



راهنمای طراحی و اجرای دیوارهای

بنایی محوطه

عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه / تهیه‌کننده دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان.
وضعیت ویراست	: ویراست ۲
مشخصات نشر	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری	: ۷۴ص
فروست	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شماره نشر: ک-۱۰۹۲
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۵۰۴-۰
وضعیت فهرستویی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۷۳-۷۴.
موضوع	: دیوارها -- طراحی و ساخت
موضوع	: Walls -- Design and construction
شناسه افزوده	: ایران. وزارت راه و شهرسازی. دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان
شناسه افزوده	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
شناسه افزوده	: Road, Housing and Urban Development Research Center
رده بندی کنگره	: NA۲۹۴۰
رده بندی دیویی	: ۷۲۱/۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۶۹۵۶۹۶
وضعیت رکورد	: فیبا



نام کتاب: راهنمای طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه
تهیه کننده: معاونت مسکن و ساختمان- دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان
شماره نشر: ک- ۱۰۹۲
ناشر: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
نوبت چاپ: اول ویرایش دوم
تیراژ: ۱۰۰۰۰ جلد

قطع: وزیری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: اداره انتشارات و چاپ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
قیمت: ۸۰۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-113-504-0

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۵۰۴-۰

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

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

تاریخ: ۱۴۰۲/۰۳/۲۱
شماره: ۴۳۸۴۷/۴۲۰
پیوست: دارد

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی



معاون مسکن و ساختمان و قائم مقام وزیر در نهضت ملی مسکن

بسمه تعالی

جناب آقای دکتر شکیب

رئیس محترم سازمان نظام مهندسی ساختمان (شورای مرکزی)

با سلام و احترام

بدین وسیله ضوابط و معیارهای فنی طراحی دیوارهای بنایی محوطه که مراحل تهیه و تدوین آن در دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان این وزارتخانه طی شده است جهت اجرا برای تمامی ساختمان‌هایی که دستور تهیه نقشه آنها از سه ماه پس از تاریخ این ابلاغیه به بعد صادر می‌شوند ابلاغ می‌گردد. خواهشمند است اقدامات لازم معمول و این وزارتخانه را از نتیجه مطلع نمایید.

هادی عباسی اصل
معاون مسکن و ساختمان و قائم مقام وزیر
در نهضت ملی مسکن

رونوشت:

- رئیس محترم بنیاد مسکن انقلاب اسلامی جهت آگاهی و دستور اقدام لازم
- معاون محترم امور هماهنگی و عمرانی وزارت کشور جهت آگاهی و دستور اقدام لازم
- رئیس محترم مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی جهت آگاهی و اقدام لازم
- مدیرکل محترم دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، جهت آگاهی و اقدام لازم
- مدیرکل محترم دفتر توسعه مهندسی ساختمان، جهت آگاهی و اقدام لازم
- مدیران کل محترم راه و شهرسازی استانها جهت آگاهی و اقدام لازم
- رئیس محترم سازمان نظام کاردانی ساختمان کشور جهت آگاهی و ابلاغ به سازمانهای نظام کاردانی. ساختمان استانها جهت اجرا

آدرس: میدان آرژانتین، بلوار آفریقا، راضی عباس آباد، ساختمان شهید دادمان، وزارت راه و شهرسازی (کدپستی: ۱۵۱۹۶۶۰۸۰۲) تلفن: ۸۸۸۷۸۰۳۱-۹
دورنگار: دبیرخانه وزارتی: ۸۸۸۷۸۰۴۵ دبیرخانه مرکزی: ۸۸۶۴۶۳۳۳ (نام‌های فاقد مهر برجسته وزارت راه و شهرسازی از درجه اعتبار ساقط می‌باشد)

پیشگفتار

باتوجه به بروز خسارات گسترده ناشی از زلزله به دیوارهای محوطه و در بسیاری موارد تخریب کامل آن‌ها که علاوه بر خسارات مالی و جانی، موجب اختلال در جریان امداد رسانی به مناطق زلزله زده را فراهم می‌کند و از سویی دیگر عدم شفافیت کافی در آیین‌نامه‌های موجود در خصوص نحوه طراحی و اجرای این دیوارها، ضرورت تدوین دستورالعملی به منظور روش طراحی دیوارهای بنایی محوطه محرز گردید. در تدوین دستورالعمل حاضر، تا حد امکان از رویکرد تجویزی پرهیز شده و طراحی دیوار براساس روش مهندسی و بر مبنای محاسبات فنی و مقایسه ظرفیت و تقاضای وارده بر دیوار انجام گرفته است. به استثناء برخی موارد خاص که با رویکرد تجویزی به آن پرداخته شده در اغلب موارد از روش عملکردی برای طراحی و محاسبه دیوار استفاده شده است.

امیدواریم این دستورالعمل پیشرو گامی رو به جلو در جهت عملکرد مناسب دیوارهای محوطه در حین زلزله نه تنها از منظر ایمنی جانی و حفظ حریم ساختمان‌ها بلکه از منظر بهبود تاب‌آوری شهرها در برابر حوادث غیرمترقبه نیز باشد.

حامد مانی‌فر

مدیرکل دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

مجری طرح

دکتر سیدامین موسوی مهندسین مشاور

اعضای کارگروه تدوین (به ترتیب حروف الفبا)

مهندس مسعود افراز	معاون ترویج و کنترل ساختمان - دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان
مهندس ایزد بنی مصطفی	مهندسین مشاور
مهندس اکبر باقریان	معاون فنی و مهندسی سازمان نوسازی شهر تهران
دکتر علی خان سفید	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دکتر میثم صمدی	عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد مشهد
دکتر سیدامین موسوی	مهندسین مشاور
دکتر احسان نوروزی نژاد	عضو هیات علمی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

اعضای گروه مدیریت و راهبری

مهندس هادی عباسی اصل	معاون مسکن و ساختمان و قائم مقام وزیر در نهضت ملی مسکن
مهندس حامد مانی فر	مدیرکل دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان
مهندس مهدی نورمحمدی	معاون صنعتی سازی و فناوری های نوین ساختمان

اعضای کمیته داوری (به ترتیب حروف الفبا)

مهندس رضا اسفندیاری	مهندسین مشاور
مهندس سارا احمدلو	مهندسین مشاور

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد	دکتر حمیدرضا امیری
مهندسین مشاور	دکتر فرزانه حداد شرق
عضو هیات علمی دانشگاه تبریز	دکتر مسعود حسین‌زاده اصل
مهندسین مشاور	دکتر علی خیرالدین
مهندسین مشاور	مهندس صمد دهقان اسکویی
مهندسین مشاور	مهندس امید رسولی
عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد مشهد	مهندس سید مصطفی رضوی
عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند	دکتر سیدرضا سرافرازی
عضو هیات علمی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله	دکتر عبدالرضا سروقد مقدم
مهندسین مشاور	مهندس محمد صدقی
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد ملایر	دکتر مهدی علیرضائی
مهندسین مشاور	مهندس زهرا غلامی
مهندسین مشاور	مهندس جواد قدرتی
عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد ساوه	دکتر مهدی کفایی کیوی
عضو هیات علمی گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد	دکتر محمد محمدی ده چشمه
مهندسین مشاور	مهندس سید محمود نجفی الموسوی
مهندسین مشاور	دکتر مهدی هادی
مهندسین مشاور	دکتر علی‌اکبر یحیی‌آبادی

در آخر از ادارات کل راه و شهرسازی و سازمان نظام مهندسی ساختمان استان‌های آذربایجان شرقی، چهارمحال و بختیاری، خراسان جنوبی، خراسان رضوی، خوزستان، سمنان، قم، کرمان، لرستان، مرکزی، هرمزگان و یزد که با معرفی اساتید ما را در تهیه

این ضابطه یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد. در پایان از همه مهندسان، حرفه‌مندان، محققان، دانشجویان و کلیه صاحب نظران تقاضا می‌شود تا با مطالعه این دستورالعمل و ارائه پیشنهادات سازنده خود، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان را در تنظیم ویرایش‌های بعدی یاری نمایند.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

وزارت راه و شهرسازی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	۳
فصل ۱: مقدمه و دامنه کاربرد	۱۳
فصل ۲: دیوارهای بنایی محوطه	۱۷
فصل ۳: محاسبه نیروی وارد بر دیوار محوطه	۲۵
۱-۳ نیروی ناشی از زلزله.....	۲۵
۲-۳ نیروی ناشی از باد.....	۲۷
۳-۳ سایر نیروهای تصادفی.....	۲۸
فصل ۴: طراحی ظرفیتی دیوار محوطه	۳۱
۱-۴ محاسبه ظرفیت پانل بنایی.....	۳۱
۲-۴ کنترل لنگر واژگونی.....	۴۷
۳-۴ کنترل ظرفیت خمشی کلاف قائم.....	۵۲
۴-۴ نمونه طراحی دیوار محوطه.....	۵۵
فصل ۵: سایر الزامات	۶۱
۱-۵ اتصال دیوار به کلاف قائم.....	۶۱
۲-۵ کلاف افقی.....	۶۳
۳-۵ بازشو در دیوار محوطه.....	۶۴
۴-۵ درز انبساط.....	۶۴
۵-۵ درز انقطاع.....	۶۵

- ۶-۵ اجرای دیوار بر روی شیب ۶۶
- ۷-۵ تغییر امتداد دیوار ۶۸
- ۸-۵ زهکشی دیوار ۶۸
- ۹-۵ طراحی بر اساس شبیه سازی المان محدود ۶۸
- ۱۰-۵ آزمایشات کنترل کیفیت تسلیحات پانل بنایی ۶۹
- مراجع ۷۳

فصل ۱

مقدمه و دامنه کاربرد

در سالیان اخیر، به‌ویژه پس از زلزله ازگله در سال ۱۳۹۶، تلاش‌های فراوانی برای درک رفتار اجزای غیرسازه‌ای در کشور صورت گرفته است. چندین ماه پیش از وقوع زلزله ازگله، ضابطه ۷۲۹ تحت عنوان «راهنمای طراحی لرزه‌ای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مسلح به میلگرد بستر» توسط سازمان برنامه و بودجه کشور در سال ۱۳۹۵ منتشر گردید. پیش نویس ویرایش دوم این ضابطه در سال ۱۳۹۸ توسط سازمان برنامه و بودجه کشور منتشر شده است که در دستورالعمل حاضر ملاک عمل ویرایش دوم ضابطه ۷۲۹ است. در این ضابطه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به شکل محاسباتی و غیرتجویزی طراحی می‌شوند. پس از وقوع زلزله ازگله، ضابطه ۸۱۹ تحت عنوان «راهنمای طراحی سازه‌ای و جزئیات اجرایی دیوارهای غیرسازه‌ای» توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در سال ۱۳۹۷ منتشر گردید و پس از آن در سال ۱۳۹۸ پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ به‌منظور بهبود شرایط اجزای غیرسازه‌ای در کشور منتشر شد. با وجود این، توجه اندکی به دیوارهای محوطه ساختمان صورت گرفته و هیچ یک از دستورالعمل‌های فوق به شکل صریح به دیوارهای محوطه نپرداخته‌اند. یکی از محدود دستورالعمل‌های طراحی موجود در خصوص دیوارهای محوطه، «دستورالعمل طرح و اجرای دیوارهای محوطه» است که توسط سازمان نوسازی مدارس در سال ۱۳۹۱ منتشر شده است که در آن طراحی دیوار بنایی به‌صورت تجویزی بوده، لیکن طراحی سایر اجزای دیوار شامل کلاف‌های قائم و شالوده به شکل محاسباتی صورت گرفته است. همچنین در مبحث هشتم مقررات ملی، الزامات تجویزی برای دیوارهای محوطه ارائه شده است.

هدف از تهیه این متن، انعکاس آخرین یافته‌های کسب شده در کشور در طراحی محاسباتی و اجرای صحیح دیوارهای بنایی محوطه می‌باشد. انتظار می‌رود در مقایسه با الزامات تجویزی پیشین، رعایت الزامات محاسباتی ارائه شده در این متن منجر به طراحی دقیق‌تر، اقتصادی‌تر و مطمئن‌تری برای دیوارهای محوطه گردد.

دیوارهای محوطه از جمله اجزایی هستند که تاکنون به طراحی آنها توجه اندکی شده است. این درحالی است که آسیب‌پذیری آنها در زلزله‌های گذشته مشاهده شده است. شکل ۱-۱ برخی از آسیب‌های وارد بر دیوارهای محوطه در زلزله سی سخت در سال ۱۳۹۹ را نشان می‌دهد.



زلزله بم (۱۳۸۲)



زلزله ازگله (۱۳۹۶)

زلزله سی سخت (۱۳۹۹)

زلزله بندرگناوه (۱۴۰۰)

شکل ۱-۱ آسیب‌های وارده بر دیوارهای محوطه در زلزله‌های گذشته

دستورالعمل حاضر به طراحی دیوارهای بنایی محوطه با رویکرد محاسباتی و غیرتجویزی اختصاص دارد. دیوار محوطه می‌تواند از بلوک‌های سیمانی توخالی و یا آجر فشاری یا آجر فشاری سوراخ دار ساخته شده باشد. همچنین دیوار می‌تواند به صورت غیرمسلح و یا مسلح به میلگرد بستر و یا کامپوزیت شبکه الیاف باشد. اگرچه بارگذاری اصلی دیوارهای بنایی در این دستورالعمل بار باد و زلزله در نظر گرفته شده است، اما با توجه به اینکه براساس این دستورالعمل، طراح قادر خواهد بود مقاومت خارج از صفحه دیوار را محاسبه کند؛ طراحی دیوار محوطه برای سایر بارهای تصادفی از جمله ضربه ناشی از برخورد، انفجار، سیل و سایر بارهای خارج از صفحه نیز ممکن خواهد بود. همچنین در این دستورالعمل تمرکز بر روی دیوارهای بنایی محوطه واقع بر خاک‌های غیرمسئله‌دار بوده و طراحی دیوارهای محوطه ساخته شده از بتن مسلح، پانل‌های سه بعدی و یا قطعات پیش ساخته و نیز دیوارهای محوطه بر روی خاک‌های مسئله‌دار و یا در مجاورت شیروانی‌های با شیب تند و مستعد ناپایداری خارج از اهداف این دستورالعمل می‌باشد.

استفاده از سایر راهکارها به منظور طراحی دیوارهای محوطه به شرطی که منجر به تأمین ظرفیت خارج از صفحه کافی برای دیوار شود، مجاز می‌باشد.

فصل ۲

دیوارهای بنایی محوطه

مطابق شکل ۱-۲ دیوارهای محوطه بنایی عمدتاً شامل قسمت بنایی (پانل بنایی)، کلاف قائم، کلاف افقی و شالوده می‌شوند که در ادامه وظیفه هر یک از این اجزا بیان شده است.



شکل ۱-۲ قسمت‌های اصلی دیوارهای محوطه بنایی

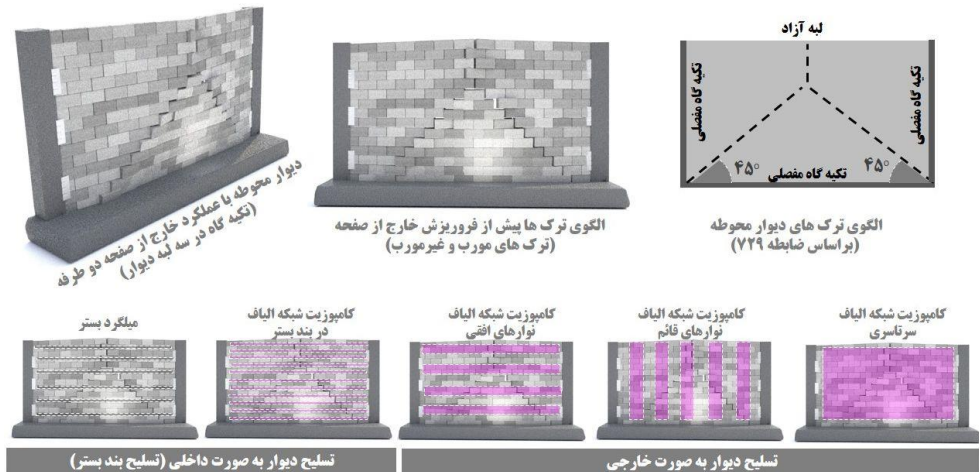
پانل بنایی: پانل بنایی دیوار، قسمت اصلی دیوار بوده که وظیفه اصلی جداسازی محوطه از محیط اطراف را بر عهده دارد. ارتفاع قسمت بنایی به کاربری محوطه جداسازی شده بستگی داشته، اما عمدتاً بین ۲ تا ۳ متر می‌باشد. در دستورالعمل حاضر، واحدهای بنایی به کار رفته در قسمت بنایی صرفاً از نوع بلوک‌های سیمانی توخالی و یا آجر فشاری (با یا بدون سوراخ) می‌باشند. با توجه به اینکه دولبه قائم پانل بنایی به کلاف‌های قائم و لبه تحتانی دیوار نیز به شالوده متصل است، لذا شرایط مرزی پانل بنایی به نحوی است که در سه لبه خود دارای تکیه‌گاه بوده و لبه فوقانی آن آزاد است. لازم به ذکر است در لبه فوقانی اگرچه کلاف افقی وجود دارد، لیکن مقطع کلاف افقی کوچک و طول آن نسبتاً زیاد است. لذا فرض می‌شود که کلاف افقی نمی‌تواند نقش تکیه‌گاهی برای دیوار ایفا کند. بنابراین، لازم است در محاسبه ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی، لبه فوقانی آن آزاد فرض شود. همچنین در جهت اطمینان فرض می‌شود که سه لبه دیگر دارای تکیه‌گاه از نوع مفصلی هستند. شکل ۲-۲ الگوی ترک‌های پانل بنایی در آستانه فروریزش را نشان می‌دهد. به منظور تقویت ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی، می‌توان از روش‌های مختلفی به منظور تسلیح آن استفاده نمود. بر اساس این راهنما، تسلیح پانل بنایی می‌تواند با استفاده از میلگرد بستر و یا با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف انجام شود. بدیهی است نحوه چیدمان تسلیحات دیوار باید به نحوی باشد که تسلیحات از ترک‌های ایجاد شده در دیوار عبور کنند که در خصوص پانل‌های بنایی دیوار محوطه، هم تسلیحات به صورت افقی و هم تسلیحات به صورت قائم، این معیار را برآورده می‌کنند. به طور کلی دو روش تسلیح داخلی و تسلیح خارجی برای پانل بنایی قابل تعریف است. در تسلیح داخلی، تسلیحات در داخل ضخامت پانل بنایی قرار داده می‌شوند. مطابق شکل ۲-۳ تسلیح دیوار با استفاده از میلگرد بستر و تسلیح دیوار با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف در داخل بند بستر از جمله روش‌های تسلیح داخلی پانل بنایی هستند. در تسلیح خارجی، تسلیحات در خارج از ضخامت پانل بنایی و بر روی وجوه بیرونی آن قرار می‌گیرند. مطابق شکل ۲-۳ تسلیح دیوار با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف به صورت

نوارهای افقی، نوارهای قائم و سرتاسری از جمله روش‌های تسلیح خارجی پانل بنایی هستند.

