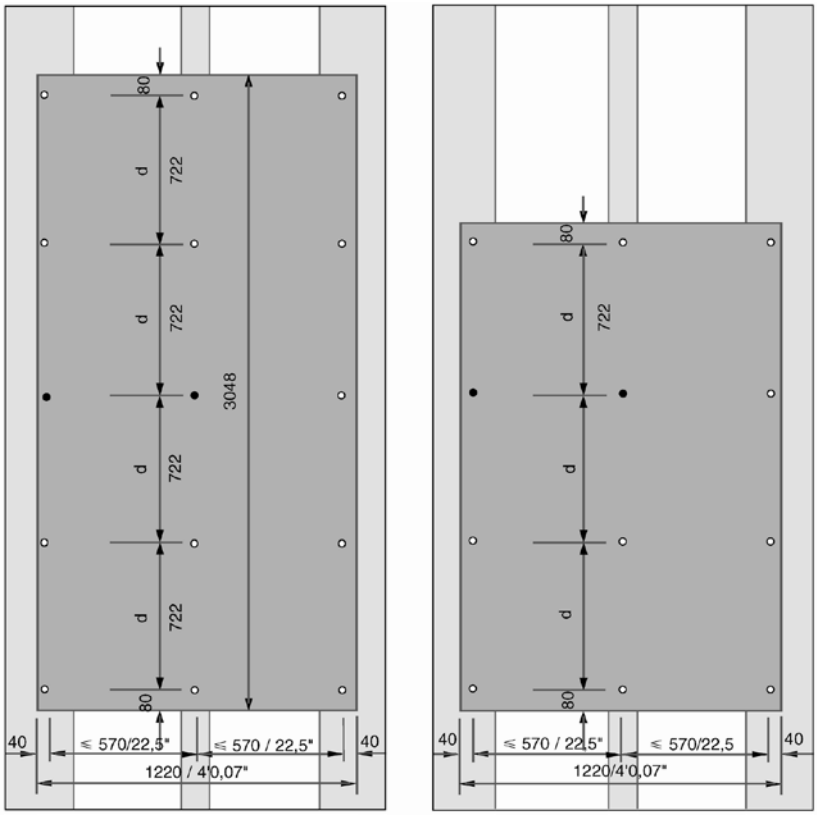
صفحات سیمانی به کمک انواعی از پیچ و پرچ به زیرقاب نصب می‌شوند. اتصال پیچی به دو شکل نمایان (مانند پرچ) و پنهان انجام می‌شود. در حالت اتصال پنهان، روی پیچ باید با ملات مخصوص (هم‌رنگ صفحه سیمانی) پوشانده شود که امکان دارد به‌مرور زمان هم‌رنگی صفحه سیمانی و ملات از بین برود.

در تمامی موارد، فاصله اتصالات باید براساس نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه محاسبه شود.

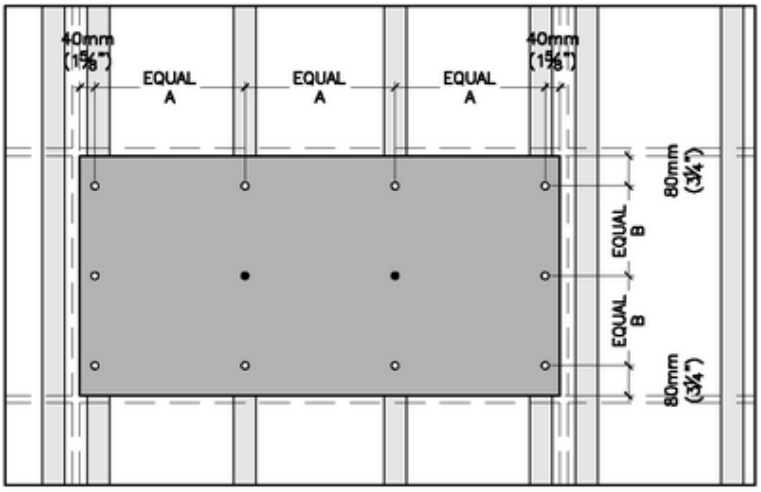
اجرای پیچ و پرچ به‌صورت نمایان، در حالتی متداول است که صفحه سیمانی به‌صورت خشک اجرا شود و تخته‌سیمانی، پوشش نهایی محسوب شود. در صورتی‌که از همپوشانی تخته‌ها استفاده شود، قطعه فوقانی می‌تواند روی پیچ یا پرچ تخته زیرین را بپوشاند تا دیگر نیازی به استفاده از درزبند نباشد.

۱۱-۵-۵-۵- پیش‌بینی درز انبساط و انقباض در سامانه صفحه سیمانی نما

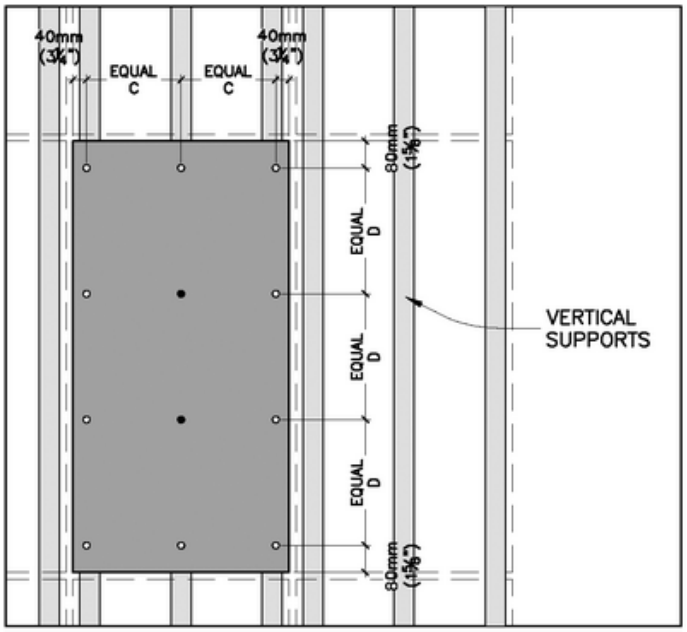
در اجرای خشک صفحه سیمانی، کنترل تغییر ابعاد ناشی از انقباض و انبساط به کمک قطعات اتصالات تأمین می‌شود. در این صورت، با ایجاد سوراخ‌هایی بزرگ‌تر از پیچ یا پرچ در صفحه سیمانی، امکان حرکت‌های ناشی از تغییر دما در پانل ایجاد می‌شود و فاصله‌گذاری بین اتصالات باید تا حد ممکن منظم باشد. حداقل فاصله پیچ ها از گوشه‌های کار در جهت افقی حدود ۴۰ میلی‌متر و در جهت عمودی حدود ۸۰ میلی‌متر است (شکل‌های ۱۱-۲۲ الی ۱۱-۲۴).



شکل ۱۱-۲۲- نمونه جانمایی و تعیین محل‌های نصب صفحه سیمانی بر روی زیرقاب



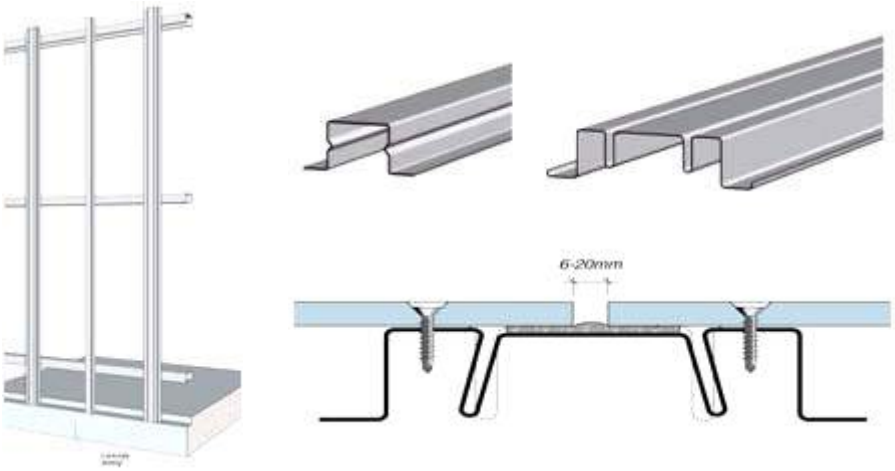
شکل ۱۱-۲۳- نمونه فاصله‌گذاری و تعیین محل‌های نصب صفحه سیمانی (در جهت افقی) بر روی زیرقاب



شکل ۱۱-۲۴- نمونه فاصله‌گذاری و تعیین محل‌های نصب صفحه سیمانی(در جهت عمودی) بر روی زیرقاب

در اجرای خشک، تخته‌ها باید با فاصله حداقل ۵ تا ۶ میلی‌متر از یکدیگر اجرا شوند. هرچه فاصله پانل‌ها از یکدیگر کم‌تر باشد، خطاهای اجرا و ناصافی‌های برش صفحات سیمانی بیش‌تر نمایان می‌شود.

در صورتی که از نمای تخته سیمانی بر روی دیوارهای بتنی یا مصالح بنایی استفاده شود، می‌توان در اجرای زیرقاب از پروفیل‌های خاصی برای حل این مشکل استفاده کرد. در این حالت، لازم است دو لبه تخته‌سیمانی با پروفیل‌هایی با مقطع قابل تغییرشکل مهار شود (شکل ۱۱-۲۵).



شکل ۱۱-۲۵- پروفیل‌های مخصوص درزهای انبساط نما

در صورت نیاز، می‌توان از پروفیل‌های C و U شکل به‌صورت افقی در بین اِستادها استفاده کرد، تا در برابر تغییرشکل‌های زیرسازی بر اثر نیروهای جانبی مقاومت کند. اِستادها باید در تراز طبقات قطع شوند.

۱۱-۶-نماهای سبز

توسعه شهرنشینی در سال‌های اخیر منجر به توجه بیشتر به ایجاد فضای سبز در فضاهای شهری به عنوان یک رویکرد پایدار برای بهبود اکولوژی و تغییرات آب و هوایی در محیط زیست، شده است. دیوارها و نماهای سبز یکی از راه‌حل‌هایی است که به همراه بام‌های سبز برای افزایش مساحت فضای سبز شهرها اندیشیده شده است.

دیوار سبز دیواری است که یا به طور خودایستا است یا بخشی از یک ساختمان است که به طور کامل یا بخشی از آن از گیاه پوشیده شده است. از فواید آن می‌توان به استفاده مجدد از آب، بهبود کیفیت هوا و کاربرد به عنوان مانع صوتی اشاره کرد. دیوارهای سبز معمولا به دو شکل نمای سبز (گیاهان بالارونده) و دیوار زنده اجرا می‌شوند.

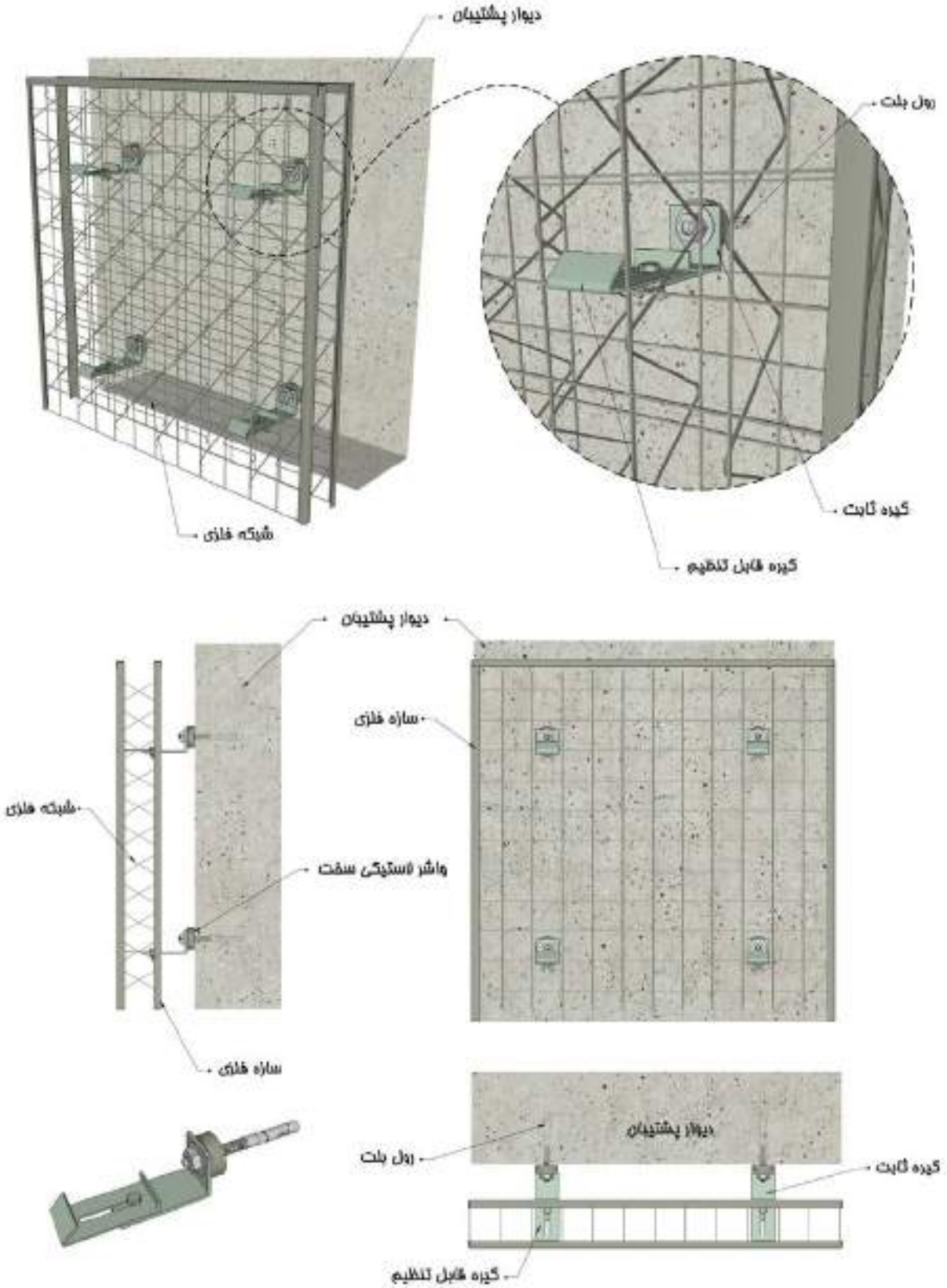
در سیستم دیوار زنده، نما باید دارای یک سازه فلزی نگهدارنده مانند شکل (۱۱-۲۶) باشد که به نحوه مناسبی بسته به نوع سیستم نما به قاب سازه‌ای (نمای پرده‌ای) یا دیوار پشتیبان نما مهار شده باشد. بر روی دیوار پشیبان باید پیش از اجرای نمای سبز یک لایه عایق رطوبتی اجرا شود. پانل‌های دارای گیاه بر روی این شاسی‌کشی نصب می‌شوند (شکل۱۱-۲۷). ابعاد این پانل‌ها عموماً به صورت مربع یا مستطیل و بین ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر می‌باشند و عمق آنها بین ۵ تا ۲۵ سانتی متر می‌باشد. این پانل‌ها می‌توانند از جنس پلی‌پروپیلن، فلز یا ژئوتکستایل باشند. در این پانل‌ها باید به نگهداری و تأمین بستر مناسب برای کاشت توجه ویژه‌ای شود. در این راستا بستر کاشت در کیسه‌هایی از جنس منسوجات صنعتی قرار گرفته و حفره‌ای در داخل آن جهت کاشت گیاه ایجاد می‌شود.

بستر کاشت معمولاً به صورت ترکیبی از مواد معدنی مانند پرلیت، پوکه صنعتی و سنگ‌های آتش‌فشانی سبک و مواد عالی مانند پیت ماس، کوکوپیت یا سبوس برنج به همراه مواد مغذی افزودنی می‌باشد.

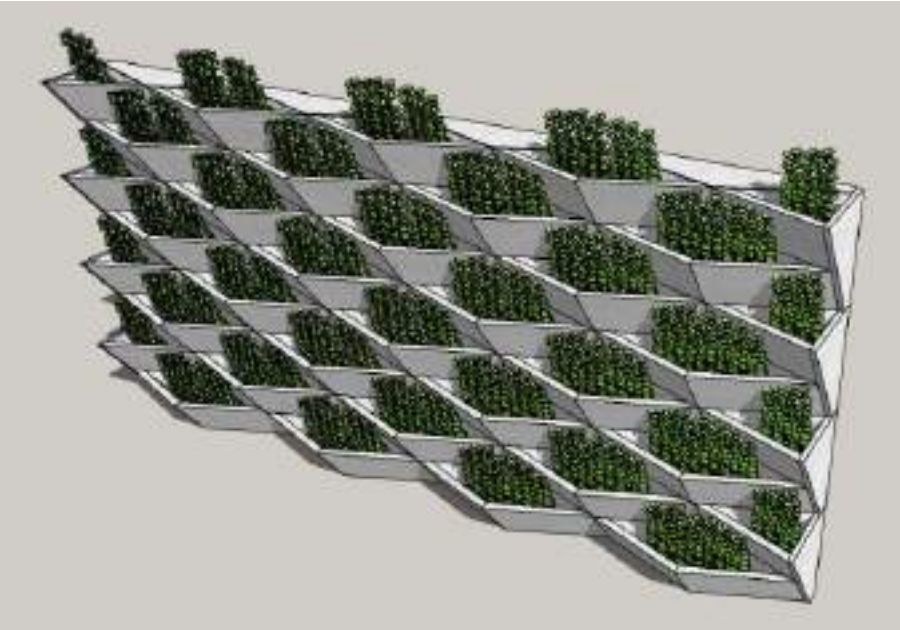
انتخاب نوع گیاه باید با توجه به شرایط اقلیم انجام شود و ترجیحاً از گیاهانی که نیازی آبی کمتری دارند استفاده شود. انتخاب گیاه باید با توجه به فاکتورهای دما، شدت و زاویه تابش نور خورشید، جهت و شدت وزش باد و میزان مقاومت و سازگاری گیاه با محیط و عمق بستر کاشت انجام شود. همچنین باید از گیاهانی استفاده کرد که حداقل نیاز را به هرس و فرم‌دهی داشته باشند. انتخاب گیاهان، ترکیب، نوع و رنگ آنها باید به گونه‌ای باشد که ظاهری زیبا برای نمای ساختمان ایجاد کند.

آبیاری گیاهان باید به صورت آبیاری قطره‌ای همراه با کود محلول باشد که این آبیاری می‌تواند بسته به شرایط به صورت ساده (برای گیاهان با نیاز آبی یکسان)، نیمه هوشمند یا هوشمند (برای گیاهان با نیاز آبی متفاوت) انجام شود.

در سیستم آبیاری گیاه باید تا جایی که ممکن است امکان ذخیره سازی و استفاده از آب باران لحاظ گردد. اجرای سیستم زه‌کشی در سیستم آبیاری این نوع نماها اجباری است.



شکل ۱۱-۲۶-نمونه‌ای از نحوه اجرای قاب نگهدارنده دیوار زنده (دیوار سبز پانلی) و اتصال آن به دیوار پشتیبان



شکل ۱۱-۲۷- نمونه‌ای از نمای سبز پانلی

۱۱-۷- نماهای چوبی

نمای چوبی به سادگی با سایر مصالح ترکیب می‌شود و امکان ساخت نماهای متنوع را فراهم می‌آورد. چوب‌های نرم برای ساختمان‌ها به عنوان نمای خارجی قابل استفاده می‌باشد. انجام عملیات حرارتی بر روی چوب (نظیر ترمو چوب) و فرایندهای اصلاح چوب توانسته است قابلیت دوام محدوده وسیعی از چوب‌های نرم را بدون اصلاح در روش‌های نگهداری افزایش دهد. استفاده از چوب‌های سخت نیز به غیر از گونه‌های خاصی از آن‌ها در حال افزایش است. چوب‌های سخت عموماً محکم‌تر و پایدارتر از چوب‌های نرم هستند.

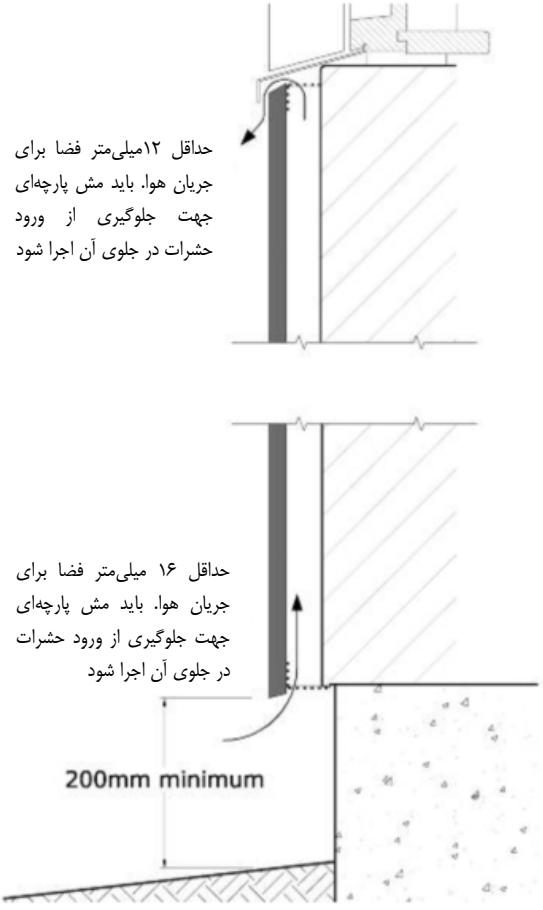
مشخصه‌ها و ضوابط نمای چوبی در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۷۵۲ آورده شده است. مشخصه‌ها و روش‌های آزمون مناسب مربوط بـه فـرآورده‌هـای چـوب جهت استفاده به عنوان نمای خارج ساختمان در این استاندارد ذکر شده است. این استاندارد ارزیابی انطباق و الزامات نشانه‌گذاری، مربوط به فرآورده‌های چوبی را نیز شامل می‌شود.

زیرسازی نمای چوبی نقش مهمی در کیفیت نصب آن‌ها دارد. روش معمول در اجرای نمای چوبی زیرسازی اولیه جهت ایجاد سطحی تراز و یکدست برای قرار دادن قطعات دیوارپوش می‌باشد. لذا زیرسازی اولیه در اجرای پروژه از اهمیت بالایی برخوردار است. فاصله و تعداد تکیه‌گاه‌ها باید به گونه‌ای انتخاب شوند که استحکام پوشش نهایی را در برابر ضربه و لرزش حفظ نمایند. در غیر این‌صورت ممکن است با کمترین ضربه قطعات جابجا شده و از محل خود خارج شوند.

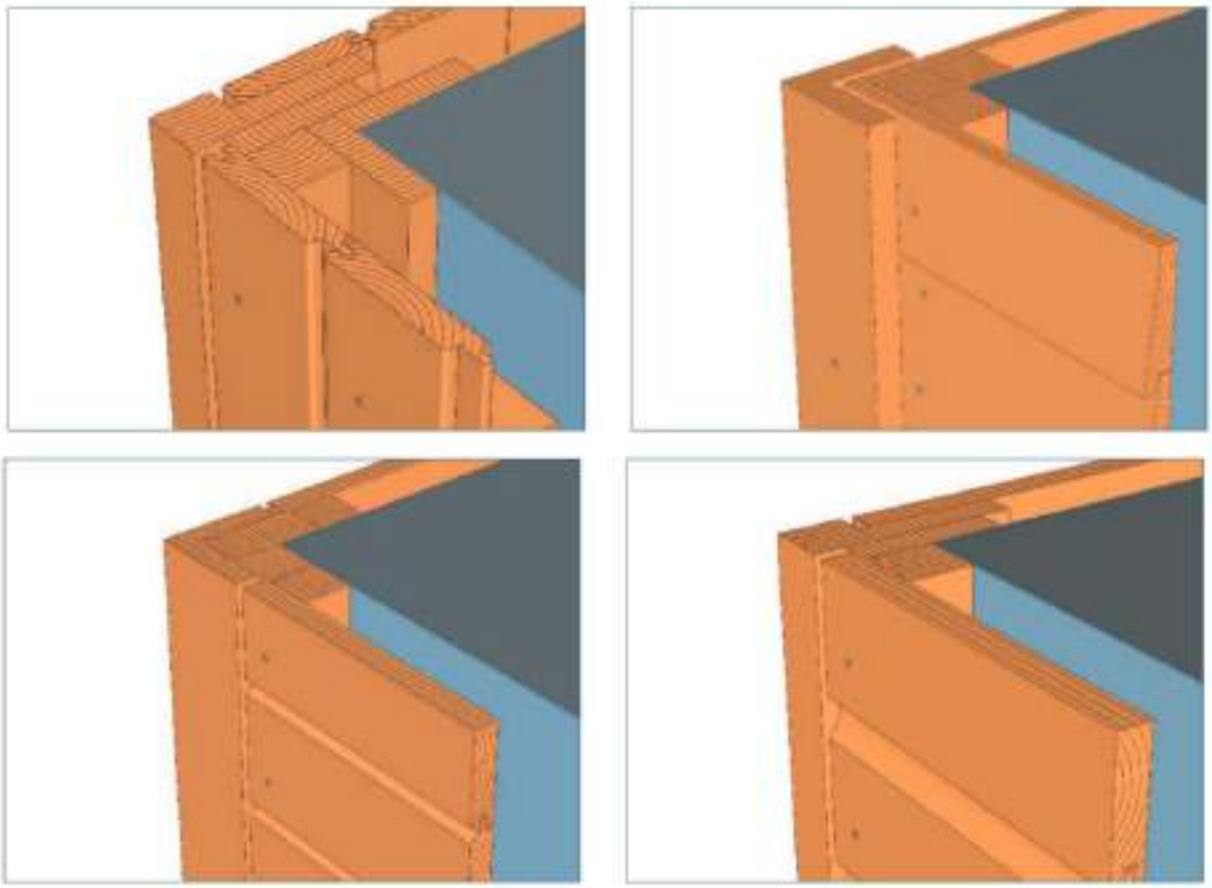
شیار کناری نماها باید به حدی باشند که از کنار هم قرار گرفتن مناسب قطعات اطمینان حاصل شود. روکش نمای چوبی باید سطحی یکدست داشته و به خوبی لبه‌های کام و زبانه نمای تمام چوب را پوشش داده باشد تا با نصب قطعات فواصل بین کام و زبانه بدون روکش نمانند.

