راهنمای طراحی و اجرای دیوارهای

بنایی محوطه

عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه/تهیه‌کننده دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان.
مشخصات نشر	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری	: ۵۴ ص.: مصور (بخشی رنگی).
فروست	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شماره نشر: ک-۱۰۴۰
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۴۵۳-۱
وضعیت فهرست نویسی	؛ فیپا
یادداشت	: ص.ع. به انگلیسی: Guidelines for Design and Construction of Perimeter Masonry Walls
یادداشت	: کتابنامه: ص.[۵۳]-۵۴.
موضوع	: دیوارها -- طراحی و ساخت
موضوع	: Walls -- Design and construction
شناسه افزوده	: ایران. وزارت مسکن 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	۷۲۱٫۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۱۲۹۳۳۷
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیپا

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
معاونت مسکن و ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

نام کتاب: راهنمای 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- ۱۰۴۰

نوبت چاپ: اول ۱۴۰۲ **تیراژ: ۱۰۰۰۰جلد**

قطع: وزیری **قیمت: ۶۰۰/۰۰۰ ریال**

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۴۵۳-۱ **ISBN: 978-600-113-453-1**

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

پست الکترونیکی: Mabhas@inbr.ir **فروش الکترونیکی:** http:// pub.bhrc.ac.ir

نامه ابلاغ

کتاب راهنمای طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه برای بهره‌بـرداری مهندسین عمران و در جهت بهبود در ساخت‌وساز و رفع مشکلات آن ابلاغ می‌گردد.

هادی عباسی‌اصل

معاون ساختمان و مسکن وزارت راه و شهرسازی

بهمن ۱۴۰۱

پیشگفتار

باتوجه به بروز خسارات گسترده در دیوارهای محوطه در زلزله‌های گذشته و نیز عدم شفافیت کافی در آیین‌نامه‌های موجود درخصوص نحوه طراحی و اجرای دیوارهای محوطه، ضرورت تدوین دستورالعملی به‌منظور طراحی دیوارهای بنایی محوطه مشخص گردید. با توجه به پیشرفت‌های اخیر در خصوص طراحی محاسباتی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای، در تدوین دستورالعمل حاضر، از رویکرد تجویزی تا حد امکان پرهیز شده و طراحی دیوار براساس روش مهندسی و بر مبنای محاسبات فنی و مقایسه ظرفیت و تقاضای وارده بر دیوار انجام گرفته است. عملکرد مناسب دیوارهای محوطه در حین زلزله نه تنها از منظر ایمنی جانی، بلکه از منظر حفظ حریم ساختمان، عدم ایجاد اخلال در مسیرهای امدادرسانی و نظم شهری از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. امید است دستورالعمل پیشرو گامی رو به جلو به منظور بهبود تاب‌آوری در برابر حوادث غیرمترقبه به ویژه زلزله باشد.

حامد مانی‌فر

مدیرکل دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

مجری طرح	
دکتر سیدامین موسوی	مهندسین مشاور

اعضای کارگروه تدوین (به ترتیب حروف الفبا)	
مهندس مسعود افراز	معاون ترویج و کنترل ساختمان - دفتر مقررات ملّی و کنترل ساختمان
مهندس ایزد بنی مصطفی	مهندسین مشاور
مهندس اکبر باقریان	معاون فنی و مهندسی سازمان نوسازی شهر تهران
دکتر علی خان‌سفید	عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دکتر میثم صمدی	عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد مشهد
دکتر سیدامین موسوی	مهندسین مشاور
دکتر احسان نوروزی‌نژاد	عضو هیات علمی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

اعضای گروه مدیریت و راهبری	
دکتر محمود محمودزاده	معاون وقت 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	مهندسین مشاور
مهندس سارا احمدلو	مهندسین مشاور
دکتر حمیدرضا امیری	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

دکتر فرزان حداد شرق	مهندسین مشاور
دکتر مسعود حسین‌زاده اصل	عضو هیات علمی دانشگاه تبریز
دکتر علی خیرالدین	مهندسین مشاور
مهندس صمد دهقان‌اسکویی	مهندسین مشاور
مهندس امید رسولی	مهندسین مشاور
مهندس سید مصطفی رضوی	مهندسین مشاور
دکتر سیدرضا سرافرازی	عضو هیات علمی دانشگاه بیرجند
دکتر عبدالرضا سروقد مقدم	عضو هیات علمی پژوهشگاه بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله
مهندس محمد صدقی	مهندسین مشاور
دکتر مهدی علیرضائی	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد ملایر
مهندس زهرا غلامی	مهندسین مشاور
مهندس جواد قدرتی	مهندسین مشاور
دکتر کوهی کمالی	مهندسین مشاور
دکتر مهدی کفایی کیوی	عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد ساوه
دکتر محمد محمدی ده چشمه	عضو هیات علمی گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد
مهندس سیدمحمودنجفی الموسوی	مهندسین مشاور
دکتر مهدی هادی	مهندسین مشاور
دکتر علی‌اکبر یحیی‌آبادی	مهندسین مشاور

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

تهیه این ضابطه یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از آقای دکتر هادی عباسی‌اصل، معاون مسکن و ساختمان و قائم‌مقام وزیر در نهضت ملی مسکن وزارت راه و شهرسازی بابت حمایت از چاپ و انتشار این متن به‌طور ویژه تشکر و قدردانی می‌گردد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ۳

فصل ۱: مقدمه و دامنه کاربرد ۱۳

فصل ۲: دیوارهای بنایی محوطه ۱۷

فصل ۳: محاسبه نیروی وارد بر دیوار محوطه ۲۳

۳-۱ نیروی ناشی از زلزله ۲۳

۳-۲ نیروی ناشی از باد ۲۵

۳-۳ سایر نیروهای تصادفی ۲۵

فصل ٤: محاسبه ظرفیت دیوار محوطه ۲۷

۴-۱ محاسبه ظرفیت پانل بنایی ۲۷

۴-۲ کنترل لنگر واژگونی ۳۱

۴-۳ کنترل ظرفیت خمشی کلاف قائم ۳۷

۴-۴ نمونه طراحی دیوارمحوطه ۴۱

فصل ۵: سایر الزامات ۴۵

۵-۱ اتصال دیوار به کلاف قائم ۴۵

۵-۲ کلاف افقی ۴۷

۵-۳ بازشو در دیوار محوطه ۴۷

۵-۴ درز انبساط ۴۸
۵-۵ درز انقطاع ۴۹
۵-۶ اجرای دیوار بر روی شیب ۵۰
۵-۷ تغییر امتداد دیوار ۵۲
۵-۸ زهکشی دیوار ۵۲
مراجع ۵۳

فصل ۱

مقدمه و دامنه کاربرد

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

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

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

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

دستورالعمل حاضر بـه طراحـی دیوارهـای بنـایی محوطـه بـا رویکـرد محاسـباتی و غیرتجویزی اختصاص دارد. دیوار محوطه می‌تواند از بلوک‌های سیمانی توخالی و یا آجر فشاری یا آجر فشاری سوراخ‌دار ساخته شده باشد. همچنین دیـوار مـی‌توانـد بـه‌صـورت مسلح به میلگرد بستر و یا فاقد میلگرد بستر باشـد. اگرچـه بارگـذاری اصـلی دیوارهـای بنایی در این دستورالعمل بار باد و زلزله درنظر گرفته شده است، اما با توجـه بـه اینکـه براساس این دستورالعمل، طراح قادر خواهد بود مقاومت خارج از صفحه دیوار را محاسبه کند؛ طراحی دیوار محوطه برای سایر بارهای تصادفی از جمله ضـربه ناشـی از برخـورد، انفجار، سیل و سایر بارهای خارج از صفحه نیـز ممکـن خواهـد بـود. همچنـین در ایـن دستورالعمل تمرکز بر روی دیوارهای بنایی محوطه واقع بر خاک‌های غیرمسئله‌دار بـوده و طراحی دیوارهای محوطه ساخته شده از بتن مسلح، پانل‌های سه بعدی و یـا قطعـات پیش ساخته و نیز دیوارهای محوطـه بـر روی خـاک‌هـای مسـئله‌دار و یـا در مجـاورت شیروانی‌های با شیب تند و مستعد ناپایداری خارج از اهداف این دستورالعمل می‌باشد.

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

فصل ۲

دیوارهای بنایی محوطه

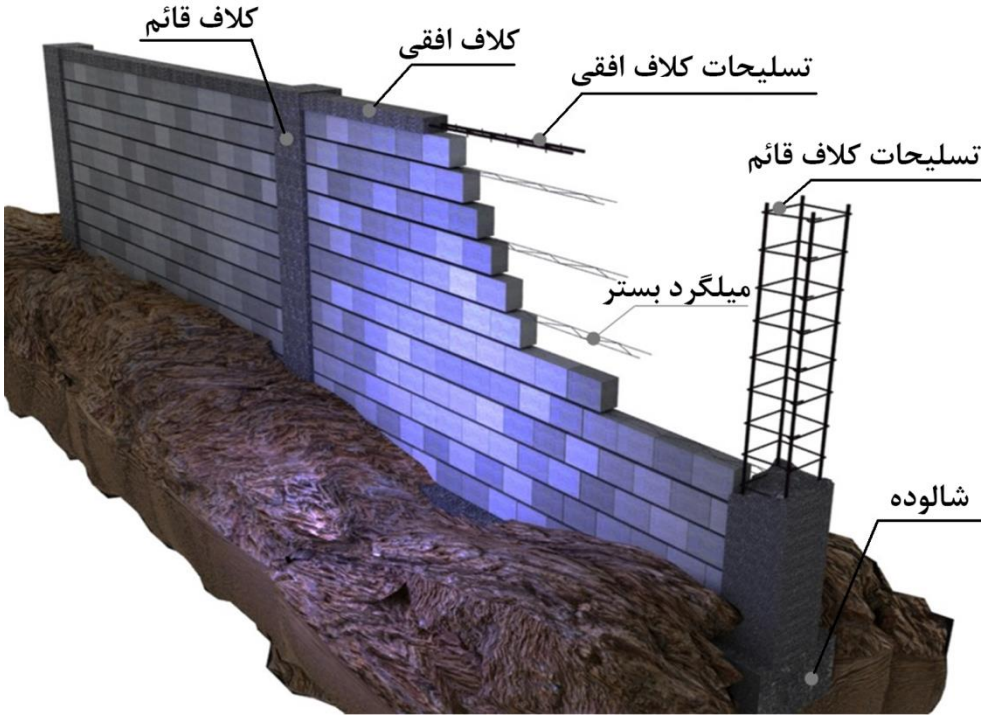
مطابق (**شکل ۲-۱**) دیوارهای محوطه بنایی عمدتاً شامل قسمت بنایی (پانل بنایی)، کلاف قائم، کلاف افقی و شالوده می‌شوند که در ادامه وظیفه هر یک از این اجزا بیان شده است.

