



مقررات ملی و کنترل ساختمان



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت راه و شهرسازی  
معاونت مسکن و ساختمان

دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای

بنایی محوطه

مقررات ملی و کنترل ساختمان

مقررات ملی و کنترل ساختمان

عنوان و نام پدیدآور	دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه/تهیه‌کننده دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان.
مشخصات نشر	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری	ص ۷۴
فروست	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شماره نشر: ک-۱۰۹۲
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۵۰۴-۰
وضعیت فهرست نویسی	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
رده‌بندی کنگره	NA۲۹۴۰
رده‌بندی دیویی	۷۲۱/۲
شماره کتابشناسی ملی	۹۶۹۵۶۹۶
اطلاعات رکورد کتابشناسی	فیبا



دفتر مقررات ملی، کنترل ساختمان



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت راه و شهرسازی  
سازمان مهندسی ساختمان

### نام کتاب: دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه

تهیه‌کننده: معاونت مسکن و ساختمان - دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

ناشر: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شماره نشر: ک-۱۰۹۲

تیراژ: ۱۰۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول و ویرایش دوم

قیمت: ۱/۱۰۰/۰۰۰ ریال

قطع: وزیری

ISBN: 978-600-113-504-0

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۵۰۴-۰

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی برعهده نگارندگان محترم می‌باشد.

کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر برای وزارت راه و شهرسازی محفوظ است.

نشانی ناشر: تهران، بزرگراه شیخ فضل ا... نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی،

خیابان حکمت صندوق پستی: ۱۳۴۱۵-۱۶۹۶ تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ دورنگار: ۸۸۲۸۴۱۳۲

فروش الکترونیکی: [http:// pub.bhrc.ac.ir](http://pub.bhrc.ac.ir)

پست الکترونیکی: [Mabhas@inbr.ir](mailto:Mabhas@inbr.ir)

تاریخ: ۱۴۰۲/۰۳/۲۱  
شماره: ۴۳۸۴۷/۴۲۰ صادره  
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
- مدیر کل محترم دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، جهت آگاهی و اقدام لازم
- مدیر کل 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 آفریقارانی عباس آباد، ساختمان شهید دامن، وزارت راه و شهرسازی (کدپستی: ۸۰۲۰۸۰۱۹۶۶۰۱۵) تلفن: ۸۸۸۷۸۰۳۱-۹  
دورنگار: دبیرخانه وزارتی: ۸۸۸۷۸۰۴۵ دبیرخانه مرکزی: ۸۸۶۴۶۲۳۳ (نامه های فاقد مهر برجسته وزارت راه و شهرسازی از درجه اعتبار ساقط می باشد)



مقررات ملی و کنترل ساختمان

## 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 امدادسانی به مناطق زلزله زده می‌شود و از سویی دیگر عدم شفافیت کافی در آیین‌نامه‌های موجود در خصوص نحوه طراحی و اجرای این دیوارها، ضرورت تدوین دستورالعملی به منظور 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 آن‌ها پرداخته شده، در اغلب موارد از روش محاسباتی برای طراحی دیوار استفاده شده است. کتاب پیش‌رو دومین ویرایش از کتاب دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه است که در مقایسه با ویرایش نخست، مواردی از جمله روش تسلیح دیوار با استفاده از کامپوزیت‌های شبکه الیاف، نحوه محاسبه ظرفیت خارج از صفحه دیوار، نحوه محاسبه ظرفیت خمش خارج از صفحه افقی و قائم دیوار، جزئیات طراحی بر اساس شبیه سازی المان محدود و آزمایشات کنترل کیفیت تسلیحات دیوار بنایی (میلگردهای بستر و کامپوزیت‌های شبکه الیاف)، اضافه شده است. امید است دستورالعمل پیش‌رو گامی رو به جلو جهت دستیابی به عملکرد مناسب دیوارهای بنایی محوطه در حین زلزله نه تنها از منظر ایمنی جانی و حفظ حریم ساختمان‌ها بلکه از منظر بهبود تاب‌آوری شهرها در برابر حوادث غیرمترقبه باشد.

حامد مانی‌فر

مدیرکل دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

## مجری طرح

دکتر سیدامین موسوی      مهندسان مشاور

## اعضای کارگروه تدوین (به ترتیب حروف الفبا)

مهندس مسعود افراز      معاون ترویج و کنترل ساختمان - دفتر مقررات ملی و

کنترل ساختمان

مهندس اکبر باقریان      مهندسان مشاور

مهندس ایزد بنی مصطفی      مهندسان مشاور

دکتر علی خان سفید      عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین

طوسی

دکتر میثم صمدی      عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

دکتر سیدامین موسوی      مهندسان مشاور

دکتر احسان نوروزی نژاد      عضو هیئت 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      مهندسان مشاور

دکتر حمیدرضا امیری      عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

مهندسان مشاور	مهندس میثم بنده علی
مهندسان مشاور	دکتر فرزاد حداد شرق
عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان	دکتر علی خیرالدین
مهندسان مشاور	مهندس صمد دهقانی اسکویی
مهندسان مشاور	مهندس امید رسولی
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد	مهندس سید مصطفی رضوی
عضو هیئت علمی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله	دکتر عبدالرضا سروقد مقدم
مهندسان مشاور	دکتر منوچهر شیبانی اصل
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر	دکتر مهدی علیرضائی
عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	دکتر نادر فنائی
مهندسان مشاور	دکتر امیرحسین فهیمی
مهندسان مشاور	مهندس جواد قدرتی
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه	دکتر مهدی کفای کیوی
عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج	دکتر سالار منیعی
مهندسان مشاور	دکتر سید مهدی موسوی
مهندسان مشاور	مهندس سید محمود نجفی الموسوی
مهندسان مشاور	دکتر مهدی هادی
مهندسان مشاور	مهندس محمد هجرانی

در پایان از ادارات کل راه و شهرسازی و سازمان‌های 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 صاحب‌نظران ما را در تهیه این دستورالعمل یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نماید. در پایان از همه مهندسان، حرفه‌مندان، محققان، دانشجویان و کلیه صاحب‌نظران تقاضا می‌شود تا با مطالعه این دستورالعمل و ارائه پیشنهادهای 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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱
۵	فصل ۲
۱۳	فصل ۳
۱۳	۱-۳ نیروی ناشی از زلزله
۱۵	۲-۳ نیروی ناشی از باد
۱۶	۳-۳ سایر نیروهای تصادفی
۱۹	فصل ۴
۱۹	۱-۴ محاسبه ظرفیت پانل بنایی
۳۵	۲-۴ کنترل لنگر واژگونی
۴۰	۳-۴ کنترل ظرفیت خمشی کلاف قائم
۴۳	۴-۴ نمونه طراحی دیوار محوطه
۴۹	فصل ۵
۴۹	۱-۵ اتصال دیوار به کلاف قائم
۵۱	۲-۵ کلاف افقی
۵۱	۳-۵ بازشو در دیوار محوطه
۵۲	۴-۵ درز انبساط
۵۳	۵-۵ درز انقطاع
۵۴	۶-۵ اجرای دیوار بر روی شیب
۵۶	۷-۵ تغییر امتداد دیوار
۵۶	۸-۵ زهکشی دیوار
۵۶	۹-۵ طراحی بر اساس شبیه سازی اجزاء محدود

---

۵-۱۰ آزمایشهای کنترل کیفیت تسلیحات پانل بنایی..... ۵۷

۵-۱۱ عمل‌آوری و نگهداری..... ۶۱

مراجع ..... ۶۳



دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

# فصل ۱

## مقدمه و دامنه کاربرد

در سال‌های اخیر، به‌ویژه پس از زلزله ازگله در سال ۱۳۹۶، تلاش‌های فراوانی برای درک رفتار اجزای غیرسازه‌ای در کشور صورت گرفته است. چند ماه پیش از وقوع زلزله ازگله، ضابطه ۷۲۹ تحت عنوان «راهنمای طراحی لرزه‌ای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مسلح به میلگرد بستر» در سال ۱۳۹۵ توسط سازمان برنامه و بودجه کشور منتشر شد. پیش‌نویس ویرایش دوم این ضابطه در سال ۱۳۹۸ توسط سازمان برنامه و بودجه کشور منتشر شد که در این دستورالعمل ملاک عمل قرار گرفته 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 شد و پس از آن در سال ۱۳۹۸ پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) به‌منظور بهبود شرایط طراحی و اجرای اجزای غیرسازه‌ای در کشور منتشر گردید. اما تاکنون توجه به دیوارهای محوطه ساختمان اندک بوده و در هیچ یک از الزامات فوق به شکل صریح به دیوارهای محوطه پرداخته نشده است. یکی از محدود دستورات عمل‌های طراحی موجود در خصوص دیوارهای محوطه، «دستورالعمل طرح و اجرای دیوارهای محوطه» است که توسط سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور در سال ۱۳۹۱ منتشر شده است و 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 ساختمان (طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی)، الزامات تجویزی برای دیوارهای محوطه ارائه شده است.

هدف از تهیه این دستورالعمل، انعکاس آخرین یافته‌های کسب شده در کشور در طراحی محاسباتی و اجرای صحیح دیوارهای بنایی محوطه است. انتظار می‌رود روش محاسباتی ارائه شده در این متن منجر به طرحی دقیق‌تر، اقتصادی‌تر و مطمئن‌تری برای دیوارهای محوطه گردد.

دیوارهای محوطه از جمله اجزایی است که توجه به طراحی آن‌ها، تاکنون اندک بوده است. این درحالی است که آسیب‌پذیری آن‌ها در زلزله‌های گذشته مشاهده شده است. شکل (۱-۱) برخی از آسیب‌های وارد بر دیوارهای محوطه در زلزله‌های گذشته را نشان می‌دهد.



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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

دستورالعمل حاضر به طراحی دیوارهای بنایی محوطه با رویکرد محاسباتی و غیرتجویزی اختصاص دارد. دیوار محوطه را می‌توان از بلوک‌های سیمانی توخالی یا آجر فشاری یا آجر فشاری سوراخ‌دار ساخت. همچنین دیوار را می‌توان به صورت غیرمسلح یا مسلح با میلگرد بستر یا کامپوزیت شبکه الیاف اجرا نمود. 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 یا قطعات پیش‌ساخته و نیز دیوارهای محوطه بر روی خاک‌های مسئله‌دار 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.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

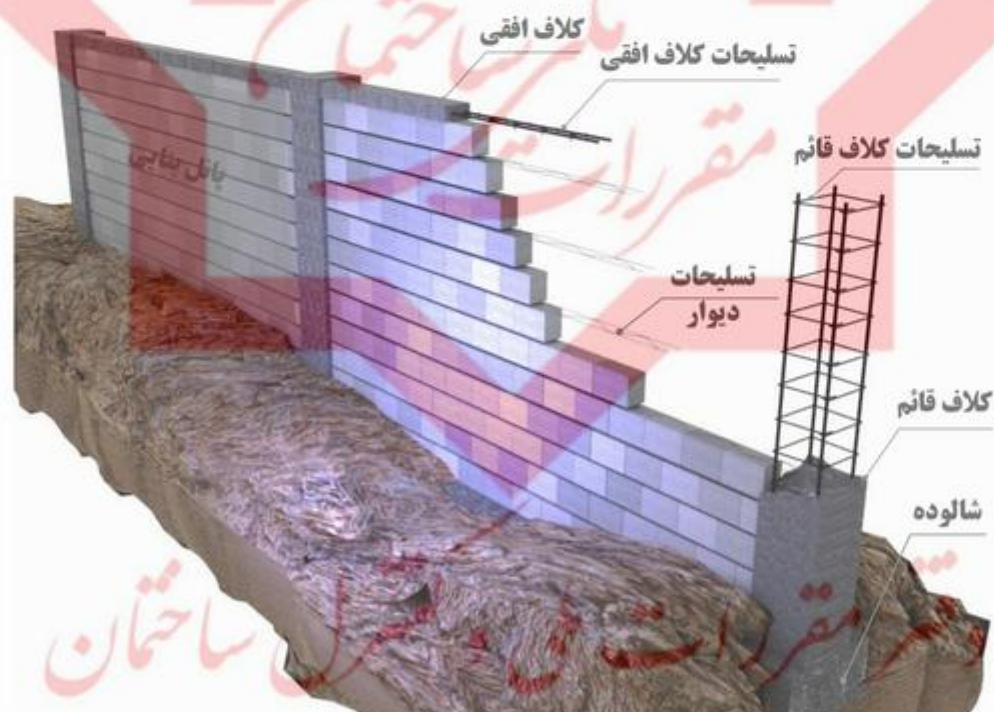


دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

## فصل ۲

### دیوارهای بنایی محوطه

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



شکل ۱-۲ قسمت‌های اصلی دیوارهای محوطه بنایی

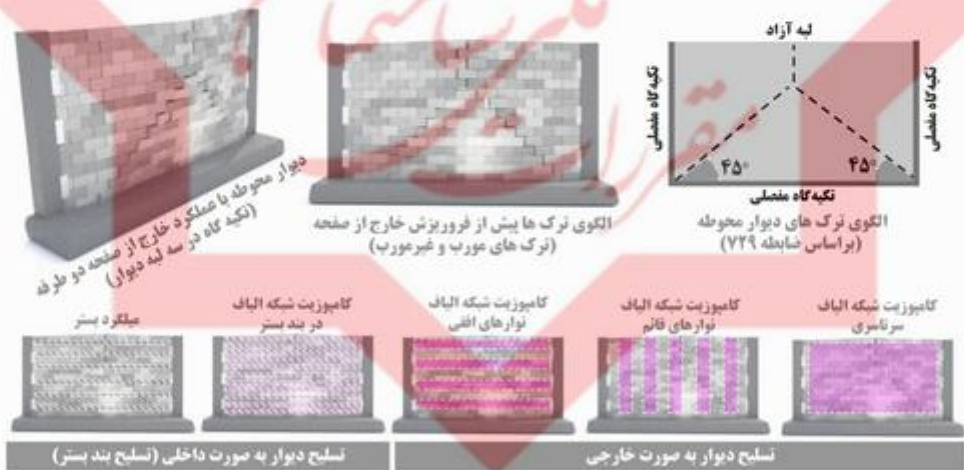
**پانل بنایی:** پانل بنایی دیوار، قسمت اصلی دیوار است که نقش اصلی جداسازی محوطه از محیط اطراف را برعهده دارد. ارتفاع قسمت بنایی به کاربری محوطه جداسازی شده بستگی دارد و عمدتاً بین ۲ تا ۳ متر از سطح زمین می‌باشد. در این دستورالعمل واحدهای بنایی استفاده شده در پانل بنایی صرفاً از نوع بلوک‌های سیمانی توخالی یا آجر فشاری (با سوراخ یا بدون سوراخ) است. چون دولبه قائم پانل بنایی به کلاف‌های قائم و لبه تحتانی آن به شالوده متصل است، از این رو شرایط مرزی پانل بنایی به نحوی است که در سه لبه خود تکیه‌گاه دارد و لبه فوقانی آن آزاد است. در لبه فوقانی اگرچه کلاف افقی وجود دارد، اما مقطع کلاف افقی کوچک و طول آن نسبتاً زیاد است. بنابراین فرض می‌شود که کلاف افقی نقش تکیه‌گاهی برای دیوار ایفا نمی‌کند. پس 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 مفصلی هستند. شکل (۲-۲) الگوی ترک‌های پانل بنایی در آستانه فروریزش را نشان می‌دهد. برای تقویت ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی، می‌توان از روش‌های مختلف برای تسلیح آن استفاده نمود. بر اساس این دستورالعمل، تسلیح پانل بنایی را می‌توان با استفاده از میلگرد بستر یا با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف انجام داد. بدیهی است نحوه چیدمان تسلیحات دیوار باید به نحوی باشد که تسلیحات از ترک‌های ایجاد شده در دیوار عبور نکنند. 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 دیوار 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 است. 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 محسوب می‌شوند.



