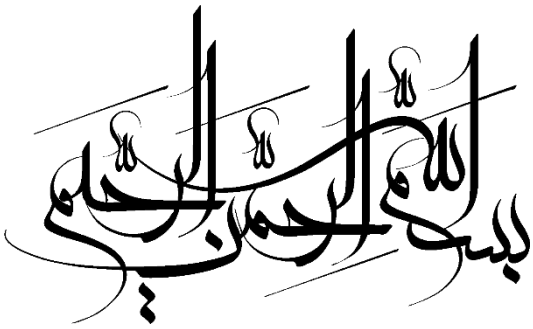
www.gcivilh.ir



www.gcivilh.ir

www.gcivilh.ir

دستورالعمل طراحی

و اجرای دیوارهای بنایی محوطه

معاونت مسکن و ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

آذرماه ۱۴۰۴

www.gcivilh.ir

شناسنامه

سرشناسه: ایران. وزارت راه و شهرسازی. معاونت مسکن و ساختمان
عنوان و نام پدیدآور: دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه/ [تهیه کننده] معاونت مسکن و ساختمان- دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان.
مشخصات نشر: تهران: سازمان نظام مهندسی ساختمان. شورای مرکزی، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری: [۶۸] ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک: ۷-۵-۸۷۵۲۴-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا
یادداشت: ص.ع. به انگلیسی: .Design and Construction of Perimeter Masonry Walls
یادداشت: کتابنامه:ص.[۶۷].
موضوع: دیوارها -- ایران -- طراحی و ساخت
Walls -- Iran -- Desing and construction
شناسه افزوده: ایران. وزارت راه و شهرسازی. دفتر امور مقررات ملی ساختمان
شناسه افزوده: سازمان نظام مهندسی ساختمان. شورای مرکزی
رده‌بندی کنگره: NA۲۹۴۰
رده‌بندی دیویی: ۷۲۱/۲
شماره کتابشناسی ملی: ۱۰۲۵۲۷۱۸
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه
تهیه‌کننده: معاونت مسکن و ساختمان - دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان
ناشر: سازمان نظام‌مهندسی ساختمان (شورای مرکزی)
صفحه‌آرایی: انتشارات شورای مرکزی سازمان نظام‌مهندسی ساختمان
نوبت چاپ: اول
شمارگان: ۳۰۰۰
قیمت: ..... ریال
قطع: وزیری
محل نشر: تهران
نشانی انتشارات: تهران- خیابان شهید خدامی- خیابان تک شمالی- پلاک یک-سازمان نظام‌مهندسی ساختمان (شورای مرکزی)
کد پستی: ۱۹۹۴۶۴۳۱۱۳
وب سایت: pub.irceo.ir

حق هرگونه چاپ، تکثیر، نشر مکتوب و الکترونیکی برای وزارت راه و شهرسازی محفوظ است.

www.gcivilh.ir

فهرست مطالب

پیشگفتار..... ۷

لیست اعضای گروه، کارگروه و کمیته..... ۹

فصل ۱- مقدمه و دامنه کاربرد..... ۱۱

فصل ۲- دیوارهای بنایی محوطه..... ۱۳

فصل ۳- محاسبه نیروی وارد بر دیوار محوطه..... ۱۹

۳-۱- نیروی ناشی از زلزله..... ۱۹

۳-۲- نیروی ناشی از باد..... ۲۰

۳-۳- سایر نیروهای تصادفی..... ۲۱

فصل ۴- طراحی ظرفیتی دیوار محوطه..... ۲۳

۴-۱- محاسبه ظرفیت پانل بنایی..... ۲۳

۴-۲- کنترل لنگر واژگونی..... ۳۹

۴-۳- کنترل ظرفیت خمشی کلاف قائم..... ۴۴

۴-۴- نمونه طراحی دیوار محوطه..... ۴۶

فصل ۵- سایر الزامات..... ۵۱

۵-۱- اتصال دیوار به کلاف قائم..... ۵۱

۵-۲- کلاف افقی..... ۵۳

۵-۳- بازشو در دیوار محوطه..... ۵۳

۵-۴- درز انبساط..... ۵۳

۵-۵ درز انقطاع..... ۵۴

۵-۶- اجرای دیوار بر روی شیب..... ۵۵

۵-۷- تغییر امتداد دیوار..... ۵۶

۵-۸- زهکشی دیوار..... ۵۷

۵-۹- طراحی بر اساس شبیه‌سازی اجزاء محدود..... ۵۷

۵-۱۰- آزمایش‌های کنترل کیفیت تسحیلات پانل بنایی..... ۶۰

۵-۱۱- عمل‌آوری و نگهداری..... ۶۳

مراجع ۶۵

www.gcivilh.ir

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی

تاریخ : ۱۴۰۴/۰۸/۲۸
شماره: ۱۴۶۶۲۴/۴۲۰صادره
پیوست : ندارد

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

بسمه تعالی

جهش تولید با مشارکت مردم

جناب آقای مقومی

رییس محترم سازمان نظام مهندسی ساختمان (شورای مرکزی)

موضوع: ابلاغ چاپ سوم دستورالعمل طراحی دیوارهای بنایی محوطه

با سلام و احترام

پیرو نامه شماره ۹۹۸۰۵/۴۲۰ مورخ ۱۴۰۳/۰۷/۰۳ درخصوص ابلاغ دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه، بدین‌وسیله ویرایش سوم ضوابط مذکور که براساس نتایج حاصل از نظارت عالیه بر ساخت و سازها و همچنین بررسی و اعمال نقطه نظرات دست‌اندرکاران و صاحب‌نظران بر روی نسخه اولیه آن اعمال گردیده، جهت بهره‌برداری مهندسان ذیربط ابلاغ می‌گردد. رعایت مفاد این ویرایش برای ساختمان‌هایی که دستور تهیه نقشه آن‌ها یکماه پس از تاریخ این ابلاغ به بعد صادر می‌شود الزامی است و از آن تاریخ به بعد ویرایش پیشین فاقد اعتبار خواهد بود. خواهشمند است مراتب به سازمان استان‌های سراسر کشور ابلاغ گردد.

شایان ذکر است نسخه نهایی این دستورالعمل در سایت این دفتر به نشانی https://inbr.ir در دسترس می‌باشد./

حامد تامنی فر
مدیر کل

۱

آدرس :میدان آرژانتین، بلوار آفریقا،اراضی عباس آباد،ساختمان شهید دادمان،وزارت راه وشهرسازی(کدپستی:۱۵۱۹۶۶۶۰۸۰۲) تلفن:۹-۸۸۸۷۸۰۳۱
دورنگار: دبیرخانه وزارتی: ۸۸۸۷۸۰۴۵، دبیرخانه مرکزی:۸۸۶۴۶۳۳۳ (نامه های فاقد مهر برجسته‌ی وزارت راه و شهرسازی از درجه اعتبار ساقط می باشد)

www.gcivilh.ir

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 اخلال در جریان امدادرسانی به مناطق زلزله‌زده می‌شود و از سویی دیگر عدم شفافیت کافی در آیین‌نامه‌های موجود درخصوص نحوه طراحی و اجرای این دیوارها، ضرورت تدوین دستورالعملی به‌منظور 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

www.gcivilh.ir

www.gcivilh.ir

لیست اعضای گروه، کارگروه و کمیته

مجری طرح	
دکتر سیدامین موسوی	مهندسان مشاور

اعضای کارگروه تدوین (به ترتیب حروف الفبا)	
مهندس مسعود افراز	معاون ترویج و کنترل ساختمان – دفتر مقررات ملّی و کنترل ساختمان
مهندس اکبر باقریان	مهندسان مشاور
دکتر میثم صمدی	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
دکتر سیدامین موسوی	مهندسان مشاور
دکتر احسان نوروزی‌نژاد	عضو هیئت علمی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

اعضای گروه مدیریت و راهبری	
دکتر حبیب اله طاهرخانی	معاون مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی
مهندس حامد مانی‌فر	مدیرکل دفتر مقررات ملّی و کنترل ساختمان
مهندس مهدی نورمحمدی	معاون صنعتی‌سازی و فناوری‌های 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
مهندس رحیم انصاری	مهندسان مشاور
مهندس میثم بنده علی	مهندسان مشاور
مهندس امیر محمد بهنام‌پور	مهندسان مشاور
دکتر علی خیرالدین	عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان
مهندس صمد دهقانی‌اسکویی	مهندسان مشاور
دکتر امید رضایی‌فر	مهندسان مشاور
مهندس سید مصطفی رضوی	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
دکتر عبدالرضا سروقد مقدم	عضو هیئت علمی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

www.gcivilh.ir

دکتر رضا سلطان آبادی	مهندسان مشاور
دکتر منوچهر شیبانی اصل	مهندسان مشاور
دکتر ناصر ظریف مقدم	مهندسان مشاور
دکتر مهدی علیرضائی	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر
دکتر امیرحسین فهیمی	مهندسان مشاور
مهندس جواد قدرتی	مهندسان مشاور
دکتر سالار منیعی	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
دکتر سید مهدی موسوی	مهندسان مشاور
مهندس سید محمود نجفی الموسوی	مهندسان مشاور
دکتر مهدی هادی	مهندسان مشاور
دکتر علی‌اکبر یحیی آبادی	مهندسان مشاور

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

www.gcivilh.ir

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 قرارگرفته 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 معدود دستورالعمل‌های 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.

www.gcivilh.ir

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 را می‌توان از بلوک‌های سیمانی توخالی یا آجر فشاری یا آجر فشاری سوراخ‌دار ساخت. همچنین دیوار را می‌توان به‌صورت غیرمسلح یا مسلح با میلگرد بستر یا کامپوزیت شبکه الیاف اجرا نمود. اگرچه بارگذاری اصلی دیوارهای بنایی در این دستورالعمل بار باد و زلزله درنظر 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 به‌منظور طراحی دیوارهای محوطه به شرطی که منجر به تأمین ظرفیت خارج از صفحه کافی برای دیوار شود، مجاز می‌باشد.

www.gcivilh.ir

فصل ۲: دیوارهای بنایی محوطه

مطابق شکل (۲-۱)، 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 ۲-۱- 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.

www.gcivilh.ir

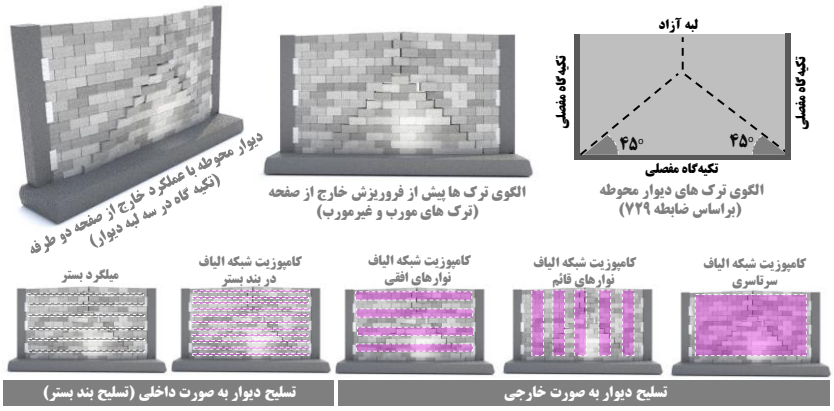
بنابراین فرض می‌شود که کلاف افقی نقش تکیه‌گاهی برای دیوار ایفا نمی‌کند. پس لازم است در محاسبه ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی، لبه فوقانی آن آزاد فرض شود. همچنین در جهت اطمینان فرض می‌شود که سه لبه دیگر دارای تکیه‌گاه مفصلی هستند. شکل (۲-۲) الگوی ترک‌های پانل بنایی در آستانه فروریزش را نشان می‌دهد. برای 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 کنند. 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، امّا استفاده از کلاف‌های فولادی یا کلاف‌های بنایی مسلح نیز در صورتی که دارای مقاومت و صلبیت کافی باشند بلامانع است.