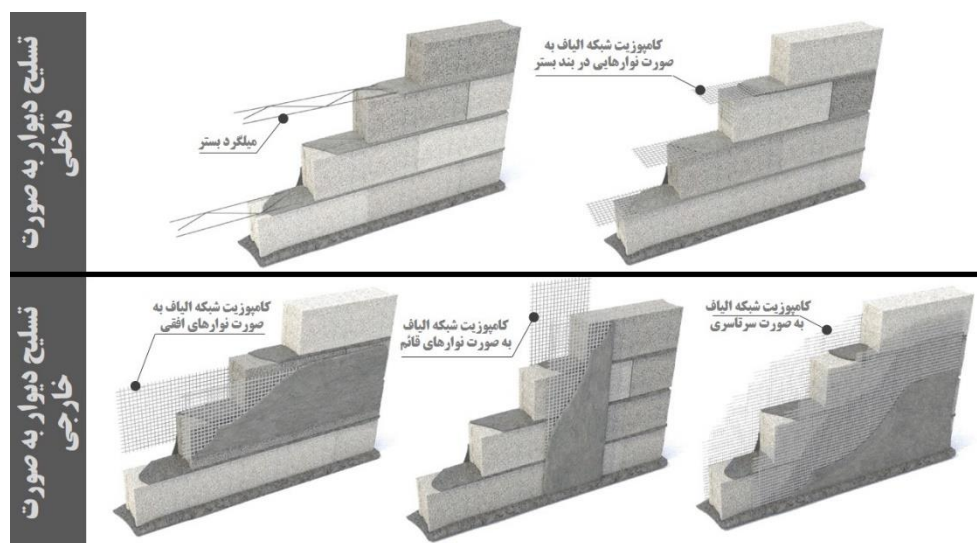
کلاف قائم: کلاف‌های قائم به‌منظور کاهش طول آزاد قسمت بنایی دیوار به کار برده می‌شوند. به عبارت دیگر، کلاف‌های قائم نقش تکیه‌گاه برای قسمت بنایی دیوار را ایفا می‌کنند. کلاف‌های قائم برای ایفای این وظیفه نه تنها باید از مقاومت کافی بلکه از صلبیت کافی نیز برخوردار باشد. در دستورالعمل حاضر تاکید بر روی کلاف‌های قائم بتن مسلح بوده لیکن استفاده از کلاف‌های فولادی و یا کلاف‌های بنایی مسلح نیز در صورتی که دارای مقاومت و صلبیت کافی باشند، بلامانع است.

کلاف افقی: کلاف افقی صرفاً به‌منظور بهبود انسجام و یکپارچگی بلوک‌های رج فوقانی دیوار کاربرد داشته و نقش تکیه‌گاهی برای لبه فوقانی دیوار ندارد.

شالوده: شالوده به‌منظور توزیع یکنواخت نیروها بر خاک و نیز تأمین پاشنه کافی برای ارتقای پایداری دورانی دیوار به کار می‌رود.



شکل ۲-۲ عملکرد دو طرفه پانل بنایی و روش‌های تسلیح آن



شکل ۲-۳ روش‌های تسلیح پانل بنایی به صورت داخلی و خارجی

تذکره ۱: در روش تسلیح پانل بنایی به صورت خارجی، در هر دو وجه دیوار لازم است کامپوزیت شبکه الیاف اجرا شود. علت این امر ماهیت رفت و برگشتی فشار خارج از صفحه ناشی از زلزله و باد می‌باشد.

تذکره ۲: در مواردی که به یکی از دو وجه خارجی دیوار دسترسی وجود نداشته باشد، می‌توان از تسلیح داخلی (استفاده از میلگرد بستر و یا کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر) به منظور مسلح نمودن دیوار استفاده نمود.

تذکره ۳: در روش تسلیح داخلی، تسلیحات هم زمان با ساخت پانل بنایی اجرا می‌شوند اما در روش تسلیح خارجی، تسلیحات پس از اتمام ساخت پانل بنایی اجرا می‌شوند.

تذکره ۴: در روش تسلیح پانل بنایی با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف چه به صورت داخلی و چه به صورت خارجی، لازم است از ملات مختص کامپوزیت شبکه الیاف استفاده شده و نباید از ملات معمولی استفاده شود. ملات مختص کامپوزیت شبکه الیاف همان ملاتی است که در آزمایش‌های کششی کامپوزیت شبکه الیاف، مورد استفاده قرار گرفته شده است. جزئیات بیشتر در خصوص کامپوزیت شبکه الیاف در بند ۵-۹ از فصل ۵ ارائه شده است.

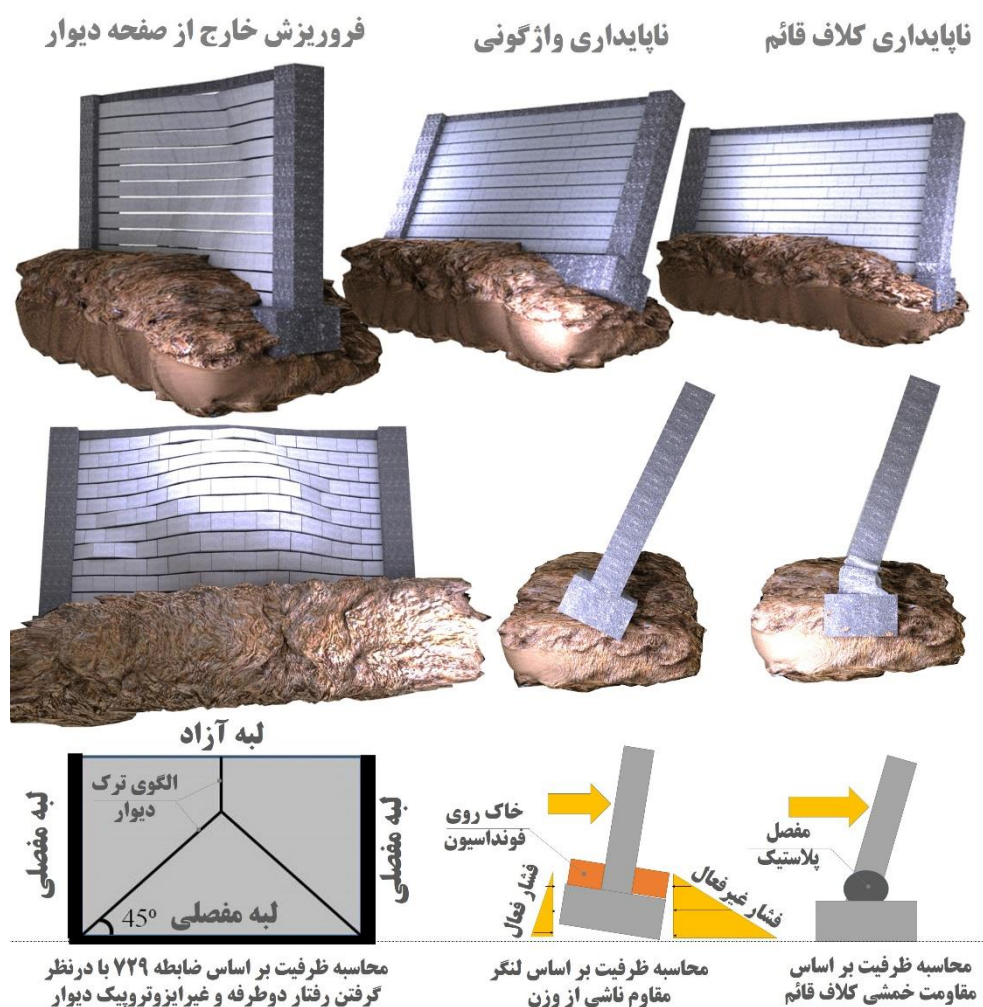
تذکره ۵: ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه ییاف و نیز تنش تسلیم میلگرد بستر باید توسط تولید کنندگان این تسلیحات و بر اساس آزمایش‌های تعیین شده در فصل ۵ ارائه شود. در تسلیح دیوارهای بنایی محوطه، تنها محصولاتی مجاز به استفاده هستند که بر روی نمونه‌های مشابه آنها، آزمایشات کششی و دوام مطابق با الزامات بند ۵-۹ از فصل ۵ انجام شده باشد.

تذکره ۶: استفاده از آرماتور ساده یا آج دار در بندهای بستر دیوار نمی‌تواند منجر به مسلح شدن دیوار شود چراکه پیوستگی کامل مابین آرماتورهای مستقیم (غیر شبکه‌ای) با ملات بند بستر ایجاد نخواهد شد. در صورت استفاده از آرماتور مستقیم، لازم است واحدهای بنایی دارای حفره‌های ممتد افقی یا قائم در طول یا ارتفاع دیوار بوده و حفره‌ای که آرماتور مستقیم در آن قرار می‌گیرد با دوغاب پر شود. سه مود شکست اصلی دیوارهای بنایی محوطه، در شکل ۲-۴ نشان داده شده است. این مودهای شکست عبارتند از:

- **آستانه فروریزش خارج از صفحه پانل بنایی:** در این مود شکست، تقاضای خارج از صفحه وارد بر دیوار فراتر از ظرفیت خارج از صفحه دیوار بوده و منجر به بروز ناپایداری در قسمت بنایی دیوار می‌شود. از جمله عواملی که می‌توان ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی دیوار را ارتقا داد عبارتند از: استفاده از میلگرد بستر، استفاده از ملات با چسبندگی بالا، افزایش ضخامت دیوار و کاهش فواصل کلاف‌های قائم (کاهش طول آزاد پانل بنایی). علاوه بر موارد فوق، در صورتی که از بلوک‌های ته خالی در ساخت دیوار استفاده شده باشد، تزریق دوغاب داخل حفره‌ها نیز می‌تواند به شکل قابل توجهی منجر به ارتقای ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی گردد.

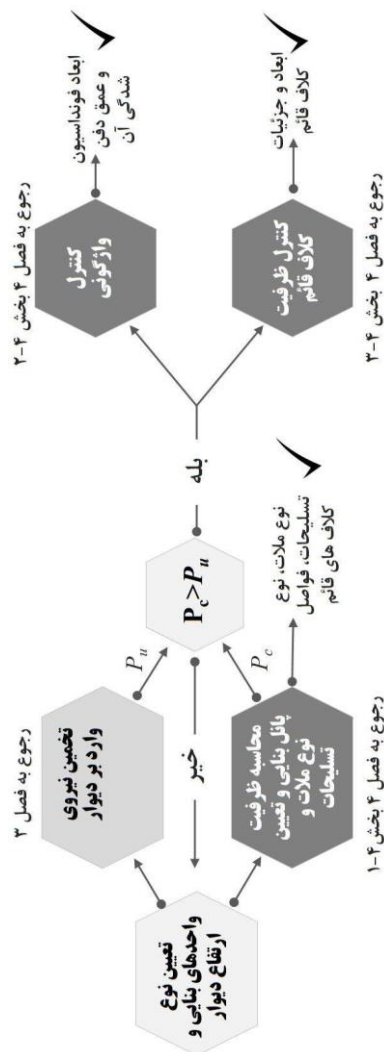
- **ناپایداری واژگونی:** در این مود شکست، دیوار محوطه همانند یک جسم صلب حول پاشنه خود دوران کرده و واژگون می‌شود. عامل مقاوم موثر در برابر این مود شکست لنگر مقاوم ناشی از نیروی ثقلی است. لذا با افزایش وزن دیوار (فقط در برابر باد)، افزایش عمق شالوده و افزایش پهنای شالوده، ظرفیت دیوار در برابر این مود شکست افزایش می‌یابد.

- **ناپایداری کلاف قائم:** در این مود شکست، کلاف قائم از ظرفیت خمشی کافی برخوردار نبوده و در پای دیوار مفصل پلاستیک با دوران بیش از حد ایجاد می‌شود. به منظور ارتقای ظرفیت دیوار در برابر این مود شکست لازم است کلاف قائم حتماً مسلح بوده و با استفاده از بتن (نه ملات یا دوغاب) ساخته شده باشد.



شکل ۴-۲ مودهای شکست دیوارهای محوطه

روند طراحی گام به گام دیوارهای محوطه مطابق دستورالعمل حاضر در شکل ۵-۲ نشان داده شده است که جزئیات هر گام در بندهای پیش رو ارائه شده است.



شکل ۵-۲ فلوچارت طراحی دیوارهای محوطه

فصل ۳

محاسبه نیروی وارد بر دیوار محوطه

در دستورالعمل حاضر نیروهای (تقاضای) وارد بر دیوارهای محوطه به سه دسته نیروهای ناشی از زلزله، نیروهای ناشی از باد و نیروهای تصادفی تقسیم شده است. حداکثر نیروی به دست آمده از سه عامل فوق تحت عنوان نیروی طراحی P_u در نظر گرفته شده و ملاک طراحی دیوار قرار خواهد گرفت.

تذکر: تحت هیچ شرایطی نیروی خارج از صفحه وارده بر دیوار محوطه نباید کوچکتر از ۱ کیلوپاسکال (۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع) در نظر گرفته شود.

۳-۱ نیروی ناشی از زلزله

در صورتی که ارتعاش دیوار محوطه در جهت خارج از صفحه مشابه یک سیستم تک درجه آزادی در نظر گرفته شده و در جهت اطمینان تمام جرم دیوار برابر جرم موثر مود اصلی ارتعاش در نظر گرفته شود، نیروی لرزه‌ای خارج از صفحه وارده بر دیوار مطابق رابطه (۳-۱) قابل تخمین است.

$$P_{eq} = \frac{W_w S_a I_e}{R} \quad (3-1)$$

که در آن W_w وزن واحد مترمربع دیوار، S_a مقدار شتاب طیفی در مود ارتعاش خارج از صفحه دیوار، I_e ضریب اهمیت لرزه‌ای دیوار و R ضریب رفتار دیوار می‌باشد که در برگیرنده اضافه مقاومت و شکل‌پذیری خارج از صفحه دیوار است.

در اغلب دیوارهای محوطه مدنظر این دستورالعمل، پی‌بود ارتعاش خارج از صفحه

دیوار در محدوده شتاب ثابت طیف طرح قرار داشته لذا مقدار شتاب طیفی می‌تواند برابر با $A(1+S)$ در نظر گرفته شود. همچنین ضریب رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی محوطه را می‌توان مشابه دیوارهای پیرامونی ساختمان برابر $2/5$ در نظر گرفت. این عدد با نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده نیز مطابقت دارد. لذا نیروی لرزه‌ای وارده بر دیوار را می‌توان معادل فشاری با توزیع یکنواخت در امتداد خارج از صفحه دیوار مطابق رابطه (۲-۳) در نظر گرفت.

$$P_{eq} = 0.4A(1 + S)I_e W_w \quad (2-3)$$

در رابطه فوق A نسبت شتاب مبنای زلزله طرح، پارامتر S مربوط به نوع خاک و خطرپذیری لرزه‌ای منطقه مطابق استاندارد ۲۸۰۰ می‌باشند.

تذکره ۱: لازم است ضریب اهمیت لرزه‌ای دیوار محوطه معادل ضریب اهمیت لرزه‌ای مهمترین ساختمان در مجاورت دیوار محوطه در نظر گرفته شود. ضروری است در تعیین ضریب اهمیت، میزان اهمیت راه‌های دسترسی در اطراف دیوار محوطه نیز مدنظر قرار گرفته شود. برای دیوارهای محوطه در مجاورت بزرگراه‌ها و خیابان‌های اصلی پر تردد، ضریب اهمیت لرزه‌ای دیوار نباید کمتر از $1/4$ در نظر گرفته شود. در صورتی که محوطه فاقد ساختمان باشد، می‌توان ضریب اهمیت لرزه‌ای را برابر ۱ در نظر گرفت.

تذکره ۲: در محاسبه وزن واحد مترمربع دیوار (W_w) لازم است وزن ناشی از نما، سیمانکاری، حفاظ، نرده‌ها و تابلوهای نصب شده بر روی دیوار لحاظ گردد.

تذکره ۳: در صورتی که برای ساختمان داخل محوطه، تحلیل خطر ویژه ساختگاه انجام شده باشد، می‌توان به جای عبارت $A(1+S)$ در رابطه (۲-۳) از مقدار حداکثر طیف شتاب طرح ویژه ساختگاه در سطح زمین استفاده شود.

تذکره ۴: طراح می‌تواند به جای رابطه (۲-۳) از روابط دقیق‌تری که در برگیرنده مشخصات دینامیکی خارج از صفحه دیوار باشد استفاده نماید. در این صورت نیروی زلزله نباید از ۸۰٪ مقدار به‌دست آمده از رابطه (۲-۳) کوچکتر در نظر گرفته شود.

تذکره ۵: وجود تسلیحات در دیوار منجر به بهبود شکل پذیری خارج از صفحه دیوار می‌شود. از طرفی ضریب کاهش مقاومت در دیوارهای غیر مسلح کوچکتر از دیوارهای مسلح بوده، بنابراین دیوارهای غیرمسلح دارای اضافه مقاومتی بزرگتری در مقایسه با دیوارهای مسلح هستند. از آنجا که ضریب رفتار خارج از صفحه دیوار (R) تابعی از شکل پذیری و اضافه مقاومت است، لذا به منظور تسهیل در روند طراحی، در این راهنما، ضریب رفتار برای دیوارهای محوطه مسلح و غیرمسلح یکسان و برابر با ۲/۵ در نظر گرفته شده است.