جنس چوب استفاده شده به عنوان نمای خارجی از نوع چوب عمل آوری شده ترموچوب و یا پانل‌های HPL می‌باشد. پانل‌های HPL، از جنس فیبر سلولزی می‌باشند که به وسیله رزین‌های ترموست تحت فرایندی با فشار بالا به یکدیگر متصل شده‌اند. حداکثر ارتفاع مجاز استفاده از نماهای چوبی در ساختمان‌ها، پنج طبقه می‌باشد و این نماها باید الزامات آیین‌نامه‌ها و مقررات حریق را برآورده نمایند. باید یک فضای خالی در پشت نمای چوبی جهت جریان هوا وجود داشته باشد (شکل ۱۱-۲۸).

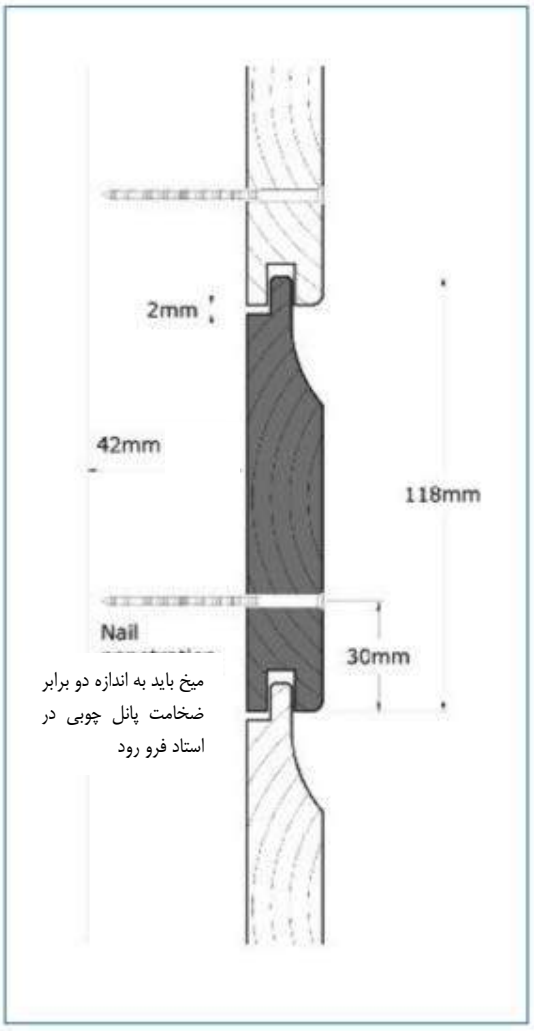
برای اجرای نمای چوبی باید از استاد و یا تیرک‌های چوبی بسته به اینکه جهت اجرای نما در راستای قایم یا افقی است به فواصل حداکثر ۴۰ سانتی‌متر استفاده نمود. پانل‌های چوبی عمود بر این استادها اجرا شده و بر روی آنها پیچ می‌شوند (شکل‌های۱۱-۲۹ و ۱۱-۳۰)

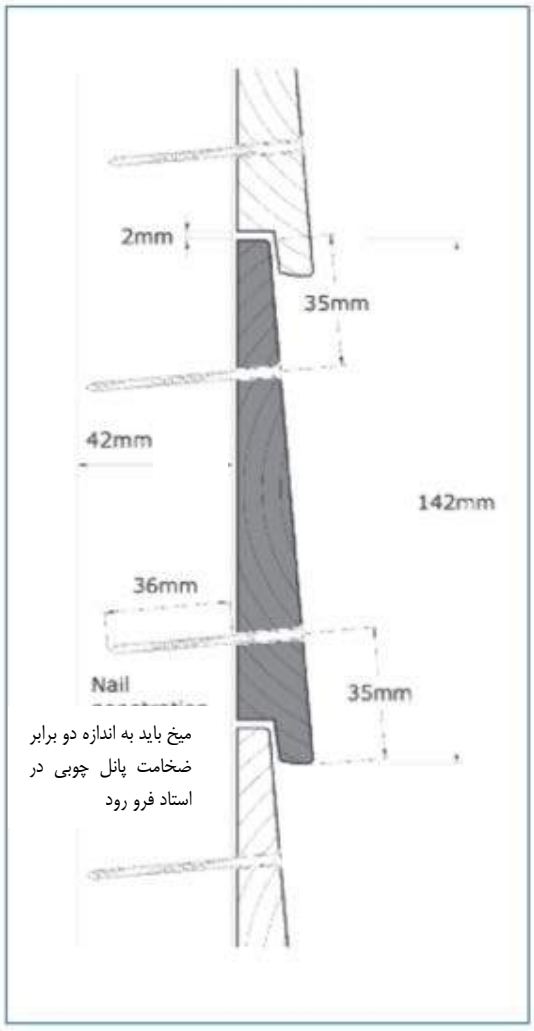


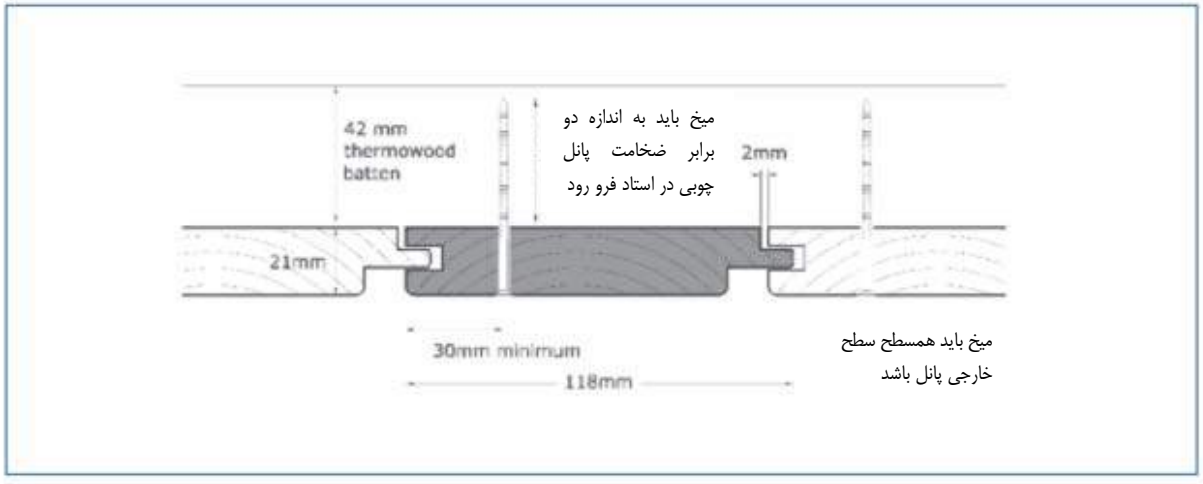
شکل ۱۱-۲۸-جزییات اجرای فضای جریان هوا در پشت نمای چوبی و اجرای مش در پایین و بالای نما برای جلوگیری از ورود حشرات



شکل ۱۱-۲۹-نمونه‌هایی از روش‌های مختلف اجرای نمای چوبی و جزییات اجرای گوشه نما







شکل ۱۱-۳۰-نمونه‌هایی از نحوه اتصال پانل‌های چوبی به یکدیگر و استادهای چوبی

۱۱-۸-رنگ نما

رنگ می‌تواند به عنوان پوشش نهایی در نمای خارجی ساختمان‌ها به کار برده شود. در نمای ساختمان‌ها که در معرض شرایط محیطی و جوی مانند باران و برف، اشعه فرابنفش خورشید (UV) و آلودگی‌ها هستند، یکی از بهترین گزینه‌ها، رنگ‌های نمای اکریلیک آب پایه می‌باشد. رزین اکریلیک مورد استفاده در این نوع رنگ‌ها از مقاومت رطوبتی و جوی خوبی برخوردار است. باید متذکر شد که رنگ‌های دیگری مانند رنگ‌های اپوکسی، پلی‌یورتان، اکریلیک حلالی، پلی استر و ... نیز وجود دارند که به عنوان رنگ‌های حفاظتی یا ضدخوردگی با شرایط خاص خود قابل استفاده می باشند.
برای آگاهی از ضوابط، الزامات و روش‌های آزمون رنگ‌های اکریلیک پایه آب، به مراجع معتبر ذی ربط نظیر کتاب تعیین مشخصه‌های کیفی و نحوه ارزیابی رنگ‌ها و پوشش‌های اکریلیک پایه آب مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی به شماره نشر گ-۸۴۰ مراجعه شود.

رنگ‌های اکریلیک باید در ظروف تمیز و مقاوم به خوردگی نگهداری شود. همچنین ظرف باید به قدر کافی محکم باشد تا در استفاده‌های معمول مقاوم باشد و به منظور جلوگیری از نشت و آلودگی در حین حمل و نقل و انبارداری، آب بندی شده باشد. مطابق این استاندارد، رنگ‌های آب‌پایه در شرایط استاندارد (دمای ۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد، دور از نور مستقیم خورشید، دور از یخ زدگی) به مدت حداقل ۱۲ ماه قابلیت نگهداری دارند.
باید سطح مورد نظر جهت اجرای رنگ از هرگونه آلودگی، چربی، روغن، گریس و ... پاک شود. سپس پرایمر مناسب با سیستم رنگ، روی سطح مورد نظر اعمال شود. در این بین تمامی ترک‌ها و نقص‌ها باید توسط بتونه مناسب، تسطیح شود. در مرحله آخر رنگ مورد نظر توسط قلم‌مو، غلتک یا دستگاه پاشش (رنگپاش) اجرا می‌شود. دمای اجرای رنگ باید حداقل ۳ درجه بیشتر از نقطه شبنم و بین ۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد بوده و رطوبت محیط زیر ۸۰ درصد باشد.

۱۱-۹- بتن نمایان

بتن نمایان به بتنی گفته می‌شود که سطح نمایان نهایی کار، بتن باشد و بر روی سطح بتنی پوشش دیگری اجرا نخواهد شد. بتن نمایان به دو صورت پیش ساخته و درجا می‌تواند اجرا شود. ضوابط و الزامات بتن نمایان پیش‌ساخته به طور کامل در فصل دهم این دستورالعمل شرح داده شده است.
از لحاظ فنی، استفاده از بتن نمایان به عنوان نمای خارجیِ درجا، فقط در سازه‌های دیوار باربر درجا کاربرد دارد و در سایر موارد، نمای بتنی به صورت پیش‌ساخته اجرا شده و در محل نصب می‌شود که جزییات آن در فصل دهم ذکر شده است. همچنین انواع مختلف نمای سیمانی در فصل ششم و بخش‌های قبلی این فصل معرفی شده است. منظور از بتن نمایان در

این قسمت، اجرای سازه بتنی به صورت نمایان و بدون اجرای پرداخت جدید یا بدون اجرای نمای سیمانی بر روی آن می‌باشد. در این حالت باید موارد زیر جهت دستیابی به بتن اکسپوز با کیفیت مناسب در بتن‌ریزی اعضای سازه‌ای واقع در نمای خارجی ساختمان رعایت شود.

برای اجرای این اعضای سازه‌ای باید از قالب‌های نو و سالم استفاده شود و دقت شود که قالب‌ها کاملاً شاقول باشند. باید قالب‌ها به نحوه مناسبی مهار شوند و به طور کامل درزبندی شوند و باید سطح قالب‌ها با روغن مناسب و مخصوص آغشته شود. بتن مورد استفاده برای این مقاطع باید بتن خود متراکم باشد و برای اطمینان از خروج حباب‌ها در نزدیکی قالب با وجود خود متراکم بودن بتن توصیه می‌شود که در نزدیکی قالب از ویبره نیز استفاده شود. طرح اختلاط بتن خود متراکم باید توسط متخصص طراحی شود و پس از آزمایش در آزمایشگاه، اجرا شود.

۱۱-۱۰- نمای میکرو سمنت

نمای میکروسمنت یک نمای کامپوزیتی معدنی- پلیمری برپایه سیمان، رزین‌های آب پایه، افزودنی‌ها و پیگمنت‌های معدنی است که می‌تواند به دلیل چسبندگی مناسب، روی بسیاری از سطوح افقی و عمودی اجرا شود. ضخامت این نما بین ۲ تا ۳ میلی‌متر است.

سطحی که میکروسمنت می‌خواهد روی آن اجرا شود باید تمیز، صاف و عاری از پستی و بلندی و ترک باشد. پس از آماده‌سازی سطح، مراحل اجرای نمای میکروسمنت شامل موارد زیر است: اجرای پرایمر به منظور افزایش چسبندگی به سطح زیرین به همراه مش الیاف شیشه مقاوم به قلیا به منظور افزایش انعطاف‌پذیری و جلوگیری از ترک خوردن لایه سیمانی، اجرای یک لایه زیرسازی از میکروسمنت و اجرای لایه بعدی میکروسمنت و سپس اجرای یک لایه نهایی پلیمری به منظور زیبایی و محافظت در برابر نفوذ آب که می‌تواند به صورت مات، نیمه مات یا براق کار شود. لایه نهایی باید در برابر نفوذ آب مقاوم بوده و سبب افزایش مقاومت سایشی شود.

باید توجه کرد که این نوع نما فقط جنبه تزیینی دارد و فاقد کارکردهای حفاظتی ذکر شده در سایر انواع نما می‌باشد. از لحاظ عملکردی و فنی نمونه کامل‌تر این نوع نما، نمای EIFS می‌باشد که در بند ۱۱-۲ ارائه شده است.

۱۱-۱۱- نماهای دو پوسته

یکی دیگر از سیستم‌های جدید نما، سیستم نمای دو پوسته است در این سیستم از دو نمای عموماً شیشه‌ای با فاصله ۰٫۳ تا ۱٫۵ متر استفاده می‌شود. هوای موجود در این فاصله به عنوان یک حائل بین دو لایه عمل کرده و دمای هوای خارج را

متعادل می‌کند و همچنین به عنوان یک فضا[1] برای سیستم تهویه ساختمان عمل می‌کند. لایه خارجی می‌تواند شامل شیشه‌های هوشمند و محافظ در برابر خورشید باشد.

اگرچه مزیت اصلی سیستم دو پوسته صرفه‌جویی در مصرف انرژی است، اما علاوه براین، این سیستم می‌تواند نفوذ آب، نفوذ هوا، آلودگی صوتی و... را موثرتر کنترل کند.

[1] plenum

فصل دوازدهم

ضوابط طرح و اجرای دیوارهای ساختمان (دیوارهای نگهدارنده نما)

۱۲-۱- مقدمه

در این فصل ضوابط و الزامات اجرایی دیوارهای خارجی و جان‌پناه‌ها ارائه شده است. رعایت‌ضوابط تسلیح دیوار ارائه شده در این بخش جهت تأمین پایداری عمود بر صفحه برای هر نوع اجرای دیوار (حالت جداسازی شده و حالت میانقابی) الزامی می‌باشد و تنها تفاوت این دو روش اجرای دیوار در مورد اتصال یا عدم اتصال آنها به قاب سازه‌ای است.

۱۲-۲- دیوارهای خارجی

دیوارهای خارجی را می‌توان با ایجاد درز پیوسته بین آنها و سازه محیطی، غیر پیوسته کرد. برای این دیوارها باید اتصالاتی در نظر گرفت که قابلیت حرکت داخل صفحه و مهار خارج از صفحه را به دیوار بدهند. فواصل جداسازی دیوارها از قاب باید تو سط مواد تراکم‌پذیر منا سب از قبیل پ شم سنگ ضد رطوبت پر شود. تو صیه می شود برای جلوگیری از ترک‌خوردگی در نازک‌کاری از یک لایه شبکه الیاف یا رابیتس بر روی مواد تراکم‌پذیر استفاده شود. در بیمارستان‌ها برای جلوگیری از ایجاد ترک‌خوردگی در نازک‌کاری، در گوشه‌های دیوار در هنگام زلزله لازم است از اتصالات کشویی سرتاسری در کناره‌ها و تراز سقف استفاده شود.

۱۲-۲-۱- محدودیت ابعاد هندسی

طول آزاد دیوارها در پلان نباید از ۴ متر و ارتفاع آزاد آن نباید از ۳٫۵ متر بیشتر در نظر گرفته شود. در دیوارهای با طول بیشتر از ۴ متر باید از عضو قائم با مقطع فولادی یا بتنی به عنوان تکیه‌گاه، جهت مهار خارج از صفحه دیوار (وادار) ا ستفاده نمود. در دیوارهای با ارتفاع بیش از ۳٫۵ متر باید با ا ستفاده از ع ضو افقی با مقطع فولادی یا بتنی (تیرک) ارتفاع آزاد را کاهش داد. جزییات وادارها و تیرک‌ها در این فصل ارائه شده است. در دیوارهای پانلی کارخانه‌ای و دیوارهای م سلح شده به شبکه الیاف، ارتفاع دیوار می‌تواند تا حدی که برای برش و خمش عمود بر صفحه طراحی شده، افزایش داده شود. در این دیوارها احتیاجی به ا ستفاده از وادار نیست. باید توجه شود که مقطع وال‌پست‌ها، تسلیح بین آن‌ها و میزان تسلیح انجام شده با مش الیاف باید طبق ضوابط ارائه شده در این فصل و با محاسبه تعیین شود.

۱۲-۲-۲-طراحی دیوارها

دیوارها باید برای بارهای اینرسی ایجاد شده در آن‌ها، در جهت عمود بر صفحه طراحی شوند. دیوار تحت تاثیر بار محوری نا شی از وزن آن و بسته به شرایط تکیه‌گاهی آن، تحت اثر برش و خمش خارج از صفحه عمودی یا افقی و یا هر دو قرار می‌گیرد. این دیوارها باید طبق ضوابط این فصل طراحی شده و میزان تسلیح آن‌ها تعیین شود. شرایط مرزی تحت نیروهای عمود بر صفحه باید به صورت مفصلی یا آزاد با توجه به جزییات و نحوه اجرای مهارها در نظر گرفته شود.

۱۲-۲-۲-۱- دیوارهای پانلی

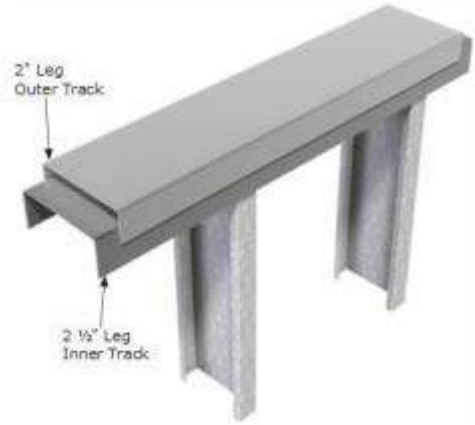
دیوارهای پانلی کارخانه‌ای که به صورت نوارهای قائم در طول دیوار نصب می شوند مجاز به استفاده در ساختمان‌ها به عنوان دیوار خارجی، می‌باشند. در این حالت دیوار به صورت یک دال یک طرفه عمل می‌کند. دیوار باید با استفاده از نبشی یا المان مشابه در جهت خارج از صفحه، در تراز سقف و کف مهار شود. در این حالت باید اتصال پانل دیوار در تراز سقف با نبشی به صورت کشویی بوده و دیوار اجازه جابجایی داخل صفحه را داشته باشد. در این نوع دیوارها نیازی به اجرای وادار نمی‌باشد.

در صورتی‌که ارتفاع دیوار به اندازه‌ای باشد که پانل، قابلیت تحمل بار خمشی وارد بر آن را نداشته باشد، باید از تیرک در تراز میانی استفاده نمود. تیرک مورد استفاده به صورت نشیمن به ستون‌ها متصل می‌شود. دیوارهای پانلی مورد استفاده در صنعت ساختمان باید دارای گواهی‌نامه فنی از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهر سازی باشند. استفاده از دیوارهای پانلی در بیمارستان‌ها توصیه می‌شود.

۱۲-۲-۲-۲-دیوارهای بلوکی

در دیوارهای بلوکی، دیوار مشابه با یک پوسته و دال دو طرفه طراحی می شود. در این حالت جدا سازی در جهت داخل صفحه و مهار در جهت خارج از صفحه می‌تواند توسط نبشی‌های فولادی و یا بست‌های U شکل متصل به دال سازه‌ای در تراز سقف و نبشی یا بست‌های U شکل متصل به ستون‌ها در دو انتهای (طرفین) دیوار و یا وادارهای میانی انجام شود. نبشی‌های فولادی می‌توانند منقطع یا پیوسته باشند و باید برای نیروی خارج از صفحه طراحی شوند. در این دیوارها باید از المان مسلح کننده میلگرد بستر مورب یا نردبانی برای دیوارهای دارای ملات ماسه سیمان و از بست‌های فولادی منقطع یا پیوسته برای دیوارهای دارای ملات بستر نازک و یا محصولات جدید مانند مش الیاف، جهت یکپارچه‌سازی و حفظ پیوستگی دیوار استفاده نمود.

در دیوارهای ساخته شده از قاب فولادی سبک سردنورد (LSF) باید توجه شود که تیرک پانل سرد نورد نباید به سقف متصل شود. در این حالت می‌توان از تیرک تغییرشکل‌دهنده (دو تیرک قرار گرفته در درون هم که به صورت کشویی امکان جابجایی دارند و تیرک بالا به سقف متصل بوده و تیرک پایین به قاب سرد نورد متصل است) استفاده نمود (شکل۱۲-۱). برای جزییات بیشتر در مورد این دیوارها می‌توان به نشریه ۶۱۲ سازمان برنامه و بودجه مراجعه کرد.



شکل ۱۲-۱-اجرای قاب سردنورد نگهدارنده تخته سیمانی با دو تیرک به صورت کشویی

۱۲-۲-۲-۳-طراحی میلگرد بستر یا بست برای مهار خمشی خارج از صفحه دیوار بنایی در راستای افقی

طراحی دیوارهای بنائی برای تحمل خمش خارج از صفحه ناشی از بارهای جانبی، همانند تمامی اعضای سازه‌ای و غیر سازه‌ای، به هر دو عامل تقاضا و ظرفیت وابسته است. ازآنجاکه مقدار ظرفیت (مقاومت) یک دیوار بنایی ارتباط مستقیم با مقدار سختی آن دارد و سختی، عامل تعیین‌کننده الگوی توزیع بارهای وارد بر دیوار است، تغییر در مقدار ظرفیت دیوار به تغییر در تقاضای وارد به دیوار منجر خواهد شد. به‌این‌ترتیب، طراحی این دیوارها فرآیندی تکراری را شامل می‌شود. مراحل طراحی میلگرد بستر به شرح زیر می‌باشد:

۱۲-۲-۲-۳-۱- برآورد مقاومت دیوار

با در نظر گرفتن مشخصات اولیه برای مصالح و مقادیر حداقلی برای مقدار میلگرد بستر، مقاومت دیوارهای بنایی در راستای غیرمسلح و مسلح باید تعیین شود.

الف- مشخصات مصالح مصرفی

مقاومت فشاری دیوارهای بنائی (f_m) براساس نتایج حاصل از آزمون‌های مصالح، تعیین می‌شود.

مدول گسیختگی دیوارهای بنائی (f_r) برای دیوارهای آجری و بلوک سیمانی و سفالی، از جدول (۱۲-۱) استخراج‌شده و برای دیوارهای بنائی AAC از رابطه (۱۲-۱) تعیین می‌شود. در این رابطه، واحد f_r و f_m براساس MPa می‌باشد.

$$f_r = 0.4\sqrt{f'_{m-AAC}} \qquad (۱-۱۲)$$

f'_{m-AAC} : مقاومت فشاری بلوک AAC با توجه به مشخصات ارائه شده توسط شرکت سازنده و یا انجام آزمایش فشاری بر روی بلوک

جدول (۱۲-۱) مدول گسیختگی دیوارهای بنایی

راستای مورد بررسی	نوع واحد بنائی	ملات ساخته‌شده با سیمان پرتلند	
		ملات نوع N	ملات نوع S
در راستای قائم	واحد توپر	۰/۵۲	۰/۶۹
	واحد توخالی فاقد دوغاب	۰/۳۳	۰/۴۳
	واحد توخالی پرشده با دوغاب	۱/۰۹	۱/۱۲
در راستای افقی	تمام موارد	صفر	صفر

ب- مقاومت خمشی اسمی دیوار بنائی در راستای قائم (راستای غیر مسلح):

مقاومت خمشی اسمی دیوارهای بنائی در راستای قائم (شامل دیوارهای با بلوک رسی، سیمانی و AAC)، با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$M_{n1} = f_r S \qquad (۲-۱۲)$$

$$S = \frac{I_g}{C} \qquad (۳-۱۲)$$

که در آن، M_n مقاومت خمشی اسمی دیوار (N.mm)، f_r مدول گسیختگی دیوار (MPa) بر اساس قسمت (ب) این بند، I_g ممان اینرسی مقطع مؤثر ترک نخورده دیوار در جهت خارج از صفحه (mm^4) و C فاصله مرکز سطح مقطع مؤثر دیوار تا دورترین تار کششی (mm) است. برای محاسبه I_g در واحدهای آجری و AAC توپر از رابطه $I_g=bh^3/12$ استفاده می‌شود که در آن، b=۱۰۰۰mm و h برابر با ضخامت دیوار منظور می‌شود. بدیهی است که در این شرایط، C=0.5h خواهد بود.