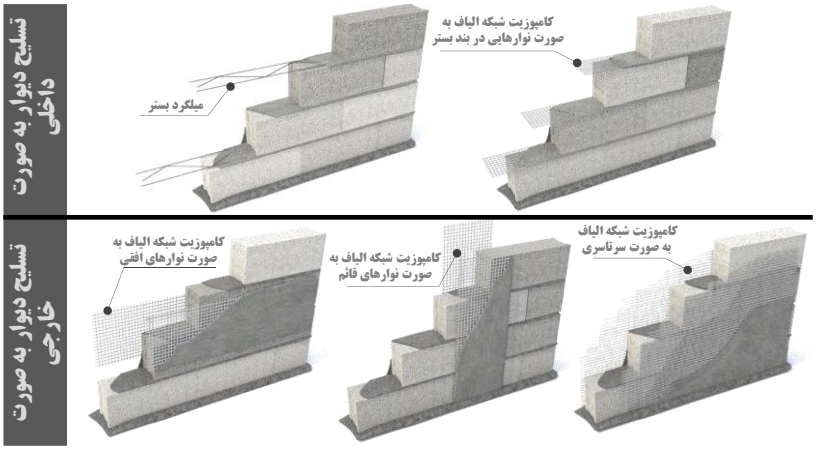
کلاف افقی: کلاف افقی صرفاً برای بهبود انسجام و یکپارچگی بلوک‌های رج فوقانی دیوار استفاده می‌شود و نقش تکیه‌گاهی برای لبه فوقانی دیوار ندارد.

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

www.gcivilh.ir



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



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

تذکر۱: 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.

تذکر۲: 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.

www.gcivilh.ir

تذکر۳: 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.

تذکر۴: 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 ۵-۱۰ از فصل ۵ ارائه شده است.

تذکر۵: 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 ۵-۱۰ از فصل ۵ انجام شده باشد. تولیدکنندگان تسلیحات موظف به انجام آزمایش‌های ارائه شده در بند ۵-۱۰ برای محصولات خود هستند.

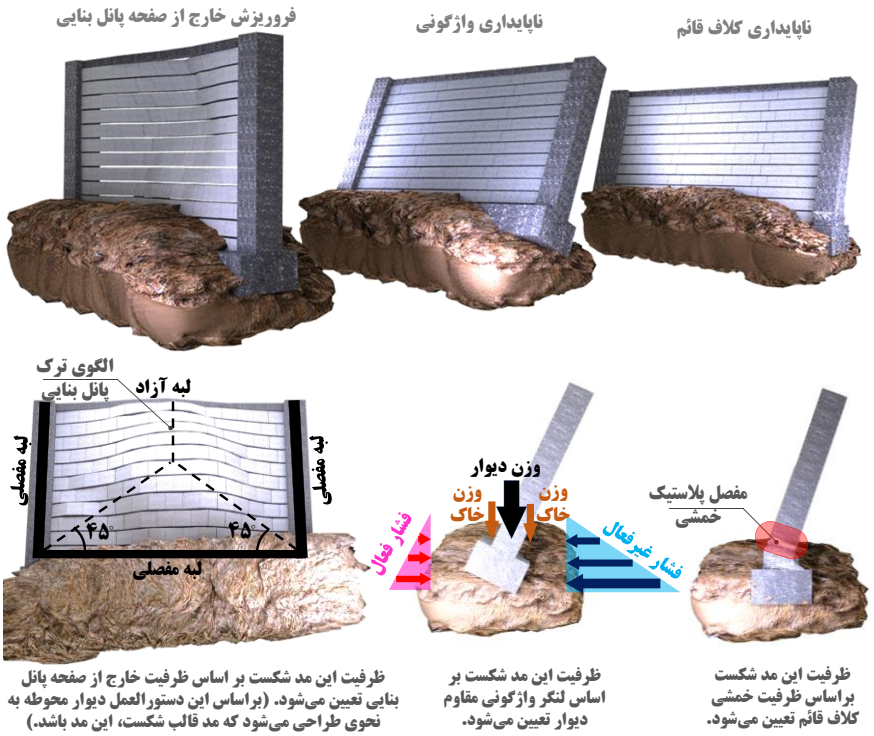
تذکر۶: استفاده از میلگرد ساده یا آجدار در بندهای بستر دیوار منجر به مسلح شدن دیوار نمی‌شود، چون پیوستگی کامل مابین میلگردهای مستقیم (غیرشبکه‌ای) با ملات بند بستر ایجاد نخواهد شد. در صورت استفاده از میلگرد مستقیم، لازم است واحدهای بنایی دارای حفره‌های ممتد افقی یا قائم در طول یا ارتفاع دیوار بوده و حفره‌ای 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).

www.gcivilh.ir

علاوه بر موارد فوق، درصورتی‌که 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.

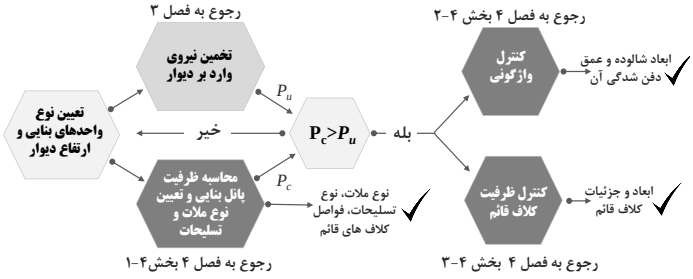


شکل ۲-۴- مدهای شکست دیوارهای محوطه

www.gcivilh.ir

- **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 پهنای 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.



شکل ۲–۵– روند طراحی دیوارهای بنایی محوطه

www.gcivilh.ir

فصل ۳: محاسبه نیروی وارد بر دیوار محوطه

در این دستورالعمل 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 می‌آید تحت عنوان نیروی طراحی در واحد سطح دیوار (P_u) درنظر گرفته می‌شود 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 درنظر 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 درنظر گرفته شده و در جهت اطمینان تمام جرم دیوار برابر با جرم موثر مد اصلی ارتعاش درنظر گرفته شود، نیروی لرزه‌ای خارج از صفحه وارده بر واحد سطح دیوار مطابق رابطه (۳-۱) قابل تخمین است.

$$P_{eq} = \frac{W_w S_a I_e}{R} \qquad (۱-۳)$$

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 می‌باشد که در برگیرنده اضافه مقاومت و شکل‌پذیری 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 $A(۱+S)$ درنظر گرفت. همچنین ضریب رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی محوطه را می‌توان مشابه دیوارهای پیرامونی ساختمان برابر ۲/۵ درنظر 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 (۳-۲) درنظر گرفت.

$$P_{eq} = ۰.۴A(۱ + S)I_e W_w \qquad (۲-۳)$$

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

www.gcivilh.ir

تذکر۱: لازم است ضریب اهمیت لرزه‌ای دیوار محوطه معادل ضریب اهمیت لرزه‌ای مهم‌ترین ساختمان مجاور دیوار محوطه درنظر 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 ۱/۴ درنظر گرفته شود. درصورتی‌که محوطه فاقد ساختمان باشد، می‌توان ضریب اهمیت لرزه‌ای را برابر ۱ درنظر گرفت.

تذکر۲: 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.

تذکر۳: در صورتی که برای ساختگاه مورد نظر طیف شتاب (اعم از طیف استاندارد یا طیف ویژه ساختگاه) موجود باشد، می‌توان به‌جای عبارت $A(1+s)$ در رابطه (۳-۲)، از مقدار حداکثر طیف شتاب استفاده نمود به شرطی که اولاً اثرات ساختگاهی و نوع خاک در طیف شتاب لحاظ شده باشد و دوماً طیف شتاب متناظر با زلزله‌ای با دوره بازگشت حداقل ۴۷۵ سال باشد.

تذکر۴: طراح می‌تواند به جای رابطه (۳-۲) از روابط دقیق‌تری که در برگیرنده مشخصات دینامیکی خارج از صفحه دیوار باشد، استفاده کند. دراین‌صورت نیروی زلزله نباید کمتر از ۸۰٪ مقدار به‌دست آمده از رابطه (۳-۲) درنظر گرفته شود.

تذکر۵: 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 درنظر گرفته شده است.

۳-۲- 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) به‌دست آورد.

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

www.gcivilh.ir

در رابطه فوق برای دیوار روی سطح زمین و نسبت طول به ارتفاع بیش از ۱۰، ضرایب C_f=۱/۳ و C_n=۰/۶ است. فشار مبنای باد q برحسب کیلوپاسکال برابر است با ۰/۰۰۰۰۴۷۳V^2 که در آن V سرعت مبنای باد برحسب کیلومتر برساعت است. برای دیوارهای محوطه ضریب اثر تند باد C_g=۲ و ضریب اثر تغییر سرعت برای نواحی باز C_e=۰/۹ 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 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 (۳-۴) تخمین زد.

$$P_{wind} = \frac{۰.۱۱ I_w V^2}{۱۰۰۰} \qquad \textbf{(۴-۳)}$$

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

تذکر۱: در صورتی‌که دیوار محوطه در مناطق پرتراکم شهری باشد، می‌توان نیروی باد به‌دست آمده از رابطه (۳-۴) را به میزان ۲۰٪ کاهش داد.

تذکر۲: لازم است ضریب اهمیت دیوار محوطه در برابر بار باد معادل ضریب اهمیت بار باد مربوط به مهم‌ترین ساختمان مجاور دیوار محوطه درنظر 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 درنظر گرفته شود. درصورتی‌که محوطه فاقد ساختمان باشد، می‌توان ضریب اهمیت دیوار محوطه در برابر بار باد را برابر ۱ درنظر 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.

www.gcivilh.ir

تذکر۱: نمونه‌هایی از روش‌های محاسبه بار انفجار به‌صورت دینامیکی و استاتیکی معادل، در مبحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان (پدافند غیرعامل) ویرایش ۱۳۹۵، ارائه شده است.

تذکر۲: به جز برای دیوارهای محوطه مراکز خاص نظامی و امنیتی، در سایر موارد لزومی به درنظر گرفتن نیروهای تصادفی (به جز زلزله و باد) در طراحی دیوارهای محوطه نمی‌باشد.

تذکر۳: در صورتی‌که 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 فروریزشی درنظر 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.

www.gcivilh.ir

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: دیوارهای محوطه‌ای که در دامنه کاربرد این دستورالعمل هستند، 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 درنظر 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:

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

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 ۱متر از ارتفاع پانل بنایی بر حسب نیوتن‌متر 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 اورتوگونال (μ) پانل بنایی بستگی داشته و بر اساس جدول (۴-۱) به‌دست می‌آید. این ضریب بدون بعد است.

www.gcivilh.ir

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

www.gcivilh.ir

نسبت اورتوگونال پانل بنایی (μ) 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 می‌باشد. بنابراین:

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

M_{d1}: ظرفیت خمش خارج از صفحه قائم ۱متر از طول پانل بنایی بر حسب نیوتن‌متر بر متر (N.m/m)

تذکر۱: 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.

تذکر۲: 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.