۲-۳ نیروی ناشی از باد

نیروی ناشی از باد وارده بر یک متر از طول دیوارهای پیرامونی را می‌توان مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۸) از رابطه (۳-۳) به‌دست آورد.

$$F_n = C_f C_n q C_g C_e H I_w \quad (۳-۳)$$

در رابطه فوق برای دیوار روی سطح زمین $C_f = 1/3$ بوده (برای دیوار با نسبت طول به ارتفاع بیش از ۱۰) و ضریب نیروی عمودی برای دیوار روی سطح زمین $C_n = 0/6$ است. فشار مبنای باد q برحسب کیلونیوتن برابر است با $0/0004737^2$ که در آن V سرعت مبنای باد برحسب کیلومتر بر ساعت است. برای دیوارهای محوطه ضریب اثر تند باد $C_g = 2$ و ضریب اثر تغییر سرعت برای نواحی باز $C_e = 0/9$ می‌باشد. ارتفاع دیوار از سطح زمین برابر H و I_w ضریب اهمیت دیوار در برابر بار باد است. با استفاده از مقادیر فوق و رابطه (۳-۳) و تبدیل نیروی متر طول دیوار به فشار خارج از صفحه و با ضرب ضریب ۱/۶ به منظور تبدیل نیروی باد از سطح سرویس به سطح نهایی، نیروی سطح نهایی باد وارده بر یک متر مربع از سطح دیوار را می‌توان بر اساس رابطه (۴-۳) تخمین زد.

$$P_{wind} = \frac{0.11I_w V^2}{1000} \quad (۴-۳)$$

رابطه (۴-۳) مقدار نیروی ناشی از باد در سطح نهایی را بر حسب کیلوپاسکال (کیلونیوتن بر مترمربع) ارائه می‌دهد.

تذکره ۱: در صورتی که دیوار محوطه در مناطق پرتراکم شهری باشد، می‌توان نیروی باد به‌دست آمده از رابطه (۴-۳) را به میزان ۲۰٪ کاهش داد.

تذکره ۲: لازم است ضریب اهمیت دیوار محوطه در برابر بار باد معادل ضریب اهمیت بار باد مربوط به مهمترین ساختمان در مجاورت دیوار محوطه در نظر گرفته شود. ضروری است در تعیین ضریب اهمیت، میزان اهمیت راه‌های دسترسی در اطراف دیوار محوطه نیز مدنظر قرار گرفته شود. برای دیوارهای محوطه در مجاورت بزرگراه‌ها و خیابان‌های اصلی پر تردد، ضریب اهمیت در برابر بار باد نباید کمتر از ۱/۲ در نظر گرفته شود. در صورتی که محوطه فاقد ساختمان باشد، می‌توان ضریب اهمیت دیوار محوطه در برابر بار باد را برابر ۱ در نظر گرفت.

۳-۳ سایر نیروهای تصادفی

سایر نیروهای تصادفی عبارتند از نیروی ناشی از ضربه، انفجار، سیل و یا هر نوع بار تصادفی محتمل که در جهت خارج از صفحه به دیوار وارد می‌شود. در این راهنما لازم است نیروهای تصادفی به‌صورت یک فشار استاتیکی خارج از صفحه با توزیع یکنواخت بر روی دیوار معادل‌سازی شوند. به‌منظور محاسبه نیروهای تصادفی، استفاده از روش‌های شناخته شده در آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های داخلی و بین‌المللی بلامانع است.

تذکره ۱: نمونه‌هایی از روش‌های محاسبه بار انفجار به‌صورت دینامیکی و استاتیکی معادل، در مبحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۵) ارائه شده است.

تذکره ۲: به جز دیوارهای محوطه مراکز حساس نظامی و امنیتی، در سایر موارد لزومی به در نظر گرفتن نیروهای تصادفی نمی‌باشد.

تذکر ۳: در صورتی که دیوار محوطه در یک منطقه سیل خیز مطابق تعریف مبحث ششم مقررات ملی قرار داشته و دیوار محوطه از نوع دیوار فروریزی در نظر گرفته نشود، لازم است در طراحی و ساخت دیوار محوطه اثرات ناشی از سیل مدنظر قرار گیرد. طراحی این نوع از دیوارهای محوطه خارج از دامنه کاربرد این دستورالعمل بوده و در این موارد نه تنها دیوار محوطه، بلکه شالوده آن نیز باید برای بارهای ناشی از سیل و اثرات آب شستگی آن کنترل شود.

فصل ۴

طراحی ظرفیتی دیوار محوطه

در این راهنما، ظرفیت دیوار بر اساس مقاومت خارج از صفحه پانل‌های بنایی دیوار تعیین می‌شود. سایر اجزای دیوار محوطه به صورت ظرفیتی طراحی می‌شوند. به بیان دیگر ابتدا براساس مشخصات پانل بنایی، ظرفیت دیوار محاسبه شده، سپس کلاف‌های قائم و شالوده دیوار طبق این ظرفیت طراحی و کنترل می‌شوند. بدین ترتیب، مود شکست آستانه فروریزش خارج از صفحه پانل بنایی که دارای درجه نامعینی و قابلیت اطمینان بیشتری است، قبل از موده‌های شکست ناپایداری واژگونی و ناپایداری کلاف قائم رخ خواهد داد.

تذکر: دیوار محوطه صرفاً تحت بارهای خارج از صفحه طراحی شده و در امتداد داخل صفحه نیازی به کنترل محاسباتی نبوده و صرفاً کفایت مابین دیوار محوطه و ساختمان تماس مستقیم وجود نداشته و فاصله‌ای حداقل به اندازه تغییر مکان نسبی غیرالاستیک طبقه همکف وجود داشته باشد. این فاصله با مواد منعطفی از قبیل فوم، پشم سنگ، یونولیت و ... پر می‌شود. جزئیات بیشتر در خصوص درز انقطاع مابین دیوار محوطه و ساختمان در بند ۵-۵ ارائه شده است.

۴-۱ محاسبه ظرفیت پانل بنایی

پانل بنایی تحت نیروهای خارج از صفحه همانند یک صفحه غیرایزوتروپیک با عملکرد دوطرفه رفتار می‌کند. منظور از غیرایزوتروپیک بودن رفتار آن است که مقاومت پانل بنایی

تحت خمش افقی با مقاومت آن تحت خمش قائم متفاوت می‌باشد. بر اساس ضابطه ۷۲۹، ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$P_c = \frac{M_{d2}}{\alpha_2 L^2} \quad (۱-۴)$$

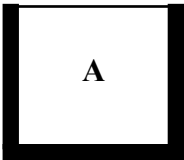
P_c : ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی بر حسب پاسکال (N/m^2)

L : طول آزاد پانل بنایی (فاصله آزاد مابین دو کلاف قائم) بر حسب متر (m)

M_{d2} : ظرفیت خمش افقی خارج از صفحه ۱ متر از ارتفاع پانل بنایی بر حسب نیوتن-متر بر متر ($N.m/m$)

α_2 : ضریب خمش افقی که به شرایط مرزی پانل بنایی، نسبت ارتفاع به طول پانل بنایی (H/L) و نسبت اورتوگنال (μ) پانل بنایی بستگی داشته و بر اساس جدول ۴-۱ بدست می‌آید. این ضریب بی بعد است

جدول ۴-۱ ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار محوطه (شرایط مرزی نوع A طبق ضابطه ۷۲۹)

شرایط مرزی پانل بنایی دیوار محوطه	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	۳/۰	۰/۰۲۲	۰/۰۳۳	۰/۰۴۶	۰/۰۵۹	۰/۰۶۷	۰/۰۷۵	۰/۰۸۰	۰/۰۸۵
	۲/۵	۰/۰۲۴	۰/۰۳۶	۰/۰۴۹	۰/۰۶۲	۰/۰۷۰	۰/۰۷۸	۰/۰۸۳	۰/۰۸۷
	۲/۰	۰/۰۲۷	۰/۰۳۹	۰/۰۵۲	۰/۰۶۵	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۸۵	۰/۰۹
	۱/۵	۰/۰۲۹	۰/۰۴۲	۰/۰۵۶	۰/۰۶۸	۰/۰۷۶	۰/۰۸۳	۰/۰۸۸	۰/۰۹۲
	۱/۰	۰/۰۳۱	۰/۰۴۵	۰/۰۵۹	۰/۰۷۱	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۹۰	۰/۰۹۴
	۰/۸	۰/۰۳۴	۰/۰۴۹	۰/۰۶۴	۰/۰۷۵	۰/۰۸۳	۰/۰۸۹	۰/۰۹۳	۰/۰۹۷
	۰/۶	۰/۰۳۸	۰/۰۵۳	۰/۰۶۹	۰/۰۸۰	۰/۰۸۸	۰/۰۹۳	۰/۰۹۷	۰/۱۰۰
	۰/۵	۰/۰۴۰	۰/۰۵۶	۰/۰۷۳	۰/۰۸۳	۰/۰۹۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹۹	۰/۱۰۲
	۰/۴	۰/۰۴۳	۰/۰۶۱	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷	۰/۰۹۳	۰/۰۹۸	۰/۱۰۱	۰/۱۰۴
	۰/۳	۰/۰۴۸	۰/۰۶۷	۰/۰۸۲	۰/۰۹۱	۰/۰۹۷	۰/۱۰۱	۰/۱۰۴	۰/۱۰۷
	۰/۲	۰/۰۵۴	۰/۰۷۵	۰/۰۸۹	۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۰/۱۰۵	۰/۱۰۸	۰/۱۱۱
	۰/۱	۰/۰۶۹	۰/۰۸۷	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۰۸	۰/۱۱۱	۰/۱۱۳	۰/۱۱۵

نسبت اورتوگنال پانل بنایی (μ) ضریبی بی بعد و برابر با نسبت ظرفیت خمش قائم در ۱ متر از طول پانل بنایی به خمش افقی در ۱ متر از ارتفاع پانل بنایی می‌باشد. بنابراین:

$$\mu = \frac{M_{d1}}{M_{d2}} \quad (۲-۴)$$

M_{d2} : ظرفیت خمش افقی خارج از صفحه ۱ متر از ارتفاع پانل بنایی بر حسب نیوتن-متر بر متر ($N.m/m$)

تذکره ۱: منظور از خمش خارج از صفحه قائم، خمشی است که منجر به ایجاد تنش کششی عمود بر بند بستر پانل بنایی می‌شود. این خمش منجر به ایجاد ترک‌هایی عمده افقی در پانل بنایی می‌گردد. منظور از خمش خارج از صفحه افقی، خمشی است که منجر به ایجاد تنش کششی موازی با بند بستر پانل بنایی می‌شود. این خمش منجر به ایجاد ترک‌هایی عمده عمودی در پانل بنایی می‌گردد. در پانل بنایی با رفتار خارج از صفحه دو طرفه، خمش‌های قائم و افقی به طور هم زمان وجود خواهند داشت.

تذکره ۲: افزایش ظرفیت خمش قائم یا افقی پانل بنایی به صورت مجزا و یا به صورت هم زمان، منجر به افزایش ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی (P_c) می‌شود. استفاده از میلگرد بستر، کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر و کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی سبب افزایش ظرفیت خمش افقی پانل بنایی می‌شود. استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم سبب افزایش ظرفیت خمش قائم پانل بنایی می‌شود. استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف سرتاسری سبب افزایش هم زمان ظرفیت خمش قائم و خمش افقی می‌شود.

تذکره ۳: لازم به ذکر است روابط مربوط به پانل بنایی غیر مسلح که در روابط (۴-۳) تا (۴-۶) ارائه شده اند بر اساس ضابطه ۷۲۹ هستند. همچنین رابطه مربوط به پانل بنایی مسلح به میلگرد بستر که در رابطه (۴-۷) ارائه شده است، نسخه‌ای ساده شده از رابطه موجود در ضابطه ۷۲۹ می‌باشد. به علاوه روابط ارائه شده در خصوص پانل‌های بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف که در روابط (۴-۸) تا (۴-۱۲) ارائه شده‌اند نسخه‌هایی ساده شده و بهبود یافته از روابط موجود در ACI549.6R هستند. بر اساس مقایسه‌های انجام شده با نتایج آزمایشگاهی متعدد (حدود ۵۰ آزمایش مختلف) و نیز نتایج حاصل از شبیه سازی‌های عددی، روابط ارائه شده در این راهنما در مقایسه با روابط موجود در ACI 549.6R تخمین دقیق‌تری از ظرفیت خارج از صفحه دیوار را ارائه می‌دهند. در تمام موارد، فرض شده است تغییرات کرنش در مقطع دیوار خطی بوده و هیچ سرخوردگی یا لغزشی مابین مصالح بنایی و تسلیحات دیوار رخ نمی‌دهد.

تذکر ۴: به منظور دستیابی به عملکرد خارج از صفحه دو طرفه و بهبود قابلیت اطمینان و افزایش درجه نامعینی رفتار خارج از صفحه پانل بنایی، لازم است، مطابق جدول ۱-۴، نسبت ارتفاع به طول پانل بنایی بین ۰/۳ تا ۲ باشد. بنابراین لازم است همواره طول آزاد پانل بنایی L (فاصله مابین کلاف‌های قائم) تحت هیچ شرایطی از ۳/۳ برابر ارتفاع پانل بنایی H (فاصله روی خاک تا بالای پانل بنایی) فراتر نرود.

با توجه به روابط ۱-۴ و ۲-۴ و جدول ۱-۴، می‌توان با داشتن طول و ارتفاع پانل بنایی و ظرفیت خمش قائم و افقی پانل بنایی، ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی را محاسبه نمود. برای روش‌های مختلف تسلیح، ظرفیت خمش قائم در ۱ متر از طول پانل بنایی (M_{d1}) و ظرفیت خمش افقی در ۱ متر از ارتفاع پانل بنایی (M_{d2}) به صورت زیر محاسبه می‌شوند.

- پانل بنایی غیرمسلح ساخته شده از آجر توپر یا سوراخ دار

$$M_{d1} = \phi_1 \frac{f_{r1} t^2}{6} \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_1 = 0.6 \quad (۳-۴)$$

$$M_{d2} = \phi_2 \lambda \frac{f_{r2} t^2}{6} \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.6 \quad (۴-۴)$$

در روابط فوق t ضخامت دیوار بر حسب میلیمتر (mm) بوده ضرایب کاهش مقاومت در هر دو امتداد برابر ۰/۶ می‌باشد. مدول گسیختگی پانل بنایی در امتداد عمود بر بند بستر (f_{r1}) و در امتداد موازی با بند بستر (f_{r2}) در جدول ۲-۴ ارائه شده است که لازم است بر حسب مگاپاسکال (MPa) در روابط قرار داده شوند. در صورتی که بندهای قائم به طور کامل دارای ملات باشند، ضریب λ برابر با ۱ بوده و در غیر این صورت این ضریب برابر با ۰/۷ می‌باشد. لازم به ذکر است روابط ۳-۴ و ۴-۴ منطبق بر روابط موجود در ضابطه ۷۲۹ هستند.

جدول ۴-۲: جدول گسیختگی پانل بنایی در دو امتداد عمود و موازی بند بستر بر حسب مگاپاسکال (بر

اساس ضابطه ۷۲۹)

امتداد مدول گسیختگی	نوع واحد بنایی	طرح اختلاط ملات**	
		۱ حجم سیمان پرتلند ۱ حجم آهک ۶ حجم ماسه ریزدانه**	۱ حجم سیمان بنایی یا پرتلند ۳ حجم ماسه ریزدانه**
عمود بر بند	آجر توپر یا سوراخ دار	۰/۶۹	۰/۳۵
بستر (f_{r1})	بلوک سیمانی توخالی	۰/۴۴	۰/۲۱
موازی بند	آجر توپر یا سوراخ دار	۱/۳۸	۰/۶۹
بستر (f_{r2})*	بلوک سیمانی توخالی	۰/۸۷	۰/۴۴

* لازم است چیدمان واحدهای بنایی دارای پیوند ممتد بوده و فاصله افقی بندهای قائم در ردیفهای متوالی حداقل یک چهارم طول واحد بنایی باشد.

** مقدار دقیق آب بسته به میزان کارایی لازم و شرایط محیطی تعیین می‌شود.

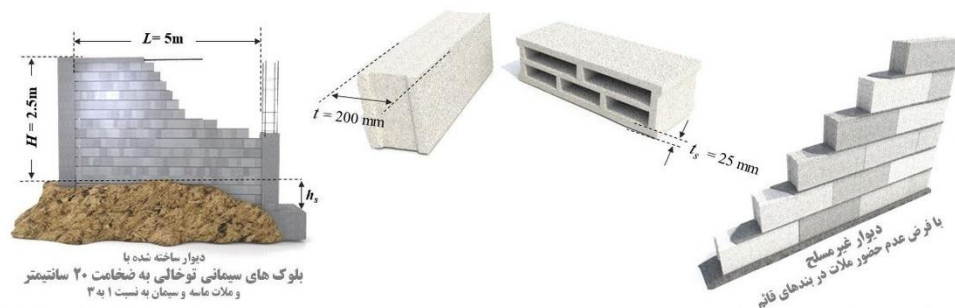
** ماسه ریزدانه دارای حداکثر اندازه دانه‌ای حدود ۲ میلیمتر است به طوری که حداقل ۹۵٪ دانه‌های ماسه از الک نمره ۸ عبور کنند.

- پانل بنایی غیر مسلح ساخته شده از بلوک سیمانی توخالی

$$M_{d1} = \phi_1 \frac{f_{r1} t_s (t - t_s)^2}{t} \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_1 = 0.6 \quad (۵-۴)$$

$$M_{d2} = \phi_2 \lambda \frac{f_{r2} t_s (t - t_s)^2}{t} \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.6 \quad (۶-۴)$$

در روابط فوق t و t_s به ترتیب ضخامت دیوار و ضخامت پوسته بیرونی بلوک بر حسب میلیمتر (mm) است. در غیاب داده‌های دقیق تر، مقدار t_s می‌تواند برابر با ۲۵ میلیمتر در نظر گرفته شود. ضرایب کاهش مقاومت در هر دو امتداد برابر ۰/۶ می‌باشد. مدول گسیختگی پانل بنایی در امتداد عمود بر بند بستر (f_{r1}) و در امتداد موازی با بند بستر (f_{r2}) در جدول ۴-۲ ارائه شده است که لازم است بر حسب مگاپاسکال (MPa) در روابط قرار داده شوند. در صورتی که بندهای قائم به طور کامل دارای ملات باشند، ضریب λ برابر با ۱ بوده و در غیر این صورت این ضریب برابر با ۰/۷ می‌باشد. لازم به ذکر است روابط ۴-۵ و ۴-۶ منطبق بر روابط موجود در ضابطه ۷۲۹ هستند.