برای دیوارهای ساخته‌شده از بلوک‌های توخالی، می‌توان رابطه (۱۲-۴) برای تعیین مقاومت خمشی اسمی در واحد طول دیوار را به صورت زیر تقریب زد:

$$M_{n1} = \frac{1000 f_r t_s (h - t_s)^2}{h} \quad (N.mm/m) \qquad (۴-۱۲)$$

که در آن، h ضخامت دیوار و t_s ضخامت پوسته واحدهای بنایی (هر دو برحسب mm) است.

ج- مقاومت خمشی اسمی دیوار بنائی مسلح:

حداقل سطح مقطع قطعه مسلح کننده ۰/۰۰۰۳ سطح مقطع موثر دیوار در برش خارج از صفحه می‌باشد و حداکثر فاصله قائم قطعات مسلح کننده در ارتفاع دیوار یک متر است. برای دیوارهای بنایی مسلح، مقدار لنگر خمشی اسمی خارج از صفحه با در نظر گرفتن فرضیات نمایش داده‌شده در شکل زیر و از رابطه (۱۲-۵) به دست می‌آید. لازم به اشاره است با توجه به اینکه جداسازی دیوار از تمامی جداره‌های پیرامونی انجام شده است، از اثر حضور بارهای محوری در تعیین مقاومت خمشی صرف‌نظر می‌شود.

$$M_{n2} = \frac{1000}{B}\left(A_s F_y\right)\left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (N.mm/m) \qquad (۵-۱۲)$$

$$a = \frac{A_s F_y}{\beta f'_m B} \qquad (۶-۱۲)$$

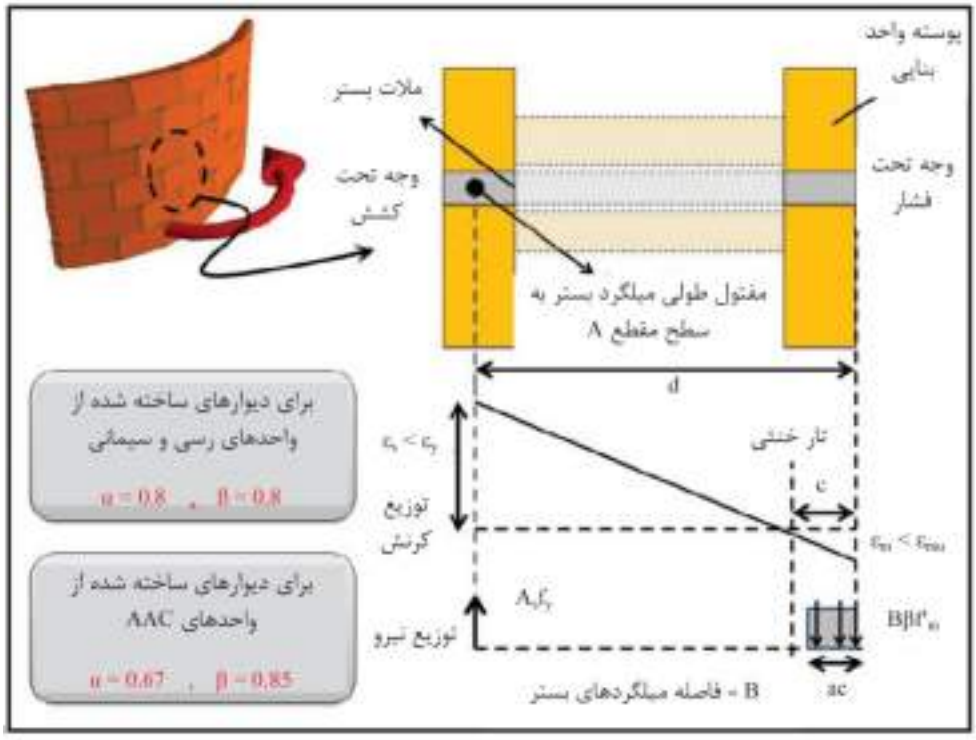
در این روابط، A_s سطح مقطع فولاد تحت کشش (میلگردهای بستر واقع در یک رج) (mm^2)، F_y مقاومت تسلیم فولاد تحت کشش MPa و B فاصله میلگردهای بستر از یکدیگر در ارتفاع دیوار (mm) می‌باشد. برای دیوارهای با واحد بنائی توپُر، d=0.5h و برای دیوارهای بنائی با واحد بنائی توخالی، d فاصله دورترین تار فشاری تا میانه ضخامت پوسته کششی بلوک توخالی است. مقادیر α و β بر اساس شکل (۱۲-۲) و (۱۲-۳) تعیین می‌شوند.

د- مقاومت خمشی طراحی

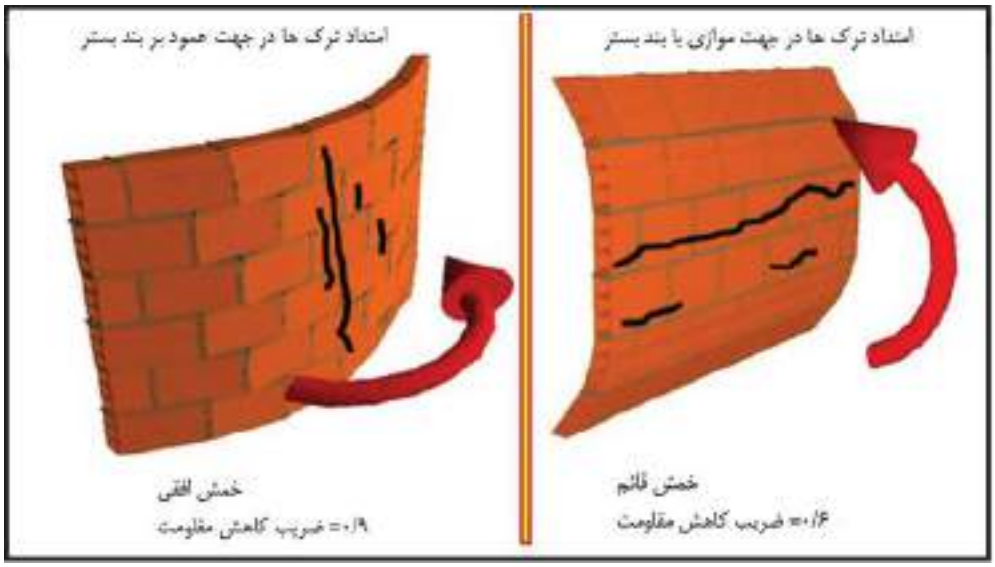
مقاومت خمشی طراحی دیوارهای بنائی در راستای قائم (غیر مسلح) با ضرب مقاومت اسمی در ضریب کاهش مقاومت φ به دست خواهد آمد.

$$M_d = \varphi M_n \qquad (۷-۱۲)$$

مقدار این ضریب برای راستای قائم (غیرمسلح) برابر با ۰/۶ و برای راستای مسلح به میلگرد بستر برابر با ۰/۹ تعیین می‌شود.



شکل ۱۲-۲- توزیع کرنش و نیرو در مقطع دیوار بنایی با میلگرد بستر ساخته‌شده از واحد بنایی توخالی



شکل ۱۲-۳- خمش افقی و قائم به همراه ضرایب کاهش مقاومت خمشی در دیوار بنایی دارای میلگرد بستر افقی

۱۲-۲-۲-۳-۲- تقاضای وارد بر دیوار بنایی

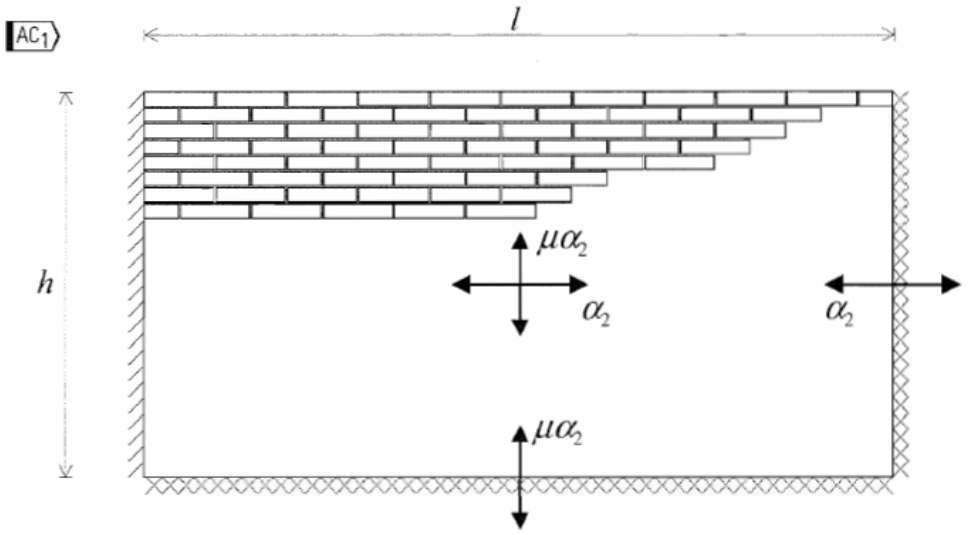
بارهای خارج از صفحه وارد بر دیوار بنایی، براساس ترکیب بارهای مشخص شده در فصل سوم تعیین می‌شود (ω_u). نسبت مقاومت خمشی اسمی دیوار در راستای قائم (غیرمسلح) به مقاومت خمشی اسمی دیوار در راستای افقی (مسلح) تعیین می‌شود.

$$\mu = \frac{M_{n1}}{M_{n2}} \qquad (۸-۱۲)$$

براساس مقدار نسبت h/l و همچنین، وضعیت اتصالات پیرامونی دیوار، ضریبی به نام α_2 تعیین می‌شود. با توجه امکان اتصال یا عدم اتصال به سقف با توجه به ضوابط این فصل، در روش تسلیح با میلگرد یا تسمه در راستای افقی و الزام عدم آزاد بودن لبه دیوار، یکی از دو وضعیت چهار طرف مفصل و یا سه طرف مفصل و یک طرف آزاد (در صورت عدم اجرای نبشی مهار دیوار در تراز سقف) در این روش تسلیح امکان‌پذیر است که جداول متناظر آن در جداول ۱۲-۲ و ۱۲-۳ مشخص شده است. در این جدول، h ارتفاع دیوار و l طول دیوار است.

جدول ۱۲-۲- ضرایب توزیع سهم خمشی دیوار در دو جهت (با توجه به شرایط چهار لبه مفصل)

μ	H/L							
	۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
۰/۵۰	۰/۰۱۴	۰/۰۲۸	۰/۰۴۴	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۰	۰/۰۸۵
۰/۴۰	۰/۰۱۷	۰/۰۳۲	۰/۰۴۹	۰/۰۶۲	۰/۰۷۱	۰/۰۷۸	۰/۰۸۴	۰/۰۸۸
۰/۳۵	۰/۰۱۸	۰/۰۳۵	۰/۰۵۲	۰/۰۶۴	۰/۰۷۴	۰/۰۸۱	۰/۰۸۶	۰/۰۹۰
۰/۳۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۸	۰/۰۵۵	۰/۰۶۸	۰/۰۷۷	۰/۰۸۳	۰/۰۸۹	۰/۰۹۳
۰/۲۵	۰/۰۲۳	۰/۰۴۲	۰/۰۵۹	۰/۰۷۱	۰/۰۸۰	۰/۰۸۷	۰/۰۹۱	۰/۰۹۶
۰/۲۰	۰/۰۲۶	۰/۰۴۶	۰/۰۶۴	۰/۰۷۶	۰/۰۸۴	۰/۰۹۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹۹
۰/۱۵	۰/۰۳۲	۰/۰۵۳	۰/۰۷۰	۰/۰۸۱	۰/۰۸۹	۰/۰۹۴	۰/۰۹۸	۰/۱۰۳
۰/۱۰	۰/۰۳۹	۰/۰۶۲	۰/۰۷۸	۰/۰۸۸	۰/۰۹۵	۰/۱۰۰	۰/۱۰۳	۰/۱۰۶



جدول ۱۲-۳- ضرایب توزیع سهم خمشی دیوار در دو جهت (با توجه به شرایط سه لبه مفصل و یک لبه آزاد- عدم مهار در زیر سقف)

μ	H/L							
	۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
۰/۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۶	۰/۰۷۳	۰/۰۸۳	۰/۰۹۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹۹	۰/۱۰۲
۰/۴۰	۰/۰۴۳	۰/۰۶۱	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷	۰/۰۹۳	۰/۰۹۸	۰/۱۰۱	۰/۱۰۴
۰/۳۵	۰/۰۴۵	۰/۰۶۴	۰/۰۸۰	۰/۰۸۹	۰/۰۹۵	۰/۱۰۰	۰/۱۰۳	۰/۱۰۵
۰/۳۰	۰/۰۴۸	۰/۰۶۷	۰/۰۸۳	۰/۰۹۱	۰/۰۹۷	۰/۱۰۱	۰/۱۰۴	۰/۱۰۷
۰/۲۵	۰/۰۵۰	۰/۰۷۱	۰/۰۸۵	۰/۰۹۴	۰/۰۹۹	۰/۱۰۳	۰/۱۰۶	۰/۱۰۹
۰/۲۰	۰/۰۵۴	۰/۰۷۵	۰/۰۸۹	۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۰/۱۰۵	۰/۱۰۸	۰/۱۱۱
۰/۱۵	۰/۰۶۰	۰/۰۸۰	۰/۰۹۳	۰/۱۰۰	۰/۱۰۴	۰/۱۰۸	۰/۱۱۰	۰/۱۱۳
۰/۱۰	۰/۰۶۹	۰/۰۸۷	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۰۸	۰/۱۱۱	۰/۱۱۳	۰/۱۱۵

مقدار تقاضای خمشی وارد بر دیوار در دو راستای قائم و افقی با استفاده از روابط زیر تعیین می‌شود:

$$M_{u2} = \alpha_2 \omega_u l^2 \qquad (۹-۱۲)$$

$$M_{u1} = \mu \times M_{u2} \qquad (۱۰-۱۲)$$

در این روابط، M_{u2} تقاضای خمشی افقی و M_{u1} تقاضای خمشی قائم است. در هر دو جهت افقی و قائم باید رابطه $M_d > Mu$ برقرار باشد.

۱۲-۲-۲-۴- طراحی وال‌پست

وال‌پست دو وظیفه اساسی دارد. محدود کردن طول آزاد دیوار و انتقال بارهای توزیع شده در راستای افقی به تیرها. در صورتی‌که نیروی وارده به دیوار از مقاومت خمشی آن در راستای قائم بیشتر باشد یک راهکار، توزیع عکس العمل دیوار در دو جهت افقی و قائم می‌باشد. بدین منظور با اجرای وال‌پست طول آزاد دیوار را محدود می‌کنند تا قسمتی از بارهای عمود بر صفحه وارده به دیوار در راستای افقی توزیع شوند. باید توجه داشت که در رفتار پوسته‌ای اگر نسبت یک بعد به میزان قابل توجهی بزرگتر از بعد دیگر شود رفتار به سمت رفتار استوانه سوق پیدا می‌کند و عملاً اجرای وال‌پست تاثیر مورد نظر

را نخواهد داشت. (سهم راستای افقی در صورتی‌که فاصله وال‌پست‌ها بیش از دو برابر ارتفاع دیوار باشد تقریباً نزدیک به صفر می‌شود) بنابراین حداکثر فاصله وال‌پست‌ها به ۴ متر محدود شده است. باید توجه کرد که مقاومت دیوار جداسازی شده غیر مسلح در راستای افقی ناچیز است. بنابراین اجرای وال‌پست باید همراه با تسلیح دیوار باشد چون در غیر اینصورت با اجرای وال‌پست تقاضای خمشی افقی در دیوار بیشتر از ظرفیت آن شده و اجرای وال‌پست بدون تسلیح دیوار باعث خرابی دیوار در نیروی کمتری می‌شود.

وال‌پست باید برای بار خمشی گسترده خارج از صفحه وارده بر آن با توجه به سهم بارگیر راستای افقی در بند ۱۲-۲-۲-۳ به صورت یک تیر دو سر مفصل طراحی شود. این سهم وابسته به میزان تسلیح دیوار در راستای افقی است. توجه شود که با توجه به فرض صرفنظر کردن از مقاومت افقی در دیوار فاقد تسلیح، طراحی و اجرای وال‌پست بلا موضوع است. در صورت طراحی وال‌پست با جزییات ارائه شده در این فصل لازم نیست که اثر نیروی محوری در نظر گرفته شود. اما در صورتی‌که برای وال‌پست کاملاً مهار شده از ضوابط این فصل استفاده نشود (وال‌پست به سقف جوش شود یا به هر طریق دیگر تحت اثر خیز سقف به آن نیرو اعمال شود) توجه شود که وال‌پست باید تحت اثر ترکیب نیروی محوری ناشی از خیز سقف و لنگر عمود بر صفحه ناشی از بار باد یا زلزله به صورت تیر-ستون طراحی شود. توجه شود که اجرای هر نوع وال‌پست در مجاورت ستون ممنوع می‌باشد.

۱۲-۲-۲-۵- طراحی دیوار تقویت شده با بتن مسلح شده با الیاف

در حالت تسلیح دیوار با ملات مسلح شده با مش الیاف در راستای قائم با توجه به افزایش ظرفیت خمشی در راستای قائم نیازی به توزیع بار عمود بر صفحه در دو راستا نمی‌باشد و همچنین نیازی به اجرای وال‌پست یا مهار دیوار در مجاورت ستون‌ها بایست یا نبشی نیست. در این حالت رفتار دیوار به صورت خمش یک جهته است. ظرفیت خمشی دیوار با فرض اینکه کشش توسط الیاف و فشار توسط بلوک تحمل می شود به صورت محافظه‌کارانه از رابطه زیر قابل محاسبه است. توجه شود در این محاسبات مقاومت الیاف پس از انجام آزمون مقاومت قلیایی استاندارد باید در محاسبات لحاظ شود. توجه شود که به علت رفت و برگشتی بودن بار باد و زلزله، تسلیح دیوار با ملات مسلح شده با مش الیاف باید در دو سمت دیوار انجام شود. توجه شود که مش الیاف مورد استفاده باید حتماً به صورت دو جهته باشد. در این حالت مش راستای عمود باعث انتقال بار از طریق ملات به الیاف و عملکرد مناسب الیاف در ملات نازک می شود.

$$M_d = 20\varphi\gamma f_{tf} t_w \qquad (۱۱-۱۲)$$

که در آن :

M_d مقاومت خمشی یک متر طول دیوار برحسب N.m/m

γ: نسبت پوشش سطح دیوار با مش الیاف به کل سطح دیوار است.

f_{tf} : متوسط مقاومت کششی منهای انحراف معیار، پنجاه میلی‌مترعرض مش الیاف برای ۶ نمونه مش الیاف پس از ۲۸ روز قرارگیری در محلول قلیایی طبق استاندارد مربوطه بر حسب N می‌باشد.

t_w: ضخامت بلوک بر حسب m می‌باشد و

φ ضریب کاهش مقاومت است که برابر با ۰/۹ می‌باشد.

مقدار تقاضای خمشی وارد بر دیوار در راستای قائم M_u با استفاده از روابط زیر تعیین می‌شود:

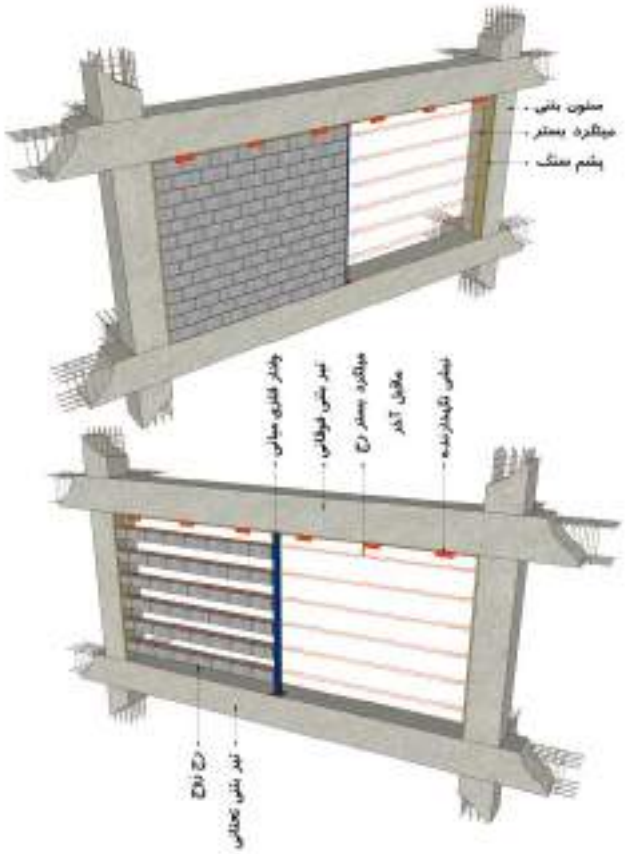
$$M_u = 0.125\omega_u h^2 \qquad (۱۲-۱۲)$$

که در آن ω_u بارهای خارج از صفحه وارد بر دیوار بنایی، براساس ترکیب بارهای مشخص شده در فصل سوم است و h ارتفاع آزاد دیوار می‌باشد. همچنین اجرای بتن مسلح شده با مش الیاف بر مودهای خرابی مقاومت داخل صفحه دیوار تاثیر می‌گذارد.

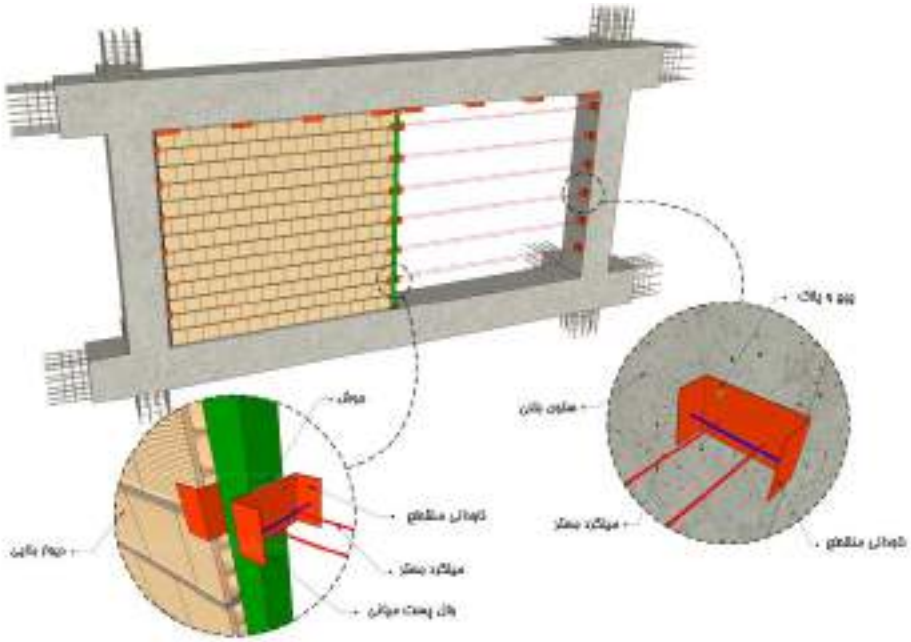
۱۲-۳-جزییات اجرایی دیوارهای خارجی

اتصال دیوارها به سازه باید به نحوی انجام شود که در اثر خیز تیرهای زیر و بالای دیوار، جابجایی نسبی طبقات و یا عوامل وارد آورنده نیروی خارج از صفحه از جمله زلزله، باد و ...، قطعه دیوار پایدار بماند و عملکرد آن حفظ شود و از ایجاد ترک شدید در دیوار جلوگیری نماید. در این بند اتصالات مجاز برای دیوار ارائه شده است.

یک روش تسلیح دیوارهای بلوکی تسلیح آن‌ها در جهت افقی با استفاده همراه با وال‌پست قائم می‌باشد (شکل ۱۲-۴). این مسئله در دیوارهای بلوکی اجرا شده با ملات سیمانی می‌تواند با استفاده از میلگرد بستر خرپایی یا نرده‌بانی (شکل ۱۲-۵) و در دیوارهای اجرا شده با ملات بستر نازک (ضخامت ملات کمتر از ۳ میلی‌متر) یا چسب پلی‌یورتان با استفاده از بست‌های نازک فولادی منقطع یا پیوسته انجام شود (شکل ۱۲-۶). میلگردها و بست‌های مورد استفاده باید به نحوه مناسبی در برابر خوردگی محافظت شوند و در هر یک از دو حالت خرپایی یا نرده بانی با توجه به اینکه انتقال نیرو بین ملات و میلگرد طولی، توسط میلگردهای مورب یا عمود انجام می‌شود نیازی به آجدار بودن میلگرد بستر نیست.