تذکر۳: لازم به ذکر است روابط مربوط به پانل بنایی غیرمسلح که در روابط (۴-۳) 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 ٥٤٩,٦R است.

www.gcivilh.ir

بر اساس مقایسه‌های انجام شده با نتایج آزمایشگاهی متعدد (بیش از ۷۰ آزمایش مختلف انجام شده در داخل و خارج از کشور) و نیز نتایج حاصل از شبیه سازی‌های عددی، روابط ارائه شده در این دستورالعمل در مقایسه با روابط موجود در ACI ٥٤٩,٦R 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 سُرخوردگی یا لغزشی بین مصالح بنایی و تسلیحات دیوار رخ نمی‌دهد.

تذکر۴: 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 ۰/۳ تا ۲ باشد. بنابراین لازم است طول آزاد پانل بنایی L (فاصله مابین کلاف‌های قائم) تحت هیچ شرایطی از ۳/۳ برابر ارتفاع پانل بناییH (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 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 می‌شود.

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

$$M_{d1} = \emptyset_1 \frac{f_{r1} t^2}{6} \left(N.\frac{m}{m}\right) \quad , \quad \emptyset_1 = 0.6 \qquad (۳-۴)$$

$$M_{d2} = \emptyset_2 \lambda \frac{f_{r2} t^2}{6} \left(N.\frac{m}{m}\right) \quad , \quad \emptyset_2 = 0.6 \qquad (۴-۴)$$

در روابط فوق t ضخامت دیوار بر حسب میلی‌متر (mm) و 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 برحسب مگاپاسکال (MPa) در روابط قرار داده شود. در صورتی که بندهای قائم به طور کامل دارای ملات باشند، ضریب λ برابر با ۱ و در غیر این صورت این ضریب برابر با ۰/۷ می‌باشد. روابط (۴-۳) و (۴-۴) منطبق بر روابط موجود در نشریه شماره ۷۲۹ است.

www.gcivilh.ir

جدول ۴-۲- مدول گسیختگی پانل بنایی در امتدادهای عمود بر بند بستر و موازی بند بستر بر حسب مگاپاسکال (بر اساس نشریه شماره 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 بستر (f_{r1})	آجر توپر یا سوراخ‌دار	۰/۶۹	۰/۳۵
	بلوک سیمانی توخالی	۰/۴۴	۰/۲۱
موازی بند بستر (f_{r2})*	آجر توپر یا سوراخ‌دار	۱/۳۸	۰/۶۹
	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 کارآیی لازم و شرایط محیطی تعیین می‌شود.*

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

تذکر۵: 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.

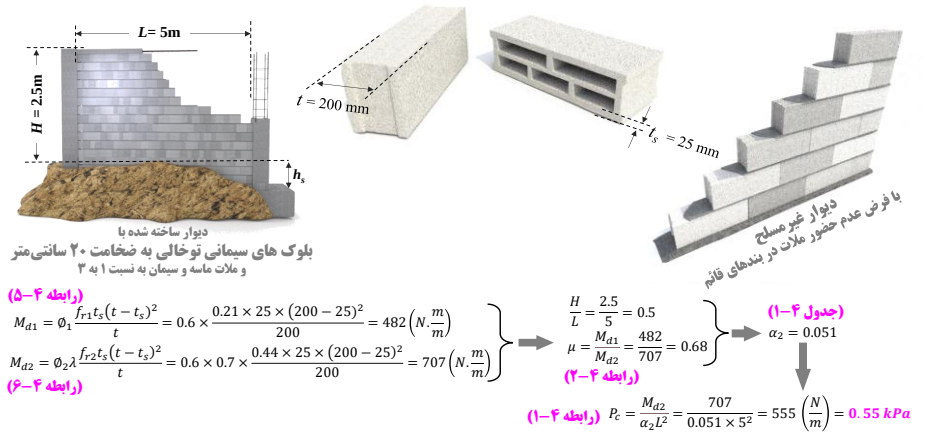
www.gcivilh.ir

- **پانل بنایی غیرمسلح ساخته شده از بلوک سیمانی توخالی**

$$M_{d1} = \emptyset_1 \frac{f_{r1} t_s (t-t_s)^2}{t} \left(N.\frac{m}{m}\right) \quad , \ \emptyset_1 = ۰.۶ \qquad (۵-۴)$$

$$M_{d2} = \emptyset_2 \lambda \frac{f_{r2} t_s (t-t_s)^2}{t} \left(N.\frac{m}{m}\right) \quad , \emptyset_2 = ۰.۶ \qquad (۶-۴)$$

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 درنظر گرفت. 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 شود. ضرایب کاهش مقاومت در هر دو امتداد برابر ۰/۶ می‌باشد. در صورتی که بندهای قائم به طور کامل دارای ملات باشند، ضریب λ 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 به‌دست می‌آید.

www.gcivilh.ir

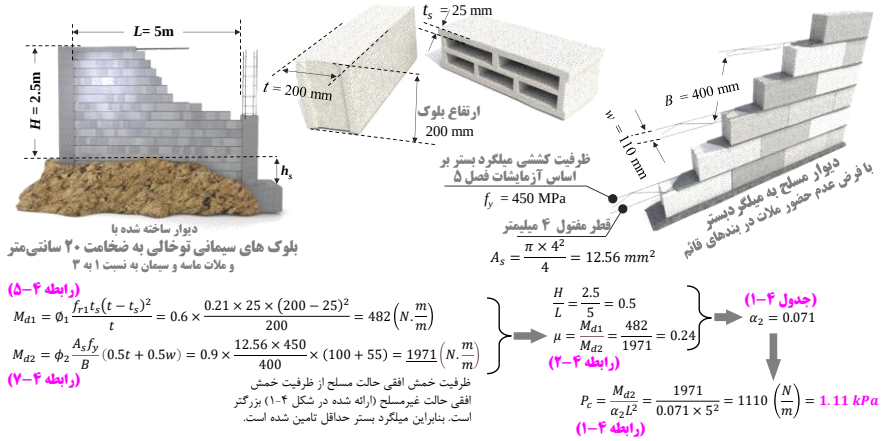
از این رو، بسته به اینکه بلوک‌های مصرفی به صورت آجر توپر یا بلوک توخالی باشد، برای تعیین M_{d1} از رابطه (۴-۳) یا (۴-۵) استفاده می‌شود. ظرفیت خمش افقی در ۱ متر از ارتفاع دیوار به صورت زیر محاسبه می‌شود.

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

در رابطه فوق A_s برابر با سطح مقطع یکی از مفتول‌های طولی (نه هر دو مفتول) میلگرد بستر بر حسب میلی‌متر مربع (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 (Φ_2) برای دیوارهای مسلح به میلگرد بستر برابر با ۰/۹ است. نمونه محاسبه ظرفیت خارج از صفحه برای یک پانل بنایی مسلح به میلگرد بستر در شکل (۴-۲) ارائه شده است.

تذکر۶: 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 مصرفی با استفاده از روابط (۴-۴) یا (۴-۶) به‌دست 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 درمیان استفاده شود. به این ترتیب برای پانل‌های ساخته شده از بلوک‌های توخالی حداکثر فواصل میلگرد بستر حدود ۴۰۰ الی ۴۵۰ میلی‌متر و برای پانل های 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 میلگرد بستر حداقل، بر اساس مقایسه ظرفیت خمش افقی حاصل از رابطه (۴-۷) با ظرفیت خمش افقی حالت غیرمسلح از روابط (۴-۴) یا (۴-۶) به‌دست می‌آید.

www.gcivilh.ir



شکل ۴–۲– 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 خمش قائم مشابه پانل‌های بنایی غیرمسلح به‌دست می‌آید. بسته به اینکه بلوک‌های مصرفی به صورت آجر توپر یا بلوک توخالی باشد، لازم است برای تعیین M_{d1} از رابطه (۴–۳) یا (۴–۵) استفاده شود. ظرفیت خمش 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.

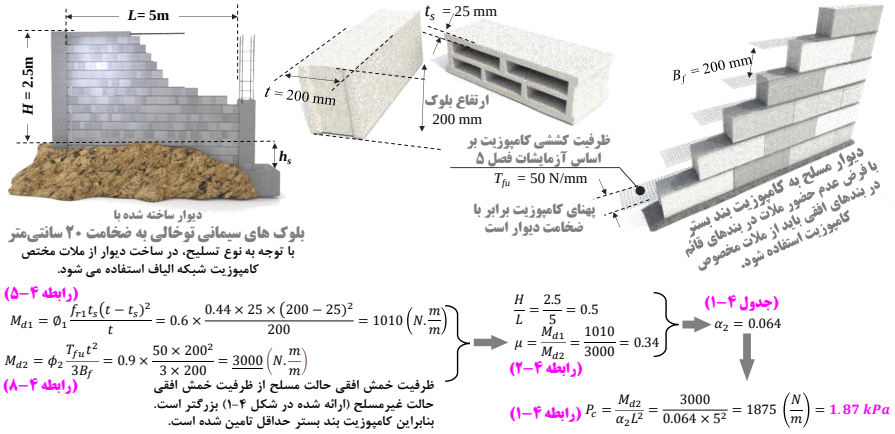
$$M_{d2} = \phi_2 \frac{T_{fu} t^2}{2 B_f} \left(N.\frac{m}{m}\right) \ , \ \phi_2 = 0.9 \qquad (۴–۸)$$

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 به‌دست 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 خمش افقی (Φ_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 (۴–۳) ارائه شده است (در این روش تسلیح، معمولا 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).

www.gcivilh.ir

تذکر۷: 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) به‌دست 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 درنظر 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.

www.gcivilh.ir



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 با کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی، ظرفیت خمش قائم مشابه پانل‌های بنایی غیرمسلح به‌دست می‌آید. بسته به اینکه بلوک‌های مصرفی به صورت آجر توپر یا بلوک توخالی باشند، لازم است برای تعیین M_{d1} از رابطه (۴–۳) یا (۴–۵) استفاده شود. ظرفیت خمش افقی در ۱ متر از ارتفاع دیوار به صورت زیر محاسبه می‌شود.

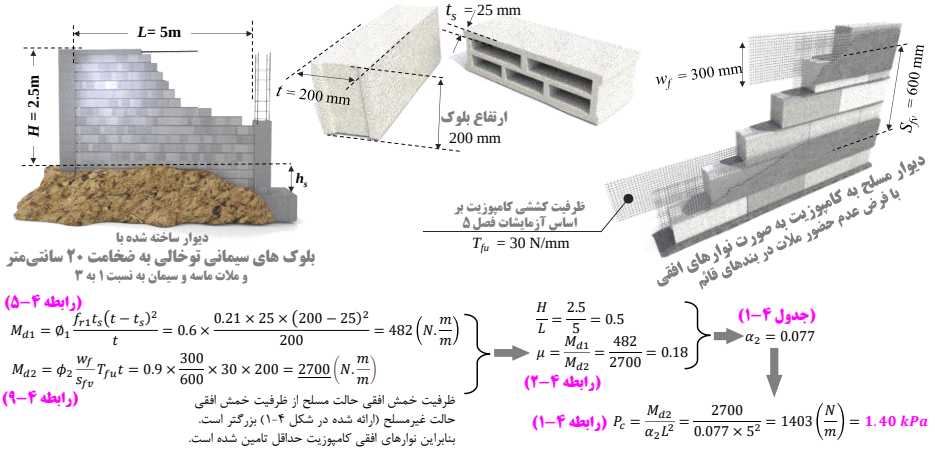
$$M_{d2} = \phi_{۲} \frac{w_f}{s_{fv}} T_{fu} t \left(N.\frac{m}{m}\right) \ , \ \phi_{۲} = ۰.۹ \qquad (۹–۴)$$

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 به‌دست 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 خمش افقی (Φ_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.