**کلاف قائم:** کلاف‌های قائم برای کاهش طول آزاد قسمت بنایی دیوار استفاده می‌شوند. به عبارت دیگر، کلاف‌های قائم نقش تکیه‌گاه برای قسمت بنایی دیوار را دارند. بنابراین کلاف‌های قائم نه تنها باید از مقاومت کافی، بلکه لازم است از صلبیت کافی نیز برخوردار باشند. در این دستورالعمل تاکید بر روی کلاف‌های قائم بتن مسلح است، اما استفاده از کلاف‌های فولادی یا کلاف‌های بنایی مسلح نیز در صورتی که دارای مقاومت و صلبیت کافی باشند بلامانع است.

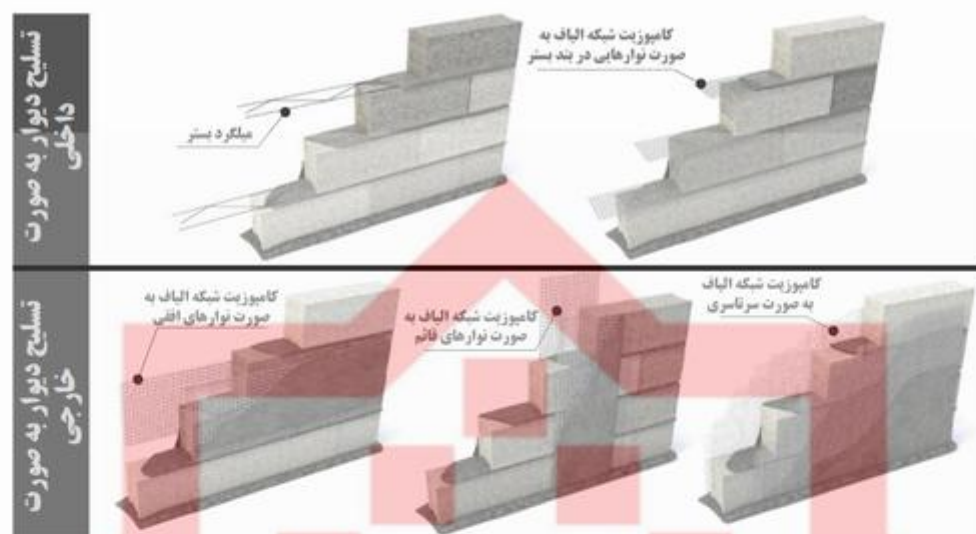
**کلاف افقی:** کلاف افقی صرفاً برای بهبود انسجام و یکپارچگی بلوک‌های رج فوقانی دیوار استفاده می‌شود و نقش تکیه‌گاهی برای لبه فوقانی دیوار ندارد.

**شالوده:** شالوده برای توزیع یکنواخت نیروها بر خاک و نیز فراهم نمودن پاشنه کافی برای افزایش پایداری در برابر واژگونی دیوار استفاده می‌شود.



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

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

**تذکره ۱:** در روش تسلیح پانل بنایی به صورت خارجی، لازم است در هر دو وجه دیوار 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 امکان دسترسی به یکی از دو وجه خارجی دیوار نباشد، می‌توان از تسلیح داخلی (استفاده از میلگرد بستر یا کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر) برای مسلح نمودن دیوار استفاده نمود.

**تذکره ۳:** در روش تسلیح داخلی، تسلیحات هم‌زمان 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 شود و نباید از ملات معمولی استفاده نمود. ملات مختص کامپوزیت شبکه الیاف همان ملاتی است که در آزمایش‌های کششی کامپوزیت شبکه الیاف،

استفاده می‌شود. جزئیات بیشتر در خصوص آزمایش‌های مربوط به کامپوزیت شبکه الیاف در بند ۵-۹ از فصل ۵ ارائه شده است.

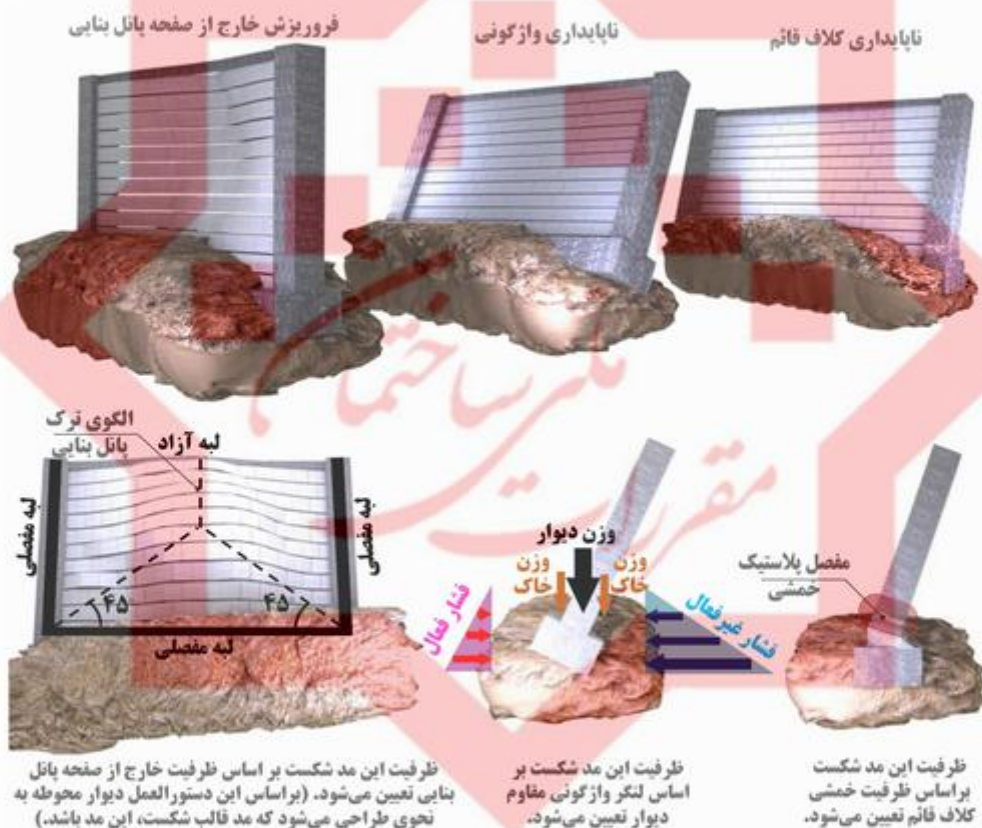
**تذکره ۵:** ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف و نیز تنش تسلیم میلگرد بستر باید توسط تولیدکنندگان این تسلیحات و بر اساس آزمایش‌های تعیین شده در فصل ۵ ارائه شود. در تسلیح دیوارهای بنایی محوطه، تنها استفاده از محصولاتی مجاز است که بر روی نمونه‌های مشابه آن‌ها، آزمایش‌های کششی و دوام مطابق با الزامات ارائه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

**تذکره ۶:** استفاده از میلگرد ساده یا آج‌دار در بندهای بستر دیوار منجر به مسلح شدن دیوار نمی‌شود، چون پیوستگی کامل مابین میلگردهای مستقیم (غیرشبکه‌ای) با ملات بند بستر ایجاد نخواهد شد. در صورت استفاده از میلگرد مستقیم، لازم است واحدهای بنایی دارای حفره‌های ممتد افقی یا قائم در طول یا ارتفاع دیوار بوده و حفره‌ای که میلگرد مستقیم در آن قرار می‌گیرد با دوغاب پر شود.

سه مد شکست اصلی دیوارهای بنایی محوطه، در شکل (۲-۴) نشان داده شده است. این مدهای شکست عبارتند از:

- **آستانه فروریزش خارج از صفحه پانل بنایی:** در این مد شکست، نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوار فراتر از ظرفیت خارج از صفحه دیوار است و منجر به بروز ناپایداری در قسمت بنایی دیوار می‌شود. از جمله عواملی که ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی دیوار را ارتقا می‌دهند، عبارتند از: تسلیح دیوار با استفاده از میلگرد بستر یا کامپوزیت شبکه الیاف، استفاده از ملات با چسبندگی زیاد، 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 حفره‌های ممتد نیز به نحو مناسبی منجر به ارتقای ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی می‌گردد. با توجه به اینکه پانل بنایی دیوار محوطه دارای رفتاری دو طرفه در امتداد خارج از صفحه است، رفتار خارج از صفحه پانل بنایی از درجه نامعینی و قابلیت اطمینان

مناسبی برخوردار می‌باشد. به عبارت دیگر، پانل بنایی قادر است از چندین مسیر نیروی خارج از صفحه وارده بر خود را به کلاف‌های قائم و شالوده منتقل کند. بر این اساس، در این دستورالعمل روند طراحی دیوار محوطه به نحوی تنظیم شده است که آستانه فروریزش خارج از صفحه پانل بنایی به عنوان مد گسیختگی قالب بوده و تا حد امکان از وقوع سایر مدهای گسیختگی جلوگیری شود.



شکل ۲-۴ مدهای شکست دیوارهای محوطه

▪ ناپایداری واژگونی: در این مد شکست، دیوار محوطه همانند یک جسم صلب حول پاشنه خود دوران کرده، واژگون می‌شود. عامل مقاوم موثر در برابر این مد شکست لنگر

مقاوم ناشی از نیروی ثقلی و فشار غیرفعال خاک است. از این رو با افزایش وزن دیوار (فقط در برابر باد)، افزایش عمق شالوده و افزایش پهناى شالوده، ظرفیت دیوار در برابر این مد شکست افزایش می‌یابد. دیوار محوطه فاقد مسیرهای متعدد برای انتقال لنگر واژگونی است و این مد شکست از درجه نامعینی و قابلیت اطمینان کافی برخوردار نمی‌باشد. بر این اساس، نحوه تنظیم الزامات در این دستورالعمل به نحوی است که تا حد امکان این مد شکست رخ ندهد.

▪ **ناپایداری کلاف قائم:** در این مد شکست، کلاف قائم دارای ظرفیت خمشی کافی نیست و در پای دیوار مفصل پلاستیک با دوران بیش از حد ایجاد می‌شود. برای افزایش ظرفیت دیوار در برابر این مد شکست لازم است ظرفیت خمشی مقطع کلاف قائم افزایش یابد. کلاف قائم دیوار محوطه فاقد مسیرهای متعدد برای انتقال لنگر خمشی است و این مد شکست از درجه نامعینی و قابلیت اطمینان کافی برخوردار نمی‌باشد. بر این اساس، نحوه تنظیم الزامات در این دستورالعمل به نحوی است که تا حد امکان این مد شکست رخ ندهد.

روند طراحی گام به گام دیوارهای محوطه مطابق این دستورالعمل در شکل (۲-۵) نشان داده شده است.





دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

## فصل ۳

### محاسبه نیروی وارد بر دیوار محوطه

در این دستورات عمل نیروهای وارد بر دیوارهای محوطه به سه دسته نیروهای ناشی از زلزله، نیروهای ناشی از باد و نیروهای تصادفی تقسیم شده است. حداکثر نیروی خارج از صفحه وارد بر واحد سطح دیوار که از سه عامل فوق بدست می آید تحت عنوان نیروی طراحی در واحد سطح دیوار ( $P_w$ ) در نظر گرفته می شود و ملاک طراحی دیوار خواهد بود. تذکر: تحت هیچ شرایطی نیروی خارج از صفحه وارد بر واحد سطح دیوار محوطه نباید کمتر از ۱ کیلوپاسکال در نظر گرفته شود.

#### ۳-۱ نیروی ناشی از زلزله

در صورتی که ارتعاش دیوار محوطه در جهت خارج از صفحه، مشابه یک سیستم یک درجه آزادی در نظر گرفته شده و در جهت اطمینان تمام جرم دیوار برابر با جرم موثر مد اصلی ارتعاش در نظر گرفته شود، نیروی لرزه‌ای خارج از صفحه وارده بر واحد سطح 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 یک مترمربع از سطح دیوار،  $S_a$  مقدار شتاب طیفی در مد ارتعاش خارج از صفحه دیوار،  $I_e$  ضریب اهمیت لرزه‌ای دیوار و  $R$  ضریب رفتار دیوار می باشد که در برگیرنده اضافه مقاومت و شکل پذیری خارج از صفحه دیوار است.

در اغلب دیوارهای محوطه مدنظر این دستورالعمل، زمان تناوب ارتعاش خارج از صفحه دیوار در محدوده شتاب ثابت طیف طرح قرار دارد از این رو مقدار شتاب طیفی را می‌توان برابر با  $A(1+S)$  در نظر گرفت. 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 آزمایش‌ها و شبیه‌سازی‌های انجام شده نیز انطباق مناسبی دارد. بنابراین نیروی لرزه‌ای وارد بر واحد سطح 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 ایران می‌باشد.

تذکره ۱: لازم است ضریب اهمیت لرزه‌ای دیوار محوطه معادل ضریب اهمیت لرزه‌ای مهم‌ترین ساختمان مجاور دیوار محوطه در نظر گرفته شود. ضروری است در تعیین ضریب اهمیت، میزان اهمیت راه‌های دسترسی در اطراف دیوار محوطه نیز مدنظر قرار گیرد. 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 سطح 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 نمود.