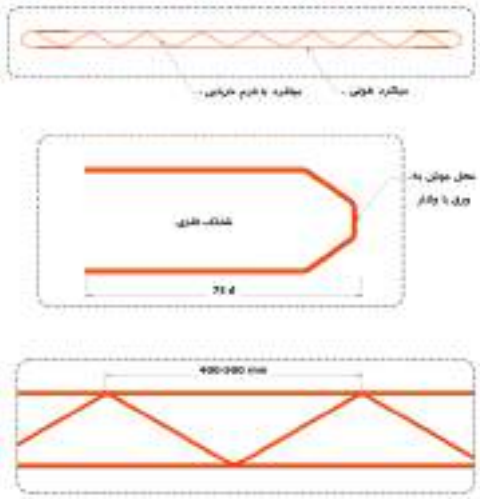


الف- با اجرای بست vشکل انتهایی در محل اتصال به ستون

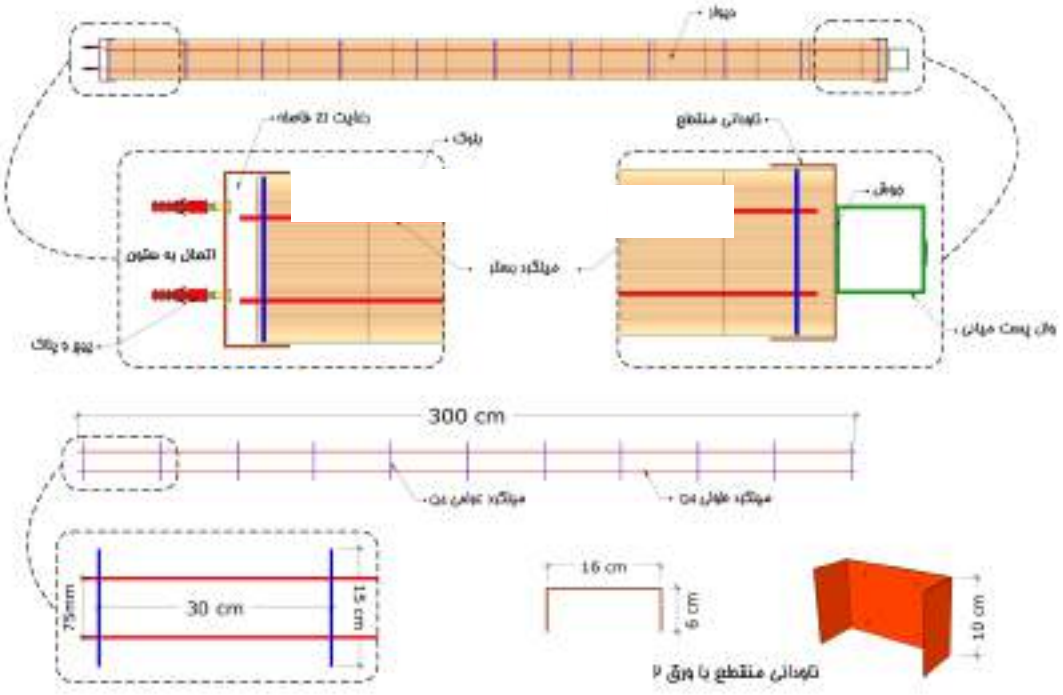


ب-با اجرای ناودانی منقطع در محل اتصال به ستون

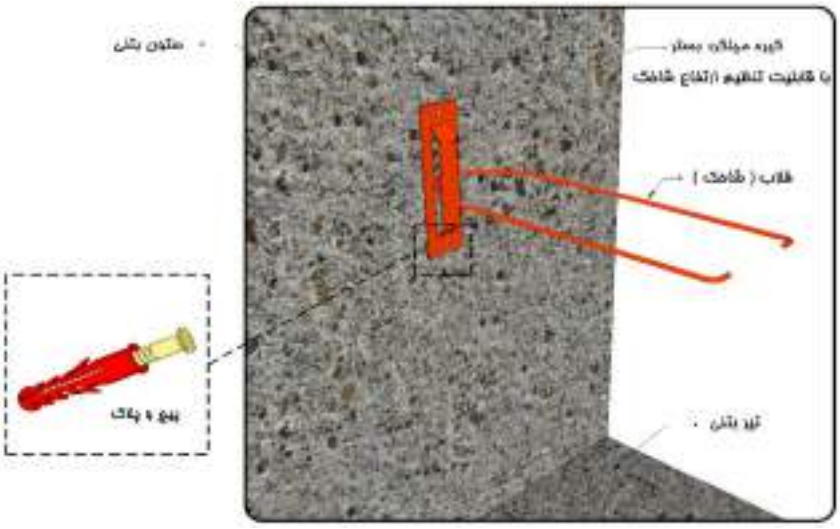
شکل ۱۲-۴- دیوار خارجی بلوکی دارای ملات سیمانی مسلح شده به میلگرد بستر



الف میلگرد بستر خرپایی

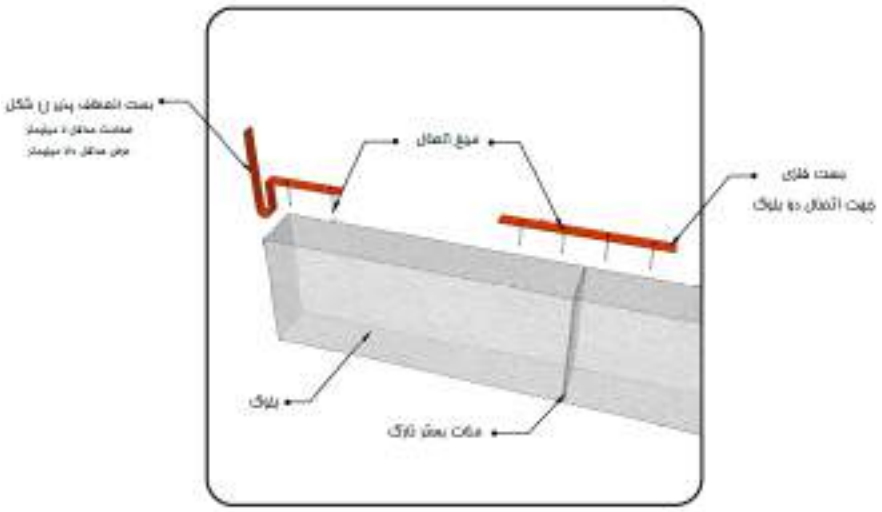


ب- میلگرد بستر نرده بانی و ناودانی انتهایی در محل اتصال به ستون



ج- بست انتهایی V شکل در محل اتصال به ستون یا وادار

شکل ۱۲-۵- نمونه‌هایی از انواع میلگرد بستر



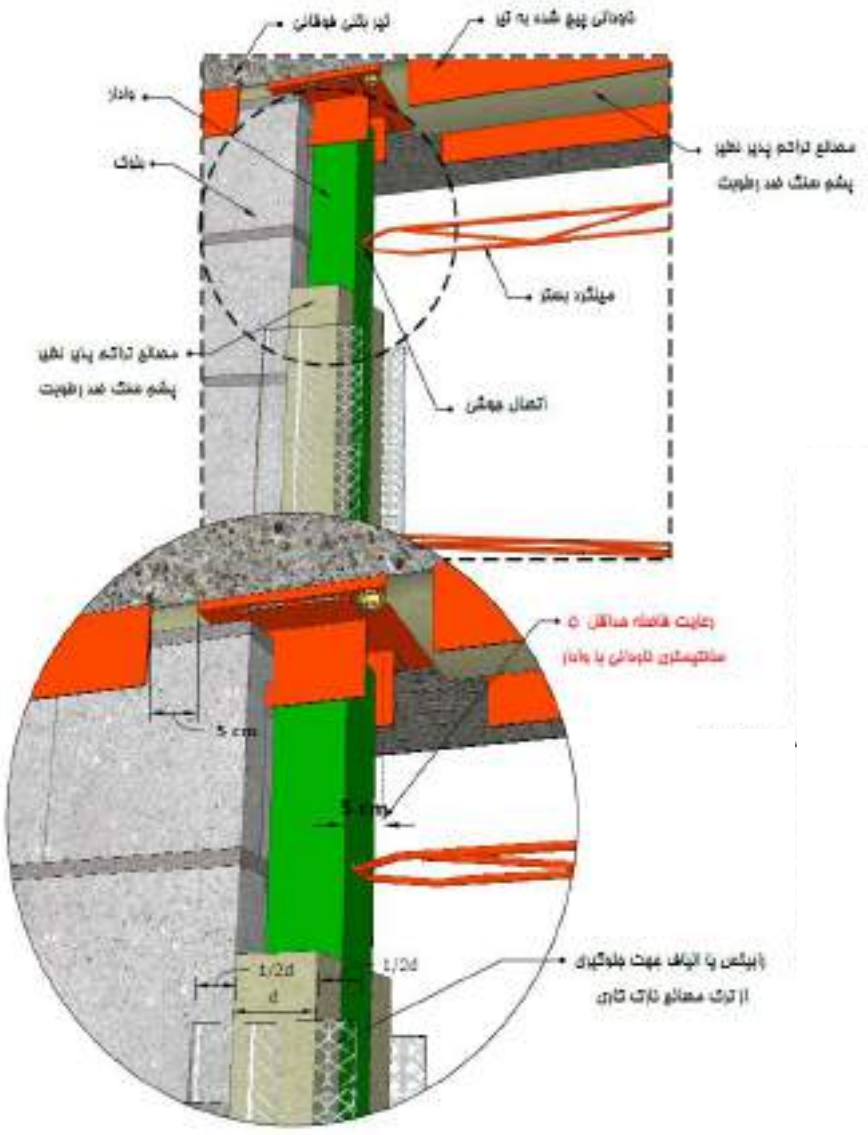
شکل ۱۲-۶- بست‌های فلزی منقطع در دیوارهای بلوکی ساخته شده از ملات بستر نازک

۱۲-۳-۱-وادارها

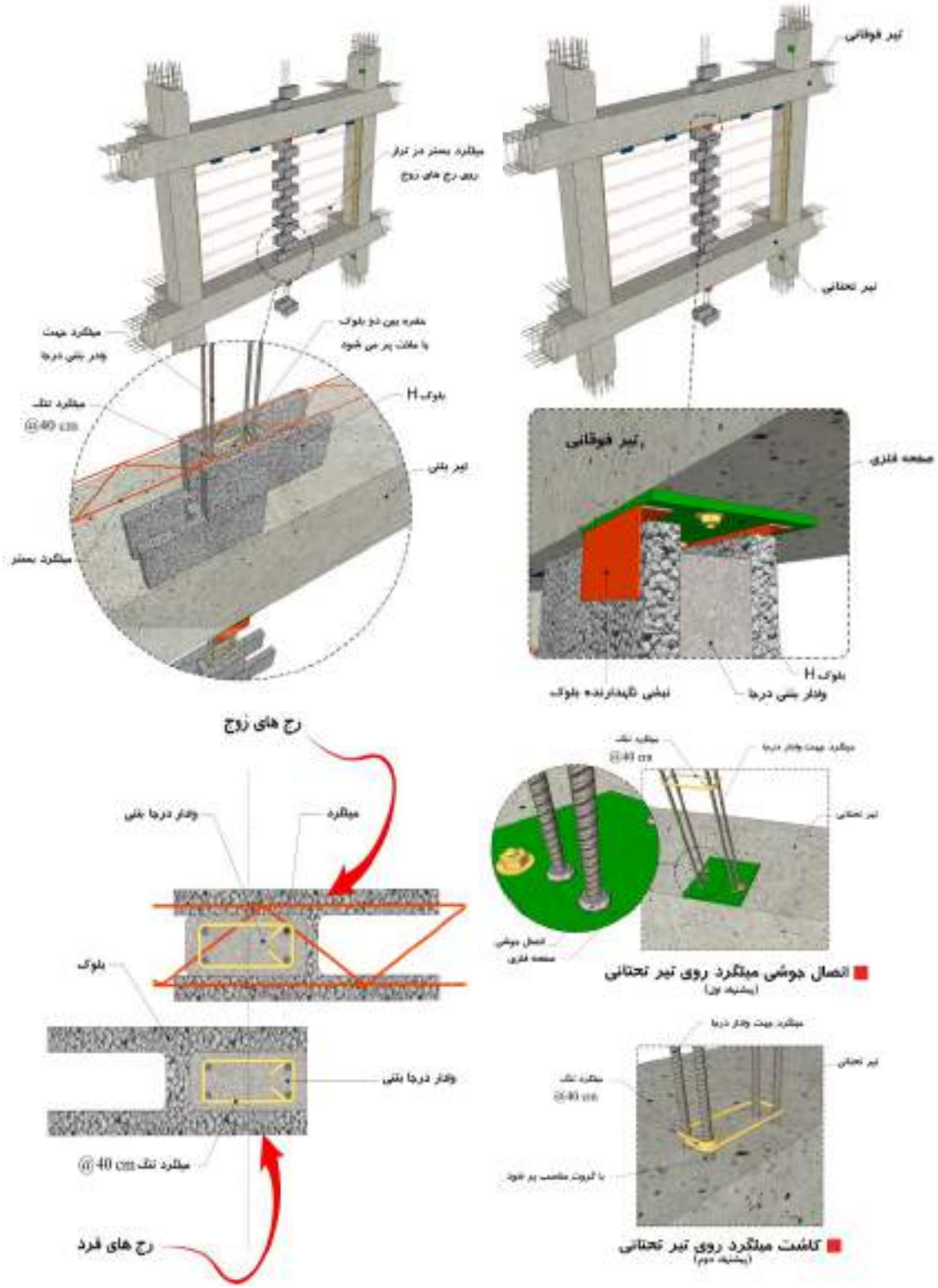
در صورتی‌که طول دیوار از مقادیر مجاز برا ساس طراحی (حداکثر ۴ متر) بی شتر شود، از ع ضو قائم با مقطع فولادی یا بتنی (وادار) به عنوان تکیه‌گاه جهت مهار خارج از صفحه دیوار و اجزای مسلح کننده آن استفاده می‌شود. اجرای وادار در مجاورت ستون‌ها در تمام سیستم‌های سازه‌ای ممنوع است و حداقل فاصله وادار از ستون یک متر می‌باشد.

وادار باید با اتصال مفصلی به کف سازه ای طبقه متصل شود. اتصال وادار در زیر تراز سقف بهتر است در راستای داخل صفحه به صورت کشویی باشد تا امکان جابجایی درون صفحه دیوار فراهم شود. در دیوارهایی که در خارج از قاب سازه‌ای قرار دارند باید ابتدا و انتهای دیوار توسط وادار مهار شود، همچنین می‌توان در محل تقاطع دیوارها نیز از وادار استفاده نمود. وادارهای ابتدا و انتهای دیوار و محل‌های تقاطع باید به صورت تلسکوپی باشند تا تحت اثر بارهای محوری ناشی از

تغییرشکل تیر سقف تحت اثر خزش، بارهای ثقلی و لرزه‌ای قرار نگیرند. در این حالت وادار در دو راستا مهار شده است و تحت اثر جابجایی نسبی طبقه قرار می‌گیرد بنابراین همان ضوابط جدا سازی که در مجاورت ستون باید رعایت شود در مجاورت این وادارها نیز باید رعایت شود. اجرای وادار در مجاورت ستون‌ها و دیوارهای برشی در هر نوع سیستم سازه‌ای ممنوع است. در دیوارهای خارجی روی سطح وادار باید به وسیله پشم سنگ ضد رطوبت به منظور عایق بندی پوشانده شود و بر روی آن یک لایه مش الیافی یا رابیتس برای جلوگیری از ترک‌خوردگیِ نازک‌کاری اجرا شود (شکل ۱۲-۷). می‌توان به عنوان جایگزین وادار فولادی از وادار بتنی نیز استفاده نمود. در این حالت می‌توان از بلوک‌های توخالی به عنوان قالب وادار بتنی استفاده نمود و در حین اجرای دیوار، داخل بلوک‌ها را نیز با ملات پر نمود. نمونه‌ای از این نوع وادار و جزییات اجرایی آن در شکل (۱۲-۸) ارائه شده است.



شکل ۱۲-۷- اجرای عایق پشم سنگ و مش الیاف یا رابیتس بر روی وادار



شکل ۱۲-۸- نمونه‌ای از وادار بتنی و جزییات اجرایی آن در دیوار بلوکی

۱۲-۳-۱-۱-۱-اتصال دیوار به وادار

در دیوارهای غیرسازه‌ای در فواصل بین ستون‌ها برای مهار خارج از صفحه دیوارها بسته به نوع و طول دیوار، ممکن است

نیاز به وادار باشد. برای انتقال بار به وادار استفاده از اتصالات جوشی یا پیچی و نظایر آن‌ها به وادار مجاز است ولی نباید به مقاومت اصطکاکی ناشی از بارهای ثقلی اکتفا شود.

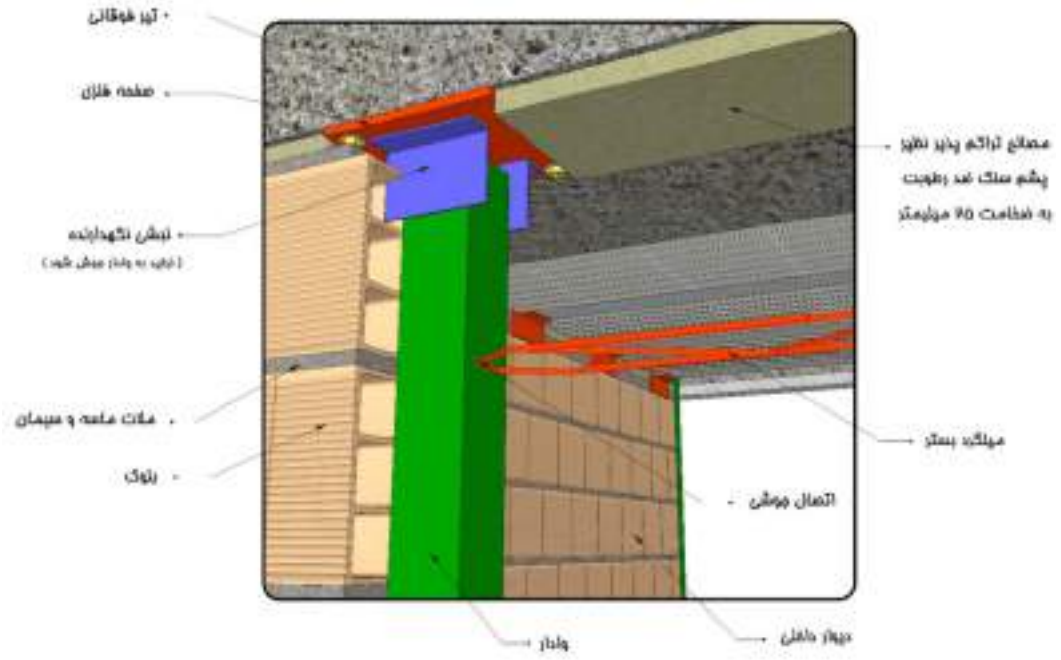
نحوه اتصال دیوار به وادار بستگی به شرایط تکیه‌گاهی وادار دارد در صورتی‌که وادار در تراز سقف در دو راستا مهار شود نحوه اتصال دیوار به وادار مانند نحوه اتصال به ستون و با جدا سازی می‌باشد اما اگر وادار به صورت کشویی اجرا شود می‌توان دیوار را به وادار چسباند.

۱۲-۳-۱-۲- اتصال وادار به قاب سازه‌ای

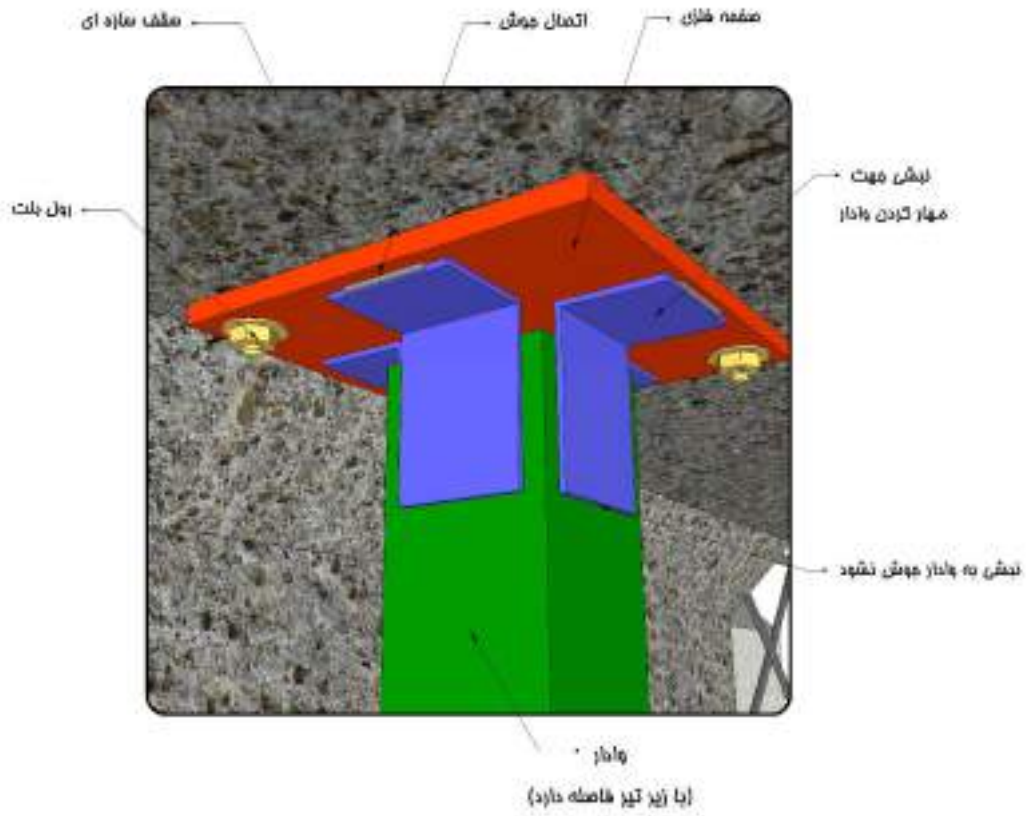
در دیوارهای بلوکی که نیاز به وادار دارند اتصال وادار به قاب سازه‌ای در تراز زیر سقف یا تیر به دو صورت امکان‌پذیر است. یک حالت اجرا استفاده از اتصال کشویی برای وادار، در راستای درون صفحه دیوار، در زیر سقف یا تیر می‌باشد. در این حالت مجموعه دیوار و وادار همزمان از آزادی در حرکت جانبی برخوردارند. وادارها نباید به نبشی‌های تعبیه شده در تیرها که تنها جهت جلوگیری از حرکت خارج از صفحه نصب شده‌اند جوش شوند (شکل ۱۲-۹- الف). با توجه به اتصال کشویی وادار نیازی به رعایت فاصله جداسازی دیوار در مجاورت وادارها نمی‌باشد و دیوار می‌تواند از برِ وادار چیده شود.

روش دیگرِ اتصال وادار به قاب سازه‌ای، استفاده از اتصال تلسکوپی است. اجرای اتصال به صورت تلسکوپی به این دلیل است که وادار، تحت اثر نیروی محوری ناشی از بارهای ثقلی یا لرزه‌ای، براثر تغییر شکل‌های تیر قرار نگیرد. در این حالت وادار در برابر حرکت جانبی در هر دو راستا مقید می شود. در این حالت جزییات اتصال دیوار به این وادارها مانند اتصال به ستون‌ها می‌باشد. در این حالت فاصله جدا سازی حداقلِ دو مقدار ۳ سانتی‌متر و ٪ ۱ ارتفاع طبقه بین وادار و دیوار باید رعایت شود (شکل ۱۲-۹- ب).

توجه شود که در دیوارهای واقع در خارج قاب، وادارهای دو انتهای دیوار باید با اتصال تلسکوپی اجرا شوند.