تذکر۸: 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.

www.gcivilh.ir

ظرفیت خمش افقی پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط (۴-۴) یا (۴-۶) به‌دست 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 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 به‌دست می‌آید. بسته به نوع واحدهای بنایی استفاده شده در پانل بنایی، 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.

$$M_{d1} = \phi_1 \frac{w_f}{s_{fh}} T_{fu} t \left(N.\frac{m}{m}\right) \quad , \quad \phi_1 = ۰.۹ \qquad (۱۰-۴)$$

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 به‌دست 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.

www.gcivilh.ir

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.

تذکر۹: 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 کمتر نباشد. ظرفیت خمش قائم پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط (۴-۳) یا (۴-۵) به‌دست 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 سرتاسری**

در پانل‌های بنایی مسلح با کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سرتاسری، 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:

$$M_{d1} = \phi_1 T_{fu1} t \left(N.\frac{m}{m}\right) \ , \ \phi_1 = ۰.۹ \qquad (۴-۱۱)$$

$$M_{d2} = \phi_2 T_{fu2} t \left(N.\frac{m}{m}\right) \ , \ \phi_2 = ۰.۹ \qquad (۴-۱۲)$$

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 قائم و افقی می‌باشد که لازم است بر اساس نتایج آزمایش‌های کششی و دوام مطابق با الزامات بند ۵-۱۰ به‌دست آید. کمیت t برابر با ضخامت دیوار بر حسب میلی‌متر (mm) 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 خواهد بود.

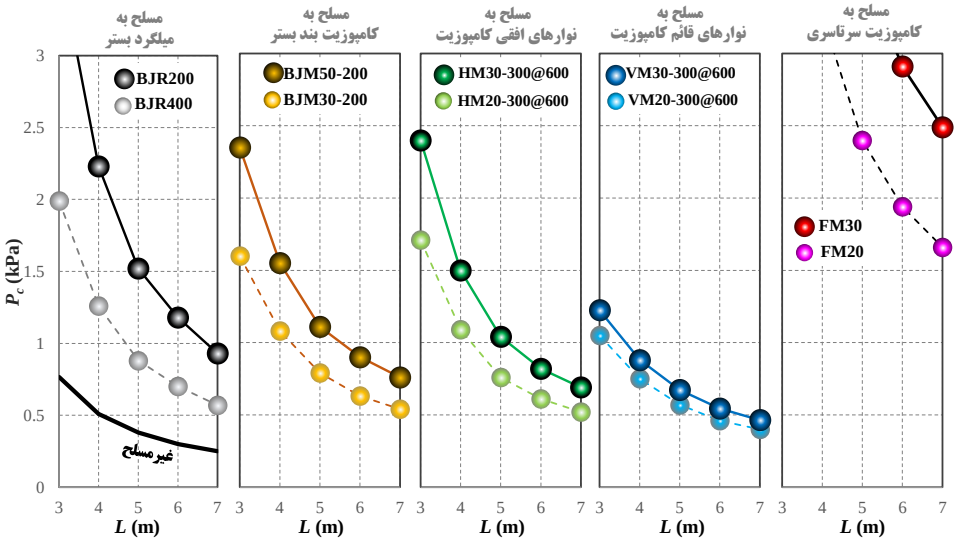
www.gcivilh.ir

تذکر ۱۰: 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 کمتر نباشد.

ظرفیت خمش قائم پانل غیرمسلح بسته به نوع واحدهای بنایی با استفاده از روابط (۴-۳) یا (۴-۵) به‌دست 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 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 ۲/۵ 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 درون‌یابی بر روی نمودارها مجاز است.

www.gcivilh.ir



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 50 N/mm

BJM30-200: کامپوزیت بستر با ظرفیت 30 N/mm

در هر دو حالت فواصل کامپوزیت های بستر ۲۰۰ میلی‌متر بوده (در تمام رج 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 30 N/mm

HM20-300@600:نوارهای کامپوزیت افقی با ظرفیت 20 N/mm

VM30-300@600:نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت 30 N/mm

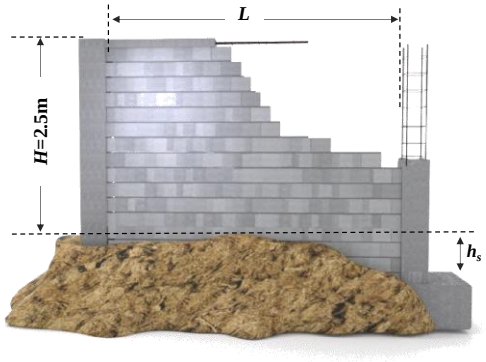
VM20-300@600:نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت 20 N/mm

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 30 N/mm

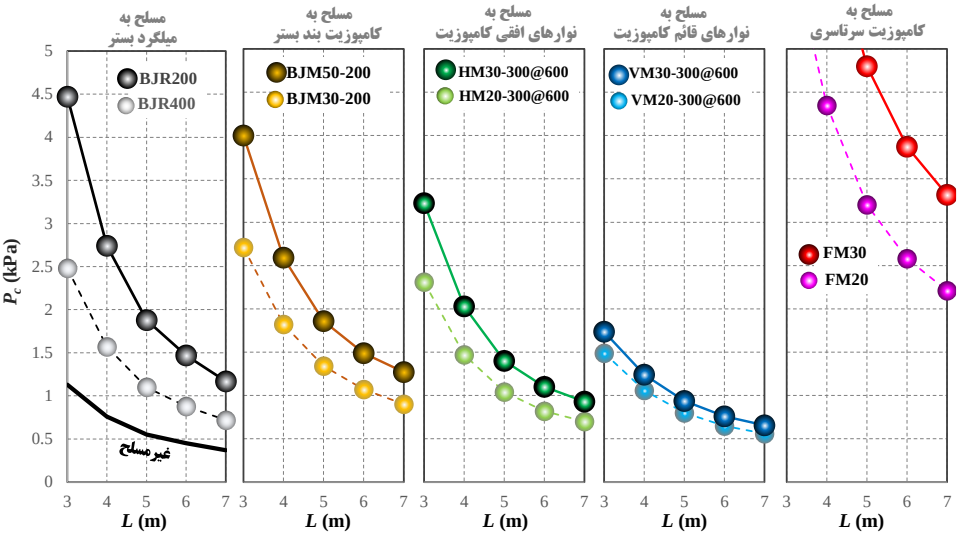
FM20:کامپوزیت سرتاسری با ظرفیت 20 N/mm

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



شکل ۴-۵- ظرفیت خارج از صفحه پانل‌های بنایی ساخته شده با بلوک‌های سیمانی توخالی به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر

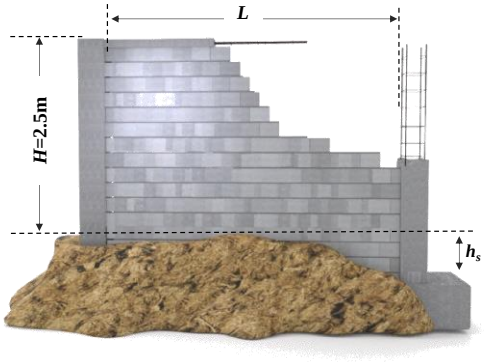
www.gcivilh.ir



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.



دیوار ساخته شده با
بلوک های سیمانی توخالی به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر
و ملات ماسه و سیمان به نسبت ۱ به ۳

BJM50-200: کامپوزیت بستر با ظرفیت 50 N/mm

BJM30-200: کامپوزیت بستر با ظرفیت 30 N/mm

در هر دو حالت فواصل کامپوزیت های بستر ۲۰۰ میلی‌متر بوده (در تمام رج 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 30 N/mm

HM20-300@600:نوارهای کامپوزیت افقی با ظرفیت 20 N/mm

VM30-300@600:نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت 30 N/mm

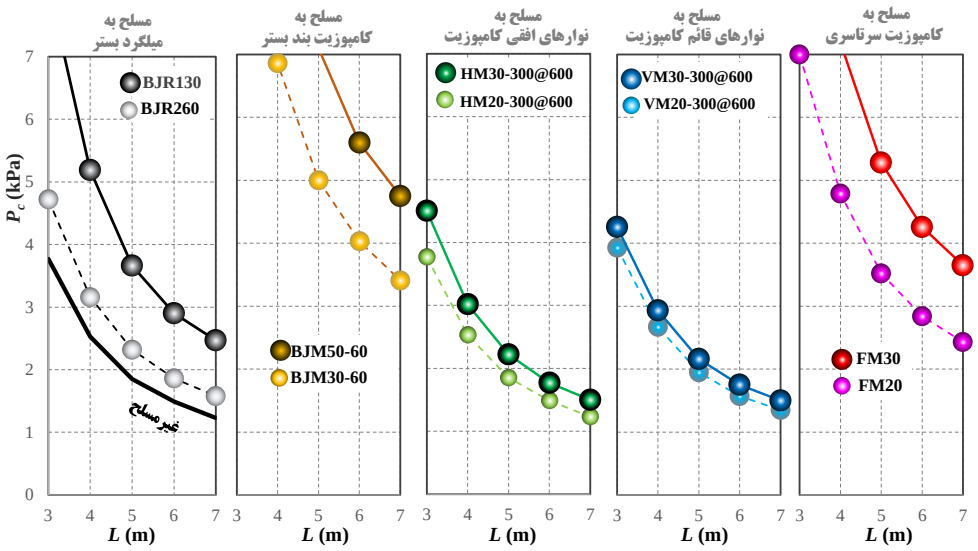
VM20-300@600:نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت 20 N/mm

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 30 N/mm
FM20:کامپوزیت سرتاسری با ظرفیت 20 N/mm
در هر دو حالت فوق، مشخصات کامپوزیت در هر دو امتداد عمود بر یکدیگر، یکسان است.

شکل ۴-۶- ظرفیت خارج از صفحه پانل‌های بنایی ساخته شده با بلوک‌های سیمانی توخالی به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر

www.gcivilh.ir

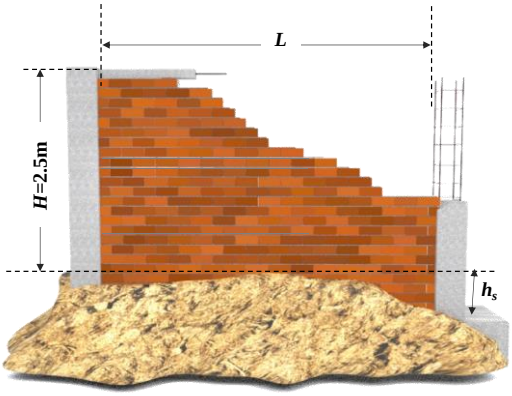


BJR260: میلگرد بستر به فواصل ۲۶۰ میلی‌متر
BJR130: میلگرد بستر به فواصل ۱۳۰ میلی‌متر

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

BJM50-60: کامپوزیت بستر با ظرفیت 50 N/mm
BJM30-60: کامپوزیت بستر با ظرفیت 30 N/mm

در هر دو حالت فواصل کامپوزیت های بستر ۶۰ میلی‌متر بوده (در تمام رج 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.