تذکره ۴: طراح می‌تواند به جای رابطه (۲-۳) از روابط دقیق‌تری که در برگیرنده مشخصات دینامیکی خارج از صفحه دیوار باشد، استفاده کند. در این صورت نیروی زلزله نباید کمتر از ۰.۸۰٪ مقدار به دست آمده از رابطه (۲-۳) در نظر گرفته شود.

تذکره ۵: وجود تسلیحات در دیوار، منجر به بهبود شکل‌پذیری خارج از صفحه دیوار می‌شود. از طرفی ضریب کاهش مقاومت در دیوارهای غیرمسلح کمتر از دیوارهای مسلح است، بنابراین دیوارهای غیرمسلح دارای اضافه مقاومت بزرگتری نسبت به دیوارهای مسلح هستند. از آنجا که ضریب رفتار خارج از صفحه دیوار ( $R$ ) تابعی از شکل‌پذیری و اضافه مقاومت است، از این رو به منظور تسهیل در روند طراحی در این دستورالعمل، 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 وارد بر واحد طول دیوارهای محوطه را می‌توان مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) ویرایش ۱۳۹۸ از رابطه (۳-۳) به دست آورد.

$$F_n = C_f C_n q C_g C_e H I_w \quad (3-3)$$

در رابطه فوق برای دیوار روی سطح زمین و نسبت طول به ارتفاع بیش از ۱۰، ضرایب  $C_f = 1/3$  و  $C_n = 0.6$  است. فشار مبنای باد  $q$  برحسب کیلوپاسکال برابر است با  $0.473 V^2$  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 ضریب اهمیت دیوار در برابر بار باد است. با استفاده از مقادیر فوق و رابطه (۳-۳) و تبدیل نیرو در واحد طول دیوار به نیرو در واحد سطح و با اعمال ضریب ۱/۶ به منظور تبدیل نیروی باد از سطح سرویس به سطح

نهایی، نیروی سطح نهایی باد وارد بر یک مترمربع از سطح دیوار را می‌توان بر اساس رابطه (۴-۳) تخمین زد.

$$P_{wind} = \frac{0.11I_w V^2}{1000} \quad (4-3)$$

رابطه (۴-۳) مقدار نیروی ناشی از باد در واحد سطح دیوار را بر حسب کیلوپاسکال (کیلو نیوتن بر مترمربع) ارائه می‌کند.

تذکرا: 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 مجاور دیوار محوطه در نظر گرفته شود. ضروری است در تعیین ضریب اهمیت، میزان اهمیت راه‌های دسترسی در اطراف دیوار محوطه نیز مدنظر قرار گیرد. 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 یا هر نوع بار تصادفی محتمل که در جهت خارج از صفحه به دیوار وارد می‌شود. در این دستورالعمل لازم است نیروهای تصادفی به‌صورت فشار استاتیکی خارج از صفحه با توزیع یکنواخت بر روی دیوار معادل‌سازی شود. 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 به صورت دینامیکی و استاتیکی معادل، در مبحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان (پادفند غیرعامل) ویرایش ۱۳۹۵، ارائه شده است.

تذکره ۲: به جز برای دیوارهای محوطه مراکز خاص نظامی و امنیتی، در سایر موارد لزومی به در نظر گرفتن نیروهای تصادفی (به جز زلزله و باد) در طراحی دیوارهای محوطه نمی‌باشد.

تذکره ۳: در صورتی که دیوار محوطه در یک منطقه سیل خیز مطابق تعریف مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) قرار داشته باشد و دیوار محوطه از نوع دیوار فروریزی در نظر گرفته نشود، لازم است در طراحی و ساخت دیوار محوطه اثر 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 اثر آب شستگی آن کنترل شود.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



مقررات ملی و کنترل ساختمان

## فصل ۴

### طراحی ظرفیتی دیوار محوطه

در این دستورالعمل، ظرفیت دیوار بر اساس مقاومت خارج از صفحه پانل‌های بنایی دیوار تعیین می‌شود. سایر اجزای دیوار محوطه به صورت ظرفیتی طراحی می‌شود. به بیان دیگر ابتدا براساس مشخصات پانل بنایی، ظرفیت دیوار محاسبه می‌شود، سپس کلاف‌های قائم و شالوده دیوار طبق این ظرفیت، طراحی و کنترل می‌شود. به این ترتیب، مد شکست آستانه فروریزش خارج از صفحه پانل بنایی که دارای درجه نامعینی و قابلیت اطمینان بیشتر است، قبل از مدهای 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 نمی‌باشد و صرفاً کافی است بین دیوار محوطه و ساختمان مجاور آن درز انقطاعی مطابق با الزامات بند ۵-۵ در نظر گرفته شود.

#### ۴-۱ محاسبه ظرفیت پانل بنایی

پانل بنایی تحت نیروهای خارج از صفحه مانند 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 است. بر اساس نشریه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه و بودجه کشور، ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

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

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

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

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

$\alpha_2$ : ضریب خمش افقی که به شرایط مرزی پانل بنایی، نسبت ارتفاع به طول پانل بنایی ( $H/L$ ) و نسبت اورتوگنال ( $\mu$ ) پانل بنایی بستگی داشته و بر اساس جدول (۴-۱) به دست می آید. این ضریب بدون بعد است.

**جدول ۴-۱** ضریب خمش افقی ( $\alpha_2$ ) برای دیوار محوطه (شرایط مرزی نوع A طبق نشریه شماره ۷۲۹)

شرایط مرزی پانل بنایی دیوار محوطه	$\mu$	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
A	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 ( $\mu$ ) ضریبی بدون 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 می باشد. بنابراین:

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

$M_{d1}$ : ظرفیت خمش خارج از صفحه قائم ۱ متر از طول 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 ترک‌هایی عمدتاً افقی در پانل بنایی ایجاد می‌کند. منظور از خمش خارج از صفحه افقی، خمشی است که منجر به ایجاد تنش کششی موازی با بند بستر پانل بنایی می‌شود. این خمش ترک‌هایی عمدتاً عمودی در پانل بنایی ایجاد می‌کند. 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 یا به صورت هم زمان، منجر به افزایش ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی ( $P_c$ ) می‌شود. استفاده از میلگرد بستر، کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی و کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر (در صورتی که تنها در برخی از رج‌های دیوار باشد) 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 و استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر (در صورتی که در تمام رج‌های دیوار باشد) 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 (۳-۴) تا (۴-۶) ارائه شده است بر اساس نشریه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه و بودجه کشور است. همچنین رابطه (۴-۷) مربوط به پانل بنایی مسلح به میلگرد بستر نسخه ساده شده از رابطه موجود در نشریه شماره ۷۲۹ می‌باشد. به علاوه روابط ارائه شده برای پانل‌های بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف که در روابط (۴-۸) تا (۴-۱۲) ارائه شده، نسخه‌های ساده شده و بهبود یافته از روابط موجود در ACI 549.6R است. بر اساس مقایسه‌های انجام شده با نتایج آزمایشگاهی متعدد (بیش از ۵۰ آزمایش مختلف) و نیز نتایج حاصل از شبیه سازی‌های عددی، روابط ارائه شده در این دستورالعمل 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 سر خوردگی یا لغزشی بین مصالح بنایی و تسلیحات دیوار رخ نمی‌دهد.

تذکره ۴: به منظور دستیابی به عملکرد خارج از صفحه دو طرفه، بهبود قابلیت اطمینان و افزایش درجه نامعینی پانل بنایی، لازم است، مطابق جدول (۴-۱)، نسبت ارتفاع به طول پانل بنایی بین  $0/3$  تا  $2$  باشد. بنابراین لازم است طول آزاد پانل بنایی  $L$  (فاصله مابین کلاف‌های قائم) تحت هیچ شرایطی از  $3/3$  برابر ارتفاع پانل بنایی  $H$  (فاصله روی خاک تا بالای پانل بنایی) فراتر نرود.

با توجه به روابط (۴-۱) و (۴-۲) و جدول (۴-۱)، 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  $1$  متر از طول پانل بنایی ( $M_{d1}$ ) و ظرفیت خمش افقی در  $1$  متر از ارتفاع پانل بنایی ( $M_{d2}$ ) به صورت زیر محاسبه می‌شود.

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

$$M_{d1} = \phi_1 \frac{f_{r1} t^2}{6} \left( N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_1 = 0.6 \quad (3-4)$$

$$M_{d2} = \phi_2 \lambda \frac{f_{r2} t^2}{6} \left( N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.6 \quad (4-4)$$

در روابط فوق  $t$  ضخامت دیوار بر حسب میلی‌متر (mm) و ضرایب کاهش مقاومت در هر دو امتداد برابر  $0/6$  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  $\lambda$  برابر با  $1$  و در غیر این صورت این ضریب برابر با  $0/7$  می‌باشد. روابط (۴-۴) و (۳-۴) منطبق بر روابط موجود در نشریه شماره ۷۲۹ است.



جدول ۴-۲ مدول گسیختگی پانل بنایی در دو امتداد عمود و موازی بند بستر بر حسب مگاپاسکال (بر اساس نشریه شماره ۷۲۹)

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

\* 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.

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

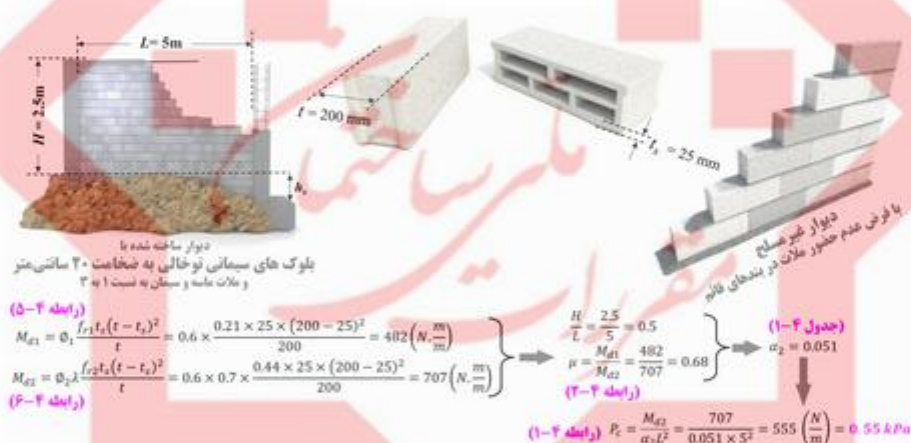
تذکره ۵: حفظ رطوبت ملات‌های سیمانی در پانل بنایی حداقل در سه روز اول پس از ساخت پانل بنایی الزامی است. به منظور حفظ رطوبت ملات در پانل بنایی می‌توان از روش‌هایی از جمله زنجاب نمودن واحدهای بنایی (بلافاصله قبل از ساخت دیوار)، مرطوب نمودن دیوار (پس از ساخت دیوار و گیرش اولیه ملات)، استفاده از پوشش‌هایی بر روی دیوار به منظور کاهش سرعت تبخیر رطوبت استفاده نمود. در خصوص ملات مورد استفاده در کامپوزیت شبکه الیاف، لازم است شرایط حفظ رطوبت ملات مطابق با دستورالعمل شرکت تولید کننده کامپوزیت شبکه الیاف باشد. به طور کلی حفظ رطوبت برای کلیه ملات‌های سیمانی قابل توصیه است.

- پانل بنایی غیرمسلح 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 دقیق‌تر، مقدار  $t_s$  را می‌توان برابر با ۲۵ میلی‌متر در نظر گرفت. 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 شود. ضرایب کاهش مقاومت در هر دو امتداد برابر ۰/۶ می‌باشد. در صورتی که بندهای قائم به طور کامل دارای ملات باشند، ضریب  $\lambda$  برابر با ۱ و در غیر این صورت این ضریب برابر با ۰/۷ می‌باشد. روابط (۴-۵) و (۴-۶) منطبق بر روابط موجود در نشریه شماره ۷۲۹ است. نمونه محاسبه ظرفیت خارج از صفحه برای یک پانل بنایی غیرمسلح در شکل (۴-۱) ارائه شده است.



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

### - پانل بنایی مسلح با میلگرد بستر

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

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

در رابطه فوق  $A_s$  برابر با سطح مقطع یکی از مفتول‌های طولی (نه هر دو مفتول) میلگرد بستر بر حسب میلی‌متر مربع ( $\text{mm}^2$ ) 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 الزاماً باید ضریبی از ارتفاع واحدهای بنایی باشد. ضریب کاهش مقاومت در امتداد خمش افقی ( $\phi_2$ ) برای دیوارهای مسلح به میلگرد بستر برابر با  $0.9$  است. نمونه محاسبه ظرفیت خارج از صفحه برای یک پانل بنایی مسلح به میلگرد بستر در شکل (۴-۲) ارائه شده است.

تذکره ۶: حداقل مقدار میلگرد بستر باید به نحوی باشد که ظرفیت خمش افقی حاصل از رابطه (۴-۷) از ظرفیت خمشی افقی متناظر با پانل غیرمسلح کمتر نباشد. ظرفیت خمش افقی پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط (۴-۴) یا (۴-۶) به دست می‌آید. در غیر این صورت استفاده از میلگرد بستر تاثیری در افزایش ظرفیت خارج از صفحه دیوار نخواهد داشت و لازم است برای محاسبه ظرفیت خارج از صفحه از روابط مربوط به پانل بنایی غیرمسلح استفاده شود. در بسیاری از موارد، به منظور تامین میلگرد بستر حداقل در پانل‌های بنایی ساخته شده از بلوک‌های توخالی به ارتفاع ۲۰۰ میلی‌متر و آجر توپر به ارتفاع ۵۵ میلی‌متر، لازم است که میلگرد بستر به صورت یک رج در میان استفاده شود. به این ترتیب برای پانل‌های ساخته شده از بلوک‌ها توخالی حداکثر فواصل میلگرد بستر حدود ۴۰۰ الی ۴۵۰ میلی‌متر و برای پانل‌های ساخته شده از آجر توپر یا سوراخ دار، حداکثر فواصل میلگرد بستر حدود ۱۱۰ الی ۱۵۰ میلی‌متر می‌باشد. مقادیر فوق تقریبی است و مقدار دقیق بر اساس مقایسه ظرفیت خمشی حاصل از رابطه (۴-۷) با ظرفیت خمشی حالت غیرمسلح حاصل از روابط (۴-۴) یا (۴-۶) به دست می‌آید.