(رابطه ۴-۵)

$$M_{d1} = \phi_1 \frac{f_{r1} t_s (t - t_s)^2}{t} = 0.6 \times \frac{0.21 \times 25 \times (200 - 25)^2}{200} = 482 \left(N \cdot \frac{m}{m} \right)$$

(رابطه ۴-۶)

$$M_{d2} = \phi_2 \lambda \frac{f_{r2} t_s (t - t_s)^2}{t} = 0.6 \times 0.7 \times \frac{0.44 \times 25 \times (200 - 25)^2}{200} = 707 \left(N \cdot \frac{m}{m} \right)$$

(رابطه ۴-۷)

$$\mu = \frac{M_{d1}}{M_{d2}} = \frac{482}{707} = 0.68$$

(جدول ۴-۱)

$$\alpha_2 = 0.051$$

(رابطه ۴-۱)

$$P_c = \frac{M_{d2}}{\alpha_2 L^2} = \frac{707}{0.051 \times 5^2} = 555 \left(\frac{N}{m} \right) = 0.55 \text{ kPa}$$

شکل ۴-۱ نمونه محاسبه ظرفیت خارج از صفحه برای یک پانل بنایی غیرمسلح

- پانل بنایی مسلح به میلگرد بستر

در پانل‌های بنایی مسلح به میلگرد بستر، ظرفیت خمش قائم مشابه پانل‌های بنایی غیرمسلح بدست می‌آید. لذا بسته به اینکه بلوک‌های مصرفی به صورت آجر توپر یا بلوک توخالی هستند، لازم از رابطه (۴-۳) یا (۴-۵) برای تعیین M_{d1} استفاده شود. لیکن ظرفیت خمش افقی در ۱ متر از ارتفاع دیوار به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$M_{d2} = \phi_2 \frac{A_s f_y}{B} (0.5t + 0.5w) \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.9 \quad (۷-۴)$$

در رابطه فوق A_s برابر با سطح مقطع یکی از مفتول‌های طولی (نه هر دو مفتول) میلگرد بستر بر حسب میلیمتر مربع (mm^2) و w برابر با پهنای میلگرد بستر (فاصله دو مفتول طولی میلگرد بستر) بر حسب میلیمتر (mm) می‌باشد. مقاومت تسلیم مفتول میلگرد بستر بر حسب مگاپاسکال (MPa) با f_y نشان داده شده و B فواصل میلگردهای بستر در ارتفاع دیوار است که الزاما باید ضریبی از ارتفاع واحدهای بنایی باشد. ضریب کاهش مقاومت در امتداد خمش افقی (Φ_2) برای دیوارهای مسلح به میلگرد بستر برابر با ۰/۹ است.

تذکره ۵: حداقل مقدار میلگرد بستر باید به نحوی باشد که ظرفیت خمش افقی حاصل از رابطه (۷-۴) از ظرفیت خمشی افقی متناظر با پانل غیرمسلح کوچکتر نباشد.

- پانل بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر

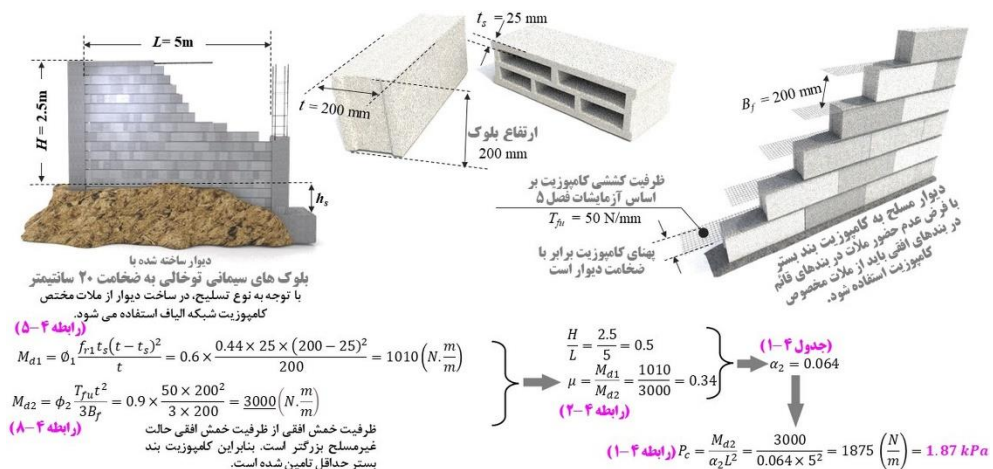
در پانل‌های بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر، ظرفیت خمشی قائم مشابه پانل‌های بنایی غیرمسلح بدست می‌آید. لذا بسته به اینکه بلوک‌های مصرفی به صورت آجر توپر یا بلوک توخالی هستند، لازم از رابطه (۳-۴) یا (۵-۴) برای تعیین M_{d1} استفاده شود. لیکن ظرفیت خمشی افقی در ۱ متر از ارتفاع دیوار به صورت زیر محاسبه می‌شود (با این فرض که پهنای کامپوزیت شبکه الیاف قرار گرفته در بند بستر برابر با ضخامت دیوار باشد).

$$M_{d2} = \phi_2 \frac{T_{fu} t^2}{3B_f} \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.9 \quad (۸-۴)$$

در رابطه فوق T_{fu} برابر با ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در واحد عرض بر حسب نیوتن بر میلیمتر (N/mm) می‌باشد که لازم است بر اساس نتایج آزمایشات کششی و دوام مطابق با الزامات بند ۵-۹ بدست آید. ضخامت دیوار برابر با t بوده که بر حسب میلیمتر (mm) می‌باشد. کمیت B_f فواصل کامپوزیت‌های شبکه الیاف بند بستر در ارتفاع دیوار است که الزاما باید ضریبی از ارتفاع واحدهای بنایی باشد. ضریب کاهش مقاومت در امتداد خمشی افقی (Φ_2) برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر برابر با ۰/۹ است.

تذکره ۶: حداقل مقدار کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر باید به نحوی باشد که ظرفیت خمشی افقی حاصل از رابطه (۸-۴) از ظرفیت خمشی افقی متناظر با پانل غیرمسلح کوچکتر نباشد. ظرفیت خمشی افقی پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط (۴-۴) یا (۶-۴) بدست می‌آید. در غیر این صورت استفاده از شبکه الیاف در بند بستر تاثیری در افزایش ظرفیت خارج از صفحه دیوار نخواهد داشت و لازم است از روابط مربوط به پانل بنایی غیرمسلح برای محاسبه ظرفیت خارج از صفحه استفاده شود. در بسیاری از موارد، و برای ظرفیت‌های کامپوزیت شبکه الیاف متداول در کشور، به منظور تامین الزام فوق، لازم است کامپوزیت شبکه الیاف در تمام رج‌های پانل بنایی قرار داده شوند. لازم به ذکر است در این روش تسلیح، ملات مصرفی در بندهای بستر دیوار، ملات

معمولی نبوده و باید از ملات مختص کامپوزیت شبکه الیاف در بندهای بستر استفاده شود. لذا به منظور سادگی در روند اجرا و پرهیز از استفاده از ملات‌های مختلف در رج‌های مختلف دیوار، توصیه می‌شود در صورتی که این روش برای تسلیح دیوار انتخاب شده است، کامپوزیت‌های شبکه الیاف در تمام رج‌های دیوار قرار داده شوند. با توجه به چسبندگی بالاتر ملات مصرفی در کامپوزیت شبکه الیاف نسبت به ملات‌های متداول، این امر منجر به بهبود ظرفیت خمشی قائم پانل بنایی نیز خواهد شد. در غیاب داده‌های آزمایشگاهی، می‌توان در تخمین ظرفیت دیوار، نوع ملات دیوار را معادل طرح اختلاط ۱ حجم سیمان پرتلند، ۱ حجم آهک و ۶ حجم ماسه در نظر گرفته و مدول گسیختگی متناظر را بر اساس جدول (۲-۴) تعیین نمود. همچنین لازم به ذکر است که رابطه ارائه شده با این فرض است که کامپوزیت شبکه الیاف در تمام عرض بند بستر قرار گرفته باشد. به عبارت دیگر، پهنای کامپوزیت شبکه الیاف قرار گرفته در بند بستر، برابر با ضخامت دیوار است.



شکل ۴-۳ نمونه محاسبه ظرفیت خارج از صفحه برای یک پانل بنایی مسلح به کامپوزیت

شبکه الیاف واقع در بند بستر (کامپوزیت بند بستر)

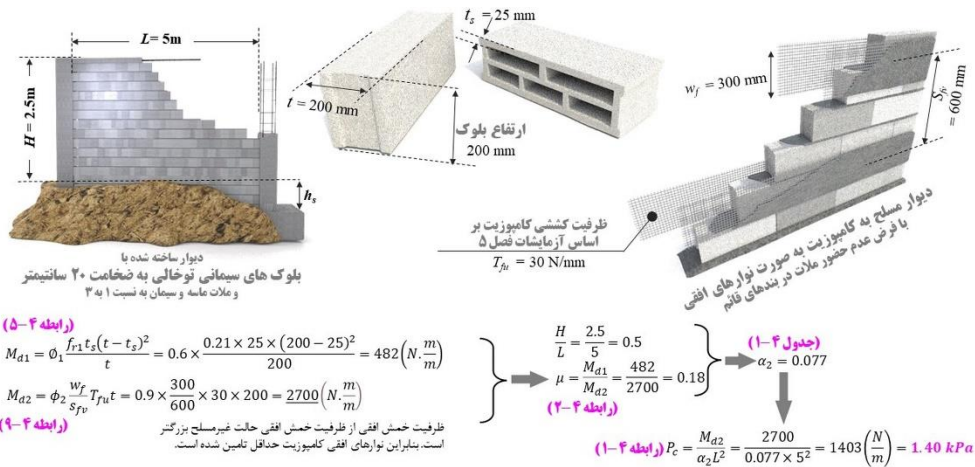
- پانل بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی

در پانل‌های بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی، ظرفیت خمشی قائم مشابه پانل‌های بنایی غیرمسلح بدست می‌آید. لذا بسته به اینکه بلوک‌های مصرفی به صورت آجر توپر یا بلوک توخالی هستند، لازم از رابطه (۳-۴) یا (۵-۴) برای تعیین M_{d1} استفاده شود. لیکن ظرفیت خمشی افقی در ۱ متر از ارتفاع دیوار به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$M_{d2} = \phi_2 \frac{w_f}{s_{fv}} T_{fu} t \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.9 \quad (9-4)$$

در رابطه فوق T_{fu} برابر با ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در واحد عرض بر حسب نیوتن بر میلیمتر (N/mm) می‌باشد که لازم است بر اساس نتایج آزمایشات کششی و دوام مطابق با الزامات بند ۵-۹ بدست آید. عرض نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف و فواصل مرکز به مرکز نوارها در امتداد ارتفاع دیوار بر حسب میلیمتر (mm) به ترتیب w_f و s_{fv} می‌باشند. کمیت t نیز برابر با ضخامت دیوار بر حسب میلیمتر (mm) است. ضریب کاهش مقاومت در امتداد خمشی افقی (Φ_2) برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی برابر با ۰/۹ است.

تذکره ۷: حداقل مقدار کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی باید به نحوی باشد که ظرفیت خمشی افقی حاصل از رابطه (۹-۴) از ظرفیت خمشی افقی متناظر با پانل غیرمسلح کوچکتر نباشد. ظرفیت خمشی افقی پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط (۴-۴) یا (۶-۴) بدست می‌آید. در غیر این صورت استفاده از شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی تاثیری در افزایش ظرفیت خارج از صفحه دیوار نخواهد داشت و لازم است از روابط مربوط به پانل بنایی غیرمسلح برای محاسبه ظرفیت خارج از صفحه استفاده شود.



شکل ۴-۴ نمونه محاسبه ظرفیت خارج از صفحه برای یک پانل بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی

- پانل بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم

در پانل‌های بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم، ظرفیت خمش افقی مشابه پانل‌های بنایی غیرمسلح بدست می‌آید. لذا بسته به اینکه بلوک‌های مصرفی به صورت آجر توپر یا بلوک توخالی هستند، لازم از رابطه (۴-۴) یا (۴-۶) برای تعیین M_{d2} استفاده شود. لیکن ظرفیت خمش قائم در ۱ متر از طول دیوار به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$M_{d1} = \phi_1 \frac{w_f}{s_{fh}} T_{fu} t \left(\frac{N \cdot m}{m} \right), \quad \phi_1 = 0.9 \quad (۴-۱۰)$$

در رابطه فوق T_{fu} برابر با ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در واحد عرض بر حسب نیوتن بر میلیمتر (N/mm) می‌باشد که لازم است بر اساس نتایج آزمایشات کششی و دوام مطابق با الزامات بند ۵-۹ بدست آید. عرض نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف و فواصل مرکز به مرکز نوارها در امتداد طول دیوار بر حسب میلیمتر (mm) به ترتیب w_f و s_{fh} می‌باشند. کمیت t نیز برابر با ضخامت دیوار بر حسب میلیمتر (mm) است. ضریب کاهش مقاومت در امتداد خمش قائم (ϕ_1) برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم برابر با ۰/۹ است.

تذکره ۸: حداقل مقدار کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم باید به نحوی باشد که ظرفیت خمش قائم حاصل از رابطه (۴-۱۰) از ظرفیت خمش قائم متناظر با پانل غیرمسلح کوچکتر نباشد. ظرفیت خمش قائم پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط (۴-۳) یا (۴-۵) بدست می‌آید. در غیر این صورت استفاده از شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم تاثیری در افزایش ظرفیت خارج از صفحه دیوار نخواهد داشت و لازم است از روابط مربوط به پانل بنایی غیرمسلح برای محاسبه ظرفیت خارج از صفحه استفاده شود.

- پانل بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سرتاسری

در پانل‌های بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سرتاسری، در صورتی که مشخصات شبکه الیاف در هر دو راستا یکسان باشد، ظرفیت خمش قائم در ۱ متر از طول پانل بنایی و ظرفیت خمش افقی در ۱ متر از ارتفاع پانل بنایی به ترتیب از طریق روابط (۴-۱۱) و (۴-۱۲) محاسبه می‌شوند.

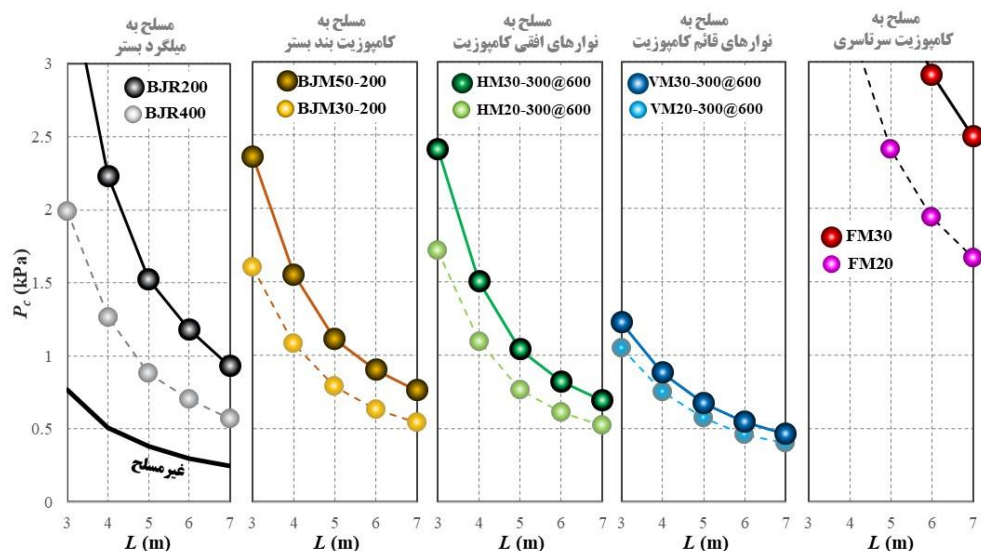
$$M_{d1} = \phi_1 T_{fu1} t \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_1 = 0.9 \quad (۴-۱۱)$$

$$M_{d2} = \phi_2 T_{fu2} t \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.9 \quad (۴-۱۲)$$

در رابطه فوق T_{fu1} و T_{fu2} به ترتیب برابر با ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در واحد عرض بر حسب نیوتن بر میلیمتر (N/mm) در امتداد افقی و قائم می‌باشد که لازم است بر اساس نتایج آزمایشات کششی و دوام مطابق با الزامات بند ۵-۹ بدست آیند. کمیت t برابر با ضخامت دیوار بر حسب میلیمتر (mm) بوده و ضریب کاهش مقاومت در هر دو امتداد برابر با ۰/۹ است. در صورتی که مشخصات شبکه الیاف در هر دو امتداد عمود بر یکدیگر یکسان باشد، ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف نیز در هر دو راستا برابر بوده و دو رابطه (۴-۱۱) و (۴-۱۲) نیز با یکدیگر برابر می‌شوند. به عبارت دیگر در صورتی که مشخصات شبکه الیاف سرتاسری در هر دو راستا یکسان باشد، ظرفیت خمش قائم و خمش افقی دیوار برابر خواهند بود.

تذکره ۹: حداقل مقدار کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سرتاسری باید به نحوی باشد که ظرفیت خمش قائم حاصل از رابطه (۴-۱۱) از ظرفیت خمش قائم متناظر با پانل غیرمسلح کوچکتر نباشد. ظرفیت خمش قائم پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط (۴-۳) یا (۴-۵) بدست می‌آید. در غیر این صورت استفاده از شبکه الیاف به صورت سرتاسری تاثیری در افزایش ظرفیت خارج از صفحه دیوار نخواهد داشت و لازم است از روابط مربوط به پانل بنایی غیرمسلح برای محاسبه ظرفیت خارج از صفحه استفاده شود.

به منظور تسهیل روند طراحی، ظرفیت خارج از صفحه پانل‌های بنایی ساخته شده با بلوک‌های سیمانی توخالی به ضخامت ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر و نیز پانل‌های بنایی ساخته شده با آجر توپر یا سوراخ دار با ضخامت ۲۲ سانتیمتر به ترتیب در شکل‌های ۴-۵ الی ۴-۷ در قالب گراف‌هایی ارائه شده‌اند. لازم به ذکر است گراف‌ها برای پانل‌هایی به ارتفاع ۲/۵ متر و با فرض استفاده از ملات ماسه و سیمان به نسبت حجمی ۱ به ۳ هستند و فرض شده است بندهای قائم فاقد ملات می‌باشند. این فرض از منظر محاسباتی در جهت اطمینان بوده، لیکن در اجرا توصیه می‌شود همواره بندهای قائم با ملات پر شوند. ظرفیت‌های خارج از صفحه ارائه شده در گراف‌ها تنها مربوط به شرایط هندسی و مشخصات تسلیحات ارائه شده در گراف‌ها بوده و نباید برای سایر حالات تعمیم داده شوند. استفاده از دورن یابی بر روی گراف‌ها مجاز است.



BJR400: میلگرد بستر به فواصل ۴۰۰ میلیمتر

BJR200: میلگرد بستر به فواصل ۲۰۰ میلیمتر

در هر دو حالت قطر مفتول ۴ میلیمتر، پهنای میلگرد بستر ۱۱۰ میلیمتر و مقاومت تسلیم آن ۴۵۰ مگاپاسکال است.