الف- به صورت اتصال کشویی با استفاده از نبشی

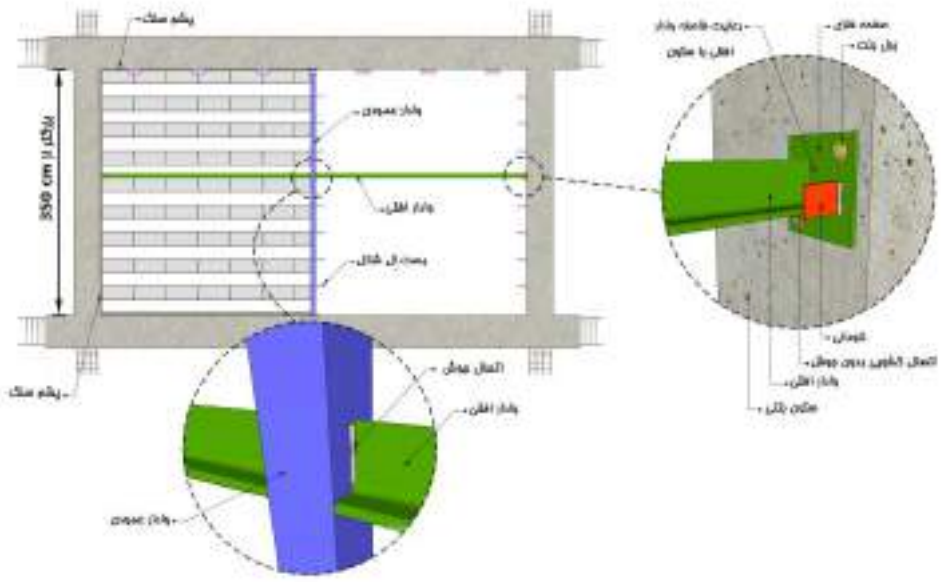


ب- اتصال وادار انتهایی در دیوارهای خارج از قاب به صورت تلسکوپی

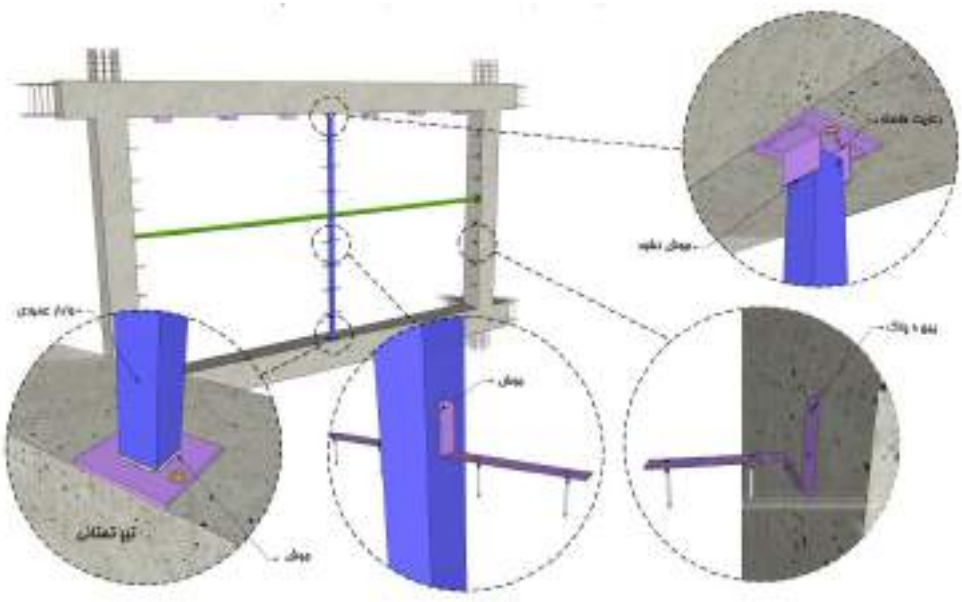
شکل ۱۲-۹- اتصال وادار به سقف

۱۲-۳-۲-تیرک‌ها (دیوارهای با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر)

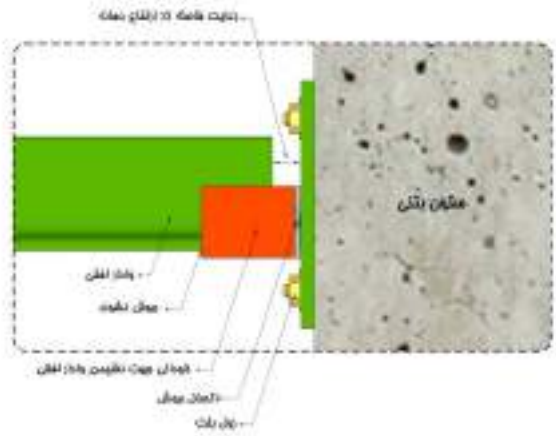
در دیوارهای با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر باید با اســتفاده از عضــو افقی با مقطع فولادی یا بتنی (تیرک) ارتفاع آزاد دیوار را کاهش داد. در این حالت برای این‌که جداسازی دیوار از قاب سازه‌ای به نحو مناسب انجام شود، نحوه اجرای تیرک باید به صورتی باشد که تیرک به صورت کامل بر روی دیوار بنشیند و بار ثقلی دیوار فوقانی نباید به تیرک منتقل شود. به عنوان نمونه در شکل ۱۲-۱۰ نحوه اجرای تیرک و وادارها در یک دیوار ۶ متری و در شکل ۱۲-۱۱ جزییات اتصالات آن نشان داده شده است. اتصال انتهای تیرک به ستون نیز باید به صورت نشیمن با قابلیت جابجایی در راستای دیوار مطابق شکل ۱۲-۱۲ باشد. در این حالت نیز حداقل فاصله وادار از ستون یک متر و حداکثر ۴ متر می‌باشد.



شکل ۱۲-۱۰- دیوارهای بلوکی با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر دارای تیرک و وادار



شکل ۱۲-۱۱- جزییات اجرایی اتصال تیرک و وادار در دیوار با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر



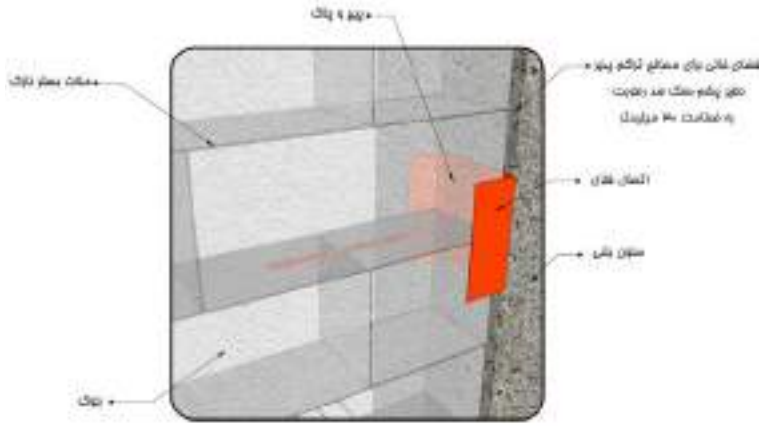
شکل ۱۲-۱۲- جزییات اجرایی اتصال تیرک و وادار در دیوار با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر

۱۲-۳-۳-روش‌های اتصال دیوار به اعضای قائم سازه‌ای

اتصال لبه قائم دیوارها به ستون‌ها و دیوارهای برشی ساختمان یا هر عضو قائم سازه‌ای دیگر در سازه باید به گونه‌ای باشد که ممانعتی در برابر جابجایی نسبی ایجاد نکند. در دیوارهای پانلی نیازی به اتصال بین دیوار و ستون وجود ندارد و فوا صل بین این دو باید با مواد تراکم‌پذیر مانند پ شم سنگ ضد رطوبت پر شود و بر روی آن در نازک‌کاری از یک لایه شبکه الیاف یا رابیتس استفاده شود.

الف- اتصال کشویی با استفاده از دو نبشی یا ناودانی

یکی از روش‌های منا سب برای اتصال دیوار به عضو قائم سازه‌ای، ا ستفاده از اتصال کشویی در محل تماس، به و سیله نبشی یا ناودانی منقطع یا پیوسته است. در این حالت استفاده از نبشی و یا ناودانی‌های گرم نورد یا سرد نورد شده فولادی در طرفین دیوار که به نحو مناسبی به عضو قائم سازه‌ای اتصال داده شده باشد، توصیه می‌شود (شکل ۱۲-۱۳).



شکل ۱۲-۱۳- مهار دیوار خارجی ساخته شده از بلوک به ستون با استفاده از نبشی یا ناودانی

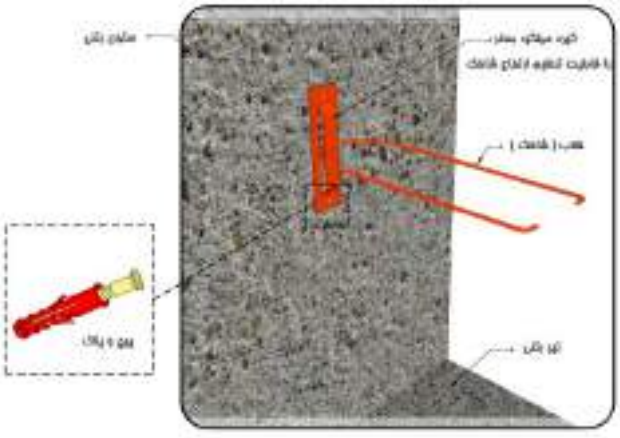
ب- اتصال با بست‌های انعطاف پذیر U شکل

از اتصالات U شکل لغزشی برای مهار خارج از صفحه و در عین حال تأمین آزادی حرکت در درون صفحه دیوار می‌توان استفاده نمود (شکل ۱۲-۱۴-الف).

ج-شاخک انتهایی

در صورت استفاده از میلگرد بستر از شاخک انتهایی آن جهت اتصال دیوار به ستون در جهت خارج می‌توان استفاده نمود و نیازی به استفاده از نبشی یا ناودانی نمی‌باشد (شکل ۱۲-۱۴-ب).

الف- اتصال دیوار خارجی ساخته شده از بلوک به ستون با استفاده از بست انعطاف‌پذیر U شکل



ب- استفاده از شاخک انتهایی به همراه میلگرد بستر

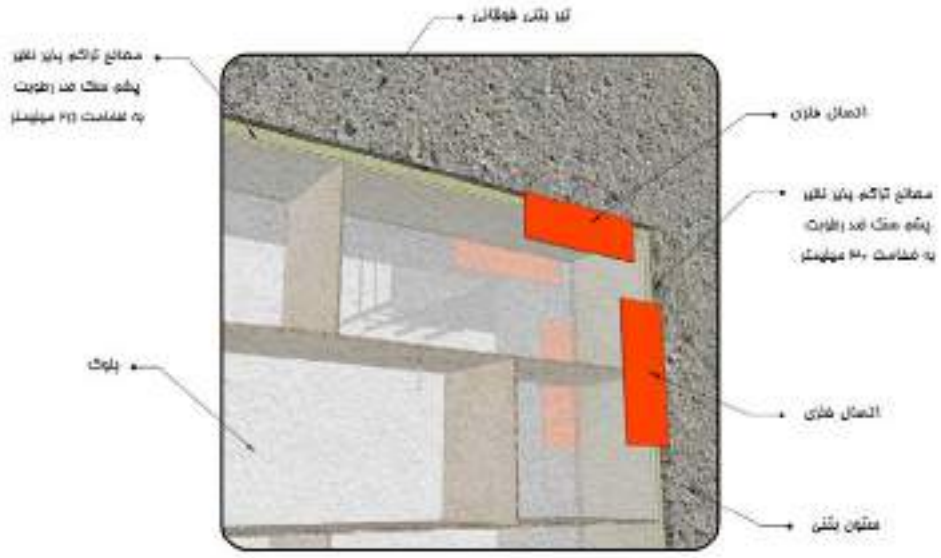
شکل ۱۲-۱۴ –روش‌های مهار دیوار به ستون جهت نیروی خارج از صفحه

۱۲-۳-۴-اتصال دیوار به زیر سقف

اتصال دیوار به زیر سقف باید به صورت اتصال لغزشی بدون اتصال مستقیم دیوار به سقف و با استفاده از مهار خارج از صفحه دیوار با قطعاتی از قبیل نبشی یا ناودانی اجرا شود (شکل ۱۲-۱۵). انتخاب نوع اتصال بستگی به وضعیت دیواری دارد که بین اعضای قائم شامل ستون، دیوار و یا وادار مهار شده است. در سازه‌های بتنی چنانچه بر اساس نوع سقف

امکان پیش‌بینی اتصالات مناسب لغزشی در زمان ساخت عضو سازه‌ای برای بالای دیوار نباشد می‌توان این اتصال را با کاشت میل مهار پس از اجرای تیر انجام داد. باید توجه شود که در این صورت کاشت میل مهار باید در هسته تیر بتنی انجام شود و کاشت و اتصال به پوشش بتن مجاز نیست. حداقل فاصله بالای دیوار تا زیر سقف برابر با بیشترینِ دو مقدار ۲۵ میلی‌متر و حداکثر خیز دراز مدت سقف در امتداد دیوار در نظر گرفته شود.

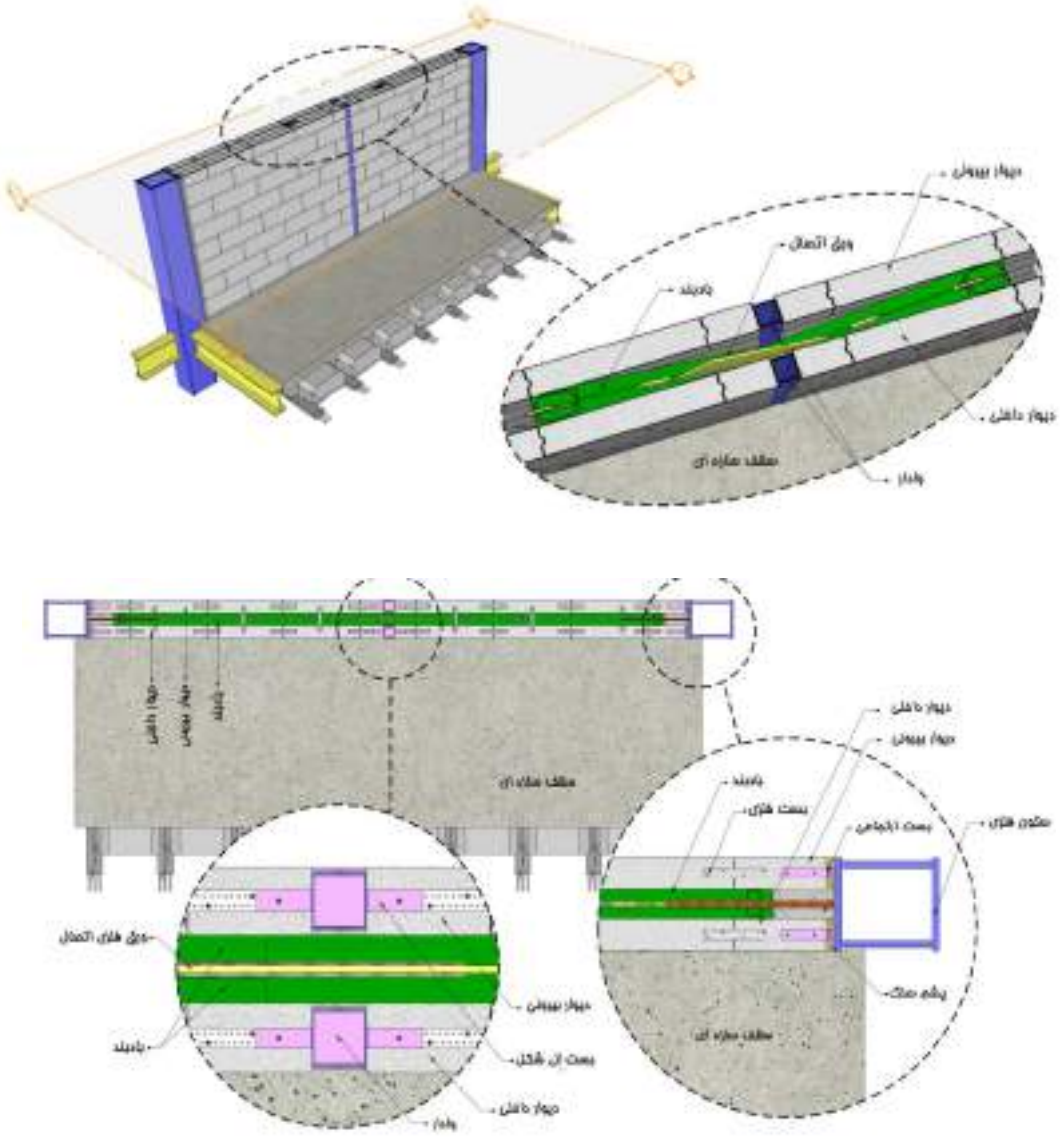
لبه بالایی دیوار را می‌توان با استفاده از دو نبشی و یا ناودانی که به طریق مناسب به سقف سازه متصل می شود مهار نمود. ناودانی و یا نبشی‌ها نباید به دیوار یا وادار پیچ، میخ یا جوش شوند. با این اتصال امکان حرکت آزادانه دیوار در درون صفحه تأمین می‌شود. فاصله بالای دیوار تا سقف باید در حدی باشد که تیر بتواند آزادانه خیز داده و اتصالی با دیوار پیدا نکند. نبشی‌ها به ترتیب ابتدا در یک سمت اجرا و پس از دیوارچینی و قرارگیریِ بالاترین بلوک دیوار، نبشی دوم متصل می‌شود. نبشی می‌تواند به صورت سرد نورد یا گرم نورد و به شکل منقطع یا پیوسته باشد.



شکل ۱۲-۱۵- جزییات اجرایی در محل تلاقی دیوار با سقف - اتصال دیوار به سقف با استفاده از نبشی

۱۲-۳-۵-اجرای دیوار در دهانه‌های مهاربندی

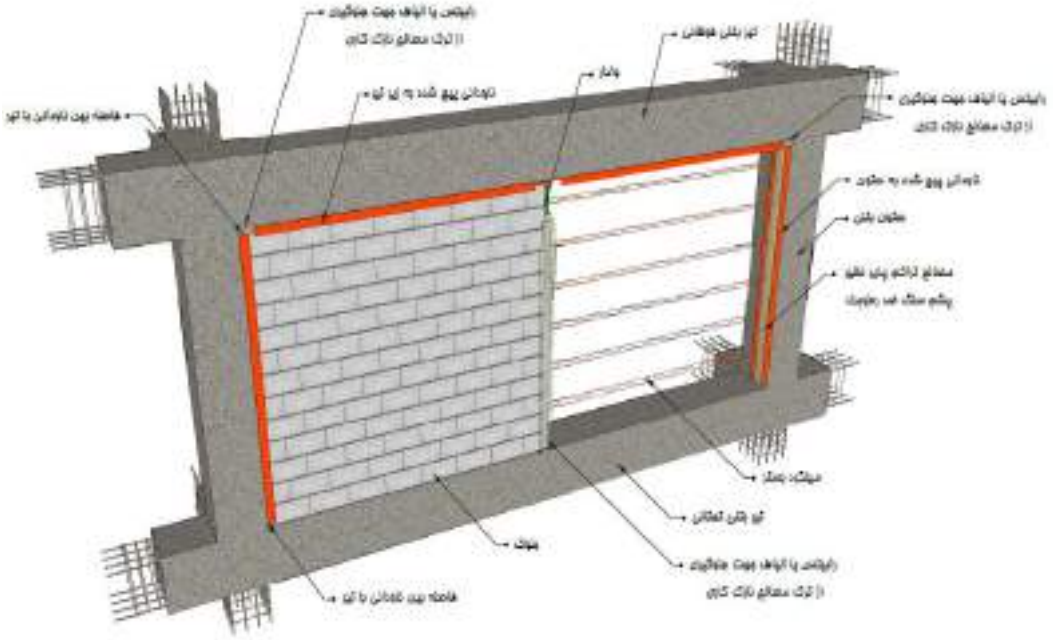
در دهانه‌های مهاربندی در تمام ساختمان‌ها، دیوار باید در جهت داخل صفحه از قاب سازه‌ای جداسازی شود. اجرای دیوار در محور مهاربند با هرگونه تماس یا اتصال به مهاربند با توجه به اینکه مانع از عملکرد صحیح و رفتار مناسب مهاربند می‌شود ممنوع است. دیوار باید خارج از محور مهاربند و با جزییات جداسازی ارائه شده در شکل (۱۲-۱۶) اجرا شود. در صورت نیاز می‌توان برای عدم نمایان بودن مهاربند از دو دیوار در دو سمت مهاربند که فاقد هرگونه اتصال و درگیری با مهاربند باشند استفاده کرد.



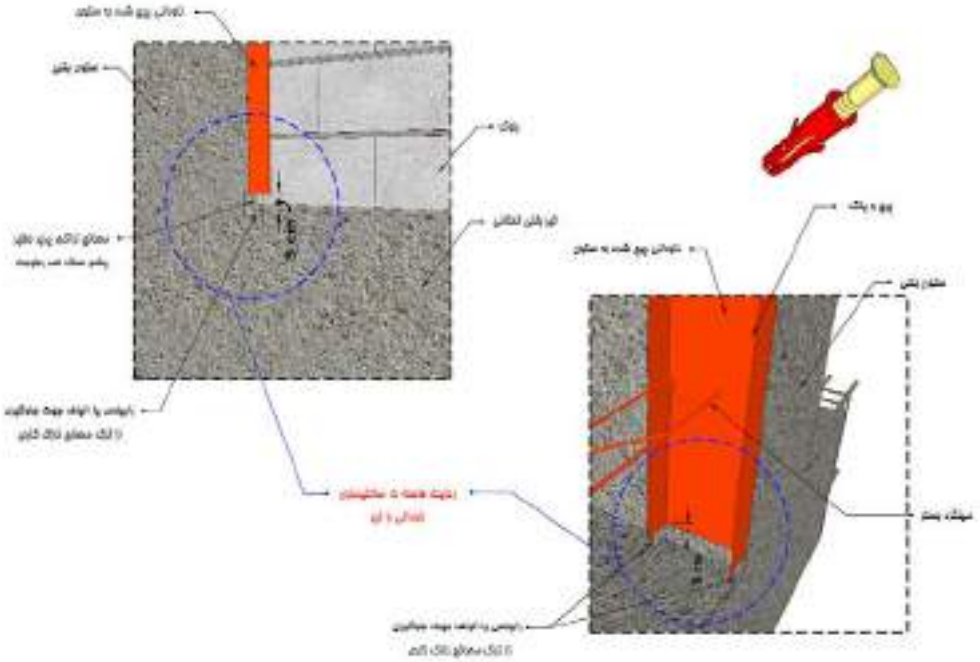
شکل۱۲-۱۶- نمونه ای از اجرای دیوار با ملات بستر نازک در دهانه مهاربند

۱۲-۳-۶-جزییات اجرای دیوار در بیمارستان‌ها

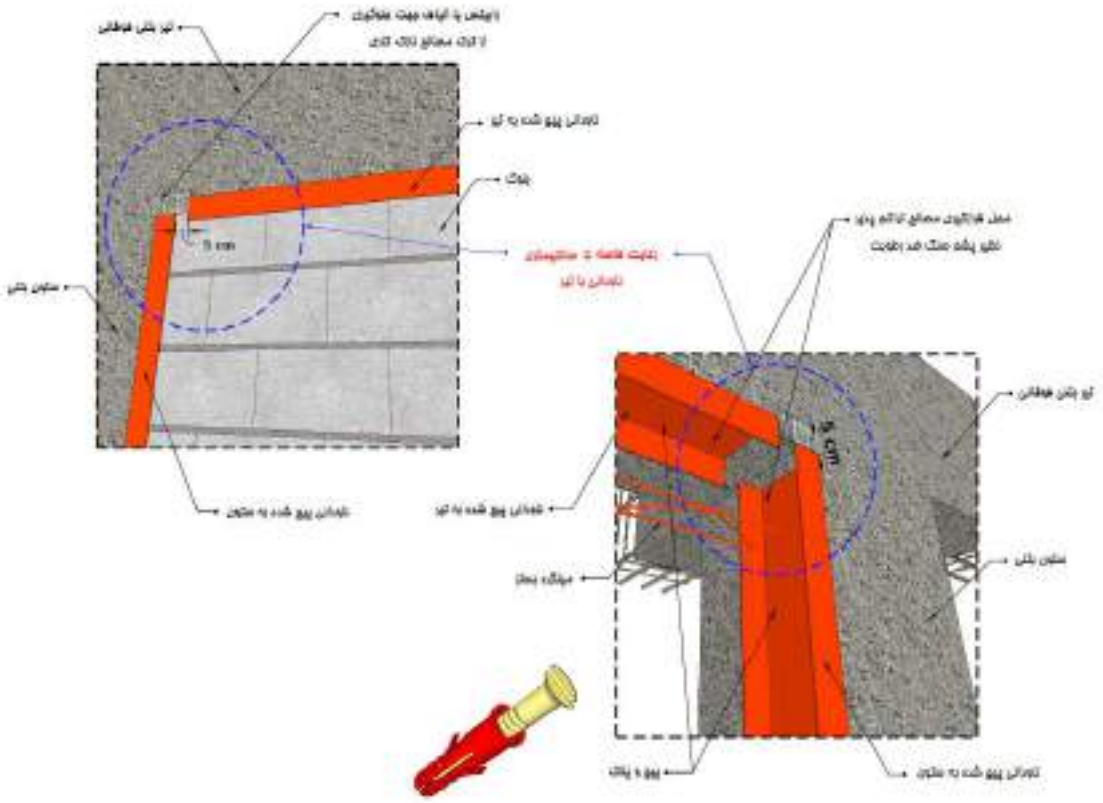
در بیمارستان‌ها جهت جلوگیری از ایجاد هرگونه ترک در دیوار در هنگام زلزله و خارج نشدن فضاهای استریل از سرویس‌دهی، ضروری است در مجاورت تیر و ستون از قطعات ناودانی سرتاسری، که داخل آن به اندازه یک درصد ارتفاع طبقه از مواد تراکم پذیر نظیر پشم سنگ ضد رطوبت پر شده است، مطابق شکل ۱۲-۱۷ و شکل ۱۲-۱۸ استفاده شود. این جزییات برای هر دو نوع دیوارهای بلوکی و پانلی لازم الاجرا می‌باشد.