شکل ۲-۴ نمونه محاسبه ظرفیت خارج از صفحه برای پانل بنایی مسلح به میلگرد بستر

### - پانل بنایی مسلح با کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر

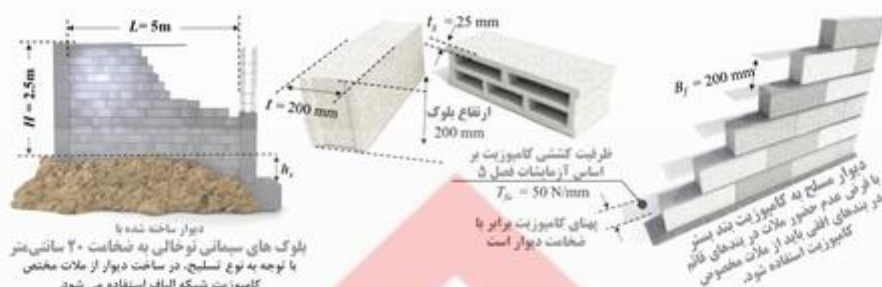
در پانل‌های بنایی مسلح با کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر، ظرفیت خمشی قائم مشابه پانل‌های بنایی غیرمسلح به دست می‌آید. بسته به اینکه بلوک‌های مصرفی به صورت آجر توپیر یا بلوک توخالی باشد، لازم است برای تعیین  $M_{d1}$  از رابطه (۳-۴) یا (۵-۴) استفاده شود. ظرفیت خمشی افقی در ۱ متر از ارتفاع دیوار به صورت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

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

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 آزمایش‌های کششی و دوام مطابق با الزامات بند ۵-۱۰ به دست آید. ضخامت دیوار برابر با  $t$  بر حسب میلی‌متر (mm) می‌باشد. کمیت  $B_f$  فواصل کامپوزیت‌های شبکه الیاف بند بستر در ارتفاع دیوار است که الزاماً باید ضریبی از ارتفاع واحدهای بنایی باشد. ضریب کاهش مقاومت در امتداد خمشی افقی ( $\phi_2$ ) برای دیوارهای مسلح با کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر برابر با ۰/۹ است. نمونه محاسبه ظرفیت خارج از صفحه برای یک پانل بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر در شکل (۳-۴) ارائه شده است (در این روش تسلیح، معمولاً

کامپوزیت شبکه الیاف در تمام رج‌های دیوار استفاده شده و در تمام رج‌ها به جای ملات معمولی از ملات مخصوص کامپوزیت شبکه الیاف استفاده می‌شود).

تذکره ۷: حداقل مقدار کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر باید به نحوی باشد که ظرفیت خمش افقی حاصل از رابطه ۴-۸ از ظرفیت خمشی افقی متناظر با پانل غیرمسلح کمتر نباشد. ظرفیت خمش افقی پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط ۴-۴ یا ۴-۶ به دست 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 شود. در این روش تسلیح، ملات مصرفی در بندهای بستر دیوار، ملات معمولی نمی‌باشد و باید از ملات مختص کامپوزیت شبکه الیاف در بندهای بستر استفاده شود. 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 می‌شود، کامپوزیت‌های شبکه الیاف در تمام رج‌های دیوار قرار داده شوند. با توجه به چسبندگی زیاد ملات مصرفی در کامپوزیت شبکه الیاف نسبت به ملات‌های متداول، این امر منجر به بهبود ظرفیت خمش قائم پانل بنایی نیز خواهد شد. در غیاب داده‌های آزمایشگاهی، می‌توان در تخمین ظرفیت دیوار (در صورتی که کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر در تمام رج‌های دیوار اجرا شده باشد)، مدول گسیختگی ملات دیوار را معادل مدول گسیختگی ملات با طرح اختلاط ۱ حجم سیمان پرتلند، ۱ حجم آهک و ۶ حجم ماسه در نظر گرفت و مدول گسیختگی متناظر را بر اساس جدول (۴-۲) تعیین نمود. همچنین لازم به ذکر است که رابطه (۴-۸) 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.



(رابطه ۴-۵)

$$M_{d1} = D_1 \frac{f_{t1} t_1 (t - t_1)^2}{t} = 0.6 \times 0.44 \times 25 \times (200 - 25)^2 = 1010 \left( \frac{N \cdot m}{m} \right)$$

$$M_{d2} = \phi_2 \frac{T_{fu} t^2}{3B_f} = 0.9 \times \frac{50 \times 200^2}{3 \times 200} = 3000 \left( \frac{N \cdot m}{m} \right)$$

(رابطه ۴-۸)

ظرفیت خمش افقی حالت مسلح از ظرفیت خمش افقی حالت غیرمسلح (رأه شده در شکل ۴-۱) بزرگتر است. بنابراین کامپوزیت بند بستر حداقل تأمین شده است.

$$\frac{H}{L} = \frac{2.5}{5} = 0.5$$

$$\mu = \frac{M_{d1}}{M_{d2}} = \frac{1010}{3000} = 0.34$$

(رابطه ۴-۲)

(جدول ۴-۱)

$$\sigma_2 = 0.064$$

$$f_{t2} = \frac{M_{d1}}{\sigma_2 L^2} = \frac{3000}{0.064 \times 5^2} = 1075 \left( \frac{N}{m} \right) = 1.07 \text{ MPa}$$

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 پانل های بنایی مسلح با کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی، ظرفیت خمش قائم مشابه پانل های بنایی غیرمسلح به دست می آید. بسته به اینکه بلوک های مصرفی به صورت آجر توپر یا بلوک توخالی باشند، لازم است برای تعیین  $M_{d1}$  از رابطه (۳-۴) یا (۵-۴) استفاده شود. ظرفیت خمش افقی در ۱ متر از ارتفاع دیوار به صورت زیر محاسبه می شود.

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

در رابطه فوق  $T_{fu}$  برابر با ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در واحد عرض بر حسب نیوتن بر میلی متر (N/mm) می باشد که لازم است بر اساس نتایج آزمایش های کششی و دوام مطابق با الزامات بند ۵-۱۰ به دست آید. عرض نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف و فواصل مرکز به مرکز نوارها در امتداد ارتفاع دیوار بر حسب میلی متر (mm) به ترتیب  $s_{fv}$  و  $w_f$  می باشند. کمیت  $t$  نیز برابر با ضخامت دیوار بر حسب میلی متر (mm) است. ضریب کاهش مقاومت در امتداد خمش افقی ( $\phi_2$ ) برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی برابر با ۰/۹ است. نمونه محاسبه ظرفیت خارج از

صفحه برای یک پانل بنایی مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف در شکل (۴-۴) ارائه شده است.

تذکره ۸: حداقل مقدار کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی باید به نحوی باشد که ظرفیت خمش افقی حاصل از رابطه (۴-۹) از ظرفیت خمشی افقی متناظر با پانل غیرمسلح کمتر نباشد. ظرفیت خمش افقی پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط (۴-۴) یا (۴-۶) به دست می‌آید. در غیر این صورت استفاده از شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی تأثیری در افزایش ظرفیت خارج از صفحه دیوار نخواهد داشت و لازم است برای محاسبه ظرفیت خارج از صفحه از روابط مربوط به پانل بنایی غیرمسلح 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 با 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 به دست می‌آید. بسته به اینکه بلوک‌های مصرفی به صورت آجر توپر یا بلوک توخالی باشد، لازم است برای تعیین  $M_{d2}$  از رابطه (۴-۴) یا (۴-۶) استفاده شود. ظرفیت خمش قائم در ۱ متر از طول دیوار به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$M_{d1} = \phi_1 \frac{w_f}{s_{fh}} T_{fu} t \left( N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_1 = 0.9 \quad (10-4)$$

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 آزمایش‌های کششی و دوام مطابق با الزامات بند ۵-۱۰ به دست 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 ( $\phi_1$ ) برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم برابر با ۰/۹ است.

**تذکره ۹:** حداقل مقدار کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم باید به نحوی باشد که ظرفیت خمش قائم حاصل از رابطه (۱۰-۴) از ظرفیت خمش قائم متناظر با پانل غیرمسلح کمتر نباشد. ظرفیت خمش قائم پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط (۳-۴) یا (۵-۴) به دست 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 با کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سراسری

در پانل‌های بنایی مسلح با کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سراسری، 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 ۱۱-۴ و ۱۲-۴ محاسبه می‌شود:

$$M_{d1} = \phi_1 T_{fu1} t \left( N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_1 = 0.9 \quad (11-4)$$

$$M_{d2} = \phi_2 T_{fu2} t \left( N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.9 \quad (12-4)$$

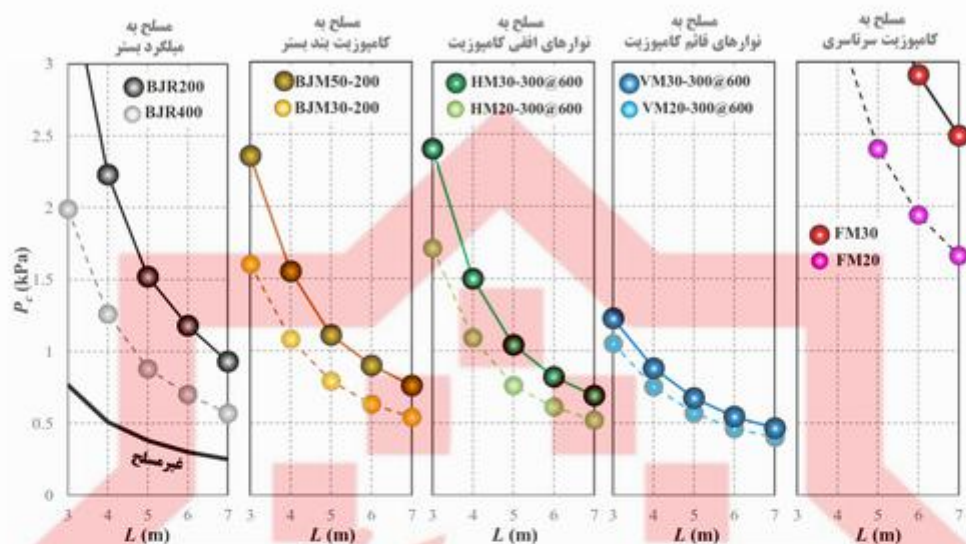
در رابطه فوق  $T_{fu1}$  و  $T_{fu2}$  به ترتیب برابر با ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در واحد عرض بر حسب نیوتن بر میلی‌متر (N/mm) در امتداد قائم و افقی می‌باشد که لازم است



بر اساس نتایج آزمایش‌های کششی و دوام مطابق با الزامات بند ۵-۱۰ به دست آید. کمیت  $t$  برابر با ضخامت دیوار بر حسب میلی‌متر (mm) ، ضریب کاهش مقاومت در هر دو امتداد برابر با  $0/9$  است. در صورتی که مشخصات شبکه ایاف در هر دو امتداد عمود بر یکدیگر یکسان باشد، ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه ایاف 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 ایاف سرتاسری در هر دو راستا یکسان باشد، ظرفیت خمش قائم و خمش افقی دیوار برابر خواهد بود.

تذکره ۱۰: حداقل مقدار کامپوزیت شبکه ایاف به صورت سراسری باید به نحوی باشد که ظرفیت خمش قائم حاصل از رابطه (۴-۱۱) از ظرفیت خمش قائم متناظر با پانل غیرمسلح کمتر نباشد. ظرفیت خمش قائم پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط (۴-۳) یا (۴-۵) به دست می‌آید. در غیر این صورت استفاده از شبکه ایاف به صورت سراسری 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 پانل‌های بنایی ساخته شده با آجر توپر یا سوراخ دار با ضخامت ۲۲ سانتی‌متر در شکل‌های (۴-۵) الی (۴-۷) در قالب نمودارهایی ارائه شده است. نمودارها برای پانل‌هایی به ارتفاع  $2/5$  متر و با فرض استفاده از ملات ماسه و سیمان به نسبت حجمی ۱ به ۳ است. همچنین فرض شده است بندهای قائم فاقد ملات بوده و رطوبت ملات ماسه و سیمان در سه روز اول حفظ شده است. فرض عدم قرارگیری ملات در بندهای قائم پانل بنایی 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 نمودارها تنها مربوط به شرایط هندسی و مشخصات تسلیحات ارائه شده در آن‌ها بوده و نباید برای سایر حالات تعمیم داده شود. استفاده از دورن‌یابی بر روی نمودارها مجاز است.



BJR400: میلگرد بستر به فواصل ۴۰۰ میلی‌متر

BJR200: میلگرد بستر به فواصل ۲۰۰ میلی‌متر

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

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

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

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

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

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

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

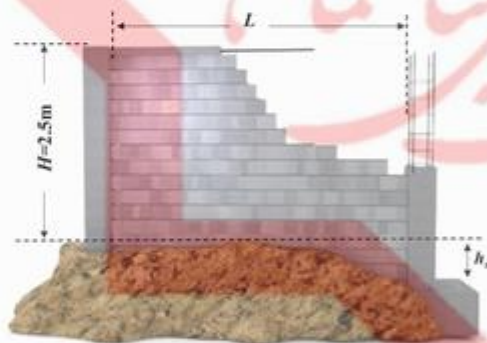
VM20-300@600: نوارهای کامبوزیت قائم با ظرفیت ۲۰ N/mm

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

FM30: کامبوزیت سرناسری با ظرفیت ۳۰ N/mm

FM20: کامبوزیت سرناسری با ظرفیت ۲۰ N/mm

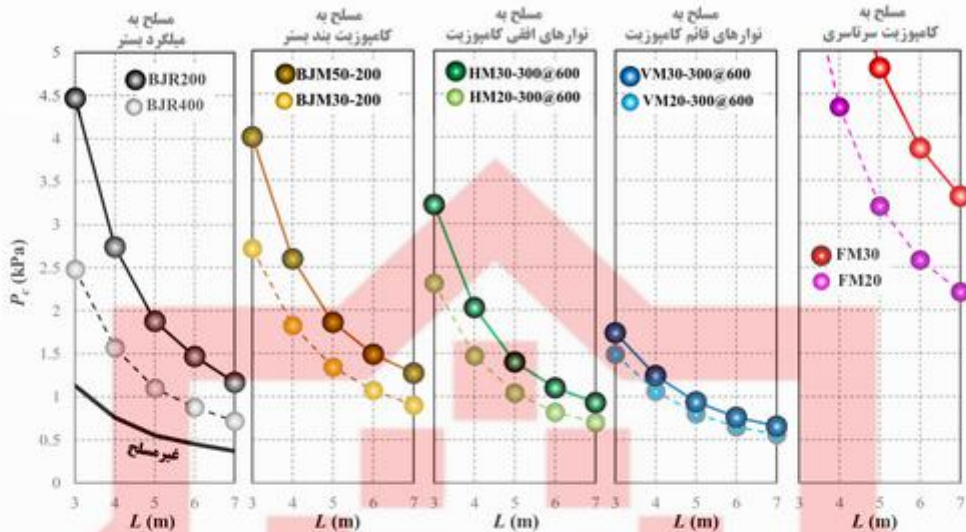
در هر دو حالت فوق، مشخصات کامبوزیت در هر دو امتداد عمود بر یکدیگر، یکسان است.