دیوار ساخته شده با
آجرهای توپر یا سوراخ دار به ضخامت ۲۲ سانتی‌متر
و ملات ماسه و سیمان به نسبت ۱ به ۳

HM30-300@600:نوارهای کامپوزیت افقی با ظرفیت 30 N/mm
HM20-300@600:نوارهای کامپوزیت افقی با ظرفیت 20 N/mm
VM30-300@600:نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت 30 N/mm
VM20-300@600:نوارهای کامپوزیت قائم با ظرفیت 20 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 30 N/mm
FM20:کامپوزیت سرتاسری با ظرفیت 20 N/mm

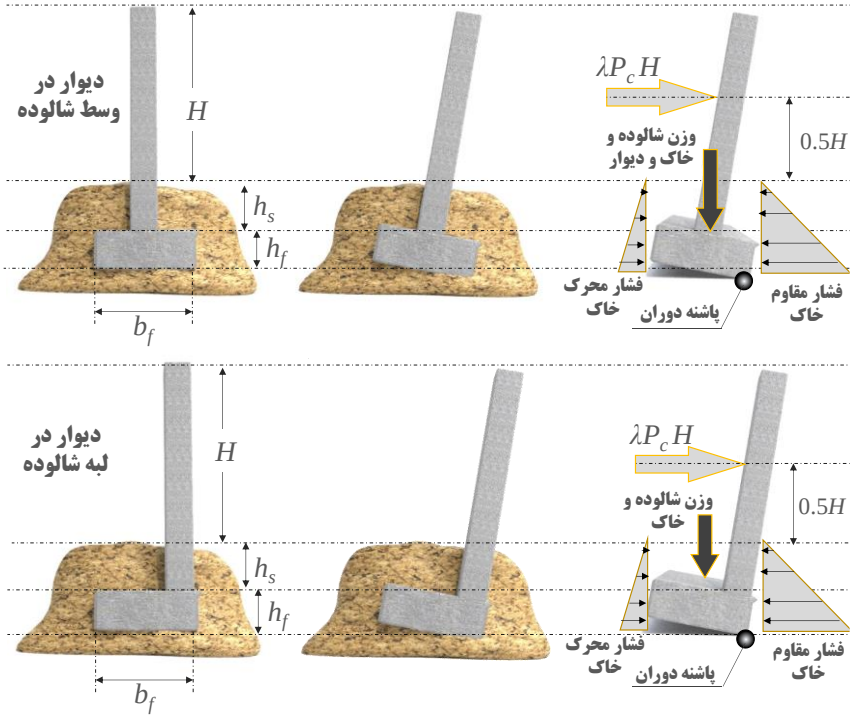
در هر دو حالت فوق، مشخصات کامپوزیت در هر دو امتداد عمود بر یکدیگر، یکسان است.

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

www.gcivilh.ir

۴-۲- 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 (۴-۸)، 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 (۴-۸) نشان داده شده است.



شکل ۴-۸- 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 (λP_c) تخمین زده می‌شود، از این رو مقدار لنگر محرک واژگونی مورد انتظار (M_{oe}) در واحد طول دیوار برابر است با:

www.gcivilh.ir

$$M_{oe} = \lambda P_c H(۰.۵H + h_s + h_f) \qquad \textbf{(۱۳-۴)}$$

ضریب λ برای تبدیل ظرفیت خارج از صفحه طراحی به ظرفیت مورد انتظار پانل بنایی است و مقدار آن برای دیوارهای غیرمسلح ۱/۷ و برای دیوارهای مسلح (میلگرد بستر یا کامپوزیت شبکه الیاف) ۱/۳ درنظر 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.

تذکر۱: در رابطه (۴-۱۳) لازم نیست ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار دیوار (λP_c) بیش از ۲ برابر نیروی خارج از صفحه وارد بر واحد سطح دیوار ($۲P_u$) درنظر گرفته شود.

تذکر۲: 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 λP_c درنظر 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.

$$M_r = \left(W_w + W_f + W_s\right)\frac{B_f}{۲} + \frac{۱}{۶}\gamma(k_p - k_a)(h_s + h_f)^۳ \qquad \textbf{(۱۴-۴)}$$

$$M_r = \left(W_f + W_s\right)\frac{B_f}{۲} + \frac{۱}{۶}\gamma(k_p - k_a)(h_s + h_f)^۳ \qquad \textbf{(۱۵-۴)}$$

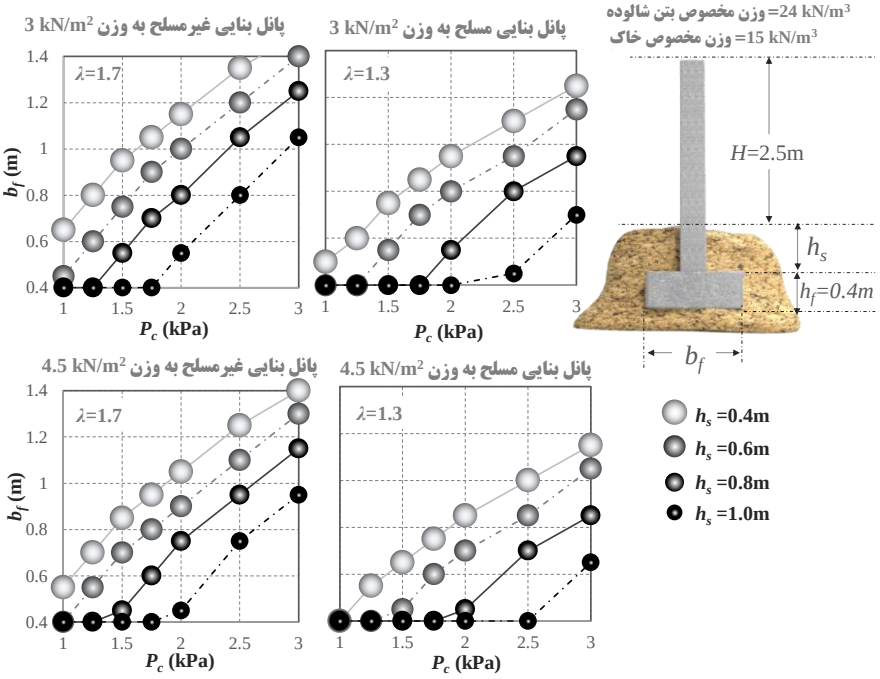
وزن واحد طول دیوار محوطه (شامل نما) برابر W_w بوده و W_s و W_f به ترتیب وزن خاک روی شالوده و وزن شالوده در یک متر از طول دیوار است. وزن مخصوص خاک γ بوده و ضریب فشار مقاوم و محرک خاک به ترتیب با k_p و k_a نشان داده شده است که براساس روابط معتبر مکانیک خاک قابل تخمین است. در غیاب داده‌های دقیق، می‌توان از مقادیر محافظه کارانه k_p=۲٫۷۵ و k_a=۰٫۳۵ استفاده نمود.

تذکر۳: روابط (۴-۱۴) و (۴-۱۵) با این فرض معتبر است که نخست: عمق دفن شدگی شالوده در هر دو سمت دیوار یکسان باشد. دوّم: فشار مقاوم خاک 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:

$$M_r > M_{oe} \qquad \textbf{(۱۶-۴)}$$

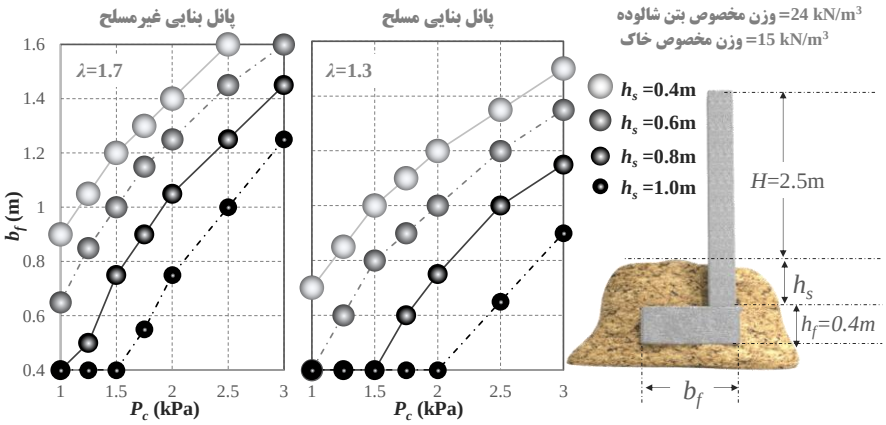
www.gcivilh.ir

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 $\frac{۲P_u}{\lambda}$ درنظر 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.



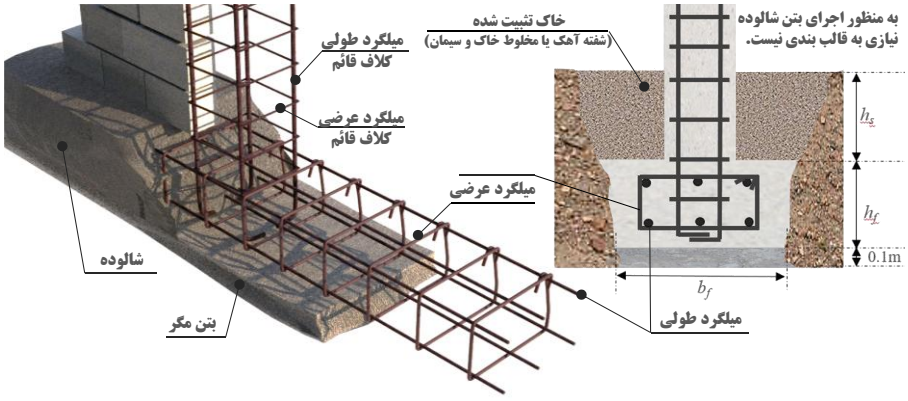
شکل ۴-۹- عرض مورد نیاز شالوده در حالتی که دیوار در وسط شالوده قرار دارد. در تمام موارد ارتفاع آزاد دیوار H=۲٫۵m و عمق مقطع شالوده h_f=۰٫٤m است.

www.gcivilh.ir



شکل ۴-۱۰- عرض مورد نیاز شالوده در صورتی که دیوار در لبه شالوده قرار دارد. در تمام موارد ارتفاع آزاد دیوار H=۲٫۵m و عمق مقطع شالوده h_f=۰٫٤m است.

پس از تعیین پهنای شالوده، لازم است میلگردگذاری شالوده مشخص شود. در این خصوص، کافی است حداقل میلگرد معادل ۰/۰۰۱۸ مساحت مقطع شالوده درنظر 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 (۴-۳) 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

www.gcivilh.ir

جدول ۴-۳- مقدار میلگردهای حداقل در شالوده

مقطع شالوده ($b_f \times h_f$)	میلگرد طولی فوقانی	میلگرد طولی تحتانی	میلگرد عرضی (خاموت)
۰٫٤ m×۰٫٤ m	۲Φ۱۰	۲Φ۱۰	Φ۱۰@۲۰۰ mm
۰٫٥ m×۰٫٤ m	۲Φ۱۲	۲Φ۱۲	Φ۱۲@۳۰۰ mm
۰٫٦ m×۰٫٤ m	۳Φ۱۰	۳Φ۱۰	Φ۱۰@۲۰۰ mm
۰٫۷ m×۰٫٤ m	۳Φ۱۲	۳Φ۱۲	Φ۱۲@۳۰۰ mm
۰٫۸ m×۰٫٤ m	۳Φ۱۲	۳Φ۱۲	Φ۱۲@۳۰۰ mm
۰٫۹ m×۰٫٤ m	۳Φ۱۲	۳Φ۱۲	Φ۱۲@۳۰۰ mm
۱٫۰ m×۰٫٤ m	٤Φ۱۲	٤Φ۱۲	Φ۱۲@۳۰۰ mm
۱٫۱ m×۰٫٤ m	٤Φ۱۲	٤Φ۱۲	Φ۱۲@۳۰۰ mm
۱٫۲ m×۰٫٤ m	٤Φ۱۲	٤Φ۱۲	Φ۱۲@۳۰۰ mm

تذکر۴: ضخامت بتن مگر، حداقل ۱۰۰ میلی‌متر است.