BJM50-200: کامپوزیت بستر با ظرفیت ۵۰ N/mm

BJM30-200: کامپوزیت بستر با ظرفیت ۳۰ N/mm

در هر دو حالت فواصل کامپوزیت های بستر ۲۰۰ میلیمتر بوده (در تمام رجاها) و عرض کامپوزیت برابر ضخامت دیوار است. به علاوه، در بند بستر به جای ملات معمولی از ملات مخصوص کامپوزیت شبکه الیاف استفاده می شود.

HM30-300@600: نوارهای کامپوزیت افقی با ظرفیت ۳۰ N/mm

HM20-300@600: نوارهای کامپوزیت افقی با ظرفیت ۲۰ N/mm

VM30-300@600: نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت ۳۰ N/mm

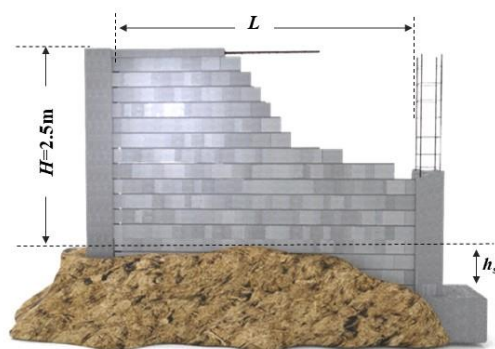
VM20-300@600: نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت ۲۰ N/mm

در هر چهار حالت، پهنای نوارهای کامپوزیت ۳۰۰ میلیمتر و فواصل مرکز به مرکز نوارها از یکدیگر ۶۰۰ میلیمتر است.

FM30: کامپوزیت سرتاسری با ظرفیت ۳۰ N/mm

FM20: کامپوزیت سرتاسری با ظرفیت ۲۰ N/mm

در هر دو حالت فوق، مشخصات کامپوزیت در هر دو امتداد عمود بر یکدیگر، یکسان است.

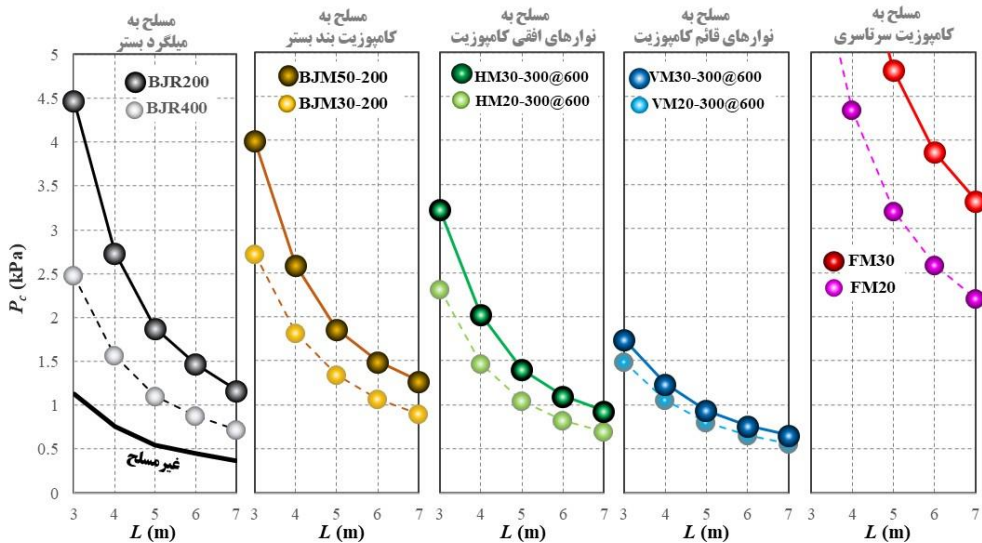


دیوار ساخته شده با

بلوک های سیمانی توخالی به ضخامت ۱۵ سانتیمتر

و ملات ماسه و سیمان به نسبت ۱ به ۳

شکل ۴-۵ ظرفیت خارج از صفحه پانل های بنایی ساخته شده با بلوک های سیمانی توخالی به ضخامت ۱۵ سانتیمتر



BJR400: میلگرد بستر به فواصل ۴۰۰ میلیتر

BJR200: میلگرد بستر به فواصل ۲۰۰ میلیتر

در هر دو حالت قطر مشبک ۴ میلیتر، پهنای میلگرد بستر ۱۱۰ میلیتر و مقاومت تسلیم آن ۴۵۰ مگاپاسکال است.

BJM50-200: کامپوزیت بستر با ظرفیت ۵۰ N/mm

BJM30-200: کامپوزیت بستر با ظرفیت ۳۰ N/mm

در هر دو حالت فواصل کامپوزیت های بستر ۲۰۰ میلیتر بوده (در تمام رجه ها) و عرض کامپوزیت برابر ضخامت دیوار است. به علاوه، در بند بستر به جای ملات معمولی از ملات مخصوص کامپوزیت شبکه الیاف استفاده می شود.

HM30-300@600: نوارهای کامپوزیت افقی با ظرفیت ۳۰ N/mm

HM20-300@600: نوارهای کامپوزیت افقی با ظرفیت ۲۰ N/mm

VM30-300@600: نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت ۳۰ N/mm

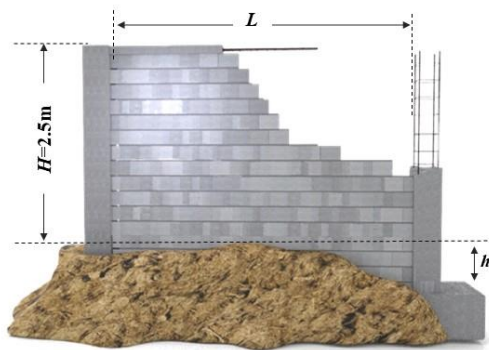
VM20-300@600: نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت ۲۰ N/mm

در هر چهار حالت، پهنای نوارهای کامپوزیت ۳۰۰ میلیتر و فواصل مرکز به مرکز نوارها از یکدیگر ۶۰۰ میلیتر است.

FM30: کامپوزیت سرتاسری با ظرفیت ۳۰ N/mm

FM20: کامپوزیت سرتاسری با ظرفیت ۲۰ N/mm

در هر دو حالت فوق، مشخصات کامپوزیت در هر دو امتداد عمود بر یکدیگر، یکسان است.

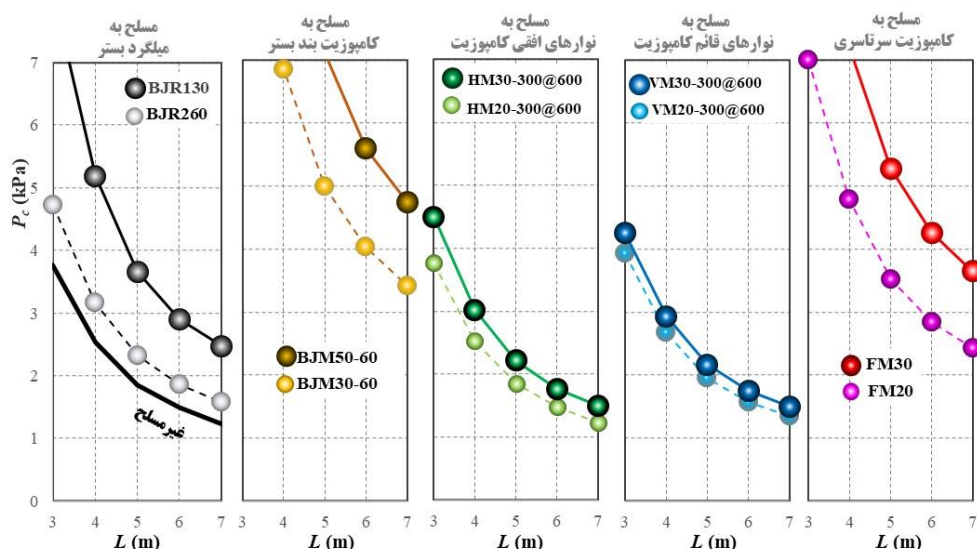


دیوار ساخته شده با

بلوک های سیمانی توخالی به ضخامت ۲۰ سانتیمتر

و ملات ماسه و سیمان به نسبت ۱ به ۳

شکل ۴-۶ ظرفیت خارج از صفحه پانل های بنایی ساخته شده با بلوک های سیمانی توخالی به ضخامت ۲۰ سانتیمتر



BJR260: میلگرد بستر به فواصل ۲۶۰ میلیمتر

BJR130: میلگرد بستر به فواصل ۱۳۰ میلیمتر

در هر دو حالت قطر مفتول ۴ میلیمتر، بهای میلگرد بستر ۱۱۰ میلیمتر و مقاومت تسلیم آن ۴۵۰ مگاپاسکال است.

BJM50-60: کامپوزیت بستر با ظرفیت ۵۰ N/mm

BJM30-60: کامپوزیت بستر با ظرفیت ۳۰ N/mm

در هر دو حالت فواصل کامپوزیت های بستر ۶۰ میلیمتر بوده (در تمام رجاها) و عرض کامپوزیت برابر ضخامت دیوار است. به علاوه، در بند بستر به جای ملات معمولی از ملات مخصوص کامپوزیت شبکه الیاف استفاده می شود.

HM30-300@600: نوارهای کامپوزیت افقی با ظرفیت ۳۰ N/mm

HM20-300@600: نوارهای کامپوزیت افقی با ظرفیت ۲۰ N/mm

VM30-300@600: نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت ۳۰ N/mm

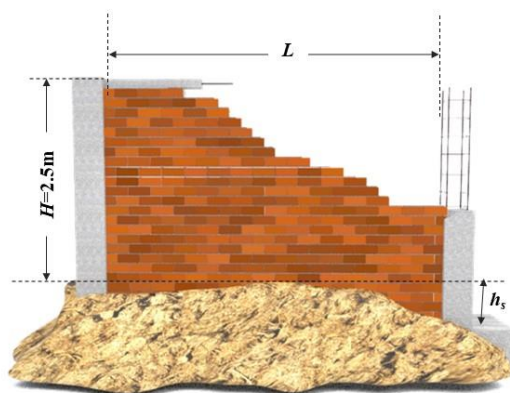
VM20-300@600: نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت ۲۰ N/mm

در هر چهار حالت، بهای نوارهای کامپوزیت ۳۰۰ میلیمتر و فواصل مرکز به مرکز نوارها از یکدیگر ۶۰۰ میلیمتر است.

FM30: کامپوزیت سرتاسری با ظرفیت ۳۰ N/mm

FM20: کامپوزیت سرتاسری با ظرفیت ۲۰ N/mm

در هر دو حالت فوق، مشخصات کامپوزیت در هر دو امتداد عمود بر یکدیگر، یکسان است.



دیوار ساخته شده با

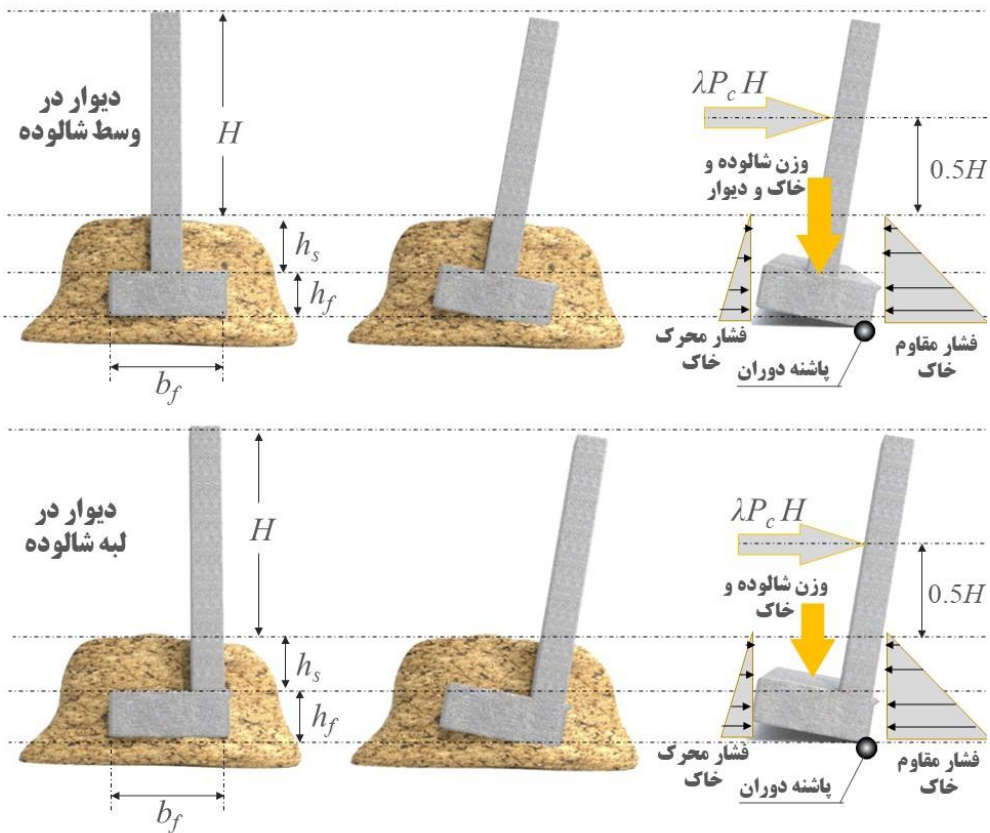
آجرهای توپر یا سوراخ دار به ضخامت ۲۲ سانتیمتر

و ملات ماسه و سیمان به نسبت ۱ به ۳

شکل ۴-۷ ظرفیت خارج از صفحه پانل های بنایی ساخته شده با آجرهای توپر یا سوراخ دار به ضخامت ۲۲ سانتیمتر

۲-۴ کنترل لنگر واژگونی

لنگر مقاوم در برابر واژگونی عمدتاً از طریق ایجاد فشار غیرفعال در پشت جداره شالوده و قسمت مدفون پانل بنایی و نیز از طریق وزن دیوار، وزن شالوده و وزن خاک روی شالوده تامین می‌گردد. لذا مطابق شکل ۴-۸، به منظور تأمین ظرفیت کافی در برابر لنگر واژگونی، لازم است شالوده تا عمق مشخصی (h_s) در داخل خاک مدفون باشد. این عمق تحت هیچ شرایطی نباید کوچکتر از ۴۰ سانتیمتر باشد. دیاگرام آزاد دیوار تحت لنگر واژگونی در شکل ۴-۸ نشان داده شده است.



شکل ۴-۸ دیاگرام آزاد دیوار محوطه تحت لنگر واژگونی

▪ **لنگر محرک واژگونی:** در این راهنما، محاسبه لنگر محرک واژگونی که سعی در واژگون نمودن دیوار محوطه دارد، بر اساس ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار پانل بنایی (λP_c) تخمین زده می‌شود، لذا مقدار لنگر محرک واژگونی مورد انتظار (M_{oe}) در واحد طول دیوار برابر است با:

$$M_{oe} = \lambda P_c H (0.5H + h_s + h_f) \quad (۱۳-۴)$$

ضریب λ برای تبدیل ظرفیت خارج از صفحه طراحی به ظرفیت مورد انتظار پانل بنایی بوده و مقدار آن برای دیوارهای غیرمسلح $1/7$ و برای دیوارهای مسلح (میلگردبستر یا کامپوزیت شبکه الیاف) $1/3$ در نظر گرفته می‌شود. به علاوه، همان گونه که در شکل ۴-۸ نشان داده شده است، در رابطه فوق H ارتفاع آزاد پانل بنایی، h_s عمق دفن شدگی شالوده و h_f عمق مقطع شالوده است. همچنین مقدار P_c برابر ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی می‌باشد که بر اساس بخش ۴-۱ محاسبه می‌شود.

تذکره ۱: در صورتی که ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار دیوار (λP_c) بیش از ۲ برابر تقاضای خارج از صفحه وارده بر دیوار (P_u) باشد، می‌توان در رابطه (۴-۱۳) مقدار λP_c را برابر با $2P_u$ در نظر گرفت.

تذکره ۲: به عنوان روشی جایگزین، می‌توان مقدار ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی را با فرض ضریب کاهش مقاومت برابر با ۱ محاسبه نموده و مقدار حاصله را به عنوان λP_c در نظر گرفت.

▪ **لنگر مقاوم واژگونی:** لنگر مقاوم در واحد طول دیوار برای حالتی که دیوار در وسط شالوده و یا در لبه شالوده قرار داشته باشد، به ترتیب براساس روابط (۴-۱۴) و (۴-۱۵) محاسبه می‌شود.

$$M_r = (W_w + W_f + W_s) \frac{B_f}{2} + \frac{1}{6} \gamma (k_p - k_a) (h_s + h_f)^3 \quad (۱۴-۴)$$

$$M_r = (W_f + W_s) \frac{B_f}{2} + \frac{1}{6} \gamma (k_p - k_a) (h_s + h_f)^3 \quad (۱۵-۴)$$

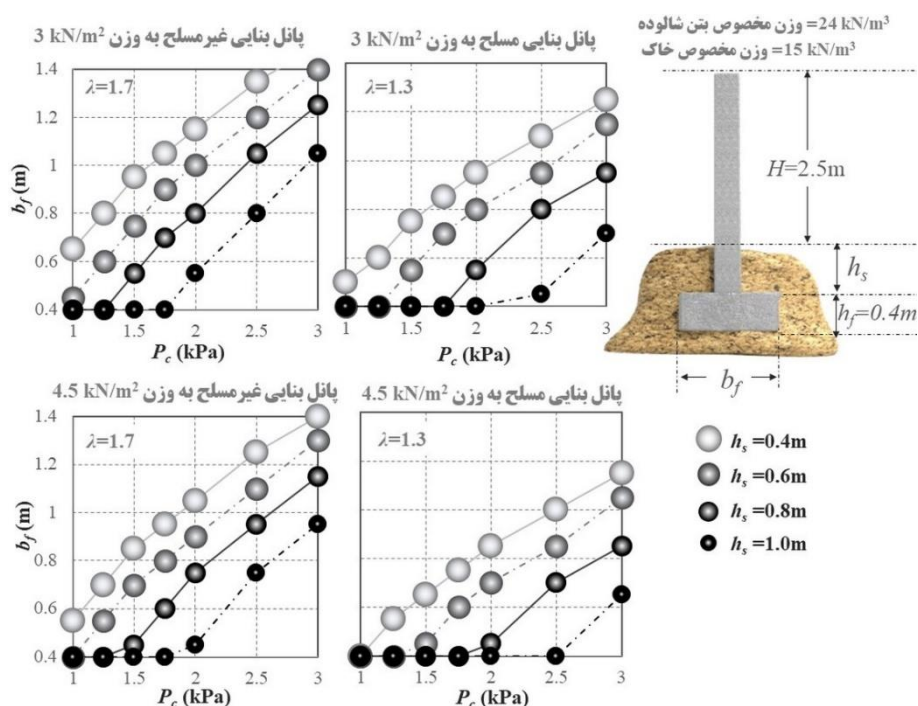
وزن واحد طول دیوار محوطه (شامل نما) برابر W_w بوده و W_s و W_f به ترتیب وزن خاک روی شالوده و وزن شالوده در یک متر از طول دیوار است. وزن مخصوص خاک γ بوده و ضریب فشار مقاوم و محرک خاک به ترتیب با k_p و k_a نشان داده شده است که براساس روابط معتبر مکانیک خاک قابل تخمین هستند. در غیاب داده‌های دقیق، می‌توان از مقادیر محافظه کارانه $k_a=0.35$ و $k_p=2.75$ استفاده نمود.

تذکره ۳: روابط (۴-۱۴) و (۴-۱۵) با این فرض معتبر است که اولاً عمق دفن شدگی شالوده در هر دو سمت دیوار یکسان باشد و ثانیاً فشار مقاوم خاک بتواند به‌طور کامل بر روی شالوده و دیوار ایجاد شود. برای این‌منظور لازم است خاک اطراف کاملاً با شالوده و قسمت دفن شده دیوار در تماس باشد.

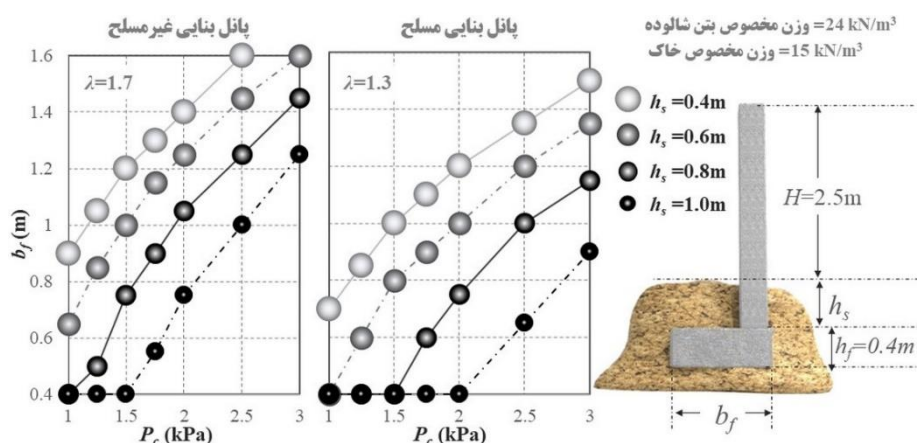
به‌منظور حفظ پایداری در برابر واژگونی، لازم است رابطه (۴-۱۶) برقرار باشد.

$$M_r > M_{oe} \quad (۴-۱۶)$$

بر اساس روابط (۴-۱۳) تا (۴-۱۶)، حداقل عرض مورد نیاز شالوده برای دیوارهایی که در وسط شالوده قرار دارند و دیوارهایی که در لبه شالوده قرار دارند، به ترتیب در شکل‌های ۴-۹ و ۴-۱۰ ارائه شده است. در گراف‌های ارائه شده، محور افقی ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی می‌باشد که لازم نیست مقدار آن بیش از $\frac{2P_u}{\lambda}$ در نظر گرفته شود (p_u حداکثر فشار خارج از صفحه وارده بر دیوار ناشی از بار باد، زلزله و یا سایر بارهای تصادفی می‌باشد). مقادیر ارائه شده در گراف‌ها تنها با رعایت فرضیات مندرج در گراف‌ها معتبر بوده و در سایر موارد لازم است مستقیماً از روابط استفاده گردد. استفاده از درون یابی بر روی مقادیر گراف‌ها مجاز می‌باشد.

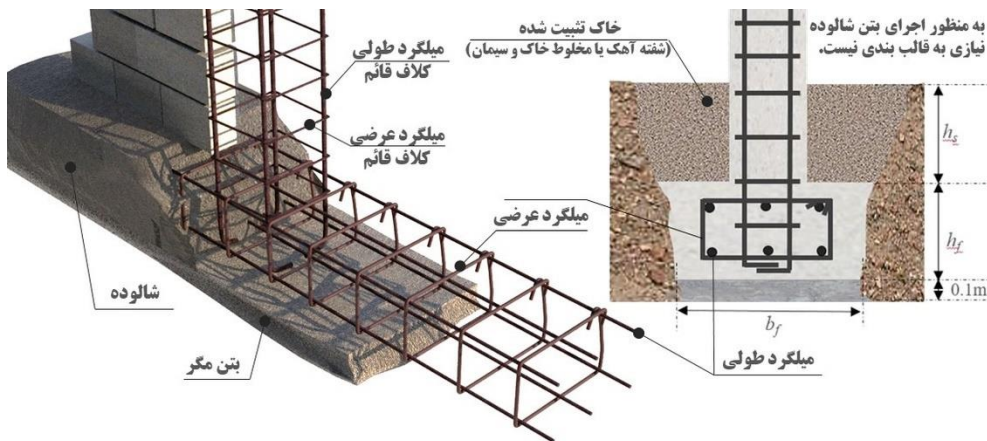


شکل ۴-۹ عرض مورد نیاز شالوده در صورتی که دیوار در وسط شالوده قرار دارد. در تمام موارد ارتفاع آزاد دیوار $H=2.5\text{m}$ و مقطع شالوده $h_f=0.4\text{m}$ است.



شکل ۴-۱۰ عرض مورد نیاز شالوده در صورتی که دیوار در لبه شالوده قرار دارد. در تمام موارد ارتفاع آزاد دیوار $H=2.5\text{m}$ و مقطع شالوده $h_f=0.4\text{m}$ است.

پس از تعیین پهنای شالوده، لازم است آرماتورگذاری شالوده مشخص شود که در این خصوص کافی است آرماتور حداقل معادل 0.018 مساحت مقطع شالوده در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است در محدوده دیوارهای محوطه متداول مدنظر این راهنما، آرماتورهای مورد استفاده در شالوده آرماتورهای حرارتی و جمع شدگی بوده و می‌توان نیمی از آرماتور حداقل را در بالای مقطع و نیم دیگر را در پایین مقطع شالوده قرار داد. آرماتورهای طولی و عرضی شالوده را می‌توان مطابق جدول ۳-۴ تعیین نمود که لازم است در وجوه تحتانی و فوقانی شالوده مطابق شکل ۴-۱۱ جانمایی شوند.



شکل ۴-۱۱ جزئیات اجرا و آرماتوربندی شالوده

جدول ۳-۴ مقدار آرماتورهای حداقل در شالوده

آرماتور عرضی (خاموت)	آرماتور طولی تحتانی	آرماتور طولی فوقانی	مقطع شالوده ($b_f \times h_f$)
$\Phi 10 @ 200 \text{ mm}$	$2\Phi 10$	$2\Phi 10$	$0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$
$\Phi 12 @ 300 \text{ mm}$	$2\Phi 12$	$2\Phi 12$	$0.5 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$
$\Phi 10 @ 200 \text{ mm}$	$3\Phi 10$	$3\Phi 10$	$0.6 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$
$\Phi 12 @ 300 \text{ mm}$	$3\Phi 12$	$3\Phi 12$	$0.7 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$
$\Phi 12 @ 300 \text{ mm}$	$3\Phi 12$	$3\Phi 12$	$0.8 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$
$\Phi 12 @ 300 \text{ mm}$	$3\Phi 12$	$3\Phi 12$	$0.9 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$
$\Phi 12 @ 300 \text{ mm}$	$4\Phi 12$	$4\Phi 12$	$1.0 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$
$\Phi 12 @ 300 \text{ mm}$	$4\Phi 12$	$4\Phi 12$	$1.1 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$
$\Phi 12 @ 300 \text{ mm}$	$4\Phi 12$	$4\Phi 12$	$1.2 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$

تذکر ۴: لازم است ضخامت بتن مگر حداقل ۱۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

تذکر ۵: توصیه می‌شود ارتفاع مقطع شالوده حداقل برابر با ۴۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

تذکر ۶: مقاومت فشاری مشخصه بتن شالوده نباید از ۲۰ مگاپاسکال کوچکتر باشد.

تذکر ۷: به منظور اطمینان از ایجاد فشار خاک مقاوم، نباید مابین شالوده و خاک اطراف، فضای خالی یا مصالح انعطاف‌پذیری از قبیل فوم یا یونولیت وجود داشته باشد.

تذکر ۸: لازم است بر روی شالوده و اطراف دیوار به میزان عمق دفن شدگی، خاک تثبیت شده بر روی شالوده قرار گیرد. به‌منظور تثبیت خاک از روش‌هایی همچون استفاده از شفته آهک، ترکیب سیمان و خاک، تزریق بتن و یا سایر روش‌های شناخته شده می‌توان استفاده نمود.

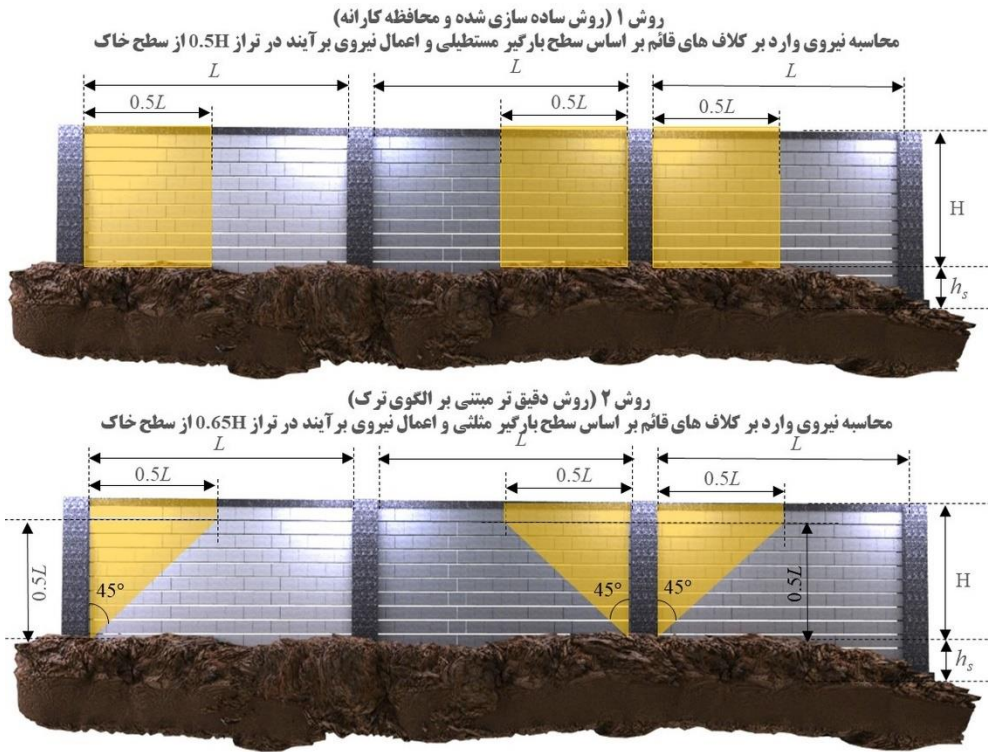
تذکر ۹: ضخامت پوشش بتنی آرماتورهای شالوده در هیچ شرایطی نباید کمتر از ۷۵ میلی‌متر باشد.

تذکر ۱۰: در آرماتورهای عرضی شالوده استفاده از خم ۹۰ درجه بلامانع است.

تذکر ۱۱: لازم است کلیه آرماتورهای به کار رفته در شالوده آج‌دار باشند.

۳-۴ کنترل ظرفیت خمشی کلاف قائم

نیروی وارد بر کلاف‌های قائم از طریق محاسبه سطح بارگیر کلاف مطابق یکی از روش‌های شکل ۴-۱۲ و ضرب سطح بارگیر در ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار دیوار (lP_c) محاسبه می‌شود.



شکل ۴-۱۲ محاسبه سطح بارگیر کلاف های قائم

با فرض طول پانل بنایی یکسان برای پانل های بنایی دو طرف کلاف و استفاده از سطح بارگیر مستطیلی (روش ۱ در شکل ۴-۱۲)، لنگر وارد بر پای کلاف قائم (محل اتصال کلاف قائم با شالوده) از طریق رابطه (۴-۱۷) قابل تخمین است.

$$M_u = \lambda P_c L H (0.5H + h_s) \quad (۴-۱۷)$$

تذکره: در صورتی که ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار دیوار (λP_c) بیش از ۲ برابر تقاضای (نیروی) خارج از صفحه وارده بر دیوار (P_u) باشد، می توان در رابطه (۴-۱۷) مقدار λP_c را برابر با $2P_u$ در نظر گرفت.

لازم است مقطع کلاف قائم به نحوی طراحی شود که ظرفیت خمشی اسمی آن (بدون در نظر گرفتن ضریب کاهش مقاومت) در امتداد خارج از صفحه دیوار از لنگر خمشی وارده

بر کلاف، کوچکتر نباشد. برای این منظور می‌توان از مقاطع پیشنهادی جدول ۴-۴ استفاده نمود.

جدول ۴-۴ جزئیات مقاطع پیشنهادی کلاف قائم-آرماتورهای طولی با مقاومت تسلیم حداقل ۴۰۰ مگاپاسکال هستند.

ظرفیت خمشی کلاف	آرماتور عرضی (خاموت)	آرماتور طولی	ابعاد کلاف $b \times h$	کلاف قائم
40 kN.m	$\Phi 8 @ 120 \text{mm}$	4 $\Phi 16$	300 mm $\times$ 300 mm	تیپ ۱ 
55 kN.m	$\Phi 8 @ 120 \text{mm}$	6 $\Phi 16$	300 mm $\times$ 300 mm	تیپ ۲ 
70 kN.m	$\Phi 8 @ 120 \text{mm}$	8 $\Phi 16$	300 mm $\times$ 300 mm	تیپ ۳ 
60 kN.m	$\Phi 8 @ 150 \text{mm}$	4 $\Phi 16$	300 mm $\times$ 400 mm	تیپ ۴ 
80 kN.m	$\Phi 8 @ 150 \text{mm}$	6 $\Phi 16$	300 mm $\times$ 400 mm	تیپ ۵ 
105 kN.m	$\Phi 8 @ 150 \text{mm}$	8 $\Phi 16$	300 mm $\times$ 400 mm	تیپ ۶ 

تذکره ۲: به منظور صرفه جویی در مصالح، می‌توان میزان آرماتورهای طولی کلاف قائم را متناسب با لنگر خمشی وارده کاهش داد. برای این منظور در غیاب محاسبات دقیق، می‌توان میزان آرماتورهای طولی ارائه شده در جدول ۴-۴ را در نیمه فوقانی از ارتفاع کلاف قائم به میزان ۵۰٪ کاهش داد. تحت هیچ شرایطی تعداد آرماتورهای طولی موجود در مقطع کلاف قائم نباید کمتر از ۴ عدد بوده و نسبت آرماتورهای کششی واقع در هر دو وجه مقطع که تحت تأثیر خمش خارج از صفحه دیوار قرار دارد، نباید کمتر از آرماتور حداقل ارائه شده برای تیرها مطابق با مبحث نهم مقررات ملی ساختمان (معادل $f_y/1.4$ که f_y برحسب مگاپاسکال است) باشد.

تذکره ۳: نسبت آرماتورهای کششی کلاف قائم (واقع در هر یک از دو وجه مقطع کلاف که تحت تاثیر خمش خارج از صفحه دیوار است) نباید از $0/003$ کمتر باشد.

تذکره ۴: فواصل خاموت‌های کلاف قائم (آرماتورهای برشی) نباید از نصف عمق موثر مقطع کلاف بیشتر باشد.

تذکره ۵: بتن مصرفی در کلاف قائم لازم است دارای حداقل مقاومت فشاری مشخصه 20 مگاپاسکال باشد.

تذکره ۶: استفاده از کلاف فولادی به جای کلاف بتنی مجاز بوده و در این صورت لازم است مقطع کلاف قائم فولادی به نحوی طراحی شود که ظرفیت خمشی اسمی آن (بدون در نظر گرفتن ضریب کاهش مقاومت) در امتداد خارج از صفحه دیوار از لنگر خمشی وارده بر کلاف کوچکتر نباشد. استفاده از پروفیل‌های استاندارد و یا مقاطع ساخته شده به منظور استفاده به عنوان کلاف قائم مجاز بوده و لازم نیست مقطع کلاف قائم فشرده باشد. در خصوص کلاف‌های فولادی که تنها در یک سمت آنها دیوار اجرا می‌شود، لازم است احتمال بروز پیچش در طراحی کلاف قائم مدنظر قرار گرفته شود.

تذکره ۷: لازم است کلیه آرماتورهای به کار رفته در کلاف قائم (در صورتی که کلاف قائم بتنی باشد)، آج‌دار بوده و مطابق شکل ۴-۱۱ در داخل شالوده مهار شده باشند.

۴-۴ نمونه طراحی دیوار محوطه

به منظور شفافیت نمونه‌ای از روند طراحی دیوار محوطه بنایی، بر اساس این راهنما در این بخش ارائه شده است. مطابق شکل ۴-۱۳، دیوار مدنظر دیواری به طول ۱۷ متر و ارتفاع ۲/۵ متر مربوط به یک ساختمان مسکونی واقع در شهر تهران می‌باشد. خاک منطقه براساس دسته‌بندی استاندارد ۲۸۰۰ نوع ۲ بوده و در هر دو وجه دیوار محوطه، نمای سنگی نصب خواهد شد.

▪ **گام ۱:** به عنوان اولین قدم لازم است وزن واحد سطح دیوار با احتساب نما و کلیه اندودها تخمین زده شود. با فرض استفاده از بلوک سیمانی توخالی ۲۰ سانتی، وزن دیوار به ترتیب زیر تخمین زده می‌شود.

$$\begin{aligned} \text{وزن دیوار} &= 0.2 \times 1260 + 2 \times (2100 \times 0.03 + 2500 \times 0.016) \\ &= 458 \text{ kg/m}^2 = 4.6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

▪ **گام ۲:** پس از تخمین وزن دیوار محوطه، می‌توان نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوار را محاسبه نمود.