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 پانل‌های بنایی ساخته شده با بلوک‌های سیمانی توخالی به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر



BJR400: میلگرد بستر به فواصل ۴۰۰ میلی‌متر

BJR200: میلگرد بستر به فواصل ۲۰۰ میلی‌متر

در هر دو حالت قطر فنل ۴ میلی‌متر، پهنای میلگرد بستر ۱۱۰ میلی‌متر و مقاومت تسلیم آن ۲۵۰ مگاپاسکال است.

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

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

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

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

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

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

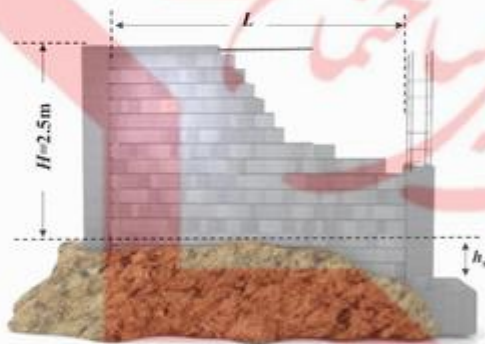
VM20-300@600: نوارهای کامبوزیت قائم با ظرفیت ۲۰ N/mm

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

FM30: کامبوزیت سرتاسری با ظرفیت ۳۰ N/mm

FM20: کامبوزیت سرتاسری با ظرفیت ۲۰ N/mm

در هر دو حالت فونی، مشخصات کامبوزیت در هر دو امتداد عمود بر یکدیگر، یکسان است.



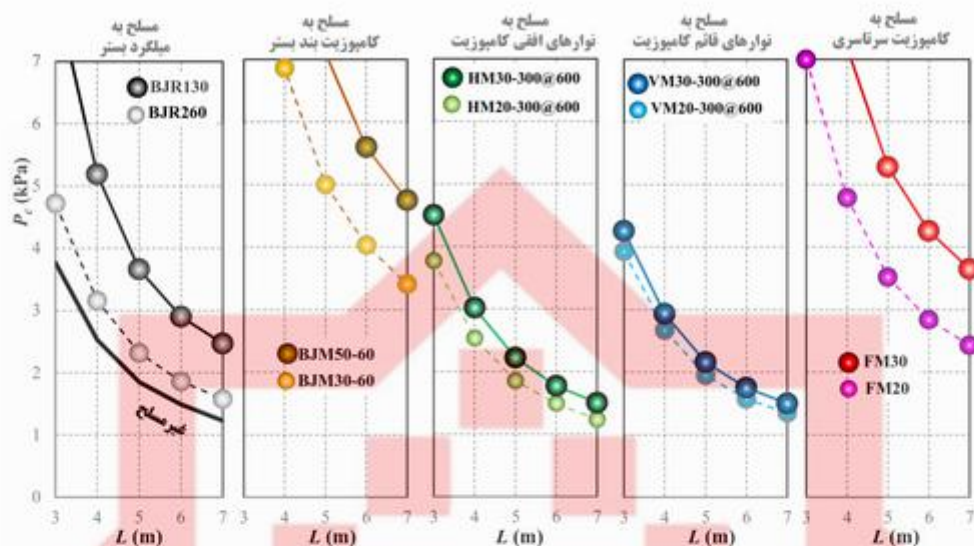
دیوار ساخته شده با

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 پانل‌های بنایی ساخته شده با بلوک‌های سیمانی توخالی به

ضخامت ۲۰ سانتی‌متر

دور مقررات ملی و کسرل ساختمان



BJR260: میلگرد بستن به فواصل ۲۶۰ میلی‌متر

BJR130: میلگرد بستن به فواصل ۱۳۰ میلی‌متر

در هر دو حالت قطر مفتول ۴ میلی‌متر، پهنای میلگرد بستن ۱۱۰ میلی‌متر و مقاومت تسلیم آن ۲۵۰ مگاپاسکال است.

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

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

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

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

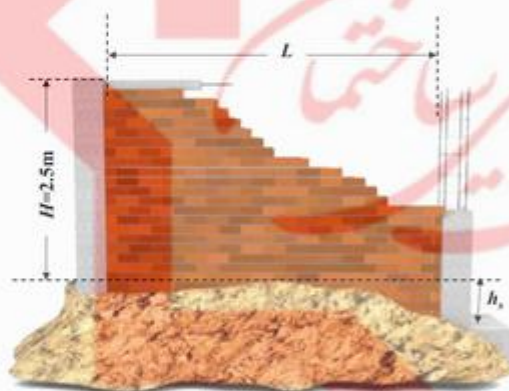
VM20-300@600: نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت ۲۰ N/mm

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

آجرهای توپر یا سوراخ دار به ضخامت ۲۲ سانتی‌متر

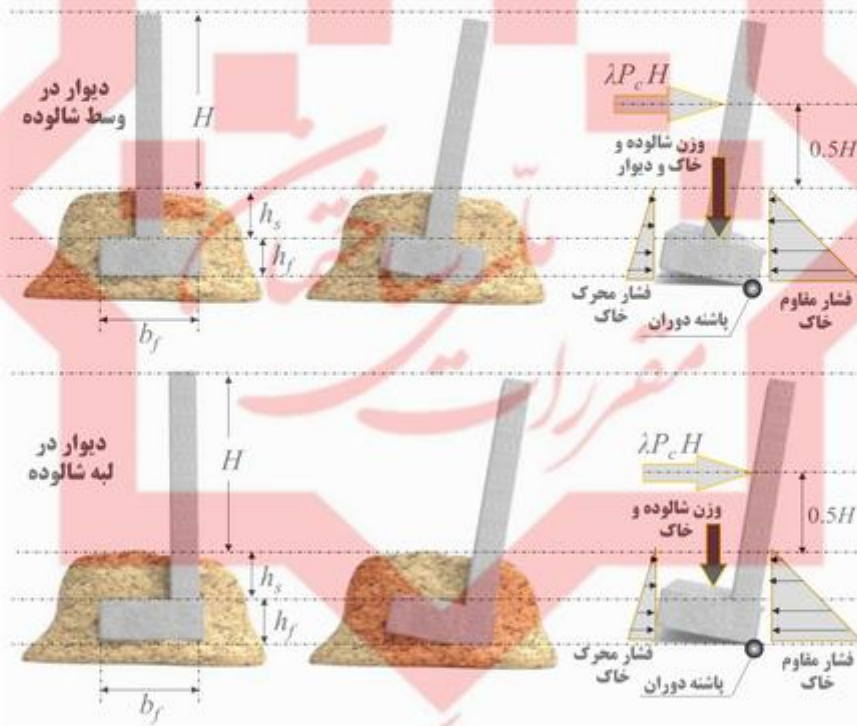
و ملات ماسه و سیمان به نسبت ۱ به ۳

شکل ۴-۷ ظرفیت خارج از صفحه پانل‌های 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 ایجاد می‌شود. به منظور تأمین ظرفیت کافی در برابر لنگر واژگونی، مطابق شکل (۸-۴)، لازم است شالوده تا عمق مشخصی ( $h_s$ ) در داخل خاک مدفون باشد. این عمق تحت هیچ شرایطی نباید کمتر از ۴۰ سانتی‌متر باشد. نمودار آزاد یک متر از طول دیوار تحت لنگر واژگونی در شکل (۸-۴) نشان داده شده است.



شکل ۸-۴ نمودار آزاد دیوار محوطه تحت لنگر واژگونی

▪ لنگر محرک واژگونی: در این دستورالعمل، محاسبه لنگر محرک واژگونی که سعی در واژگون کردن دیوار محوطه دارد، بر اساس ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار پانل

بنایی ( $\lambda P_c$ ) تخمین زده می‌شود، از این رو مقدار لنگر محرک واژگونی مورد انتظار ( $M_{oe}$ ) در واحد طول دیوار برابر است با:

$$M_{oe} = \lambda P_c H (0.5H + h_s + h_f) \quad (13-4)$$

ضریب  $\lambda$  برای تبدیل ظرفیت خارج از صفحه طراحی به ظرفیت مورد انتظار پانل بنایی است و مقدار آن برای دیوارهای غیرمسلح  $1/7$  و برای دیوارهای مسلح (میلگرد بستر یا کامپوزیت شبکه الیاف)  $1/3$  در نظر گرفته می‌شود. 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 رابطه (۴-۱۳) لازم نیست ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار دیوار ( $\lambda P_c$ ) بیش از ۲ برابر نیروی خارج از صفحه وارد بر واحد سطح دیوار ( $2P_u$ ) در نظر گرفته شود.

تذکره ۲: به عنوان روشی جایگزین، می‌توان مقدار ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی را با فرض ضریب کاهش مقاومت برابر با ۱ محاسبه نمود و مقدار حاصل را به عنوان  $\lambda P_c$  در نظر گرفت.

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

$$M_r = (W_w + W_f + W_s) \frac{B_f}{2} + \frac{1}{6} \gamma (k_p - k_a) (h_s + h_f)^3 \quad (14-4)$$

$$M_r = (W_f + W_s) \frac{B_f}{2} + \frac{1}{6} \gamma (k_p - k_a) (h_s + h_f)^3 \quad (15-4)$$

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  $\gamma$  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 است. در غیاب داده‌های دقیق، می‌توان از مقادیر محافظه کارانه  $k_a=0.35$  و  $k_p=2.75$  استفاده نمود.

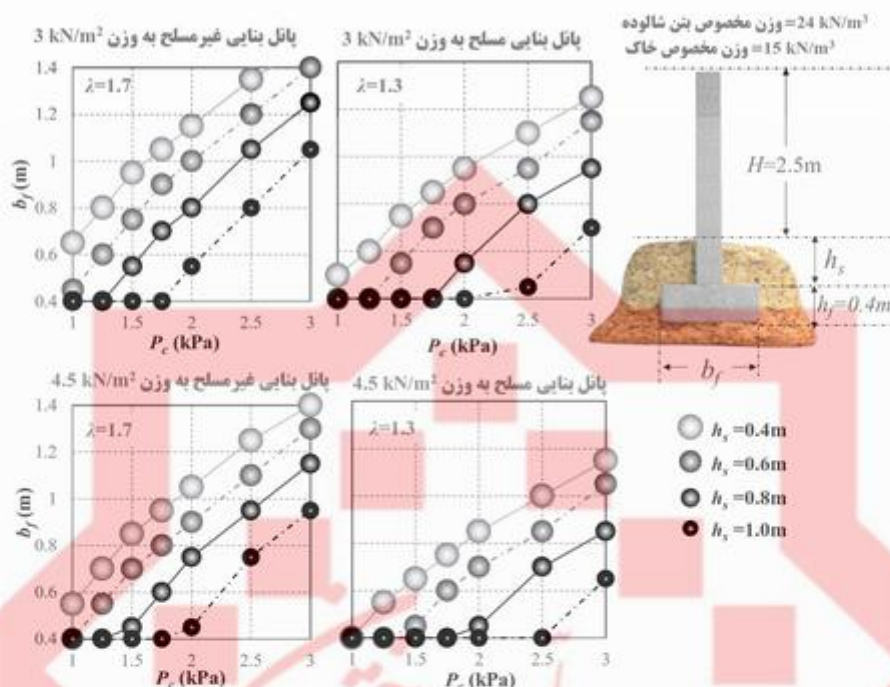
تذکره ۳: روابط (۴-۱۴) و (۴-۱۵) با این فرض معتبر است که نخست: عمق دفن شدگی شالوده در هر دو سمت دیوار یکسان باشد. دوم: فشار مقاوم خاک به‌طور کامل بر روی شالوده و دیوار ایجاد شود. برای این منظور لازم است خاک اطراف کاملاً با شالوده و قسمت دفن شده دیوار در تماس باشد.

به‌منظور حفظ پایداری در برابر واژگونی، لازم است رابطه ۴-۱۶ برقرار باشد:

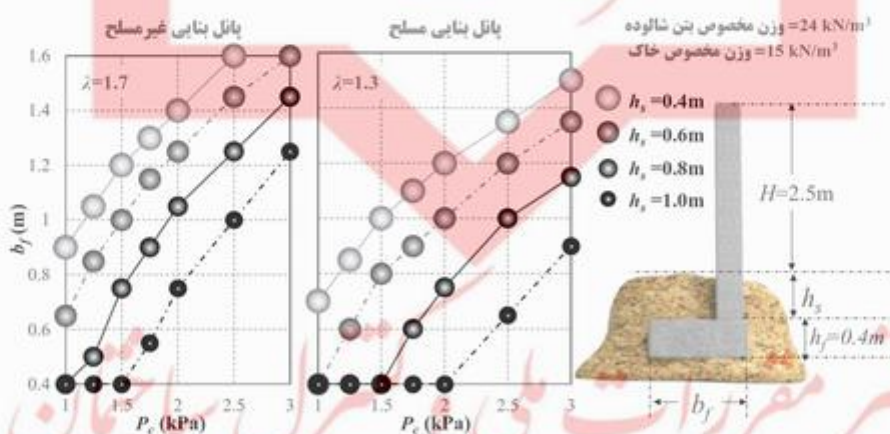
$$M_r > M_{oe} \quad (4-16)$$

بر اساس روابط (۴-۱۳) تا (۴-۱۶)، حداقل عرض مورد نیاز شالوده برای دیوارهایی که در وسط شالوده و یا در لبه شالوده قرار دارند، به ترتیب در شکل‌های (۴-۹) و (۴-۱۰) ارائه شده است. در نمودارهای 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 سطح دیوار ناشی از بار باد، زلزله یا سایر بارهای تصادفی است). مقادیر ارائه شده در نمودارها تنها با رعایت فرضیات مندرج در آن‌ها معتبر بوده و در سایر موارد لازم است مستقیماً از روابط استفاده شود. استفاده از درون‌یابی بر روی مقادیر نمودارها مجاز می‌باشد.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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



پس از تعیین پهنای شالوده، لازم است میلگردگذاری شالوده مشخص شود. در این خصوص کافی است حداقل میلگرد معادل  $0/0018$  مساحت مقطع شالوده در نظر گرفته شود. در محدوده دیوارهای محوطه متداول مدنظر این دستورالعمل، میلگردهای مورد استفاده در شالوده، میلگردهای حرارتی و جمع شدگی است و می‌توان نیمی از حداقل میلگرد را در بالای مقطع و نیم دیگر را در پایین مقطع شالوده قرار داد. میلگردهای 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 میلگردگذاری شالوده

جدول ۳-۴ مقدار میلگردهای حداقل در شالوده

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

تذکره ۴: ضخامت بتن مگر، حداقل ۱۰۰ میلی‌متر است.