تذکر۵: توصیه می‌شود ارتفاع مقطع شالوده حداقل برابر با ۴۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

تذکر۶: مقاومت فشاری مشخصه بتن شالوده نباید از ۲۰ مگاپاسکال کمتر باشد.

تذکر۷: 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.

تذکر۸: 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

تذکر۹: ضخامت پوشش بتن میلگردهای شالوده در هیچ شرایطی نباید کمتر از۷۵ میلی‌متر باشد.

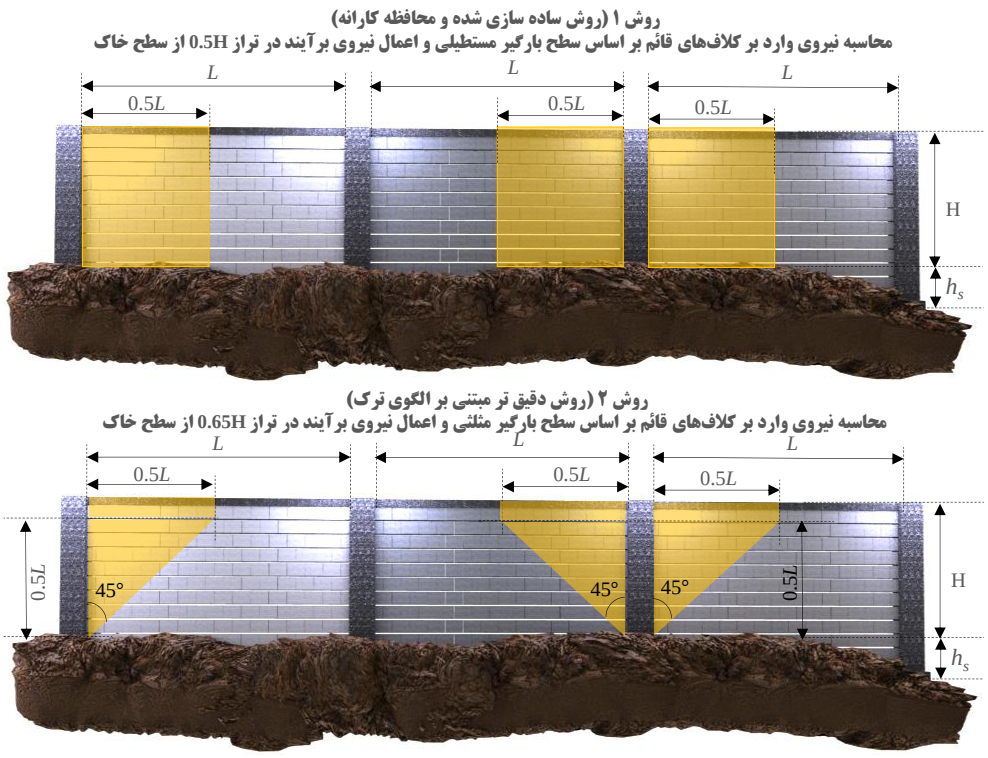
تذکر۱۰: در میلگردهای عرضی شالوده، استفاده از خم ۹۰ درجه بلامانع است.

تذکر۱۱: کلیه میلگردهایی که در شالوده استفاده می‌شوند، باید آج‌دار باشند.

www.gcivilh.ir

۴-۳- 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 (λP_c) محاسبه می‌شود.



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.

$$M_u = \lambda P_c L H(0.5H + h_s) \qquad \textbf{(۱۷-۴)}$$

تذکر ۱: در رابطه (۴-۱۷) لازم نیست ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار دیوار (λP_c) بیش از ۲ برابر نیروی خارج از صفحه وارد بر واحد سطح دیوار ($2P_u$) درنظر گرفته شود.

www.gcivilh.ir

مقطع کلاف قائم باید به نحوی طراحی شود که ظرفیت خمشی اسمی آن (بدون درنظر 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

کلاف قائم		ابعاد کلاف $b \times h$ (h بعد کلاف در امتداد خارج از صفحه دیوار است)	میلگرد طولی	میلگرد عرضی (خاموت)	ظرفیت خمشی کلاف
	تیپ ۱	۳۰۰ mm×۳۰۰ mm	۴Φ۱۶	Φ۸@۱۲۰mm	۴۰ kN.m
	تیپ ۲	۳۰۰ mm×۳۰۰ mm	۶Φ۱۶	Φ۸@۱۲۰mm	۵۵ kN.m
	تیپ ۳	۳۰۰ mm×۳۰۰ mm	۸Φ۱۶	Φ۸@۱۲۰mm	۷۰ kN.m
	تیپ ۴	۳۰۰ mm×۴۰۰ mm	۴Φ۱۶	Φ۸@۱۵۰mm	۶۰ kN.m
	تیپ ۵	۳۰۰ mm×۴۰۰ mm	۶Φ۱۶	Φ۸@۱۵۰mm	۸۰ kN.m
	تیپ ۶	۳۰۰ mm×۴۰۰ mm	۸Φ۱۶	Φ۸@۱۵۰mm	۱۰۵ kN.m

تذکر۲: 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

www.gcivilh.ir

مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه)، معادل f_y ($^{1.4}/_{f_y}$ برحسب مگاپاسکال است)، باشد.

تذکر۳: 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 ۰/۰۰۳ کمتر باشد.

تذکر۴: فواصل خاموت‌های کلاف قائم (میلگردهای برشی) نباید از نصف عمق موثر مقطع کلاف بیشتر باشد.

تذکر۵: بتن مصرفی در کلاف قائم باید حداقل دارای مقاومت فشاری مشخصه ۲۰ مگاپاسکال باشد.

تذکر۶: لازم است کلیه میلگردهای مورد استفاده در کلاف‌های قائم، به صورت آج‌دار بوده و در داخل شالوده مطابق شکل (۴-۱۱) مهار شوند.

تذکر۷: 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 درنظر 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 دیوارمحوطه

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 ۱۷ متر و ارتفاع ۲/۵ متر مربوط به یک ساختمان مسکونی در شهر تهران می‌باشد. خاک منطقه براساس دسته‌بندی استاندارد ۲۸۰۰ ایران نوع ۲ می‌باشد. در هر دو وجه دیوار محوطه، نمای سنگی نصب خواهد شد.

- **گام۱:** 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.

$$W_w = 0.\ \times\ +\ \times(\ \times\ .\ +\ \times\ .\ ) =\ \frac{kg}{m} =\ .\ \frac{kN}{m}$$

www.gcivilh.ir

- **گام۲:** 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.

$$P_{eq} = ۰.۴A(۱ + S)I_eW_w = ۰.۴ \times ۰.۳۵ \times (۱ + ۱.۵) \times ۱ \times ۴.۶ = ۱.۶۱ \text{ kPa}$$

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

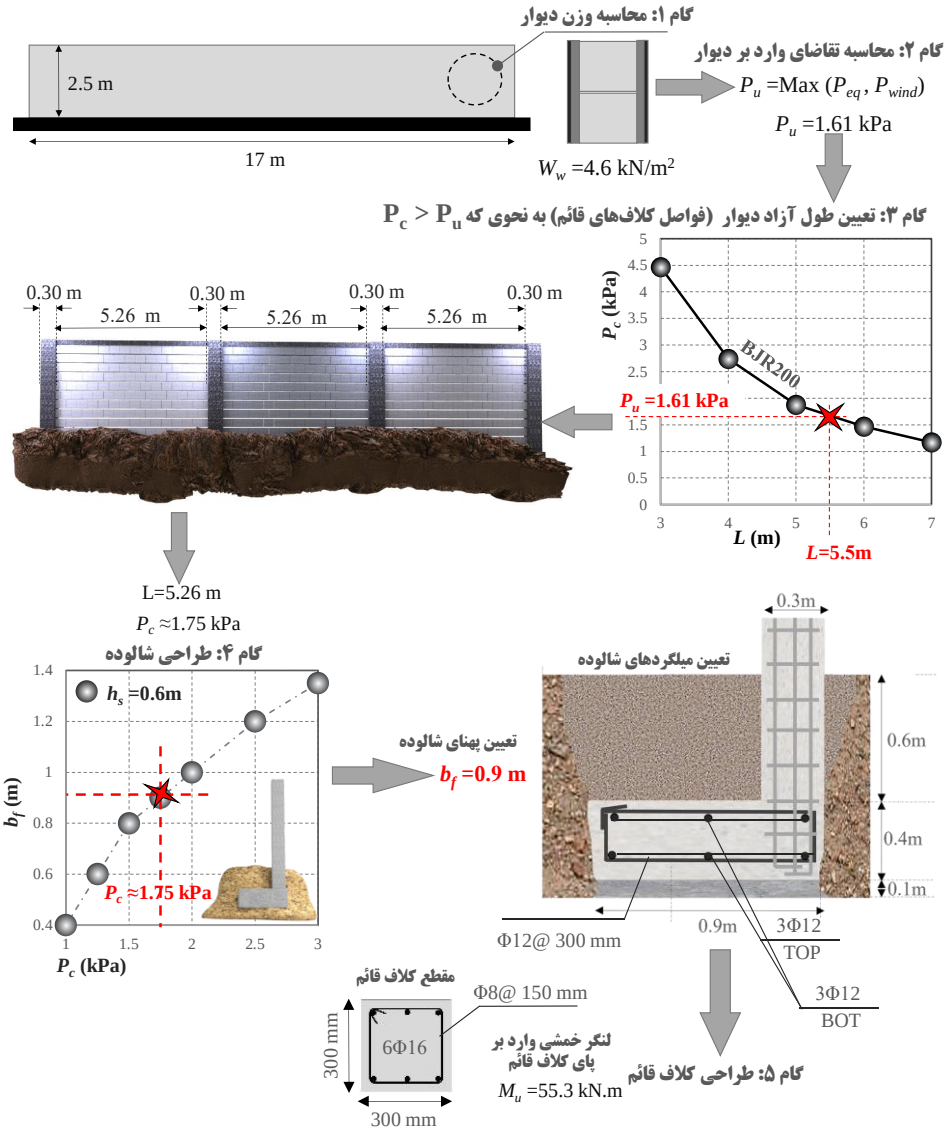
$$P_{wind} = \frac{۰.۱۱I_wV^۲}{۱۰۰۰} = \frac{۰.۱۱ \times ۱ \times ۱۰۰^۲}{۱۰۰۰} = ۱.۱\ kPa$$

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

$$P_u = Max(P_{eq}, P_{wind}) = ۱.۶۱\ kPa > ۱\ kPa$$

توجه شود بر اساس این دستورالعمل، نیروی خارج از صفحه طراحی که بر واحد سطح دیوار اعمال می شود (P_u)، تحت هیچ حالتی نباید کمتر از ۱ kPa درنظر گرفته شود.

www.gcivilh.ir



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

www.gcivilh.ir

- **گام ۳:** با داشتن نیروی وارد بر واحد سطح دیوار (P_u)، 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_u) 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 درنظر گرفت.
- **گام۴:** 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 به‌دست می‌آید. در صورتی‌که 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 به‌دست 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.

www.gcivilh.ir

- **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.

$$M_u = \lambda P_c L H(۰.۵H + h_s)$$
$$= ۱.۳ \times ۱.۷۵ \times ۵.۲۶ \times ۲.۵ \times (۰.۵ \times ۲.۵ + ۰.۶)$$
$$= ۵۵.۳\ kN.m$$

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.

www.gcivilh.ir

فصل ۵: سایر الزامات

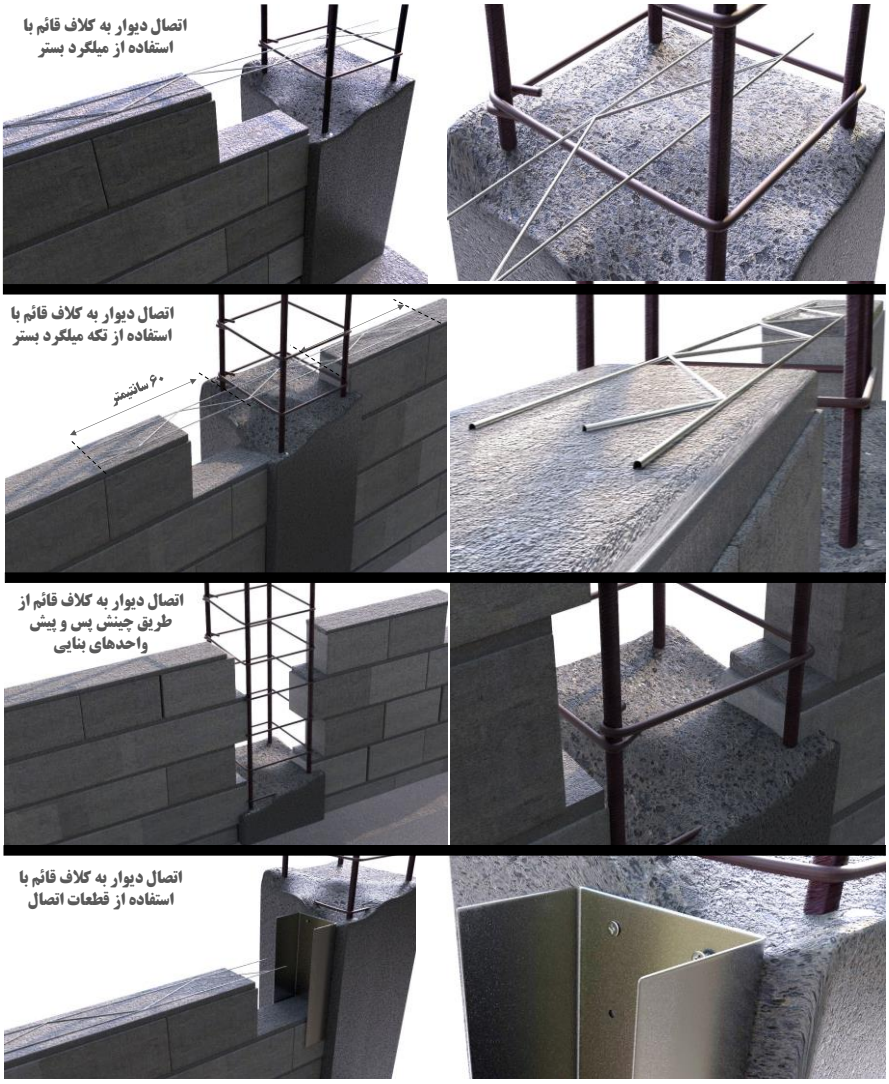
۵-۱- اتصال دیوار به کلاف قائم

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، مطابق شکل (۵-۱)، تأمین نمود. تکه‌های میلگرد بستر باید حداکثر به فواصل یک رج درمیان در امتداد ارتفاع پانل بنایی اجرا شده، به طور کامل در داخل کلاف قائم بتنی قرار گرفته و حداقل به میزان ۶۰ سانتی‌متر داخل پانل بنایی امتداد یابند. در این روش قالب‌بندی کلاف‌های قائم بتنی باید به نحوی باشد که بلوک‌های دیوار در تماس مستقیم با بتن تازه، قرار گیرند. 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.

www.gcivilh.ir



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 دوبل استفاده می‌شود. با توجه به

www.gcivilh.ir

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.

۵-۲- 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 زیگزاگ معادل آن، استفاده نمود.

۵-۳- 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 به‌صورت 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 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 اجزاء محدود مطابق الزامات بند ۵-۹ استفاده نمود.

۵-۴- 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 فواصلی 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

www.gcivilh.ir

قائم مشابه درز انبساط عمل نموده و در صورت استفاده از این نوع اتصال، نیاز به تعبیه درز انبساط دیگری نیست. در این صورت حداقل فاصله بین پانل بنایی و کلاف قائم باید ۱۰ میلی‌متر باشد.

تذکر۱: عبور میلگرد بستر یا کامپوزیت شبکه الیاف از درز انبساط بلامانع است.

تذکر۲: 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.

تذکر۳: 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.

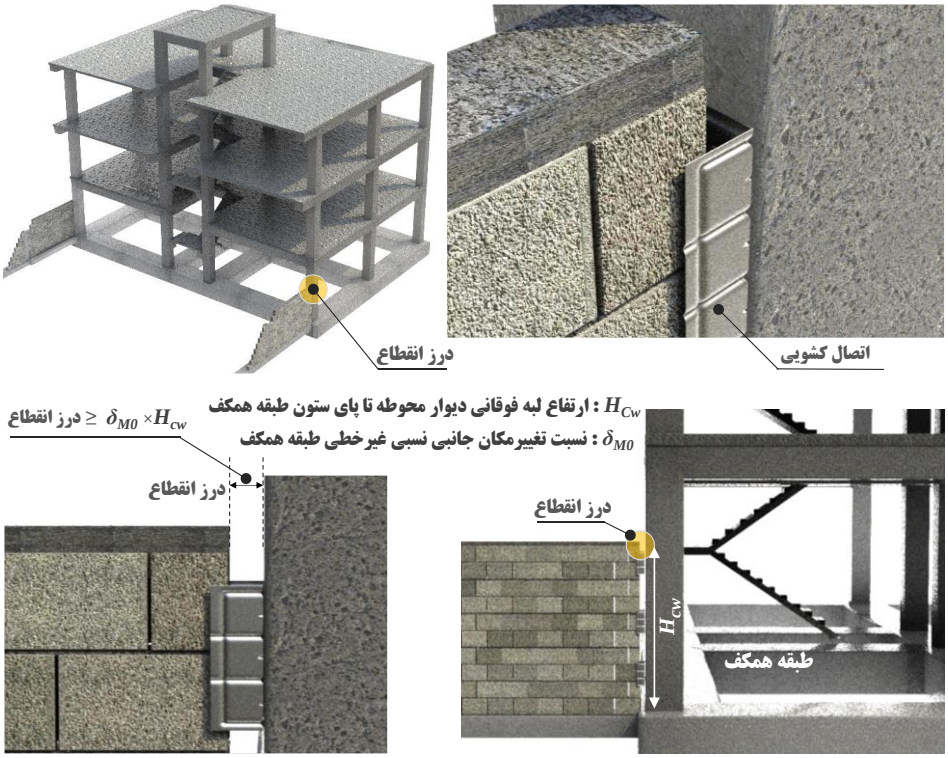
تذکر۴: برای جلوگیری از مسدود شدن درز انبساط، لازم است محل درز انبساط با مصالح انعطاف‌پذیر پر شود. برای این منظور می‌توان از پشم سنگ، فوم، پلی‌استایرن یا سایر مصالح مشابه استفاده نمود.

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 دریفت 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 درنظر گرفته شود. در غیاب محاسبات دقیق، مقدار درز انقطاع را می‌توان برابر با ۲٪ ارتفاع دیوار محوطه درنظر گرفت.

www.gcivilh.ir

تذکر: 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.

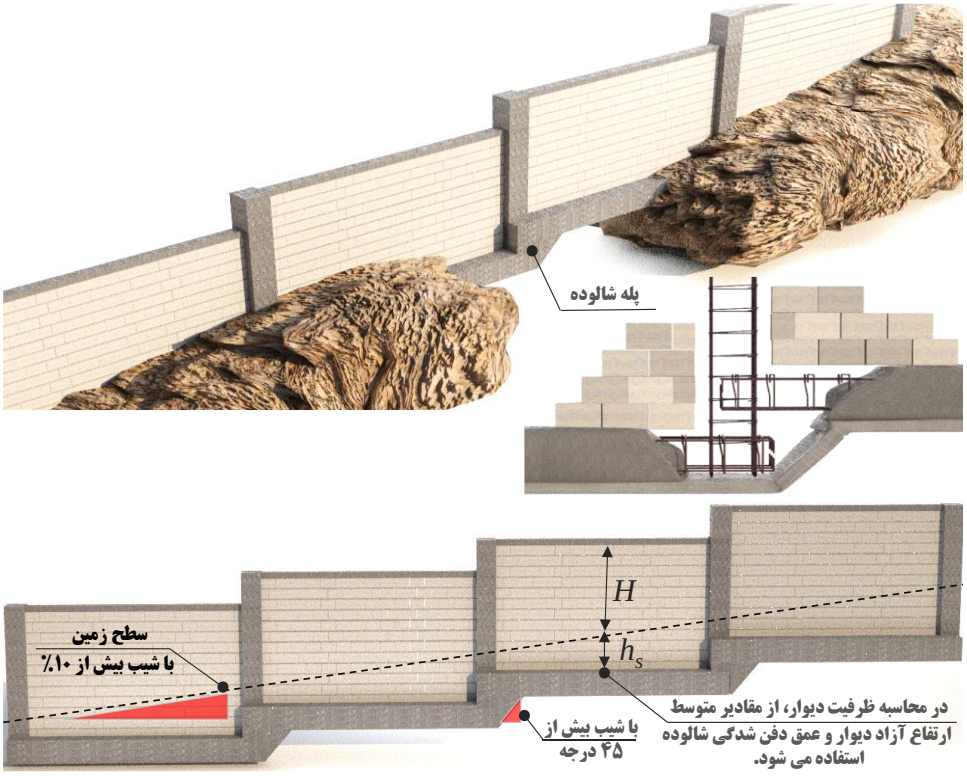


شکل ۵-۲- درز انقطاع مابین دیوار محوطه و ساختمان مجاور برای جلوگیری از آسیب به ستون سازه و دیوار محوطه

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 به‌صورت پله‌ای در شکل (۵-۳) نشان داده شده است.

www.gcivilh.ir



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

تذکر۱: 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 درنظر گرفته شود.

تذکر۲: در خاک‌های مسئله‌دار 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، 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.

www.gcivilh.ir

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.

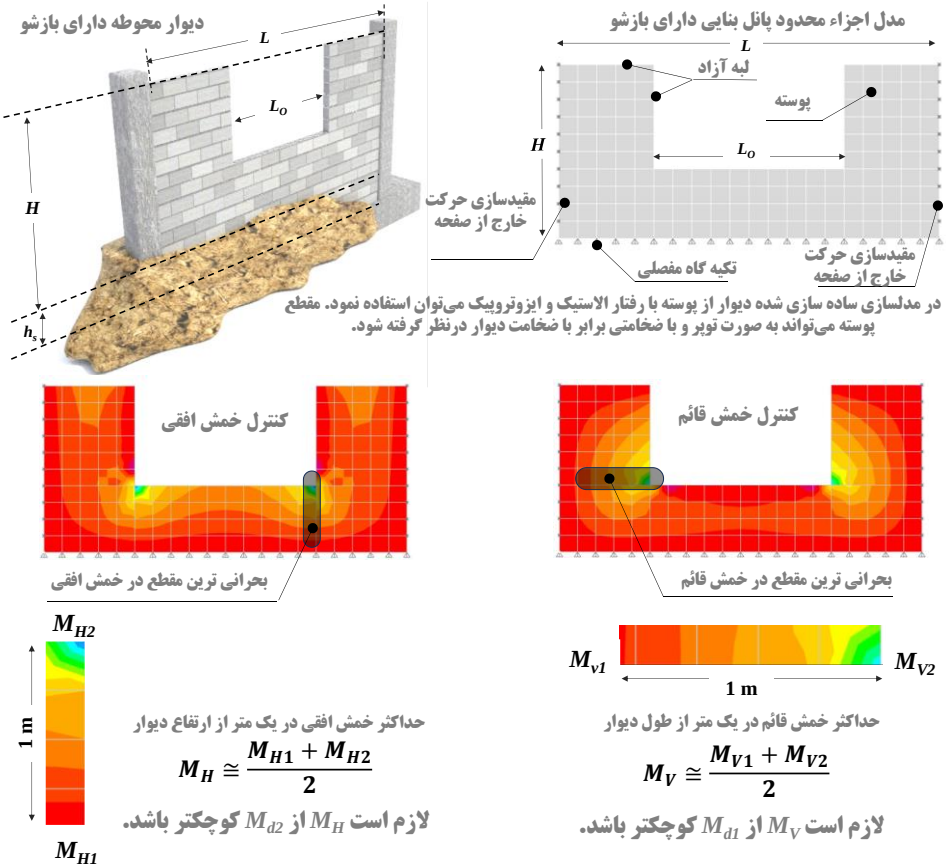
۵-۹- طراحی بر اساس شبیه سازی اجزاء محدود

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_u) قرار داد. مقطع پوسته را می‌توان به صورت توپر و دارای ضخامتی برابر با ضخامت دیوار درنظر گرفت. نیازی به اعمال ضرایب کاهش سختی برای مقطع دیوار نبوده و مدول الاستیک دیوار را می‌توان برابر با ۲۰۰۰ مگاپاسکال درنظر گرفت. 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 بحرانی ترین 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. نمونه‌ای از نحوه کنترل ظرفیت فروریزش خارج از صفحه برای یک پانل بنایی دارای بازشو در شکل (۵-۴) نشان داده شده است.

www.gcivilh.ir



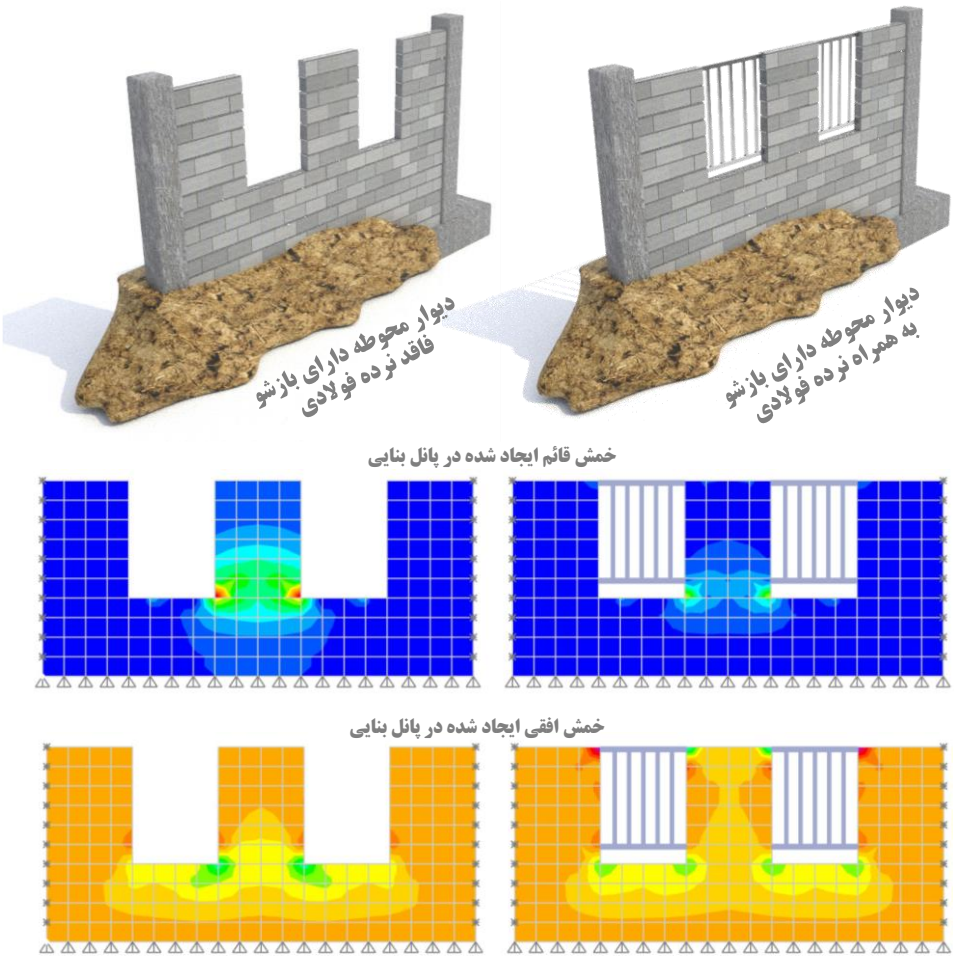
شکل ۵-۴- کنترل فروریزش خارج از صفحه پانل بنایی بر اساس شبیه سازی اجزاء محدود

تذکر۱: 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 بازشوهای متعدد و .... قابل استفاده است.

تذکر۲: در صورتی که در بازشوهای دیوار محوطه از نرده های فولادی با مقطع مشخص استفاده شده و نرده ها به شکل مناسبی به لبه های پانل بنایی اتصال یافته باشند، می‌توان در مدل اجزاء محدود پانل بنایی، اثر نرده‌های فولادی را نیز لحاظ نمود. مطابق شکل (۵-۵) حضور یا عدم حضور نرده‌ها و امتداد قرارگیری آن‌ها در مقدار خمش خارج از صفحه ایجاد شده در پانل بنایی

www.gcivilh.ir

موثر بوده و در اکثر موارد حضور نرده‌های فولادی (به ویژه نرده‌های افقی) منجر به کاهش تمرکز خمش و توزیع یکنواخت‌تر خمش خارج از صفحه در پانل بنایی می‌شوند. لذا همواره توصیه می‌شود بازشوهای پانل بنایی دارای نرده‌های فولادی (به ویژه نرده‌های افقی) باشند.



شکل ۵-۵- تاثیر نرده‌های فولادی بازشو در توزیع خمش خارج از صفحه پانل بنایی

www.gcivilh.ir

- **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 درنظر 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.

تذکر۳: 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 الیاف 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.

تذکر 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 الیاف 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.

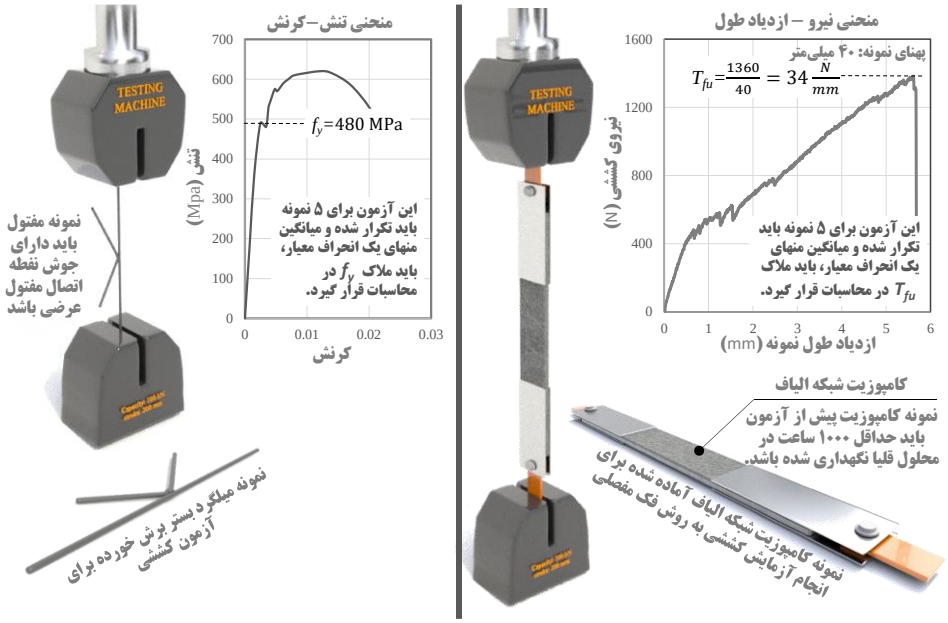
- **کنترل کیفیت میلگرد بستر**

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 ۵ میلی‌متر بیشتر و از ۳ میلی‌متر کمتر باشد. در محاسبه ظرفیت خمش خارج از صفحه دیوار مسلح به میلگرد بستر، مقاومت تسلیم میلگرد بستر (f_y) ملاک عمل می‌باشد.

www.gcivilh.ir

این کمیت باید بر اساس میانگین منهای یک انحراف معیار نتایج حاصل از آزمون کششی حداقل بر روی ۵ نمونه مفتول به‌دست 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 (۵-۶) نشان داده شده است.

تذکر۲: 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 (۵-۶)).



شکل ۵-۶- 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

www.gcivilh.ir

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 به‌دست آید. جزئیات اتصال نمونه‌های کامپوزیت به دستگاه آزمون کشش باید به نحوی باشد که هیچ نوع فشار جانبی بر سطح کامپوزیت وارد نشود. نمونه‌ی چنین جزئیاتی در شکل (۵-۶) نشان داده شده است. نمونه‌های کامپوزیت شبکه الیاف باید پیش از آزمون حداقل به مدت ۱۰۰۰ ساعت (۴۲ روز) در محلول قلیایی با $PH>۹,۵$ و دمای حداقل 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 نیز تحت آزمون کششی قرار گیرند. 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.

تذکر۳: 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 هیدارسیون 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.

تذکر۴: 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 می‌باشند و در صورت تغییر هریک از این موارد لازم است آزمون‌های کششی ارائه شده در این بخش تکرار شوند. 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.

تذکر۵: 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

www.gcivilh.ir

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.

تذکر۶: 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 ٤٣٤ می‌باشد.

۵-۱۱- عمل‌آوری 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 می‌توان 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.

تذکر۱: رطوبت بتن استفاده شده در شالوده دیوار محوطه باید حداقل در سه روز اول پس از بتن‌ریزی شالوده حفظ شود.

تذکر۲: رطوبت بتن استفاده شده در کلاف‌های قائم و افقی دیوار محوطه باید حداقل در سه روز اول پس از بتن‌ریزی کلاف حفظ شود.

تذکر۳: در صورتی که دمای محیط در زمان ساخت یا عمل‌آوری 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، می‌توان از تمهیدات ارائه شده توسط آیین نامه بتن ایران (آبا) استفاده نمود.

www.gcivilh.ir

تذکر۴: در صورتی که دمای محیط در زمان ساخت یا عمل‌آوری 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، می‌توان از تمهیدات ارائه شده توسط آیین‌نامه بتن ایران (آبا) استفاده نمود.

www.gcivilh.ir

مراجع

- استاندارد ۲۸۰۰ ایران، آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۳۹۳
- آیین نامه 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

www.gcivilh.ir

ACI ٥٤٩,٦R (٢٠٢٠), 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 ٤٣٤ (٢٠١٦), 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).

www.gcivilh.ir

یادداشت.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

www.gcivilh.ir

یادداشت.....