نیروی زلزله مطابق رابطه (۳-۲) به ترتیب زیر تخمین زده می‌شود.

$$\begin{aligned} P_{eq} &= 0.4A(1+S)I_eW_w = 0.4 \times 0.35 \times (1+1.5) \times 1 \times 4.6 \\ &= 1.61 \text{ kPa} \end{aligned}$$

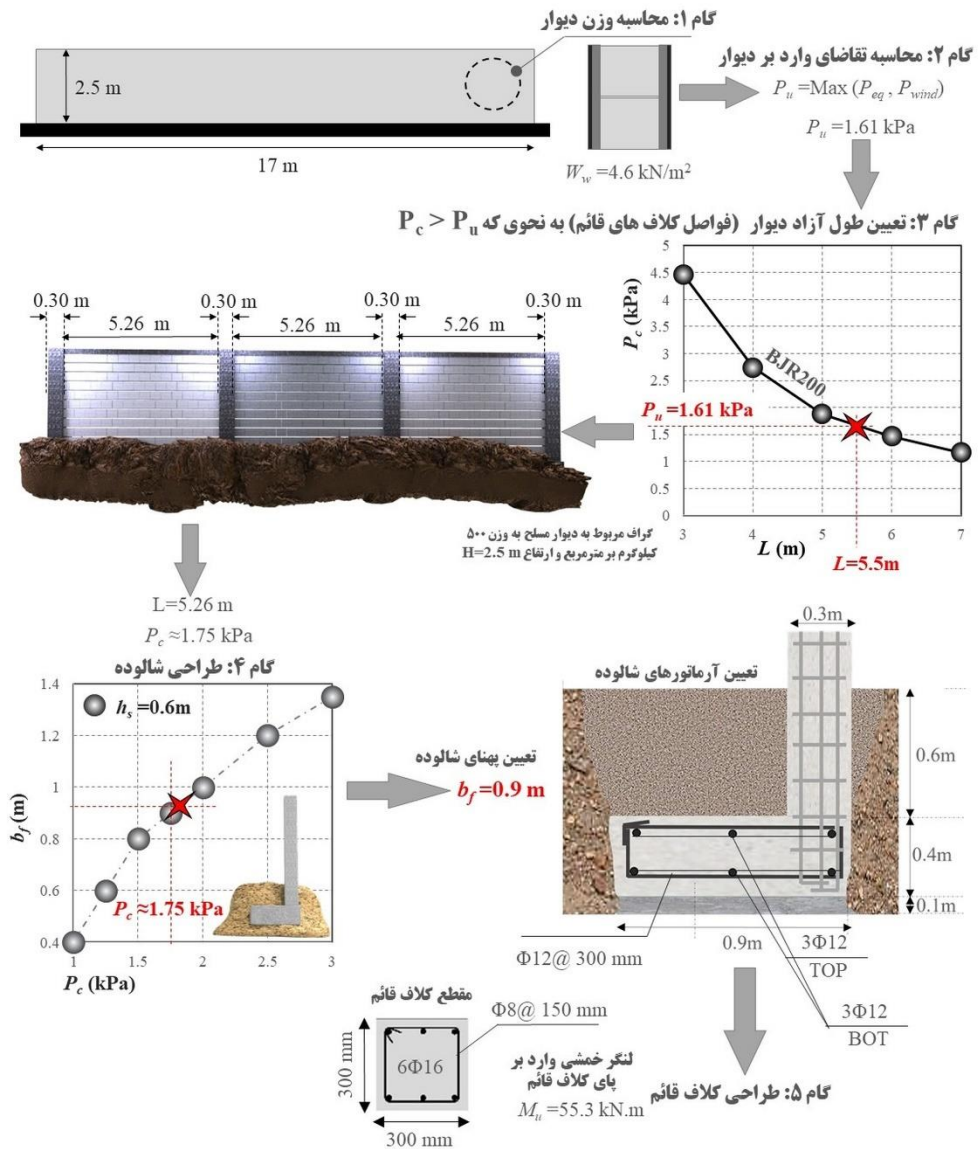
نیروی باد مطابق رابطه (۳-۴) به ترتیب زیر تخمین زده می‌شود (با فرض ناحیه باز).

$$P_{wind} = \frac{0.11I_wV^2}{1000} = \frac{0.11 \times 1 \times 100^2}{1000} = 1.1 \text{ kPa}$$

با فرض عدم نیاز به محاسبه سایر بارهای تصادفی، نیروی نهایی خارج از صفحه وارده بر دیوار برابر خواهد بود با:

$$P_u = \text{Max}(P_{eq}, P_{wind}) = 1.61 \text{ kPa} > 1 \text{ kPa}$$

توجه شود بر اساس این راهنما، نیروی خارج از صفحه طراحی (P_u) تحت هیچ حالتی نباید کمتر از ۱ kPa در نظر گرفته شود.



شکل ۴-۱۳ روند گام به گام طراحی دیوار محوطه بر اساس دستورالعمل

- **گام ۳:** با داشتن تقاضای وارده بر دیوار (P_u)، می‌توان با استفاده از روابط بخش ۴-۱ و یا گراف‌های ارائه شده در بخش ۴-۱، ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی را تخمین زد. با توجه به شرایط مدنظر در این مثال، می‌توان با استفاده از شکل ۴-۶، جزئیات تسلیحاتی دیوار را به نحوی انتخاب نمود که ظرفیت خارج از صفحه دیوار (P_c) از مقدار تقاضا (P_u) کمتر نباشد. مطابق شکل ۴-۶ برای دیواری به ارتفاع ۲/۵ متر در صورتی که از ملات ماسه سیمان استفاده شده (نسبت ۱ حجم سیمان بنایی و ۳ حجم ماسه) و میلگردهای بستر با مشخصات ارائه شده در شکل ۴-۶ (قطر مفتول ۴ میلی‌متر و پهنای ۱۱۰ میلی‌متر) در تمام رج‌های دیوار استفاده شود، چنین دیواری با طول آزاد ۵/۵ متر دارای ظرفیت خارج از صفحه‌ای حدوداً برابر با تقاضای وارده بر دیوار خواهد بود. لذا طول آزاد پانل بنایی نباید بزرگتر از ۵/۵ متر انتخاب گردد. با توجه به اینکه کل طول دیوار ۱۷ متر است، لذا لازم است دیوار مطابق شکل ۴-۱۳ به سه پانل ۵/۶۷ متری (آکس به آکس کلاف قائم) تقسیم شود. با توجه به اینکه از کلاف قائم به ابعاد ۳۰۰ در ۳۰۰ میلی‌متر استفاده می‌شود، لذا طول آزاد پانل بنایی مابین دو کلاف برابر ۵/۲۶ متر خواهد بود که می‌توان ظرفیت آن را مطابق شکل ۴-۶ تقریباً معادل ۱/۷۵ کیلوپاسکال درنظر گرفت. نمودار مربوطه در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده است.
- **گام ۴:** پس از طراحی پانل بنایی در گام ۳، حال لازم است شالوده دیوار طراحی شود. ارتفاع مقطع شالوده ۴۰۰ میلی‌متر بوده و پهنای آن بر اساس کنترل واژگونی مطابق بند ۴-۲ به دست می‌آید. در صورتی که دیوار در لبه شالوده اجرا شود، با توجه به اینکه ارتفاع دیوار ۲/۵ متر و ارتفاع مقطع شالوده نیز ۴۰۰ میلی‌متر است، می‌توان از شکل ۴-۱۰ به منظور تعیین پهنای مورد نیاز برای شالوده استفاده نمود. اگر ارتفاع خاک روی شالوده ۶۰۰ میلی‌متر درنظر گرفته شود، مطابق شکل ۴-۱۰، پهنای مورد نیاز برای شالوده برابر ۹۰۰ میلی‌متر بدست می‌آید (با توجه به مسلح بودن دیوار لازم است از گراف مربوط به پانل بنایی مسلح استفاده شود). برای سهولت، نمودار مربوطه در شکل ۴-۱۳ نیز نشان داده شده است. با داشتن ابعاد شالوده، جزئیات آرماتورگذاری آن نیز بر اساس جدول ۴-۳ انجام می‌شود. با توجه به مقطع شالوده (عرض ۹۰۰ و

ارتفاع ۴۰۰ میلی‌متر)، لازم است ۳ میلگرد با قطر ۱۲ میلی‌متر در امتداد طولی در بخش فوقانی مقطع شالوده، ۳ میلگرد با قطر ۱۲ میلی‌متر در امتداد طولی در بخش تحتانی مقطع شالوده و خاموت‌هایی با قطر ۱۲ میلی‌متر به فواصل ۳۰۰ میلی‌متر در امتداد عمود بر محور طولی شالوده قرار داده شوند.

▪ **گام ۵:** به عنوان آخرین گام، کلاف قائم دیوار مطابق بند ۴-۳ طراحی می‌گردد. بر این اساس کلاف قائم لازم است قادر به تحمل لنگر خمشی زیر (بدون لحاظ ضریب کاهش مقاومت) باشد.

$$\begin{aligned} M_u &= \lambda P_c L H (0.5H + h_s) \\ &= 1.3 \times 1.75 \times 5.26 \times 2.5 \times (0.5 \times 2.5 + 0.6) \\ &= 55.3 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

مطابق جدول ۴-۴ استفاده از کلاف قائم بتنی تیپ ۲ برای دیوار مدنظر قابل استفاده است. در صورتی که از کلاف قائم فولادی استفاده شود، لازم است مقطع آن قادر به تحمل لنگر خمشی بدست آمده باشد.

فصل ۵

سایر الزامات

۵-۱ اتصال دیوار به کلاف قائم

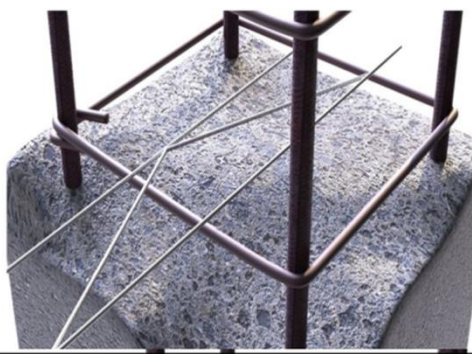
در مورد کلاف‌های قائم بتنی، اتصال دیوار به کلاف قائم به یکی از روش‌های زیر انجام می‌شود. جزئیات روش‌های ارائه شده در شکل ۵-۱ نشان داده شده است.

▪ عبور میلگردهای بستر از داخل کلاف: این روش برای دیوارهای مسلح به میلگرد بستر مناسب می‌باشد. لازم به ذکر است در صورت نیاز، طول همپوشانی میلگردهای بستر ۷۵ برابر قطر مفتول طولی آنها در نظر گرفته شود. لازم است حتی‌المقدور محل همپوشانی در رج‌های مختلف دیوار در یک راستا نباشند. در این روش قالب‌بندی کلاف‌های قائم بتنی باید به نحوی باشد که بلوک‌های دیوار در تماس مستقیم با بتن تازه، قرار گرفته شود.

▪ استفاده از تکه‌های میلگرد بستر به منظور اتصال: در صورتی که دیوار فاقد میلگرد بستر باشد، همچنان می‌توان اتصال دیوار و کلاف را از طریق قرار دادن تکه‌های میلگرد بستر حداقل به طول ۶۰ سانتیمتر از هر طرف کلاف تأمین نمود (مطابق شکل ۵-۱). در این روش قالب‌بندی کلاف‌های قائم بتنی باید به نحوی باشد که بلوک‌های دیوار در تماس مستقیم با بتن تازه، قرار گرفته شود. استفاده از این اتصال برای دیوارهای با اهمیت زیاد و بسیار زیاد مجاز نمی‌باشد.

▪ اجرای پس و پیش واحدهای بنایی: در این روش، در محل اتصال دیوار به کلاف قائم واحدهای بنایی به صورت پس و پیش (حداقل به میزان ۵۰ میلی‌متر) اجرا می‌شوند.

اتصال دیوار به کلاف قائم با
استفاده از میلگرد بستر



اتصال دیوار به کلاف
قائم با استفاده از تکه
میلگرد بستر



اتصال دیوار به کلاف
قائم از طریق چینش پس
و پیش واحدهای بنایی



اتصال دیوار به کلاف قائم
با استفاده از قطعات اتصال



شکل ۵-۱ روش‌های اتصال دیوار به کلاف قائم بتنی

در این روش قالببندی کلاف‌های قائم بتنی باید به نحوی باشد که بلوک‌های دیوار در تماس مستقیم با بتن تازه، قرار گرفته شود. استفاده از این اتصال برای دیوارهای با اهمیت زیاد و بسیار زیاد مجاز نمی‌باشد.

▪ **برقراری اتصال با استفاده از قطعات اتصال:** این روش هم برای دیوارهای مسلح و هم برای دیوارهای غیرمسلح قابل استفاده بوده و در این روش لزومی ندارد دیوار و کلاف قائم به شکل همزمان اجرا شوند. در این روش از قطعات به شکل ناودانی یا دوبل نبشی یا قلاب و گیره پیش ساخته به‌منظور برقراری اتصال استفاده می‌شود. با توجه به این که در این نوع اتصال با ایجاد فاصله مابین دیوار و کلاف، می‌توان دیوار را تنها در جهت خارج از صفحه مقید نمود، این نوع اتصال مناسب برای استفاده در محل درز انبساط و درز انقطاع می‌باشد.

در صورت استفاده از کلاف قائم فولادی، اتصال دیوار به کلاف می‌تواند از طریق قطعات اتصال ناودانی یا دوبل نبشی یا قلاب و گیره صورت گیرد.

تذکر: در صورت استفاده از قطعات اتصال، ظرفیت و تعداد مورد نیاز قطعات اتصال را می‌توان براساس ضابطه ۷۲۹ و یا سایر روش‌های منطبق با اصول مهندسی طراحی نمود.

۵-۲ کلاف افقی

کلاف افقی نیاز به محاسبات سازه‌ای نداشته و کفایت دارای مقطعی به پهنای حداقل برابر با ضخامت دیوار و عمقی حداقل به اندازه ۱۰۰ میلی‌متر باشد. لازم است کلاف افقی از بتنی با حداقل مقاومت فشاری مشخصه ۱۷ مگاپاسکال تهیه شود. به منظور مسلح کردن کلاف افقی می‌توان از دو عدد میلگرد بستر (یا مقدار آرماتور طولی و زیگزاگ معادل آن) استفاده نمود.

۳-۵ بازشو در دیوار محوطه

در خصوص بازشوهایی که در تمام ارتفاع دیوار امتداد دارند، همانند درب‌ها، لازم هست در هر دو طرف بازشو کلاف‌های قائم قرار داده شود. لیکن در خصوص بازشوهایی که تنها در بخشی از ارتفاع دیوار قرار دارند، همانند پنجره‌های دارای نرده، نیازی به تعبیه کلاف قائم در دو سمت بازشو نبوده و صرفاً لازم است نرده‌های افقی بازشو به صورت گیردار به دیوار متصل شوند. برای این منظور استفاده از روش‌هایی همچون شاخک‌گذاری و یا جوش نرده‌ها به صفحاتی که از قبل در دیوار قرار گرفته‌اند مجاز است. در این شرایط طراحی دیوار مطابق یک دیوار معادل بدون بازشو انجام می‌شود. لازم است وزن دیوار معادل نیز معادل‌سازی شود تا اثر بازشو در کاهش وزن دیوار لحاظ شود. همچنین اثر بازشو در کاهش نیروی ناشی از باد از طریق کاهش سطح مقطع دیوار (به میزان بازشو) لحاظ می‌گردد. به عنوان راهکاری جایگزین و دقیق‌تر، می‌توان از روش طراحی بر اساس شبیه سازی المان محدود بر اساس بند ۵-۹ استفاده نمود.

۴-۵ درز انبساط

به منظور کنترل ایجاد ترک و تنش‌های کششی در دیوار، لازم است تغییرشکل‌های حرارتی دیوار محدود شود. برای این منظور لازم است فاصله درزهای انبساط قائم دیوار از ۲۰ متر بیشتر نباشد. استفاده از اتصال‌های کشویی و یا اتصال قلاب و گیره مطابق ضابطه ۷۲۹ و پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ در اتصال دیوار به کلاف قائم مشابه درز انبساط عمل کرده و در این صورت نیازی به تعبیه درز انبساط دیگری نمی‌باشد. در این صورت لازم است فاصله مابین دیوار و کلاف قائم حداقل ۱۰ میلی‌متر باشد.

تذکره ۱: عبور میلگرد بستر یا کامپوزیت شبکه الیاف از درز انبساط بلامانع بوده، لیکن ضرورتی نیز ندارد.

تذکره ۲: به منظور ساخت درز انبساط، لازم است موقعیت درز انبساط را در محل اتصال دیوار با کلاف قائم در نظر گرفت. در این صورت، دیوار ضمن حفظ فاصله‌ای حداقل ۱۰

میلی متری از کلاف قائم، از طریق قطعات اتصال (ناودانی منقطع، دابل نبشی منقطع و یا قلاب و گیره) به کلاف قائم متصل می شود.

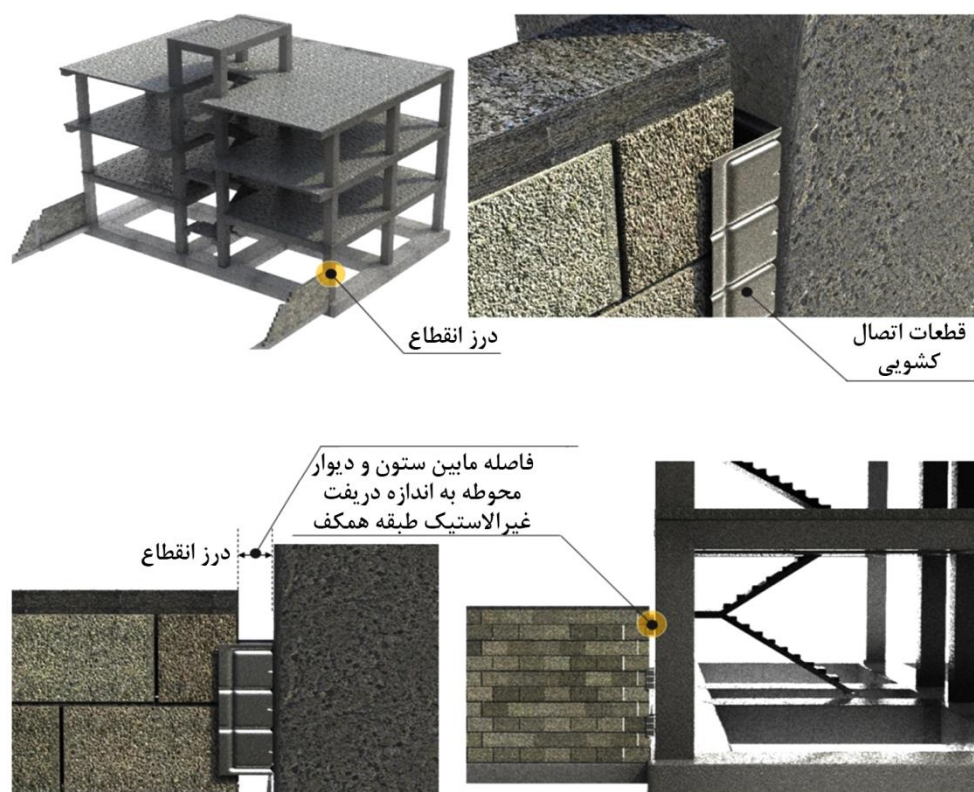
تذکر ۳: در صورتی که نمای دیوار محوطه از نوع نمای بنایی باشد، لازم است درز انبساط مناسب برای نما نیز تعبیه گردد. درز انبساط نما می تواند در فواصلی منطبق بر درز انبساط دیوار اجرا شود.

تذکر ۴: به منظور جلوگیری از مسدود شدن درز انبساط، لازم است محل درز انبساط با مصالح انعطاف پذیر پر شود. برای این منظور می توان از پشم سنگ، فوم، یونولیت و یا سایر مصالح مشابه استفاده نمود.

۵-۵ درز انقطاع

لازم است دیوارهای محوطه در امتداد داخل صفحه خود از ساختمان اصلی جدا شوند، به نحوی که دیوار محوطه مانعی برای حرکت جانبی ساختمان ایجاد نکند. برای این منظور، مطابق شکل ۵-۲، می توان با ایجاد فاصله ای به اندازه دریافت غیرالاستیک طبقه همکف مابین دیوار محوطه و ستون، با استفاده از اتصال های کشویی مطابق ضابطه ۷۲۹ و پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ دیوار محوطه را به ستون ساختمان تنها در امتداد خارج از صفحه مقید نمود. در این صورت ستون ساختمان نقش کلاف قائم را برای دیوار ایفا خواهد کرد. راهکار دیگر استفاده از یک کلاف قائم در مجاورت ساختمان و اتصال دیوار محوطه به کلاف قائم است. کلاف مذکور باید حداقل به میزان درز انقطاع مورد نیاز از ستون ساختمان فاصله داشته باشد. مقدار درز انقطاع نباید کمتر از جابه جایی نسبی غیرخطی طبقه همکف ساختمان در نظر گرفته شود. در غیاب محاسبات دقیق، مقدار درز انقطاع را می توان برابر با ۲٪ ارتفاع دیوار محوطه در نظر گرفت.

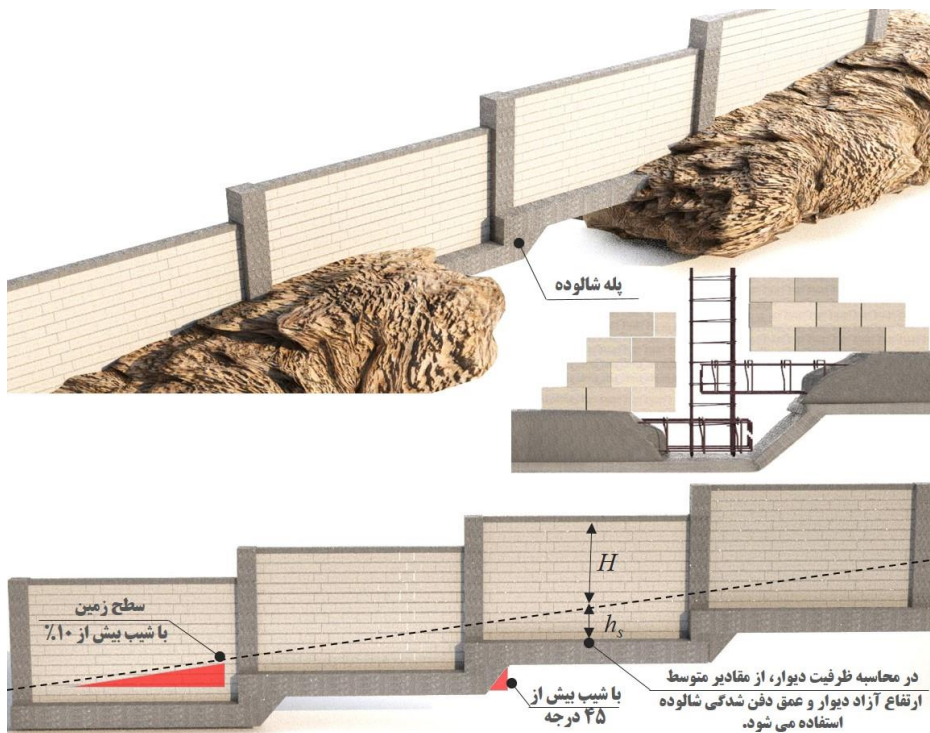
تذکر: به منظور جلوگیری از مسدود شدن درز انقطاع، لازم است محل درز با مصالح انعطاف پذیر پر شود. برای این منظور می توان از پشم سنگ، فوم، یونولیت و یا سایر مصالح مشابه استفاده نمود.



شکل ۵-۲ درز انقطاع به منظور جلوگیری از آسیب ستون سازه در محل اتصال به دیوار محوطه

۵-۶ اجرای دیوار بر روی شیب

در صورتی که شیب زمین بیش از ۱۰٪ باشد، لازم است شالوده و دیوار محوطه به شکل پله‌ای اجرا شوند. جزئیات اجرای دیوار به صورت پله‌ای در شکل ۵-۳ نشان داده شده است.



شکل ۵-۳ نحوه اجرای پله‌ای دیوار محوطه در زمین با شیب بیش از ۱۰٪

تذکره ۱: در صورت اجرای پله‌ای دیوار محوطه لازم است در محاسبه ظرفیت دیوار، عمق دفن‌شدگی شالوده (h_s) برابر متوسط عمق دفن‌شدگی شالوده و نیز ارتفاع آزاد پانل بنایی (H) برابر متوسط ارتفاع آزاد پانل بنایی مطابق شکل ۵-۳ در نظر گرفته شود.

تذکره ۲: در مورد خاک‌های مسئله دار و شیب‌های تند مستعد گسیختگی، لازم است تمهیدات خاصی برای حفظ پایداری دیوار محوطه اتخاذ شود.

۵-۷ تغییر امتداد دیوار

در محلی که امتداد دیوار تغییر می‌کند (شامل کنج‌های دیوار محوطه)، لازم است از کلاف قائم استفاده شود. در غیر این صورت، طراحی دیوار باید بر اساس شبیه سازی المان محدود مطابق بند ۵-۹ انجام شود.

۵-۸ زهکشی دیوار

در مناطقی که امکان جمع‌شدگی آب در یک سمت دیوار وجود دارد، لازم است در بخش‌های تحتانی دیوار مسیرهای زهکشی به‌منظور عبور آب تعبیه گردد.

۵-۹ طراحی بر اساس شبیه سازی المان محدود

به منظور تحلیل و طراحی دیوارهای بنایی محوطه می‌توان طراحی دیوار را بر مبنای شبیه سازی المان محدود انجام داد.

- کنترل فروریزش خارج از صفحه پانل بنایی

به منظور کنترل ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی، می‌توان آن را به صورت یک پوسته ایزوتروپیک مدل‌سازی نموده و تحت بار خارج از صفحه طراحی (p_u) قرار داد. مقطع المان پوسته می‌تواند به صورت توپر و دارای ضخامتی برابر با ضخامت دیوار در نظر گرفته شود. نیازی به اعمال ضرایب کاهش سختی برای مقطع دیوار نمی‌باشد. برای لبه تحتانی پوسته تکیه‌گاه مفصلی و برای لبه‌های قائم پوسته در جایی که به کلاف قائم متصل می‌شوند، تکیه‌گاه غلطکی در امتداد خارج از صفحه تعریف شود (نیازی به مدل‌سازی کلاف قائم به صورت صریح نمی‌باشد). بدین ترتیب ایجاد نیروهای داخل صفحه در پوسته محدود شده و مقاومت خارج از صفحه آن عمدتاً از طریق خمش خارج از صفحه تامین می‌شود. پس از انجام تحلیل لازم است متوسط خمش خارج از صفحه افقی در ۱ متر از ارتفاع و متوسط خمش خارج از صفحه قائم در ۱ متر از طول پوسته در بحرانی‌ترین نواحی بدست آمده و با ظرفیت‌های متناظر مطابق بخش ۴-۱ مقایسه شوند. در هر دو امتداد خمش افقی و

خمش قائم، لازم است تقاضای خمش خارج از صفحه از ظرفیت خمش خارج از صفحه کوچکتر باشد.

تذکره ۱: طراحی پانل بنایی به روش فوق برای هر نوع پانلی شامل پانل‌های مستقیم فاقد بازشو، پانل‌های مستقیم دارای بازشو، پانل‌های دارای انحنا یا پخی، پانل‌های دارای بازشوه‌های متعدد و قابل استفاده می‌باشد.

- کنترل ناپایداری واژگونی

نحوه کنترل واژگونی ارائه شده در بخش ۴-۲ با این فرض است که شالوده دیوار به صورت یک نوار مستقیم و مجزا می‌باشد. در بسیاری از موارد، دیوار محوطه دارای دیوار محوطه‌ای عمود بر خود می‌باشد. دیوارهای متعامد و شالوده‌های آن‌ها بر یکدیگر تاثیر داشته و هر یک از شالوده‌ها منجر به افزایش ظرفیت لنگر واژگونی شالوده دیگر می‌شوند. لذا در این موارد، کنترل ناپایداری واژگونی می‌تواند بر اساس شبیه سازی المان محدود انجام شود. در این صورت، تقاضای وارده بر مقطع شالوده و میزان آرماتورهای مورد نیاز نیز باید بر اساس نتایج شبیه سازی المان محدود و با رعایت حداقل میزان آرماتور انجام شود. بدیهی است در نظر گرفتن اثر شالوده‌های متعامد تنها به شرطی مجاز است که اولاً بتن ریزی آنها همزمان بوده و ثانیاً آرماتورهای آنها در داخل یکدیگر مهار شده باشند.

تذکره ۲: در صورت وجود شالوده‌های متعامد، همچنان می‌توان، در جهت اطمینان، از روش ارائه شده در بخش ۴-۲ به منظور طراحی شالوده استفاده نمود.

۵-۱۰ آزمایشات کنترل کیفیت تسلیحات پانل بنایی

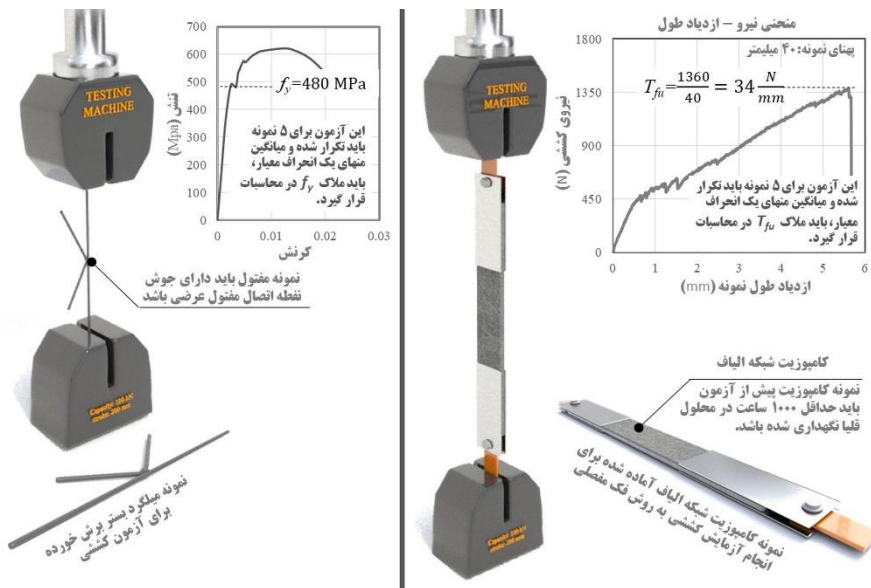
در این راهنما از دو نوع تسلیح (میلگردبستر و کامپوزیت شبکه الیاف) به منظور بهبود ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی استفاده شده است. لازم است این تسلیحات روند کنترل کیفیتی حداقل مطابق با این بند را گذرانده و مشخصات کششی آنها بر اساس آزمون‌های کششی ارائه شده در این بند، در نظر گرفته شوند.

تذکره ۱: نیازی به انجام آزمون‌های ارائه شده در این بند به صورت مجزا برای هر پروژه نمی‌باشد. لیکن شرکت‌های تولید کننده میلگرد بستر و کامپوزیت شبکه الیاف باید نتایج آزمون‌های کششی مطابق با الزامات این بند را برای محصولات خود داشته باشند به طوری که طراح بتواند از این نتایج در روند طراحی استفاده نماید.

- کنترل کیفیت میلگرد بستر

مفتول‌های استفاده شده در تولید میلگرد بستر باید دارای پوشش گالوانیزه یا سایر پوشش‌های محافظتی در برابر خوردگی بوده و قطر مفتول در میلگرد بستر نباید از ۴ میلیمتر بیشتر باشد. در محاسبه ظرفیت خمش خارج از صفحه دیوار مسلح به میلگردبستر، نیاز به مقاومت تسلیم میلگرد بستر (f_y) می‌باشد. این کمیت باید بر اساس میانگین منهای یک انحراف معیار نتایج حاصل از آزمون کششی حداقل بر روی ۵ نمونه مفتول بدست آید. مفتول‌های مورد آزمایش باید دارای نقطه جوشی که مفتول عرضی را به مفتول طولی متصل می‌کند باشد. روند انجام آزمون کششی بر روی میلگردبستر در شکل ۵-۴ نشان داده شده است.

تذکره ۲: بسته به نحوه تولید و نوع جوش به کار رفته در تولید میلگرد بستر، محل جوش در مفتول‌های طولی می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه مقاومت کششی مفتول شود. لذا لازم است در آزمون‌های کششی، به مفتول طولی، مفتول عرضی در نیز متصل باشد.



شکل ۴-۵ نحوه انجام آزمون‌های کششی میلگرد بستر و کامپوزیت شبکه الیاف

- کنترل کیفیت کامپوزیت شبکه الیاف

مشخصات کامپوزیت‌های شبکه الیاف نه تنها به شبکه الیاف، بلکه به ملات مورد استفاده در ساخت کامپوزیت نیز بستگی دارند. لذا در این روش ضروری است از ملات مخصوص به کامپوزیت شبکه الیاف استفاده شده و استفاده از سایر ملات‌ها در ترکیب با شبکه الیاف مجاز نمی‌باشد. در محاسبه ظرفیت خمش خارج از صفحه دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف، نیاز به ظرفیت کششی کامپوزیت در واحد عرض (T_{fu}) می‌باشد. این کمیت باید بر اساس میانگین منهای یک انحراف معیار نتایج حاصل از آزمون کششی حداقل بر روی ۵ نمونه کامپوزیت شبکه الیاف که در محلول قلیایی نگهداری شده‌اند بدست آید. جزئیات اتصال نمونه‌های کامپوزیت به دستگاه آزمون کشش باید به نحوی باشد که هیچ نوع فشار جانبی بر سطح کامپوزیت وارد نشود. نمونه‌ای از چنین جزئیاتی در شکل ۴-۵ نشان داده شده است. نمونه‌های کامپوزیت شبکه الیاف لازم است پیش از آزمون حداقل به مدت ۱۰۰۰ ساعت (۴۲ روز) در محلول قلیایی با $PH > 9.5$ و دمای بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداری شوند. علاوه بر آن، ۵ نمونه مشابه دیگر نیز باید خارج از محلول قلیایی

و به مدت ۱۰۰۰ ساعت نگهداری شده و آنها نیز تحت آزمون کششی قرار داده شوند. میانگین ظرفیت کششی نمونه‌های نگهداری شده در داخل محلول قلیایی، نباید کمتر از ۰/۸۵ میانگین ظرفیت کششی نمونه‌های نگهداری شده خارج از محلول قلیایی باشند.

تذکر ۳: طرح اختلاط ملات به کار رفته در ساخت کامپوزیت، جنس شبکه الیاف، اندازه چشمه‌های شبکه الیاف، تعداد لایه‌های شبکه الیاف داخل کامپوزیت از جمله عوامل موثر در ظرفیت کشش کامپوزیت شبکه الیاف می‌باشد. لذا در صورت تغییر هریک از موارد فوق، لازم است آزمون‌های کششی ارائه شده در این بخش تکرار شود. بنابراین، لازم است در مرحله طراحی، از جزئیاتی برای کامپوزیت شبکه الیاف استفاده شود که پیش تر توسط شرکت تولید کننده کامپوزیت شبکه الیاف، تست شده و نتایج آزمون‌های آن موجود باشد.

تذکر ۴: بر اساس این راهنما، انجام آزمون کششی بر روی نمونه‌های شبکه الیاف به صورت مجزا و خارج از کامپوزیت (بدون ملات) ضرورتی ندارد.

مراجع

- استاندارد ۲۸۰۰ (۱۳۹۳)، آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران.
- پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ (۱۳۹۸)، طراحی لرزه‌ای و اجرای اجزای غیرسازه‌ای معماری، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران.
- دستورالعمل طرح و اجرای دیوارهای محوطه (۱۳۹۱)، سازمان نوسازی و توسعه و تجهیز مدارس کشور، تهران، ایران.
- ضابطه ۷۲۹ (۱۳۹۸)، راهنمای طراحی لرزه‌ای دیوارهای بنایی غیر سازه‌ای مسلح به میلگرد بستر، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، تهران، ایران.
- ضابطه ۸۱۹ (۱۳۹۷)، راهنمای طراحی سازه‌ای و جزئیات اجرایی دیوارهای غیرسازه‌ای، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران.
- مبحث ششم مقررات ملی (۱۳۹۸)، بارهای وارد بر ساختمان، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، معاونت مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران.
- مبحث هشتم مقررات ملی (۱۳۹۸)، طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، معاونت مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران.
- مبحث نهم مقررات ملی (۱۳۹۹)، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، معاونت مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران.

- مبحث بیست و یکم مقررات ملی (۱۳۹۵)، پدافند غیرعامل، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، معاونت مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران.

ACI 549.6R (2020), Guide to design and construction of externally bonded fabric-reinforced cementitious matrix (FRCM) and steel-reinforced grout (SRG) systems for repair and strengthening masonry structures, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.

AC 434 (2016), Acceptance criteria for masonry and concrete strengthening using fabric-reinforced cementitious matrix (FRCM) and steel reinforced grout (SRG) composite systems, International Code Council-Evaluation Service (ICC-ES).



Ministry of Roads & Urban Development
Housing & construction deputy



Bureau of National Construction
Code & Building Control

Guidelines for Design and Construction of Perimeter Masonry Walls