شکل ۱۲-۱۷- اجرای ناودانی سرتاسری در مجاورت تیر و ستون در دیوارهای بیمارستانی



الف- عدم اتصال ناودانی قائم به کف طبقه



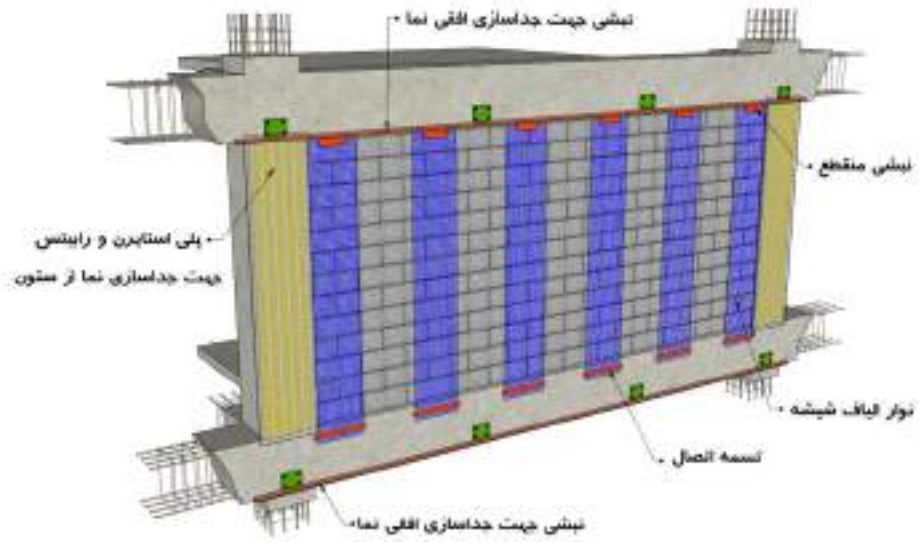
ب- عدم اتصال ناودانی قائم و افقی به یکدیگر

شکل ۱۲-۱۸- جزییات اتصال ناودانی سرتاسری به تیر و ستون

۱۲-۳-۷- مسلح‌کردن دیوار با شبکه الیاف

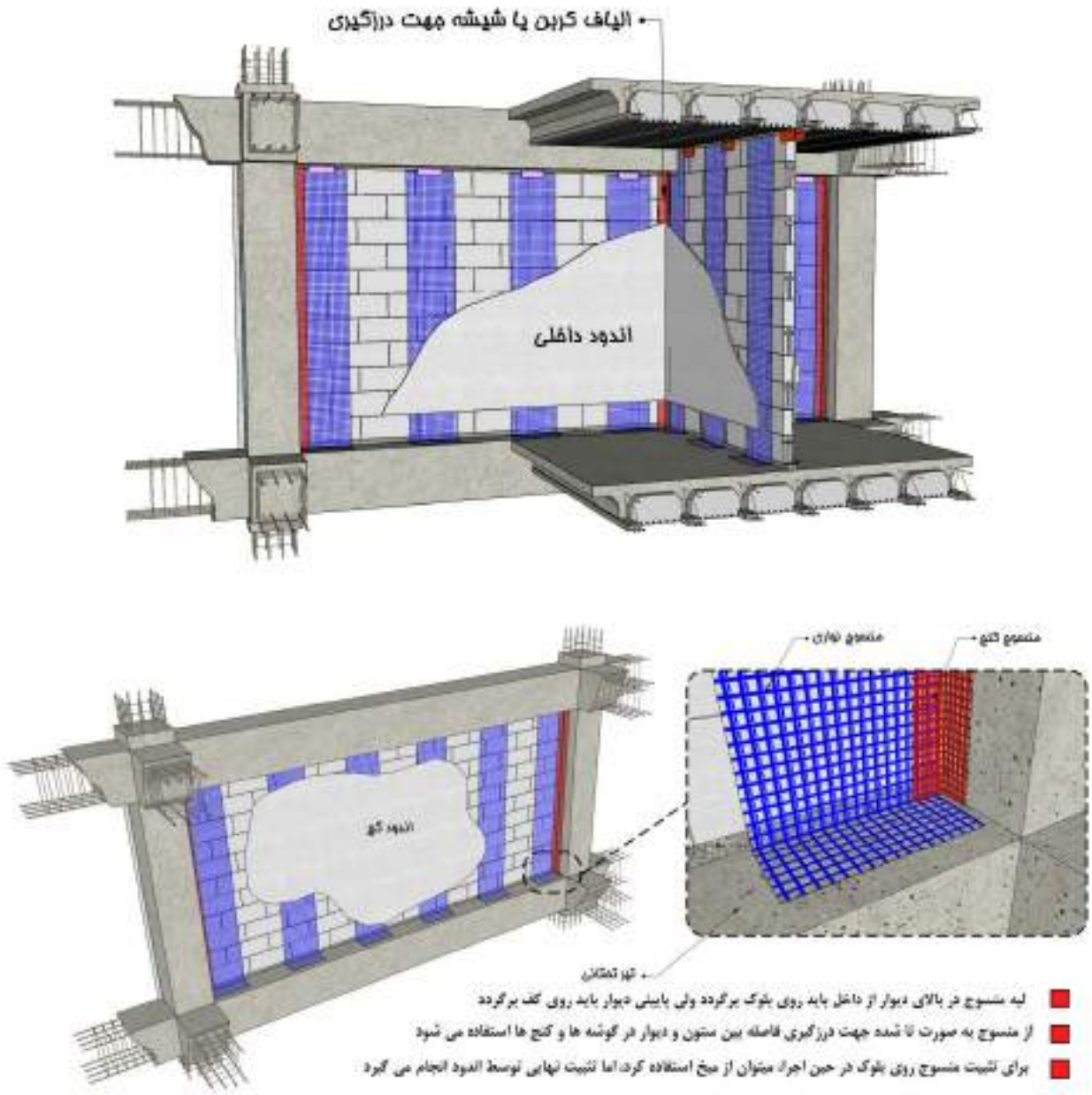
یک روش مهار لرزه‌ای دیوارها، مسلح‌کردن آن با شبکه الیاف می‌باشد. در این روش خمش دیوار، یک طرفه و در راستای قائم می‌باشد. بنابراین دیوار نیازی به وادار ندارد و محدودیتی در طول دیوار وجود ندارد. توجه شود که در این حالت در لبه‌های دیوار و کنار بازشوها باید بر روی دیوار از شبکه الیاف استفاده نمود. در این روش نوارهای شبکه‌ای ساخته شده از الیاف شیشه بر روی دیوار قرار داده شده و نازک‌کاری بر روی آن به صورت پاششی با دست یا با دستگاه اجرا می‌شود. بعد از انجام لایه اول پاشش، نبشی مهار خارج صفحه دیوار باید در بالا و پایین دیوار اجرا شده و لایه نهایی نازک‌کاری دیوار بر روی نبشی اجرا شود. در این روش، درصورتی‌که نازک‌کاری روی دیوار از جنس سیمان انتخاب شده باشد، الیاف شیشه مقاوم به قلیا (AR-Glass) با مقاومت تسلیم بیش از ۱۰۰۰ MPa مناسب بوده و در صورتی‌که نازک‌کاری از جنس گچ منظور شده باشد، استفاده از الیاف شیشه E-Glass نیز با همان مقاومت تسلیم مجاز است (شکل‌های ۱۲-۱۹ و ۱۲-۲۰). در هر دو صورت، مقدار الیاف مورد نیاز با توجه به مشخصات آن باید براساس روش محاسباتی ذکر شده در بند ۱۲-۲-۵، محاسبه شود. این روش با توجه به حذف وادارها می‌تواند نسبت به سایر روش‌ها از هزینه کمتری برخوردار بوده و برای ساختمان‌های موجود نیز قابل کاربرد می‌باشد.

شبکه الیاف یک ساختار شبکه‌ای متشکل از نخ‌های ممتد است که به یکدیگر متصل شده‌اند. شبکه الیاف ساختار دو جهته دارد. در مش دوطرفه در هر دو جهت نخ‌ها از مقاومت کششی بالایی برخوردار می‌باشند. فاصله بین چشمه‌ها (یک نخ تا نخ مجاور) در ساختار شبکه‌ای بنا به طراحی می‌تواند متفاوت باشد. اما این فاصله نباید از ۵ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین حداکثر اندازه سنگدانه مورد استفاده در ملات، برای اتصال شبکه الیافی باید از نصف فاصله باز بین چشمه‌ها بیشتر نباشد. مجددا تاکید می شود که مش الیاف مورد استفاده باید حتماً به صورت دو جهته باشد. در این حالت مش راستای عمود باعث انتقال بار از طریق ملات به الیاف و عملکرد مناسب الیاف در ملات نازک می شود. مشخصات مش الیاف باید مشابه جزییات ذکر شده در فصل یازدهم برای نمای بتن مسلح شده با مش الیاف (TRC) باشد



- تراکم و مشخصات الیاف باید با طراحی و محاسبه بر اساس جنس و مقاومت کششی الیاف تعیین شود
- پلی استایرن روی ستون و رابیتس روی آن، جهت جداسازی ستون از دوغاب پشت سنگ می باشد
- روی الیاف با ملات پاششی ریزدانه با مقاومت فشاری بالا اجرا می شود
- نوارالیاف ها باید در هر دو طرف دیوار روبروی هم قرار گیرند
- لبه الیاف در بالای دیوار، باید روی بلوک و در پایین دیوار روی کف با تسمه و پیچ و پلاک تثبیت گردد
- در نمای بیرونی، الیاف وسط پیشانی نیز توسط تسمه و پیچ و پلاک تثبیت می گردد
- برای تثبیت الیاف روی بلوک در حین اجرا، میتوان از میخ استفاده کرد، اما تثبیت نهایی توسط ملات پاششی انجام می گیرد

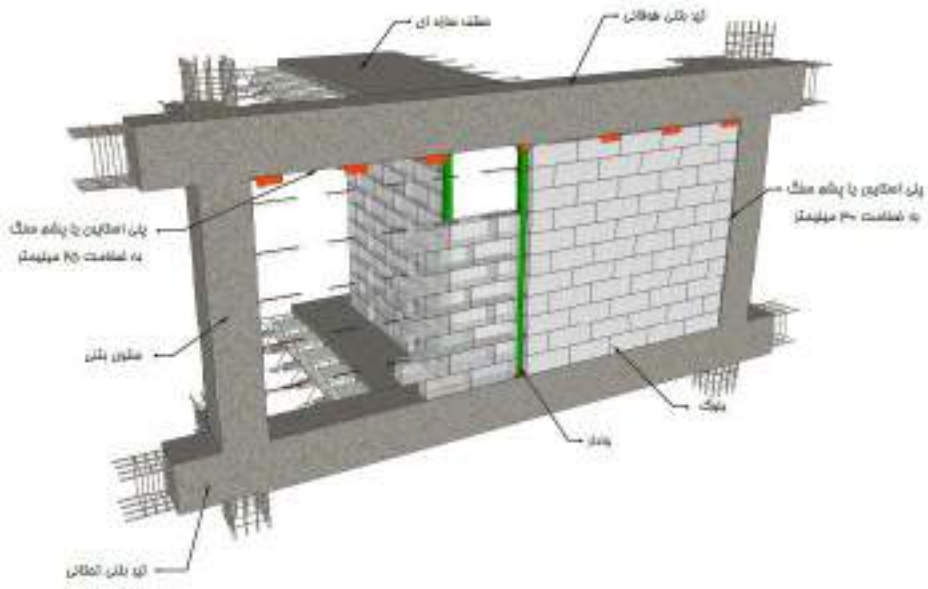
شکل ۱۲-۱۹- مسلح‌کردن دیوارها با استفاده از نوارهای شبکه‌ای الیاف شیشه (سطح خارجی دیوار)



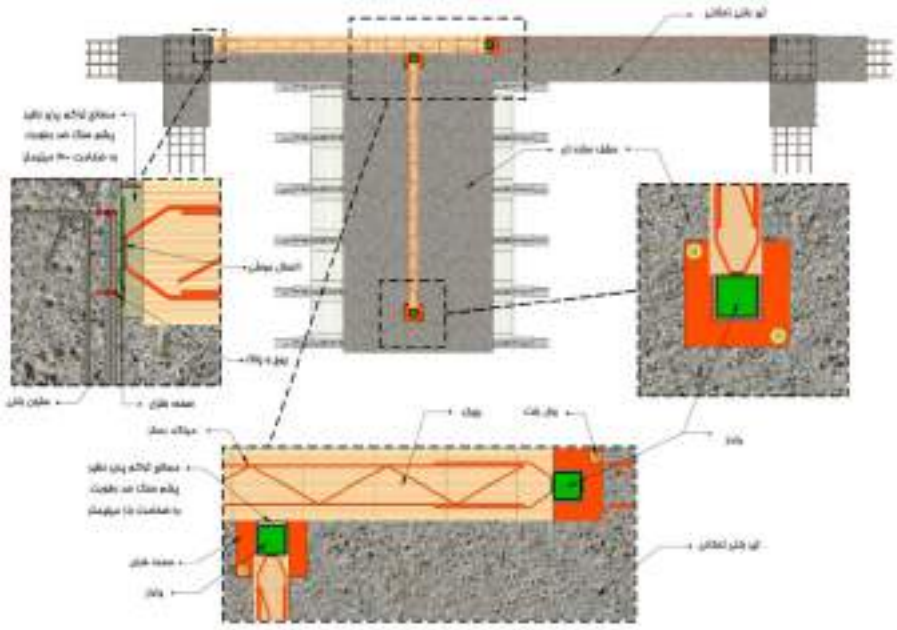
شکل ۱۲-۲۰- مسلح‌کردن دیوارها با استفاده از نوارهای شبکه‌ای الیاف شیشه (سطح داخلی دیوار)

۱۲-۳-۸- اتصال دیوار های غیر سازه‌ای به یکدیگر

در اتصال دیوارها توصیه می شود به دلیل امکان بروز تنش‌های کششی در درون صفحهٔ دیوارهای متقاطع، از بست‌های فلزی مشابه آنچه در مورد اتصال به ستون به کار برده شد استفاده شود و یا برای جداسازی دیوارها از یکدیگر در محل اتصال دو دیوار متقاطع از وادار استفاده شود. شکل (۱۲-۲۱) اجرای وادار مجزا در محل اجرای دو دیوار متقاطع و شکل (۱۲-۲۲) نحوه اجرای بست در محل تقاطع را نمایش می‌دهد.



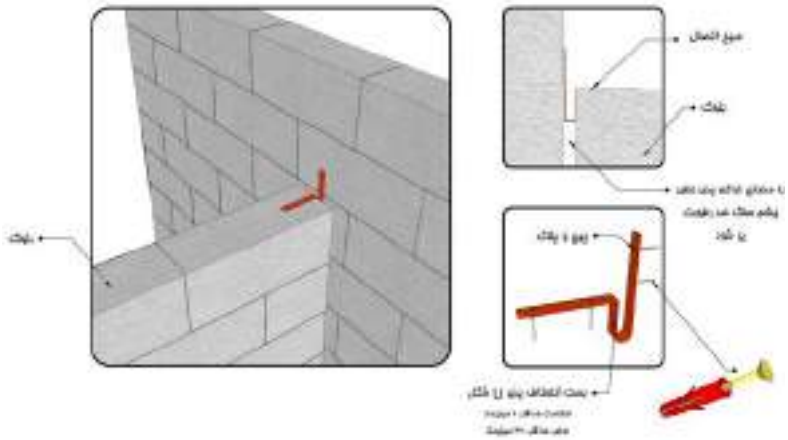
الف- نمای سه بعدی اجرای دیوار های متقاطع



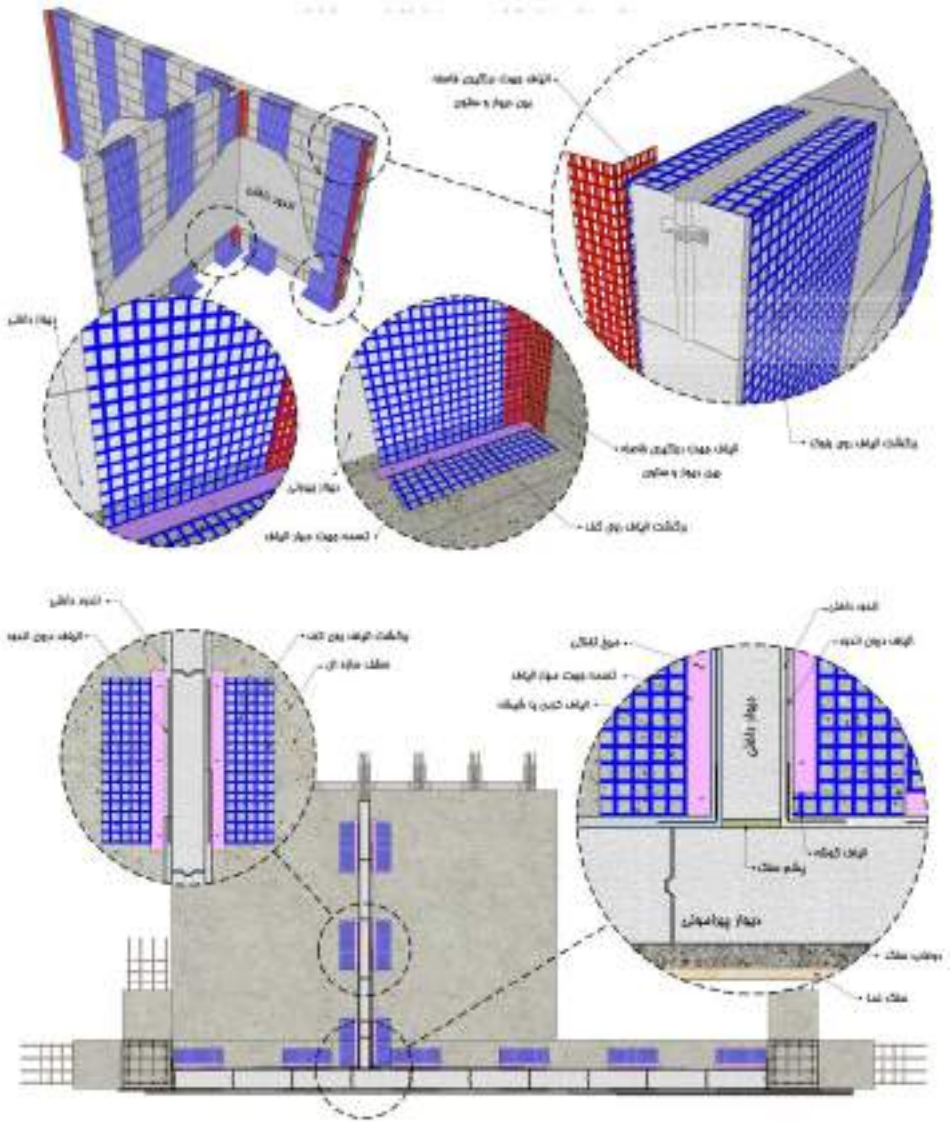
ب- اجرای دیوار متقاطع از پلان

شکل ۱۲-۲۱- اجرای دیوارهای متقاطع و نحوه اجرای وادار در محل اتصال دو دیوار

یک راهکار دیگر جهت اجرای دیوارهای متعامد استفاده از مش الیاف برای تسلیح دیوار است. در این حالت همان‌گونه که در شکل (۱۲-۲۳) مشاهده می‌شود، دو دیوار به صورت جداگانه و با مش الیاف مسلح می شوند. در محل تقاطع دو دیوار برای جلوگیری از ایجاد ترک در نازک‌کاری از یک لایه مش الیاف به صورت ال شکل استفاده می‌شود و بر روی آن نازک‌کاری اجرا می‌گردد.



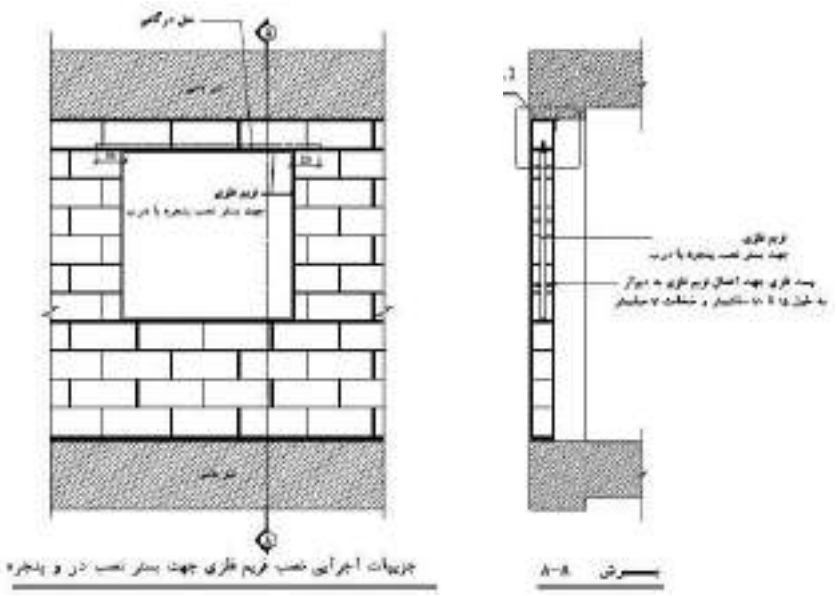
شکل۱۲-۲۲- اجرای دیوار متقاطع با استفاده از بست انعطاف پذیر



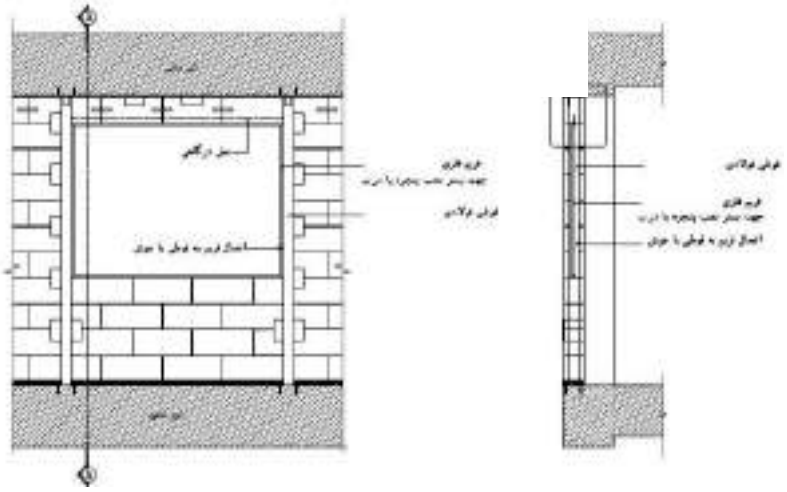
شکل ۱۲-۲۳- نحوه اجرا و تسلیح دیوارهای متقاطع با استفاده از مش الیاف

۱۲-۳-۹- اجرای نعل درگاه و نصب پنجره

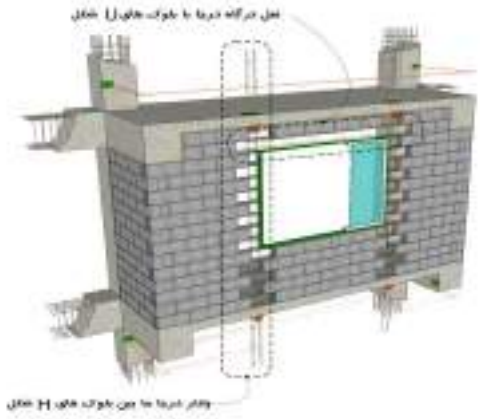
در شرایطی که دیوارها دارای درب یا پنجره باشند، اجرای نعل درگاه و نصب پنجره یا درب باید با رعایت جزئیات مشابه شکل (۱۲-۲۴) انجام شود. برای بازشوهای بزرگتر از ۲٫۵ متر، نیاز به اجرای وادار و نعل درگاه در کنار بازشو می‌باشد. در بازشوهای کوچکتر از این اندازه، در صورتی‌که از چارچوب فلزی مناسب که پاسخگوی بارهای وارده باشد استفاده شود و المان‌های مسلح‌کننده دیوار به قاب متصل شوند (می‌توانند جوش داده شوند)، احتیاجی به تعبیه وادار در کنار بازشو نیست، در غیر این صورت باید برای این دهانه‌ها نیز وادار تعبیه نمود. نمونه‌هایی از اجرای وادار فولادی و بتنی در شکل (۱۲-۲۵) نشان داده شده است.



شکل ۱۲-۲۴- نحوه اجرای فریم و نعل درگاه در اطراف بازشو



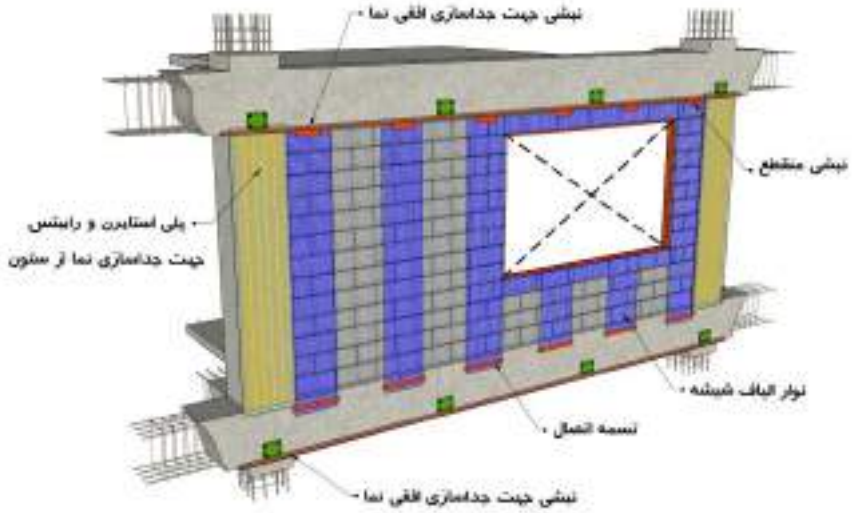
الف- وادار فولادی



ب- وادار بتنی

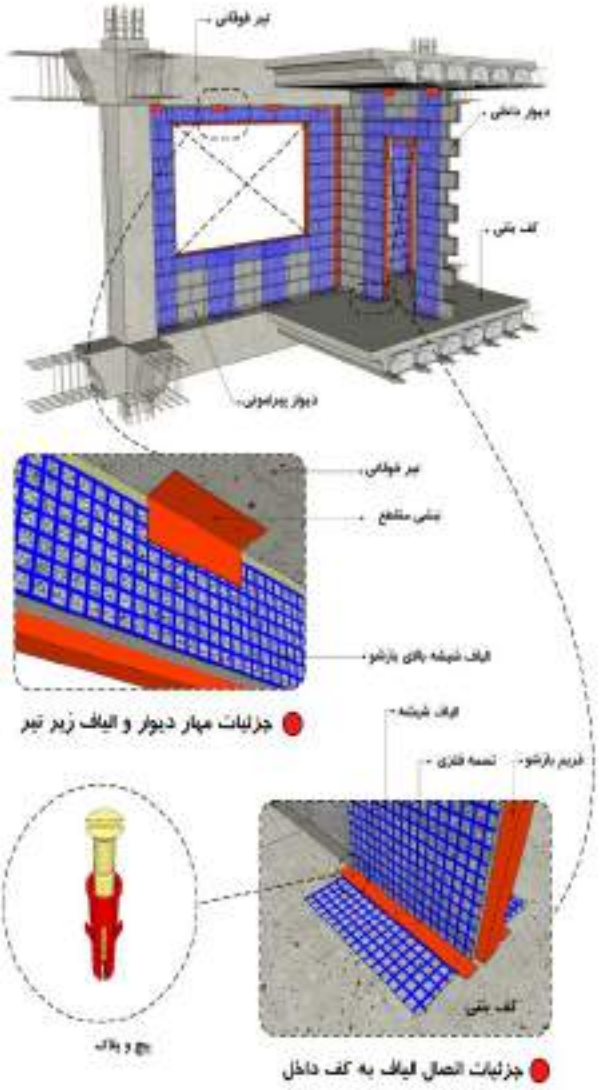
شکل ۱۲-۲۵- نحوه اجرای وادار در دو طرف بازشو های بزرگتر از ۲/۵ متر

به جای ا ستفاده از وادار می‌توان در کنارهای باز شو از مش الیاف به همراه ملات سیمانی از بیرون و اندود گچی از داخل ساختمان استفاده نمود . جزییات اجرای مش الیاف بر روی وجه داخلی و خارجی دیوار در کنار بازشو در شکل‌های (۱۲-۲۶) و (۱۲-۲۷) نشان داده شده است. در این حالت در صورت اجرای قاب پنجره، نیازی به اجرای نعل درگاه نیز نمی‌باشد و می‌توان دیوار را در بالا و پایین بازشو نیز با مش الیاف مسلح نمود.



- تراکم و مشخصات الیاف باید با طراحی و محاسبه بر اساس جنس و مقاومت کششی الیاف تعیین شود
- پلی استایرن روی ستون و رابیتس روی آن، جهت جداسازی ستون از دوغاب پشت سنگ می باشد
- روی الیاف با ملات پاششی ریزدانه با مقاومت فشاری بالا اجرا می شود
- نوارالیاف ها باید در هر دو طرف دیوار روبروی هم قرار گیرند
- لبه الیاف در بالای دیوار، باید روی بلوک و در پایین دیوار روی کف با تسمه و پیچ و پلاک تثبیت گردد
- در نمای بیرونی، الیاف روی پیشانی نیز توسط تسمه و پیچ و پلاک تثبیت می گردد
- برای تثبیت الیاف روی بلوک در حین اجرا، میتوان از میخ استفاده کرد، اما تثبیت نهایی توسط ملات پاششی انجام می گیرد

شکل ۱۲-۲۶- تسلیح دیوار در مجاورت بازشو با استفاده مش الیاف – وجه خارجی دیوار



شکل ۱۲-۲۷- تسلیح دیوار در مجاورت بازشو با استفاده مش الیاف – وجه داخلی دیوار

۱۲-۳-۱۰- جلوگیری از آسیب به سازه‌های بتنی درحین اجرای اتصالات مهار دیوارها

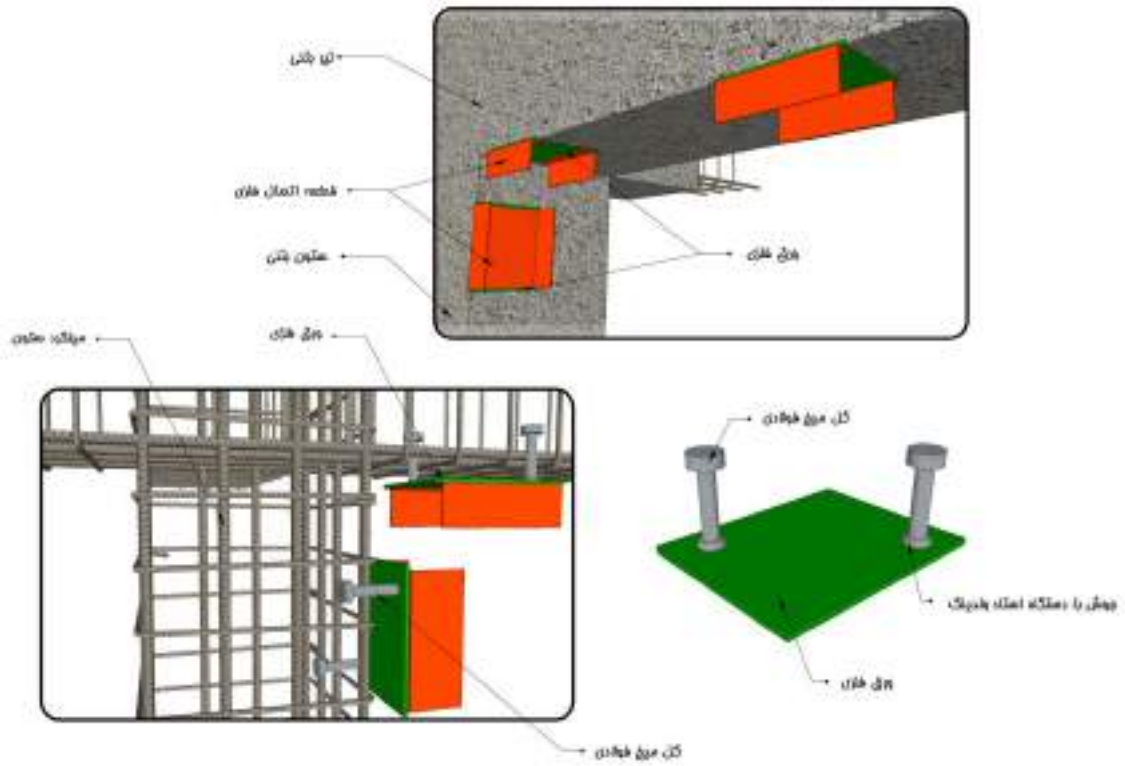
- کلیه اتصالات به سازه‌های بتنی یا با استفاده از میخ و پیچ انجام می‌شود و یا در هنگام اجرای اسکلت سازه بتنی صفحات دارای گل‌میخ یا میلگرد جوش شده دارای خم انتهایی در مکان‌ها و مقاطع مورد نظر جایگذاری می‌شوند (شکل ۱۲-۲۸).

- محل میخ یا پیچ در لبه قطعات باید به فاصله‌ای از لبه اجرا شود که موجب قلوه‌کن شدن پوشش بتنی اعضای سازه نشود.

- استفاده از میخ‌های کاشت به صورت ضربه ای ممنوع است و می‌توان از روش کاشت چرخشی استفاده نمود.

- الزاماً زاویه نصب پیچ یا میخ در اجرای اتصالات بر سطوح اعضای سازه به صورت قائم می‌باشد.

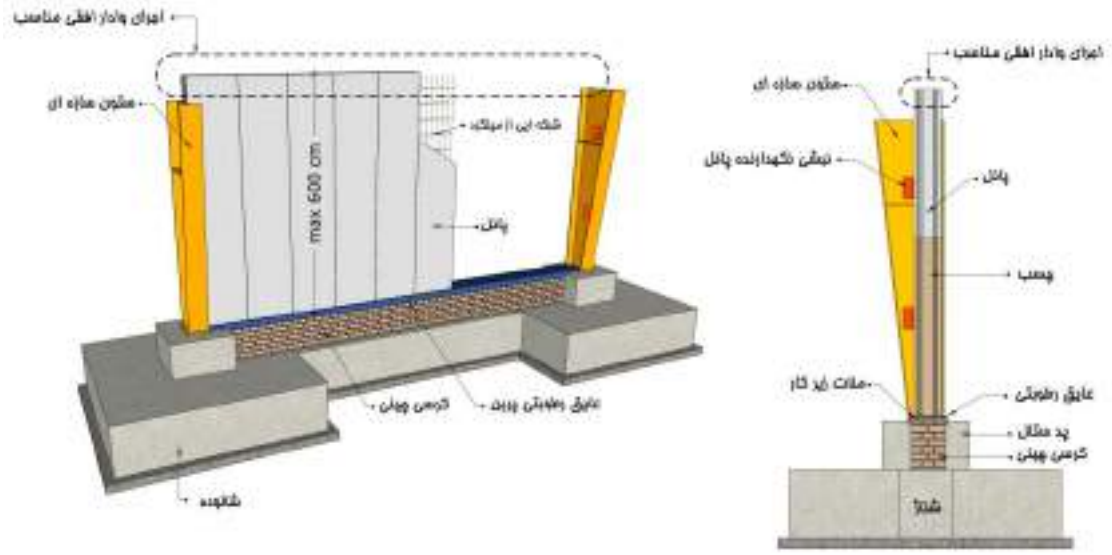
- پیشنهاد می‌شود محل قرارگیری پیچ و یا میخ بر روی قطعات اتصال توسط مته مناسب و با یک شماره کمتر، از قبل سوراخ شود.



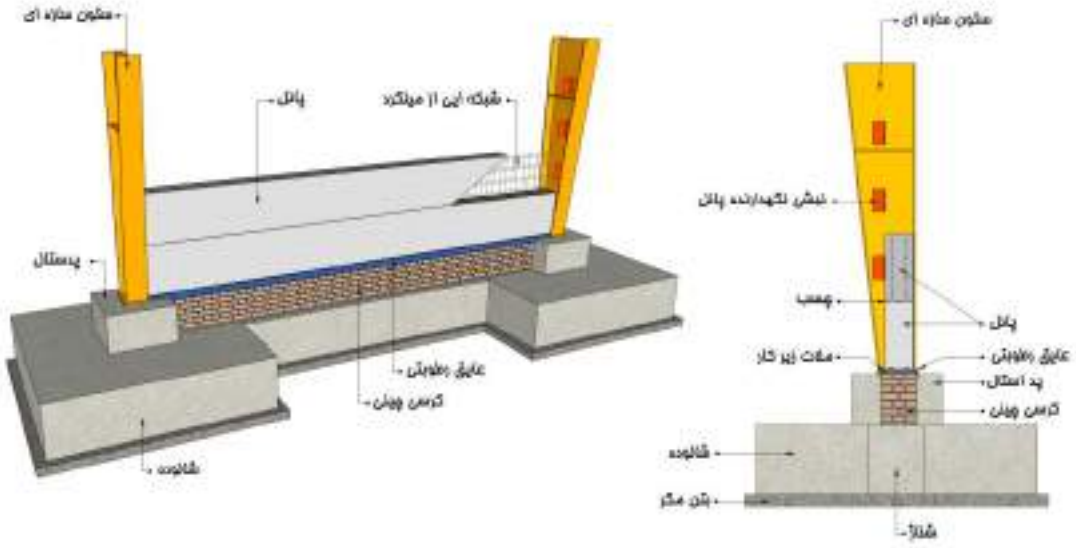
شکل ۱۲-۲۸- جزییات نحوه قرارگرفتن صفحات انتظار جهت اتصال مهار دیوار در تیر و ستون بتنی

۱۲-۳-۱۱- دیوارهای پانلی

در دیوار پانلی ساختار پانل باید به گونه‌ای باشد که قابلیت تحمل بارهای لرزه‌ای، باد و ضربه را با عملکرد و رفتار یک طرفه در را ستای قائم دا شته با شد. پانل‌ها به دو د سته عمده تق سیم می شوند: پانل‌های پیش ساخته و پانل‌های نیمه پیش ساخته. در پانل‌های پیش ساخته، قطعه پانل به طور کامل در کارخانه ساخته شده و به محل حمل می شود. در این حالت پانل دارای تسلیحی می‌باشد که بسته به طول پانل و با توجه به راستای اجرای افقی یا قائم پانل باید طراحی شده باشد. این نوع پانل‌ها انواع مختلفی دارند ولی در تمام آن‌ها پانل باید در تراز کف و سقف طبقه به وسیله نبشی، ناودانی یا قطعه م شابه در را ستای خارج از صفحه مهار شود. ات صال در کف و سقف باید به گونه‌ای با شد که باعث درگیری پانل دیواری در راستای داخل صفحه نشود (شکل ۱۲-۲۹).



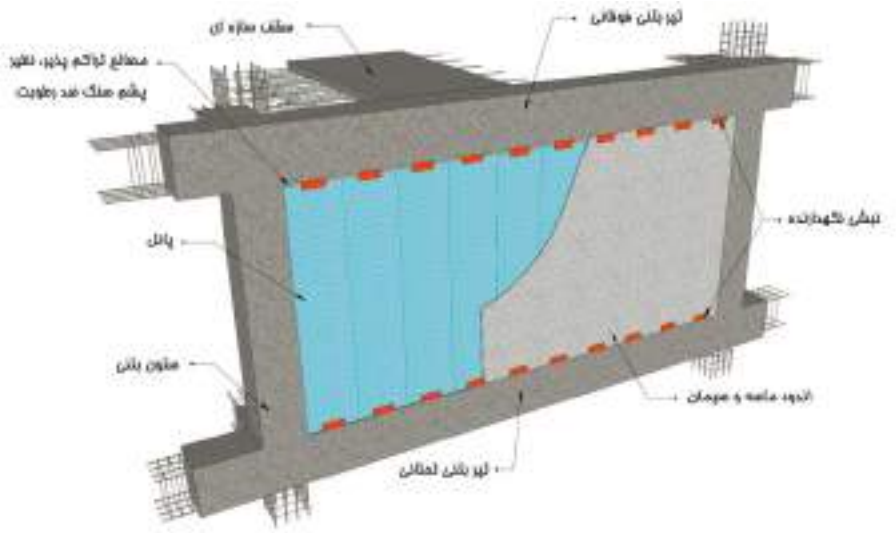
الف- دیوار پانلی قائم



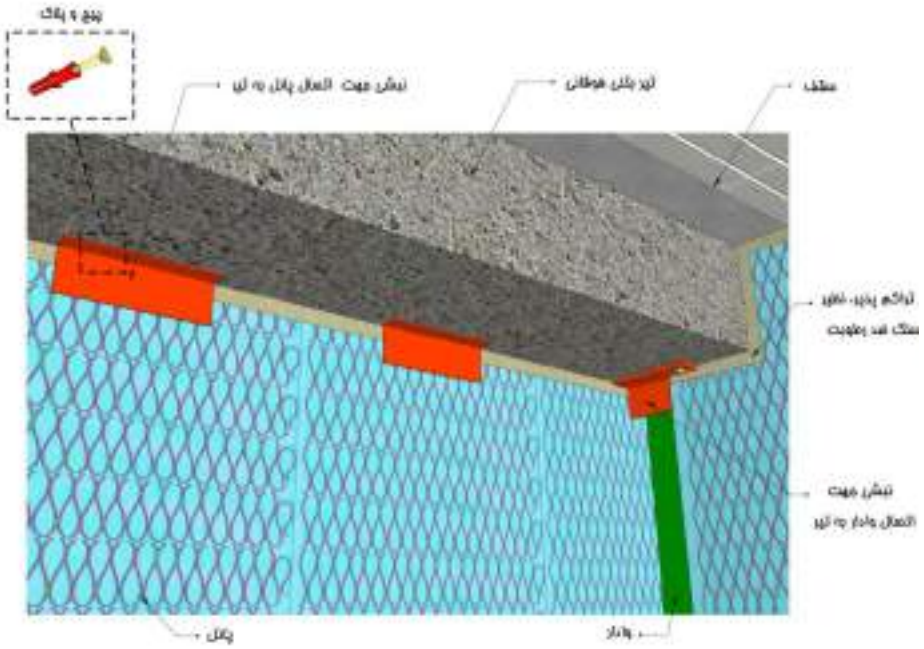
ب- نمونه دیوار پانلی افقی

شکل ۱۲-۲۹- نمونه‌هایی از اجرای دیوار پانلی مسلح کاملاً پیش ساخته به عنوان دیوار خارجی سازه به عنوان نمونه در سوله

نوع دیگر اجرای دیوار پانلی اجرای دیوار به صورت نیمه پیش‌ساخته می‌باشد. در این پانل‌ها، اسکلت پانل در کارخانه ساخته می شود و پو شش در کارگاه بر روی آن اجرا می شود (شکل ۱۲-۳۰). نمونه‌ای از این پانل‌ها، پانل‌های تری دی می‌با شد که عایق و شبکه میلگرد به صورت پیش ساخته تولید شده و در کارگاه بر روی آن بتن‌پا شی می شود. در این حالت در صورتی که برای پایین پانل در سقف، ریشه اجرا شده با شد نیازی به اجرایی نبشی در پایین پانل نیست، ولی مهار دیوار در تراز سقف باید با نبشی باشد و اجرای میلگرد در تراز سقف یا در مجاورت ستون‌ها مجاز نیست (شکل ۱۲-۳۱). در این حالت نبشی‌های مهار به سقف که پس از اجرای دیوار نصب می‌شود باید به سمت خارج دیوار با شد و سایر جزییات نیز می‌تواند مشابه دیوارهای بلوکی اجرا شود.



شکل ۱۲-۳۰-جزییات اجرای دیوار پانلی نیمه پیش ساخته

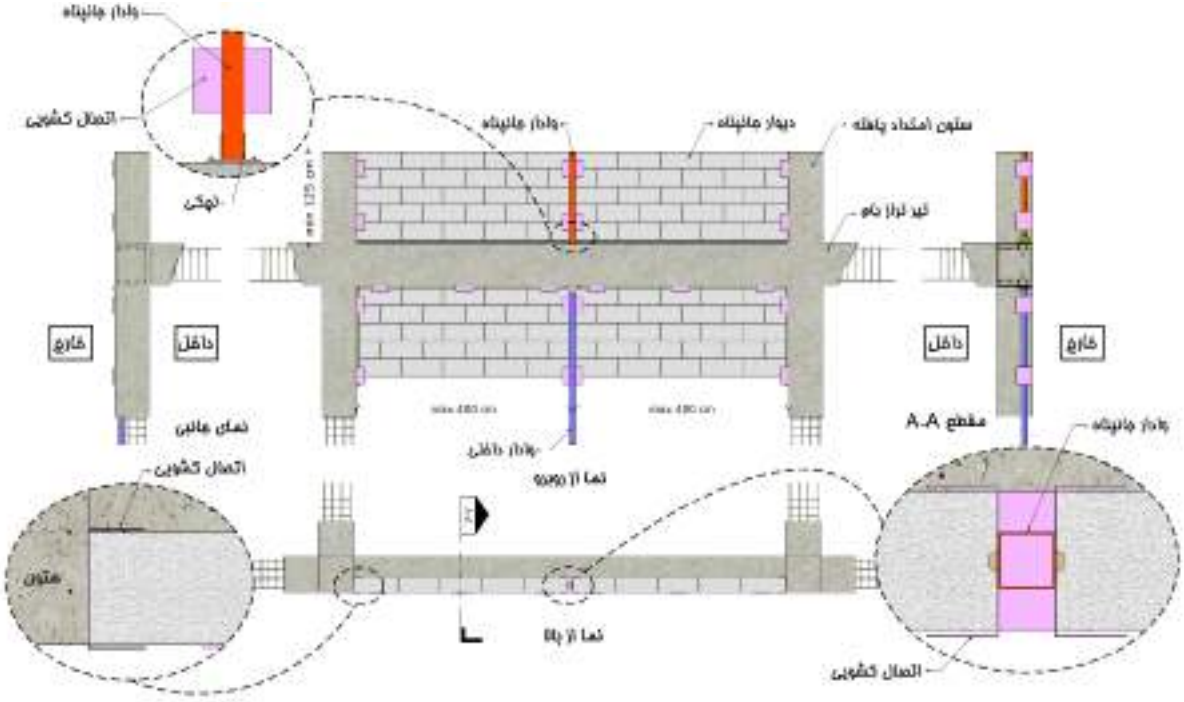


شکل ۱۲-۳۱- جزییات نحوه مهار دیوار پانلی نیمه پیش ساخته در سقف طبقات

۱۲-۴- جان‌پناه‌ها

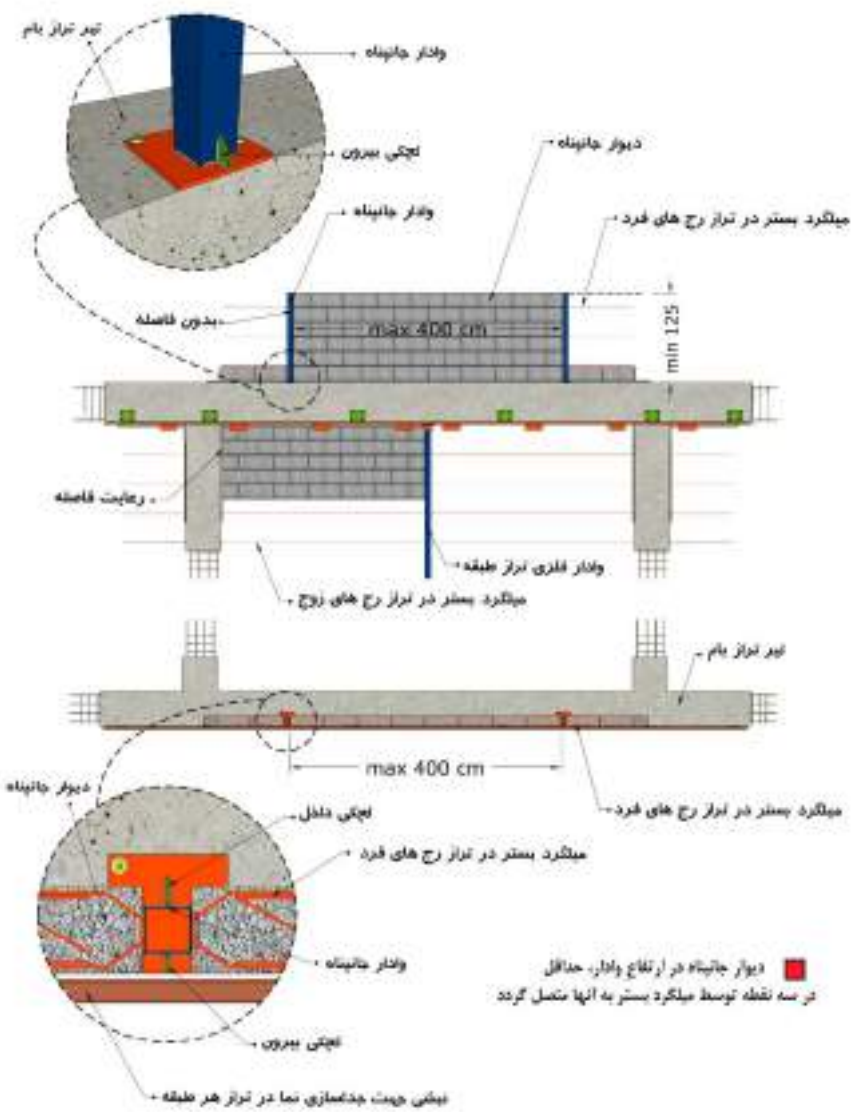
با توجه به ضوابط سازمان آتش‌نشانی حداقل ارتفاع جان‌پناه‌ها ۱٫۲ متر توصیه می‌شود. در این حالت می‌توان ستون‌های پیرامونی بام را تا ارتفاع ۱٫۳۵ متر بر روی بام ادامه داد. این ارتفاع برای مهار لرزه‌ای جان‌پناه می‌باشد. در فاصله بین ستون‌ها در فواصل ۴ متر نیاز با اجرای وادار طبق جزییات ارائه شده در (شکل ۱۲-۳۲) می‌باشد. دیوار جان‌پناه بین وادارها باید به نحو مناسبی با استفاده از میلگرد بستر یا تسمه جهت تأمین پایداری خارج از صفحه جان‌پناه مسلح شود.

توجه شود که با توجه عدم وجود جابجایی نسبی در جان پناه نیازی به جداسازی دیوار از وال‌پست یا ادامه ستون نیست. همچنین با توجه به طره بودن وال‌پست‌ها در این حالت باید اتصال وال‌پست به کف به صورت گیردار اجرا شود.



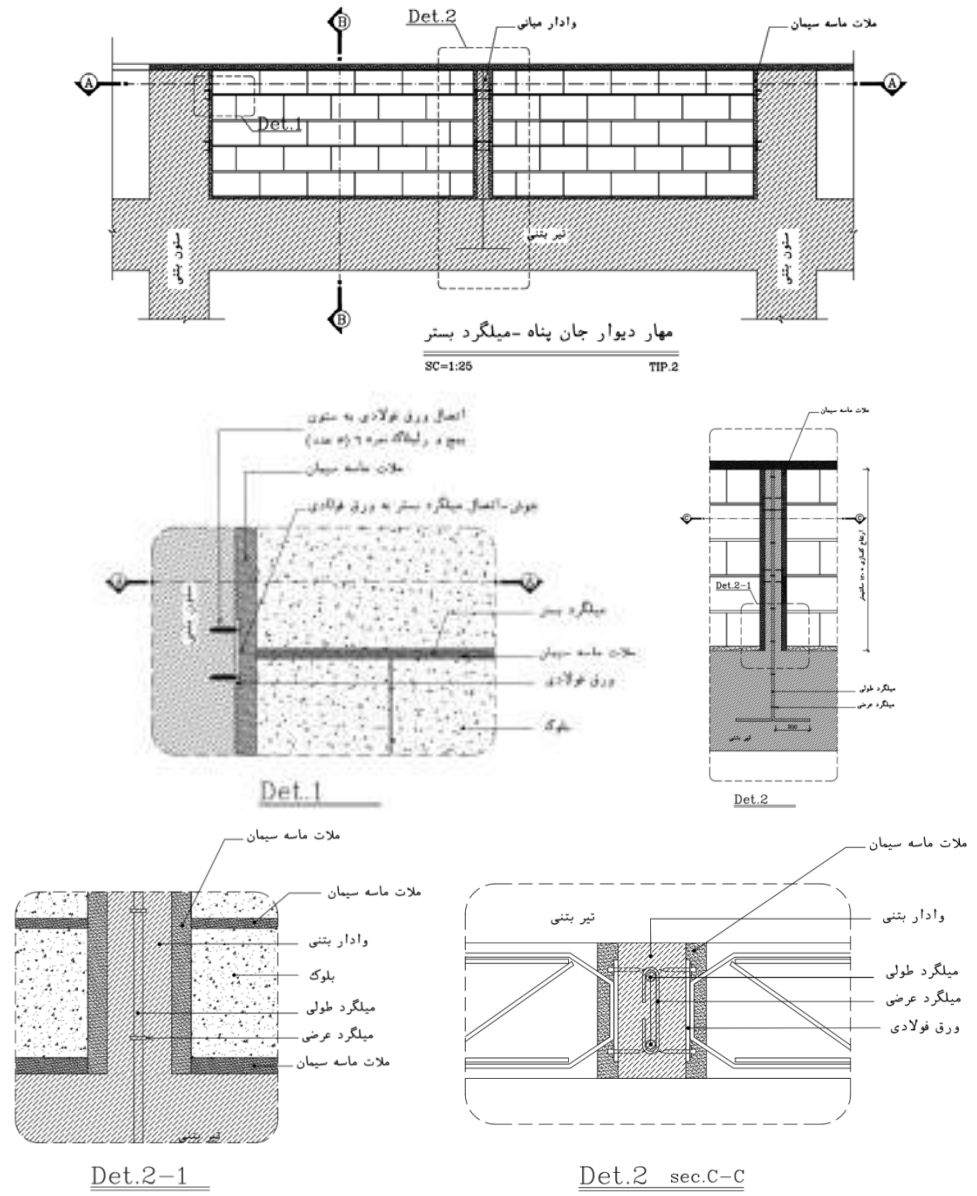
شکل ۱۲-۳۲- نحوه مهار جان‌پناه غیرمسلح بنائی با استفاده از ادامه دادن ستون‌ها

در صورتی که امکان ادامه دادن ستون‌ها وجود ندا شته با شد یا در صورت وجود پیش آمدگی در تراز بام، می‌توان طبق جزییات شکل (۱۲-۳۳) دیوار جان پناه را با اجرای وال‌پست در فواصل ۴ متر و تسلیح دیوار در فواصل آن پایدار نمود.



شکل ۱۲-۳۳- مهار جان‌پناه بنائی توسط وادار فلزی

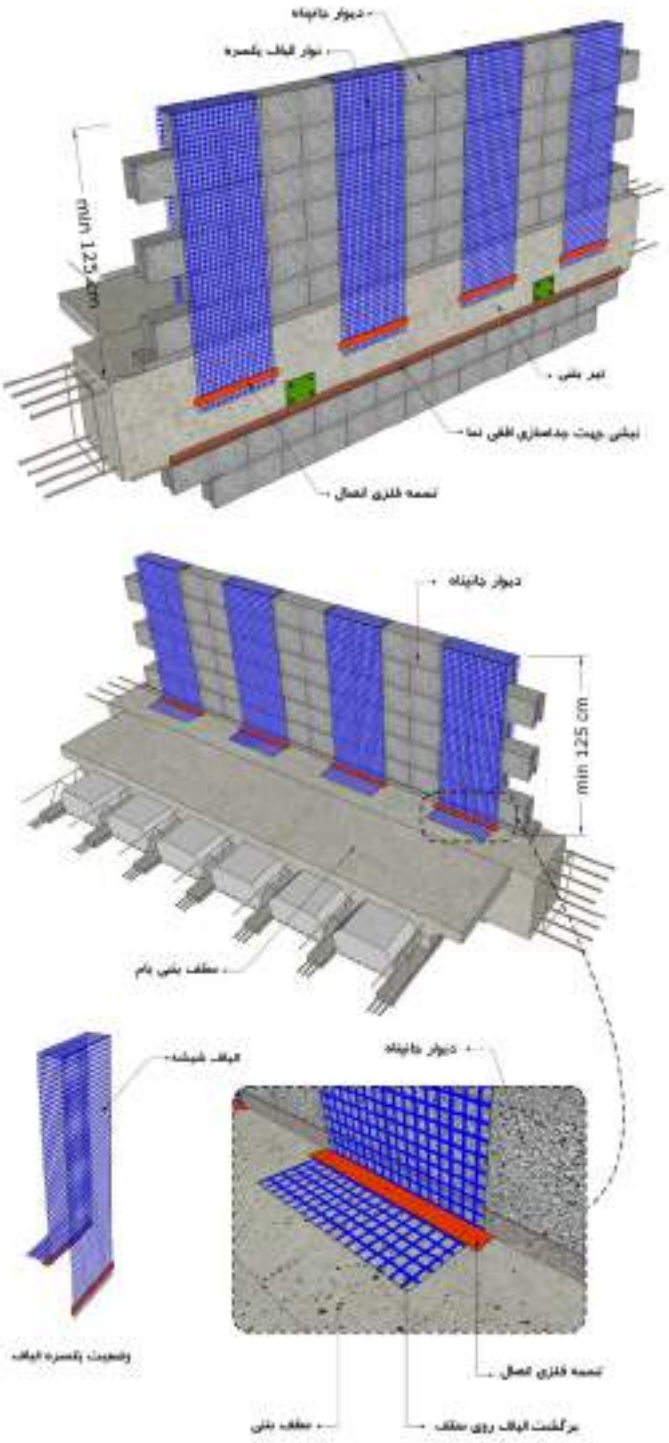
یک روش دیگر برای مهار لرزه‌ای جان‌پناه اســتفاده از وادار بتنی اســت. نمونه‌ای از اجرای وادار بتنی در شــکل (۱۲-۳۴) نشان داده شده است.



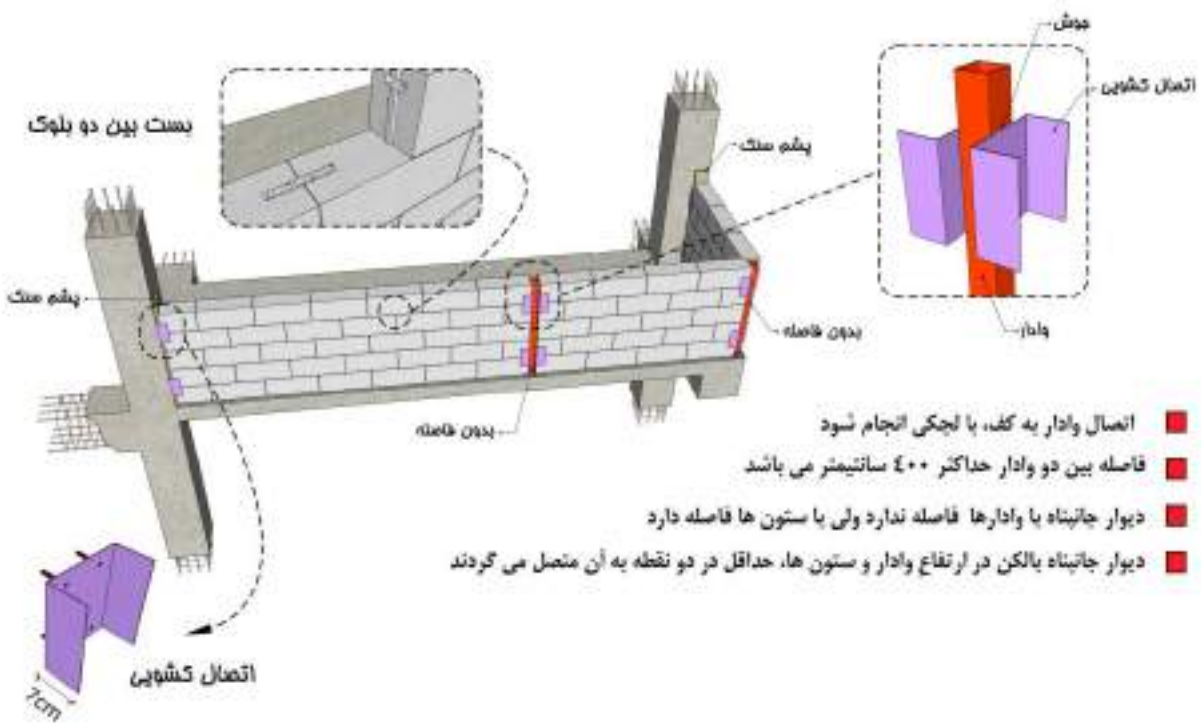
شکل ۱۲-۳۴- جزئیات اجرایی اتصال جان‌پناه با وادار بتنی

به عنوان یک روش جایگزین می‌توان از ملات مسلح شده با مش الیاف به صورت نوارهای قائم پیوسته جهت مسلح نمودن و پایدار سازی دیوار جان‌پناه استفاده نمود. تراکم و عرض نوارهای الیاف باید با طراحی و محاسبه و براساس جنس و مشخصات الیاف و مشخصات و ضخامت دیوار طراحی شود. بر روی مش الیاف ملات ریز دانه با نسبت سیمان به ماسه بادی ۱ به ۲ و با مقاومت فشاری حداقل ۳۰ MPa باید اجرا شود. الیاف باید در دو طرف به کمک تسمه به دال سقف و وجه بیرونی تیر مهار شوند. عرض تسمه اتصال حداقل باید ۱۰۰ میلی‌متر بیشتر از عرض الیاف باشد. جزییات اجرای این روش در شکل (۱۲-۳۵) نشان داده شده است. برای پایدار سازی دیوارهای بالکن‌ها نیز از روش‌های مشابه با روش ذکر شده برای پایدار سازی جان‌پناه‌ها می‌توان استفاده نمود. در این حالت باید توجه کرد در صورتی‌که دیوار بالکن فقط در

بین وال‌پست ها قرار بگیرد نیازی به جداسازی آن از وال‌پست نیست ولی در صورتی‌که دیوار در تماس با ستون قرار گیرد باید جداسازی بین ستون و دیوار انجام پذیرد (شکل ۱۲-۳۶).



شکل ۱۲-۳۵- نمونه‌ای از تسلیح دیوار جان پناه با استفاده ملات مسلح شده با مش الیاف و جزییات اجرای آن



شکل ۱۲-۳۶- نمونه ای از اجرای دیوار بالکن ساختمان

منابع و مراجع

۱- پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، طراحی لرزه ای و اجرای اجزای غیر سازه ای معماری، ۱۳۹۸
۲- راهنمای طراحی سازه ای و جزییات اجرایی دیوارهای غیر سازه ای، ضابطه ض۸۱۹، مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۷
۳- تعیین مشخصه های کیفی و نحوه ارزیابی رنگ ها و پوشش های اکریلیک پایه آب برای استفاده داخلی و خارجی ساختمان، نشریه شماره ۸۴۰، مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۸
۴- آشنایی با رنگ های سرد و کاربردهای آن، مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۸
۵- دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای ساخته شده از بلوکهای بتن سبک هوادار اتوکلاو شده، ضابطه ۳۲۶، سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۹
۶- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۷۲، اجزای قائم ساختمان -آزمون مقاومت در برابر ضربه -اجسام ضربه‌ای و روش‌های عمومی آزمون
7- ASTM C1242, “Standard Guide for selection, Design, and Installation of Dimension Stone Anchoring Systems”, C1242– 05, 2005
8- Mehta M., Scarborough W., Armpriest D., Building construction Principles, Materials, and Systems, Second Edition, Prentice Hall, 2013
9- "Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures ", Reported by the Masonry Standards Joint Committee (MSJC), 2008
10- Building Code Requirements for Masonry Structures, (TMS 402-08/ACI 530-08/ASCE 5-08), 2008
11- Specification for Masonry Structures, (TMS 602-08/ACI 530.1-08/ASCE 6-08), 2015
12- "Installation Guide for Adhered Concrete Masonry Veneer, 3rd Edition" , the Masonry Veneer Manufacturers Association, January 19, 2009
13- Mault, R., EIFS and Stucco inspection and forensic services
14- Terra Clad, Innovative Manufacturing in Architectural Ceramics, Boston valley Terracotta, 2nd Edition, 2014
15-COMPOSITE ROOF AND WALL CLADDING PANEL DESIGN GUIDE, The Metal Cladding & Roofing Manufacturers Association Ltd, MCRMA Technical Paper No. 9, JUNE 1995
16-Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide, FEMA E-74, January 2011
۱۷- "دستورالعمل مقاوم‌سازی اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها و تجهیزات ساختمان‌های شهری"، ضابطه ۷۴۳ ، سازمان برنامه و بودجه کشور، ۱۳۹۶
۱۸- مقررات ملی ساختمان، مبحث ۶- بارهای وارد بر ساختمان، ۱۳۹۸
۱۹- استاندارد ۲۸۰۰، آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، ویرایش ۴ ،۱۳۹۳
20- IBC 2018, International Building Code, International Code Council, Falls Church, Virginia, 2018.
21- "Literature Review on Seismic Performance of Building Cladding Systems", Cladding Research Institute Emeryville, California ,1995
22- ASTM C503– 08a,Standard Specification for Marble Dimension Stone, 2008
23- ASTM C568– 08a, Standard Specification for Limestone Dimension Stone, 2008
24- ASTM C615–03, Standard Specification for Granite Dimension Stone, 2003
25- ASTM C616–08, Standard Specification for Quartz-Based Dimension Stone, 2008
26- ASTM C629 – 08, Standard Specification for Slate Dimension Stone, 2008
27- BS 8298-3 Code of practice for the design and installation of natural stone cladding and lining, Part3: Stone-faced pre-cast concrete cladding systems
28- BS 8298-4 Code of practice for the design and installation of natural stone cladding and lining,
29- Part 4: Rain screen and stone on metal frame cladding systems
30- International Standard, ISO 7892, Vertical building elements-Impact resistance tests-Impact bodies and general test procedures,1988

31- British Standard Code of practice for design of non-load bearing external vertical enclosures of buildings, BS 8200:1985
32- British Standard, BS EN 14019,Curtain walling-Impact resistance-Performance requirements: 2004
۳۳- استاندارد ملی ایران شماره ۸۰۶۳، پانل‌های ساختمانی- مقاومت فشاری و خمشی روش آزمون
34- ASCE 7, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, New York, New York, 2022.
35- ATC 69 (Applied Technology Council), Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage State-of-the-Art and Practice Report,2008
36- BSSC, NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C, 1997.
37- EN 1998-1:2004, Euro code 8: Design of Structures For Earthquake Resistance (English version, Final Draft), 2004
38- Guidelines for Seismic Vulnerability Assessment of Hospitals In Nepal, 2004
39- ASCE/SEI 31-03, Seismic Evaluation of Existing Buildings, 2003
40- ATC51, US-ITALY collaborative recommendations for improving the seismic safety of hospitals in ITALY, 2000
41- ATC51-1, Recommended U.S.-Italy Collaborative Procedures for Earthquake Emergency Response Planning for Hospitals in Italy,2002
42- ATC51-2, Recommended US-ITALY collaborative Guidelines for bracing and anchoring nonstructural components in Italian hospital, 2003
43- FEMA E74**,** Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide**,** 2011
44- Schittich Ch., In detail building skins: concepts, layers, materials. Brikhauser, Berlin, 2001
45- Mostaedi A., Facades Monsa de Ediciones, Spain, 2002
46- Brock L., Designing the exterior wall. Wiley, New Jersey, 2005
47- Ogwezi B., Jeronimidis G., Cook G., Sakula J. & Gupta S., Adaptive buildings' facades for thermal comfort in hot-humid climates, technologies for sustainable built environment TSBE, UK., 2012
48- Harvey D. A., Handbook on Low Energy Building and District-Energy System: Fundamentals, Techniques and Examples, Routledge, Toronto, 2006
۴۹- جعفری، ر؛ نجفی تبریزی، م؛ گزارشی در مورد سنگ، خصوصیات و ویژگی‌ها، پیشینه، انواع مختلف، روش‌های تولید و تجارت جهانی، با نگرشی بر وضعیت ایران در این صنعت، ۱۳۷۶.
۵۰- اخطاری، س؛ تعاریف و اطلاعات علمی و فنی در مورد انواع سنگ‌های ساختمانی، فصلنامه دنیای سنگ، شماره هجدهم و نوزدهم، انجمن سنگ ایران، ۱۳۸۹.
۵۱- نبیان، ا؛ فرهادیان، ب؛ برادران، م؛ انارکی، غ؛ سنگ‌های تزئینی و نما، چاپ دوم، وزارت معادن و فلزات، ۱۳۷۱.
۵۲- امیری ع.، سنگ مصنوعی و تکنولوژی ساخت آن، نشریه معدن و توسعه، سال پنجم، شماره ۲۶۱، ۱۳۸۷
۵۳- شاه نظری، م. ر؛ معتمد، ع. م؛ مصالح ساختمانی، چاپ دوم، اسکار، ۱۳۷۵.
54- CWCT, Curtain Wall Installation Handbook, Centre for Window and Cladding Technology, University of Bath, Calverton Down, 2001
55- Taylor L., Kaczmar P., Hislop P., External timber cladding 3rd edition BM TRADA 2013
56- Davies I., Wood J., External Timber Cladding: Design, Installation and Performance. Edinburg: Arcamedia, Edinburgh Napier University, 2010
57- Alexandri E., Green cities of tomorrow, Portugal Sb07 - Sustainable Construction, Materials and Practices: Challenge of the Industry for the New Millennium, Pts 1 and 2, ed. L. Braganca, et al., Amsterdam , 2007
58- Koehler M., Green facades-a view back and some visions, Springer, Germany, 2008
59- Dunnett N., Kingsbury N., Planting Green Roofs and Living Walls. Timber Press, 2008
۶۰- دستورالعمل کاربردی اجرای دیوار سبز بر بدنه ساختمان‌ها، حوزه معاونت خدمات شهری، شهرداری تهران

61- ANS Group (Europe), ANS Urban Ruralism (EcoBuild Pamphlet), 2011.
62- Hoyano, A., Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building. Energy and Buildings, 1988.
63- Cheng, C.Y., K.K.S. Cheung, and L.M. Chu, Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls. Building and Environment, 2010
64- Weiland S., Morgan S., & Thomas T, Building façade inspection-part1: considerations. Structure Magazine, pp. 18-19. 2010
65- Kimball J., Others, Latent Building Facade Failures, ASCE, American society of civil engineers, New Jersey, USA, 2012.
66- Memari Ali M., Aliaari M., Ahmad A. H., Evaluation of Seismic Performance of Anchored Brick Veneer Walls, Performance of Exterior Building Walls, ASTMSTP 1422, P. G. Johnson, Ed., ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003.
67- Nelson E., Ahuja D. and Schönwetter P., Masonry Veneer Failure: A Case Study of Wall Tie Corrosion, Forensic Engineering (2003): pp. 553-563
68- Weiland S. L., Morgan S. L., Building façade inspections, part 1: considerations, structure magazine, 18-19, 2010
69- Alan J. Brookes, Maarten Meijs, Cladding of Buildings, Fourth Edition, Taylor & Francis,2008
70- Paul G. Johnson, Performance of Exterior Building Walls, ASTM special technical publication; 1422.2003
71- DESIGN GUIDE FOR STRUCTURAL BRICK VENEER, THIRD EDITION, Western States Clay Products Association, 2011
72- Literature Review on Seismic Performance of Building Cladding Systems, U.S. DEPARTMENTOF COMMERCE Technology~ Administration,1995
73- BS 5385-1:2009, "Wall and floor tiling –Part 1: Design and installation of ceramic, natural stone and mosaic wall tiling in normal internal conditions – Code of practice BSI British Standards", Standards Institution, 2009
74- Richard P. Goldberg," Direct Adhered Ceramic Tile, Stone, Masonry Veneer, and Thin Brick Facades" Technical Manual, LATICRETE International, Inc., 2011
75- ANSI A137.1-2012, American National Standard Specifications for Ceramic Tile, 2012
76- R. Delgado, Stone Cladding Engineering, Springer Science, New York, 2014
77- EAE, European Guidelines for the Application of ETICS, quality with system, 2011
78- Kurt R. Hoigard and Michael J. Scheffler, Dimension Stone Use in Building Construction, ASTM STP1499, 2007
79- Daniel J. Lemieux, AIA and Paul E. Totten, PE, Building Envelope Design Guide - Wall Systems, Whole Building Design Guide, 2010
80- Kurt R. Hoigard, Dimension Stone Cladding: Design, Construction, Evaluation, And Repair, ASTM STP1394, 2000
81- ICC (International Code Council), ESR-2810, fiber Cement Wall Panel Cladding System, 2009
82- TCNA Handbook for Ceramic, Glass, and Stone Tile Installation, 2014
83- ANSI A108/A118/A136.1, American National Specifications for the Installation of Ceramic Tile **,** 2013
84- AAMA 508-07, Voluntary Test Method and specification for Pressure Equalized Rain Screen Wall Cladding Systems**,** 2007
85- AAMA 509-09, Voluntary Test and Classification Method for Drained and Back Ventilated Rain Screen Wall Cladding Systems, 2009
86- ASTM E488, Standard Test Methods for Strength of Anchors in Concrete Elements, 2010
87- ASTM C666, Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing, 2008
88- ASTM C126, Standard Specification for Ceramic Glazed Structural Clay Facing Tile, Facing Brick and Solid Masonry Units, 2009
89- ASTM C67, Standard Test Method for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tiles, 2012

90- BS 5385-1:2009, "Wall and floor tiling –Part 1: Design and installation of ceramic, natural stone and mosaic wall tiling in normal internal conditions – Code of practice BSI British Standards", Standards Institution, 2009
91- Richard P. Goldberg," Direct Adhered Ceramic Tile, Stone, Masonry Veneer, and Thin Brick Facades" Technical Manual, LATICRETE International, Inc., 2011
92- Henkel, F., Holl, D., Schalk, M., Seismic Design and Dry walling, Knauf Gips KG, Germany, 2008

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Instruction of Structure Design and Requirements of Cladding of Buildings

(First Revision)

No. 714

Last Edition:23-07-2022

Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs

Department of Technical & Executive affairs, Consultants and Contractors

nezamfanni.ir

Ministry of Road and Urban Development

Road, Housing and Urban Development Research Center (BHRC)

www.bhrc.ac.ir

2022

این ضابطه

با عنوان « **د ستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزا مات و ضـــوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها»** در راستای معرفی و آ شنایی با انواع نماهای متداول ساختمان‌ها و روش های طراحی و اجرای آن‌ها در ۱۲ فصـــل تدوین شـــده که شـــامل: کلیات، الزامات اجزای نما، محاسبه و طراحی بارهای وارده و معیارهای پذیرش نما و جزییات اجرایی نماهای متداول و شیوه طراحی و جزییات اجرایی دیوار پ شتیبان نما می‌باشد.