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

تذکره ۶: مقاومت فشاری مشخصه بتن شالوده نباید از ۲۰ مگاپاسکال کمتر باشد.

تذکره ۷: برای اطمینان از ایجاد فشار خاک مقاوم، نباید بین شالوده و خاک اطراف، فضای خالی یا مصالح انعطاف پذیری از قبیل فوم یا پلی‌استایرن وجود داشته باشد.

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

تذکره ۹: ضخامت پوشش بتن میلگردهای شالوده در هیچ شرایطی نباید کمتر از ۷۵ میلی‌متر باشد.

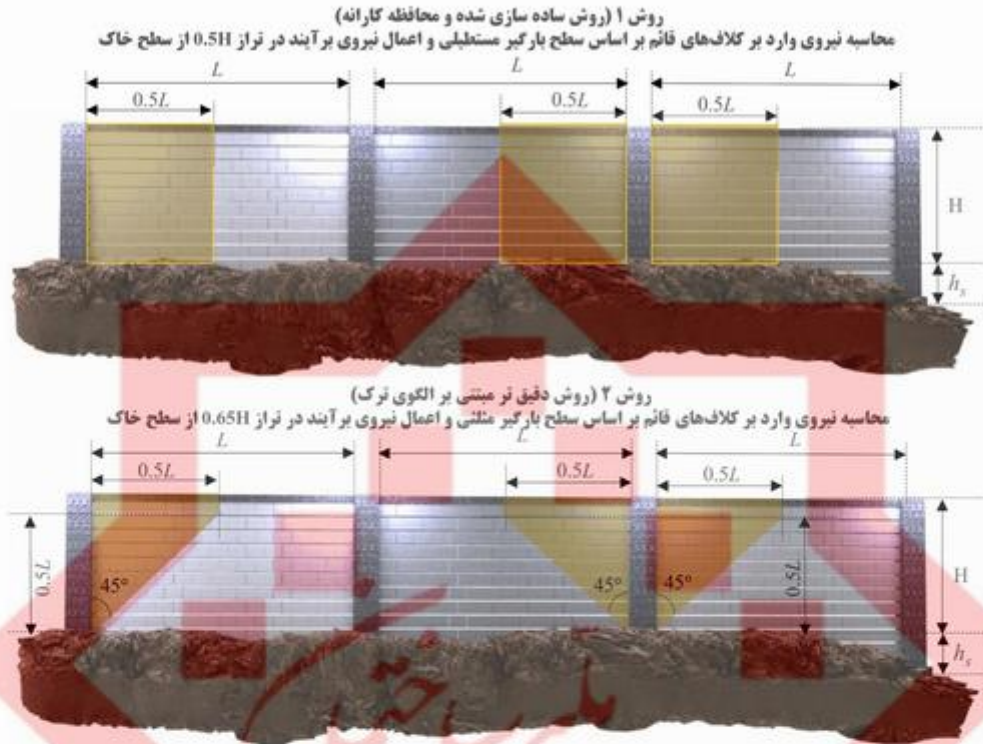
تذکره ۱۰: در میلگردهای عرضی شالوده، استفاده از خم ۹۰ درجه بلامانع است.

تذکره ۱۱: کلیه میلگردهایی که در شالوده استفاده می‌شوند، باید 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 ( $\lambda P_c$ ) محاسبه می‌شود.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل ۴-۱۲ محاسبه سطح بارگیر کلاف‌های قائم

با فرض طول یکسان برای پانل‌های بنایی دو طرف کلاف قائم 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.

$$M_u = \lambda P_c L H (0.5H + h_s) \quad (4-17)$$

تذکراً: در رابطه (۴-۱۷) لازم نیست ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار دیوار ( $\lambda P_c$ ) بیش از ۲ برابر نیروی خارج از صفحه وارد بر واحد سطح دیوار ( $2P_u$ ) در نظر گرفته شود.

مقطع کلاف قائم باید 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 وارد بر

کلاف، کمتر نباشد. برای این منظور می‌توان از مقاطع پیشنهادی جدول (۴-۴) استفاده نمود.

جدول ۴-۴ جزئیات مقاطع پیشنهادی کلاف قائم-میلگردهای طولی با مقاومت تسلیم حداقل ۴۰۰ مگاپاسکال

ظرفیت خمشی کلاف	میلگرد عرضی (خاموت)	میلگرد طولی	ابعاد کلاف $b \times h$ ( $h$ بعد کلاف در امتداد خارج از صفحه دیوار است)	کلاف قائم
40 kN.m	$\Phi 8@120\text{mm}$	4 $\Phi 16$	300 mm×300 mm	تیب ۱
55 kN.m	$\Phi 8@120\text{mm}$	6 $\Phi 16$	300 mm×300 mm	تیب ۲
70 kN.m	$\Phi 8@120\text{mm}$	8 $\Phi 16$	300 mm×300 mm	تیب ۳
60 kN.m	$\Phi 8@150\text{mm}$	4 $\Phi 16$	300 mm×400 mm	تیب ۴
80 kN.m	$\Phi 8@150\text{mm}$	6 $\Phi 16$	300 mm×400 mm	تیب ۵
105 kN.m	$\Phi 8@150\text{mm}$	8 $\Phi 16$	300 mm×400 mm	تیب ۶

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

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

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

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

تذکره ۶: لازم است کلیه میلگردهای مورد استفاده در کلاف‌های قائم، به صورت آج‌دار بوده و در داخل شالوده مطابق شکل (۴-۱۱) مهار شوند.

تذکره ۷: استفاده از کلاف فولادی به جای کلاف بتنی مجاز است و در این صورت مقطع کلاف قائم فولادی باید 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 وارد بر کلاف کمتر نباشد. استفاده از نیم‌رخ‌های استاندارد یا مقاطع ساخته شده به عنوان کلاف قائم مجاز است و لازم نیست مقطع کلاف قائم فشرده باشد. در خصوص کلاف‌های فولادی که دیوار تنها در یک سمت آن‌ها اجرا می‌شود، احتمال بروز پیچش در طراحی کلاف قائم باید مدنظر قرار گیرد.

#### ۴-۴ نمونه طراحی دیوار محوطه

نمونه‌ای از روند طراحی دیوار محوطه بنایی بر اساس این دستورالعمل، در این بخش ارائه شده است. مطابق شکل (۴-۱۳)، دیوار مورد نظر دیواری به طول  $17$  متر و ارتفاع  $2/5$  متر مربوط به یک ساختمان مسکونی در شهر تهران می‌باشد. خاک منطقه براساس دسته‌بندی استاندارد  $2800$  ایران نوع  $2$  می‌باشد. در هر دو وجه دیوار محوطه، نمای سنگی نصب خواهد شد.

▪ **گام ۱:** به عنوان گام نخست 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.

$$W_w = 0.2 \times 1260 + 2 \times (2100 \times 0.03 + 2500 \times 0.016) = 458 \frac{kg}{m^2} = 4.6 \frac{kN}{m^2}$$

▪ **گام ۲:** پس از تخمین وزن دیوار محوطه، می‌توان نیروی خارج از صفحه وارد بر واحد سطح دیوار را محاسبه نمود. نیروی زلزله مطابق رابطه (۳-۲) به ترتیب زیر تخمین زده می‌شود.

$$P_{eq} = 0.4A(1+S)I_e W_w = 0.4 \times 0.35 \times (1 + 1.5) \times 1 \times 4.6 = 1.61 \text{ kPa}$$

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

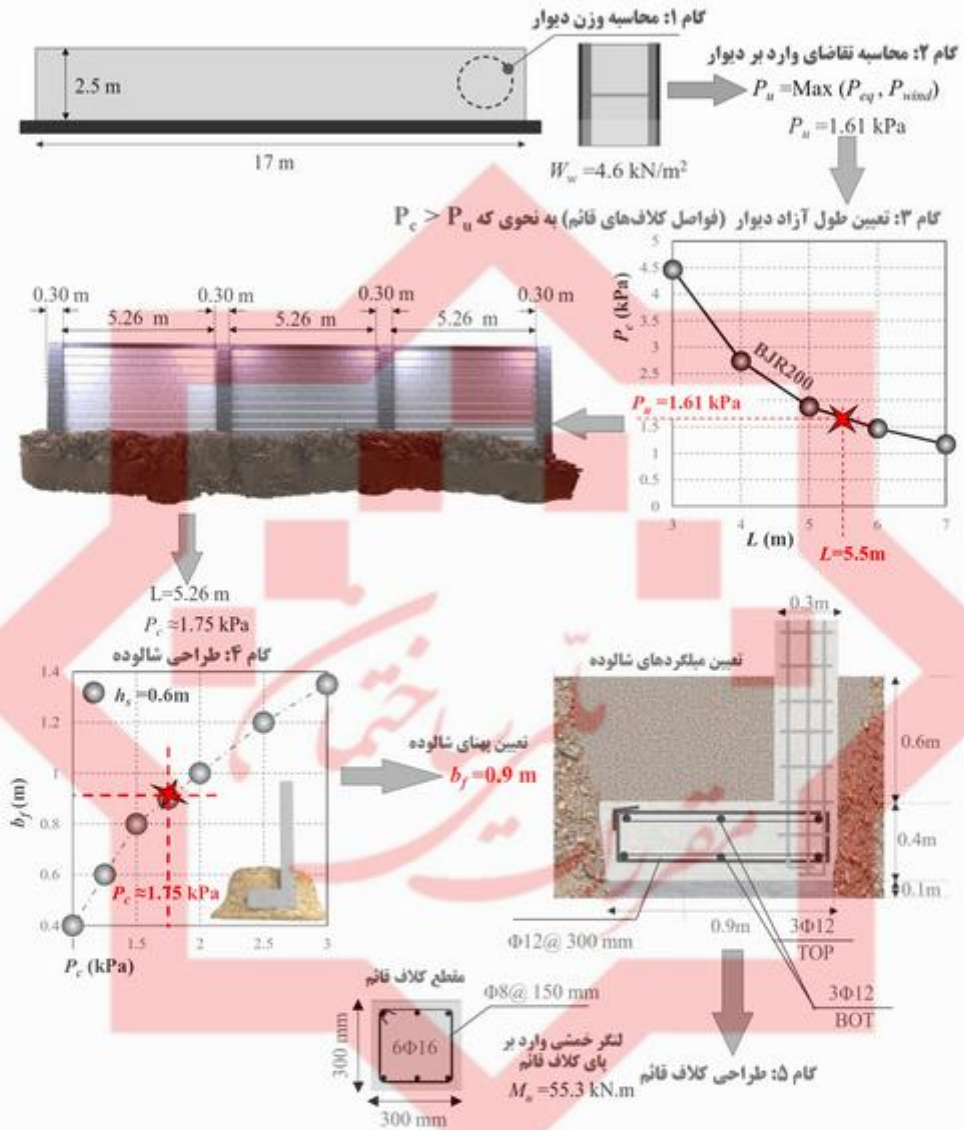
$$P_{wind} = \frac{0.11I_w V^2}{1000} = \frac{0.11 \times 1 \times 100^2}{1000} = 1.1 \text{ kPa}$$

با فرض عدم نیاز به محاسبه سایر بارهای تصادفی، نیروی نهایی خارج از صفحه وارد بر واحد سطح 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 دستورالعمل، نیروی خارج از صفحه طراحی که بر واحد سطح دیوار اعمال می‌شود ( $P_u$ )، تحت هیچ حالتی نباید کمتر از 1 kPa در نظر گرفته شود.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

▪ **گام ۳:** با داشتن نیروی وارد بر واحد سطح دیوار ( $P_{II}$ )، می‌توان با استفاده از روابط و یا نمودارهای 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 ( $P_{II}$ ) کمتر نباشد. مطابق شکل (۴-۶) برای دیواری به ارتفاع ۲/۵ متر در صورتی که از ملات ماسه سیمان (با نسبت ۱ حجم سیمان و ۳ حجم ماسه) استفاده شده و میلگردهای بستری با مشخصات ارائه شده در شکل (۴-۶) (قطر مفتول ۴ میلی‌متر و پهنای ۱۱۰ میلی‌متر) در تمام رجهای دیوار استفاده شده باشد، چنین دیواری با طول آزاد ۵/۵ متر دارای ظرفیت خارج از صفحه‌ای در حدود نیروی وارد بر دیوار خواهد بود. بنابراین طول آزاد پانل بنایی (با ملات و تسلیحات اشاره شده) نباید بزرگتر از ۵/۵ متر انتخاب شود. با توجه به اینکه طول دیوار در کل ۱۷ متر است، از این رو لازم است دیوار مطابق شکل (۴-۱۳) به سه پانل ۵/۶۷ متری (محور به محور کلاف قائم) تقسیم شود. با توجه به اینکه از کلاف قائم به ابعاد ۳۰۰ در ۳۰۰ میلی‌متر استفاده می‌شود، طول آزاد پانل بنایی بین دو کلاف برابر ۵/۲۶ متر خواهد بود که می‌توان ظرفیت آن را مطابق شکل (۴-۶) تقریباً معادل ۱/۷۵ کیلوپاسکال در نظر گرفت.

▪ **گام ۴:** پس از طراحی پانل بنایی در گام ۳، لازم است شالوده دیوار طراحی شود. ارتفاع مقطع شالوده ۴۰۰ میلی‌متر می‌باشد 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 در نظر گرفته شود، مطابق شکل (۴-۱۰)، پهنای مورد نیاز برای شالوده برابر ۹۰۰ میلی‌متر به دست می‌آید. با توجه به مسلح بودن دیوار لازم است از نمودار مربوط به پانل بنایی مسلح استفاده شود. برای سهولت در کار، نمودار مربوطه در شکل (۴-۱۳) نیز نشان داده شده است. با داشتن ابعاد شالوده، جزئیات میلگردگذاری 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 شود.