پانل بنایی: پانل بنایی دیوار، قسمت اصلی دیوار بوده که وظیفه اصلی جداسازی محوطه از محیط اطراف را بر عهده دارد. ارتفاع قسمت بنایی به کاربری محوطه جداسازی شده بستگی داشته، اما عمدتاً بین ۲ تا ۳ متر می‌باشد. در دستورالعمل حاضر، واحدهای بنایی به کار رفته در قسمت بنایی صرفاً از نوع بلوک‌های سیمانی توخالی و یا آجر فشاری (با یا بدون سوراخ) می‌باشند که می‌توانند دارای میلگرد بستر و یا غیرمسلح باشند.

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

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

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

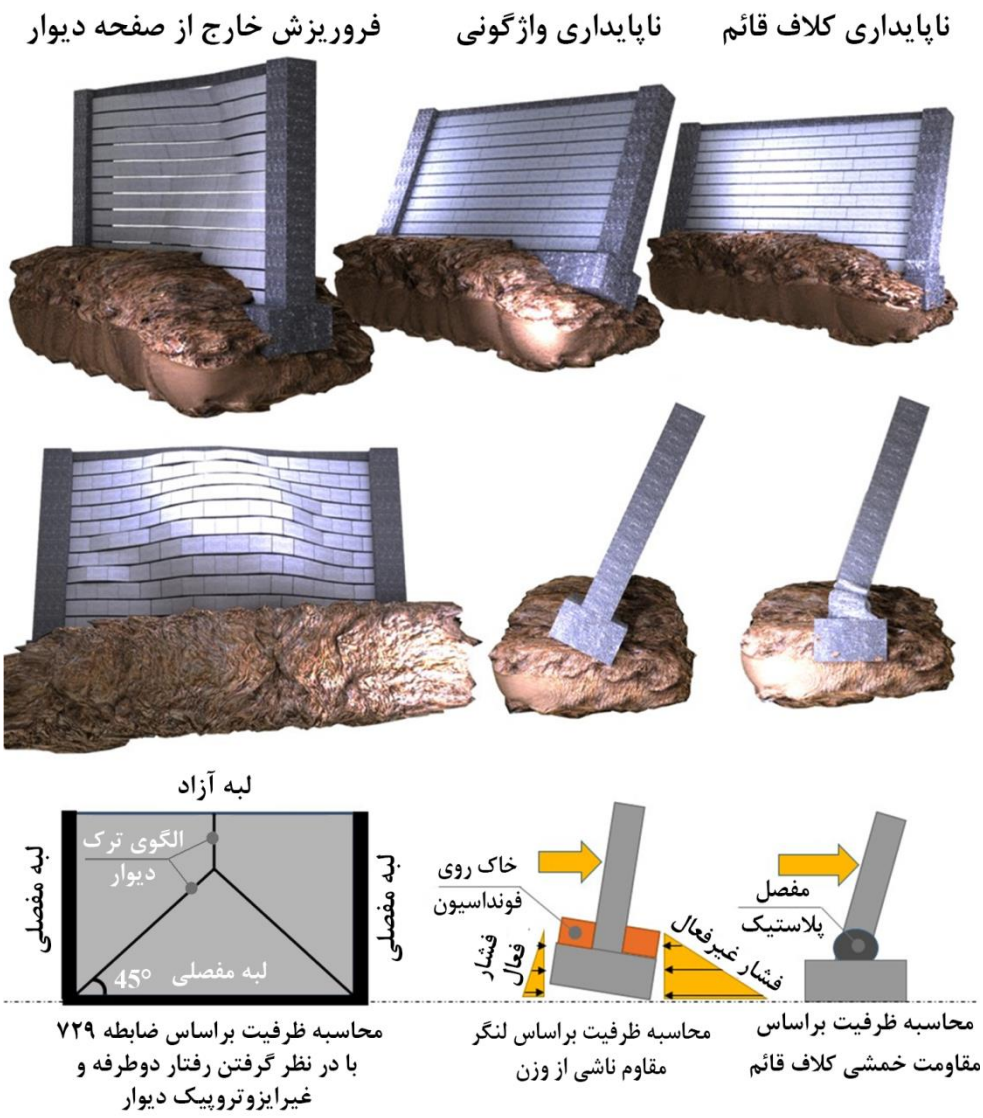


شکل ۲-۱ قسمت‌های اصلی دیوارهای محوطه بنایی

در خصوص دیوارهای محوطه، سه مود شکست اصلی که در زلزله‌های پیشین رخ داده است در (**شکل ۲-۲**) نشان داده شده است. این مودهای شکست عبارتنداز:

- **آستانه فروریزش خارج از صفحه پانل بنایی:** در این مود شکست، تقاضای خارج از صفحه وارد بر دیوار فراتر از ظرفیت خارج از صفحه دیوار بوده و منجر به بروز ناپایداری در قسمت بنایی دیوار می‌شود. از جمله عواملی که می‌توان ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی دیوار را ارتقا داد عبارتنداز: استفاده از میلگرد بستر، استفاده از ملات با چسبندگی بالا، افزایش ضخامت دیوار و کاهش فواصل

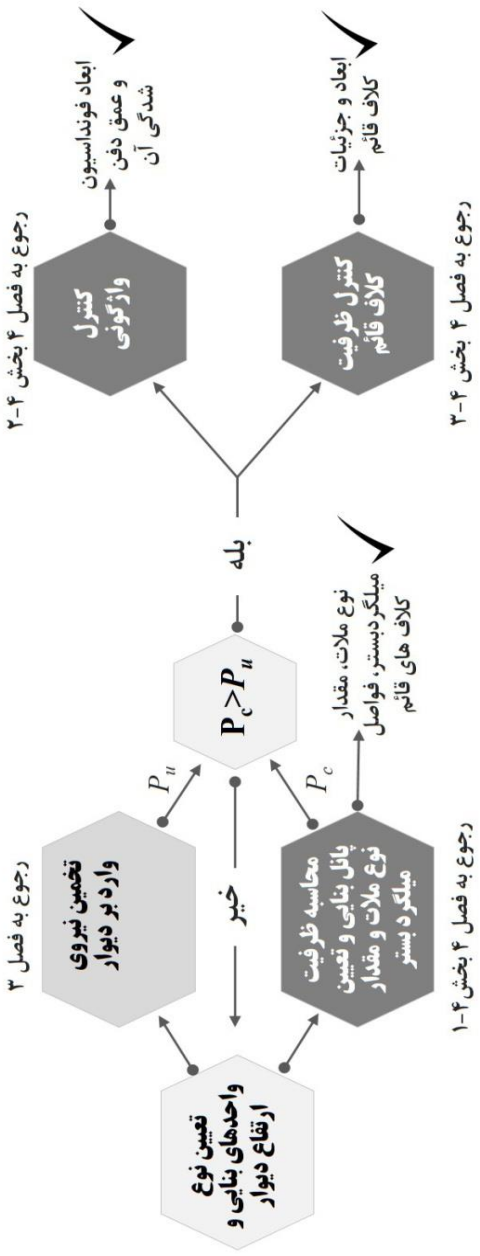
کلاف‌های قائم (کاهش طول آزاد پانل بنایی). علاوه بر موارد فوق، درصورتی‌که از بلوک‌های ته خالی در ساخت دیوار استفاده شده باشد، تزریق دوغاب داخل حفره‌ها نیز می‌تواند به شکل قابل توجهی منجر به ارتقای ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی گردد.



شکل ۲-۲ مودهای شکست دیوارهای محوطه

- **ناپایداری واژگونی:** در این مود شکست، دیوار محوطه همانند یک جسم صلب حول پاشنه خود دوران کرده و واژگون می‌شود. عامل مقاوم موثر در برابر این مود شکست لنگر مقاوم ناشی از نیروی ثقلی است. لذا با افزایش وزن دیوار (فقط در برابر باد)، افزایش عمق شالوده و افزایش پهنای شالوده، ظرفیت دیوار در برابر این مود شکست افزایش می‌یابد.
- **ناپایداری کلاف قائم:** در این مود شکست، کلاف قائم از ظرفیت خمشی کافی برخوردار نبوده و در پای دیوار مفصل پلاستیک با دوران بیش از حد ایجاد می‌شود. به‌منظور ارتقای ظرفیت دیوار در برابر این مود شکست لازم است کلاف قائم حتماً مسلح بوده و با استفاده از بتن (نه ملات یا دوغاب) ساخته شده باشد.

روند طراحی گام به گام دیوارهای محوطه مطابق دستورالعمل حاضر در (**شکل ۲-۳**) نشان داده شده است که جزئیات هر گام در بندهای پیش رو ارائه شده است.



شکل ۲-۳ فلوچارت طراحی دیوارهای محوطه

فصل ۳

محاسبه نیروی وارد بر دیوار محوطه

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

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

۳-۱ نیروی ناشی از زلزله

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

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

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

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

دیوار در محدوده شتاب ثابت طیف طرح قرار داشته لذا مقدار شتاب طیفی برابر با A(1+S) می‌باشد. همچنین ضریب رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی محوطه را میتوان مشابه دیوارهای پیرامونی ساختمان برابر ۲/۵ درنظر گرفت. این عدد با نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده نیز مطابقت دارد. لذا نیروی لرزه‌ای وارده بر دیوار را می‌توان معادل فشاری با توزیع یکنواخت در امتداد خارج از صفحه دیوار مطابق رابطه (۳-۲) درنظر گرفت.

$$P_{eq} = 0.4A(1 + S)I_e W_w \qquad (۲-۳)$$

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

تذکر۱: لازم است ضریب اهمیت دیوار محوطه معادل ضریب اهمیت مهمترین ساختمان اصلی محوطه درنظر گرفته شود. درصورتی‌که محوطه فاقد ساختمان باشد، می‌توان ضریب اهمیت را برابر ۰/۸ درنظر گرفت.

تذکر۲: در محاسبه وزن واحد مترمربع دیوار (W_w) لازم است وزن ناشی از نما، سیمانکاری، حفاظ و نرده‌های نصب شده بر روی دیوار لحاظ گردد.

تذکر۳: در صورتی‌که برای ساختمان داخل محوطه، تحلیل خطر ویژه ساختگاه انجام شده باشد، لازم است به جای عبارت $A(1+S)$ در رابطه (۳-۲) از مقدار حداکثر شتاب طیف در سطح زمین استفاده شود.

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

۳-۲ نیروی ناشی از باد

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

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

در رابطه فوق برای دیوار روی سطح زمین C_f=۱/۳ بوده (برای دیوار با نسبت طول به ارتفاع بیش از ۱۰) وضریب نیروی عمودی برای دیوار روی سطح زمین C_n=۰/۶ است. فشار مبنای باد q برحسب کیلونیوتن 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 تغییرسرعت 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 نیروی متر طول دیوار به فشار خارج از صفحه و با ضرب ضریب ۱/۶ به منظور تبدیل نیروی باد از سطح سرویس به سطح نهایی، نیروی سطح نهایی باد وارده بر یک مترمربع از سطح دیوار را می‌توان بر اساس رابطه (۳-۴) تخمین زد.

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

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

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

۳-۳ سایر نیروهای تصادفی

سایر نیروهای تصادفی عبارتند از نیروی ناشی از ضربه، انفجار، سیل و یا هر نوع بار تصادفی محتمل که در جهت خارج از صفحه به دیوار وارد می‌شود. در این دستورالعمل

لازم است نیروهای تصادفی به‌صورت یک فشار استاتیکی خارج از صفحه با توزیع یکنواخت بر روی دیوار معادل‌سازی شوند. به‌منظور محاسبه نیروهای تصادفی، استفاده از روش‌های شناخته شده در آیین نامه‌ها و دستورالعمل‌های داخلی و بین‌المللی بلامانع است.

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

تذکر۲: به جز دیوارهای محوطه مراکز حساس نظامی و امنیتی، در سایر موارد لزومی به درنظر گرفتن نیروهای تصادفی نمی‌باشد.

تذکر۳: در صورتی‌که دیوار محوطه در یک منطقه سیل خیز مطابق تعریف مبحث ششم مقررات ملی قرار داشته و دیوار محوطه از نوع دیوار فروریزشی درنظر گرفته نشود، لازم است در طراحی و ساخت دیوار محوطه اثرات ناشی از سیل مدنظر قرار گیرد. طراحی این نوع از دیوارهای محوطه خارج از دامنه کاربرد این دستورالعمل بوده و در این موارد نه تنها دیوار محوطه، بلکه شالوده آن نیز باید برای بارهای ناشی از سیل و اثرات آب شستگی آن کنترل شود.

فصل ۴

محاسبه ظرفیت دیوار محوطه

در دستورالعمل حاضر ظرفیت دیوار بر اساس مقاومت خارج از صفحه پانل‌های بنایی دیوار تعیین شده است. سایر اجزای دیوار به صورت ظرفیتی طراحی می‌شوند. به بیان دیگر ابتدا براساس مشخصات پانل بنایی، ظرفیت دیوار محاسبه شده، سپس کلاف‌های قائم و شالوده دیوار طبق این ظرفیت طراحی و کنترل می‌شوند. به عبارت دیگر دیوار محوطه به نحوی طراحی می‌شود که مود شکست آستانه فروریزش خارج از صفحه پانل بنایی قبل از مودهای شکست ناپایداری واژگونی و ناپایداری کلاف قائم رخ دهد.

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

٤-١ محاسبه ظرفیت پانل بنایی

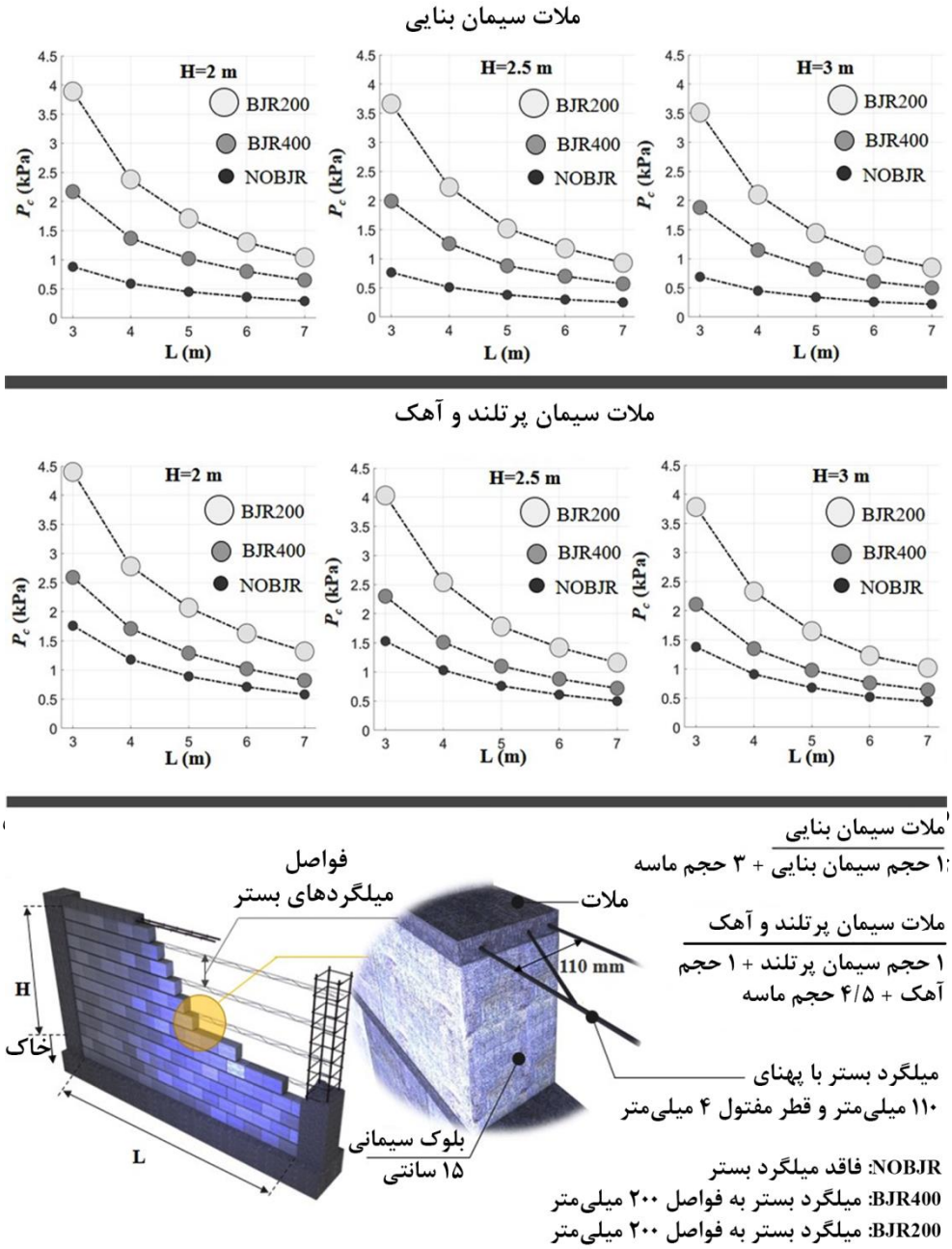
پانل بنایی تحت نیروهای خارج از صفحه همانند یک صفحه غیرایزوتروپیک با عملکرد دوطرفه رفتار می‌کند. منظور از غیرایزوتروپیک بودن رفتار آن است که مقاومت دیوار بنایی تحت خمش افقی با مقاومت آن تحت خمش قائم متفاوت می‌باشد. تخمین ظرفیت پانل بنایی بر اساس ضابطه ۷۲۹ قابل انجام می‌باشد. به‌منظور سهولت برای

برخی از ابعاد متداول دیوار محوطه، ظرفیت دیوار بر اساس ضابطه ۷۲۹ محاسبه شده و در قالب نمودار در (**شکل‌های ۴-۱ تا ۴-۳**) به ترتیب برای دیوار بلوک سیمانی ۱۵ سانتی، دیوار بلوک سیمانی ۲۰ سانتی و دیوار آجر فشاری ۲۲ سانتی (با یا بدون سوراخ) نشان داده شده است. در خصوص دیوارهای محوطه با مشخصاتی متفاوت با مشخصات نمودارهای ارائه شده، لازم است طراح براساس ضابطه ۷۲۹، اقدام به محاسبه ظرفیت خارج از صفحه دیوار مابین دو کلاف قائم نماید. لازم است در محاسبات رفتار دوطرفه و غیرایزوتروپیک دیوار مطابق ضابطه ۷۲۹ لحاظ گردد.

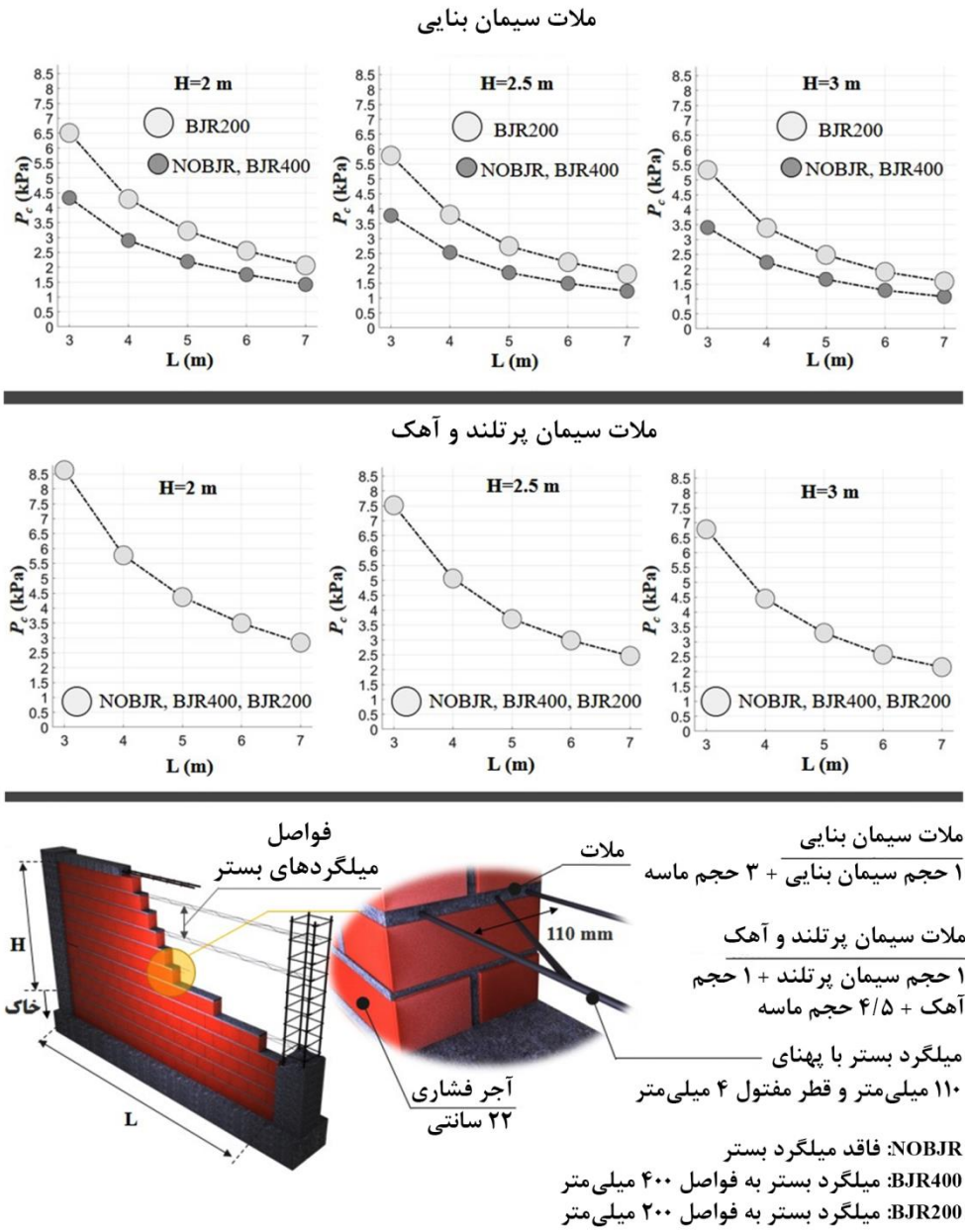
تذکر: در خصوص دیوارهای پر شده با دوغاب لازم است از بلوک‌های توخالی تـه خالی استفاده شود به طوری که دوغاب ریخته شده در رج‌های مختلف دیوار با یکدیگر پیوسته باشند. مطابق ضابطه ۷۲۹، منظور از دوغاب بتنی ریزدانه و روان با مقاومت فشاری ۲۸ روزه حداقل برابر ۱۴ مگاپاسگال است. ملات به کار رفته در بندهای دیوار نمی‌توانند به عنوان دوغاب درنظر گرفته شوند.

در نمودارهای نشان داده شده، H ارتفاع پانل بنایی از خاک روی شالوده تا زیر کلاف افقی بوده و L طول آزاد پانل بنایی است که برابر فاصله بر به بر کلاف‌های قائم در دو لبه پانل بنایی است. ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی با P_c نشان داده شده است که مقدار آن برابر فشار عمود برصفحه دیوار است و منجر به قرار گرفتن پانل بنایی در آستانه فروریزش خارج از صفحه خواهد شد (ضرایب کاهش مقاومت مطابق ضابطه ۷۲۹ در نمودارها لحاظ شده است). نمودارها برای سه ارتفاع پانل ۲ متر، ۲/۵ متر و ۳ متر و طول‌های آزاد ۳ متر تا ۷ متر تهیه شده‌اند. برای سایر طول‌ها و ارتفاع‌ها، تخمین ظرفیت با استفاده از درون‌یابی بین نمودارها مجاز است. همچنین نمودارها برای دو نوع ملات مختلف تهیه شده‌اند. طرح اختلاط هریک از ملات‌ها در پایین نمودارها مشخص شده است. به‌علاوه، نمودارها برای دیوارهای مسلح به میلگرد بستر و دیوارهای غیرمسلح تهیه شده‌اند. در کلیه نمودارها میلگردهای بستر دارای پهنای ۱۱۰ میلیمتر بوده و دارای مفتول‌هایی به قطر ۴ میلی‌متر و مقاومت تسلیم حداقل برابر ۴۵۰ مگاپاسکال هستند. منظور از پهنای میلگرد بستر، فاصله مابین دو مفتول طولی میلگرد بستر است. در تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار محوطه، فرض

می‌شود که لبه فوقانی دیوار آزاد بوده و کلاف افقی نقش تکیه‌گاهی برای لبه فوقانی دیوار ندارد.



شکل ۴-۲ ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی ۲۰ سانتی ساخته شده از بلوک‌های سیمانی توخالی



شکل ۴-۳ ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی۲۲ سانتی ساخته شده از آجر فشاری

تذکر۱: در (شکل ۴-۳) در برخی موارد ظرفیت پانل مسلح و غیرمسلح برابر به‌دست آمده است. دلیل این امر آن است که برای این دیوار به خصوص در برخی موارد،

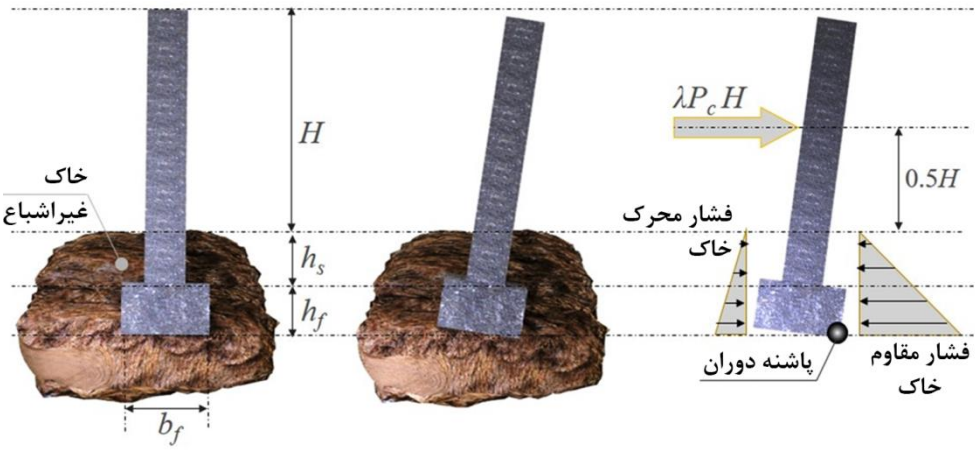
تسلیحات معرفی شده از تسلیحات حداقل کمتر بوده و مقاومت دیوار مسلح از مقاومت ترک خوردگی دیوار کوچکتر شده است. در این مواقع لازم است دیوار به صورت غیرمسلح درنظر گرفته شود.

تذکر۲: استفاده از آرماتور ساده یا آج دار در بندهای بستر دیوار مجاز نبوده و پیوستگی کافی مابین ملات بند بستر و آرماتور تأمین نخواهد شد. لذا به‌منظور مسلح کردن پانل بنایی لازم است از میلگردهای بستر خرپایی و یا نردبانی استفاده شود.

تذکر۳: لازم است چیدمان واحدهای بنایی دارای پیوند ممتد بوده و فاصله افقی بندهای قائم در ردیفت‌های متوالی حداقل یک چهارم طول واحد بنایی باشد.

٤-۲ 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 تامین می‌گردد. لذا برای تأمین ظرفیت کافی در برابر لنگر واژگونی، لازم است شالوده در داخل خاک حداقل به میزان ۴۰ سانتی‌متر مدفون باشد. لنگرهای مقاوم و محرک به ترتیب زیر تخمین زده می‌شوند. دیاگرام آزاد دیوار تحت لنگر واژگونی در (**شکل ۴-۴**) نشان داده شده است.



شکل ۴-۴ دیاگرام آزاد دیوار محوطه تحت لنگر واژگونی

- **لنگر محرک واژگونی:** در این دستورالعمل محاسبه این لنگر بر اساس ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار پانل بنایی (λP_c) تخمین زده می‌شود، لذا مقدار لنگر محرک واژگونی مورد انتظار (M_{oe}) در واحد طول دیوار برابر با (۴-۱) خواهد بود:

$$M_{oe} = \lambda P_c H(0.5H + h_s + h_f) \qquad (۱-۴)$$

ضریب λ برای تبدیل ظرفیت خارج از صفحه طراحی به ظرفیت مورد انتظار پانل بنایی بوده و مقدار آن برای دیوارهای فاقد میلگرد بستر ۱/۷ و برای دیوارهای دارای میلگردبستر ۱/۳ درنظر گرفته می‌شود. به علاوه در رابطه فوق H ارتفاع پانل بنایی، h_s عمق دفن شدگی شالوده و h_f عمق مقطع شالوده است. همچنین مقدار P_c براساس نمودارهای ارائه شده در (شکل‌های ۴-۱ تا ۴-۳) تعیین می‌شود.

تذکر۱: در صورتی که ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار دیوار (λP_c) بیش از ۲ برابر تقاضای خارج از صفحه وارده بر دیوار (P_u) باشد، می‌توان در رابطه (۴-۱) مقدار λP_c را برابر با $2P_u$ درنظر گرفت.

تذکر۲: در صورتی که دیوار محوطه در هیچ یک از دسته دیوارهای (شکل‌های ۴-۱ تا ۴-۳) قرار نگیرد، لازم است طراح مطابق ضابطه ۷۲۹ ظرفیت خارج از صفحه پانل بنایی (P_c) را محاسبه نماید. دراین‌صورت مقدار λPc نیز مطابق P_c به‌دست می‌آید با این تفاوت که ضرایب کاهش مقاومت خمش افقی و قائم دیوار برابر واحد درنظر گرفته می‌شوند.

- **لنگر مقاوم واژگونی:** محاسبه لنگر مقاوم در واحد طول دیوار براساس رابطه (۴-۲) قابل انجام است:

$$M_r = \left(W_w + W_f + W_s\right)\frac{B_f}{2} + \frac{1}{6}\gamma(k_p - k_a)(h_s + h_f)^3 \qquad (۲-۴)$$

وزن واحد طول دیوار محوطه (شامل نما) برابر W_w بوده و W_s و W_f به ترتیب وزن خاک روی شالوده و وزن شالوده در یک متر از طول دیوار است. وزن مخصوص خاک γ

بوده و ضریب فشار مقاوم و محرک خاک به ترتیب با k_p و k_a نشان داده شده است که براساس روابط معتبر مکانیک خاک قابل تخمین هستند. در غیاب داده‌های دقیق، می‌توان از مقادیر محافظه کارانه k_p=2.75 و k_a=0.35 استفاده نمود.

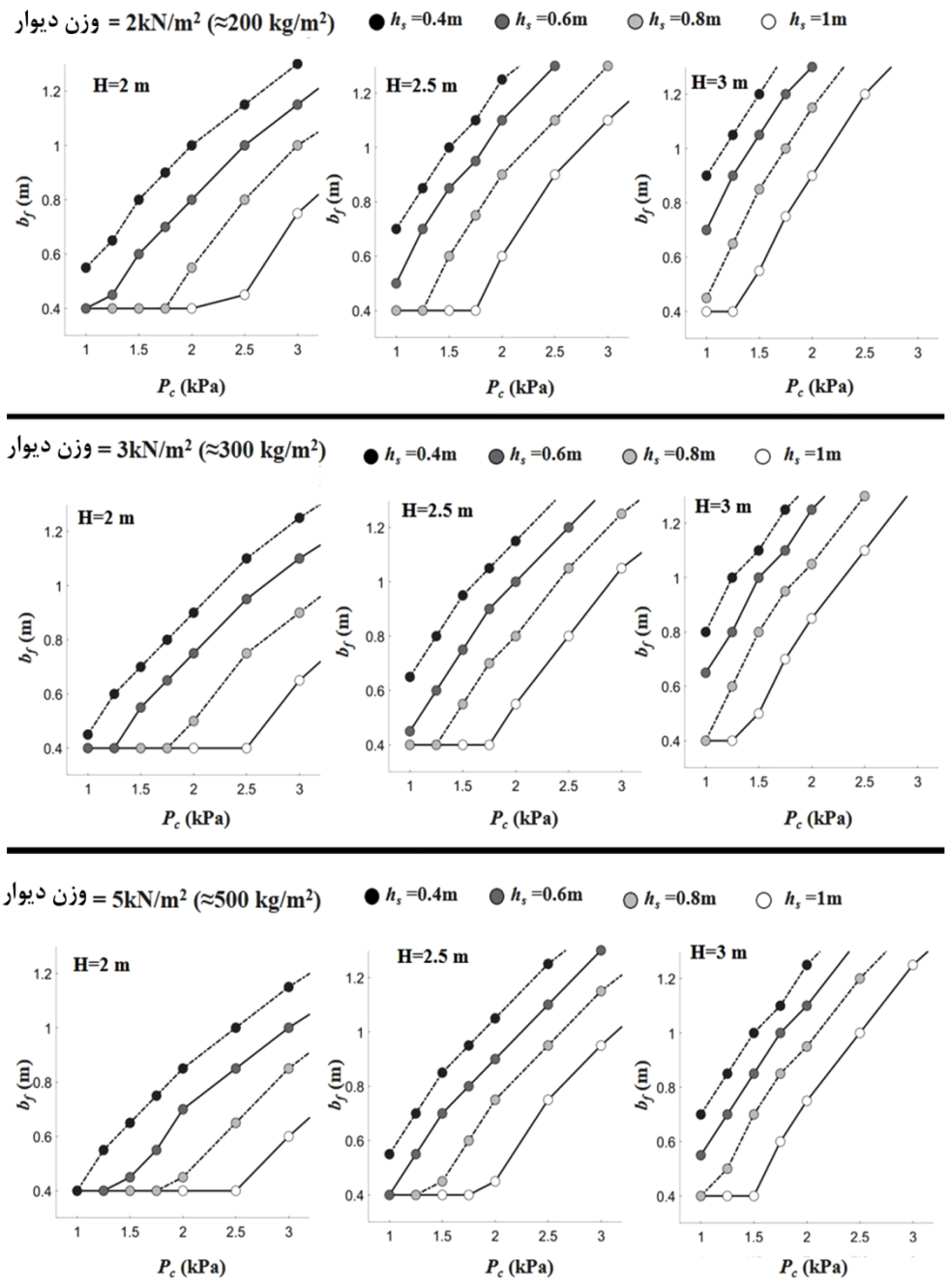
تذکر۳: رابطه (۴-۲) برای حالتی است که دیوار در وسط شالوده ساخته شده باشد. در صورتی‌که دیوار در لبه شالوده ساخته شود می‌توان در غیاب محاسبات دقیق‌تر، در رابطه (۴-۲) مقدار وزن دیوار (W_w) را برابر با صفر درنظر گرفت.

تذکر۴: رابطه (۴-۲) با این فرض معتبر است که فشار مقاوم خاک بتواند به‌طور کامل ایجاد شود. برای این‌منظور لازم است خاک اطراف شالوده کاملاً با شالوده در تماس بوده و خاک روی شالوده نیز با قسمت تحتانی دیوار در تماس کامل باشد.

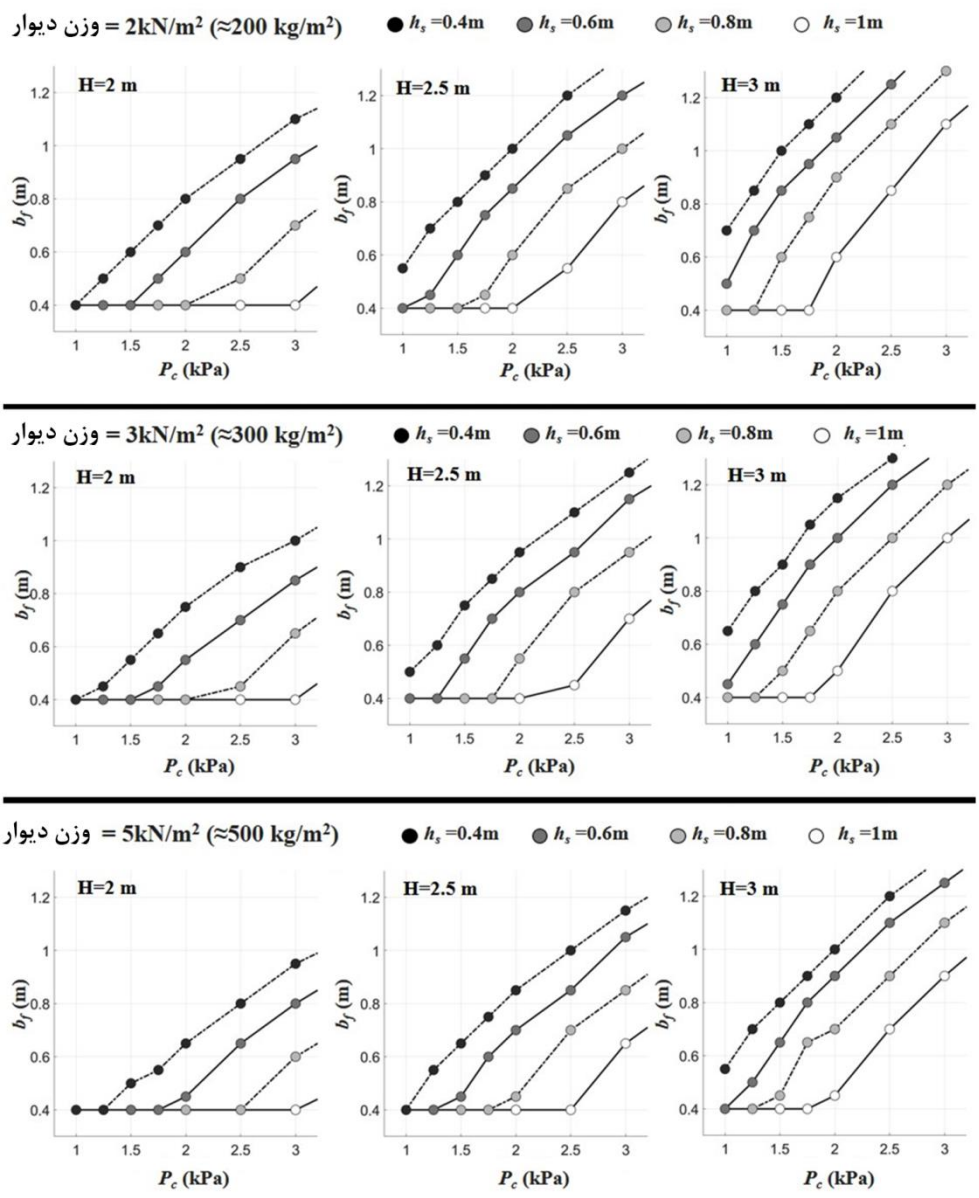
به‌منظور حفظ پایداری دیوار لازم است رابطه (۴-۳) برقرار باشد.

$$M_r > M_{oe} \qquad (۳-۴)$$

به جای استفاده از روابط (۴-۱) تا (۴-۳) می‌توان از (شکل‌های ۴-۵ و ۴-۶) که به ترتیب برای دیوارهای غیرمسلح و مسلح تهیه شده‌اند، به‌منظور تعیین عرض و عمق دفن شدگی شالوده استفاده نمود. این نمودارها براساس روابط فوق و با این فرض که اولاً دیوار در وسط عرض شالوده قرار گرفته و ثانیاً فشار مقاوم خاک به‌طور کامل ایجاد شود، تهیه شده‌اند. مطابق (**شکل‌های ۴-۵ و ۴-۶**) مشخص است با افزایش عمق دفن شدگی شالوده (h_s)، عرض مورد نیاز شالوده (b_f) کاهش می‌یابد. همچنین عرض مورد نیاز شالوده برای دیوارهای سنگین‌تر و با ارتفاع کمتر دارای مقادیر کوچک‌تری است. برای پارامترهای بینابینی در (شکل‌های ۴-۵ و ۴-۶) می‌توان از درون‌یابی استفاده نمود.



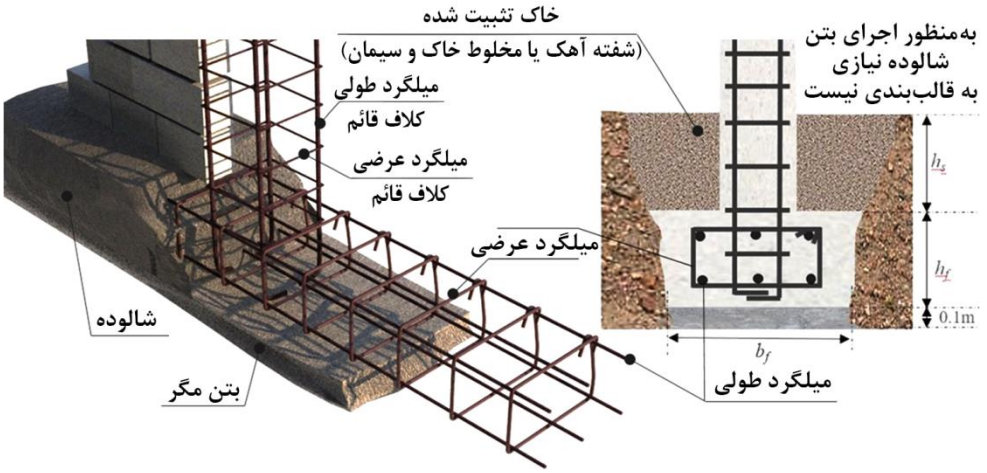
شکل ۴-۵ عرض مورد نیاز شالوده در دیوارهای فاقد میلگرد بستر، در تمام موارد ارتفاع مقطع شالوده h_f=0.4m است.



شکل ۴-۶ عرض مورد نیاز شالوده در دیوارهای دارای میلگرد بستر، در تمام موارد ارتفاع مقطع شالوده h_f=0.4m است.

پس از تعیین پهنای شالوده لازم است آرماتورگذاری آن مشخص شود که در این خصوص لازم است آرماتور حداقل معادل ۰/۱۸% مساحت مقطع درنظر گرفته شود.

نیمی از درصد آرماتور حداقل را می‌توان در بالای مقطع و نیم دیگر را در پایین مقطع شالوده قرار داد. آرماتورهای طولی و عرضی شالوده را می‌توان مطابق (**جدول ۴-۱**) تعیین نمود که لازم است در وجوه تحتانی و فوقانی شالوده مطابق (**شکل ۴-۷**) جانمایی شوند.



شکل ۴-۷ جزئیات اجرا و آرماتوربندی شالوده

جدول ۴-۱ مقدار آرماتورهای حداقل در شالوده

مقطع شالوده ($b_f \times h_f$)	آرماتور طولی فوقانی	آرماتور طولی تحتانی	آرماتور عرضی (خاموت)
0.4 m×0.4 m	2Φ10	2Φ10	Φ10@200 mm
0.5 m×0.4 m	2Φ12	2Φ12	Φ12@300 mm
0.6 m×0.4 m	3Φ10	3Φ10	Φ10@200 mm
0.7 m×0.4 m	3Φ12	3Φ12	Φ12@300 mm
0.8 m×0.4 m	3Φ12	3Φ12	Φ12@300 mm
0.9 m×0.4 m	3Φ12	3Φ12	Φ12@300 mm
1.0 m×0.4 m	4Φ12	4Φ12	Φ12@300 mm
1.1 m×0.4 m	4Φ12	4Φ12	Φ12@300 mm
1.2 m×0.4 m	4Φ12	4Φ12	Φ12@300 mm

تذکر۱: توصیه می‌شود ضخامت بتن مگر ۱۰ سانتی‌متر درنظر گرفته شود.

تذکر۲: توصیه می‌شود ارتفاع مقطع شالوده حداقل برابر با ۴۰۰ میلی‌متر درنظر گرفته شود.

تذکر۳: مقاومت فشاری مشخصه بتن شالوده نباید از ۲۰ مگاپاسکال کوچکتر باشد.

تذکر۴: برای اجرای شالوده نیازی به قالب بندی نبوده و به منظور ایجاد فشار خاک مقاوم، نباید مابین شالوده و خاک اطراف، فضای خالی وجود داشته باشد.

تذکر۵: لازم است بر روی شالوده و اطراف دیوار به میزان عمق دفن شدگی، خاک تثبیت شده بر روی شالوده قرار گیرد. به‌منظور تثبیت خاک از روش‌هایی همچون استفاده از شفته آهک، ترکیب سیمان و خاک، تزریق بتن و یا سایر روش‌های شناخته شده می‌توان استفاده نمود.

تذکر۶: ضخامت پوشش بتنی آرماتورهای شالوده در هیچ شرایطی نباید کمتر از ۷۵ میلی‌متر باشد.

تذکر۷: در آرماتورهای عرضی شالوده استفاده از خم ۹۰ درجه بلامانع است.

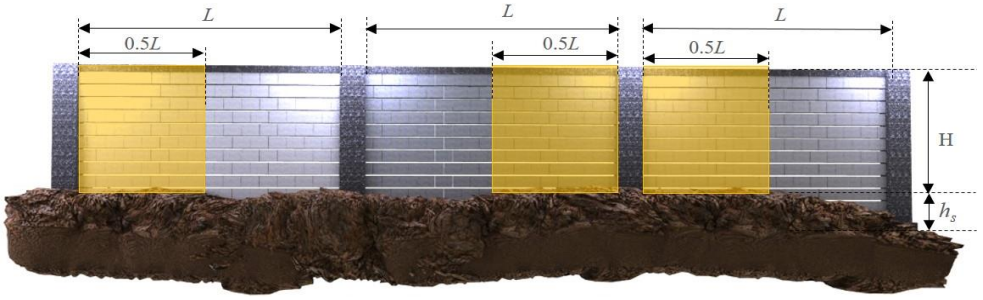
تذکر۸: لازم است کلیه آرماتورهای به کار رفته در شالوده آج دار باشند.

٤-۳ کنترل ظرفیت خمشی کلاف قائم

نیروی وارد بر کلاف‌های قائم از طریق محاسبه سطح بارگیر کلاف مطابق یکی از روش‌های (**شکل ۴-۸**) و ضرب سطح بارگیر در ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار دیوار (λP_c) محاسبه می‌شود.

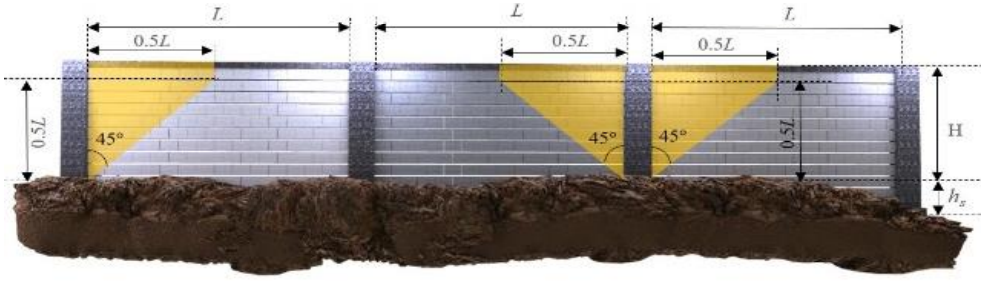
روش ۱ (روش ساده‌سازی شده و محافظه‌کارانه)

محاسبه نیروی وارد بر کلاف‌های قائم براساس سطح بارگیر مستطیلی و اعمال نیروی برآیند در تراز 0.5 H از سطح خاک



روش ۲ (روش دقیق‌تر مبتنی بر الگوی ترک)

محاسبه نیروی وارد بر کلاف‌های قائم براساس سطح بارگیر مثلثی و اعمال نیروی برآیند در تراز 0.65 H از سطح خاک



شکل ۴-۸ محاسبه سطح بارگیر کلاف‌های قائم

با فرض طول پانل بنایی یکسان برای پانل‌های بنایی دو طرف کلاف و استفاده از سطح بارگیر مستطیلی (روش ۱ در (شکل ۴-۸))، لنگر وارد بر پای کلاف قائم (محل اتصال کلاف قائم با شالوده) از طریق رابطه (۴-۴) قابل تخمین است.

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

تذکر۱: در صورتی که ظرفیت خارج از صفحه مورد انتظار دیوار (λP_c) بیش از ۲ برابر تقاضای (نیروی) خارج از صفحه وارده بر دیوار (P_u) باشد، می‌توان در رابطه (۴-۴) مقدار λPc را برابر با $2P_u$ درنظر گرفت.

لازم است مقطع کلاف قائم به نحوی طراحی شود که ظرفیت خمشی اسمی آن (بدون درنظر گرفتن ضریب کاهش مقاومت) در امتداد خارج از صفحه دیوار از لنگر خمشی وارده بر کلاف، کوچکتر نباشد. برای این منظور می‌توان از مقاطع پیشنهادی **(جدول ۴-۲)** استفاده نمود.

جدول ۴-۲ جزئیات مقاطع پیشنهادی کلاف قائم-آرماتورهای طولی با مقاومت تسلیم حداقل ۴۰۰ مگاپاسکال هستند

کلاف قائم		ابعاد کلاف $b \times h$	آرماتور طولی	آرماتور عرضی (خاموت)	ظرفیت خمشی کلاف
	تیپ ۱	300 mm×300 mm	4Φ16	Φ8@150mm	40 kN.m
	تیپ ۲	300 mm×300 mm	6Φ16	Φ8@150mm	55 kN.m
	تیپ ۳	300 mm×300 mm	8Φ16	Φ8@150mm	70 kN.m
	تیپ ۴	300 mm×400 mm	4Φ16	Φ8@200mm	60 kN.m
	تیپ ۵	300 mm×400 mm	6Φ16	Φ8@200mm	80 kN.m
	تیپ ۶	300 mm×400 mm	8Φ16	Φ8@200mm	105 kN.m

تذکر۲: به منظور صرفه جویی در مصالح، می‌توان میزان آرماتورهای طولی کلاف قائم را متناسب با لنگر خمشی وارده کاهش داد. برای این منظور در غیاب محاسبات دقیق، می‌توان میزان آرماتورهای طولی ارائه شده در (جدول ۴-۲) را در نیمه فوقانی از ارتفاع کلاف قائم به میزان ۵۰٪ کاهش داد. تحت هیچ شرایطی تعداد آرماتورهای طولی موجود در مقطع کلاف

قائم نباید کمتر از ۴ عدد بوده و نسبت آرماتورهای کششی واقع در هر دو وجه مقطع که تحت تأثیر خمش خارج از صفحه دیوار قرار دارد، نباید کمتر از آرماتور حداقل ارائه شده برای تیرها مطابق با مبحث نهم مقررات ملی ساختمان (معادل $1.4/f_y$ که f_y برحسب مگاپاسکال است) باشد.

تذکر۳: نسبت آرماتورهای کششی کلاف قائم (واقع در هر یک از دو وجه مقطع کلاف که تحت تاثیر خمش خارج از صفحه دیوار است) نباید از ۰/۰۰۳ کمتر باشد.

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

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

تذکر۶: استفاده از کلاف فولادی به جای کلاف بتنی مجاز بوده و در این صورت لازم است مقطع کلاف قائم فولادی به نحوی طراحی شود که ظرفیت خمشی اسمی آن (بدون درنظر گرفتن ضریب کاهش مقاومت) در امتداد خارج از صفحه دیوار از لنگر خمشی وارده بر کلاف کوچکتر نباشد. استفاده از پروفیل‌های استاندارد و یا مقاطع ساخته شده به‌منظور استفاده به‌عنوان کلاف قائم مجاز بوده و لازم نیست مقطع کلاف قائم فشرده باشد. در خصوص کلاف‌های فولادی که تنها در یک سمت آنها دیوار اجرا می‌شود، لازم است احتمال بروز پیچش در طراحی کلاف قائم مدنظر قرار گرفته شود.

تذکر۷: لازم است کلیه آرماتورهای به کار رفته در کلاف قائم، آجدار بوده و مطابق (شکل ۴-۷) در داخل شالوده مهار شده باشند.

٤-٤ نمونه طراحی دیوارمحوطه

به‌منظور شفافیت نمونه‌ای از روند طراحی دیوار محوطه بنـایی، مطـابق دسـتورالعمل در این بخش ارائه شده است. مطابق (**شکل ۴-۹**)، دیوار مدنظر دیواری به طـول ۱۷ متـر و ارتفاع ۲/۵ متر مربوط به یک ساختمان مسکونی واقع در شهر تهـران مـی‌باشـد. خـاک منطقه براساس دسته‌بندی استاندارد ۲۸۰۰ نوع ۲ بوده و در هر دو وجه دیوار محوطـه، نمای سنگی نصب خواهد شد.

- **گام۱:** به عنوان اولین قدم لازم است وزن واحد سطح دیوار بـا احتسـاب نمـا و کلیـه اندودها تخمین زده شود. با فرض استفاده از بلوک سیمانی توخـالی ۲۰ سـانتی، وزن دیوار به ترتیب زیر تخمین زده می‌شود.

$$\text{وزن دیوار } 0.2 \times 1260 + 2 \times (2100 \times 0.03 + 2500 \times 0.016)$$

$$= 458\ \text{kg/m}^2 = 4.6\ \text{kN/m}^2$$

- **گام۲:** پس از تخمین وزن دیوار محوطه، می‌توان نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوار را محاسبه نمود.

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

$$P_{eq} = 0.4A(1+S)I_eW_w = 0.4 \times 0.35 \times (1+1.5) \times 1 \times 4.6$$

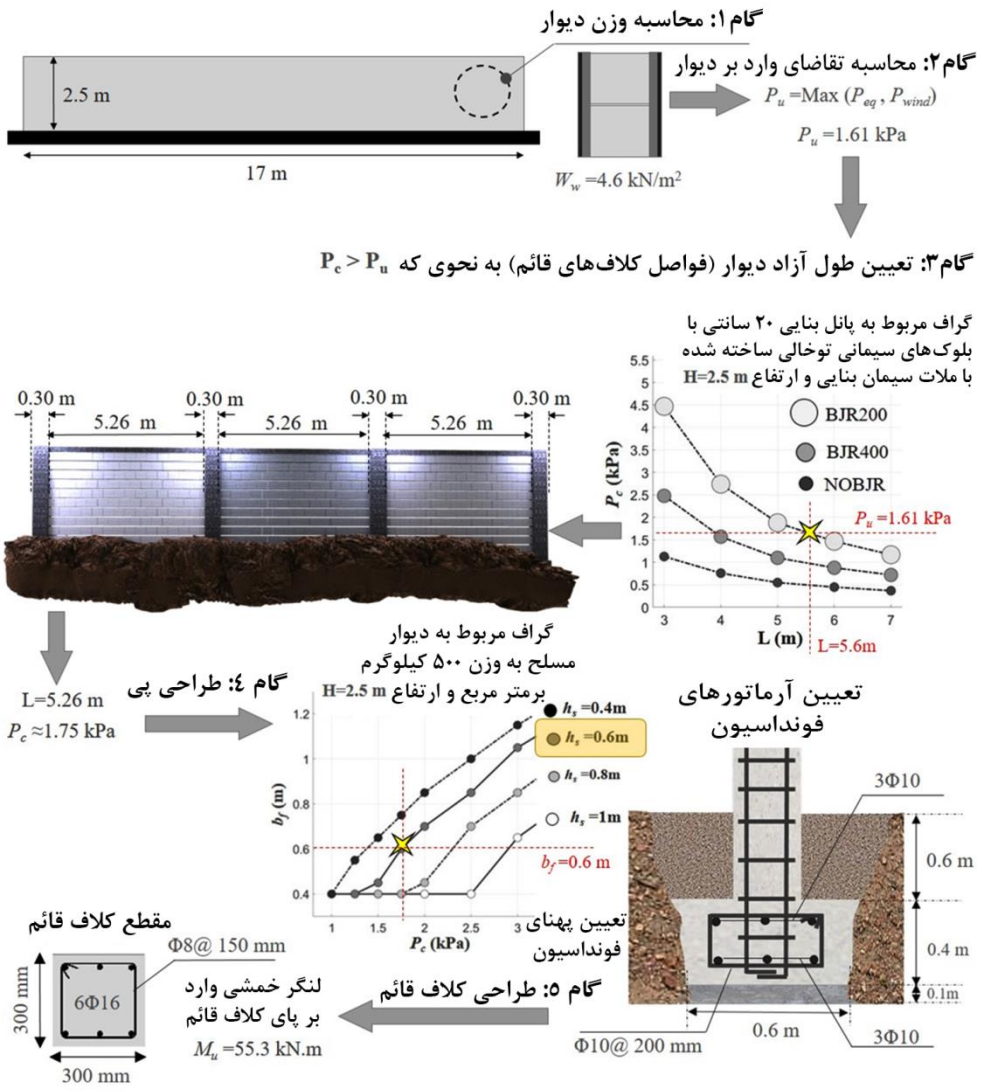
$$= 1.61\ kPa$$

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

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

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

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



شکل ۴-۹ روند گام به گام طراحی دیوار محوطه بر اساس دستورالعمل

- **گام ۳:** با داشتن تقاضای وارده بر دیوار (P_u)، می‌توان با استفاده از (شکل ۴-۲) جزئیات دیوار را به نحوی انتخاب نمود که ظرفیت خارج از صفحه دیوار (P_c) از مقدار تقاضا (P_u) کمتر نباشد. مطابق (شکل ۴-۲) برای دیواری به ارتفاع ۲/۵ متر در صورتی که از ملات سیمان بنایی استفاده شده (نسبت ۱ حجم سیمان بنایی و

۳ حجم ماسه) و میلگردهای بستر با مشخصات ارائه شده در (شکل ۴-۲) (قطر مفتول ۴ میلی‌متر و پهنای ۱۱۰ میلیمتر) در تمام رج‌های دیوار استفاده شود، چنین دیواری با طول آزاد ۵/۶ متر دارای ظرفیت خارج از صفحه‌ای حدوداً برابر با تقاضای وارده بر دیوار خواهد بود. لذا طول آزاد پانل بنایی نباید بزرگتر از ۵/۶ متر انتخاب گردد. با توجه به اینکه کل طول دیوار ۱۷ متر است، لذا لازم است دیوار مطابق شکل ۱۳ به سه پانل ۵/۶۷ متری (آکس به آکس کلاف قائم) تقسیم شود. با توجه به اینکه از کلاف قائم به ابعاد ۳۰۰ در ۳۰۰ میلی‌متر استفاده می‌شود، لذا طول آزاد پانل بنایی مابین دو کلاف برابر ۵/۲۶ متر خواهد بود که می‌توان ظرفیت آن را مطابق (شکل ۴-۲) تقریباً معادل ۱/۷۵ کیلوپاسکال درنظر گرفت. نمودار مربوطه در (شکل ۴-۹) نشان داده شده است.

- **گام٤:** پس از طراحی پانل بنایی در گام ۳، حال لازم است شالوده دیوار طراحی شود. ارتفاع مقطع شالوده ۴۰۰ میلی‌متر بوده و پهنای آن بر اساس کنترل واژگونی مطابق بند ۴-۲ به‌دست می‌آید. در صورتی‌که دیوار در وسط شالوده اجرا شود، می‌توان از (شکل ۴-۶) به منظور تعیین پهنای مورد نیاز برای شالوده استفاده نمود (در صورتی که دیوار، هم باد با لبه شالوده اجرا شود لازم است پهنای مورد نیاز شالوده به صورت دستی براساس روابط بند ۴-۲ محاسبه شود که در این صورت وزن دیوار در محاسبه لنگر مقاوم واژگونی صفر درنظر گرفته می‌شود). اگر وزن دیوار برابر ۵۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و ارتفاع خاک روی شالوده ۶۰ سانتیمتر درنظر گرفته شود، مطابق (شکل ۴-۶)، پهنای مورد نیاز برای شالوده برابر ۶۰ سانتیمتر به‌دست می‌آید (با توجه به مسلح بودن دیوار لازم است از (شکل ۴-۶) استفاده شود). نمودار مربوطه در شکل (۴-۹) نیز نشان داده شده است. با داشتن ابعاد شالوده، جزئیات آرماتورگذاری آن نیز بر اساس (جدول ۴-۱) انجام می‌شود. با توجه به پهنای شالوده، لازم است ۳ میلگرد با قطر ۱۰ میلی‌متر در امتداد طولی در بخش فوقانی مقطع شالوده و ۳ میلگرد با قطر ۱۰ میلی‌متر در امتداد طولی در بخش تحتانی مقطع شالوده و نیز خاموت‌هایی با قطر

۱۰ میلی‌متر به فواصل ۲۰۰ میلی‌متر در امتداد عمود بر محور طولی شالوده قرار داده شوند.

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

$$M_u = \lambda P_c LH(0.5H + h_s)$$

$$= 1.3 \times 1.75 \times 5.26 \times 2.5 \times (0.5 \times 2.5 + 0.6)$$

$$= 55.3\ kN.m$$

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

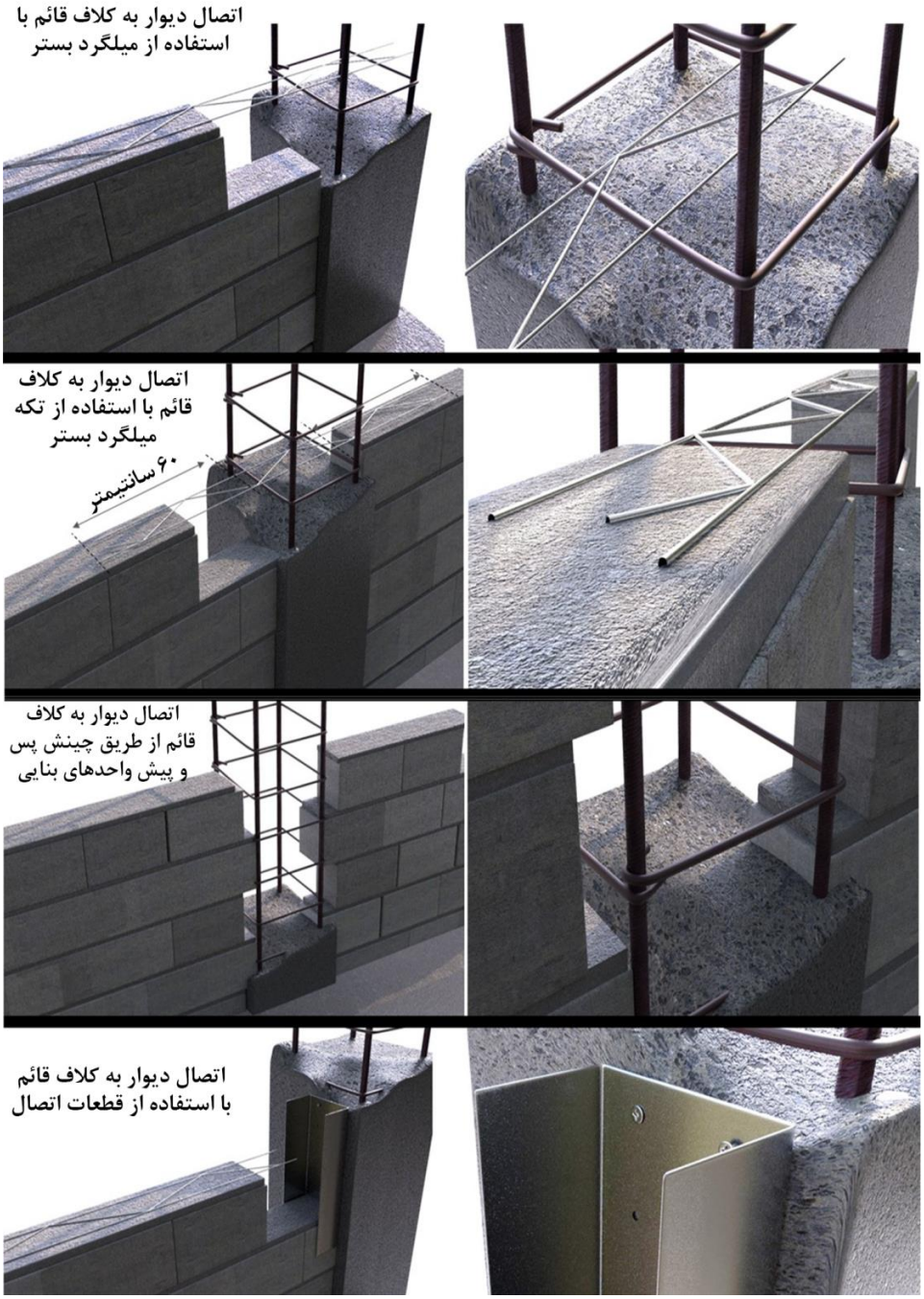
فصل ۵

سایر الزامات

۵-۱ اتصال دیوار به کلاف قائم

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

- **عبور میلگردهای بستر از داخل کلاف:** این روش برای دیوارهای مسلح به میلگرد بستر مناسب می‌باشد. لازم به ذکر است در صورت نیاز، طول همپوشانی میلگردهای بستر ۷۵ برابر قطر مفتول طولی آنها در نظر گرفته شود. لازم است حتی‌المقدور محل همپوشانی در رج‌های مختلف دیوار در یک راستا نباشند. در این روش قالب‌بندی کلاف های قائم بتنی باید به نحوی باشد که بلوکهای دیوار در تماس مستقیم با بتن تازه، قرار گرفته شود.
- **استفاده از تکه‌های میلگرد بستر به منظور اتصال:** در صورتی که دیوار فاقد میلگرد بستر باشد، همچنان می‌توان اتصال دیوار و کلاف را از طریق قرار دادن تکه‌های میلگرد بستر حداقل به طول ۶۰ سانتیمتر از هر طرف کلاف تأمین نمود (مطابق شکل ۵-۱). در این روش قالب‌بندی کلاف‌های قائم بتنی باید به نحوی باشد که بلوک‌های دیوار در تماس مستقیم با بتن تازه، قرار گرفته شود. استفاده از این اتصال برای دیوارهای با اهمیت زیاد و بسیار زیاد مجاز نمی باشد.
- **اجرای پس و پیش واحدهای بنایی:** در این روش، در محل اتصال دیوار به کلاف قائم واحدهای بنایی به صورت پس و پیش (حداقل به میزان ۵۰ میلی‌متر) اجرا می‌شوند.



شکل ۵-۱ روش‌های اتصال دیوار به کلاف قائم بتنی (مورد آخر در خصوص کلاف فولادی نیز قابل استفاده است).

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

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

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

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

۵-۲ کلاف افقی

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

۵-۳ بازشو در دیوار محوطه

در خصوص بازشوهایی که در تمام ارتفاع دیوار امتداد دارند، همانند درب‌ها، لازم هست

در هر دو طرف بازشو کلاف‌های قائم قرار داده شود. لیکن در خصوص بازشوهایی که تنها در بخشی از ارتفاع دیوار قرار دارند، همانند پنجره‌های دارای نرده، نیازی به تعبیه کلاف قائم در دو سمت بازشو نبوده و صرفاً لازم است نرده‌های افقی بازشو به‌صورت گیردار به دیوار متصل شوند. برای این منظور استفاده از روش‌هایی همچون شاخک‌گذاری و یا جوش نرده‌ها به صفحاتی که از قبل در دیوار قرار گرفته‌اند مجاز است. در این شرایط طراحی دیوار مطابق یک دیوار معادل بدون بازشو انجام می‌شود. لازم است وزن دیوار معادل نیز معادل‌سازی شود تا اثر بازشو در کاهش وزن دیوار لحاظ شود. همچنین اثر بازشو در کاهش نیروی ناشی از باد از طریق کاهش سطح مقطع دیوار (به میزان بازشو) لحاظ می گردد.

۴-۵ درز انبساط

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

تذکر۱: عبور میلگرد بستر از درز انبساط بلامانع بوده، لیکن ضرورتی ندارد.

تذکر۲: به‌منظور ساخت درز انبساط می‌توان موقعیت درز انبساط را در محل اتصال دیوار با کلاف قائم در نظر گرفت. در این صورت، دیوار ضمن حفظ فاصله‌ای حداقل ۱۰ میلی‌متری از کلاف قائم، از طریق قطعات اتصال (ناودانی منقطع، دوبل نبشی منقطع و یا قلاب و گیره) به کلاف قائم متصل می‌شود.

تذکر۳: در صورتی که نمای دیوار محوطه از نوع نمای بنایی باشد، لازم است درز

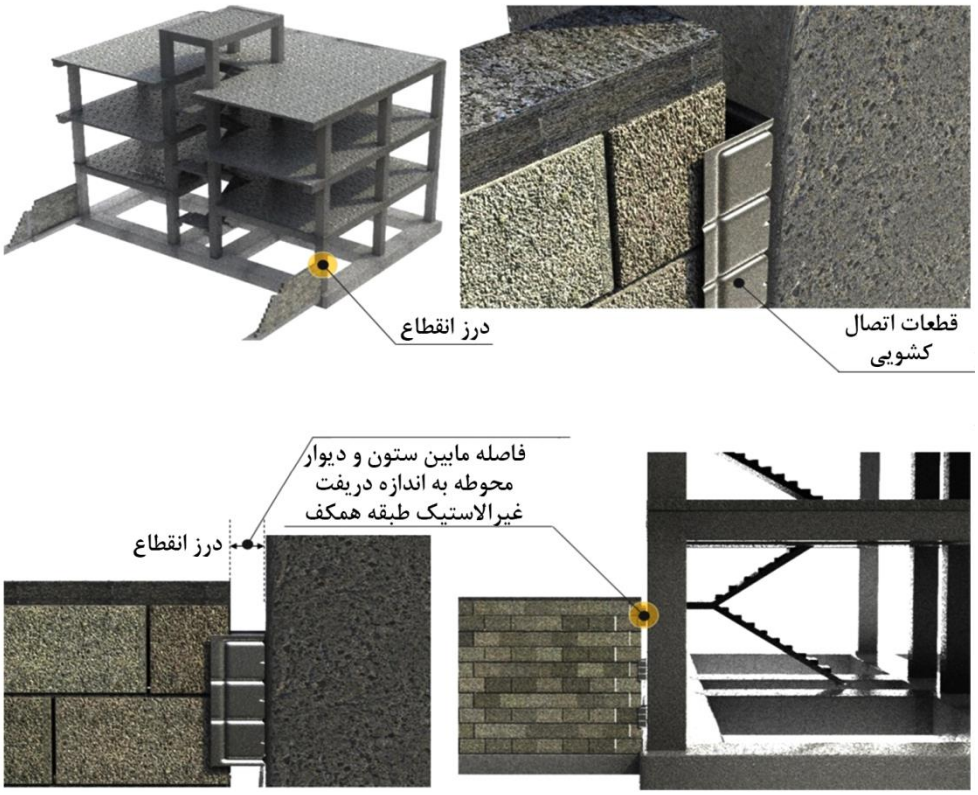
انبساط مناسب برای نما نیز تعبیه گردد. درز انبساط نما می‌تواند در فواصلی منطبق بر درز انبساط دیوار اجرا شود.

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

۵-۵ درز انقطاع

لازم است دیوارهای محوطه در امتداد داخل صفحه خود از ساختمان اصلی جدا شوند، به نحوی که دیوار محوطه مانعی برای حرکت جانبی ساختمان ایجاد نکند. برای این منظور، مطابق (**شکل ۵-۲**)، می‌توان با ایجاد فاصله‌ای به اندازه دریفت غیرالاستیک طبقه همکف مابین دیوار محوطه و ستون، با استفاده از اتصال‌های کشویی مطابق ضابطه ۷۲۹ و پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ دیوار محوطه را به ستون ساختمان تنها در امتداد خارج از صفحه مقید نمود. در این صورت ستون ساختمان نقش کلاف قائم را برای دیوار ایفا خواهد کرد. راهکار دیگر استفاده از یک کلاف قائم در مجاورت ساختمان و اتصال دیوار محوطه به کلاف قائم است. کلاف مذکور باید حداقل به میزان درز انقطاع مورد نیاز از ستون ساختمان فاصله داشته باشد. مقدار درز انقطاع نباید کمتر از 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.

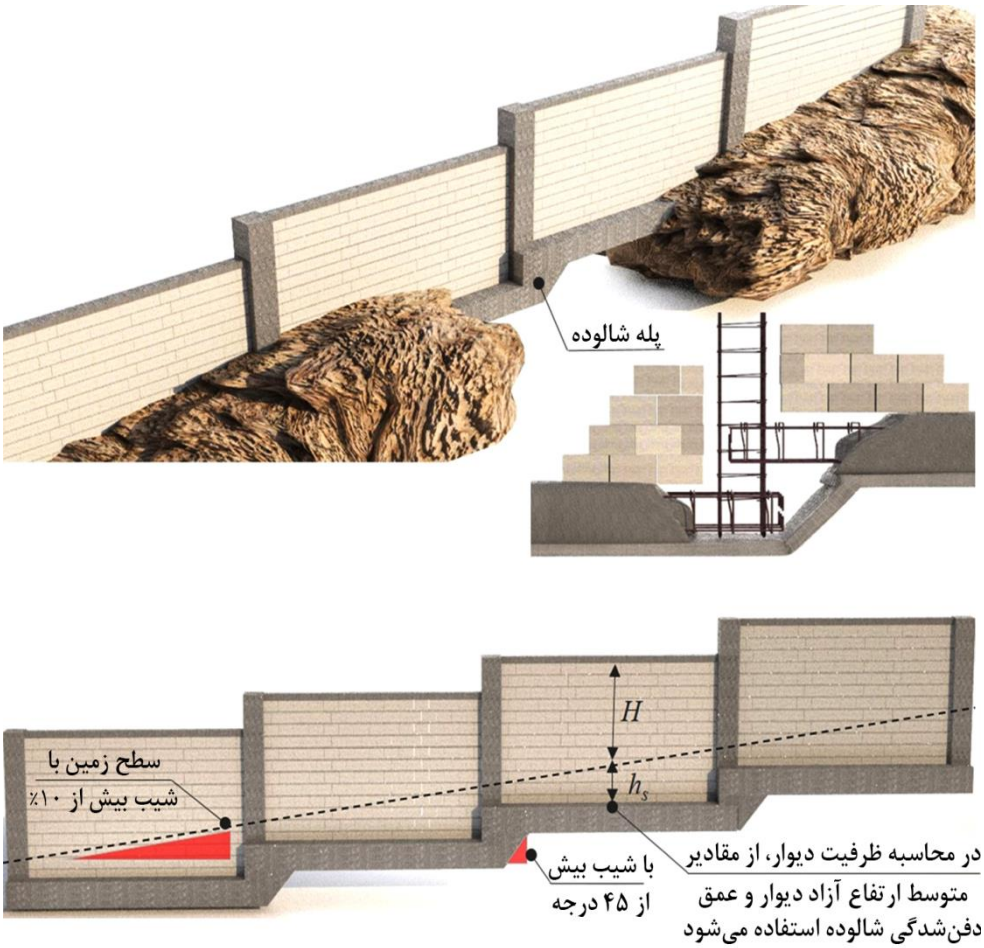
تذکر: به منظور جلوگیری از مسدود شدن درز انقطاع، لازم است محل درز با مصالح انعطاف‌پذیر پرشود. برای این منظور می‌توان از پشم سنگ، فوم، یونولیت و یا سایر مصالح مشابه استفاده نمود.



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

۵-۶ اجرای دیوار بر روی شیب

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



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 مطابق (شکل ۵-۳) درنظر گرفته شود.

تذکر۲: در مورد خاک‌های مسئله دار و شیب‌های تند مستعد گسیختگی، لازم است تمهیدات خاصی برای حفظ پایداری دیوار محوطه اتخاذ شود.

۵-۷ تغییر امتداد دیوار

در محلی که امتداد دیوار تغییر میکند (شامل کنجهای دیوار محوطه)، لازم است از کلاف قائم استفاده شود.

۵-۸ زهکشی دیوار

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

مراجع

مراجع

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

- مبحث نهم مقررات ملی (۱۳۹۹)، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، معاونت مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران.
- مبحث بیست و یکم مقررات ملی (۱۳۹۵)، پدافند غیرعامل، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، معاونت مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران.

Ministry of Roads & Urban Development
Housing & construction deputy

Bureau of National Construction
Code & Building Control

Guidelines for Design and Construction of Perimeter Masonry Walls