▪ **گام ۵:** به عنوان آخرین گام، کلاف قائم دیوار مطابق بند ۴-۳ طراحی می‌شود. بر این اساس باید کلاف قائم 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 امکان‌پذیر است. در صورتی که از کلاف قائم فولادی استفاده شود، لازم است مقطع آن قادر به تحمل لنگر خمشی به‌دست آمده باشد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



مقررات ملی و کنترل ساختمان

## فصل ۵

### سایر الزامات

#### ۵-۱ اتصال دیوار به کلاف قائم

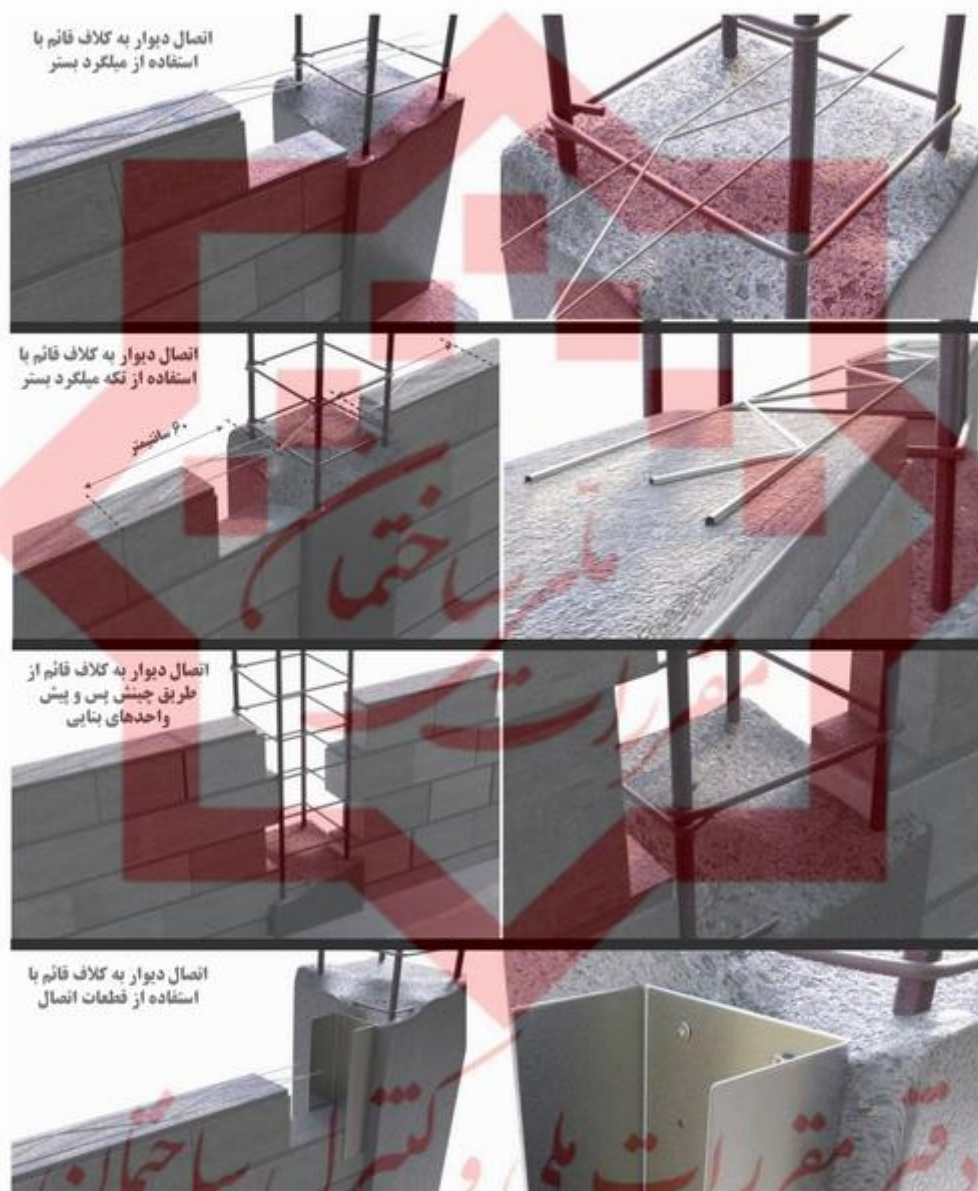
اتصال دیوار به کلاف قائم با استفاده از یک و یا ترکیبی از روش‌های ارائه شده در این بخش قابل انجام است. جزئیات روش‌های ارائه شده در شکل (۵-۱) نشان داده شده است.

▪ عبور میلگردهای بستر از داخل کلاف: این روش برای دیوارهای مسلح با میلگرد بستر مناسب است. در صورت لزوم، طول همپوشانی میلگردهای بستر ۷۵ برابر قطر مفتول طولی آن‌ها در نظر گرفته شود. تا حد امکان، 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 گیرد.

▪ استفاده از تکه‌های میلگرد بستر به منظور اتصال: در صورتی که دیوار فاقد میلگرد بستر باشد، می‌توان اتصال دیوار و کلاف را از طریق قرار دادن تکه‌های میلگرد بستر حداقل به طول ۶۰ سانتی‌متر از هر طرف کلاف، تأمین نمود (شکل (۵-۱)). در این روش قالب‌بندی کلاف‌های قائم بتنی باید به نحوی باشد که بلوک‌های دیوار در تماس مستقیم با بتن تازه، قرار گیرد. استفاده از این اتصال به تنهایی 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 می‌شود. در این روش قالب‌بندی کلاف‌های قائم بتنی باید به نحوی باشد که بلوک‌های دیوار در تماس

مستقیم با بتن تازه، قرار گیرد. استفاده از این اتصال به تنهایی برای دیوارهای با اهمیت زیاد و بسیار زیاد مجاز نمی‌باشد.



شکل ۵-۱ روش‌های اتصال دیوار به کلاف قائم.

▪ **برقراری اتصال با استفاده از قطعات اتصال:** این روش هم برای دیوارهای مسلح و هم برای دیوارهای غیرمسلح قابل استفاده است. در این روش لازم نیست دیوار و کلاف قائم، همزمان اجرا شود. در این روش برای برقراری اتصال از قطعات ناودانی شکل یا نبشی دوبر استفاده می‌شود. با توجه به این که با ایجاد فاصله بین دیوار و کلاف در این نوع اتصال، می‌توان دیوار را تنها در جهت خارج از صفحه مقید نمود، این نوع اتصال برای استفاده در محل درز انبساط و درز انقطاع مناسب می‌باشد.

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

### ۲-۵ کلاف افقی

کلاف افقی نیاز به محاسبات سازه‌ای ندارد و کافی است دارای مقطعی به پهنای حداقل برابر با ضخامت دیوار و عمقی حداقل به اندازه ۱۰۰ میلی‌متر باشد. کلاف افقی باید از بتن با حداقل مقاومت فشاری مشخصه ۱۷ مگاپاسکال تهیه شود. به منظور مسلح کردن کلاف افقی می‌توان از دو عدد میلگرد بستر یا مقدار میلگرد طولی و زیگزگ معادل آن، استفاده نمود.

### ۳-۵ بازشو در دیوار محوطه

در خصوص بازشوهایی که در تمام ارتفاع دیوار امتداد دارد، مانند درب‌ها، لازم است در هر دو طرف بازشو کلاف‌های قائم قرار داده شود. اما در خصوص بازشوهایی که تنها در بخشی از ارتفاع دیوار قرار دارد، مانند پنجره‌های دارای نرده، نیازی به تعبیه کلاف قائم در دو سمت بازشو نمی‌باشد و صرفاً لازم است نرده‌های افقی بازشو به صورت گیردار به دیوار متصل شود. برای این منظور استفاده از روش‌هایی همچون شاخک‌گذاری یا جوش نرده‌ها به صفحاتی که از قبل در دیوار قرار گرفته‌است مجاز است. در این شرایط طراحی دیوار

مطابق دیوار معادل، بدون بازشو انجام می‌شود. وزن دیوار معادل نیز باید معادل سازی 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 اجزاء محدود مطابق الزامات بند ۵-۹ استفاده نمود.

#### ۴-۵ درز انبساط

به منظور کنترل ترک و تنش‌های کششی ایجاد شده در دیوار، لازم است تغییرشکل‌های حرارتی دیوار مقید نشوند. برای این منظور لازم است در فواصل مشخص در طول دیوار، از درز انبساط قائم استفاده شود. فاصله درزهای انبساط قائم دیوار نباید از ۲۰ متر بیشتر باشد. استفاده از اتصال‌های کشویی مطابق ترتیبات بیان شده در نشریه شماره ۷۲۹ و پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران در اتصال دیوار به کلاف قائم مشابه درز انبساط عمل می‌کند. و در این صورت نیاز به تعبیه درز انبساط دیگر نیست. در این صورت حداقل فاصله دیوار و کلاف قائم باید ۱۰ میلی‌متر باشد.

تذکره ۱: عبور میلگرد بستر یا کامپوزیت شبکه الیاف از درز انبساط بلامانع است.

تذکره ۲: محل درز انبساط دیوار باید در محل کلاف قائم در نظر گرفته شود. در این صورت با رعایت فاصله ای حداقل به اندازه ۱۰ میلی‌متر، دیوار از طریق قطعات اتصال ناودانی یا جفت نبشی مطابق شکل (۵-۱) به کلاف قائم متصل می‌شود.

تذکره ۳: در صورتی که نمای دیوار محوطه، نمای بنایی باشد، لازم است درز انبساط مناسب برای نما نیز تعبیه گردد. درز انبساط نما را می‌توان در فواصل منطبق با درز انبساط دیوار، اجرا نمود.

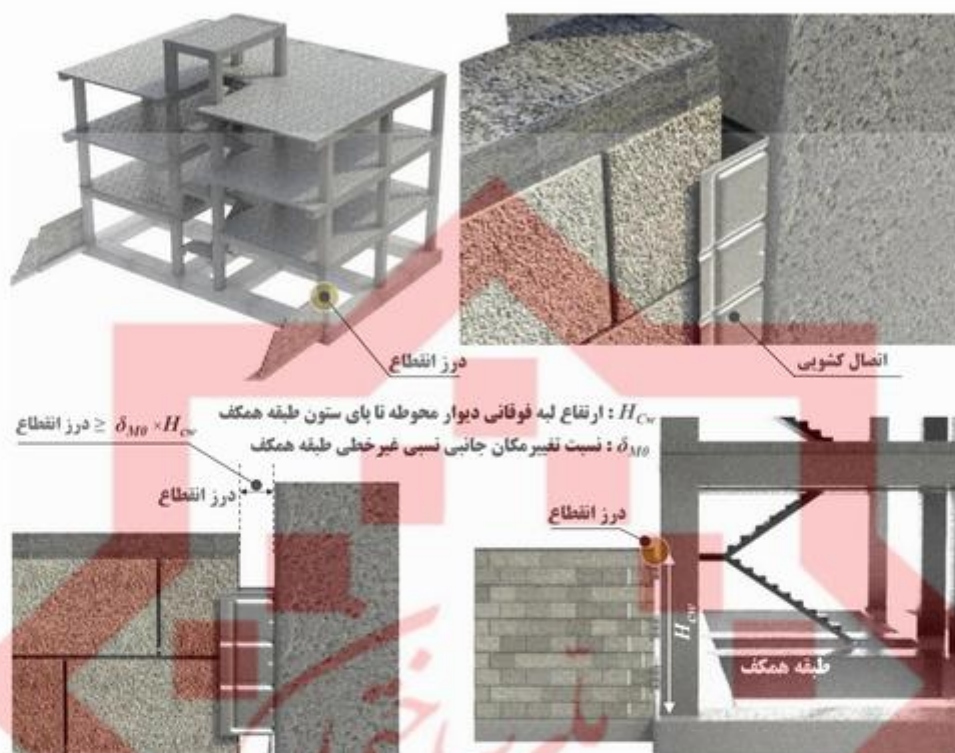
تذکره ۴: برای جلوگیری از مسدود شدن درز انبساط، لازم است محل درز انبساط با مصالح انعطاف‌پذیر پر شود. برای این منظور می‌توان از پشم سنگ، فوم، پلی‌استایرن یا سایر مصالح مشابه استفاده نمود.

## 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 نکرده و همزمان تغییرشکل‌های ساختمان نیز در امتداد داخل صفحه به دیوار محوطه وارد نشوند. برای این منظور می‌توان مطابق شکل (۵-۲)، با ایجاد فاصله‌ای به اندازه دریافت غیرالاستیک طبقه همکف بین دیوار محوطه و ستون و با استفاده از اتصال‌های کشویی طبق نشریه شماره ۷۲۹ و پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران دیوار محوطه را تنها در امتداد خارج از صفحه به ستون ساختمان، مقید نمود. در این صورت ستون ساختمان نقش کلاف قائم را برای دیوار ایفا خواهد نمود. 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 جابه‌جایی نسبی غیرخطی طبقه همکف ساختمان در نظر گرفته شود. در غیاب محاسبات دقیق، مقدار درز انقطاع را می‌توان برابر با ۰.۲٪ ارتفاع دیوار محوطه در نظر گرفت.

تذکره: برای جلوگیری از مسدود شدن درز انقطاع، لازم است محل درز با مصالح انعطاف‌پذیر پر شود. برای این منظور می‌توان از پشم سنگ، فوم، پلی‌استایرن یا سایر مصالح مشابه استفاده نمود.

# دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



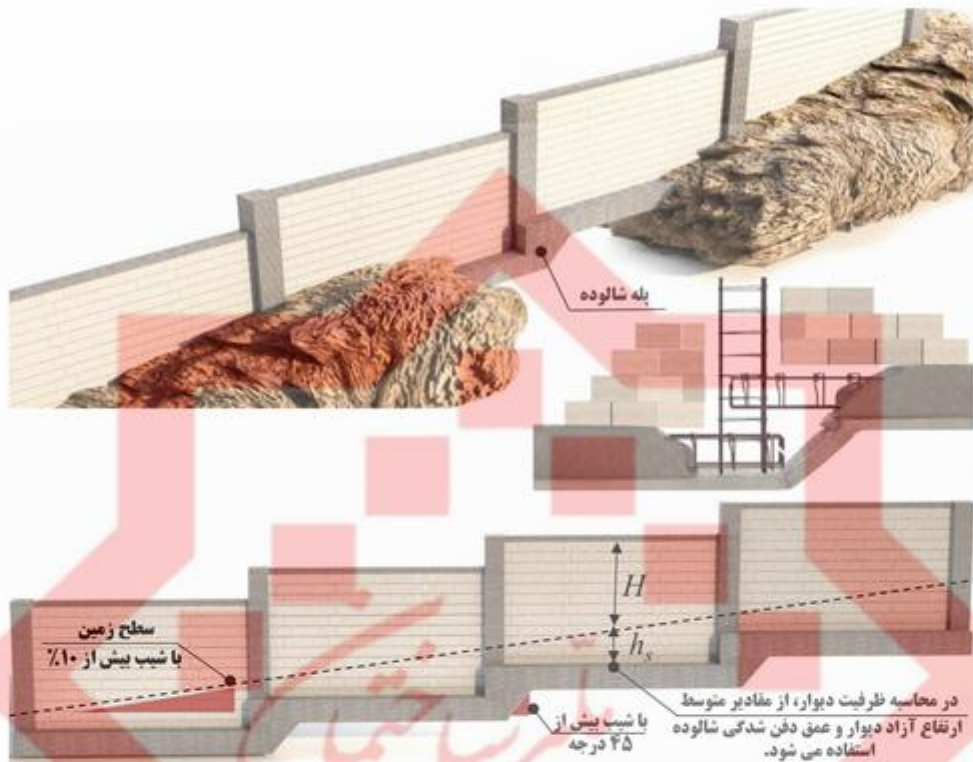
شکل ۵-۲ درز انتقاطع مابین دیوار محوطه و ساختمان مجاور برای جلوگیری از آسیب به ستون سازه و دیوار محوطه

### ۵-۶ اجرای دیوار بر روی شیب

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

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان





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

تذکرا: در صورت اجرای پله‌ای دیوار محوطه لازم است در محاسبه ظرفیت دیوار، عمق دفن شدگی شالوده ( $h_s$ ) برابر متوسط عمق دفن شدگی شالوده و نیز ارتفاع آزاد پانل بنایی ( $H$ ) برابر متوسط ارتفاع آزاد پانل بنایی در نظر گرفته شود.

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

## ۵-۷ تغییر امتداد دیوار

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

## ۵-۸ زهکشی دیوار

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

## ۵-۹ طراحی بر اساس شبیه سازی اجزاء محدود

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

### - کنترل فروریزش خارج از صفحه پانل بنایی

برای کنترل ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی، می‌توان آن را به صورت پوسته ایزوتروپیک مدل‌سازی نمود و تحت بار خارج از صفحه طراحی ( $p_{II}$ ) قرار داد. مقطع پوسته را می‌توان به صورت توپر و دارای ضخامتی برابر با ضخامت دیوار در نظر گرفت. 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 می‌شود، تکیه‌گاه غلطکی در امتداد خارج از صفحه تعریف می‌شود و نیازی به مدل‌سازی کلاف قائم به صورت صریح نمی‌باشد. به این ترتیب ایجاد نیروهای داخل صفحه در پوسته محدود 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 به‌دست آمده، با ظرفیت‌های متناظر مطابق بخش ۴-۱ مقایسه شود. در هر دو امتداد خمش افقی و خمش قائم، لازم است خمش خارج از صفحه کمتر از ظرفیت خمش خارج از صفحه باشد.

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

### - کنترل ناپایداری واژگونی

نحوه کنترل واژگونی ارائه شده در بخش ۴-۲ با این فرض است که شالوده دیوار محوطه به صورت یک نوار مستقیم و مجزا می‌باشد. دیوارهای متعامد و شالوده‌های آن‌ها بر یکدیگر تاثیر می‌گذارد و هر یک از شالوده‌ها منجر به افزایش ظرفیت لنگر واژگونی شالوده دیگر می‌شود. از این رو در چنین مواردی، کنترل ناپایداری واژگونی را می‌توان بر اساس شبیه سازی اجزاء محدود انجام داد. بنابراین نیروی وارده بر مقطع شالوده و میزان میلگردهای مورد نیاز نیز باید بر اساس نتایج شبیه سازی اجزاء محدود و با رعایت حداقل میزان میلگردها انجام شود. بدیهی است در نظر گرفتن اثر شالوده‌های متعامد تنها به شرطی مجاز است که نخست بتن ریزی آن‌ها همزمان باشد و دوم میلگردهای آن‌ها در داخل یکدیگر مهار شده باشند.

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

### ۵-۱۰ آزمایش‌های کنترل کیفیت تسلیحات پانل بنایی

در این دستورالعمل از دو نوع تسلیح شامل میلگرد بستر و کامپوزیت شبکه ییاف برای بهبود ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی استفاده شده است. لازم است کنترل کیفیت این تسلیحات حداقل مطابق با این بند انجام شود و مشخصات کششی آن‌ها بر اساس آزمون‌های کششی ارائه شده در این بند، در نظر گرفته شود.

تذکره ۱: نیازی به انجام آزمون‌های ارائه شده در این بند به صورت مجزا برای هر پروژه نمی‌باشد. بلکه شرکت‌های تولید کننده میلگرد بستر و کامپوزیت شبکه ییاف باید

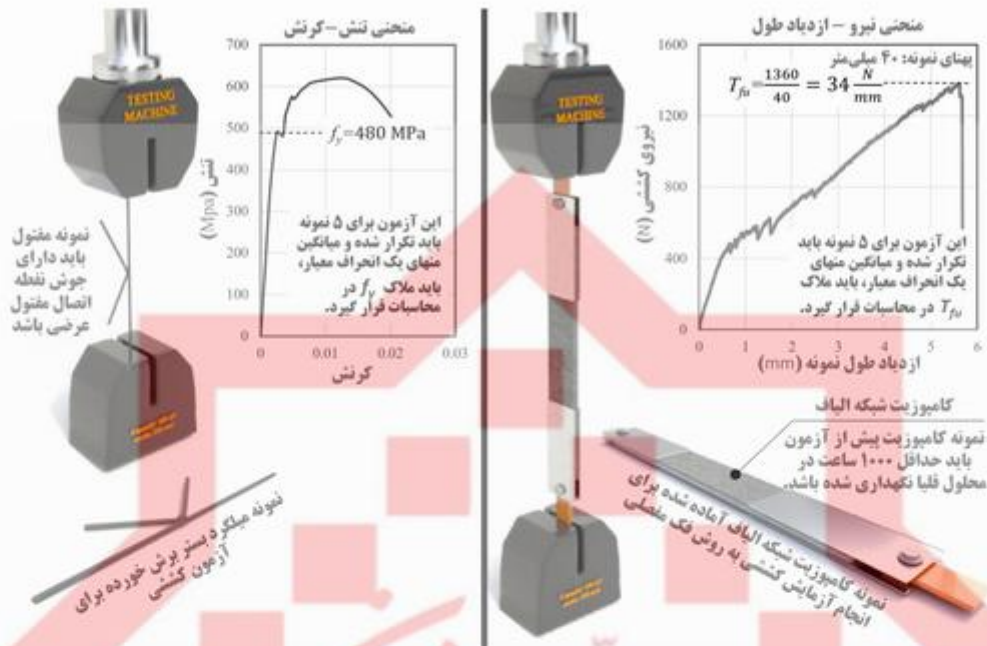
نتایج آزمون‌های کششی را مطابق با الزامات این بند، برای محصولات خود ارائه نمایند، به طوری که طراح بتواند از این نتایج در روند طراحی استفاده کند.

### - کنترل کیفیت میلگرد بستر

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

تذکره ۲: بسته به نحوه تولید و نوع جوش مورد استفاده در تولید میلگرد بستر، محل جوش در مفتول‌های طولی ممکن است منجر به کاهش مقاومت کششی مفتول شود. از این رو لازم است در آزمون‌های کششی، به مفتول طولی، مفتول عرضی نیز متصل باشد (مطابق شکل (۴-۵)).

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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 دارد. در این روش ضروری است از ملات مخصوص به کامپوزیت شبکه الیاف استفاده شود 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 شده به دست آید. جزئیات اتصال نمونه‌های کامپوزیت به دستگاه آزمون کششی باید به نحوی باشد که هیچ نوع فشار جانبی بر سطح کامپوزیت وارد نشود. نمونه‌ی چنین جزئیاتی در شکل (۴-۵) نشان داده شده است. نمونه‌های کامپوزیت شبکه الیاف باید پیش از آزمون حداقل به مدت ۱۰۰۰ ساعت (۴۲ روز) در محلول قلیایی با  $PH > 9.5$  و دمای حداقل ۲۵ درجه سانتی‌گراد

نگهداری شود. علاوه بر آن، ۵ نمونه مشابه دیگر نیز باید خارج از محلول قلیایی و به مدت ۱۰۰۰ ساعت نگهداری شده و نیز تحت آزمون کششی قرار گیرد. میانگین ظرفیت کششی نمونه‌های نگهداری شده در داخل محلول قلیایی، نباید کمتر از ۰/۸۵ میانگین ظرفیت کششی نمونه‌های نگهداری شده در خارج از محلول قلیایی باشد.

تذکره ۳: در صورتی که میانگین ظرفیت کششی نمونه‌های داخل محلول قلیا بزرگتر از میانگین ظرفیت کششی نمونه‌های خارج از محلول قلیا باشد (این شرایط به علت هیدراسیون کامل‌تر ملات در نمونه‌های داخل محلول قلیا محتمل است)، لازم است میانگین منهای یک انحراف معیار نتایج حاصل از نمونه‌های خارج از محلول قلیا ملاک محاسبه ظرفیت کششی کامپوزیت در واحد عرض ( $T_{fu}$ ) قرار گرفته شود.

تذکره ۴: طرح اختلاط ملات مورد استفاده در ساخت کامپوزیت، جنس شبکه الیاف، اندازه چشمه‌های شبکه الیاف، تعداد لایه‌های شبکه الیاف داخل کامپوزیت از جمله عوامل موثر در ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف می‌باشد و در صورت تغییر هر یک از این موارد لازم است آزمون‌های کششی ارائه شده در این بخش تکرار شود. بنابراین، در مرحله طراحی، باید از جزئیاتی برای کامپوزیت شبکه الیاف استفاده شود که پیش‌تر توسط شرکت تولید کننده کامپوزیت شبکه الیاف، آزمایش شده و نتایج آزمون‌های آن موجود باشد.

تذکره ۵: به طور معمول ظرفیت کششی شبکه الیاف به صورت مجزا (خارج از ملات کامپوزیت) بیشتر از ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف متناظر (شبکه الیاف داخل ملات کامپوزیت) می‌باشد. در آزمون کششی بر روی نمونه کامپوزیت شبکه الیاف عواملی از جمله عدم توزیع یکنواخت نیرو در تمام عرض شبکه الیاف، اندرکنش شبکه الیاف با ملات و بروز سرخوردگی مابین شبکه الیاف و ملات کامپوزیت، منجر به کاهش ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در مقایسه با ظرفیت کششی شبکه الیاف به صورت مجزا می‌شود. بر این اساس، انجام آزمون کششی بر روی نمونه‌های شبکه الیاف به صورت مجزا و خارج از کامپوزیت (بدون ملات) ضرورتی نداشته و چنین نتایجی نباید ملاک محاسبات قرار گیرد.

تذکره ۶: روند کنترل کیفیت و انجام آزمون کششی بر روی کامپوزیت شبکه الیاف که در این بخش ارائه شده است روندی ساده سازی شده از الزامات AC 434 می باشد.

### ۵-۱۱ عمل آوری و نگهداری

حفظ رطوبت ملات‌های سیمانی استفاده شده در ساخت پانل بنایی دیوارهای محوطه حداقل در سه روز اول پس از ساخت پانل بنایی الزامی است. به منظور حفظ رطوبت ملات در پانل بنایی می توان از روش‌هایی از جمله زنجاب نمودن واحدهای بنایی (بلافاصله قبل از دیوارچینی)، مرطوب نمودن دیوار (پس از دیوارچینی و گیرش اولیه ملات) و استفاده از پوشش‌هایی بر روی دیوار به منظور کاهش سرعت تبخیر رطوبت استفاده نمود. در خصوص ملات مورد استفاده در کامپوزیت شبکه الیاف، لازم است شرایط حفظ رطوبت ملات مطابق با دستورالعمل شرکت تولید کننده کامپوزیت شبکه الیاف باشد.

تذکره ۱: رطوبت بتن استفاده شده در شالوده دیوار محوطه باید حداقل در سه روز اول پس از بتن‌ریزی شالوده حفظ شود.

تذکره ۲: رطوبت بتن استفاده شده در کلاف‌های قائم و افقی دیوار محوطه باید حداقل در سه روز اول پس از بتن‌ریزی کلاف حفظ شود.

تذکره ۳: در صورتی که دمای محیط در زمان ساخت یا عمل آوری دیوار محوطه کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد، لازم است تمهیداتی ویژه به منظور جلوگیری از یخ زدگی ملات و بتن مورد استفاده در دیوار محوطه، اتخاذ نمود. برای این منظور، می توان از تمهیدات ارائه شده توسط آیین نامه بتن ایران (آبا) استفاده نمود.

تذکره ۴: در صورتی که دمای محیط در زمان ساخت یا عمل آوری دیوار محوطه بیش از ۳۲ درجه سلسیوس باشد، لازم است تمهیداتی ویژه به منظور حفظ رطوبت ملات و بتن مورد استفاده در دیوار محوطه، اتخاذ نمود. برای این منظور، می توان از تمهیدات ارائه شده توسط آیین نامه بتن ایران (آبا) استفاده نمود.



مقررات ملی و کنترل ساختمان



## مراجع

- استاندارد ۲۸۰۰ ایران، آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۳۹۳
- آیین‌نامه بتن ایران (آبا)، جلد دوم-مصالح و اجرا، سازمان برنامه و بودجه کشور، تهران، ایران، ۱۴۰۰
- پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران، طراحی لرزه‌ای و اجرای اجزای غیرسازه‌ای معماری، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۳۹۸
- دستورالعمل طرح و اجرای دیوارهای محوطه، سازمان نوسازی و توسعه و تجهیز مدارس کشور، تهران، ایران، ۱۳۹۱
- نشریه شماره ۷۲۹ (راهنمای طراحی لرزه‌ای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مسلح به میلگرد بستر)، سازمان برنامه و بودجه کشور، تهران، ایران، ۱۳۹۸
- نشریه شماره ۸۱۹ (راهنمای طراحی سازه‌ای و جزئیات اجرایی دیوارهای غیرسازه‌ای)، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۳۹۷
- مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان)، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۳۹۸
- مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی)، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۳۹۸
- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه)، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۳۹۹

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

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).

مجلس ساختمان  
مقررات

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



Ministry of Roads & Urban Development  
Housing & construction deputy



Bureau of National Construction  
Code & Building Control

## Design and Construction of Perimeter Masonry Walls

مقررات ملی ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان