



دقتر مقدرات ملی و کتترل ساتخان



جسوری اسلامی ایران
وزارت راه و شتر سازی
ساوانت سکون و ساتخان

راهنمای طراحی و اجرای اجزای غیر سازه‌ای



دقتر مقدرات ملی و کتترل ساتخان

عنوان و نام پدیدآور	راهنمای طراحی و اجرای اجزای غیرسازه‌ای / تهیه‌کننده دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان.
مشخصات نشر	:
مشخصات ظاهری	:
فروست	:
شابک	:
وضعیت فهرست نویسی	+
یادداشت	:
موضوع	دیوارها -- طراحی و ساخت
موضوع	Walls -- Design and construction
شناسه افزوده	ایران، وزارت راه و شهرسازی، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان
شناسه افزوده	:
شناسه افزوده	Road, Housing and Urban Development Research Center
رده‌بندی کنگره	:
رده‌بندی دیویی	:
شماره کتابشناسی ملی	:
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:



دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
معاونت مکنی و ساختمان

نام کتاب: راهنمای طراحی و اجرای اجزای غیرسازه‌ای
تهیه‌کننده: معاونت مسکن و ساختمان - دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان
ناشر:

شماره نشر:

نوبت چاپ: اول

قطع: وزیری

شابک:

تیراژ:

قیمت:

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

نشانی ناشر: تهران، بزرگراه شیخ فضل‌الله نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی،
خیابان حکمت صندوق پستی: ۱۶۹۶-۱۳۴۱۵ تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ دورنگار: ۸۸۳۸۴۱۳۲

فروش الکترونیکی: <http://pub.bhrc.ac.ir>

پست الکترونیکی: Mabhas@inbr.ir

تاریخ: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰
شماره: ۳۸۶۶۱/۴۰۰
پیوست: ندارد

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی

معاونت مسکن و ساختمان

بسمه تعالی

اقتصاد مقاومتی در سایه وحدت ملی و امنیت ملی

جناب آقای مهندس مقومی

رئیس محترم سازمان نظام مهندسی ساختمان

موضوع: ابلاغ راهنمای طراحی و اجرای اجزای غیرسازه‌ای

با سلام و احترام

در راستای اجرای مواد ۶ و ۷ سیاست‌های کلی نظام در خصوص پیشگیری و کاهش خطرات ناشی از سوانح طبیعی و حوادث غیرمترقبه و ماده ۳۳ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان، بدین وسیله ضوابط و معیارهای فنی «راهنمای طراحی و اجرای اجزای غیرسازه‌ای» که مراحل تهیه و تدوین آن در این معاونت طی شده است، جهت اجرا برای تمامی ساختمان‌هایی که دستور تهیه نقشه آن‌ها یک ماه پس از تاریخ این ابلاغیه به بعد صادر می‌شوند، لازم‌الاجرا می‌باشد. لذا ضروری است دستور اقدام لازم را صادر و نتیجه را به این معاونت اعلام فرمایید.

شایان ذکر است نسخه نهایی این راهنما در سایت دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان به نشانی www.inbr.ir در دسترس می‌باشد.

حسین‌الله طاهرخانی

معاون مسکن و ساختمان

رونوشت:

جناب آقای دکتر نصرانی - معاون محترم عمرانی و رئیس سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های وزارت کشور - جهت استحضار و ابلاغ به شهرداری‌ها
جناب آقای مهندس خواجه دولوی - رئیس محترم بنیاد مسکن انقلاب اسلامی - جهت استحضار
جناب آقای دکتر ریاحی - مدیر کل محترم دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان - جهت آگاهی
جناب آقای دکتر محمود آبادی - رئیس محترم مرکز تدوین مقررات، ایمنی حمل و نقل، پدافند غیرعامل و مدیریت بحران - جهت آگاهی
مدیران کل محترم راه و شهرسازی استان‌ها - جهت آگاهی و دستور اقدام لازم درخصوص اصلاح مکانیسم شماره ۱۸۰۸۰۱/۴۰۰ مورخ ۱۴۰۴/۱۰/۲۴

آدرس: میدان آرژانتین، بلوار آفریقایی‌ها، عباس آباد، ساختمان شهید دامن‌نور، وزارت راه و شهرسازی (کدپستی: ۱۵۱۹۶۶۰۸۰۲) تلفن: ۸۸۸۷۸۰۳۱-۹
دورنگار: دبیرخانه وزارت: ۸۸۸۷۸۰۴۵، دبیرخانه مرکزی: ۸۸۶۴۶۲۳۳ (نامه‌های فاقد مهر برجسته وزارت راه و شهرسازی از درجه اعتبار ساقط می‌باشد)

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



دقتر مقررات ملی و کتترل ساجتمان

پیش گفتار

در یک دهه گذشته، صنعت ساخت و ساز کشور شاهد تحولی چشمگیر در رویکرد نسبت به طراحی و اجرای اجزای غیرسازه‌ای، به ویژه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای بوده است. وقوع زلزله‌های اخیر در کشور و آسیب‌های جدی وارده به این اجزا - که در بسیاری از موارد منجر به سلب عملکرد کلی ساختمان و بروز خسارات سنگین مالی و جانی گردید - اهمیت توجه به این دیوارها را بیش از پیش نمایان ساخت. در پی این تجارب، تدوین و ابلاغ ضوابط، شیوه‌نامه‌ها و پیوست‌های قانونی متعدد، گامی بلند در جهت ارتقای سطح آگاهی جامعه مهندسی و دست‌اندرکاران حوزه ساخت و ساز کشور به‌شمار می‌رود. با وجود پیشرفت‌های قانون‌گذارانه، واقعیت آن است که طراحی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای به دلیل ماهیت پیچیده و پویای خود، موضوعی نسبتاً نوپا در مهندسی کشور است. همین امر موجب شده است تا فرآیند مدلسازی، طراحی و انجام محاسبات مربوط به دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای، در پارهای از موارد با ابهامات تفسیری و چالش‌های محاسباتی برای مهندسان طراح و محاسب همراه باشد. افزون بر این، شیوه‌نامه‌ها و مدارک فنی عام موجود، به دلیل رویکرد کلی خود، توانایی پاسخگویی به تمامی سناریوها، محدودیت‌ها و جزئیات اجرایی خاص در پروژه‌های واقعی کارگاهی را ندارند. این خلاء کاربردی میان نظریه‌های آیین‌نامه‌ای و عمل کارگاهی، بر اساس پایش‌های مستمر و بازخوردهای دریافتی توسط دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، لزوم تدوین یک راهنمای کاربردی، جامع و پروژه‌محور را به تصویر کشید؛ راهنمایی که فرآیند طراحی و تهیه «دفترچه محاسبات اجزای غیرسازه‌ای» را تسهیل و استانداردسازی نماید. در راستای پاسخ به این نیاز مبرم، راهنمای پیش‌رو به عنوان اثری کاربردی و با تکیه بر تجارب مهندسی و ضوابط به‌روز ملی، تدوین شده است. هدف اصلی این نوشتار، ارائه راهکارهای عملیاتی، ساده‌سازی و شفاف‌سازی گام‌به‌گام روند طراحی اجزای غیرسازه‌ای با تمرکز ویژه بر دیوارهای بنایی در قالب پروژه‌های واقعی است. در این اثر تلاش شده تا مهندسان گرامی بتوانند با الگوبرداری از مثال‌های فرضی و واقعی، پاسخ پرسش‌های کارگاهی و دغدغه‌های محاسباتی خود را به سهولت بیابند. امید است این راهنما بتواند به عنوان مرجعی کاربردی، گره‌گشای چالش‌های فنی مهندسان محاسب و ناظر کشور باشد و با ارتقای کیفیت ساخت و بهبود تاب‌آوری لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای، گامی استوار در جهت حفظ سرمایه‌های ملی و افزایش ایمنی شهروندان عزیزمان برداشته شود. در پایان، از تمامی مهندسان، متخصصان، پژوهشگران و صاحب‌نظران ارجمند دعوت می‌شود با مطالعه دقیق این راهنما و ارائه دیدگاه‌ها، نظرات و پیشنهادهای سازنده خود، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان را در تکمیل، بازنگری و ارتقای ویرایش‌های آتی یاری رسانند. خواهشمند است نظرات و پیشنهادهای خود را به نشانی پست الکترونیکی زیر ارسال فرمایید:

afraz.inbr@mrud.ir

محمد علی ریاحی نظری

مدیرکل دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

مجری طرح

دکتر سید امین موسوی مهندسان مشاور

اعضای کارگروه تدوین (به ترتیب حروف الفبا)

مهندس رضا اسفندیاری	مهندسان مشاور
مهندس مسعود افراز	معاون ترویج و کنترل ساختمان دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان
دکتر میثم صمدی	عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
مهندس جواد قدرتی ینگچه	مهندسان مشاور
دکتر سید امین موسوی	مهندسان مشاور

اعضای گروه مدیریت و راهبری

دکتر حبیب اله طاهرخانی	معاون مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی
دکتر محمد علی ریاحی نظری	مدیرکل دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان وزارت راه و شهرسازی

اعضای کمیته داوری (به ترتیب حروف الفبا)

مهندس میثم آذرسا	مهندسان مشاور
مهندس محمد اسدی	مهندسان مشاور
مهندس اکبر باقریان	مهندسان مشاور
مهندس میثم بنده علی	مهندسان مشاور
مهندس صمد دهقانی	مهندسان مشاور
مهندس مجید ذکری	مهندسان مشاور
دکتر امید رضائی فر	استاد دانشگاه سمنان
مهندس سینا سپهری	مهندسان مشاور
مهندس رضا سلطان آبادی	مهندسان مشاور
دکتر متوجهر شیبانی اصل	مهندسان مشاور
دکتر مهدی علیرضائی	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر
دکتر امیرحسین فهیمی	مهندسان مشاور
دکتر سید سجاد موسوی امجد	مهندسان مشاور
دکتر سید مهدی موسوی	مهندسان مشاور

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱- اهداف و دامنه کاربرد.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۱
۲-۱ اهداف و دامنه کاربرد.....	۲
فصل ۲- نیروی خارج از صفحه دیوار.....	۹
۱-۲ نیروی ناشی از باد.....	۹
۲-۲ نیروی ناشی از زلزله.....	۱۱
فصل ۳- ظرفیت خارج از صفحه دیوار.....	۱۵
۱-۳ ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی.....	۱۵
۱-۱-۳ دیوارهای بنایی غیر مسلح.....	۱۸
۲-۱-۳ دیوارهای بنایی مسلح به میلگردبستر.....	۲۱
۳-۱-۳ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر.....	۲۳
۴-۱-۳ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی.....	۲۵
۵-۱-۳ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم.....	۲۶
۶-۱-۳ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سراسری.....	۲۸
۲-۳ طول بحرانی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای.....	۲۸
۱-۲-۳ مفهوم طول بحرانی و کاربرد آن.....	۲۸
۲-۲-۳ محاسبه طول بحرانی دیوار با استفاده از روابط تحلیلی.....	۳۰
۳-۲-۳ محاسبه طول بحرانی دیوار با استفاده از تحلیل اجزاء محدود.....	۳۲
فصل ۴- طراحی پروژه محور.....	۳۵
۱-۴ مرحله اول-پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه.....	۳۶
۲-۴ مرحله دوم - تیپ بندی دیوارها و تعیین تسلیح و شرایط مرزی.....	۳۷

۳-۴	مرحله سوم- محاسبه وزن هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۴۱
۴-۴	مرحله چهارم- تعیین محل احداث و مشخصات ساختمان.....	۴۲
۵-۴	مرحله پنجم- تخمین نیروی خارج از صفحه هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۴۲
۶-۴	مرحله ششم - تعیین طول بحرانی برای هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۴۳
۷-۴	مرحله هفتم - جانمایی وادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن‌ها.....	۴۴
۸-۴	مرحله هشتم - طراحی اتصالات.....	۴۶
۱-۸-۴	اتصال دیوار به کف.....	۴۶
۲-۸-۴	اتصال دیوار به سقف.....	۴۶
۳-۸-۴	اتصال دیوار به ستون.....	۵۰
۴-۸-۴	اتصال دیوار به وادار.....	۵۴
۵-۸-۴	اتصال دیوار به دیوار.....	۵۴
۶-۸-۴	اتصال وادار به کف.....	۶۱
۷-۸-۴	اتصال وادار به سقف.....	۶۲
۹-۴	مرحله نهم - طراحی نعل درگاه و قاب فرعی (ساب فریم).....	۶۵
۱۰-۴	سایر الزامات طراحی و اجرا.....	۶۸
۱-۱۰-۴	اثر بازشو در طول بحرانی.....	۶۹
۲-۱۰-۴	الزامات جداسازی دیوار از آویز تیرها و سایر تجهیزات متصل به سقف.....	۷۲
۳-۱۰-۴	کفایت اتصال هشت‌گیر به منظور ایفای نقش تکیه‌گاهی.....	۷۲
۴-۱۰-۴	الزامات عمل‌آوری دیوار بتایی.....	۷۵
۵-۱۰-۴	شیارزنی.....	۷۵
۶-۱۰-۴	ملات بند قائم.....	۷۶
۷-۱۰-۴	مهار موقت در حین ساخت.....	۷۷
۸-۱۰-۴	دیوارهای کوتاه و بیرون‌زدگی‌های دیوار.....	۷۷
۹-۱۰-۴	دیوارهای با اهمیت نسبی زیاد.....	۷۹
۱۰-۱۰-۴	دیوارهای دو جداره.....	۷۹
۱۱-۱۰-۴	لزوم رعایت جداسازی برای عناصر غیرشکل‌پذیر نما.....	۸۲
۱۲-۱۰-۴	لزوم رعایت جداسازی و طراحی راه‌پله.....	۸۶

۹۱	۴-۱۰-۱۳- لزوم رعایت الزامات مرتبط با سایر مباحث مقررات ملی ساختمان.....
۹۳	پیوست ۱- صحت روابط مربوط به نیروی خارج از صفحه دیوار.....
۹۳	پ-۱-۱- بررسی دقت روابط ارائه شده برای نیروی ناشی از باد.....
۹۷	پ-۱-۲- بررسی دقت روابط ارائه شده برای نیروی ناشی از زلزله.....
۱۰۳	پیوست ۲- صحت روابط مربوط به ظرفیت خارج از صفحه دیوار.....
۱۰۳	پ-۱-۲- ظرفیت خمش قائم دیوار غیر مسلح.....
۱۰۴	پ-۲-۲- ظرفیت خمش افقی دیوار غیر مسلح.....
۱۰۶	پ-۳-۲- ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به میلگرد بستر.....
۱۰۷	پ-۴-۲- ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر.....
۱۰۸	پ-۵-۲- ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف.....
۱۰۹	پ-۶-۲- ظرفیت خمش قائم دیوار مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف.....
۱۱۱	پ-۷-۲- ظرفیت خارج از صفحه دیوار تحت خمش دوطرفه.....
۱۱۴	پ-۸-۲- جمع بندی.....
۱۱۷	پیوست ۳- ابزار محاسباتی تحت اکسل.....
۱۱۹	پیوست ۴- آزمون های تعیین مشخصات تسلیح.....
۱۱۹	پ-۱-۴- کنترل کیفیت و آزمون کششی میلگرد بستر.....
۱۲۰	پ-۲-۴- کنترل کیفیت و آزمون کششی کامپوزیت شبکه الیاف.....
۱۲۳	پیوست ۵- نمونه پروژه- بیمارستان.....
۱۲۳	پ-۱-۵- مرحله اول: پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه.....
۱۲۴	پ-۲-۵- مرحله دوم: تیپ بندی دیوارها و تعیین تسلیح و شرایط مرزی.....
۱۲۷	پ-۳-۵- مرحله سوم: محاسبه وزن هر یک از تیپ های دیوار.....
۱۳۰	پ-۴-۵- مرحله چهارم: تعیین محل احداث و مشخصات ساختمان.....
۱۳۱	پ-۵-۵- مرحله پنجم: تخمین نیروی خارج از صفحه هر یک از تیپ های دیوار.....
۱۳۲	پ-۶-۵- مرحله ششم: تعیین طول بحرانی برای هر یک از تیپ های دیوار.....
۱۳۵	پ-۷-۵- مرحله هفتم: جانمایی وادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن ها.....
۱۴۲	پ-۸-۵- مرحله هشتم: طراحی اتصالات.....

پ-۵-۸-۱- اتصال دیوار به کف.....	۱۴۲
پ-۵-۸-۲- اتصال دیوار به سقف.....	۱۴۲
پ-۵-۸-۳- اتصال دیوار به ستون.....	۱۴۵
پ-۵-۸-۴- اتصال دیوار به دیوار به صورت هشتگیر.....	۱۴۹
پ-۵-۸-۵- اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده.....	۱۵۰
پ-۵-۸-۶- اتصال وادار به سقف.....	۱۵۱
پ-۵-۸-۶- اتصال وادار به کف.....	۱۵۵
پ-۵-۹- مرحله نهم: طراحی نعل درگاه و قاب فرعی (ساب فریم).....	۱۵۷
پیوست ۶- نمونه پروژه- ساختمان مسکونی.....	۱۶۱
پ-۶-۱- مرحله اول: پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه.....	۱۶۱
پ-۶-۲- مرحله دوم: تیپ‌بندی دیوارها و تعیین تسلیح و شرایط مرزی.....	۱۶۲
پ-۶-۳- مرحله سوم: محاسبه وزن هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۱۶۶
پ-۶-۴- مرحله چهارم: تعیین محل احداث و مشخصات ساختمان.....	۱۶۸
پ-۶-۵- مرحله پنجم: تخمین نیروی خارج از صفحه هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۱۶۸
پ-۶-۶- مرحله ششم: تعیین طول بحرانی برای هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۱۷۰
پ-۶-۷- مرحله هفتم: جانمایی وادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن‌ها.....	۱۷۲
پ-۶-۸- مرحله هشتم: طراحی اتصالات.....	۱۷۸
پ-۶-۸-۱- اتصال دیوار به کف.....	۱۷۸
پ-۶-۸-۲- اتصال دیوار به سقف.....	۱۷۸
پ-۶-۸-۳- اتصال دیوار به ستون.....	۱۸۱
پ-۶-۸-۴- اتصال دیوار به دیوار به صورت هشتگیر.....	۱۸۴
پ-۶-۸-۵- اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده.....	۱۸۵
پ-۶-۸-۶- اتصال وادار به سقف.....	۱۸۵
پ-۶-۸-۶- اتصال وادار به کف.....	۱۸۶
پ-۶-۹- مرحله نهم: طراحی نعل درگاه و قاب فرعی (ساب فریم).....	۱۸۷
پیوست ۷- ابهامات طراحی و ایرادهای اجرایی متداول.....	۱۸۹
پ-۷-۱- ابهامات متداول در روند طراحی.....	۱۸۹

پ-۷-۲- ایرادات اجرایی متداول..... ۱۹۱

مراجع..... ۱۹۷



دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

فصل ۱- اهداف و دامنه کاربرد

۱-۱ مقدمه

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های بسیاری در زمینه طراحی و اجرای اجزای غیرسازه‌ای به ویژه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در کشور صورت گرفته است. با این وجود، روند طراحی و اجرای صحیح دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در ایران و سایر کشورهای لرزه‌خیز که از این نوع دیوارها استفاده می‌کنند، موضوعی نسبتاً نوپا است. دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های فعلی روش کاربردی برای طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای در پروژه‌های واقعی ارائه نکرده و در خصوص برخی جزئیات و چالش‌ها، پاسخ روشنی ارائه نمی‌کنند. پروژه‌های واقعی شامل پلان‌های معماری و دیوارهای داخلی و پیرامونی متعددی هستند که نحوه طراحی هر یک از دیوارها و اتصالات آن‌ها به یکدیگر به طور کامل و با ارائه همه جزئیات در منابع فعلی ارائه نشده است. همچنین تعداد دیوارها در هر ساختمان به حدی زیاد است که امکان طراحی هر دیوار به صورت جداگانه وجود ندارد و لازم است روشی ساده و در عین حال دقیق برای طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای بر مبنای پلان معماری ارائه شود. راهنمای پیش رو با هدف ارائه راهکارهای عملیاتی برای طراحی پروژه محور دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای و تهیه دفترچه محاسبات مربوط به این نوع از دیوارها تدوین شده است. در این نگارش، تمرکز راهنما عمدتاً بر دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای است و در نگارش‌های آتی، هم‌زمان با توسعه مستندات فنی مربوط به سایر اجزای غیرسازه‌ای، الزامات شفاف در خصوص آن اجزا نیز ارائه خواهد شد.

این راهنما شامل چهار فصل و هفت پیوست به شرح زیر می‌باشد:

در فصل اول، مقدمه، اهداف و دامنه کاربرد مدنظر این راهنما ارائه شده است.

در فصل دوم نحوه محاسبه تقاضای (نیروی) خارج از صفحه وارده بر دیوار ذکر شده است. این نیرو ممکن است ناشی از باد، زلزله یا سایر بارهای تصادفی باشد.

در فصل سوم نحوه محاسبه ظرفیت (مقاومت) خارج از صفحه دیوار ذکر شده است. روابط ارائه شده قابل استفاده برای دیوارهای بنایی غیرمسلح، دیوارهای مسلح به میلگرد بستر و دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف (به صورت بند بستر، به صورت نوارهای افقی، به صورت نوارهای قائم و به صورت سراسری) است. همچنین در این فصل مفهومی تحت عنوان طول بحرانی دیوار معرفی شده و نحوه محاسبه آن شرح داده شده است. استفاده از مفهوم طول بحرانی سبب تسهیل در روند طراحی دیوارهای

غیرسازه‌ای در پلان ساختمان می‌شود و با استفاده از آن نیاز به طراحی دیوارها به صورت تک به تک برطرف می‌گردد.

در فصل چهارم، روند طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ذکر شده است. در این روش که به صورت پروژه محور ارائه شده، دیوارهای غیرسازه‌ای موجود در پلان طبقات تیپ بندی شده (معمولاً ۳ الی ۵ تیپ) سپس بر اساس طول بحرانی هر یک از تیپ‌های دیوار، وادارهای قائم در پلان جانمایی می‌شود. بر این اساس، نوع و میزان تسلیح لازم برای هر تیپ دیوار، همچنین جانمایی وادارهای قائم در پلان معماری مشخص می‌شود. به علاوه، نحوه طراحی وادارها، اتصالات (دیوار به دیوار، دیوار به سازه، دیوار به وادار و وادار به سازه)، قاب فرعی (ساب فریم) بازشوها و نعل درگاه‌ها نیز در این فصل ارائه شده است. در این فصل، الزاماتی در خصوص سایر اجزای غیرسازه‌ای، از جمله نما و راه‌پله، ارائه شده است.

در پیوست اول، دقت روابط ارائه شده در فصل دوم به منظور محاسبه نیروی ناشی از باد و زلزله بررسی شده است. برای این منظور از نتایج حاصل از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی و تحلیل‌های دینامیک سیالات محاسباتی (شبیه ساز تونل باد) استفاده شده است.

در پیوست دوم، دقت روابط ارائه شده در فصل سوم به منظور محاسبه ظرفیت خمش خارج از صفحه دیوار بررسی شده است. برای این منظور از نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده در داخل و خارج از کشور استفاده شده است.

در پیوست سوم، ابزارهای محاسباتی تحت اکسل به منظور تسهیل در روند طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ارائه شده است.

در پیوست چهارم، آزمون‌های مورد نیاز برای تعیین مشخصات و کنترل دوام تسلیح دیوار (میلگرد بستر و کامپوزیت شبکه الیاف) ارائه شده است.

در پیوست پنجم، نمونه‌ای از روند طراحی و تهیه دفترچه محاسبات دیوارهای غیرسازه‌ای برای یک بیمارستان ارائه شده است. در این پروژه تسلیح دیوار با استفاده از میلگرد بستر انجام شده است.

در پیوست ششم، نمونه‌ای از روند طراحی و تهیه دفترچه محاسبات دیوارهای غیرسازه‌ای برای یک ساختمان مسکونی ارائه شده است. در این پروژه تسلیح دیوار با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف انجام شده است.

در پیوست هفتم، برخی از متداول‌ترین ابهامات طراحی و ایرادات اجرایی مشاهده شده در سال‌های اخیر ارائه شده است.

۱-۲ اهداف و دامنه کاربرد

تجربیات گذشته حاکی از آن است که دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در برابر بارهای تصادفی از جمله زلزله و طوفان‌های شدید آسیب پذیر بوده و عدم طراحی و اجرای صحیح آن‌ها ممکن است منجر به بروز

آسیب یا فروریزش کامل دیوار تحت بارهای تصادفی شود. نمونه‌هایی از آسیب‌های مشاهده شده در وقایع گذشته در شکل‌های (۱-۱) و (۲-۱) نشان داده شده است. در این راهنمای طراحی، دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به نحوی طراحی می‌شوند که دارای ظرفیت خارج از صفحه کافی در برابر نیروهای ناشی از باد و زلزله باشند.



شکل ۱-۱ نمونه‌هایی از آسیب دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای بر اثر زلزله.



شکل ۲-۱ نمونه‌هایی از آسیب دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای بر اثر باد.

تذکره ۱: به طور کلی هم بار ناشی از زلزله و هم بار ناشی از باد دارای ماهیت رفت و برگشتی است و لازم است دیوار در امتداد خارج از صفحه و در هر دو جهت مثبت و منفی (فشار و مکش) دارای ظرفیت کافی باشد.

تذکره ۲: بر اساس این راهنما لازم است دیوارهای پیرامونی، هم برای بار ناشی از زلزله و هم برای بار ناشی از باد کنترل شود. اما دیوارهای داخلی ساختمان را می‌توان تنها برای نیروی ناشی از زلزله کنترل نمود. با این فرض که فشار یا مکش ناشی از باد به طور کامل به داخل ساختمان نفوذ نمی‌کند و دیوارهای داخلی را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد.

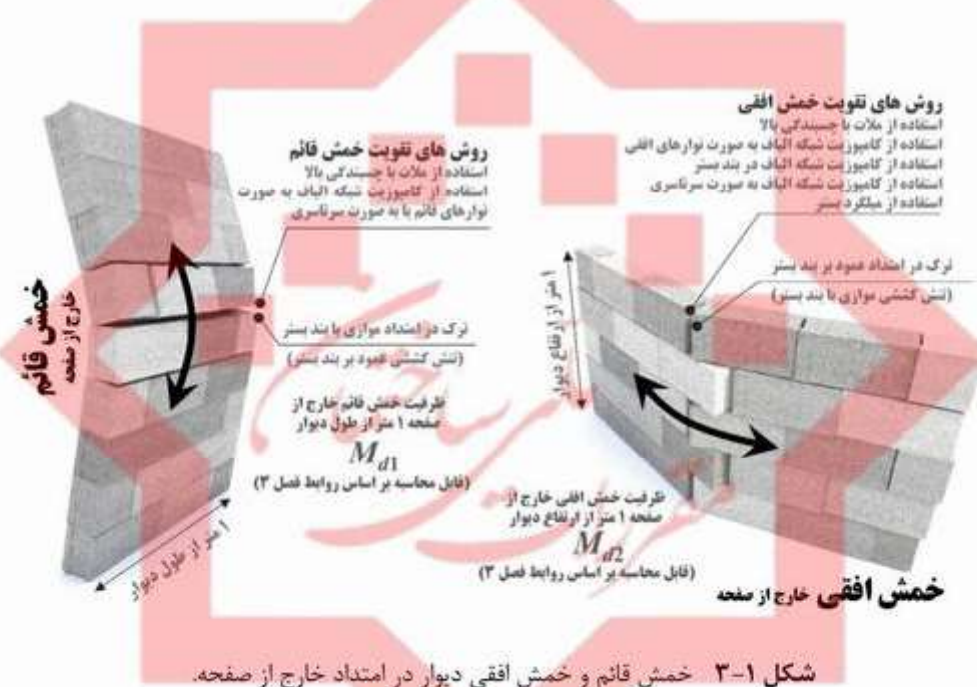
تذکره ۳: علاوه بر نیروی ناشی از زلزله و باد، دیوارهای غیرسازه‌ای ممکن است در معرض نیروهای تصادفی دیگر از جمله ضربه و انفجار نیز قرار گیرند. بسته به کاربری ساختمان، طراح می‌تواند علاوه بر زلزله و باد، سایر بارهای تصادفی را نیز در روند طراحی مدنظر قرار دهد. در این شرایط، طراح می‌تواند همچنان ظرفیت دیوار را بر اساس روابط ارائه شده در فصل ۳ این راهنما محاسبه نماید. اما تقاضای خارج از صفحه وارده بر دیوار بر اثر سایر بارهای تصادفی به جز زلزله و باد لازم است بر اساس منابع معتبر داخلی یا بین المللی محاسبه شوند.

راهنمای پیش رو متمرکز به دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ساخته شده از بلوک‌های سیمانی، سفالی و AAC می‌باشد. به طور کلی، تحت بارهای تصادفی از جمله زلزله، باد، انفجار، ضربه و ...، دیوارهای غیرسازه‌ای عمدتاً تحت خمش خارج از صفحه قرار می‌گیرند. بنابراین لازم است ظرفیت خمش خارج از صفحه دیوار بزرگتر از نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوار باشد. همانطور که در شکل (۱-۳) نشان داده شده است، برای دیوارهای بنایی دو نوع خمش خارج از صفحه قابل تعریف است: خمش قائم و خمش افقی. در خمش خارج از صفحه قائم، تنش‌های کششی ناشی از خمش عمود بر بندهای بستر دیوار است و تحت این خمش ترک‌های عمدتاً افقی در دیوار ایجاد می‌شود. در خمش خارج از صفحه افقی، تنش‌های کششی ناشی از خمش موازی با بندهای بستر دیوار است و تحت این خمش، ترک‌های عمدتاً قائم در دیوار ایجاد می‌شود. در دیوار بنایی غیرمسلح، ظرفیت خمش افقی دیوار به طور قابل توجهی بزرگتر از ظرفیت خمش قائم دیوار است. این امر سبب می‌شود رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی، یک رفتار غیرایزوتروپیک باشد. رفتار غیرایزوتروپیک دیوارهای بنایی در این راهنما در نظر گرفته شده و ظرفیت خارج از صفحه دیوار بر اساس این ویژگی تخمین زده می‌شود.

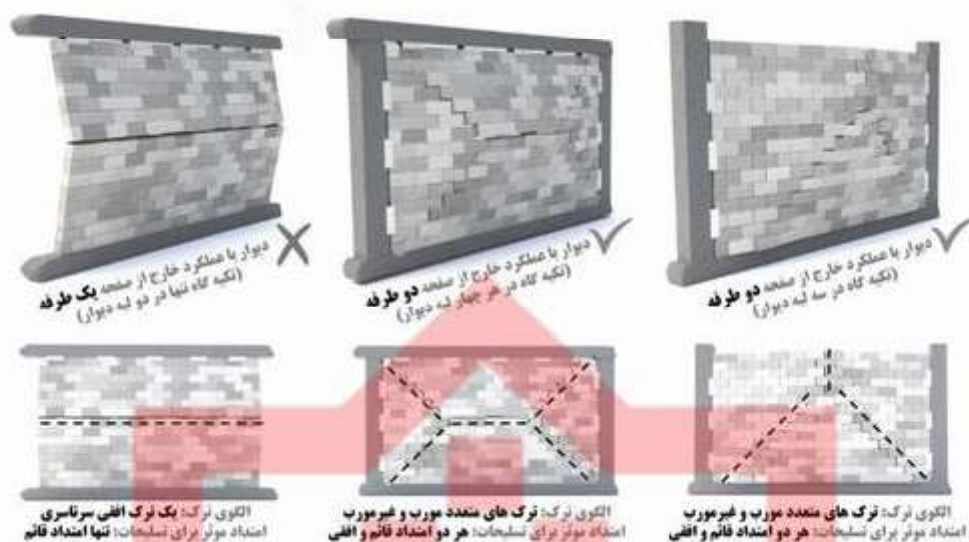
با توجه به شرایط مرزی متداول، معمولاً دیوار بنایی غیرسازه‌ای دارای رفتاری دوطرفه در امتداد خارج از صفحه بوده و به طور هم زمان خمش افقی و قائم در آن ایجاد می‌شود. مطابق شکل (۱-۴)،

ایجاد رفتار خارج از صفحه یک طرفه یا دو طرفه به شرایط مرزی دیوار بستگی دارد. در فصل ۳ این راهنما، نحوه تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار در هر دو عملکرد یک طرفه و دو طرفه (دیوار با شرایط مرزی مختلف) ارائه شده است.

تذکره ۴: در این راهنما، دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای را می‌توان به نحوی طراحی و اجرا کرد که دارای رفتار خارج از صفحه یک طرفه یا دو طرفه باشند. با این وجود توصیه می‌شود دیوار به نحوی طراحی و اجرا شود که رفتار خارج از صفحه در آن ایجاد شود، چرا که رفتار دو طرفه در مقایسه با رفتار یک طرفه، دارای درجه نامعینی و قابلیت اطمینان بیشتری است.



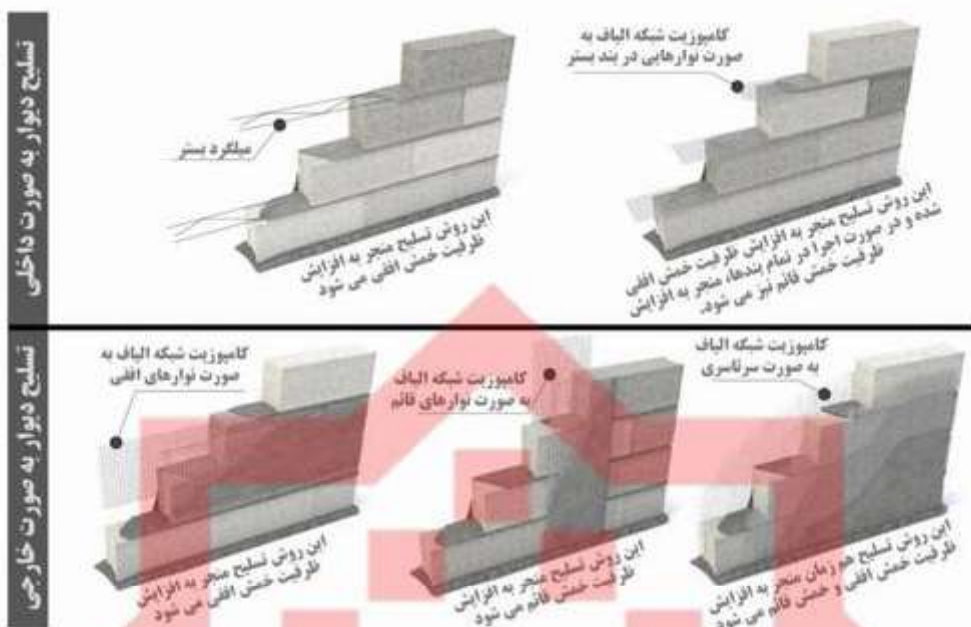
دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



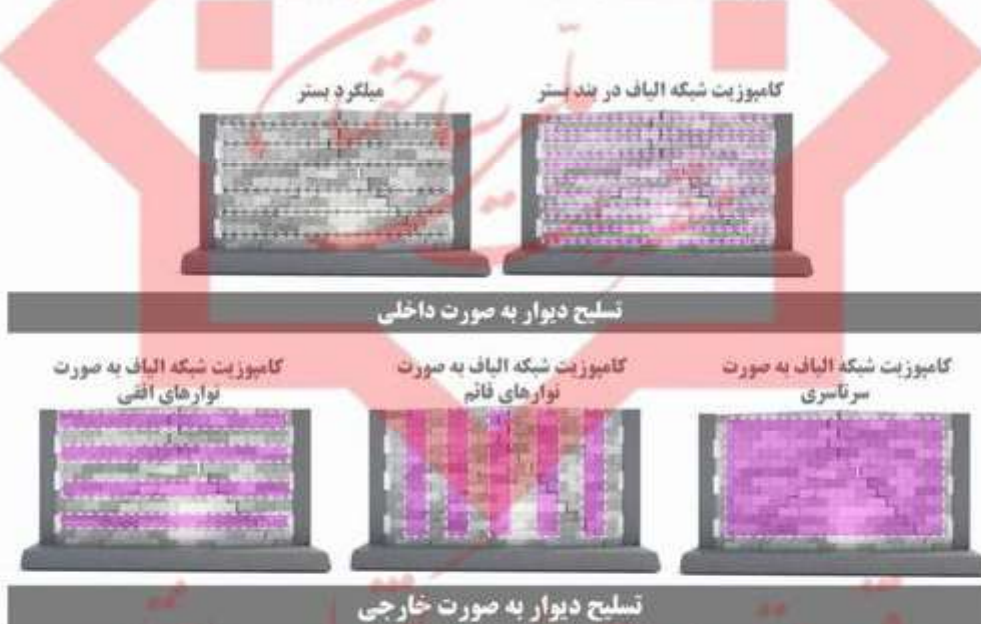
شکل ۴-۱ وابستگی رفتار و الگوی ترک‌های دیوار به شرایط مرزی دیوار.

برای افزایش ظرفیت خارج از صفحه دیوار بنایی، می‌توان از روش‌های تسلیح متنوعی استفاده نمود. تمرکز این راهنما بر روی دو نوع روش تسلیح می‌باشد: میلگرد بستر و کامپوزیت شبکه الیاف. نحوه مسلح نمودن دیوار در شکل (۵-۱) نشان داده شده است. مطابق این شکل، میلگردهای بستر دارای یک نوع جانمایی مشخص در بندهای بستر دیوار است اما از کامپوزیت‌های شبکه الیاف می‌توان به چهار روش گوناگون استفاده کرد. برای افزایش ظرفیت خارج از صفحه دیوار، لازم است تسلیح دیوار از ترک‌های قابل انتظار دیوار عبور کند و به این ترتیب از باز شدن ترک‌ها تحت بارهای خارج از صفحه جلوگیری شود. در فصل ۳ نحوه تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای غیرمسلح، مسلح به میلگردبستر و مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف (هر چهار روش مختلف) ارائه شده است.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل ۱-۵ انواع روش های تسلح دیوار با استفاده از میلگردبستر و کامپوزیت شبکه الیاف.



شکل ۱-۶ عبور تسلح از محل ترک های قابل انتظار دیوار به منظور بسته نگه داشتن ترک و افزایش ظرفیت خارج از صفحه دیوار.

تذکره ۵: تسلیح به روش میلگردبستر تنها منجر به افزایش ظرفیت خمش افقی دیوار می‌شود و بر ظرفیت خمش قائم دیوار تاثیری ندارد. تسلیح به روش کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر منجر به افزایش ظرفیت خمش افقی دیوار می‌شود و در صورتی که کامپوزیت‌ها در تمام بندهای دیوار اجرا شده باشد، می‌تواند سبب افزایش ظرفیت خمش قائم دیوار نیز شود. علت این امر آن است که پلاستر مورد استفاده در کامپوزیت شبکه الیاف، دارای چسبندگی بیشتر در مقایسه با ملات‌های متداول است. نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف منجر به افزایش ظرفیت خمش افقی دیوار شده و بر ظرفیت خمش قائم تاثیری ندارند. نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف منجر به افزایش ظرفیت خمش قائم دیوار می‌شوند و بر ظرفیت خمش افقی تاثیری ندارند. کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سراسری، به شکل هم زمان، سبب افزایش ظرفیت خمش افقی و قائم دیوار می‌شود.

تذکره ۶: اگرچه در فصل چهارم، توضیحاتی در خصوص نحوه صحیح طراحی و اجرای نما و راهپله ارائه شده است، با این حال در نگارش حاضر راهنما، تمرکز اصلی بر طراحی و اجرای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای است. در خصوص سایر اجزای غیرسازه‌ای از جمله نما و سقف‌های کاذب می‌توان از سایر منابع از جمله ضابطه شماره ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور (دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها) ویرایش ۱۴۰۱ (یا جدیدتر) و نشریه ۸۱۹ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (راهنمای طراحی سازه‌ای و جزئیات اجرایی دیوارهای غیرسازه‌ای) ویرایش ۱۳۹۷ (یا جدیدتر) و پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) ویرایش ۱۳۹۸ (یا جدیدتر) استفاده نمود. علاوه بر آن به منظور طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه، لازم است از دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه ویرایش ۱۴۰۳ (یا جدیدتر) استفاده نمود.

تذکره ۷: برخی از الزامات و جزئیات ارائه شده در این راهنما در انطباق کامل با سایر منابع نبوده و ممکن است تفاوت‌هایی وجود داشته باشد. در صورت انتخاب این راهنما به عنوان مبنای طراحی، لازم است کلیه ضوابط، الزامات و جزئیات مندرج در آن به صورت یکپارچه و کامل رعایت شود. استفاده هم‌زمان یا گزینشی از این راهنما و سایر منابع به گونه‌ای که بخشی از طراحی بر اساس این راهنما و بخشی دیگر بر اساس مراجع دیگر انجام شود، مجاز نیست.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان

فصل ۲- نیروی خارج از صفحه دیوار

در این فصل نحوه محاسبه نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ناشی از باد و زلزله ارائه شده است. در شرایط معمول، تنها نیروهای ناشی از باد و زلزله در طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در نظر گرفته می‌شود. اما در برخی سازه‌های خاص ممکن است سایر بارهای تصادفی شامل انفجار، سیل، ضربه و... نیز در طراحی دیوارها مدنظر باشد. در این فصل تنها نحوه محاسبه نیروی ناشی از باد و زلزله ارائه شده است و برای سایر بارهای تصادفی لازم است به مراجع مربوط مراجعه شود. روابط ارائه شده در این فصل نسخه‌های ساده سازی شده از روابط موجود در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) و نیز ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) هستند. میزان دقت روابط ارائه شده در این فصل با استفاده از تحلیل‌های دقیق‌تر در پیوست ۱ بررسی شده است.

تذکره ۱: در خصوص دیوارهای جان‌پناه علاوه بر بارهای ناشی از باد و زلزله، احتمال اعمال بارهای متمرکز دیگر نیز وجود دارد، لذا توصیه می‌شود در طراحی دیوارهای جان‌پناه، به‌ویژه برای ساختمان‌های عمومی، احتمال اعمال بارهای متمرکز بر لبه جان‌پناه در نظر گرفته شود.

تذکره ۲: به جای استفاده از روابط ارائه شده در این فصل، طراح می‌تواند بار باد را بر اساس روابط ارائه شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) و بار زلزله را بر اساس روابط ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) محاسبه نماید.

۲-۱ نیروی ناشی از باد

بار ناشی از باد در بسیاری از موارد، بار حاکم در طراحی دیوارهای پیرامونی ساختمان است. برای محاسبه نیروی ناشی از باد می‌توان از روابط (۲-۱) و (۲-۲) استفاده نمود. در نواحی متراکم داخل شهر یا محل‌های دارای ساختمان‌های متعدد یا درختان انبوه:

$$W_{wind} = 0.14 V^2 I_w \left(\frac{H_t}{12} \right)^{0.3} \quad (1-2)$$

در نواحی باز خارج از شهر یا محل‌های فاقد ساختمان‌های متعدد یا درختان انبوه:

$$W_{wind} = 0.2 V^2 I_w \left(\frac{H_t}{10} \right)^{0.2} \quad (2-2)$$

که

W_{wind} : نیروی ناشی از باد در امتداد خارج از صفحه دیوارهای پیرامونی (N/m^2)

I_w : ضریب اهمیت بار باد بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان)

V : سرعت مبنای باد (km/h) بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان)

H_t : ارتفاع کل ساختمان از سطح زمین (m) که در نواحی باز نباید کمتر از ۶ متر و در نواحی پر تراکم داخل شهر نباید کمتر از ۱۲ متر در نظر گرفته شود.

تذکره ۱: برای دیوارهای داخلی ساختمان نیروی ناشی از باد را می‌توان برابر با صفر در نظر گرفت. همچنین

برای دیوارهای پیرامونی که وجه بیرونی دیوار در معرض وزش باد قرار ندارد (همانند دیوارهای پیرامونی زیرزمین یا دیوارهای پیرامونی مجاور درز انقطاع با ساختمان مجاور)، می‌توان تنها ۳۰٪ از نیروی حاصل از روابط (۱-۲) یا (۲-۲) را در طراحی دیوار در نظر گرفت. لازم به توضیح است آنچه منجر به نیروی خارج از صفحه ناشی از باد بر روی دیوار می‌شود، اختلاف فشار هوا در دو وجه دیوار است. در هنگام وزش باد شدید، هوای داخل ساختمان نیز دچار تغییر فشار خواهد شد (به علت وجود بازوها و درزهای موجود در پوسته خارجی ساختمان) که به این تغییر فشار داخلی ساختمان، فشار داخلی ناشی از باد گفته می‌شود. تغییر فشار هوای داخل ساختمان تقریباً به صورت یکنواخت رخ داده و اختلاف فشار هوا در دو وجه دیوارهای داخلی مقدار ناچیزی خواهد بود. بر این اساس، می‌توان فرض نمود هنگام وزش باد، نیروی خارج از صفحه خالصی به دیوارهای داخلی اعمال نخواهد شد. همچنین انتظار می‌رود دیوارهای پیرامونی که وجه بیرونی آن‌ها در معرض وزش باد قرار ندارد، عمدتاً فشار داخلی ناشی از باد را تجربه کنند. در اکثر موارد فشار داخلی ناشی از باد حدود ۳۰٪ از کل فشار ناشی از باد را تشکیل می‌دهد. لذا در خصوص این دیوارها می‌توان نیروی ناشی از باد را معادل ۳۰٪ مقدار حاصل از روابط این بخش در نظر گرفت. لازم به ذکر است در تمام موارد فشار می‌تواند به صورت مثبت یا منفی (مکش) به دیوار اعمال شود.

تذکره ۲: روابط (۱-۲) و (۲-۲) پس از ساده‌سازی روابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) ویرایش ۱۳۹۸ به دست آمده‌است. روابط فوق جمع جبری فشار (مکش) داخلی و فشار (مکش) خارجی وارد بر دیوارهای پیرامونی ساختمان است. همچنین ضریب ۱/۶ نیز که در ترکیب بار باد وجود دارد، در روابط فوق اعمال شده است. در ساده‌سازی انجام شده ضریب

پستی و بلندی $C_i=1$ ، ضریب اثر تندباد خارجی و داخلی به ترتیب $C_g=2.5$ و $C_{gi}=2$ ، ضریب اثر فشار خارجی و داخلی به ترتیب $C_p=0.9$ و $C_{pi}=0.45$ در نظر گرفته شده است. این ترکیب منجر به بیشترین نیرو بر روی دیوار می‌گردد. البته در گوشه‌های ساختمان ممکن است به صورت موضعی مقدار C_p بزرگتر باشد، اما این نواحی موضعی است و برای طراحی کل دیوار بیش از حد محافظه کارانه می‌باشد. در روابط فوق، ضریب هم‌راستایی $C_d=0.85$ در نظر گرفته شده است. کلیه مقادیر فوق بر اساس الزامات مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) ویرایش ۱۳۹۸ انتخاب شده است.

تذکر ۳: در صورتی که ساختمان در بالای تپه، پرتگاه یا سینه‌کش منفرد با شیب بیش از ۱۰٪ واقع شده باشد، لازم است ضریب پستی و بلندی C_i بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) محاسبه شده و مقدار به دست آمده در روابط (۱-۲) و (۲-۲) ضرب شود. این روابط با فرض $C_i=1$ به دست آمده است و مربوط به حالتی است که ساختمان در بالای تپه یا پرتگاه قرار نداشته باشد.

تذکر ۴: روابط (۱-۲) و (۲-۲)، نیروی ناشی از باد بر دیوارهای واقع در بالاترین طبقه از ساختمان را ارائه می‌دهد. توصیه می‌شود برای ساختمان‌های متعارف کوتاه دارای ارتفاع متوسط، نیروی ناشی از باد برای دیوارهای طبقات تحتانی نیز بر اساس نیروی ناشی از باد وارد بر دیوارهای طبقات فوقانی در نظر گرفته شود. نتایج تحلیل‌های شبیه‌سازی تونل باد که در پیوست ۱ ارائه شده است حاکی از آن است که در بسیاری از موارد، فشار/ مکش حداکثر ناشی از باد در بخش‌های تحتانی و فوقانی ساختمان تقریباً یکسان است. این موضوع از خسارات مشاهده شده در طوفان‌های گذشته نیز قابل استنباط است (شکل (۲-۱) از فصل ۱ ملاحظه شود).

تذکر ۵: با استفاده از شبیه‌سازی تونل باد بر روی چند ساختمان، میزان دقت روابط (۱-۲) و (۲-۲) در پیوست ۱ بررسی شده است.

۲-۲ نیروی ناشی از زلزله

برخلاف نیروی باد که تنها بر برخی از دیوارهای ساختمان (عمدتاً دیوارهای پیرامونی) وارد می‌شود، بار ناشی از زلزله بر کلیه دیوارهای ساختمان اعمال خواهد شد. به منظور تخمین نیروی ناشی از زلزله می‌توان از رابطه (۳-۲) استفاده نمود.

$$W_{eq} = 0.48A(1 + S)\lambda_s I_p W_p \quad (3-2)$$

که در آن:

W_{eq} : نیروی لرزه‌ای خارج از صفحه دیوار در واحد سطح (N/m^2).

A : شتاب مبنای طرح (g) بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (طراحی ساختمان‌ها

در برابر زلزله)

I_p : ضریب اهمیت لرزه‌ای دیوار بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران (طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله)

K : پارامتر مربوط به خطرپذیری لرزه‌ای بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله)

W_p : وزن دیوار همراه با نازک‌کاری و نمای متصل به آن (N/m^2)

۸: ضریب اصلاح شتاب است که برای خرپشته یا طبقه فوقانی ساختمان با سختی جانبی کوچکتر از ۲۵٪ نسبت به طبقه تحتانی مقدار آن برابر با ۲ و برای سایر طبقات مقدار آن برابر با ۱ است. **تذکر ۱:** در خصوص دیوارهای بنایی داخلی غیرمسلح، لازم است نیروی زلزله حاصل از رابطه فوق به میزان ۷۰٪ افزایش یابد. اگرچه بر اساس این راهنما، استفاده از دیوارهای بنایی غیرمسلح مجاز نیست.

تذکر ۲: رابطه (۳-۲) حالت ساده شده و اصلاح شده رابطه موجود در نگارش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) است و مربوط به نیروی وارد بر دیوار در بالاترین طبقه از ساختمان است. توصیه می‌شود برای اطمینان در محاسبه نیروی زلزله وارد بر دیوارهای سایر طبقات ساختمان نیز از رابطه فوق استفاده شود.

تذکر ۳: در صورتی که مقدار حداکثر طیف شتاب طرح مشخص باشد (در صورت استفاده از نگارش پنجم استاندارد ۲۸۰۰ ایران یا استفاده از طیف شتاب ویژه ساختگاه)، لازم است در رابطه (۳-۲) مقدار حداکثر طیف شتاب طرح (با دوره بازگشت ۴۷۵ سال) جایگزین حاصل ضرب $A(1+S)$ شود.

تذکر ۴: استفاده از سایر روش‌های مبتنی بر دینامیک سازه‌ها به منظور تعیین نیروی لرزه‌ای وارد بر دیوار بلامانع است. در این صورت می‌توان ضریب رفتار خارج از صفحه دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف یا میلگرد بستر را برابر با ۲/۵ در نظر گرفت.

تذکر ۵: منظور از دیوار مسلح دیواری است که با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف یا میلگرد بستر مسلح شده باشد.

تذکر ۶: ضریب اصلاح شتاب ۸ در مدارک لازم‌الاجرای فعلی موجود نمی‌باشد. اما نتایج حاصل از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی حاکی از آن است که شتاب حداکثر در طبقات فوقانی و در مجاورت بام ساختمان که نسبت به طبقه زیرین خود سختی جانبی بسیار کمتری دارند (همانند طبقه خرپشته) می‌تواند تشدید شود. بر اساس این راهنما برای دیوارهای متصل به خرپشته و یا سکوی بالگرد (هلی پد) ضریب تشدید شتاب ۸ برابر با ۲ بوده و در صورتی که ساختمان دارای پنت هاوسی با سختی جانبی کمتر از ۲۵٪ سختی جانبی طبقه زیرین خود باشد (پنت هاوس‌های با عقب نشینی شدید در پلان و ارتفاع طبقه زیاد)، برای دیوارهای پنت هاوس نیز ضریب تشدید شتاب ۸ برابر با ۲ در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که سختی جانبی

پنت هاوس بزرگتر از ۷۵٪ سختی جانبی طبقه زیرین خود باشد، ضریب تشدید شتاب μ برابر با ۱ بوده و در صورتی که سختی طبقه پنت هاوس بین ۲۵٪ الی ۷۵٪ سختی طبقه زیرین خود باشد، برای تعیین ضریب شتاب μ می توان از درون یابی استفاده نمود.

تذکر ۷: با استفاده از تحلیل های تاریخچه زمانی غیرخطی بر روی چند ساختمان، دقت رابطه (۲-۳) در پیوست ۱ این راهنما بررسی شده است.



دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

فصل ۳ - ظرفیت خارج از صفحه دیوار

در این فصل نحوه محاسبه ظرفیت (مقاومت) خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای غیرمسلح و مسلح ارائه شده و مفهوم طول بحرانی دیوار و نحوه محاسبه آن مطرح شده است. در این راهنما، منظور از ظرفیت خارج از صفحه دیوار، نیروی گسترده و یکنواختی در امتداد عمود بر صفحه دیوار (فشار یا مکش خارج از صفحه) می‌باشد که دیوار را در آستانه فروریزش قرار می‌دهد.

تذکره ۱: بر اساس این راهنما، لازم است کلیه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای با استفاده از میلگردبستر یا کامپوزیت شبکه الیاف مسلح شود. سایر روش‌های تسلیح دیوار به شرطی که روند طراحی و اجرای آن‌ها منطبق بر مراجع معتبر یا نتایج آزمایشگاهی باشد، قابل استفاده است.

تذکره ۲: صحت و دقت کلیه روابط ارائه شده در این فصل با استفاده از نتایج آزمایشگاهی متعدد بررسی شده است و نتایج آن در پیوست ۲ این راهنما ارائه شده است.

۳-۱ ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی

ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی با رفتار غالب یک طرفه تحت خمش قائم (به عنوان نمونه دیواری که تنها در لبه‌های فوقانی و تحتانی خود دارای تکیه گاه است و دو لبه قائم آن آزاد می‌باشد) با استفاده از رابطه (۳-۱) قابل تخمین است.

$$P_c = 8 \frac{M_{d1}}{H^2} \quad (3-1)$$

ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی با رفتار غالب یک طرفه تحت خمش افقی (به عنوان نمونه دیواری که در دو لبه قائم خود دارای تکیه گاه است و نسبت ارتفاع به طول آزاد دیوار بزرگتر از ۲ می‌باشد) با استفاده از رابطه (۳-۲) قابل تخمین است.

$$P_c = 8 \frac{M_{d2}}{L^2} \quad (3-2)$$

ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی با رفتار دو طرفه (خمش قائم و افقی به شکل هم‌زمان) با استفاده از رابطه (۳-۳) قابل تخمین است.

$$P_c = \frac{M_{d2}}{\alpha_2 L^2} \quad (3-3)$$

در روابط فوق:

H : ارتفاع آزاد دیوار بر حسب (m)

L : طول آزاد دیوار بر حسب (m)

M_{d1} : ظرفیت خمش قائم در یک متر از طول دیوار بر حسب (N.m/m).

M_{d2} : ظرفیت خمش افقی دیوار در یک متر از ارتفاع دیوار بر حسب (N.m/m).

α_2 : ضریب خمش افقی که مقدار آن بسته به شرایط مرزی دیوار، نسبت ارتفاع آزاد به طول آزاد دیوار (H/L) و نسبت اورتوگنال دیوار (μ) بر اساس جداول (۱-۳) الی (۳-۳) به‌دست می‌آید. ضریب اورتوگنال دیوار ضریبی بدون بعد برای در نظر گرفتن رفتار غیرایزوتروپیک دیوار است که مقدار آن برابر است با نسبت ظرفیت خمش قائم به خمش افقی دیوار ($\mu = \frac{M_{d1}}{M_{d2}}$).

جدول ۱-۳ ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوارهای دارای تکیه گاه در هر چهار لبه

(شرایط مرزی نوع E طبق ضابطه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه و بودجه کشور).

شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
E	۳/۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۸	۰/۰۴۶	۰/۰۵۲	۰/۰۵۸
	۲/۵	۰/۰۰۵	۰/۰۱۲	۰/۰۲۳	۰/۰۳۳	۰/۰۴۱	۰/۰۴۹	۰/۰۵۶	۰/۰۶۱
	۲/۰	۰/۰۰۶	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۰/۰۳۶	۰/۰۴۴	۰/۰۵۲	۰/۰۵۹	۰/۰۶۴
	۱/۵	۰/۰۰۷	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۶	۰/۰۶۳	۰/۰۶۸
	۱/۰	۰/۰۰۸	۰/۰۱۸	۰/۰۳۰	۰/۰۴۲	۰/۰۵۱	۰/۰۵۹	۰/۰۶۶	۰/۰۷۱
	۰/۸	۰/۰۱۰	۰/۰۲۱	۰/۰۳۵	۰/۰۴۶	۰/۰۵۶	۰/۰۶۴	۰/۰۷۱	۰/۰۷۶
	۰/۶	۰/۰۱۲	۰/۰۲۵	۰/۰۴۰	۰/۰۵۳	۰/۰۶۲	۰/۰۷۰	۰/۰۷۶	۰/۰۸۱
	۰/۵	۰/۰۱۴	۰/۰۲۸	۰/۰۴۴	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۰	۰/۰۸۵
	۰/۴	۰/۰۱۷	۰/۰۳۲	۰/۰۴۹	۰/۰۶۲	۰/۰۷۱	۰/۰۷۸	۰/۰۸۴	۰/۰۸۸
	۰/۳	۰/۰۲۰	۰/۰۳۸	۰/۰۵۵	۰/۰۶۸	۰/۰۷۷	۰/۰۸۳	۰/۰۸۹	۰/۰۹۳
	۰/۲	۰/۰۲۶	۰/۰۴۶	۰/۰۶۴	۰/۰۷۶	۰/۰۸۴	۰/۰۹۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹۹
	۰/۱	۰/۰۳۹	۰/۰۶۲	۰/۰۷۸	۰/۰۸۸	۰/۰۹۵	۰/۱۰۰	۰/۱۰۳	۰/۱۰۶

جدول ۳-۲ ضریب خمشی افقی (α_2) برای دیوارهای دارای تکیه‌گاه در سه لبه و لبه فوقانی آزاد (شرایط مرزی نوع A طبق ضابطه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه و بودجه کشور).

شرایط مرزی دیوار	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	۰/۰۹۰
	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	۰/۱۰۳
	۰/۴	۰/۰۴۳	۰/۰۶۱	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷	۰/۰۹۳	۰/۰۹۸	۰/۱۰۱	۰/۱۰۴
	۰/۳	۰/۰۴۸	۰/۰۶۷	۰/۰۸۳	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

جدول ۳-۳ ضریب خمشی افقی (α_2) برای دیوارهای دارای تکیه‌گاه در سه لبه و یک لبه قائم آزاد (شرایط مرزی نوع J طبق ضابطه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه و بودجه کشور).

شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
J	۳/۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۰۲۳	۰/۰۳۷	۰/۰۵۰	۰/۰۶۴	۰/۰۸۱	۰/۰۹۷
	۲/۵	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴	۰/۰۲۹	۰/۰۴۵	۰/۰۶۲	۰/۰۷۹	۰/۰۹۸	۰/۱۱۸
	۲/۰	۰/۰۰۶	۰/۰۱۷	۰/۰۳۵	۰/۰۵۴	۰/۰۷۳	۰/۰۹۳	۰/۱۱۶	۰/۱۳۹
	۱/۵	۰/۰۰۸	۰/۰۲۰	۰/۰۴۰	۰/۰۶۲	۰/۰۸۵	۰/۱۰۸	۰/۱۳۳	۰/۱۵۹
	۱/۰	۰/۰۰۹	۰/۰۲۳	۰/۰۴۶	۰/۰۷۱	۰/۰۹۶	۰/۱۲۲	۰/۱۵۱	۰/۱۸۰
	۰/۸	۰/۰۱۲	۰/۰۲۸	۰/۰۵۴	۰/۰۸۳	۰/۱۱۱	۰/۱۴۲	۰/۱۷۵	۰/۲۰۸
	۰/۶	۰/۰۱۵	۰/۰۳۶	۰/۰۶۷	۰/۱۰۰	۰/۱۳۵	۰/۱۷۳	۰/۲۱۱	۰/۲۵۰
	۰/۵	۰/۰۱۸	۰/۰۴۲	۰/۰۷۷	۰/۱۱۳	۰/۱۵۳	۰/۱۹۵	۰/۲۳۷	۰/۲۸۰
	۰/۴	۰/۰۲۱	۰/۰۵۰	۰/۰۹۰	۰/۱۳۱	۰/۱۷۷	۰/۲۲۵	۰/۲۷۲	۰/۳۲۱
	۰/۳	۰/۰۲۷	۰/۰۶۲	۰/۱۰۸	۰/۱۶۰	۰/۲۱۴	۰/۲۶۹	۰/۳۲۵	۰/۳۸۱
	۰/۲	۰/۰۳۸	۰/۰۸۳	۰/۱۴۲	۰/۲۰۸	۰/۲۷۶	۰/۳۴۴	۰/۴۱۳	۰/۴۸۸
	۰/۱	۰/۰۶۵	۰/۱۳۱	۰/۲۲۴	۰/۳۲۱	۰/۴۱۸	۰/۵۱۵	۰/۶۱۳	۰/۶۹۸

تذکره ۱: به منظور درک بهتر مفهوم خمش قائم و خمش افقی، به شکل (۳-۱) رجوع شود.

تذکره ۲: نحوه تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار که در این راهنما ارائه شده است، منطبق با روش ارائه شده در ضابطه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه و بودجه ویرایش‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۸ می‌باشد.

تذکره ۳: بر اساس روابط (۱-۳) الی (۳-۳) مشخص است که برای تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار لازم است ابتدا ظرفیت خمش قائم و خمش افقی دیوار تعیین شود. این دو کمیت بر اساس نوع تسلیح استفاده شده در دیوار، مطابق یکی از بندهای ۱-۱-۳ الی ۶-۱-۳ به‌دست می‌آید.

۱-۱-۳ دیوارهای بنایی غیرمسلح

ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح بر اساس روابط (۱-۳) الی (۳-۳) محاسبه می‌شود. برای این منظور، لازم است ظرفیت خمش قائم و خمش افقی دیوار مطابق این بند محاسبه شود.

- برای دیوار بنایی غیرمسلح ساخته شده از بلوک‌ها یا آجرهای توپر:

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

$$M_{d2} = \phi_2 \lambda \frac{f_{r2} t^2}{6} \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.6 \quad (۵-۳)$$

- برای دیوار بنایی غیرمسلح ساخته شده از بلوک‌های توخالی:

$$M_{d1} = \phi_1 \frac{f_{r1} t_s (t - t_s)^2}{t} \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_1 = 0.6 \quad (۶-۳)$$

$$M_{d2} = \phi_2 \lambda \frac{f_{r2} t_s (t - t_s)^2}{t} \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.6 \quad (۷-۳)$$

در روابط فوق:

M_{d1} : ظرفیت خمش قائم دیوار به ازای یک متر از طول دیوار بر حسب (N.m/m)

M_{d2} : ظرفیت خمش افقی دیوار به ازای یک متر از ارتفاع دیوار بر حسب (N.m/m)

t : ضخامت دیوار بر حسب (mm) - مطابق شکل (۱-۳)

t_s : ضخامت پوسته بیرونی بلوک توخالی بر حسب (mm) - مطابق شکل (۱-۳)

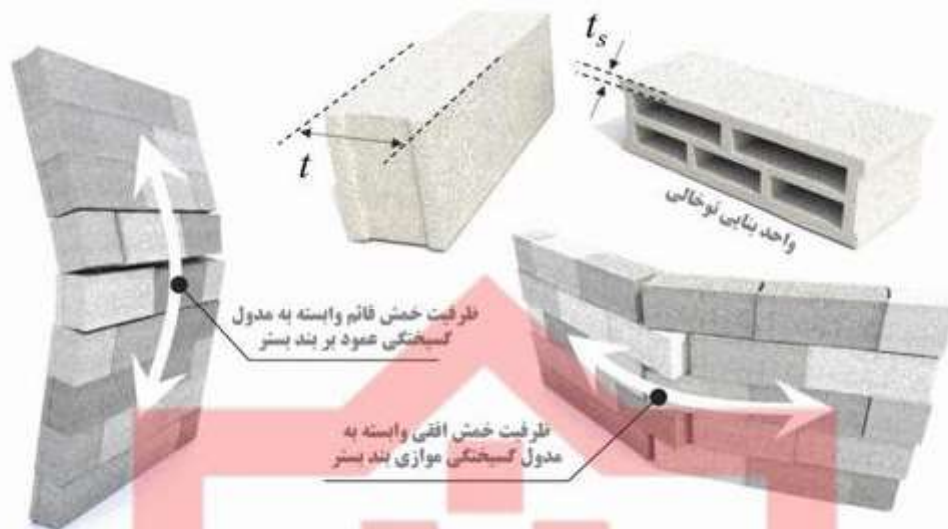
f_{r1} و f_{r2} : به ترتیب مدول گسیختگی دیوار بنایی در امتداد عمود بر بند بستر و امتداد موازی بند بستر بر حسب (MPa) - مقادیر مدول گسیختگی بر اساس نوع ملات و نوع واحدهای بنایی در جدول (۴-۳) ارائه شده است.

ϕ_1 و ϕ_2 : ضرایب کاهش مقاومت به ترتیب برای خمش قائم و خمش افقی

از ضریب اصلاح ملات بند قائم-در صورتی که بندهای قائم به طور کامل با ملات پر شده باشد، مقدار این ضریب برابر با ۱ و در غیر این صورت مقدار آن برابر با ۰/۷ می‌باشد.

جدول ۳-۴ مدول گسیختگی دیوار بنایی در دو امتداد عمود بر بند بستر (f_{r1}) و موازی بند بستر (f_{r2}) بر حسب مگاپاسکال (بر اساس ضابطه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه بودجه کشور).

امتداد مدول گسیختگی	نوع واحد بنایی	طرح اختلاط ملات (ب)	
		۱ حجم سیمان پر تلند ۱ حجم آهک ۶ حجم ماسه ریزدانه (ت)	۱ حجم سیمان بنایی یا پر تلند ۳ حجم ماسه ریزدانه (ت)
عمود بر بند بستر (f _{r1}) (د)	آجر توپر یا سوراخ دار	۰/۶۹	۰/۳۵
	بلوک توخالی	۰/۴۴	۰/۲۱
	بلوک AAC (ت)	۰/۵۵	
موازی بند بستر (f _{r2}) (ب)	آجر توپر یا سوراخ دار	۱/۳۸	۰/۶۹
	بلوک توخالی	۰/۸۷	۰/۴۴
	بلوک AAC (ت)	۰/۵۵	
توضیحات	(الف) لازم است حداقل به مدت ۳ روز پس از ساخت دیوار، رطوبت ملات حفظ شود. در غیر این صورت لازم است مدول گسیختگی عمود بر بند بستر به میزان ۵۰٪ کاهش یابد. نیازی به کاهش مدول گسیختگی در امتداد موازی بند بستر نمی‌باشد.		
	(ب) لازم است جیدمان واحدهای بنایی دارای پیوند ممتد باشد و فاصله افقی بندهای قائم در ردیف‌های متوالی حداقل یک‌چهارم طول واحد بنایی باشد.		
	(پ) مقدار دقیق آب بسته به میزان کارایی لازم و شرایط محیطی تعیین می‌شود.		
	(ت) حداکثر اندازه دانه‌های ماسه ریزدانه حدود ۲ میلی‌متر است به‌طوری‌که حداقل ۹۵٪ دانه‌های ماسه از الک نمره ۸ عبور کند.		
	(ث) برای بلوک‌های AAC لازم است از چسب مخصوص استفاده شود. در این شرایط معمولاً چسبندگی چسب به بلوک از ظرفیت کششی خود بلوک AAC بزرگتر و مدول گسیختگی دیوار برابر با مدول گسیختگی بلوک AAC خواهد بود که در هر دو امتداد یکسان است. به عبارت دیگر دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های AAC در صورتی که مسلح نباشند دارای رفتار ایزوتروپیک و ظرفیت خمش افقی و قائم یکسان هستند. (با فرض تامین چسبندگی کافی بین بلوک‌ها).		



شکل ۳-۱ کمیت‌های مورد نیاز برای محاسبه ظرفیت خمش قائم و افقی دیوارهای بنایی غیر مسلح.

تذکره ۱: در صورتی که در روند ساخت دیوار و حداقل سه روز پس از ساخت دیوار تدابیری برای حفظ رطوبت ملات دیوار اتخاذ نشود، لازم است مقدار مدول گسیختگی در امتداد عمود بر بند بستر که در جدول (۳-۴) ارائه شده است، به میزان ۵۰٪ کاهش داده شود. در این شرایط، نیازی به کاهش مدول گسیختگی در امتداد موازی با بند بستر نمی‌باشد. کاهش مذکور برای دیوارهای ساخته شده با بلوک‌های AAC ضروری نیست.

تذکره ۲: در صورتی که طراح از صحت اجرا و نظارت بر روند حفظ رطوبت ملات اطمینان کافی نداشته باشد، توصیه می‌شود مطابق تذکره ۱، در مرحله طراحی دیوار از مدول گسیختگی کاهش یافته استفاده نماید.

تذکره ۳: بر اساس آزمایش‌های انجام شده، مدول گسیختگی در امتداد موازی با بند بستر (که به چسبندگی در امتداد مماس بر بند بستر وابسته است) حساسیت کمی به نوع نگهداری و حفظ رطوبت ملات داشته، لذا بر اساس تذکره ۱، نیازی به کاهش مدول گسیختگی در امتداد موازی با بند بستر نمی‌باشد.

تذکره ۴: به طور معمول، در دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ترک و گسیختگی عمدتاً در محل بندهای دیوار رخ می‌دهد. اما، در صورت استفاده از ملات‌های با چسبندگی بسیار زیاد یا واحدهای بنایی با

مدول گسیختگی کمتر، ترک‌ها و گسیختگی عمدتاً در خود واحدهای بنایی رخ می‌دهد و ظرفیت خارج از صفحه دیوار وابسته به مدول گسیختگی واحدهای بنایی خواهد بود. بنابراین، تحت هیچ شرایطی مدول گسیختگی در هر یک از دو امتداد عمود بر بند بستر یا موازی با بند بستر، نباید بیشتر از مدول گسیختگی واحدهای بنایی در نظر گرفته شود. این موضوع به ویژه در صورت استفاده از واحدهای بنایی با مدول گسیختگی کمتر (واحدهای بنایی ضعیف با چگالی بسیار اندک) یا ملات‌های با چسبندگی بالا (ملات‌های متشکل از ترکیب سیمان پرتلند و آهک یا ملات‌های پلیمری) دارای اهمیت است.

تذکره ۵: در غیاب انجام اندازه‌گیری دقیق، ضخامت پوسته بیرونی بلوک‌های توخالی سیمانی را می‌توان برابر $t_s = 30 \text{ mm}$ و ضخامت پوسته بیرونی بلوک‌های توخالی سفالی را می‌توان $t_s = 10 \text{ mm}$ در نظر گرفت.

۳-۱-۲ دیوارهای بنایی مسلح به میلگردبستر

ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی مسلح به میلگرد بستر بر اساس روابط (۳-۱) الی (۳-۳) محاسبه می‌شود. برای این منظور، لازم است ظرفیت خمش قائم دیوار بسته به نوع واحدهای بنایی، بر اساس رابطه (۳-۴) یا (۳-۶) و ظرفیت خمش افقی دیوار مطابق رابطه (۳-۸) تخمین زده شود.

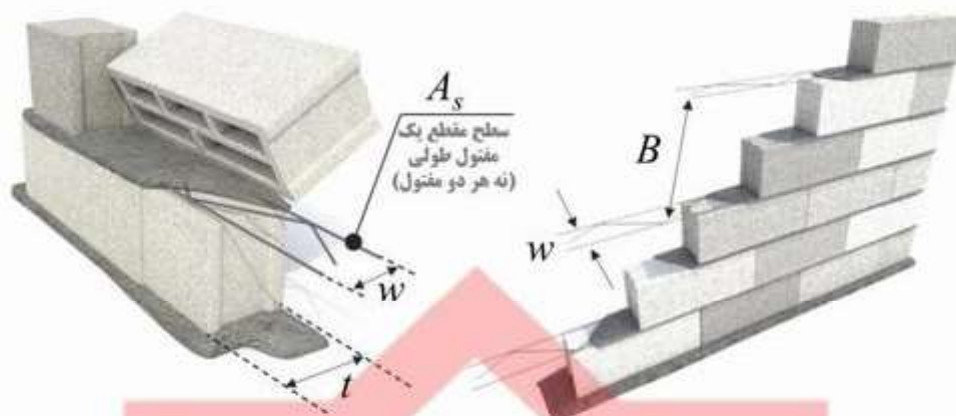
$$M_{d2} = \phi_2 \frac{A_s f_y}{B} (0.5t + 0.5w) \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.9 \quad (۳-۸)$$

در رابطه فوق:

A_s : سطح مقطع یکی از مفتول‌های طولی میلگرد بستر بر حسب (mm^2) - مطابق شکل (۳-۲)
 f_y : مقاومت تسلیم فولاد به کار رفته در میلگرد بستر بر حسب (MPa) - لازم است مقاومت تسلیم توسط شرکت تولید کننده میلگرد بستر ارائه شود. روند انجام آزمون‌های کششی مورد نیاز جهت تعیین مقاومت تسلیم میلگرد بستر در پیوست چهارم این راهنما ارائه شده است.
 B : فواصل میلگردهای بستر در امتداد ارتفاع دیوار بر حسب (mm) - مطابق شکل (۳-۲) این کمیت ضربی از ارتفاع واحدهای بنایی استفاده شده در دیوار است.
 W : پهنای میلگردبستر و یا به عبارت دیگر فاصله دو مفتول طولی میلگردبستر از یکدیگر بر حسب (mm) - مطابق شکل (۳-۲)

سایر کمیت‌ها مطابق تعاریف ارائه شده در بخش ۳-۱-۱ است.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل ۲-۳ کمیت‌های مورد نیاز برای محاسبه ظرفیت خمش افقی دیوارهای بنایی مسلح به میلگرد بستر.

تذکره ۱: قطر مفتول‌های میلگرد بستر نباید کمتر از ۳ میلی‌متر و نباید بیشتر از ۵ میلی‌متر باشد. علت اعمال محدودیت در حداکثر قطر مفتول، اطمینان از تامین پیوستگی بین میلگرد بستر و ملات بند بستر است. بر اساس آزمایش‌های انجام شده، مفتول‌هایی در این محدوده قطری، در داخل بند بستر به ظرفیت کشش نهایی خود رسیده و گسیخته می‌شوند. همچنین، علت اعمال محدودیت در حداقل قطر مفتول، جلوگیری از کاهش زیاد سطح مقطع مفتول در نقاط جوش (در اثر ذوب شدگی) است. علاوه بر آن مفتول‌های با قطر بسیار کم به پدیده خوردگی حساسیت بیشتری دارد و تسلیح حداقل مورد نیاز برای دیوار را تامین نمی‌کند. لذا در این راهنما، لازم است قطر مفتول‌های میلگرد است بین ۳ الی ۵ میلی‌متر باشد. استفاده از میلگردهای بستر با قطر مفتول نزدیک به ۴ میلی‌متر قابل توصیه است.

تذکره ۲: فواصل میلگردهای بستر از یکدیگر در امتداد ارتفاع دیوار نباید بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر باشد.

تذکره ۳: لازم است پهنای میلگردبستر حداقل ۳۰ میلی‌متر کمتر از ضخامت بلوک‌های دیوار باشد. به این ترتیب در هر سمت میلگردبستر حداقل ۱۵ میلی‌متر ملات به عنوان پوشش وجود خواهد داشت.

تذکره ۴: در صورت نیاز به هم‌پوشانی میلگردهای بستر، طول هم‌پوشانی نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر یا ۲۵ برابر قطر مفتول طولی میلگرد بستر در نظر گرفته شود. میلگردهای بستر هم‌پوشانی شده را می‌توان در دو رج متوالی قرار داد و ضروری نیست الزاماً هر دو در یک رج باشند.

تذکره ۵: استفاده از هر دو نوع میلگرد بستر خرابایی و نردبانی مجاز است و مفتول‌های استفاده شده در میلگرد بستر را می‌توان به صورت ساده و غیر آجدار در نظر گرفت. علت این امر آن است که پیوستگی بین میلگرد بستر و ملات از طریق هندسه شبکه‌ای میلگرد بستر تامین می‌شود.

تذکره ۶: به منظور حفاظت میلگرد بستر از خوردگی لازم است مفتول‌های میلگرد بستر به صورت گالوانیزه یا دارای پوشش ضد زنگ باشند.

۳-۱-۳ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر

ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر بر اساس روابط (۱-۳) الی (۳-۳) محاسبه می‌شود. ظرفیت خمشی قائم در دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر، بسته به نوع واحدهای بنایی، بر اساس رابطه (۳-۴) یا (۳-۶) و ظرفیت خمشی افقی دیوار مطابق رابطه (۳-۹) قابل تخمین است.

$$M_{d2} = \phi_2 \frac{T_{fu} t^2}{3B_f} \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.9 \quad (۳-۹)$$

در رابطه فوق:

T_{fu} : ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در واحد عرض بر حسب (N/mm) - لازم است این ظرفیت توسط شرکت تولید کننده کامپوزیت ارائه شود. روند انجام آزمون‌های کششی مورد نیاز در پیوست چهارم این راهنما ارائه شده است.

B_f : فواصل کامپوزیت‌های شبکه الیاف بند بستر در امتداد ارتفاع دیوار بر حسب (mm) - مطابق شکل (۳-۳) این کمیت ضریبی از ارتفاع واحدهای بنایی به کار رفته در ساخت دیوار است. سایر کمیت‌ها مطابق تعاریف ارائه شده در بخش ۳-۱-۳ است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل ۳-۳ کمیت‌های مورد نیاز برای محاسبه ظرفیت خمش افقی دیوارهای بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر.

تذکره ۱: در تسلیح دیوار به روش کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر، لازم است ملات استفاده شده در بند بستر مسلح، همان پلاستر مخصوص کامپوزیت شبکه الیاف باشد. بنابراین، به منظور تسهیل در روند اجرای دیوار، توصیه می‌شود کامپوزیت شبکه الیاف در تمام رج‌های دیوار اجرا شود. به‌این ترتیب، علاوه بر تقویت خمش افقی دیوار، ظرفیت خمش قائم دیوار نیز می‌تواند تقویت شود. علت این امر، چسبندگی بین پلاستر کامپوزیت با واحدهای بنایی است که معمولاً در مقایسه با ملات‌های متداول از چسبندگی بیشتری برخوردار است.

تذکره ۲: بر اساس توضیحات ارائه شده در تذکره ۱، در صورتی که کامپوزیت شبکه الیاف در تمام رج‌های دیوار اجرا شود، در تخمین ظرفیت خمش قائم دیوار می‌توان از مدول گسیختگی مربوط به ملات با طرح اختلاط ترکیب سیمان پرتلند و آهک (ارائه شده در جدول ۳-۴) استفاده نمود. در هر صورت مدول گسیختگی نباید بیش از مدول گسیختگی واحدهای بنایی در نظر گرفته شود.

تذکره ۳: روابط ارائه شده در این بخش با این فرض است که پهنای کامپوزیت شبکه الیاف برابر با ضخامت بلوک‌های دیوار باشد.

تذکره ۴: در صورت نیاز به هم‌پوشانی شبکه الیاف داخل کامپوزیت، حداقل طول هم‌پوشانی شبکه الیاف (برحسب mm) می‌تواند $5T_{fu}$ در نظر گرفته شود (T_{fu} برحسب N/mm است). در هیچ شرایطی، طول هم‌پوشانی نباید کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. در صورت نیاز، از مقدار فوق به عنوان حداقل طول مهاري کامپوزیت شبکه الیاف نیز می‌توان استفاده نمود. طول

مهارى و طول هم‌پوشانى علاوه بر ظرفيت كشى كامپوزيت، به هندسه شبكه الياف، طرح اختلاط پلاستر كامپوزيت و مشخصات زیرسطح كامپوزيت (سطح ديوار بنائى) بستگى دارند. در صورت وجود نتايج آزمایشگاهى معتبر، استفاده از ساير مقادير به عنوان طول هم‌پوشانى يا طول مهارى بلامانع است.

تذکره ۵: روش تسليح ديوار با استفاده از كامپوزيت شبكه الياف در بند بستر مناسب براى شرايطى است كه امكان دسترسى به هر دو وجه ديوار وجود ندارد در ساير روش‌هاى تسليح با استفاده از كامپوزيت شبكه الياف لازم است دسترسى به هر دو وجه ديوار وجود داشته باشد.

۳-۱-۴ ديوار مسلح به كامپوزيت شبكه الياف به صورت نوارهاى افقى

ظرفيت خارج از صفحه ديوارهاى بنائى مسلح به نوارهاى افقى كامپوزيت شبكه الياف بر اساس روابط (۱-۳) الى (۳-۳) محاسبه مى‌شود. ظرفيت خمش قائم در ديوارهاى مسلح به نوارهاى افقى كامپوزيت شبكه الياف، بسته به نوع واحدهاى بنائى، بر اساس رابطه (۳-۴) يا (۳-۶) و ظرفيت خمش افقى ديوار مطابق رابطه (۳-۱۰) قابل تخمين است.

$$M_{d2} = \phi_2 \frac{w_f}{s_{fv}} T_{fut} \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.9 \quad (۳-۱۰)$$

در رابطه فوق:

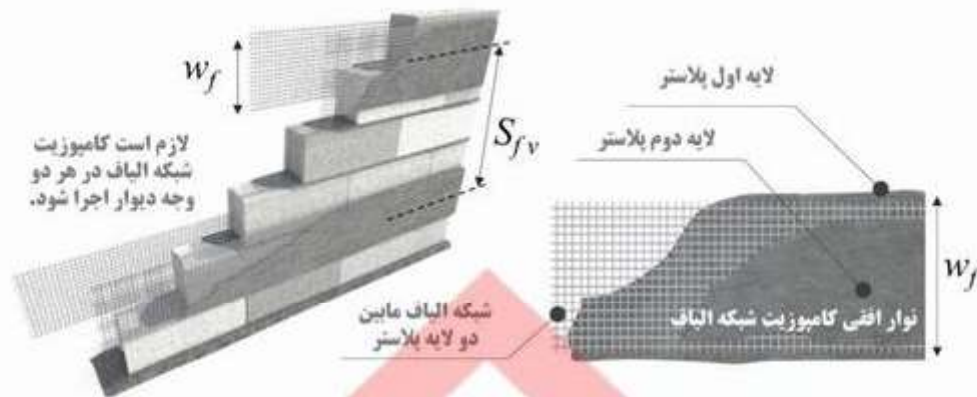
T_{fu} : ظرفيت كشى كامپوزيت شبكه الياف در واحد عرض بر حسب (N/mm) - لازم است اين ظرفيت توسط شركت توليد كننده كامپوزيت ارائه شود. روند انجام آزمون‌هاى كشى مورد نياز در پيوست چهارم اين راهنما ارائه شده است.

w_f : عرض نوارهاى كامپوزيت شبكه الياف بر حسب (mm) - مطابق شكل (۳-۴).

s_{fv} : فواصل مركز به مركز نوارهاى افقى كامپوزيت‌هاى شبكه الياف بر حسب (mm) - مطابق شكل (۳-۴).

ساير كميت‌ها مطابق تعاريف ارائه شده در بخش ۳-۱-۱ است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل ۳-۴ کمیت‌های مورد نیاز برای محاسبه ظرفیت خمش افقی دیوارهای بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی.

تذکر: در صورت نیاز به هم‌پوشانی شبکه الیاف داخل کامپوزیت، حداقل طول هم‌پوشانی شبکه الیاف (برحسب mm) را می‌توان $5T_{fu}$ در نظر گرفت (T_{fu} برحسب N/mm است). در هیچ شرایطی، طول هم‌پوشانی نباید کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. در صورت نیاز، می‌توان از مقدار فوق به عنوان حداقل طول مهاری کامپوزیت شبکه الیاف نیز استفاده کرد. طول مهاری و طول هم‌پوشانی علاوه بر ظرفیت کششی کامپوزیت، به هندسه شبکه الیاف، طرح اختلاط پلاستر کامپوزیت و مشخصات زیرسطح کامپوزیت (سطح دیوار بنایی) بستگی دارند. در صورت وجود نتایج آزمایشگاهی معتبر، استفاده از سایر مقادیر به عنوان طول هم‌پوشانی یا طول مهاری بلامانع است.

۳-۱-۵ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم

ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف بر اساس روابط (۱-۳) الی (۳-۳) محاسبه می‌شود. ظرفیت خمش افقی در دیوارهای مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف، بسته به نوع واحدهای بنایی، بر اساس رابطه (۳-۵) یا (۳-۷) و ظرفیت خمش قائم دیوار مطابق رابطه (۳-۱۱) قابل تخمین است.

$$M_{d1} = \phi_1 \frac{w_f}{s_{fh}} T_{fut} \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_1 = 0.9 \quad (۳-۱۱)$$

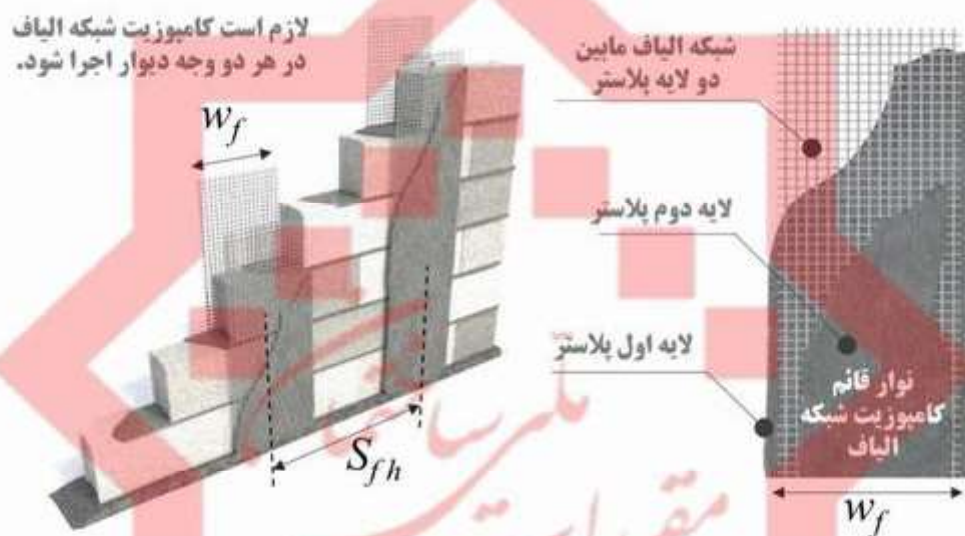
در رابطه فوق:

T_{fu} : ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در واحد عرض بر حسب (N/mm) - لازم است این ظرفیت توسط شرکت تولید کننده کامپوزیت ارائه شود. روند انجام آزمون‌های کششی مورد نیاز در پیوست چهارم این راهنما ارائه شده است.

w_f : عرض نوارهای کامپوزیت شبکه الیاف بر حسب (mm) - مطابق شکل (۵-۳).

s_{fh} : فواصل مرکز به مرکز نوارهای قائم کامپوزیت‌های شبکه الیاف بر حسب (mm) - مطابق شکل (۵-۳).

سایر کمیت‌ها مطابق تعاریف ارائه شده در بخش ۱-۳-۱ است.



شکل ۵-۳ کمیت‌های مورد نیاز برای محاسبه ظرفیت خمشی قائم دیوارهای بتایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم.

تذکر: در صورت نیاز به هم‌پوشانی شبکه الیاف داخل کامپوزیت، حداقل طول هم‌پوشانی شبکه الیاف (برحسب mm) را می‌توان $5T_{fu}$ در نظر گرفت (T_{fu} برحسب N/mm است). در هیچ شرایطی، طول هم‌پوشانی نباید کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. در صورت نیاز، می‌توان مقدار فوق به عنوان حداقل طول مهاري کامپوزیت شبکه الیاف نیز استفاده کرد. طول مهاري و طول هم‌پوشانی علاوه بر ظرفیت کششی کامپوزیت، به هندسه شبکه الیاف، طرح اختلاط پلاستر کامپوزیت و مشخصات زیرسطح کامپوزیت (سطح دیوار بتایی) بستگی دارند. در صورت وجود نتایج آزمایشگاهی معتبر، استفاده از سایر مقادیر به عنوان طول هم‌پوشانی یا طول مهاري بلامانع است.

۳-۱-۶ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سراسری

ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سراسری بر اساس روابط (۳-۱) الی (۳-۳) محاسبه می‌شود. ظرفیت خمش قائم و افقی در دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سراسری، به ترتیب بر اساس روابط (۳-۱۲) و (۳-۱۳) قابل تخمین است.

$$M_{d1} = \phi_1 T_{fu1} t \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_1 = 0.9 \quad (۳-۱۲)$$

$$M_{d2} = \phi_2 T_{fu2} t \left(N \cdot \frac{m}{m} \right), \quad \phi_2 = 0.9 \quad (۳-۱۳)$$

در رابطه فوق:

T_{fu1} : ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در واحد عرض و در امتداد قائم دیوار بر حسب (N/mm) - لازم است این ظرفیت توسط شرکت تولید کننده کامپوزیت ارائه شود. روند انجام آزمون‌های کششی مورد نیاز در پیوست چهارم این راهنما ارائه شده است.
 T_{fu2} : ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در واحد عرض و در امتداد طول دیوار بر حسب (N/mm) - لازم است این ظرفیت توسط شرکت تولید کننده کامپوزیت ارائه شود. روند انجام آزمون‌های کششی مورد نیاز در پیوست چهارم این راهنما ارائه شده است.
 سایر کمیت‌ها مطابق تعاریف ارائه شده در بخش ۳-۱-۱ است.

تذکر: در صورت نیاز به هم‌پوشانی شبکه الیاف داخل کامپوزیت، حداقل طول هم‌پوشانی شبکه الیاف در هر امتداد (برحسب mm) می‌تواند $5T_{fu}$ در نظر گرفته شود (T_{fu} ظرفیت کششی کامپوزیت برحسب N/mm در امتداد مدنظر است). در هیچ شرایطی، طول هم‌پوشانی نباید کوچکتر از ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. در صورت نیاز، می‌توان از مقدار فوق به عنوان حداقل طول مهاري کامپوزیت شبکه الیاف نیز استفاده نمود. طول مهاري و طول هم‌پوشانی علاوه بر ظرفیت کششی کامپوزیت، به هندسه شبکه الیاف، طرح اختلاط پلاستر کامپوزیت و مشخصات زیرسطح کامپوزیت (سطح دیوار بنایی) بستگی دارند. در صورت وجود نتایج آزمایشگاهی معتبر، استفاده از سایر مقادیر به عنوان طول هم‌پوشانی یا طول مهاري بلامانع است.

۳-۲ طول بحرانی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای

۳-۲-۱ مفهوم طول بحرانی و کاربرد آن

طول بحرانی دیوار عبارت است از "طول آزاد دیوار که در آن ظرفیت خارج از صفحه دیوار با نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوار برابر می‌شود". به عبارت دیگر دیواری که دارای طول آزاد برابر با طول

بحرانی است، در آستانه فروریزش خارج از صفحه قرار دارد و جانمایی وادارهای قائم و نیز اتصالات موجود در لبه‌های دیوار باید به نحوی باشد که در هیچ یک از دیوارهای موجود در پلان طبقه، طول آزاد دیوار از طول بحرانی بیشتر نباشد.

بر اساس تعریف فوق، طول بحرانی دیوار نه تنها به ظرفیت خارج از صفحه دیوار، بلکه به نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوار نیز بستگی دارد. بنابراین مشخصاتی از جمله مقدار نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوار، ارتفاع آزاد دیوار، ضخامت دیوار، وجود یا عدم اتصال کشویی در لبه فوقانی دیوار، نوع و میزان تسلیح دیوار و نوع ملات استفاده شده در دیوار، بر مقدار طول بحرانی دیوار و متعاقباً حداکثر فواصل مجاز وادارهای قائم موثر است. بنابراین، برخلاف مقادیر پیش فرض ۴ متر و ۵ متر که به ترتیب در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) ویرایش ۱۳۹۸ و مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان (طراحی و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی) ویرایش ۱۳۹۸ برای حداکثر فواصل وادارهای قائم ارائه شده است، در روش محاسباتی ارائه شده در این راهنما، حداکثر فواصل مجاز وادارهای قائم عدد ثابتی نبوده و به صورت محاسباتی تعیین می‌شود.

تذکره ۱: در تعیین طول بحرانی، تاثیر ارتفاع آزاد دیوار در محاسبه ظرفیت دیوار در نظر گرفته می‌شود. روش طراحی پروژه محور ارائه شده در این راهنما مبتنی بر طول بحرانی دیوار است و بنابراین در صورتی که طراحی دیوارها بر اساس این راهنما انجام شود، تنها به وادارهای قائم نیاز است و استفاده از وادار افقی از نظر فنی الزامی نیست. بدیهی است با افزایش ارتفاع آزاد دیوار، طول بحرانی دیوار و متعاقباً حداکثر فواصل مجاز وادارهای قائم کاهش خواهد یافت.

تذکره ۲: محاسبه طول بحرانی برای تک به تک دیوارهای موجود در پلان ساختمان ضروری نبوده و طول بحرانی بر اساس تیپ بندی دیوارها و تنها برای هر تیپ دیوار معین می‌شود. به عبارت دیگر اگر تمام دیوارهای موجود در یک پلان از یک تیپ باشند (یعنی دارای شرایط مرزی یکسان، نوع بلوک و ملات یکسان، مقدار تسلیح یکسان، ضخامت یکسان، ارتفاع تقریباً یکسان و نیروی خارج از صفحه تقریباً یکسان)، طول بحرانی همه آن‌ها یکسان خواهد بود و کافی است طول بحرانی فقط یک بار محاسبه شود. در اکثر موارد، بر اساس پلان معماری ساختمان معمولاً به ۳ الی ۵ تیپ دیوار نیاز خواهد بود. یک تیپ برای دیوارهای پیرامونی، یک تیپ برای دیوارهای داخلی راهروها و بین واحدها، یک تیپ برای سایر دیوارهای داخلی، یک تیپ برای دیوارهای جان‌پناه و یک تیپ برای دیوار خریشته. جزئیات بیشتر در خصوص تیپ بندی دیوارها در بند ۴-۲ فصل ۴ ارائه شده است.

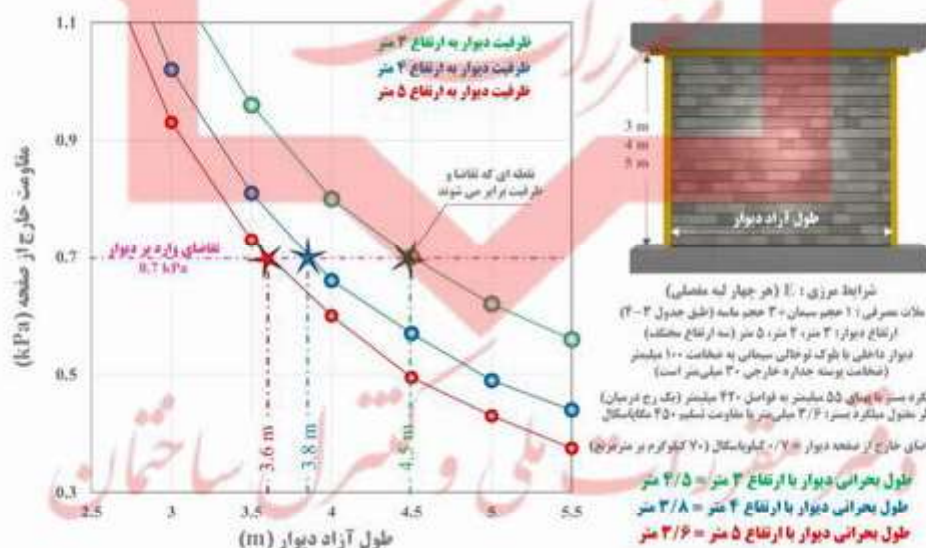
تذکره ۳: طول بحرانی باید به نحوی باشد که پریرود ارتعاش خارج از صفحه دیوار کمتر از ۰/۲ ثانیه باشد. در محاسبه پریرود ارتعاش خارج از صفحه دیوار می‌توان از تاثیر نازک‌کاری و اندودهای دیوار در افزایش جرم و سختی خارج از صفحه دیوار صرف‌نظر نمود. در غیاب محاسبات دقیق‌تر، برای کلیه دیوارهای ساخته شده با بولک‌های سفالی، سیمانی و یا AAC، می‌توان دیوار را به صورت توپر

با مدول الاستیک معادلی برابر ۲۰۰۰ مگاپاسکال در نظر گرفت (بدون کاهش سختی ناشی از ترک خوردگی). علت الزام به کنترل پریود خارج از صفحه دیوار آن است که اولاً از منظر سرویس دهی و جلوگیری از آسیب به اندودها و نازک‌کاری‌ها، لازم است صلبیت خارج از صفحه دیوار از مقداری مشخص کمتر نباشد. به علاوه، در محاسبه نیروی لرزه‌ای وارد بر دیوار فرض بر آن است که شتاب طیفی دیوار برابر با حداکثر شتاب طبقه باشد. این فرض تنها در شرایطی صحیح است که پریود ارتعاش خارج از صفحه دیوار به طور قابل توجهی از پریود مد اصلی سازه، در امتداد عمود بر صفحه دیوار کمتر باشد.

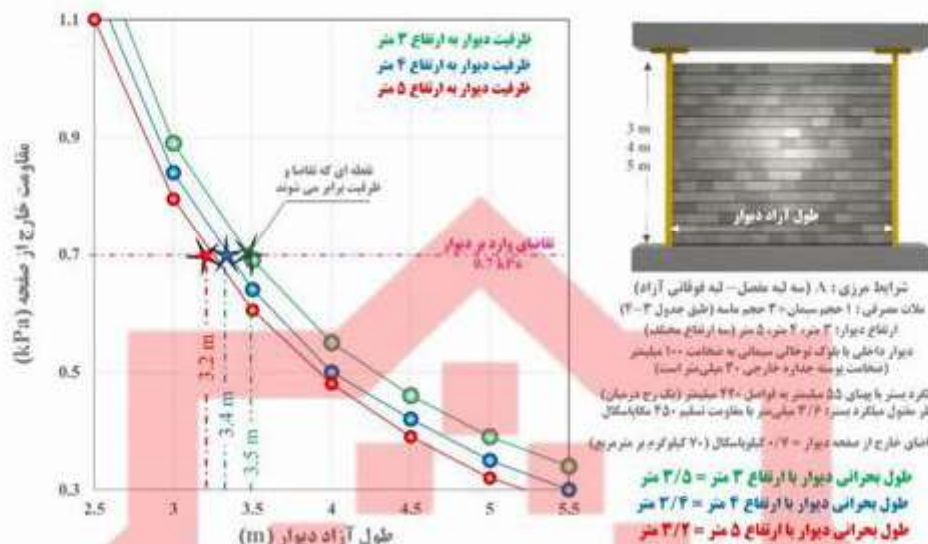
تذکره ۴: طول بحرانی تنها برای دیوارهای با رفتار خارج از صفحه دو طرفه تعریف می‌شود.

۳-۲-۲ محاسبه طول بحرانی دیوار با استفاده از روابط تحلیلی

در این روش تقاضای وارد بر دیوار بر اساس فصل ۲ محاسبه شده، سپس برای دیواری با ضخامت، نوع واحد بنایی، نوع ملات، ارتفاع آزاد، نوع و میزان تسلیح و شرایط مرزی مشخص، طول آزاد دیوار به نحوی تعیین می‌شود که ظرفیت خارج از صفحه دیوار برابر با تقاضای خارج از صفحه دیوار باشد. برای تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار، می‌توان از روابط بخش ۳-۱ این فصل استفاده کرد. نمونه‌هایی از روند محاسبه طول بحرانی برای دیوارهای با شرایط مرزی نوع E (هر چهار لبه دارای تکیه گاه مفصلی) و شرایط مرزی نوع A (سه لبه دارای تکیه گاه مفصلی و لبه فوقانی آزاد) به ترتیب در شکل‌های (۳-۶) و (۳-۷) نشان داده شده است.



شکل ۳-۶: نمونه روند محاسبه طول بحرانی برای سه دیوار با سه ارتفاع مختلف - شرایط مرزی E



شکل ۳-۷ نمونه روند محاسبه طول بحرانی برای سه دیوار با سه ارتفاع مختلف - شرایط مرزی A

تذکره ۱: مطابق شکل‌های (۳-۶) و (۳-۷) مشخص است با افزایش ارتفاع آزاد دیوار، طول بحرانی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، حداکثر فاصله وادارهای قائم با افزایش ارتفاع آزاد دیوار کمتر می‌شود. لازم به یادآوری است در این روش، تنها به وادارهای قائم نیاز است و از وادار افقی استفاده نخواهد شد.

تذکره ۲: مطابق شکل‌های (۳-۶) و (۳-۷) میزان حساسیت طول بحرانی، به ارتفاع آزاد دیوار به شرایط مرزی دیوار بستگی دارد. در صورتی که شرایط مرزی دیوار از نوع A باشد، ظرفیت دیوار عمدتاً از طریق خمش افقی تامین می‌شود و در این شرایط، ظرفیت خارج از صفحه دیوار و متعاقباً طول بحرانی دیوار حساسیت کمی به ارتفاع آزاد دیوار خواهد داشت.

تذکره ۳: مطابق شکل‌های (۳-۶) و (۳-۷) مشخص است حداکثر فواصل وادارهای قائم مقدار ثابت نیست و باید بر اساس طول بحرانی دیوار محاسبه شود. لذا استفاده از مقادیر پیش‌فرضی که به صورت تجویزی در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) ارائه شده است، در برخی موارد در جهت اطمینان و در برخی موارد در خلاف جهت اطمینان است.

تذکره ۴: شکل‌های (۶-۳) و (۷-۳) صرفاً به منظور شفاف سازی روند محاسبه طول بحرانی برای چند نمونه دیوار در این بخش ارائه شده است. مقدار طول بحرانی وابسته به ظرفیت و نیروی خارج از صفحه دیوار است و مقادیر طول بحرانی ارائه شده در این تصاویر نباید به سایر دیوارها تعمیم داده شود.

تذکره ۵: در خصوص دیوارهای دارای بازشو، بسته به ارتفاع بازشو، ممکن است لازم باشد طول بحرانی دیوار کاهش داده شود. جزئیات بیشتر در این خصوص در بخش ۴-۱۰-۱ ارائه شده است.

۳-۲-۳ محاسبه طول بحرانی دیوار با استفاده از تحلیل اجزاء محدود

محاسبه طول بحرانی دیوار بر اساس تحلیل اجزاء محدود مجاز است. در این روش در غیاب محاسبات دقیق تر می‌توان دیوار را به صورت المان‌های پوسته‌ای با رفتار ایزوتروپیک و الاستیک در نظر گرفته و نیروی خارج از صفحه دیوار را به آن اعمال نمود. به منظور لحاظ رفتار غیرایزوتروپیک به صورت غیرمستقیم، لازم است ضریب اصلاحی برابر با ضریب اورتوگنال (۱۱) در سختی خمشی خارج از صفحه دیوار در امتداد قائم اعمال شود. همچنین برای کلیه دیوارهای ساخته شده با بولک‌های سفالی، سیمانی یا AAC، دیوار را می‌توان با مقطعی توپر یا مدول الاستیسی معادلی برابر با ۲۰۰۰ مگاپاسکال در نظر گرفت.

بر اساس تحلیل اجزاء محدود، متوسط حداکثر خمشی خارج از صفحه افقی در ۱ متر از ارتفاع دیوار و متوسط حداکثر خمشی خارج از صفحه قائم در ۱ متر از طول دیوار به دست می‌آید و با ظرفیت خمشی افقی و قائم که بر اساس بخش ۳-۱ محاسبه شده است، مقایسه می‌شود. در این روش طول بحرانی دیوار برابر با حداکثر طول آزاد از دیوار است که در آن نسبت لنگر خمشی خارج از صفحه به ظرفیت خمشی خارج از صفحه در هر دو امتداد افقی و قائم کمتر از ۱ باشد. نمونه‌ای از محاسبه طول بحرانی با استفاده از این روش برای دو شرایط مرزی مختلف در شکل‌های (۸-۳) و (۹-۳) نشان داده شده است.

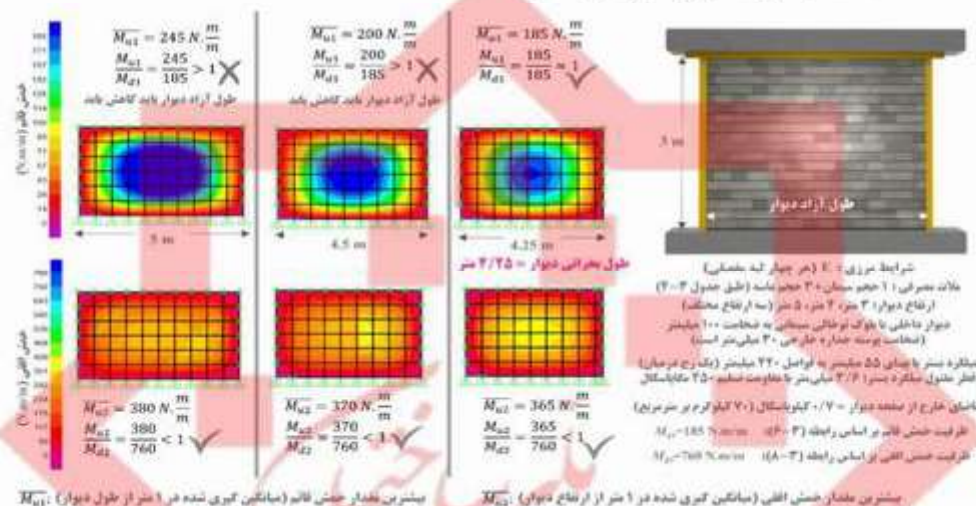
تذکره ۱: توصیه می‌شود در مورد دیوارهای دارای قوس، انحنا و پخی، از روش ارائه شده در این بخش برای محاسبه طول بحرانی دیوار استفاده شود.

تذکره ۲: در این روش نحوه مدل سازی دیوار، مستقل از نوع تسلیح مورد استفاده در دیوار است و اثر تسلیح دیوار در محاسبه ظرفیت خمشی دیوار نشان داده می‌شود و لازم است بر اساس روابط ارائه شده در بخش ۳-۱ صورت پذیرد.

تذکره ۳: در این روش لازم است کلیه تکیه گاه‌های موجود در لبه‌های دیوار به صورت مفصلی در نظر گرفته شود.

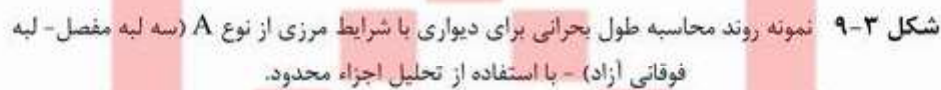
تذکره ۴: در این روش اثر بازشوی دیوار را می‌توان به صورت مستقیم در نظر گرفت. به جای در نظر گرفتن اثر بازشو به صورت مستقیم در مدل اجزاء محدود، می‌توان اثر آن را از طریق اصلاح طول بحرانی مطابق بخش ۴-۱۰-۱ در نظر گرفت.

تذکره ۵: همانطور که بر اساس نتایج ارائه شده در شکل‌های (۳-۸) و (۳-۹) مشخص است، بسته به مشخصات و شرایط مرزی دیوار، در برخی موارد خمش قائم و در برخی موارد خمش افقی کنترل کننده مقدار طول بحرانی دیوار خواهد بود.



شکل ۳-۸ نمونه روند محاسبه طول بحرانی برای دیواری با شرایط مرزی از نوع E (هر چهار لبه دیوار دارای تکیه گاه مفصلی) - با استفاده از تحلیل اجزاء محدود.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان

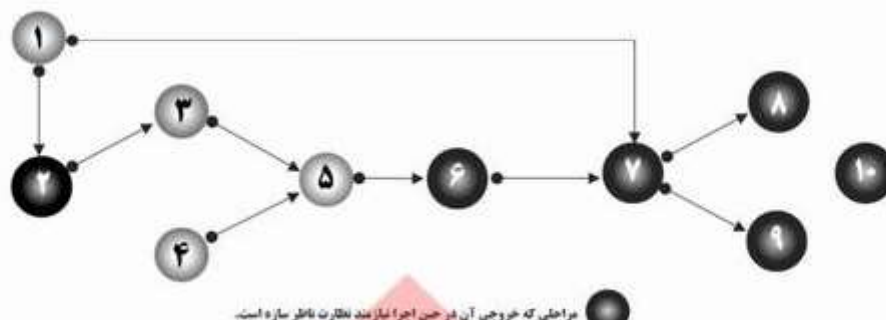


د قمر مقررات ملی و کنترول ساختمان

فصل ۴- طراحی پروژه محور

در فصل ۲ روند تخمین نیرو (تقاضا) و در فصل ۳ روند تخمین ظرفیت (مقاومت) خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ارائه شد. بر این اساس امکان طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مختلف وجود خواهد داشت. با این وجود، در هر ساختمان با پلان معماری مشخص، دیوارهای غیرسازه‌ای بسیار زیادی وجود دارند که طراحی تک‌به‌تک دیوارها روندی زمان بر است و از طرفی خروجی طرح ممکن است منجر به جزئیاتی متفاوت (شرایط مرزی و تسلیح متفاوت) برای دیوارهای موجود در پلان معماری شود که از منظر اجرایی و نظارت بر روند اجرا چالش برانگیز است. از این رو، در این فصل روندی پروژه محور برای طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ارائه شده است. در این روند به جای تمرکز بر روی یک دیوار مشخص، بر روی پلان معماری طبقه تمرکز خواهد شد. به این معنی که کلیه دیوارهای غیرسازه‌ای موجود در پلان در چند تیپ محدود (در اکثر موارد چهار الی پنج تیپ) دسته بندی شده و برای هر تیپ از بلوک‌هایی یکسان، شرایط مرزی یکسان و تسلیح یکسانی استفاده می‌شود. سپس طول بحرانی هر یک از تیپ‌های دیوار محاسبه و وادارهای قائم به نحوی در پلان جانمایی می‌شوند که طول آزاد کلیه دیوارهای موجود در تیپ مدنظر، کمتر از طول بحرانی آن تیپ باشند. مراحل اصلی در طراحی پروژه محور دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در شکل (۴-۱) نشان داده شده است.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



مراحل طراحی پروژه محور دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای

- ۱: پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه
 ۲: تپ بندی دیوارها و تعیین تکیهات و شرایط مرزی در هر تپ
 ۳: محاسبه وزن هر تپ از دیوارها
 ۴: تعیین مشخصات ساختمان و محل احداث ساختمان
 ۵: تعیین تقاضای خارج از صفحه برای هر تپ از دیوارها
 ۶: تعیین طول بحرانی برای هر تپ از دیوارها
 ۷: جانمایی وادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آنها
 ۸: طراحی اتصالات
 ۹: طراحی نعل درگاه
 ۱۰: سایر الزامات طراحی و اجرا

شکل ۴-۱ مراحل اصلی در طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به صورت پروژه محور

۴-۱ مرحله اول- پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه

این مرحله در حین طراحی معماری پروژه انجام می‌شود و برای مهندسان محاسب، پلان معماری و جانمایی دیوارها در پروژه از قبل مشخص است. با توجه به اینکه نحوه جانمایی دیوارها و محل بازشوها در ظرفیت خارج از صفحه دیوار و تعداد وادارهای قائم مورد نیاز تاثیر قابل توجهی دارد، توصیه می‌شود در مرحله طراحی معماری، ضمن توجه به الزامات معماری و شرایط کاربری ساختمان، الزامات مربوط طراحی خارج از صفحه دیوارها نیز مدنظر قرار گیرد. براین اساس، مناسب است در مرحله طراحی معماری پلان، ضمن اولویت‌بخشی به الزامات معماری و کاربری ساختمان، موارد زیر توسط مهندسان معمار در نظر گرفته شود:

- تاحدامکان در فاصله ۱ متری از محل اتصال دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۱" به ستون یا دیوار برشی، دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۲" به دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۱" متصل نشود. به این ترتیب امکان برقراری اتصال هشتگیر بین دیوار "شماره ۱" و دیوار "شماره ۲" وجود دارد و از مزیت‌های این نوع اتصال می‌توان استفاده نمود. شرایط استفاده از اتصال هشتگیر در بند ۴-۸-۵ ارائه شده است.

- تاحدامکان بازشو در دیوار غیرسازه‌ای دقیقاً در مجاورت ستون یا دیوار برشی قرار داده نشود و با ستون و دیوار برشی حداقل به اندازه ۲۰ سانتی‌متر فاصله داشته باشد. به این ترتیب نیاز به استفاده از اتصالات لغزشی در محل اتصال نعل درگاه به ستون یا دیوار برشی نمی‌باشد.

- تاحدامکان بازشوهای با عرض بیش از ۱/۵ متر در دیوار غیرسازه‌ای حداقل به اندازه ۱۰۰ سانتی‌متر از اتصال دیوار غیرسازه‌ای به ستون یا دیوار برشی فاصله داشته باشد. در این صورت

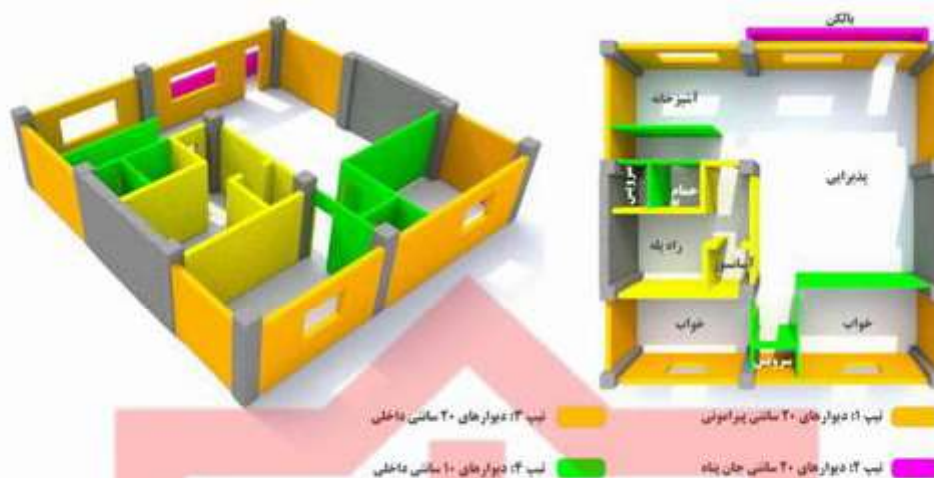
و اداریهای اطراف بازشوی عریض از ستون یا دیوار برشی فاصله لازم را خواهد داشت و محل اتصال و اداری به کف و سقف در محل مفاصل پلاستیک سازه نخواهد بود.

- تاحدامکان بازشوهای با عرض بیش از ۱/۵ متر در دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۱"، حداقل به اندازه ۱۰۰ سانتی‌متر از محل اتصال دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۱" با دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۲" فاصله داشته باشد. در این صورت و اداریهای اطراف بازشوی عریض از محل اتصال دو دیوار به یکدیگر فاصله کافی خواهد داشت و می‌توان از اتصال هشتگیر برای اتصال دو دیوار استفاده نمود.

۴-۲ مرحله دوم - تیپ بندی دیوارها و تعیین تسلیح و شرایط مرزی

در این مرحله بر اساس پلان معماری طبقات، دیوارها تیپ بندی می‌شوند، به نحوی که هر تیپ از دیوارها دارای مشخصات تقریباً یکسانی بوده و صرفاً طول آزاد آنها متفاوت باشد. لازم است دیوارهای هر تیپ دارای ضخامت بلوک یکسان، شرایط مرزی یکسان و تسلیح یکسان باشد، اما لزومی ندارد ارتفاع آزاد، نیروی خارج از صفحه و وزن دیوارهای هر تیپ دقیقاً با یکدیگر برابر باشد و ممکن است مقداری با یکدیگر تفاوت داشته باشد. همچنین دیوارهای یک تیپ یکسان ممکن است در طبقات مختلف واقع شده باشد. ضخامت دیوارهای داخلی و پیرامونی معمولاً متفاوت بوده و بارهای خارج از صفحه بسیار متفاوتی را تجربه می‌کنند، از این رو دیوارهای داخلی و پیرامونی را نباید در یک تیپ یکسان قرار داد. همچنین دیوارهای جان پناه دارای ارتفاع آزاد بسیار کمتر نسبت به سایر دیوارهای پیرامونی هستند و لازم است در تیپ جداگانه‌ای دسته بندی شوند. دیوار راهروها و دیوار بین واحدها و دیوار زون‌های حریق در مقایسه با سایر دیوارهای داخلی معمولاً ضخامت بیشتری دارند و لازم است در تیپی جدا از سایر دیوارهای داخلی در نظر گرفته شوند. همچنین دیوارهای خرپشته معمولاً نیروی زلزله به مراتب بزرگتری در مقایسه با سایر دیوارها تجربه می‌کنند (به علت تشدید شتاب) و توصیه می‌شود دیوارهای خرپشته نیز در تیپ جداگانه‌ای در نظر گرفته شوند. لازم به ذکر است، در صورتی که نیروی ناشی از باد در خرپشته بیشتر از نیروی ناشی از زلزله باشد، دیوار خرپشته نیز می‌تواند به همراه سایر دیوارهای پیرامونی در یک تیپ قرار گیرد.

به این ترتیب هر ساختمان معمولاً دارای چهار الی پنج تیپ دیوار خواهد بود (یک تیپ برای دیوارهای داخلی داخل واحدها، یک تیپ برای دیوارهای داخلی راه پله، آسانسور، بین واحدها و زون‌های حریق، یک تیپ برای دیوارهای پیرامونی، یک تیپ برای دیوارهای جان پناه و در برخی موارد یک تیپ برای دیوارهای خرپشته). نمونه‌ای از تیپ بندی دیوارهای غیرسازه‌ای یک ساختمان مسکونی، در شکل (۴-۲) نشان داده شده است.



شکل ۲-۴ نمونه‌ای از تیپ بندی دیوارهای غیرسازه‌ای یک ساختمان

در مرحله تیپ‌بندی، لازم است تسلیح و شرایط مرزی هر یک از تیپ‌های دیوار نیز تعیین شود. بر اساس این راهنما، تسلیح دیوار را می‌توان به صورت میلگردبستر یا کامپوزیت شبکه الیاف (داخل بند بستر، نوارهای افقی، نوارهای قائم و یا سراسری) در نظر گرفت. لازم است علاوه بر نوع تسلیح، میزان آن‌ها نیز تعیین شود. به عنوان مثال اگر از نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف استفاده می‌شود لازم است ظرفیت کششی واحد عرض کامپوزیت، پهنای نوارهای کامپوزیت و فواصل مرکز به مرکز نوارهای کامپوزیت توسط طراح تعیین شود. در تعیین مشخصات تسلیح لازم است از شرکت‌های تولیدکننده تسلیح استعلام شود یا به کاتالوگ محصولات آن‌ها مراجعه شود و تنها از مشخصاتی استفاده گردد که توسط تولیدکننده ارائه شده و در بازار موجود است. مشخصاتی از تسلیح که لازم است توسط طراح انتخاب شود، در جدول (۴-۱) ارائه شده است. در صورت استفاده از ابزارهای محاسباتی تحت اکسل معرفی شده در پیوست ۳ این راهنما، لازم است این مشخصات به عنوان ورودی برای ابزار محاسباتی تعریف شوند.

علاوه بر نوع و میزان تسلیح، لازم است شرایط مرزی برای هر تیپ از دیوارها نیز توسط طراح انتخاب شود که به سه صورت زیر عملی است: (نام‌گذاری شرایط مرزی در این راهنما، مطابق ضابطه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه و بودجه کشور) می‌باشد.

شرایط مرزی A: سه لبه دیوار دارای تکیه‌گاه و لبه فوقانی آزاد (شرایط مرزی قابل توصیه به ویژه

برای دیوارهای داخلی)

شرایط مرزی E: هر چهار لبه دیوار دارای تکیه‌گاه

شرایط مرزی L: سه لبه دیوار دارای تکیه‌گاه و یکی از لبه‌های قائم آزاد (توصیه می‌شود

تأخداً مکان از این شرایط مرزی استفاده نشود).

جدول ۴-۱ جزئیاتی که در هر روش تسلیح باید توسط طراح انتخاب شود

نوع تسلیح	مشخصاتی که باید توسط طراح انتخاب شوند*
میلگرد بستر	مقاومت تسلیم مفتول میلگرد بستر، قطر مفتول میلگرد بستر، پهنای میلگرد بستر، فواصل قرارگیری در ارتفاع دیوار (ضریبی از ارتفاع بلوک)
کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر	ظرفیت کششی در واحد عرض کامپوزیت، فواصل قرارگیری در ارتفاع دیوار (ضریبی از ارتفاع بلوک)
نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف	ظرفیت کششی در واحد عرض کامپوزیت، پهنای نوار کامپوزیت، فواصل مرکز به مرکز نوارهای کامپوزیت در امتداد ارتفاع دیوار
نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف	ظرفیت کششی در واحد عرض کامپوزیت، پهنای نوار کامپوزیت، فواصل مرکز به مرکز نوارهای کامپوزیت در امتداد طول دیوار
کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سراسری	ظرفیت کششی در واحد عرض کامپوزیت در دو امتداد طول و ارتفاع دیوار

* ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف و مقاومت تسلیم میلگرد بستر باید بر اساس آزمون‌های کششی ارائه شده در پیوست ۴ این راهنما توسط شرکت‌های تولیدکننده تسلیح به‌دست‌آید و در اختیار عموم مهندسان طراح قرار داده شود.

تذکر ۱: هدف از تیپ‌بندی دیوارها، ساده‌سازی روند طراحی و نظارت بر اجرا می‌باشد.

تذکر ۲: هر ساختمان معمولاً دارای چهار الی پنج تیپ دیوار می‌باشد: یک تیپ برای دیوارهای داخلی داخل واحدها، یک تیپ برای دیوارهای داخلی بین واحدها و راهپله و آسانسور، یک تیپ برای دیوارهای بیرونی، یک تیپ برای دیوارهای جان‌پناه و در برخی موارد یک تیپ برای دیوارهای خریشته.

تذکر ۳: در مراحل بعدی طراحی، طول بحرانی برای هر تیپ از دیوارها محاسبه و بر اساس آن جانمایی وادارها در پلان تعیین می‌شود، لذا توصیه می‌شود تعداد تیپ‌های دیوار تا جای ممکن محدود شود.

تذکر ۴: دیوارهای موجود در یک تیپ را می‌توان با نازک‌کاری متفاوت در نظر گرفت و وزن واحد سطح آن‌ها مقداری با یکدیگر متفاوت باشد. در هر تیپ سنگین‌ترین وزن واحد سطح ملاک محاسبه طول بحرانی آن تیپ خواهد بود.

تذکر ۵: ارتفاع آزاد دیوارهای موجود در یک تیپ ممکن است مقداری با یکدیگر متفاوت باشد. در هر تیپ، بیشترین ارتفاع آزاد ملاک محاسبه طول بحرانی آن تیپ خواهد بود.

تذکر ۶: دیوارهای موجود در طبقات مختلف را می‌توان در یک تیپ یکسان دسته‌بندی کرد. در هر تیپ نیروی خارج از صفحه مربوط به دیوارهای موجود در بالاترین طبقه ملاک محاسبه طول بحرانی آن تیپ خواهد بود.

تذکر ۷: تیپ‌بندی دیوارها به مشخصات خود دیوار بستگی دارد و مستقل از شکل پلان معماری است؛ بنابراین حتی اگر پلان معماری در طبقات مختلف با یکدیگر متفاوت باشد، دیوارهای آن‌ها را همچنان می‌توان در یک تیپ یکسان طبقه‌بندی کرد.

تذکر ۸: شرایط مرزی کلیه دیوارهای موجود در یک تیپ یکسان، باید مشابه باشد. به عنوان مثال اگر در تیپ مدنظر شرایط مرزی از نوع A است (لبه فوقانی آزاد و سه لبه دیگر دارای تکیه‌گاه)، کلیه دیوارهای موجود در این تیپ باید دارای لبه‌های قائم مقید شده و لبه فوقانی آزاد باشد. لبه‌های قائم دیوار در محل اتصال هشت‌گیر، در محل وادار قائم و در محل اتصال کشویی دیوار به ستون (یا سایر اعضای قائم سازه‌ای) به صورت مقید شده، هستند.

تذکر ۹: انتخاب نوع تسلیح در هر تیپ به عواملی از جمله در دسترس بودن تسلیح، عوامل فنی و اقتصادی و الزامات اجرایی بستگی دارد. به عنوان مثال، تسلیح دیوار با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی، قائم یا سراسری مستلزم آن است که تسلیح در هر دو وجه دیوار اجرا شود؛ لذا در مواردی که تنها به یک سمت دیوار دسترسی باشد، تسلیح دیوار باید از نوع کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر یا میلگرد بستر انتخاب شود.

تذکر ۱۰: انتخاب شرایط مرزی برای هر تیپ از دیوارها، وابستگی شدیدی به الزامات معماری ساختمان دارد. به عنوان مثال دیوارهای جان‌پناه یا دیوارهای محوطه همواره دارای شرایط مرزی نوع A هستند. همچنین در صورتی که دیوارهای داخلی به علت عبور تاسیسات گسترده از زیر سقف فاصله زیادی داشته باشند، یا امکان برقراری اتصال کشویی برای لبه فوقانی دیوار از نظر اجرایی وجود نداشته باشد، در این صورت نیز شرایط مرزی نوع A خواهد بود به شرطی که دیوار هیچ لبه قائم آزادی نداشته باشد. شرایط مرزی نوع J سبب کاهش زیاد ظرفیت خارج از صفحه دیوار می‌شود و توصیه می‌شود تا حد امکان از شرایط مرزی J استفاده نشود.

تذکر ۱۱: در صورتی که شرایط مرزی برای تمام تیپ‌های دیوار از نوع A انتخاب شود، هیچ یک از دیوارها نیاز به اتصالات کشویی در لبه فوقانی خود ندارد. بدیهی است این شرایط مرزی برای خود دیوار بنایی است و وادارهای قائمی که نقش تکیه‌گاه را برای لبه‌های قائم دیوار ایفا می‌کنند، دارای اتصال کشویی به سقف خواهند بود.

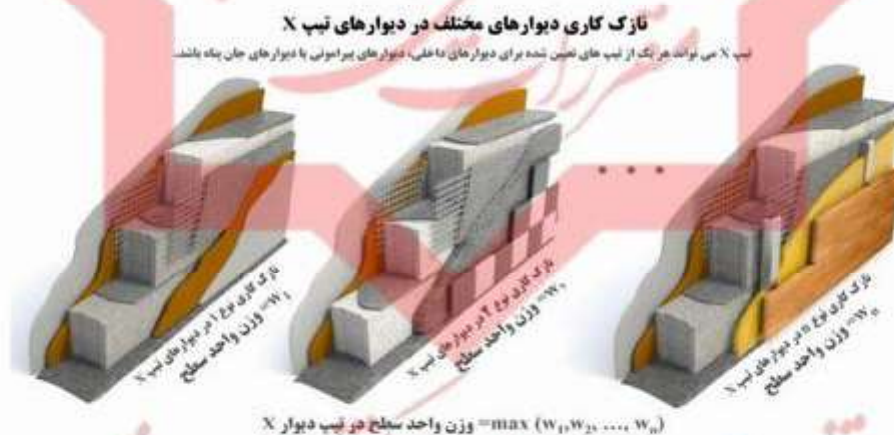
تذکر ۱۲: برقراری تکیه‌گاه برای لبه فوقانی دیوار تنها از طریق اتصالات کشویی در لبه فوقانی دیوار میسر است. اما فراهم نمودن تکیه‌گاه برای لبه قائم دیوار با استفاده از روش‌های مختلفی قابل انجام است. استفاده از اتصال هشت‌گیر سبب تأمین تکیه برای لبه هشت‌گیر شده دیوار می‌شود. استفاده از وادار قائم نیز باعث می‌شود لبه قائم دیوار در محل وادار دارای تکیه‌گاه باشد. همچنین استفاده از اتصالات کشویی در محل اتصال دیوار به ستون (یا دیوار برشی) نیز موجب تأمین تکیه‌گاه برای لبه قائم دیوار می‌شود.

تذکر ۱۳: توصیه می‌شود برای دیوارهای داخلی از شرایط مرزی نوع A استفاده شود. این نوع شرایط مرزی سبب می‌شود در نقاط بیشتری بتوان از اتصالات هشت‌گیر استفاده کرد و به‌این ترتیب تعداد وادارهای قائم مورد نیاز کاهش می‌یابد. در صورتی که از روش هشت‌گیر برای اتصال دیوارهای داخلی به پیرامونی استفاده شود، توصیه می‌شود برای دیوارهای پیرامونی نیز از شرایط مرزی A استفاده شود. به طور کلی شرایط مرزی A سبب جداسازی موثرتر بین دیوار غیرسازه‌ای و سازه اصلی می‌شود.

تذکر ۱۴: در صورت استفاده از ابزارهای محاسباتی تحت اکسل معرفی شده در پیوست ۳ این راهنما، تعریف مشخصات تسلیح و شرایط مرزی دیوار از جمله مهم‌ترین ورودی‌هایی است که باید توسط کاربر تعریف شوند.

۳-۴ مرحله سوم- محاسبه وزن هر یک از تیپ‌های دیوار

در این مرحله وزن واحد سطح هر یک از تیپ‌های دیوار محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است، هر تیپ دیوار معمولاً شامل دیوارهایی با نازک‌کاری‌های مختلف می‌باشد که لازم است سنگین‌ترین نازک‌کاری از بین نازک‌کاری‌های موجود در دیوارهای آن تیپ در نظر گرفته شود. این روند در شکل (۳-۴) نشان داده شده است. به‌این ترتیب هر تیپ دیوار دارای یک وزن واحد سطح مشخص است که متناظر با سنگین‌ترین دیوار موجود در آن تیپ خواهد بود.



شکل ۳-۴ محاسبه وزن واحد سطح هر یک از تیپ‌های دیوار بر اساس حداکثر وزن واحد سطح دیوارهای موجود در آن تیپ.

۴-۴ مرحله چهارم- تعیین محل احداث و مشخصات ساختمان

برای محاسبه نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوار، لازم است محل احداث شامل شهر، نوع خاک، شتاب مینای زلزله طرح یا شتاب طیفی، سرعت مینای باد، نوع فضای اطراف ساختمان از منظر محاسبه بار باد و ارتفاع ساختمان (ارتفاع کف بام تا سطح زمین) مشخص باشد. همچنین در روند طراحی اتصالات کشویی و محاسبه میزان حداقل فاصله جداسازی مورد نیاز بین دیوارهای غیرسازه‌ای با سایر اجزای سازه‌ای، لازم است حداکثر نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دررفت) طبقات معلوم باشد. موارد مورد نیاز در این گام در فازهای قبلی طراحی پروژه (طراحی معماری و طراحی سازه ساختمان) مشخص شده، لذا برای مهندس محاسب طراح دیوارهای غیرسازه‌ای، مقادیر از قبل تعیین شده‌ای هستند. تذکر: در صورتی که حداکثر نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دررفت) طبقه نامشخص باشد، مهندس محاسب طراح دیوارهای غیرسازه‌ای می‌تواند نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دررفت) را برابر با ۲٪ در نظر بگیرد.

۴-۵ مرحله پنجم- تخمین نیروی خارج از صفحه هر یک از تیپ‌های دیوار

در این مرحله لازم است نیروی خارج از صفحه ناشی از زلزله و باد بر اساس روابط ارائه شده در فصل ۲ محاسبه شود.

تذکر ۱: در صورتی که تیپ‌بندی دیوارها مستقل از طبقه باشد، لازم است بالاترین طبقه ملاک محاسبه نیروی ناشی از باد و زلزله قرار گیرد. روابط ارائه شده در فصل ۲ نیز با همین فرض ارائه شده است.

تذکر ۲: به‌طور کلی توصیه می‌شود، به جز برای ساختمان‌های بلند مرتبه، برای ساختمان‌های متعارف تیپ‌بندی دیوارها مستقل از طبقه باشد. زیرا در ساختمان‌های با ارتفاع کوتاه و متوسط نیروی ناشی از باد و زلزله تقریباً در تمام ارتفاع ساختمان یکسان است و تغییرات آن‌ها در ارتفاع ناچیز است. به‌این ترتیب تعداد تیپ‌های دیوار به‌شدت کاهش می‌یابد و روند طراحی و نظارت بر اجرای دیوارها تسهیل می‌شود.

تذکر ۳: برای تیپ دیوارهای داخلی تنها نیروی زلزله مورد نیاز است، اما برای تیپ دیوارهای پیرامونی لازم است حداکثر مقدار بین نیروی زلزله و نیروی باد به‌عنوان نیروی خارج از صفحه در نظر گرفته شود.

تذکر ۴: ابزارهای محاسباتی تحت اکسل که در پیوست ۳ این راهنما معرفی شده‌اند قادر هستند بر اساس مشخصات ساختمان، نوع دیوار اعم از داخلی یا پیرامونی و وزن دیوار، نیروی ناشی از باد و زلزله را محاسبه کنند. این ابزارهای محاسباتی نیروی باد و زلزله را با فرض قراردادن دیوار در

بالاترین طبقه از ساختمان محاسبه می‌کنند؛ لذا این مرحله می‌تواند توسط ابزارهای محاسباتی تحت اکسل انجام شود.

۴-۶ مرحله ششم - تعیین طول بحرانی برای هر یک از تیپ‌های دیوار

این مرحله یکی از اصلی‌ترین مراحل طراحی پروژه محور دیوار است که در آن طول بحرانی هر تیپ از دیوارها محاسبه می‌شود. مفهوم و نحوه محاسبه طول بحرانی پیش‌تر در بند ۳-۲ در فصل ۳ ارائه گردید. برای محاسبه طول بحرانی برای هر یک از تیپ‌های دیوار لازم، است طول آزاد در تیپ دیوار موردنظر با شرایط مرزی و تسلیح درنظر گرفته شده برای آن تیپ از دیوار (به‌صورت سعی و خطا تغییر داده شود تا جایی که ظرفیت خارج از صفحه با نیروی خارج از صفحه آن تیپ دیوار که پیش‌تر در مرحله قبل به‌دست آمده است، برابر شود.

تذکر ۱: بر اساس تعریف، طول بحرانی برابر با طولی از دیوار است که در آن، نسبت تقاضا به ظرفیت (نیرو به مقاومت) دیوار برابر با مقدار واحد شود. جزئیات محاسبه طول بحرانی دیوار در بند ۳-۲ در فصل ۳ ارائه شده است.

تذکر ۲: هر تیپ از دیوارها دارای طول بحرانی مربوط به خود هستند. مقدار طول بحرانی در هر تیپ معرف حداکثر طول آزاد مجاز برای دیوارهای آن تیپ است.

تذکر ۳: در دیوارهای دارای بازشو، در صورتی که ارتفاع دیوار بالای نعل‌درگاه بازشو بیش از ۲۰٪ ارتفاع آزاد دیوار باشد، می‌توان از اثر بازشو در تعیین طول بحرانی صرف‌نظر نمود. در این شرایط طول بحرانی دیوار با بازشو و بدون بازشو را می‌توان یکسان در نظر گرفت. اما در صورتی که ارتفاع دیوار بالای نعل‌درگاه بازشو کمتر از ۲۰٪ ارتفاع آزاد دیوار باشد، لازم است ابتدا طول بحرانی با فرض نبودن بازشو محاسبه شود، سپس ۷۰٪ از مقدار به‌دست آمده، به‌عنوان طول بحرانی دیوار دارای بازشو در نظر گرفته شود. جزئیات بیشتر در خصوص تأثیر بازشوهای مختلف در طول بحرانی دیوار در بخش ۴-۱۰-۱ ارائه شده است.

تذکر ۴: لازم به ذکر است حداکثر طول آزاد پیش‌فرض ۴ متر که در حال حاضر توسط پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) ارائه شده است مقدار تجویزی بوده و بسته به شرایط ساختمان این طول بحرانی تجویزی ممکن است در جهت اطمینان یا در خلاف جهت اطمینان باشد؛ لذا در صورتی که طول بحرانی به‌صورت محاسباتی بر اساس این راهنما محاسبه شود، حداکثر مقدار مجاز برای طول آزاد دیوار ممکن است بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از مقدار تجویزی ارائه شده در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) به دست آید. حداکثر طول آزاد مجاز برای تیپ‌های مختلف دیوار می‌تواند مقادیر متفاوتی داشته باشد.

تذکر ۵: با تغییر شرایط مرزی از حالت A به حالت E طول بحرانی افزایش می‌یابد و می‌توان طول آزاد دیوار را بیشتر منظور نمود. اما باید در نظر داشت شرایط مرزی E مستلزم اجرای اتصالات کشویی در لبه فوقانی دیوار است که از منظر اجرایی ممکن است چالش‌برانگیز باشد و در برخی موارد اساساً امکان‌پذیر نخواهد بود. همچنین استفاده از اتصالات کشویی در لبه فوقانی دیوار، امکان استفاده از روش هشت‌گیر در اتصال دیوار به دیوار را محدود می‌کند. شرایط استفاده از اتصالات هشت‌گیر در بخش ۴-۸-۵ ارائه شده است.

تذکر ۶: با افزایش میزان تسلیج، طول بحرانی افزایش‌یافته و دیوار مجاز است طول آزاد بیشتری داشته باشد. همچنین با افزایش ارتفاع آزاد دیوار، طول بحرانی کاهش یافته و در نتیجه لازم است طول آزاد دیوار به مقادیر کمتری محدود شود.

تذکر ۷: به‌منظور دستیابی به عملکرد دوطرفه برای دیوار، لازم است نسبت ارتفاع به طول دیوار بین 0.3 تا 2 باشد. رعایت این نسبت ارتفاع به طول الزامی نیست اما در صورتی که نسبت ارتفاع به طول آزاد دیوار بیرون از محدوده مذکور باشد، رفتار دیوار به صورت یک طرفه خواهد بود. در صورتی که طول آزاد دیوار کمتر از نصف ارتفاع دیوار باشد، رفتار دیوار به صورت یک طرفه و تحت خمش افقی خواهد بود و در این صورت لازم است هر دو لبه قائم دیوار دارای تکیه‌گاه باشد (در این شرایط برقراری اتصال کشویی بین لبه فوقانی دیوار و سقف تأثیری بر ظرفیت خارج از صفحه دیوار ندارد). در صورتی که طول آزاد دیوار بزرگتر از $2/3$ برابر ارتفاع آزاد دیوار باشد، رفتار دیوار به صورت یک طرفه و تحت خمش قائم خواهد بود و در این صورت لازم است هر دو لبه افقی دیوار دارای تکیه‌گاه باشد (لازم است لبه فوقانی دیوار دارای اتصال کشویی به سقف باشد). به‌این ترتیب دیوارهای جان‌پناهی که دارای لبه فوقانی آزاد هستند تنها در صورتی رفتار خارج از صفحه دو طرفه از خود نشان خواهند داد که طول آزاد جان‌پناه کمتر از $2/3$ برابر ارتفاع جان‌پناه باشد. بر اساس این راهنما، همواره توصیه می‌شود شرایط مرزی دیوارها به نحوی باشد که دیوارها رفتار خارج از صفحه دو طرفه تجربه کنند.

۴-۷- مرحله هفتم - جانمایی وادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن‌ها

در این مرحله بر اساس طول بحرانی به‌دست‌آمده برای تیپ‌های مختلف دیوار، وادارهای قائم در پلان جانمایی می‌شوند به‌طوری‌که طول آزاد کلیه دیوارهای موجود در پلان، از طول بحرانی مربوط به تیپ خود کمتر باشد. نمونه‌ای از این روند در شکل (۴-۴) نشان داده شده است.

کاهش طول آزاد دیوارها از طریق استفاده از وادارهای قائم یا اتصالات هشت‌گیر، صرفاً در مواردی که طبق بخش ۴-۸-۵ شرایط آن مهیا باشد، و یا از طریق سایر قطعات اتصال (قلاب و گیره، بست رادیکالی و ...) انجام می‌شود. بدیهی است وادار قائم باید دارای ظرفیت و صلبیت خمشی کافی در امتداد خارج از

دیوار باشد به نحوی که نقش تکیه گاه برای امتداد خارج از صفحه دیوار را ایفا کند. نحوه کنترل کفایت مقطع وادار قائم در شکل (۴-۵) نشان داده شده است.

تذکره ۱: در روش ارائه شده در این راهنما، ارتفاع آزاد دیوار به صورت مستقیم در محاسبه طول بحرانی در نظر گرفته می شود، لذا استفاده از وادار افقی برای محدود کردن ارتفاع آزاد دیوار الزامی نمی باشد (اگرچه منعی برای انجام آن نیز وجود ندارد).

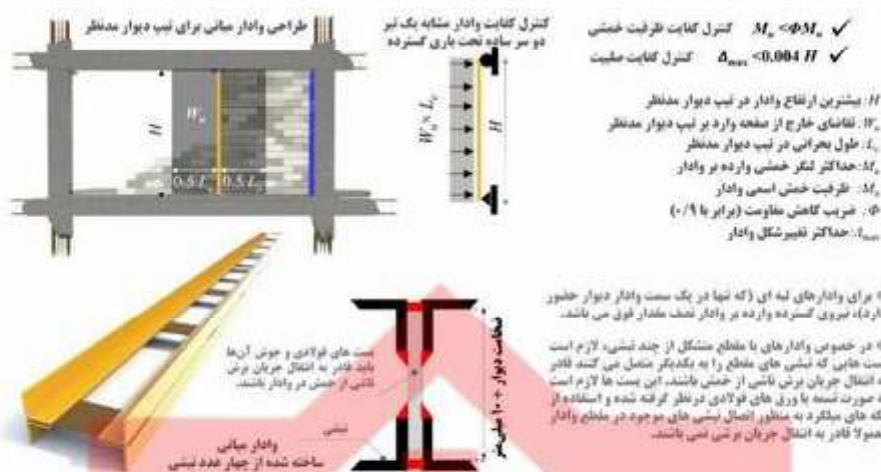
تذکره ۲: به منظور محدود کردن تنش های کششی ایجاد شده در محل اتصالات هشت گیر دیوار، لازم است وادارهای قائم در هر یک از دو دیوار هشت گیر شده حداقل به اندازه ۱ متر از محل هشت گیر فاصله داشته باشند. در صورتی که امکان رعایت این فاصله وجود نداشته باشد، نباید در آن محل از اتصال هشت گیر برای دیوار استفاده شود. جزئیات بیشتر در این خصوص در بخش ۴-۸-۵ ارائه شده است.

تذکره ۳: به طور کلی توصیه می شود در اطراف بازشوهای با عرض بیش از ۲ متر از وادارهای قائم استفاده شود. این امر به سبک شدن مقطع مورد نیاز برای نعل درگاه روی بازشو کمک می کند. زیرا در این صورت امکان برقراری اتصال گیردار مابین نعل درگاه به وادار فراهم شده و این امر سبب کاهش لنگر خمشی و خیز نعل درگاه می شود.



نمونه ای از جانمایی وادارهای قائم در پلان بر اساس طول بحرانی تپ های مختلف دیوار.

۴-۴ شکل



شکل ۴-۵ نحوه کنترل کفایت مقطع انتخابی برای وادار قائم.

۴-۸-۸- مرحله هشتم - طراحی اتصالات

در این مرحله لازم است جزئیات اتصالات دیوار مشخص شود. این اتصالات برای هر یک از تیپ های دیوار طراحی و از جزئیات به دست آمده در کلیه دیوارهای موجود در آن تیپ استفاده می شود.

۴-۸-۸-۱ اتصال دیوار به کف

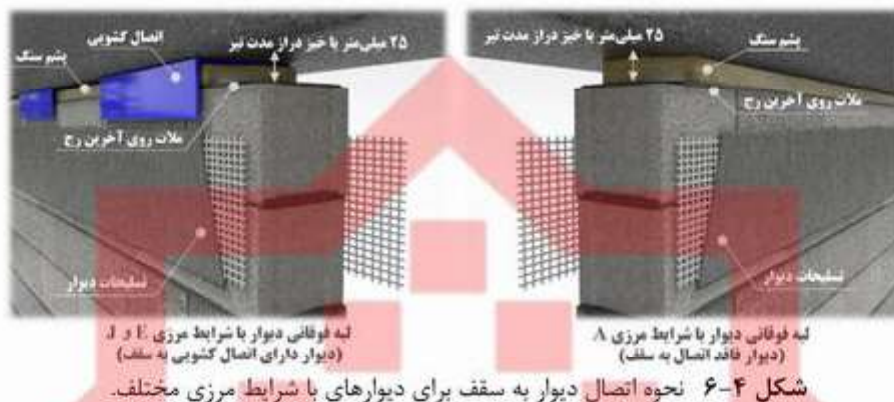
در صورتی که دیوار غیرسازه ای بر روی دال بتنی اجرا شود، اتصال لبه تحتانی دیوار به کف از طریق اولین لایه ملات صورت می گیرد و نیاز به تمهیدات دیگری نمی باشد. اجرای کف سازی به تقویت این اتصال کمک خواهد نمود. در صورتی که دیوار مستقیماً روی تیر فولادی فاقد دال اجرا شود، لازم است حرکات افقی خارج از صفحه در دو سمت لبه تحتانی دیوار مقید شود. این کار با استفاده از جوش دادن ورق، تسمه یا سایر پروفیل های فولادی به تیر فولادی قابل انجام است. این تمهیدات قبل از ساخت دیوار باید اجرا شود.

تذکره: در صورتی که دیوار دارای رفتار یک طرفه تحت خمش قائم بوده و وجهی از لبه تحتانی دیوار فاقد کف سازی باشد، لازم است در لبه تحتانی دیوار در وجهی که فاقد کف سازی است با استفاده از تسمه، ورق یا سایر پروفیل های فولادی در امتداد خارج از صفحه مقید شود.

۴-۸-۸-۲ اتصال دیوار به سقف

برای تیپ هایی از دیوار که دارای شرایط مرزی A هستند، اساساً لبه فوقانی دیوار آزاد است و نیازی به استفاده از اتصال کشویی در لبه فوقانی دیوار نمی باشد. برای تیپ هایی از دیوار که دارای شرایط مرزی

E و J هستند، لازم است لبه فوقانی دیوار با استفاده از اتصالات کشویی به سقف متصل شود. در تمام شرایط فوق لازم است لبه فوقانی دیوار حداقل به میزان ۲۵ میلی‌متر یا خیز درازمدت سقف (هر کدام که بیشتر باشد) از زیر سقف فاصله داشته باشد. همچنین در تمام شرایط لازم است بر روی آخرین رج دیوار لایه‌ای از ملات قرار داده شود. این جزئیات در شکل (۴-۶) نشان داده شده است.



در خصوص اتصالات کشویی دیوار به سقف، لازم است پهنای بال اتصال کشویی به نحوی باشد که حداقل به میزان ۳۰ میلی‌متر دیوار را دربر بگیرد. همچنین اتصال کشویی را می‌توان به صورت ناودانی یا جفت نبشی منقطع یا پیوسته در نظر گرفت. در هر صورت لازم است بال اتصال کشویی ظرفیت خمشی کافی برای تحمل نیروی عکس‌العمل ایجاد شده در لبه دیوار را داشته باشد. روند کنترل کفایت ظرفیت بال اتصال کشویی دیوار به سقف، در شکل (۴-۷) نشان داده شده است. علاوه بر قطعه فولادی اتصال کشویی، لازم است اتصال این قطعه فولادی به دال یا تیر نیز دارای ظرفیت کافی باشد. در صورتی که اتصال کشویی به تیر فولادی متصل باشد، اتصال به صورت جوشی برقرار می‌شود. اما در صورتی که اتصال کشویی به تیر یا دال بتنی متصل باشد، اتصال از طریق رول بولت انجام می‌پذیرد.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



نیروی سهم لبه فوقانی: $P_u = W_u \times A_{top-edge}$ (kN)

این نیرو توسط ابزارهای محاسباتی تحت اگسل ارائه شده در پیوست ۳ محاسبه می‌شود.



لنگر خمشی وارد بر بال اتصال کشویی: $M_u = 50P_u$ (kN.mm)

ظرفیت خمشی بال اتصال کشویی: $M_c = \frac{0.9f_y L t^2}{4000}$ (kN.mm)

کنترل کفایت ظرفیت اتصال کشویی: $L t^2 \geq \frac{222000 P_u}{f_y} \checkmark$

P_u : عکس العمل تکیه گاهی در لبه فوقانی دیوار (kN)

f_y : مقاومت تسلیم فولاد مصرفی در اتصال کشویی (MPa)

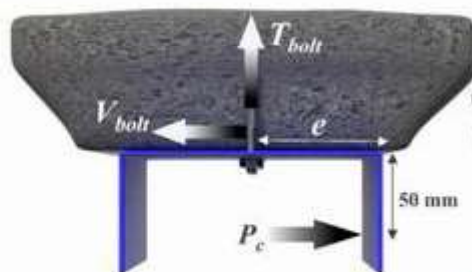
t : ضخامت بال اتصال کشویی لبه فوقانی دیوار (mm)

L : مجموع طول اتصالات کشویی لبه فوقانی در طول بحرانی دیوار (mm)

شکل ۴-۷ نحوه کنترل کفایت ظرفیت اتصال کشویی دیوار به سقف.

مطابق شکل (۴-۸)، بر اثر عکس‌العمل تکیه‌گاهی لبه فوقانی دیوار، به رول بولت‌های اتصال کشویی نیرویی کششی و برشی به شکل هم زمان وارد می‌شود. برای اینکه اتصال کشویی قادر باشد حداکثر ظرفیت خود را بروز دهد، لازم است کفایت رول بولت‌ها مطابق روند نشان داده شده در شکل (۴-۸) کنترل شود.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



P_c : ظرفیت اتصال کشویی در ۱ متر از طول خود (kN)
 e : کمترین فاصله رول بولت از لبه اتصال کشویی (mm)
 T_{bolt} : کشش ایجاد شده در مجموع رول بولت های ۱ متر از طول اتصال (kN)
 V_{bolt} : برش ایجاد شده در مجموع رول بولت های ۱ متر از طول اتصال (kN)
 T_{c-bolt} : ظرفیت کششی یک عدد از رول بولت ها (kN)
 V_{c-bolt} : ظرفیت برشی یک عدد از رول بولت ها (kN)
 n : تعداد رول بولت ها در ۱ متر از طول اتصال کشویی

$$T_{bolt} = \frac{50P_c}{e} \text{ (kN)}, V_{bolt} = P_c \text{ (kN)} \quad \text{کنترل کفایت رول بولت های اتصال} \quad \frac{T_{bolt}}{nT_{c-bolt}} + \frac{V_{bolt}}{nV_{c-bolt}} \leq 1.2 \checkmark$$

شکل ۴-۸ نحوه کنترل کفایت ظرفیت رول بولت های اتصال کشویی دیوار به سقف.

ظرفیت برشی و کششی برخی از رول بولت های متداول در جدول (۴-۲) ارائه شده است. برای سهولت در روند طراحی و بر اساس روابط ارائه شده، دو نوع اتصال کشویی دیوار به سقف در جدول (۴-۳) معرفی شده است که در اکثر ساختمان های متداول، قابل استفاده است.

جدول ۴-۲ ظرفیت کششی و برشی رول بولت های مختلف (بر اساس مدارک فنی و کاتالوگ شرکت های تولیدکننده) - استفاده از سایر مقادیر ارائه شده در مراجع معتبر نیز مجاز می باشد.

سایز رول بولت	حداقل طول کلی رول بولت (mm)	عمق نفوذ مؤثر (mm)	حداقل فاصله تا لبه بتن (mm)	حداقل فاصله تا رول بولت کناری (mm)	ظرفیت کششی* (kN)	ظرفیت برشی* (kN)
۶ میلی متر	۱۰۰	۵۵	۵۰	۵۰	۳/۳	۲/۷
۸ میلی متر	۱۰۰	۶۰	۶۰	۶۰	۴/۰	۴/۰
۱۰ میلی متر	۱۰۰	۷۵	۷۰	۷۰	۵/۳	۶/۰
۱۲ میلی متر	۱۰۰	۶۰	۷۰	۱۰۰	۶/۷	۷/۳
۱۶ میلی متر	۱۰۰	۷۰	۸۰	۱۲۰	۱۰	۱۰/۷

* ظرفیت ارائه شده ظرفیت مجاز است که بر اساس ظرفیت نهایی تقسیم بر ضریب اطمینان ۳ به دست آمده است. در جهت اطمینان، مقادیر برای بتنی با مقاومت فشاری ۱۵ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است.

دفتر مهندسات فنی و کنترل ساختمان

جدول ۳-۴ جزئیات دو نوع اتصال کشویی دیوار به سقف (با فرض $f_y=240$ MPa و $e=50$ mm)

اتصال کشویی دیوار به سقف	ضخامت ورق بال (mm)	ظرفیت یک متر از طول اتصال (kN)	تعداد رول بولت مورد نیاز در یک متر از طول اتصال*
نوع ۱	۲	۴/۳	۳ عدد رول بولت سایز ۶ میل مطابق جدول (۳-۴) و یا ۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۳-۴)
نوع ۲	۳	۹/۷	۴ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۳-۴) و یا ۳ عدد رول بولت سایز ۱۰ میل مطابق جدول (۳-۴)

* در صورتی که اتصال کشویی به صورت جفت نبشی باشد، تعداد رول بولت‌های ارائه شده برای هر یک از نبشی‌ها باید در نظر گرفته شود.

تذکر ۱: بر اساس جزئیات ارائه شده در این بخش، می‌توان مجموع طول قطعات اتصالات کشویی مورد نیاز در لبه فوقانی دیوار را محاسبه نمود.

تذکر ۲: نیروی وارد بر اتصال لبه فوقانی دیوار توسط ابزارهای محاسباتی تحت اکسل که در پیوست ۳ معرفی شده است، قابل محاسبه است.

تذکر ۳: در صورت استفاده از اتصالات کشویی منقطع، لازم است این قطعات اتصالی به شکلی تقریباً یکنواخت در لبه دیوار توزیع شوند. به طوری که هر اتصال کشویی حداقل دو واحد بنایی مجاور یکدیگر را دربرگیرد.

تذکر ۴: در صورتی که در روند طراحی دیوار، شرایط مرزی از نوع A (لبه فوقانی آزاد) در نظر گرفته شده باشد، نیاز به قراردادن اتصالات کشویی در لبه فوقانی دیوار نمی‌باشد حتی اگر تسلیح دیوار به روش نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف انجام شده باشد. اگرچه در این شرایط مرزی، معمولاً استفاده از تسلیح افقی مؤثرتر است.

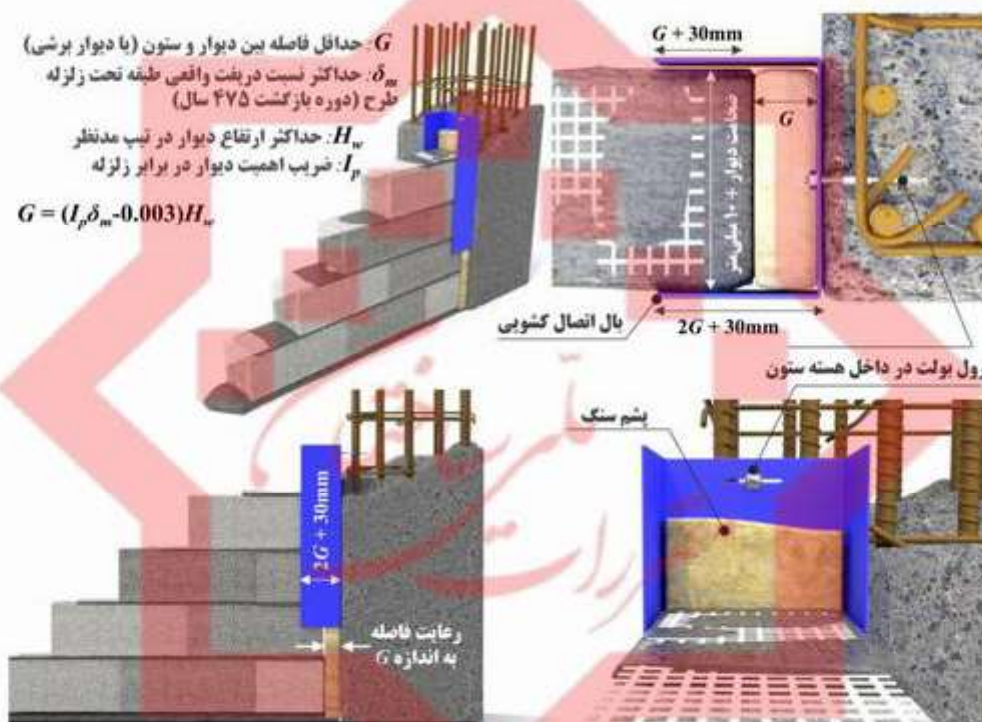
تذکر ۵: توصیه می‌شود، تاحدامکان اتصالات کشویی در محل‌هایی از سازه که مستعد تشکیل مفصل پلاستیک است، نصب نشود. براین اساس، در صورت استفاده از اتصالات کشویی در لبه تحتانی تیر، توصیه می‌شود نزدیک‌ترین اتصال کشویی از بر ستون حداقل به اندازه عمق مقطع تیر فاصله داشته باشد.

تذکر ۶: در صورت استفاده از رول بولت به منظور اتصال قطعات اتصال کشویی، هر قطعه اتصال باید حداقل دارای ۲ عدد رول بولت باشد (این مقدار حداقل بوده و بسته به طراحی ممکن است به تعداد رول بولت بیشتری نیاز باشد).

۳-۸-۴ اتصال دیوار به ستون

در صورتی که دیوار غیرسازه‌ای به ستون یا سایر اعضای سازه‌ای قائم (همانند دیوارهای برشی) متصل شود، لازم است مطابق شکل (۹-۴) از اتصالات کشویی استفاده شود. ضروری است برای جلوگیری از

انتقال تغییرشکل نسبی طبقه در امتداد داخل صفحه به دیوار، بین لبه قائم دیوار و ستون (یا دیوار برشی) فاصله کافی ایجاد شده و این فضا با مصالح انعطاف‌پذیر و عایقی همانند پشم سنگ پر شود. بر اساس این راهنما، حداقل فاصله بین دیوار و ستون یا دیوار برشی، در شکل (۹-۴) ارائه شده است. میزان فاصله بین لبه قائم دیوار و ستون یا دیوار برشی به حداکثر نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دررفت) بستگی دارد و در ساختمان‌های با سیستم‌های باربرجانبی مختلف، ممکن است متفاوت باشد. حتی این امکان وجود دارد که در طبقات مختلف ساختمان، از فواصل مختلف استفاده شود.



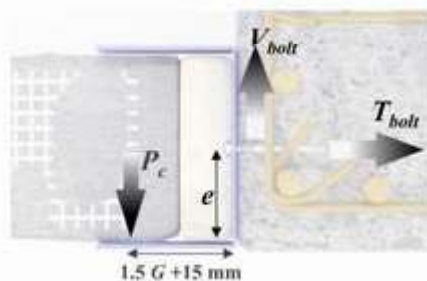
شکل ۹-۴ جزئیات اتصال کشویی دیوار غیرسازه‌ای به ستون یا سایر اعضای سازه‌ای قائم.

تذکره ۱: به منظور محاسبه مقدار G ، لازم است حداکثر نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دررفت) طبقه در برابر زلزله طرح (دوره بازگشت ۴۷۵ سال) مشخص باشد. در تعیین حداکثر نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دررفت)، لازم نیست ضریب اهمیت ساختمان در نیروی جانبی زلزله یا طیف زلزله اعمال شده باشد. همان‌طور که در شکل (۹-۴) نشان داده شده است، به‌منظور عملکرد صحیح اتصال کشویی تحت تغییرشکل نسبی طبقه در هر دو امتداد مثبت و منفی یعنی هنگامی که ستون به دیوار نزدیک می‌شود و هنگامی که از آن دور می‌شود، لازم است پهنای بال اتصال کشویی حداقل به‌اندازه ۲ برابر فاصله بین

دیوار و ستون به‌علاوه ۳۰ میلی‌متر باشد. به‌این ترتیب اطمینان حاصل می‌شود که همواره لبه قائم دیوار حداقل به میزان ۳۰ میلی‌متر در داخل اتصال کشویی قرار خواهد داشت و هرگز از آن خارج نمی‌شود. همانند اتصالات کشویی دیوار به سقف، اتصالات کشویی دیوار به ستون نیز ممکن است به‌صورت ناودانی یا جفت نبشی منقطع یا پیوسته باشند. در هر صورت لازم است بال اتصال کشویی ظرفیت خمشی کافی برای تحمل نیروی عکس‌العمل ایجاد شده در لبه دیوار را داشته باشد. روند کنترل کفایت ظرفیت بال اتصال کشویی دیوار به ستون (یا دیوار برشی)، در شکل (۴-۱۰) نشان داده شده است.



علاوه بر قطعه فولادی اتصال کشویی، لازم است اتصال آن به ستون، دیوار برشی یا سایر اعضای سازه‌ای قائم نیز دارای ظرفیت کافی باشد. در صورتی که اتصال کشویی به ستون فولادی متصل باشد، اتصال به‌صورت جوشی و در صورتی که به ستون بتنی یا دیوار برشی بتنی متصل باشد، اتصال از طریق رول بولت انجام می‌پذیرد. لازم است کفایت رول بولت‌ها مطابق روند نشان داده شده در شکل (۴-۱۱) برای اثر همزمان برش و کشش کنترل شود. به‌منظور سهولت در روند طراحی و بر اساس روابط ارائه شده، هشت نوع اتصال کشویی دیوار به ستون (یا دیوار برشی) در جدول (۴-۴) معرفی شده است که در اکثر ساختمان‌های متداول، قابل استفاده است.



P_c : ظرفیت اتصال کشویی در ۱ متر از طول خود (kN)

e : کمترین فاصله رول بولت از لبه اتصال کشویی (mm)

T_{bolt} : کشش ایجاد شده در مجموع رول بولت های ۱ متر از طول اتصال (kN)

V_{bolt} : برش ایجاد شده در مجموع رول بولت های ۱ متر از طول اتصال (kN)

T_{c-bolt} : ظرفیت کششی یک عدد از رول بولت ها (kN)

V_{c-bolt} : ظرفیت برشی یک عدد از رول بولت ها (kN)

n : تعداد رول بولت ها در ۱ متر از طول اتصال کشویی

$$T_{bolt} = \frac{(1.5G+15)P_c}{e} \text{ (kN)}$$

$$V_{bolt} = P_c \text{ (kN)}$$

$$\text{کنترل کفایت رول بولت های اتصال: } \frac{T_{bolt}}{nT_{c-bolt}} + \frac{V_{bolt}}{nV_{c-bolt}} \leq 1.2 \checkmark$$

شکل ۴-۱۱ نحوه کنترل کفایت ظرفیت رول بولت های اتصال کشویی دیوار به سقف.

جدول ۴-۴ جزئیات هشت نوع اتصال کشویی دیوار به ستون (با فرض $f_y=240 \text{ MPa}$ و $e=50 \text{ mm}$)

تعداد رول بولت مورد نیاز در یک متر از طول اتصال *	ظرفیت یک متر از طول اتصال (kN)	فاصله بین دیوار و عضو سازه ای قائم- G (mm)	ضخامت ورق بال (mm)	اتصال کشویی دیوار به سقف
۳ عدد رول بولت سایز ۶ میل مطابق جدول (۲-۴)	۳/۶	۳۰	۲	نوع ۱
۲ عدد رول بولت سایز ۶ میل مطابق جدول (۲-۴)	۲/۴	۵۰	۲	نوع ۲
۳ عدد رول بولت سایز ۱۰ میل مطابق جدول (۲-۴)	۸/۲	۳۰	۳	نوع ۳
۴ عدد رول بولت سایز ۱۰ میل مطابق جدول (۲-۴)	۵/۵	۵۰	۳	نوع ۴
۴ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۲-۴)	۴/۱	۷۰	۳	نوع ۵
۴ عدد رول بولت سایز ۶ میل مطابق جدول (۲-۴)	۳/۳	۹۰	۳	نوع ۶
۴ عدد رول بولت سایز ۱۰ میل مطابق جدول (۲-۴)	۷/۳	۷۰	۴	نوع ۷
۴ عدد رول بولت سایز ۱۰ میل مطابق جدول (۲-۴)	۵/۸	۹۰	۴	نوع ۸

* در صورتی که اتصال کشویی به صورت جفت نباشد، تعداد رول بولت های ارائه شده برای هر یک از تیشی ها باید در نظر گرفته شود.

تذکر ۲: بر اساس این راهنما استفاده از اتصالات قلاب و گیره برای برقراری اتصال مابین دیوار و ستون تنها زمانی مجاز است که حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی (دریفت) طبقه کمتر از ۰/۰۰۸ باشد.

علت این محدودیت آن است که اتصالات قلاب و گیره به صورت کامل عمل جداسازی داخل صفحه مابین دیوار و ستون (یا دیوار برشی) را انجام نداده و این نوع اتصالات به دلیل هندسه خود در تغییر شکل‌های بزرگ مستعد آسیب هستند.

۴-۸-۴- اتصال دیوار به وادار

نحوه اتصال دیوار به وادار به نحوه اتصال وادار به سقف بستگی دارد.

- در خصوص وادارهایی که دارای اتصال کشویی به سقف هستند یا اساساً به سقف متصل نمی‌باشند، همانند وادارهای طره‌ای جان‌پناه، لازم است دیوار به شکل صلب به وادار متصل شود. برای این منظور در صورتی که وادار از طریق بال‌های خود دیوار را دربرگیرد (همانند وادارهای ساخته شده از نبشی یا ناودانی)، کافی است دیوار کاملاً در تماس مستقیم با جان وادار اجرا شود و اندک درزهای بین وادار و دیوار نیز با ملات پر شود. پر کردن درز بین وادار و دیوار برای وادارهای لبه‌ای (قرارگیری دیوار تنها در یک سمت وادار) الزامی است و سبب جلوگیری از جداسازی بین دیوار و وادار خواهد شد. استفاده از سایر تمهیدات برای جلوگیری از جداسازی بین دیوار با وادار لبه‌ای (قلاب نمودن مفتول‌های میلگرد بستر به وادار لبه‌ای، استفاده از گیره و قلاب در محل وادار لبه‌ای و ...) نیز مجاز می‌باشد. در صورتی که وادار فاقد بال باشد، همانند وادارهای با مقطع قوطی، لازم است با استفاده از قطعات اتصال دیوار به وادار متصل شود. برای این منظور می‌توان از قلاب و گیره یا اتصالات کشویی جوش شده به وادار، بدون ایجاد فاصله بین دیوار و وادار استفاده نمود.

- در خصوص وادارهایی که به صورت تلسکوپی به سقف متصل هستند، لازم است دیوار در امتداد داخل صفحه خود از وادار جدا و تنها در امتداد خارج از صفحه به وادار مقید شود. در این شرایط لازم است اتصال دیوار به وادار مشابه اتصال دیوار به ستون باشد. بر اساس این راهنما، استفاده از اتصال تلسکوپی وادار به سقف غیرمجاز نیست، اما قابل توصیه نیز نمی‌باشد.

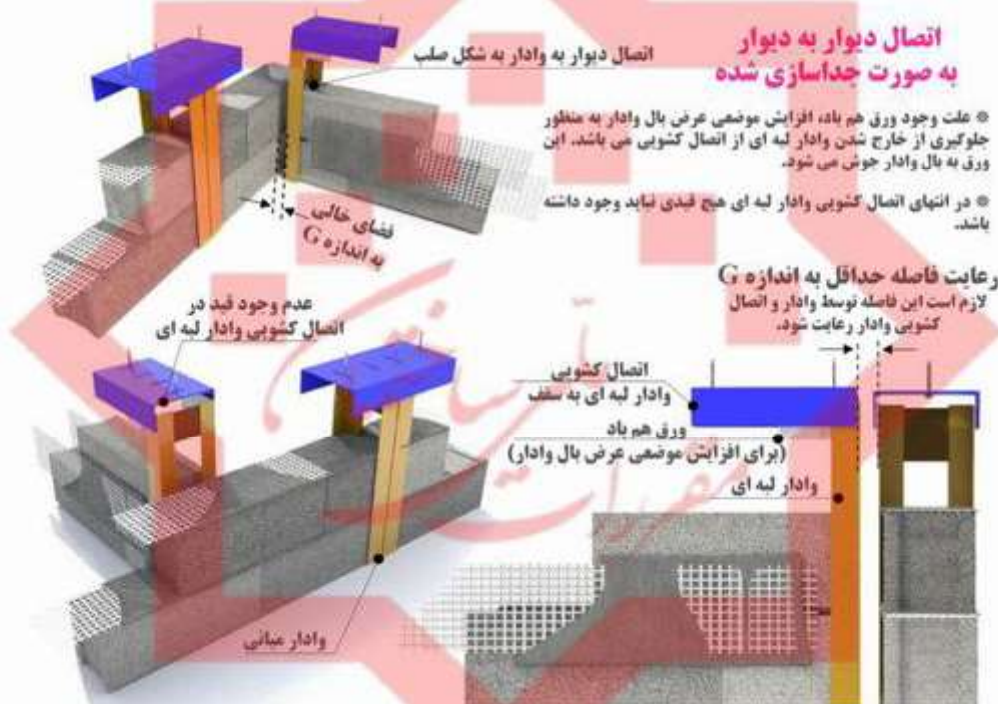
۴-۸-۵- اتصال دیوار به دیوار

بر اساس این راهنما، اتصال دیوار به دیوار به دو دسته اتصال جداسازی شده و اتصال هشت‌گیر طبقه‌بندی می‌شود.

- **اتصال جداسازی شده:** اتصال جداسازی شده روش توصیه شده در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) بوده و جزئیات آن در شکل (۴-۱۲) نشان داده شده است. این اتصال اگرچه دو دیوار را از یکدیگر جدا و از بروز تنش‌های کششی (در اثر خمش افقی در محل اتصال) جلوگیری می‌کند، اما سبب افزایش تعداد وادارهای مورد نیاز در پروژه می‌شود. علاوه بر آن، این نوع اتصال برای دیوار ممتد قیدی در امتداد خارج از صفحه ایجاد نمی‌کند و از منظر عایق حرارتی نیز در برخی موارد سبب کاهش مقاومت حرارتی دیوار (افزایش

پل‌های حرارتی) می‌شود. لذا توصیه می‌شود از این اتصال تنها در مواردی استفاده شود که شرایط استفاده از اتصال هشت‌گیر فراهم نباشد.

تذکر: در این نوع اتصال به‌جای استفاده از وادار لبه‌ای، می‌توان از قطعات اتصال دیوار به دیوار همانند بست‌های رادیکالی و قطعات اتصال قلاب و گیره استفاده نمود. با توجه به ظرفیت محدود این نوع قطعات اتصال، توصیه می‌شود از این روش صرفاً در دیوارهای داخلی استفاده شود. لازم است ظرفیت بست‌های رادیکالی و قطعات اتصال قلاب و گیره توسط شرکت‌های تولیدکننده مشخص شده و بر اساس آن و با توجه به نیروی عکس‌العمل وارد بر لبه دیوار، تعداد قطعات اتصال مورد نیاز در لبه دیوار را تعیین نمود.

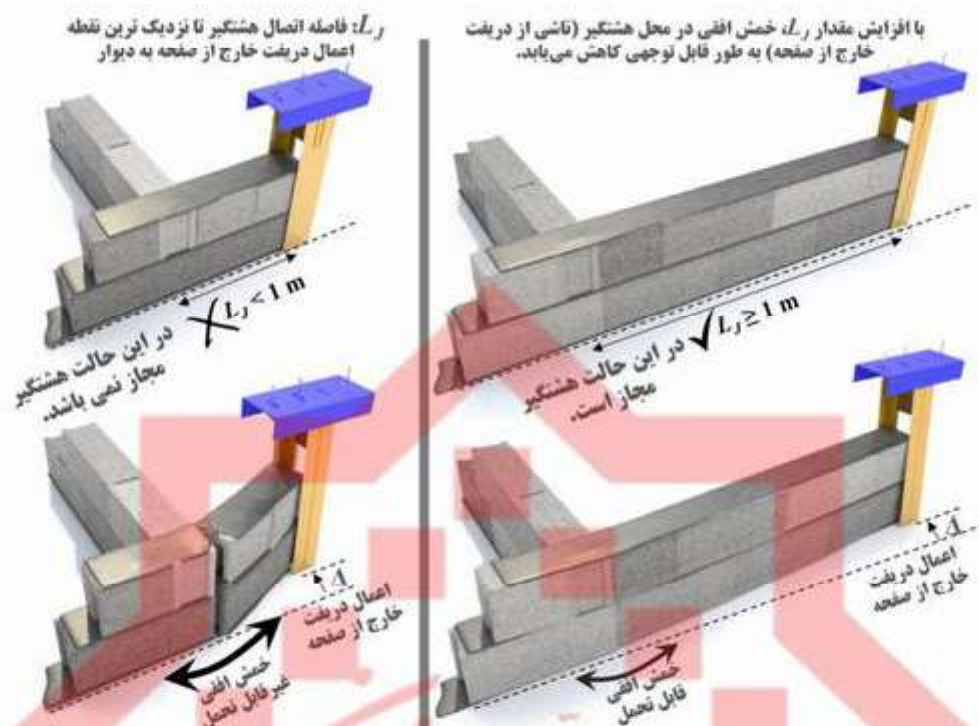


شکل ۴-۱۲ اتصال دیوار به دیوار به‌صورت جداسازی شده.

اتصال هشت‌گیر: اتصال هشت‌گیر قدیمی‌ترین روش اتصال در دیوارهای بنایی است و برای قرن‌ها توسط بشر استفاده شده است. این روش اتصال دو دیوار را به‌صورت صلب به یکدیگر متصل می‌کند. از جمله مزیت‌های اتصالات هشت‌گیر این است که برای هر دو دیوار متصل شده، در محل اتصال، قید خارج از صفحه تأمین می‌شود. این امر سبب کاهش طول آزاد دیوارها و کاهش وادارهای مورد نیاز در پروژه خواهد شد. اما در طراحی لرزه‌ای، تغییر شکل نسبی طبقه در صورتی که در امتداد خارج از صفحه به یکی از دیوارهای هشت‌گیر شده وارد شود، ممکن است

سبب ایجاد خمش افقی شدید در محل اتصال هشت‌گیر شود. این خمش افقی در همان دیواری ایجاد می‌شود که تغییرشکل خارج از صفحه در آن رخ داده است. نحوه ایجاد این خمش افقی در شکل (۴-۱۳) نشان داده شده است. لازم به ذکر است این خمش افقی ناشی از یک تحریک وابسته به تغییرشکل بوده و عمدتاً در بخش فوقانی دیوار رخ می‌دهد. مطابق شکل (۴-۱۳) در صورتی که محل اعمال تغییرشکل خارج از صفحه از محل اتصال هشت‌گیر فاصله داشته باشد، سختی خمشی افقی دیوار، از محل اعمال تغییرشکل خارج از صفحه تا محل هشت‌گیر، کاهش یافته و در نتیجه خمش افقی کوچک‌تری در محل اتصال هشت‌گیر ایجاد می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌های خمش افقی انجام شده در داخل کشور (ارائه شده در پیوست ۲ این راهنما) و همچنین نتایج حاصل از تحلیل‌های اجزاء محدود انجام شده، می‌توان اظهار داشت در صورتی که محل اعمال تغییرشکل خارج از صفحه حداقل ۱۰۰ سانتی‌متر از محل اتصال هشت‌گیر فاصله داشته باشد، مقدار خمش افقی در محل اتصال هشت‌گیر به قدر کافی کاهش می‌یابد به طوری که دیوار با تسلیح افقی متداول قادر به تحمل آن خواهد بود. لازم به ذکر است تغییرشکل خارج از صفحه می‌تواند از طریق وادارهای قائم و یا اتصالات کشویی (متصل به سقف یا ستون) به دیوارهای هشت‌گیر شده اعمال شود. لذا محل هشت‌گیر نه تنها از وادارهای قائم، بلکه از اتصالات کشویی دیوار به سقف و اتصالات کشویی دیوار به ستون نیز باید فاصله لازم (حداقل ۱۰۰ سانتی‌متر) را داشته باشد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

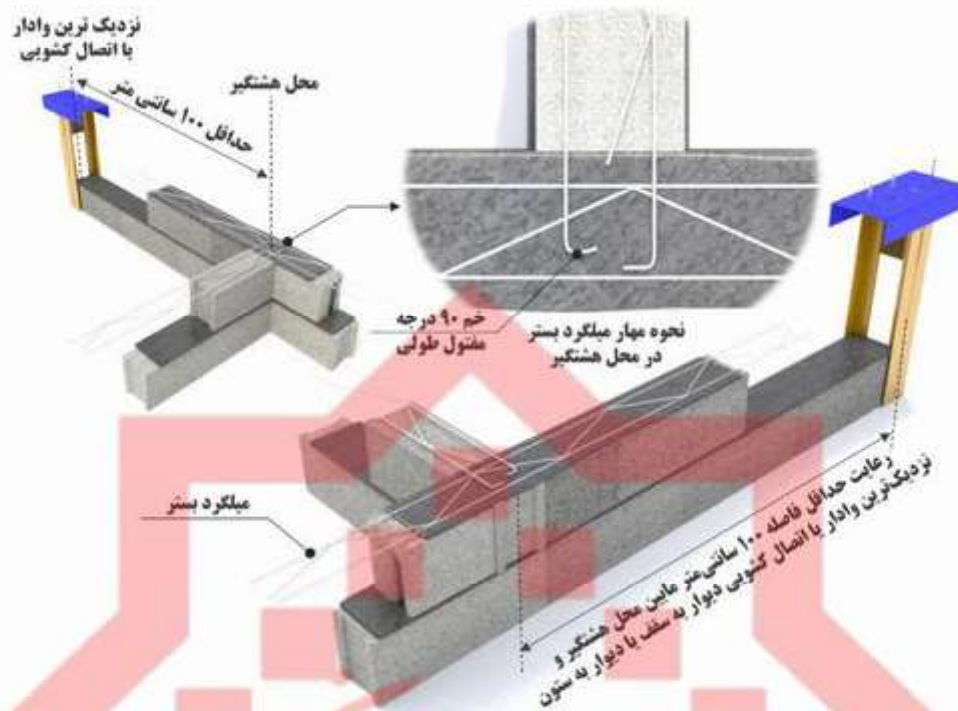


شکل ۴-۱۳ لزوم رعایت فاصله بین محل هشتگیر تا نزدیک ترین اتصال کشویی یا وادار قائم متصل به دیوارهای هشتگیر شده.

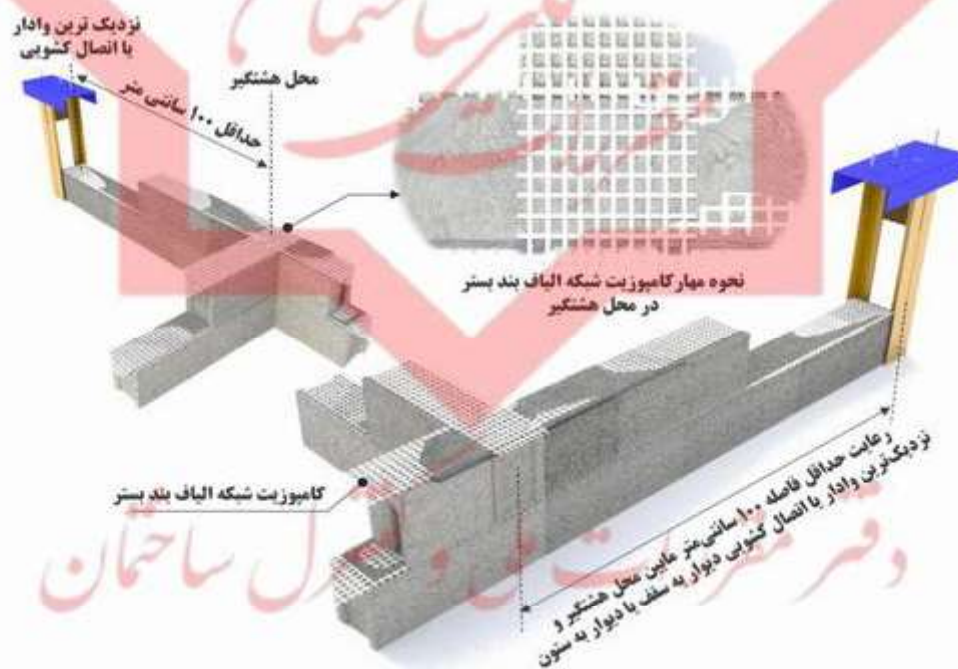
در صورتی که هر دو شرط زیر هم زمان تأمین گردد، استفاده از اتصال دیوار به دیوار به صورت هشتگیر نه تنها مجاز بوده، بلکه از منظر فنی و اقتصادی نیز نسبت به اتصالات جداسازی شده ارجحیت دارد. اما در صورتی که هر یک از دو الزام زیر تأمین نشود، لازم است اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده باشد. در این خصوص تفاوتی بین اتصال دیوارهای داخلی به داخلی، داخلی به پیرامونی و پیرامونی به پیرامونی وجود ندارد.

الزام شماره ۱ برای اتصال هشتگیر: اتصال هشتگیر باید حداقل به اندازه ۱۰۰ سانتی متر از محل نزدیک ترین وادار یا اتصالات کشویی متصل به هر یک از دو دیوار هشتگیر شده، فاصله داشته باشد. توصیه می شود برای دیوارهای با ضخامت ۲۰ سانتی متر و بیشتر، این فاصله حداقل ۱۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شود.

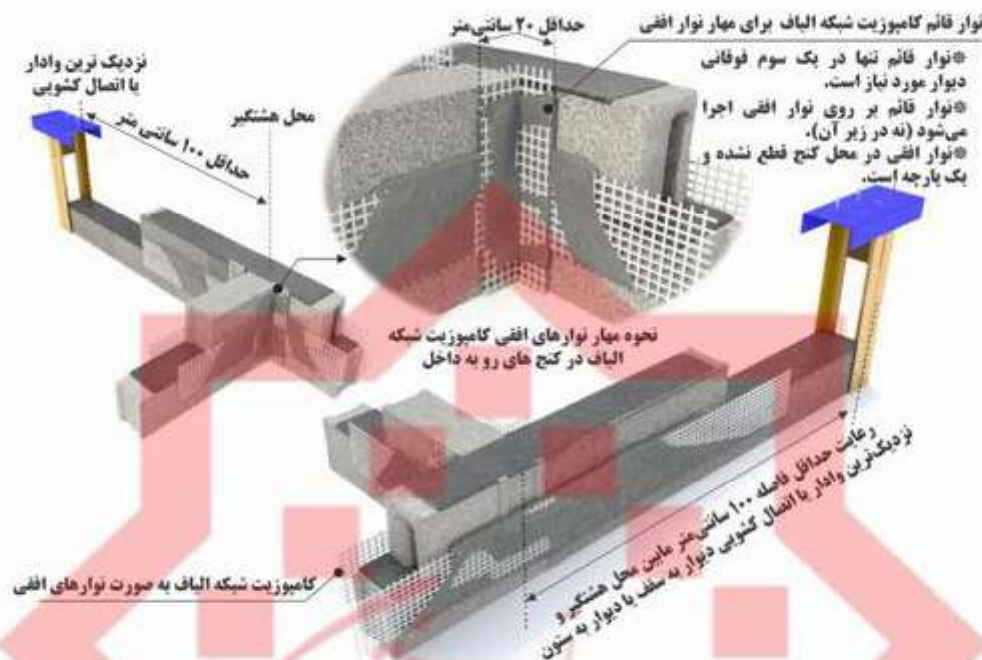
الزام شماره ۲ برای اتصال هشتگیر: در محل اتصال هشتگیر لازم است تسلیح افقی وجود داشته باشد به طوری که حتی در صورت بروز ترک در ملات یا بلوک های دیوار، ظرفیت خمشی افقی دیوار در محل هشتگیر افت شدیدی نداشته و انسجام کلی و موضعی دیوار حفظ شود. این الزام برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سراسری همواره برقرار است، اما برای سایر روش های تسلیح جزئیات ارائه شده در شکل های (۴-۱۴) الی (۴-۱۷) لازم است برقرار شود.



شکل ۴-۱۴ نحوه تقویت خمشی افقی در محل هشت‌گیر برای دیوارهای مسلح به میلگرد بستر.

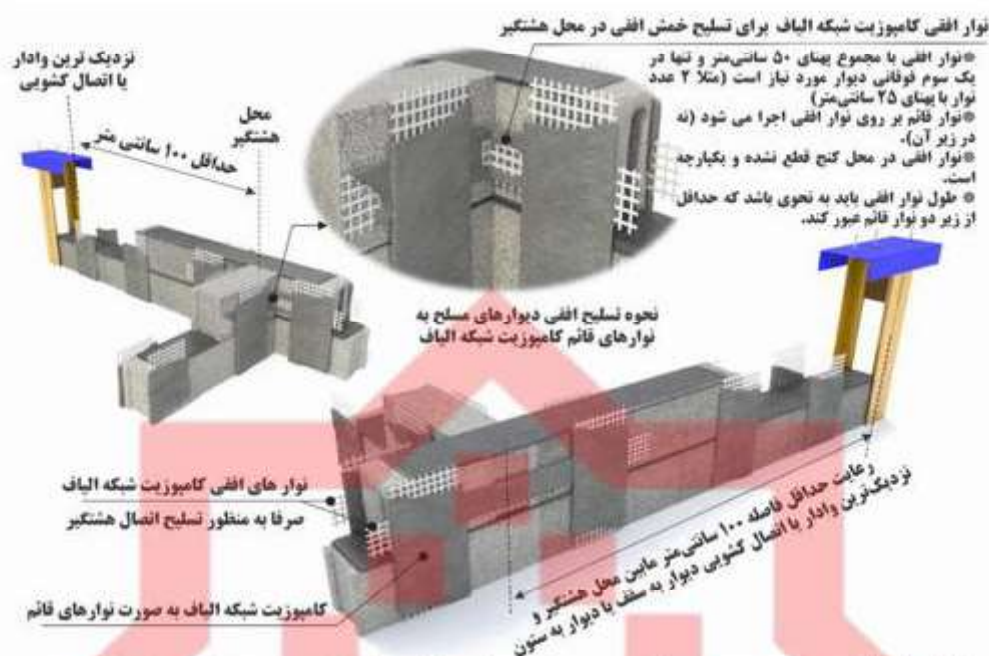


شکل ۴-۱۵ نحوه تقویت خمش افقی در محل هشت گیر برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف پند بستر.



شکل ۴-۱۶ نحوه تقویت خمش افقی در محل هشت گیر برای دیوارهای مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل ۴-۱۷ نحوه تقویت خمشی افقی در محل هشت‌گیر برای دیوارهای مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف.

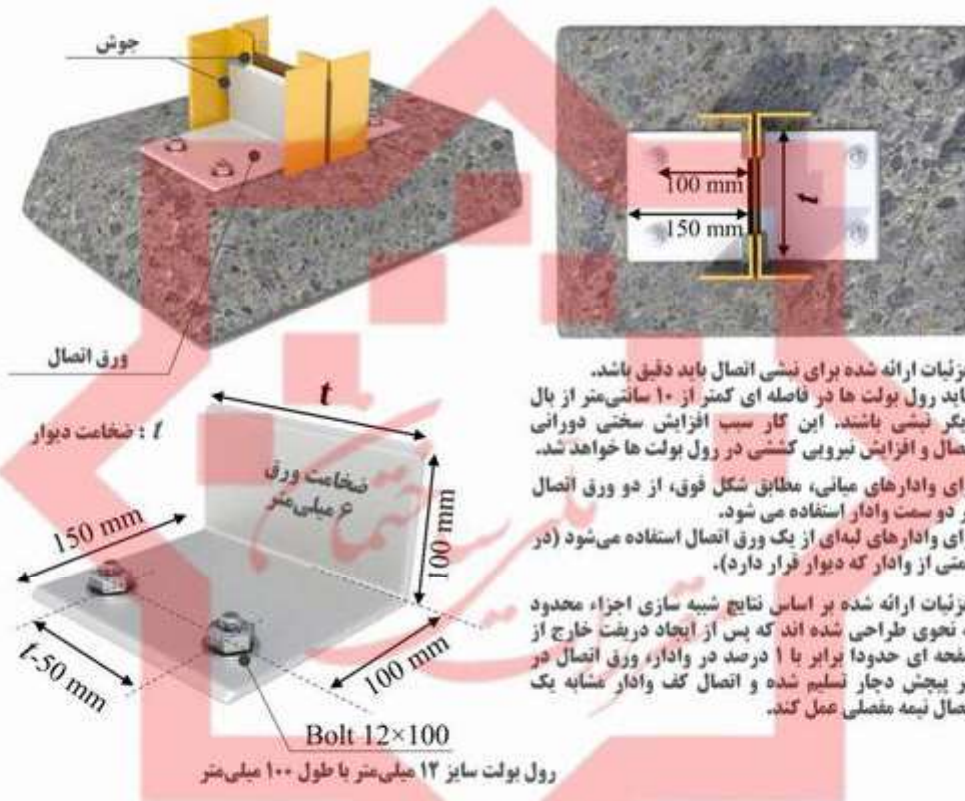
تذکره ۱: در صورت رعایت الزامات اتصال دیوار به دیوار به‌صورت هشت‌گیر، این نوع اتصال نیاز به کنترل دیگری ندارد. اما در صورت استفاده از اتصال دیوار به دیوار به‌صورت جداسازی شده، لازم است وادار لبه‌ای مورد نیاز در این اتصال بر اساس بند ۴-۷ و اتصالات وادار لبه‌ای به کف و سقف به ترتیب بر اساس الزامات ارائه شده در بندهای ۴-۸-۶ و ۴-۸-۷ طراحی شود.

تذکره ۲: توصیه می‌شود در صورتی که شرایط استفاده از اتصال هشت‌گیر مهیا باشد، از اتصال هشت‌گیر برای اتصالات دیوارهای داخلی به داخلی، داخلی به پیرامونی یا پیرامونی به پیرامونی استفاده شود. علت این امر آن است که اتصالات هشت‌گیر منجر به کاهش تعداد وادارهای قائم مورد نیاز، کاهش پل‌های حرارتی دیوار (از طریق کاهش وادارها) و کاهش محل‌های مستعد آسیب موضعی در حین زلزله می‌شود.

تذکره ۳: لازم نیست دو الزام ارائه شده در این بخش، در خصوص اتصالات هشت‌گیری که بیرون‌زدگی دیوار (دیواری کوتاه با طول کمتر از ۲۵٪ ارتفاع دیوار) را به دیوار اصلی متصل می‌کنند، رعایت شود. جزئیات بیشتر در خصوص رویکرد برخورد با دیوارهای بسیار کوتاه و بیرون‌زدگی دیوار، در بخش‌های ۴-۱۰-۳ و ۴-۱۰-۸ ارائه شده است.

۴-۸-۶- اتصال وادار به کف

در حالت ایده‌آل، اتصال وادار به کف باید به نحوی باشد که در امتداد داخل صفحه دیوار مشابه یک اتصال گیردار و در امتداد خارج از صفحه دیوار مشابه یک اتصال مفصلی عمل نماید. اگرچه دستیابی به چنین عملکردی امکان‌پذیر است، اما مستلزم صرف هزینه زیاد است؛ لذا در پروژه‌های متداول، می‌توان از جزئیات نشان داده شده در شکل (۴-۱۸) استفاده نمود.



شکل ۴-۱۸ جزئیات پیشنهادی برای اتصال وادار به کف.

تذکره ۱: لازم به یادآوری است، تغییرشکل‌های نسبی طبقه در امتداد خارج از صفحه دیوار به وادار وارد خواهند شد. این یک تحریک وابسته به تغییرشکل بوده و هر قدر اتصال وادار به کف در امتداد خارج از صفحه دیوار صلبیت بیشتری داشته باشد، تغییرشکل‌های خارج از صفحه وادار سبب ایجاد نیروی بیشتر نه تنها در اتصال وادار به کف، بلکه در اتصال وادار به سقف خواهند شد. این نیرو صرفاً در اثر تغییرشکل خارج از صفحه وادار است؛ لذا نباید اتصال وادار به کف در امتداد خارج از صفحه دیوار کاملاً صلب باشد.

تذکر ۲: موارد ارائه شده در تذکر ۱، در اتصال پیشنهادی نشان داده شده در شکل (۴-۱۸) لحاظ شده و تقویت اتصال نشان داده شده از طریق افزایش تعداد رول بولت‌ها و یا استفاده از ورق اتصال با ضخامت بیشتر، در جهت اطمینان نمی‌باشد و سبب افزایش گیرداری اتصال در امتداد خارج از صفحه می‌شود که امری نامطلوب است.

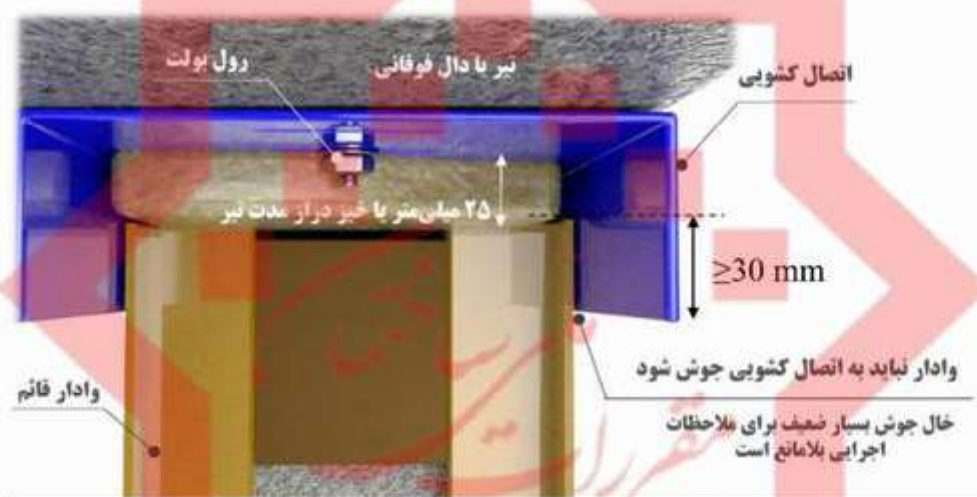
تذکر ۳: در خصوص اتصال وادارهای جان‌پناه به کف، لازم است این اتصال به‌صورت جداگانه طراحی شود. در اکثر موارد، اتصال وادار جان‌پناه به کف در مقایسه با سایر وادارها، لازم است از ظرفیت بیشتری برخوردار باشد. علت آن است که وادار جان‌پناه به‌صورت طره‌ای است و لازم است اتصال آن به کف در هر دو امتداد داخل و خارج از صفحه جان‌پناه به‌صورت یک اتصال گیردار قادر به تحمل لنگر خمشی وارده باشد. جزئیات اتصال نشان داده شده در شکل (۴-۱۸) صرفاً برای وادارهای میانی و لبه‌ای غیرطره‌ای است. این جزئیات ممکن است در برخی موارد برای اتصال وادار طره‌ای جان‌پناه کافی نباشد. برای اتصال وادار طره‌ای جان‌پناه به کف، توصیه می‌شود از ورق‌های اتصالی با پهنای بیشتر از ضخامت دیوار (ورق کف) استفاده شود تا بازوی لنگر مقاوم رول بولت‌ها افزایش یابد.

۴-۸-۷- اتصال وادار به سقف

به‌طور کلی لازم است اتصال وادار به سقف به‌صورت اتصال کشویی برقرار شود به‌نحوی که تغییر شکل طبقه در امتداد داخل صفحه دیوار به وادار وارد نشود و صرفاً وادار در امتداد خارج از صفحه دیوار مقید شود. جزئیات کلی اتصال کشویی در لبه فوقانی وادار در شکل (۴-۱۹) نشان داده شده است. به‌منظور سهولت در روند طراحی، بر اساس روابط ارائه شده در این بخش، هشت نوع اتصال کشویی وادار به سقف در جدول (۴-۵) معرفی شده است که در اکثر ساختمان‌های متداول، قابل استفاده است.

تذکر ۱: در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) برای برقراری اتصال وادارهای قائم لبه‌ای (قرارگیری دیوار تنها در یک سمت وادار) به سقف، توصیه شده است از اتصال تلسکوپی به جای اتصال کشویی استفاده شود. بر اساس این راهنما استفاده از اتصال تلسکوپی غیرمجاز نیست، اما قابل توصیه نیز نمی‌باشد و برای وادارهای لبه‌ای نیز توصیه می‌شود از اتصال کشویی استفاده شود. در این صورت برای اطمینان از عدم خروج وادار لبه‌ای از داخل اتصال کشویی، عرض بال وادار لبه‌ای در بخشی از وادار که داخل اتصال کشویی قرار می‌گیرد، باید به صورت موضعی افزایش یابد. برای این منظور می‌توان مطابق شکل (۴-۱۲) از ورق هم‌باد استفاده نمود. همچنین به منظور اطمینان از جداسازی بین دیوار و وادار لبه‌ای (این جداسازی تنها در بخش فوقانی دیوار محتمل است)، لازم است درز بین وادار و دیوار با ملات پر شده و با استفاده از اتصالات مکانیکی (قلاب و گیره و یا قلاب نمودن مفتول‌های میلگردبستر در

وادیار لبهای)، دیوار به وادیار لبهای متصل شود. با رعایت موارد فوق، وادیار لبهای تحت هیچ شرایطی از دیوار جدا نمی‌شود، همچنین در لبه فوقانی خود نیز از داخل اتصال کشویی خارج نخواهد شد. لازم به توضیح است علت عدم توصیه بر استفاده از اتصالات تلسکوپی برای وادیارهای میانی یا لبهای آن است که در صورت استفاده از اتصالات تلسکوپی، اتصال دیوار به وادیار مشابه اتصال دیوار به ستون بوده و لازم است درزی بین دیوار و وادیار برای جداسازی دیوار از وادیار قرار داده شود. نازک‌کاری‌های قرار گرفته بر روی این درز در حین زلزله بسیار مستعد آسیب هستند. توصیه می‌شود به منظور کاهش احتمال بروز آسیب در اندودها و نازک‌کاری دیوار، تاحدامکان هم وادیارهای میانی و هم وادیارهای لبهای به صورت کشویی به سقف متصل شوند.



کنترل کفایت ظرفیت اتصال کشویی

$$Lt^2 \geq \frac{222000R_u}{f_y} \quad \checkmark$$

کنترل کفایت رول بولت های اتصال

$$\frac{50R_u}{e n T_{c-bolt}} + \frac{R_u}{n V_{c-bolt}} \leq 1.2 \quad \checkmark$$

روابط فوق با این فرض است که محل اثر نیروی عمود بر بال اتصال کشویی تا زیر سقف ۵۰ میلی‌متر فاصله داشته باشد.

شکل ۴-۱۹ جزئیات اتصال کشویی وادیار به سقف.

R_u : عکس العمل تکیه گاهی در لبه فوقانی وادیار (kN)

f_y : مقاومت تسلیم فولاد مصرفی در اتصال کشویی (MPa)

t : ضخامت بال اتصال کشویی لبه فوقانی وادیار (mm)

L : طول اتصالات کشویی لبه فوقانی وادیار (mm)

e : کمترین فاصله رول بولت از لبه اتصال کشویی (mm)

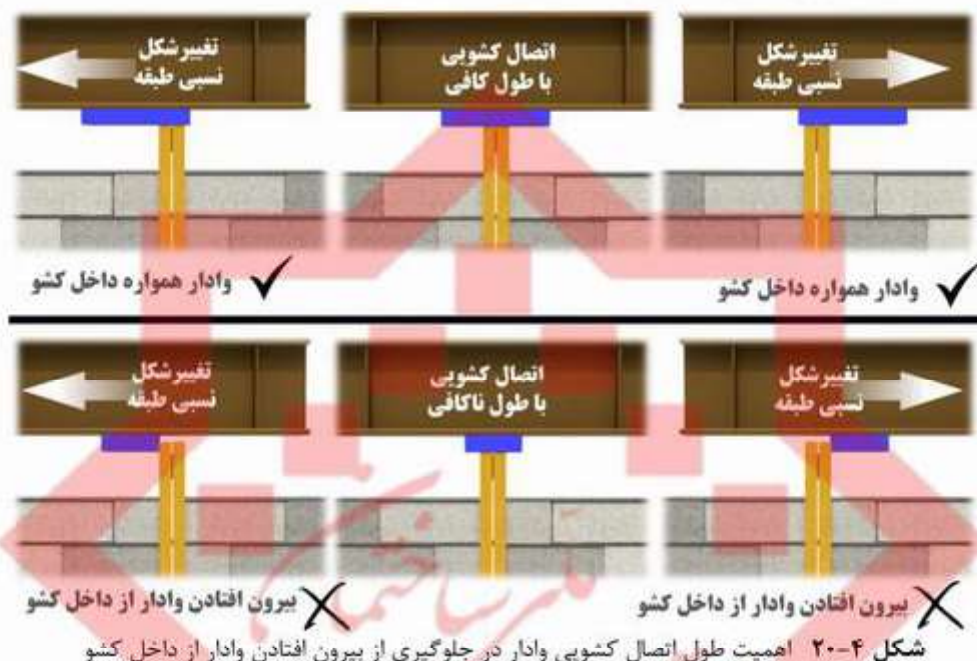
T_{c-bolt} : ظرفیت کششی یک عدد از رول بولت ها (kN)

V_{c-bolt} : ظرفیت برشی یک عدد از رول بولت ها (kN)

n : تعداد رول بولت ها در اتصال کشویی

تذکر ۲: طول اتصال کشویی وادیار باید به قدری باشد که علاوه بر تأمین ظرفیت نیرویی کافی، تغییر شکل نسبی طبقه در امتداد داخل صفحه دیوار منجر به خارج شدن وادیار از داخل اتصال کشویی نشود. این امر در طبقات با ارتفاع آزاد زیاد از اهمیت بیشتری برخوردار است زیرا در این شرایط

تغییر مکان نسبی (دریفت) طبقه منجر به حرکت کشویی بیشتر در محل اتصال وادار به سقف خواهد شد. این پدیده در شکل (۴-۲۰) نشان داده شده است. بنابراین، طول اتصال کشویی وادار نباید از دو برابر تغییر شکل نسبی طبقه به علاوه پهنای وادار کمتر باشد. به طور کلی توصیه می‌شود طول اتصال کشویی از ۲۵۰ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته نشود.



تذکر ۳: لازم به ذکر است واداری که دارای اتصال کشویی به سقف است با دیوار متصل به خود به صورت یکپارچه بوده و در هنگام زلزله این دو نسبت به کف طبقه تغییر شکلی را در امتداد داخل صفحه دیوار تجربه نمی‌کنند. به عبارت دیگر حرکت در امتداد داخل صفحه دیوار در سقف طبقه و اتصالات کشویی متصل به سقف رخ می‌دهد و خود دیوار و وادار متصل به آن نسبت به کف طبقه در حالت سکون هستند.

تذکر ۴: وادارهایی که به صورت طره‌ای طراحی می‌شوند، همانند وادارهای جان‌پناه، نیاز به اتصال در لبه فوقانی خود ندارد. با این وجود، توصیه می‌شود در خصوص جان‌پناه‌های موجود در مکان‌های عمومی که امکان اعمال بارهایی متمرکز به جز نیروی ناشی از زلزله و باد بر روی آن‌ها وجود دارد، کلاف افقی بر روی لبه فوقانی جان‌پناه اجرا شود. این کلاف یک پارچه‌سازی بلوک‌های موجود در آخرین رج جان‌پناه را تامین می‌کند. به طوری که در صورت اعمال بار متمرکز بر لبه جان‌پناه، تخریب موضعی در جان‌پناه رخ ندهد. این کلاف افقی ممکن است یک پروفیل فولادی،

یک لایه بتن مسلح به ضخامت تقریبی ۵۰ میلی‌متر و یا یک لایه ملات مسلح به میلگرد بستر یا کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر باشد.

جدول ۴-۵ جزئیات هشت نوع اتصال کشویی وادار به سقف (با فرض $f_r=240 \text{ MPa}$ و $e=50 \text{ mm}$)

اتصال کشویی وادار به سقف	ضخامت ورق بال (mm)	طول اتصال کشویی (mm)	ظرفیت اتصال (kN)	تعداد رول بولت مورد نیاز در یک متر از طول اتصال**
نوع ۱	۳	۲۰۰	۱/۹	۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۲	۳	۴۰۰	۳/۹	۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۳	۴	۲۰۰	۳/۴	۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۴	۴	۴۰۰	۶/۹	۳ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۵	۵	۲۰۰	۵/۴	۲ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۶	۵	۴۰۰	۱۰/۸	۳ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۷	۶	۲۰۰	۷/۸	۲ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۸	۶	۴۰۰	۱۵/۶	۴ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۲-۴)

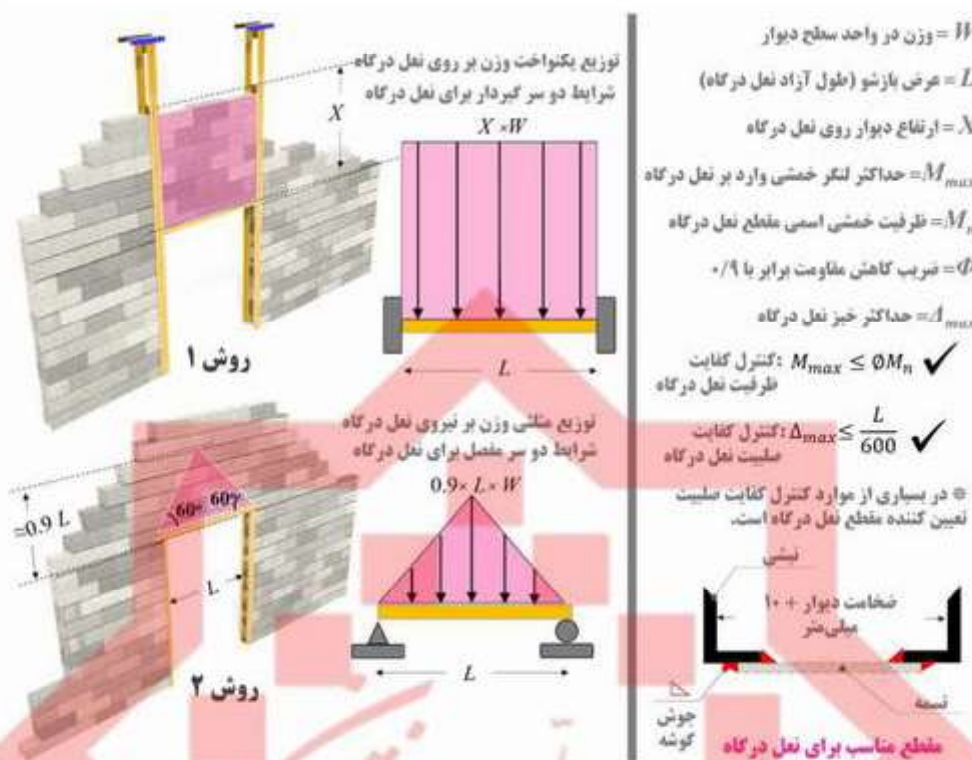
** برای اتصالات کشویی با طول بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر امکان درون‌یابی وجود دارد.

** در صورتی که اتصال کشویی به صورت جفت نبشی باشد، لازم است رول بولت‌های ارائه شده، برای هر یک از نبشی‌ها به صورت جداگانه تأمین شود.

۴-۹- مرحله نهم - طراحی نعل‌درگاه و قاب فرعی (ساب فریم)

در صورتی که در بالای بازشو (درب یا پنجره)، دیوار بنایی وجود داشته باشد، لازم است وزن دیوار روی بازشو از طریق نعل‌درگاه تحمل و به سایر بخش‌های دیوار منتقل گردد. به منظور برقراری اتصال بین نعل‌درگاه و دیوار دو روش کلی به شرح زیر تعریف می‌شود:

- روش ۱: در صورتی که اطراف بازشو وادار قائم وجود داشته باشد، نعل‌درگاه به وادار متصل و نیروی وارد به نعل‌درگاه از طریق وادار قائم به دیوار و به کف منتقل می‌شود. در این صورت طراحی نعل‌درگاه مشابه یک تیر دوسرگیردار خواهد بود و مطابق شکل (۴-۲۱) تمام وزن دیوار بالای بازشو به نعل‌درگاه منتقل می‌شود.



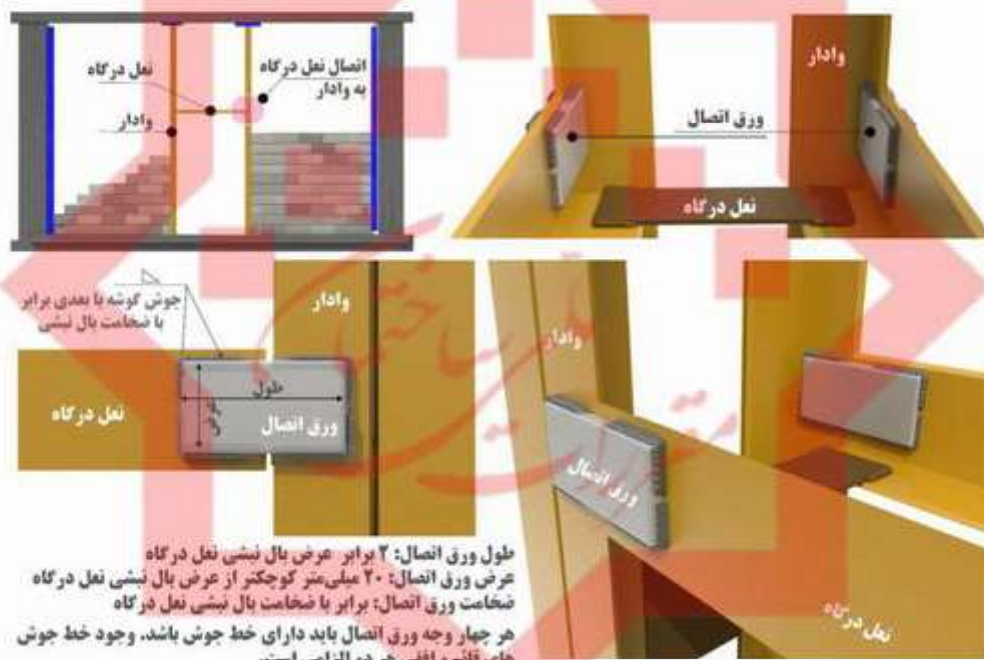
شکل ۴-۲۱ روش‌های برقراری اتصال بین نعل درگاه و دیوار و روند طراحی مقطع مورد نیاز برای نعل درگاه.

روش ۲: در صورتی که اطراف بازشو وادار قائم نباشد، لازم است در اطراف بازشو از قاب فرعی (ساب فریم) استفاده شود و نعل درگاه به قاب فرعی (ساب فریم) متصل شود. در این شرایط نیروی نعل درگاه از طریق قاب فرعی (ساب فریم) به دیوار و در نهایت به کف منتقل می‌شود. لازم است قاب فرعی به صورت صلب به دیوار متصل باشد. در این حالت نعل درگاه در واقع بخشی از قاب فرعی خواهد بود و طراحی نعل درگاه مشابه یک تیر دو سر مفصل می‌باشد و همان‌طور که در شکل (۴-۲۱) نشان داده شده است، تنها بخشی از وزن دیوار بالای بازشو به نعل درگاه منتقل می‌شود.

شکل‌های (۴-۲۲) و (۴-۲۳) به ترتیب نمونه‌ای از نحوه اتصال نعل درگاه به وادار قائم و قاب فرعی را نشان می‌دهد. بدیهی است سایر روش‌های اتصال به نحوی که ظرفیت مورد نیاز را تأمین نماید، نیز قابل استفاده است.

تذکره ۱: به‌طور کلی در روش ۲، نیروی کمتری به نعل درگاه وارد می‌شود. علت این امر نوع چیدمان واحدهای بنایی و اندرکنش بین بلوک‌های دیوار و خود نعل درگاه با دیوار بنایی است. به‌طور کلی نیرو از مسیر با سختی بیشتر منتقل می‌شود. در این خصوص، دیوار بنایی اطراف بازشو نسبت به

نعل درگاه دارای سختی قائم بیشتری است؛ لذا بر اثر خیز نعل درگاه، نیروی ناشی از وزن دیوار روی نعل درگاه باز توزیع می‌شود و به شکل یکنواخت به نعل درگاه وارد نمی‌شود. بر اساس الزامات مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی)، توزیع نیروی روی نعل درگاه را می‌توان به صورت مثلی در نظر گرفت که اضلاع این مثلث با افق زاویه 60° درجه می‌سازد. به عبارت دیگر وزن ناشی از قسمت‌هایی از دیوار که خارج از مثلث مذکور است، به صورت قوسی به اطراف بازشو منتقل می‌شود و به نعل درگاه اعمال نمی‌شود. این عملکرد قوسی در صورت حضور وادار در اطراف بازشو به طور کامل شکل نمی‌گیرد، در این صورت در طراحی نعل درگاه مناسب‌تر است چنین فرض شود که کل وزن دیوار روی بازشو، به نعل درگاه وارد می‌شود.



شکل ۴-۲۲ نمونه‌ای از اتصال نعل درگاه به وادر قائم.

تذکر ۲: در روش ۲، در صورتی که در هر دو طرف بازشو حداقل ۳۵۰ میلی‌متر فضا برای تأمین نشیمنگاه نعل درگاه وجود داشته باشد، اجرای قاب فرعی (ساب فریم) برای بازشو ضرورتی ندارد. در این صورت نعل درگاه از طریق اتصال اتکایی بر روی دیوار نیروی خود را به دیوار منتقل می‌کند. استفاده از قاب فرعی (ساب فریم) برای بازشو همواره قابل توصیه است چرا که به صورت موضعی منجر به تقویت لبه‌های بازشو می‌شود؛ لذا از منظر فنی استفاده از قاب فرعی (ساب فریم) همواره قابل توصیه است.

تذکر ۳: در صورتی که قاب فرعی از پروفیل‌های قوطی شکل ساخته شده باشد، لازم است از طریق شاخک گذاری یا استفاده از قلاب و گیره به صورت صلب به دیوار متصل شود. در صورتی که قاب فرعی از دوپل نبشی ساخته شده باشد، اتصال قاب فرعی به دیوار مشابه اتصال وادار به دیوار خواهد بود. همچنین لازم است ساق‌های قائم قاب فرعی (ساب فریم) به کف متصل شود. برای این منظور می‌توان از جزئیات ارائه شده برای اتصال وادار به کف یا سایر اتصال‌های مناسب دیگر استفاده نمود.

تذکر ۴: در صورتی که یک سمت بازشو دارای وادار قائم و سمت دیگر فاقد وادار قائم باشد، در سمتی از بازشو که دارای وادار است، نعل درگاه به وادار متصل می‌شود و در سمت دیگر بازشو در صورت نبودن نشیمنگاه کافی برای نعل درگاه، از قاب فرعی (ساب فریم) استفاده و نعل درگاه به قاب فرعی (ساب فریم) متصل می‌شود. در صورت وجود طول نشیمنگاه کافی (حداقل ۳۵۰ میلی‌متر) در وجه فاقد وادار، می‌توان نعل درگاه را به صورت اتکایی به دیوار متصل نمود.



شکل ۴-۲۳ نمونه‌ای از اتصال نعل درگاه به قاب فرعی (ساب فریم).

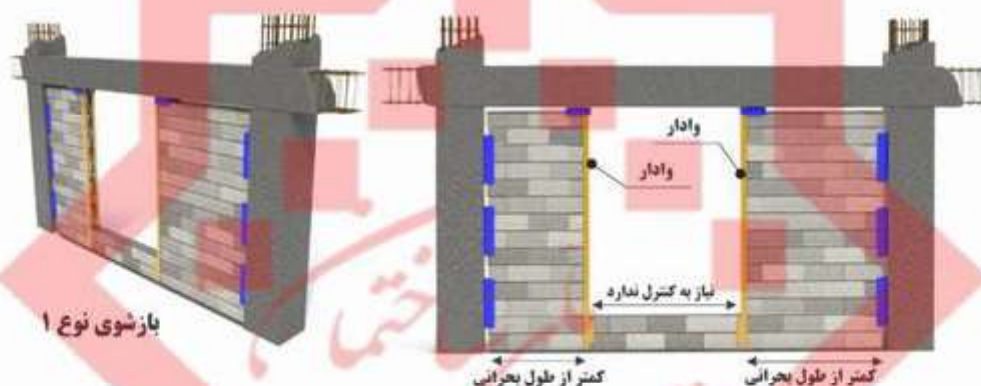
۴-۱۰- سایر الزامات طراحی و اجرا

در این بخش الزامات اضافه‌ای که لازم است در روند طراحی، اجرا یا نظارت بر اجرای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مدنظر قرار گیرد، ارائه شده است.

۴-۱۰-۱- اثر بازشو در طول بحرانی

بر اساس دسته‌بندی انجام شده در این راهنما، بازشو در دیوار ممکن است سه حالت به ترتیب زیر داشته باشد:

- **بازشوی نوع ۱:** در این حالت، در بالای بازشو دیوار بنایی وجود ندارد و بازشو تا لبه فوقانی دیوار امتداد می‌یابد. این نوع بازشو سبب ایجاد لبه قائم آزاد در دیوار می‌شود و عملاً دیوار را به دو دیوار مجزا از یکدیگر تقسیم می‌کند. در این نوع بازشوها توصیه بر آن است که در اطراف بازشو از وادارهای قائم استفاده شود تا به این ترتیب لبه قائم آزاد دیوار به یک لبه مقید (دارای تکیه‌گاه مفصلی) تبدیل شود. جزئیات مربوط به این نوع بازشو در شکل (۴-۲۴) نشان داده شده است.



- ⊗ در بازشوی نوع ۱، اساساً بازشو دیوار را با دو دیوار مجزا یا رفتاری مستقل تقسیم می‌کند. لبه قائم دیوارها در مجاورت بازشو یک لبه آزاد می‌باشد.
- ⊗ در صورتی که دیوار فاقد اتصال کشویی به سقف باشد، لازم است در اطراف بازشو از وادار قائم استفاده کرده و طول بحرانی دیوار با فرض شرایط مرزی ۸ محاسبه شود.
- ⊗ در صورتی که دیوار دارای اتصال کشویی به سقف باشد، می‌توان در اطراف بازشو از وادار قائم استفاده کرده و طول بحرانی دیوار با فرض شرایط مرزی ۱۰ محاسبه شود.
- ⊗ در صورتی که دیوار دارای اتصال کشویی به سقف باشد، می‌توان در اطراف بازشو از وادار قائم استفاده نکرده و طول بحرانی دیوار با فرض شرایط مرزی ۱ محاسبه شود (از منظر فنی، استفاده از دو روش فوق نسبت به این روش ارجحیت دارند)

شکل ۴-۲۴ نمونه‌ای از بازشوی نوع ۱ و الزامات آن.

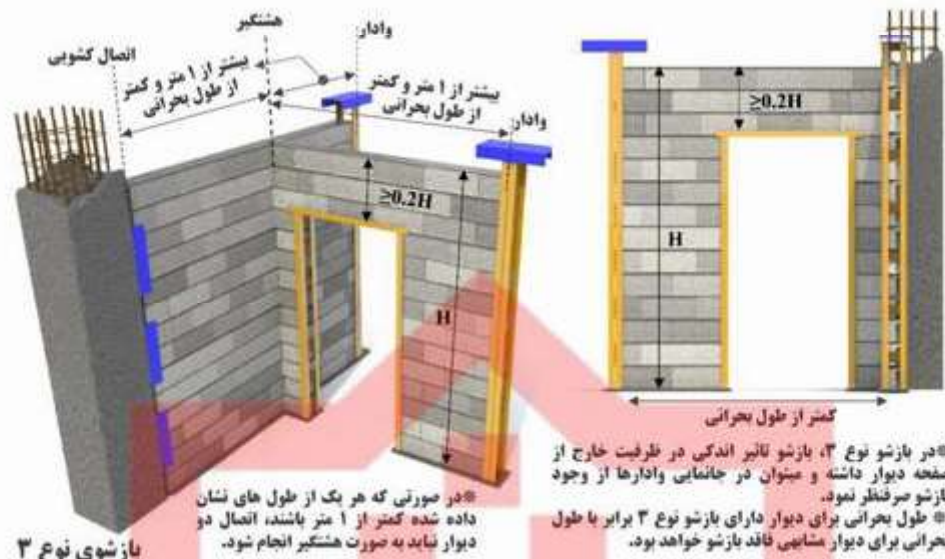
- **بازشوی نوع ۲:** در این حالت، در بالای بازشو دیوار بنایی وجود دارد، اما ارتفاع آن کمتر از ۲۰٪ ارتفاع کل دیوار است. در این نوع از بازشوها، پیوستگی رفتار خارج از صفحه در دو سمت بازشو از طریق ایجاد خمش افقی در بخش بنایی بالای بازشو حاصل می‌شود، اما نتایج حاصل از تحلیل‌های عددی حاکی از آن است که این خمش ممکن است تا ۲ برابر بیشتر از خمش افقی دیوار مشابه فاقد بازشو باشد؛ لذا به منظور در نظر گرفتن اثر بازشو، لازم است طول آزاد دیوار کاهش داده شود. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل‌های عددی، در صورتی که طول بحرانی در

دیوارهای دارای بازشو نوع ۲ برابر با ۷۰٪ طول بحرانی دیوارهای مشابه فاقد بازشو در نظر گرفته شود، مقدار خمش افقی در دیوار دارای بازشوی نوع ۲ تقریباً برابر با حداکثر خمش افقی در دیوار فاقد بازشو خواهد بود؛ بنابراین در دیوارهای دارای بازشو نوع ۲ نیازی به قراردادن وادار در اطراف بازشو نیست، اما لازم است طول بحرانی این نوع از دیوارها نسبت به دیوارهای هم تپ فاقد بازشو ۳۰٪ کاهش داده شود. جزئیات مربوط به این نوع بازشو در شکل (۴-۲۵) نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۵ نمونه‌ای از بازشوی نوع ۲ و الزامات آن.

- بازشوی نوع ۳: در این حالت، در بالای بازشو دیوار بنایی وجود دارد، به‌طوری‌که ارتفاع آن بیش از ۲۰٪ ارتفاع کل دیوار است. در این نوع از بازشوها، پیوستگی رفتار خارج از صفحه در دو سمت بازشو از طریق ایجاد خمش افقی در بخش بنایی بالای بازشو فراهم می‌شود و با توجه به اینکه ارتفاع دیوار در قسمت بالای بازشو زیاد است، نتایج شبیه‌سازی‌های عددی حاکی از آن است که این بخش از دیوار ظرفیت خمش افقی کافی برای ایجاد پیوستگی در بخش‌های دو سمت بازشو را خواهد داشت. نتایج عددی و آزمایشگاهی حاکی از آن است که این نوع از بازشوها تأثیر اندکی در کاهش ظرفیت خارج از صفحه دیوار دارد و در روند طراحی دیوار می‌توان از آن‌ها صرف‌نظر نمود؛ لذا نیازی به استفاده از وادار در اطراف این نوع از بازشوها نیست و طول بحرانی دیوارهای دارای بازشوی نوع ۳ را می‌توان برابر با طول بحرانی دیوارهای هم تپ فاقد بازشو در نظر گرفت. جزئیات مربوط به این نوع بازشو در شکل (۴-۲۶) نشان داده شده است.



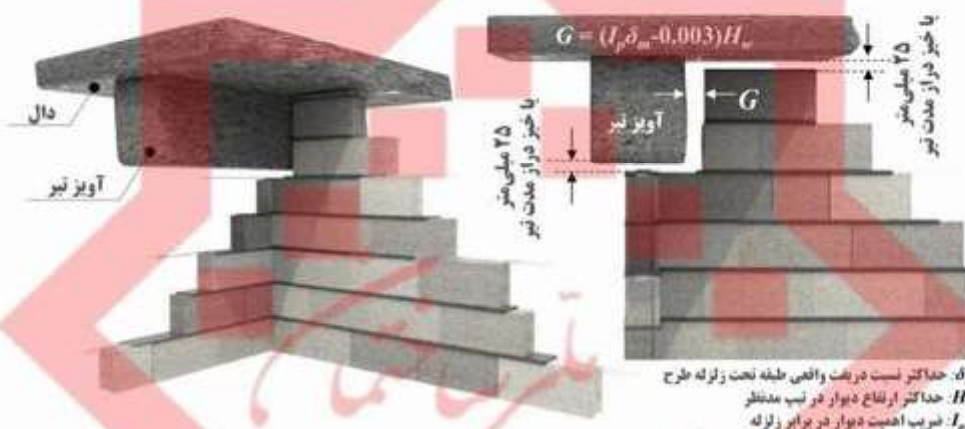
تذکره ۱: در بازشوهای نوع ۲ و ۳ گرچه نیازی به قراردادن وادیار در اطراف بازشوی نمی‌باشد، اما وجود نعل‌درگاه در بالای بازشوی الزامی است و علاوه بر آن، توصیه می‌شود، مطابق بخش ۴-۱۰، بازشوی دارای قاب فرعی (ساب فریم) باشد.

تذکره ۲: در صورت استفاده از وادیار در اطراف بازشوی لازم است وادیار از محل اتصال هشت‌گیر دیوار حداقل به اندازه ۱ متر فاصله داشته باشد. در غیر این صورت یا وادیار نباید استفاده شود و یا اتصال هشت‌گیر باید به اتصال دیوار به دیوار جداسازی شده تبدیل شود. بر این اساس همواره توصیه می‌شود تنها در موارد الزامی از وادیار قائم استفاده شود. لازم به یادآوری است وادیار قائم یکی از نقاط اتصال دیوار به سقف است و سبب انتقال تغییرمکان جانبی نسبی (دریفت) خارج از صفحه به دیوار می‌شود. در صورتی که در دیوارهای فاقد اتصال به سقف و فاقد وادیار قائم، تغییرمکان جانبی نسبی (دریفت) طبقه در هیچ یک از دو امتداد داخل و خارج از صفحه به دیوار منتقل نخواهد شد. در دیوارهایی که فاقد وادیار قائم و فاقد اتصال به سقف هستند، پایداری دیوار از طریق اتصالات هشت‌گیر دیوار به سایر دیوارها تأمین می‌شود. در این شرایط هر دیوار نقشی تکیه‌گاهی برای دیوار مجاور خود ایفا خواهد نمود.

تذکره ۳: صرف‌نظر از نوع بازشوی، در صورتی که پهنای بازشوی بیش از ۲ متر باشد، توصیه می‌شود در اطراف بازشوی از وادیار قائم استفاده شود. به این ترتیب به واسطه اتصالات گیردار نعل‌درگاه به وادیار، خیز نعل‌درگاه را می‌توان به صورت مؤثرتری کنترل کرد.

۴-۱۰-۲- الزامات جداسازی دیوار از آویز تیرها و سایر تجهیزات متصل به سقف

برای جلوگیری از اعمال تغییر مکان جانبی نسبی (دریفت) داخل صفحه به دیوارها از طریق تیرها یا آویز تیرهای عمود بر دیوار، لازم است بین دیوارها و تیرهای فوقانی که با دیوار تلاقی دارد، نیز جداسازی انجام شود. به عبارت دیگر، برآمدگی و تو رفتگی‌های موجود در سقف نباید منجر به انتقال تغییر مکان جانبی نسبی (دریفت) داخل صفحه به دیوارهای غیرسازه‌ای شود. جزئیات جداسازی بین دیوار و آویز تیر در شکل (۴-۲۷) ارائه شده است. این جداسازی در خصوص شاسی سقف‌های کاذب و سایر تأسیسات و تجهیزات متصل به سقف نیز باید انجام شود و این تجهیزات نباید در حین زلزله با دیوارهای غیرسازه‌ای برخورد داشته باشند.

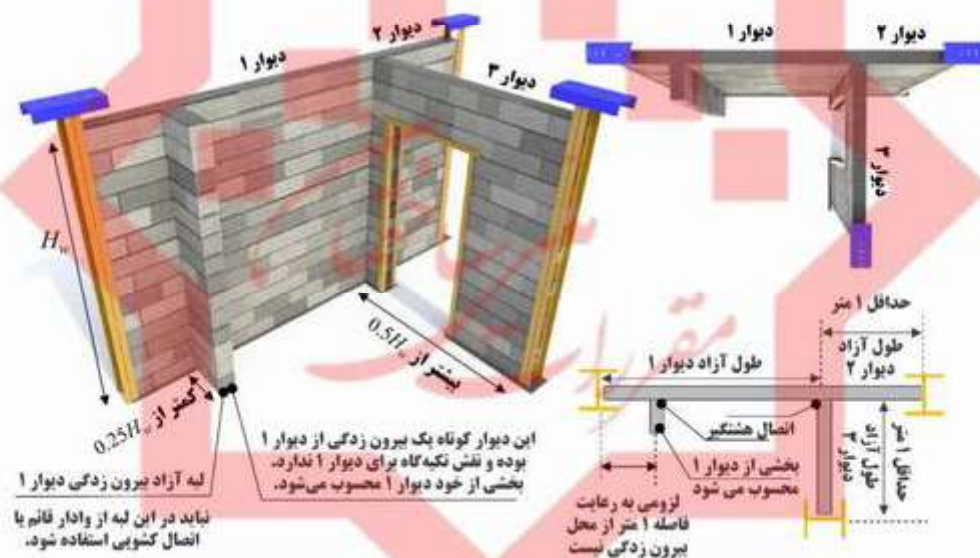


شکل ۴-۲۷ جداسازی دیوار از تیرهای عمود بر دیوار، آویز تیرها یا سایر تجهیزات و تأسیسات متصل به سقف.

۴-۱۰-۳- کفایت اتصال هشت‌گیر به منظور ایفای نقش تکیه‌گاهی

یکی از اصلی‌ترین مزیت‌های اتصال هشت‌گیر آن است که دیوارهایی که با این روش به یکدیگر متصل می‌شوند، برای یکدیگر نقش تکیه‌گاهی ایفا می‌کنند. بنابراین با استفاده از این روش اتصال، طول آزاد دیوارها به‌ویژه دیوارهای داخلی که اتصالات فراوانی با یکدیگر دارند، کاهش می‌یابد و تعداد وادارهای مورد نیاز کمتر می‌شود. در این روش دیوارهای هشت‌گیر شده با یکدیگر یکپارچه بوده و پایداری یکدیگر را تأمین می‌کنند. در بسیاری از موارد، دیوارهای دارای اتصالات هشت‌گیر، نیاز به اتصال کشویی به سقف ندارد، به‌این ترتیب جداسازی کامل بین دیوارهای غیرسازه‌ای و سقف ایجاد شده و تغییر مکان جانبی نسبی (دریفت) طبقه نه تنها در امتداد داخل صفحه، بلکه در امتداد خارج از صفحه نیز به دیوار منتقل نمی‌شود. با این وجود، اتصال هشت‌گیر تنها زمانی می‌تواند نقش تکیه‌گاهی ایفا کند که هر دو دیوار هشت‌گیر شده دارای صلبیت و ظرفیت داخل صفحه کافی باشند.

مطابق شکل (۴-۲۸)، در برخی موارد، دیوار دارای یک بیرون زدگی کوتاه می باشد که گرچه به صورت هشت گیر اجرا می شود، اما این بیرون زدگی را نمی توان به عنوان تکیه گاه برای دیوار در نظر گرفت. بر اساس بررسی های عددی انجام شده، در دیوارهای بنایی غیرسازه ای متداول، در صورتی که طول دیوار هشت گیر شده بیش از ۵۰٪ ارتفاع دیوار باشد، نقش تکیه گاهی ایفا خواهد کرد. در صورتی که طول دیوار هشت گیر شده بین ۲۵٪ تا ۵۰٪ ارتفاع دیوار باشد، لازم است کفایت آن به عنوان تکیه گاه بررسی شود، برای این منظور می توان از شبیه سازی عددی با المان های پوسته ای و اعمال بار خارج از صفحه استفاده کرد و در صورتی که طول دیوار هشت گیر شده کمتر از ۲۵٪ ارتفاع دیوار باشد، عملاً به عنوان بیرون زدگی برای دیوار محسوب می شود و نمی توان نقش تکیه گاهی برای دیوار منظور نمود. در این موارد نیاز به کنترل بیرون زدگی دیوار نیست و باید به عنوان بخشی از دیوار اصلی در نظر گرفته شود. در خصوص بیرون زدگی های دیوار، لزومی به رعایت حداقل فاصله ۱ متری بین وادار یا اتصالات کشویی با اتصال هشت گیر در محل بیرون زدگی نمی باشد. جزئیات فوق در شکل (۴-۲۸) ارائه شده است.

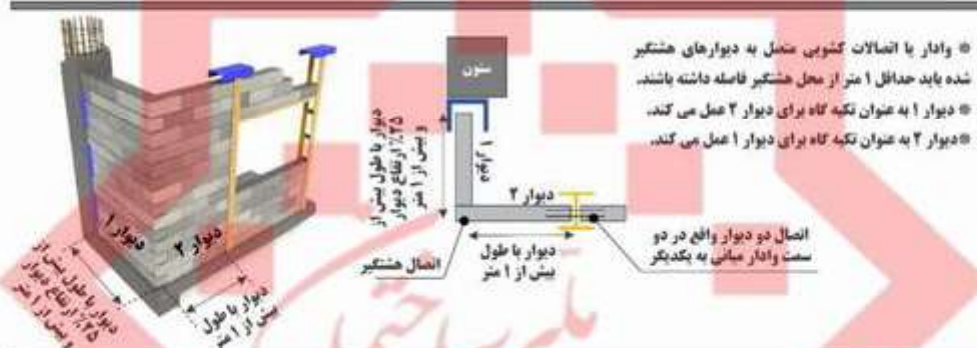
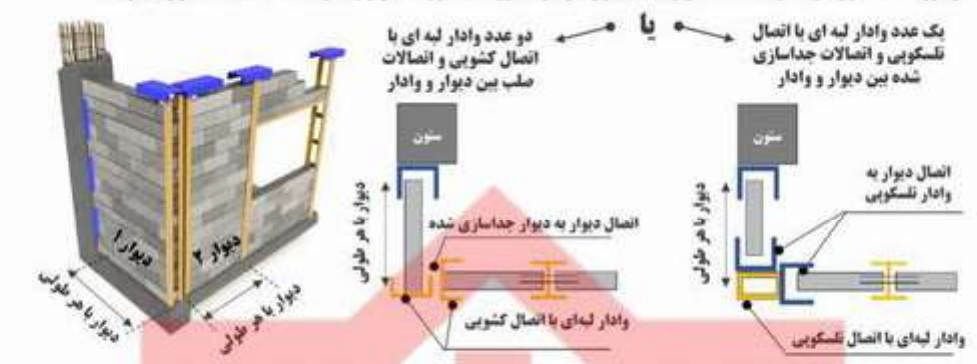


شکل ۴-۲۸ کفایت عملکرد تکیه گاهی دیوارهای هشت گیر شده و تفاوت آن با بیرون زدگی دیوار.

بر اساس موارد ارائه شده در این بخش، سه جزئیات مختلف از اتصال دیوار به دیوار در قسمت طره ساختمان در شکل (۴-۲۹) ارائه شده است. بدیهی است علاوه بر جزئیات ارائه شده، سایر راهکارها نیز که منجر به عملکرد صحیح دیوار تحت بارهای سرویس، زلزله و باد شود، قابل استفاده می باشند.

❖ در صورت استفاده از وادار لیه ای با اتصال کشویی، اتصال دیوار به وادار به صورت کاملاً صلب برقرار میشود (بدون اجرای جداسازی بین دیوار و وادار و پر کردن فضای خالی بین وادار و دیوار با ملات و ترجیحاً اتصال تسلیحات دیوار به وادار).

❖ در صورت استفاده از وادار لیه ای با اتصال تسکویی، اتصال دیوار به وادار به صورت جداسازی شده برقرار میشود (کاملاً مشابه اتصال دیوار به ستون).



شکل ۴-۲۹ سه جزئیات مختلف به منظور اتصال دیوار به دیوار در قسمت طره ساختمان.

تذکر ۱: دیوارهای هشتگیر شده تنها در شرایطی نقش تکیه‌گاهی برای یکدیگر دارند که ارتفاع آزاد آن‌ها بیش از ۱۵٪ با یکدیگر تفاوت نداشته باشد. در غیر این صورت اختلاف ارتفاع دو دیوار هشتگیر شده باید به صورت پلکانی و بتدریج در رجهای مختلف فوقانی دیوار اجرا شود به نحوی که در محل هشتگیر، ارتفاع هر دو دیوار کمتر از ۱۵٪ با یکدیگر تفاوت داشته باشد.

تذکر ۲: به طور کلی توصیه می شود دیوارهای واقع در دو سمت وادار میانی که دارای اتصال کشویی به سقف است، همواره به یکدیگر بسته شود. این کار از طریق عبور دادن کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر یا میلگرد بستر از داخل وادار میانی امکان پذیر است. در خصوص وادارهای لبه ای نیز که دارای اتصال کشویی به سقف هستند، توصیه می شود دیوار به صورت صلب به وادار لبه ای متصل باشد. این کار از طریق متصل نمودن تسلیح دیوار به وادار لبه ای یا اجرای قلاب و گیره بین وادار لبه ای و دیوار امکان پذیر است. اجرای این تمهیدات به ویژه در یک سوم فوقانی دیوار از اهمیت بیشتری برخوردار است و مانع از بروز جداسدگی بین دیوار و وادار لبه ای می شود.

۴-۱۰-۴ الزامات عمل آوری دیوار بنایی

حفظ رطوبت ملات های سیمانی استفاده شده در دیوارهای بنایی حداقل در سه روز اول پس از ساخت دیوار الزامی است. برای این منظور می توان از روش هایی از جمله زنجاب نمودن واحدهای بنایی بلافاصله قبل از دیوارچینی، مرطوب نمودن دیوار پس از دیوارچینی و گیرش اولیه ملات و استفاده از پوشش 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 تولیدکننده کامپوزیت شبکه الیاف باشد.

تذکر ۱: حفظ نکردن رطوبت در ملات های سیمانی سبب کاهش چسبندگی ملات به واحدهای بنایی می شود. مطابق جدول (۳-۴) در صورتی که تدابیری برای حفظ رطوبت ملات اتخاذ نشود، لازم است در مرحله طراحی دیوار و تعیین طول بحرانی آن، مدول گسیختگی عمود بر بند بستر به میزان ۵۰٪ کاهش داده شود.

تذکر ۲: در صورتی که دمای محیط در زمان ساخت یا عمل آوری دیوار بنایی غیرسازه ای کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد، لازم است تمهیدات ویژه برای جلوگیری از یخ زدگی ملات مورد استفاده در دیوار، اتخاذ نمود. برای این منظور، می توان از تمهیدات ارائه شده توسط آیین نامه بتن ایران (آبا) (۱۴۰۰) یا سایر راهکارهای مؤثر استفاده نمود.

تذکر ۳: در صورتی که دمای محیط در زمان ساخت یا عمل آوری دیوار بنایی غیرسازه ای بیش از ۳۲ درجه سلسیوس باشد، لازم است تمهیدات ویژه برای حفظ رطوبت ملات مورد استفاده در دیوار، اتخاذ نمود. برای این منظور، می توان از تمهیدات ارائه شده توسط آیین نامه بتن ایران (آبا) یا سایر راهکارهای مؤثر استفاده نمود.

۴-۱۰-۵- شیارزنی

در برخی از دیوارها به علت عبور تأسیسات مختلف، لازم است شیارهایی (عمدتاً قائم) در دیوار ایجاد شود. در این شرایط توصیه می شود حتی الامکان شیارها به نحوی اجرا شود که متجر به آسیب و یا قطع

تسلیح دیوار نشود. در بسیاری از موارد بروز آسیب موضعی به تسلیح دیوار اجتناب‌ناپذیر است. در این شرایط لازم است پس از شیارزنی و نصب تأسیسات، محل شیارخورده دیوار با استفاده از ملات ماسه سیمان پر شود. در کلیه شیارهای افقی (با هر طولی) و در شیارهای قائم با ارتفاع بیش از نصف ارتفاع دیوار، لازم است علاوه بر پر کردن محل شیار با ملات ماسه سیمان، محل شیارخورده با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف به صورت موضعی تقویت شود. برای این منظور کامپوزیت شبکه الیاف می‌تواند به صورت سراسری بر روی شیار اجرا شده (پس از پر نمودن شیار با ملات) و از هر سمت شیار حداقل به اندازه ۱۵۰ میلی‌متر بر روی دیوار امتداد یابد.

تذکر ۱: توصیه این راهنما، دستیابی به عملکرد خمشی دو طرفه برای دیوارهای غیرسازه‌ای است. در چنین دیوارهایی بروز آسیب و ناپیوستگی جزئی در دیوار، به‌عنوان مثال شیاری قائم به ارتفاع ۱ متر، تأثیر کمی در ظرفیت خارج از صفحه دیوار خواهد داشت. با این وجود، لازم است محل شیارخورده مطابق با ترتیبات مقرر در این بخش تقویت شود.

تذکر ۲: تأسیسات مکانیکی که در امتداد قائم از کف طبقه تا سقف طبقه امتداد می‌یابند و مستقیماً به دیوار غیرسازه‌ای متصل می‌شوند یا در مجاورت دیوار اجرا می‌شوند، در حین زلزله مستعد آسیب خواهند بود. زیرا در این شرایط تغییرشکل نسبی طبقه به تأسیسات وارد می‌شود و به علت تماس تأسیسات با دیوار غیرسازه‌ای، بروز آسیب در تأسیسات یا دیوار غیرسازه‌ای محتمل است. از این رو لازم است کلیه تأسیسات مکانیکی قائم که از کف طبقه تا سقف طبقه امتداد می‌یابند، از دیوار غیرسازه‌ای جدا شوند. مقدار جداسازی برابر با G (طبق تعریف ارائه شده در شکل (۴-۹)) می‌تواند در نظر گرفته شود.

تذکر ۳: در صورتی که محل عبور تأسیسات از قبل مشخص باشد، می‌توان در مسیر عبور تأسیسات، دیوار را اجرا نکرده و بدین ترتیب از اجرای شیار و تخریب موضعی در دیوار جلوگیری نمود. بدین ترتیب لبه‌های قائم دیوار در مجاورت مسیر عبور تأسیسات آزاد خواهند بود. در صورتی که در روند طراحی، رفتار دیوار به صورت یک طرفه تحت خمشی قائم و یا دو طرفه با شرایط مرزی نوع I در نظر گرفته شده باشد، لبه آزاد دیوار در مجاورت تأسیسات نیاز به وادار قائم نداشته لیکن لازم است لبه فوقانی دیوار به صورت کشویی به سقف متصل شده باشد (در این شرایط توصیه می‌شود لبه قائم آزاد دیوار در مجاورت تأسیسات با استفاده از نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف تسلیح شود). در صورتی که طراحی دیوار بر اساس رفتار دو طرفه با شرایط مرزی نوع A یا B باشد، لازم است لبه قائم آزاد دیوار در مجاورت تأسیسات با استفاده از وادار قائم مقید شود.

۴-۱۰-۶- ملات بند قائم

توصیه می‌شود در روند طراحی دیوارها، در مرحله تعیین طول بحرانی دیوار، در جهت اطمینان فرض شود بندهای قائم فاقد ملات هستند. علت این امر آن است که اولاً ممکن است در حین اجرا بندهای

قائم به شکل کامل با ملات پر نشوند و دوماً ملات بند قائم در بسیاری از حالات تأثیر بسیار اندکی در ظرفیت خارج از صفحه دیوار دارد؛ لذا از منظر سازه‌ای وجود یا عدم وجود ملات در بندهای قائم تأثیر چندانی نخواهد داشت. با این وجود، همواره توصیه می‌شود به منظور بهبود مشخصات عایق صوتی، حرارتی و هوابندی دیوار، همواره بندهای قائم در حین اجرای دیوار با ملات پر شوند.

۴-۱۰-۷- مهار موقت در حین ساخت

لازم است روند ساخت دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به نحوی باشد که احتمال فروریزش دیوار در حین ساخت و قبل از گیرش اولیه ملات وجود نداشته باشد. برای این منظور توصیه می‌شود دیوار در بخش‌هایی با حداکثر ارتفاع ۱ متر اجرا شود و اجرای بخش فوقانی، منوط به گیرش ملات استفاده شده در بخش تحتانی دیوار باشد. همچنین ترتیب اجرای اتصالات دیوار به سازه باید به نحوی باشد که احتمال فروریزش دیوار در حال ساخت وجود نداشته باشد. به طور کلی دیوارهای با رفتار دو طرفه حداقل در سه وجه مقید شده بوده و در مقایسه با دیوارهای با رفتار یک طرفه، احتمال فروریزش کمتری در حین ساخت دارند. در خصوص دیوارهای با رفتار یک طرفه که تنها لبه فوقانی و تحتانی دیوار مقید است، لازم است تمهیداتی جهت مهار موقت دیوار در حین ساخت اتخاذ شود. این امر به ویژه برای دیوارهای پیرامونی از اهمیت بیشتری برخوردار است.

۴-۱۰-۸- دیوارهای کوتاه و بیرون‌زدگی‌های دیوار

همانطور که در شکل (۴-۲۸) نشان داده شده است، در صورتی که دیواری کوتاه به طول کمتر از ۲۵٪ ارتفاع آزاد دیوار به دیوار اصلی متصل باشد، این دیوار کوتاه، یک بیرون‌زدگی از دیوار اصلی محسوب می‌شود. در این صورت لازم است موارد زیر در طراحی در نظر گرفته شود:

- در صورتی که طول آزاد بیرون‌زدگی دیوار بیش از ۱ متر باشد، لازم است لبه آزاد بیرون‌زدگی از طریق وادار قائم یا اتصالات کشویی به ستون مهار شود.
- در صورتی که طول آزاد بیرون‌زدگی دیوار کمتر از ۱ متر باشد (در بسیاری از موارد این حالت وجود دارد)، نباید در لبه آزاد بیرون‌زدگی وادار قائم قرار داده شود. همچنین این لبه نباید به صورت کشویی به ستون متصل گردد. به علاوه، لبه فوقانی این بیرون‌زدگی نیز نباید دارای اتصال کشویی به سقف باشد. در این شرایط لبه فوقانی بیرون‌زدگی آزاد بوده و یکی از لبه‌های قائم آن نیز آزاد می‌باشد. اما لازم است لبه دیگر بیرون‌زدگی به صورت هشتگیر دیوار اصلی متصل شده باشد. در صورتی که اجرای هشتگیر از منظر اجرایی میسر نباشد، استفاده از قطعات اتصال، همانند قلاب و گیره یا بست رادیکالی، برای اتصال بیرون‌زدگی به دیوار اصلی مجاز است. لازم به ذکر است در این شرایط دیوار بیرون زده دارای دو لبه آزاد شامل لبه فوقانی و یکی از لبه‌های قائم خواهد بود و نیروهای خارج از صفحه عمده‌تاً از طریق خمش افقی تحمل می‌شوند.

- وادارهای قائم قرار گرفته در دیوار اصلی را، می‌توان در فاصله‌ای کمتر از ۱ متر از محل بیرون‌زدگی قرار داد. حتی اگر اتصال بیرون‌زدگی به دیوار اصلی به صورت هشتگیر باشد. با این وجود توصیه می‌شود در این موارد نیز تا جای ممکن، وادار دیوار اصلی از محل بیرون‌زدگی فاصله داشته باشد. بدیهی است لازم است، همزمان طول آزاد دیوار اصلی از طول بحرانی خود قرا‌تر شود.

- تقویت لبه‌های آزاد بیرون زدگی دیوار با استفاده از نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف قابل توصیه است.

شکل (۴-۳۰) دو نمونه از اجرای صحیح بیرون‌زدگی دیوار در محل داکت تاسیسات و نیز بیرون‌زدگی در لبه انتهایی دیوار را نشان می‌دهد. استفاده از سایر روش‌های مناسب به نحوی که پایداری هم در دیوار اصلی و هم در محل بیرون‌زدگی تضمین شود، بلامانع است.



شکل ۴-۳۰ جزئیات قابل قبول در بیرون‌زدگی مربوط به داکت تاسیسات و بیرون‌زدگی در لبه انتهایی دیوار

۴-۱۰-۹- دیوارهای با اهمیت نسبی زیاد

به طور کلی در یک ساختمان برخی از دیوارهای غیرسازه‌ای دارای اهمیت نسبی بیشتری نسبت به سایر دیوارها بوده و وقوع فروریزش در آن‌ها می‌تواند منجر به خسارات سنگین‌تری شود. از جمله این دیوارها می‌توان به دیوارهای راه‌پله و آسانسور و نیز دیوارهای پیرامونی و جان‌پناه‌های مشرف به گذر یا حیاط ساختمان اشاره نمود. توصیه می‌شود این نوع دیوارها با محافظه کاری بیشتری طراحی و اجرا شوند. **تذکر ۱:** فراهم نمودن شرایط مرزی برای ایجاد رفتار دو طرفه در دیوار و نیز اعمال ضریبی کاهش در طول بحرانی محاسبه شده برای دیوار، از جمله روش‌هایی به منظور افزایش محافظه کاری در طراحی و اجرای دیوارهای با اهمیت نسبی زیاد است.

تذکر ۲: استفاده از نرده‌های فلزی در بخش فوقانی دیوارهای جان‌پناه، سبب کاهش نیروهای ناشی از باد و زلزله به جان‌پناه می‌شود. علاوه بر آن به علت کاهش ارتفاع آزاد بخش بنایی جان‌پناه، ظرفیت خارج از صفحه جان نیز افزایش خواهد یافت. بنابراین، استفاده از نرده‌های فلزی در بخش فوقانی جان‌پناه قابل توصیه است. بدین ترتیب بخش تحتانی جان‌پناه به صورت بنایی بوده و بخش فوقانی آن به صورت نرده‌های فلزی اجرا می‌شود. در طراحی چنین جان‌پناهی، توصیه می‌شود در جهت اطمینان فرض شود تمام ارتفاع جان‌پناه به صورت بنایی بوده و میزان تسلیح، طول بحرانی و فواصل وادارهای طره‌ای جان‌پناه با این فرض محاسبه شوند. لیکن در حین اجرا، بخش فوقانی جان‌پناه به صورت نرده اجرا شود. نرده‌های فلزی لازم است به بخش بنایی جان‌پناه و وادارهای طره‌ای متصل شوند.

تذکر ۳: موارد مطرح شده در این بخش الزامی نبوده، لیکن قابل توصیه هستند.

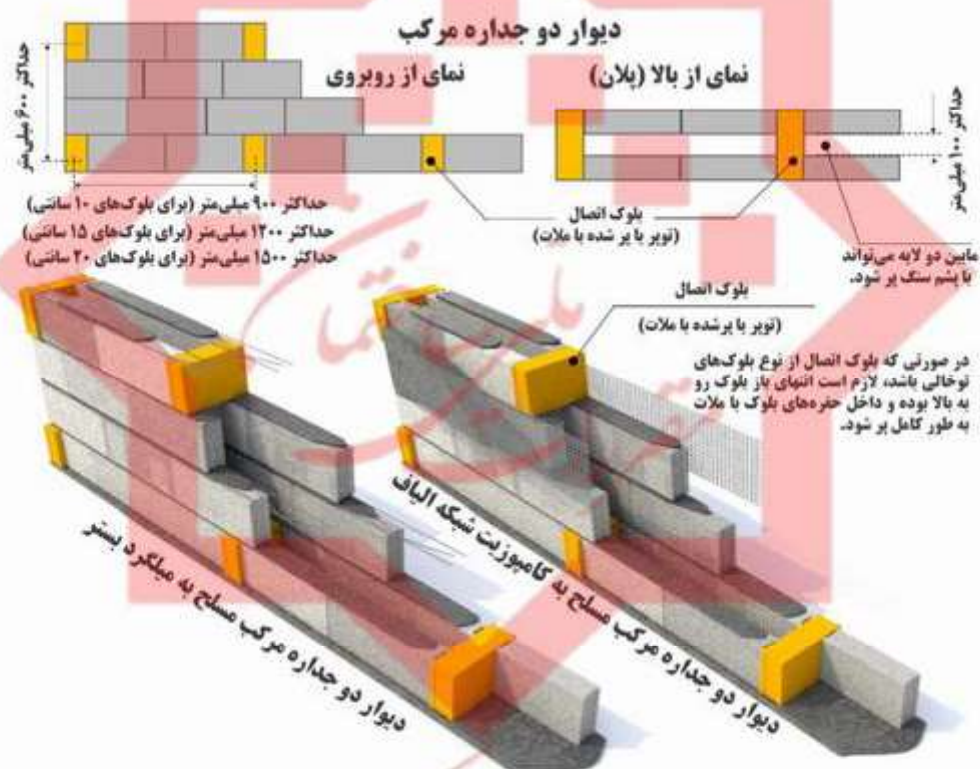
۴-۱۰-۱۰- دیوارهای دو جداره

در برخی موارد به منظور بهبود مشخصات دیوار (از منظر ظرفیت خارج از صفحه و یا مشخصات مقاومت صوتی و حرارتی) می‌توان از دیوارهای دو جداره استفاده نمود. به طور کلی دیوارهای دو جداره به دو صورت مجزا و مرکب قابل طراحی و اجرا هستند.

- **دیوارهای دو جداره مجزا:** در این روش، دو جداره دیوار به یکدیگر متصل نبوده و به صورت مجزا عمل خواهند نمود. هر یک از جداره‌ها مشابه یک دیوار تک جداره طراحی شده و هر یک از آن‌ها دارای تسلیح، وادار و اتصالات مختص خود هستند.

- **دیوارهای دو جداره مرکب:** در این روش، دو جداره دیوار به نحو مناسبی به یکدیگر متصل بوده و به صورت مرکب عمل خواهند نمود. به طور معمول دو جداره دیوار به دو روش قابل اتصال به یکدیگر هستند. روش اول استفاده از قطعات اتصال فولادی مابین دو جداره و هم‌زمان پر نمودن فضای خالی بین دو جداره یا ملات یا دوغاب بوده و روش دوم استفاده از بلوک‌های اتصال است. شکل (۴-۳۱)،

روش قابل قبول برای اتصال دو جداره یا استفاده از بلوک‌های اتصال را نشان می‌دهد. در این روش لازم است بلوک‌های اتصال در فواصل مشخصی در طول و ارتفاع دیوار اجرا شده و دارای ظرفیت برشی کافی به منظور انتقال جریان برش مابین دو جداره دیوار مرکب باشند. مطابق شکل (۴-۳۱)، فواصل مرکز به مرکز بلوک‌های اتصال از یکدیگر در امتداد ارتفاع دیوار نباید از ۶۰۰ میلی‌متر بیشتر بوده و در امتداد طولی دیوار نباید از ۹۰۰ میلی‌متر (برای دیوارهای ساخته شده از بلوک‌هایی به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر) یا ۱۲۰۰ میلی‌متر (برای دیوارهای ساخته شده از بلوک‌هایی به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر) یا ۱۵۰۰ میلی‌متر (برای دیوارهای ساخته شده با بلوک‌هایی به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر) بیشتر باشند. در صورتی که از بلوک‌های توخالی به عنوان بلوک اتصال استفاده شود، لازم است بلوک اتصال به صورت کامل با ملات پر شود.



شکل ۴-۳۱ نمونه‌ای از جزئیات قابل قبول برای دیوارهای دو جداره مرکب

تذکره ۱: در دیوارهای دو جداره مجزا، هر جداره لازم است دارای تسلیح مخصوص به خود باشد. همچنین ضخامت جداره‌ها می‌تواند یکسان یا غیریکسان باشد.

تذکر ۲: در روش طراحی ارائه شده در این بخش، لازم است هر دو جداره در دیوارهای دو جداره مرکب دارای ضخامت یکسانی بوده و در صورت تسلیح دیوار با استفاده از میلگرد بستر (یا کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر)، لازم است هر دو جداره دارای میلگرد بستر (یا کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر) با مشخصات و فواصل یکسانی باشند. در صورت تسلیح دیوارهای دو جداره مرکب یا کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی، قائم یا سراسری، کامپوزیت شبکه الیاف صرفاً در دو وجه بیرونی دیوار مرکب اجرا می‌شود.

تذکر ۳: در محاسبه نیروی ناشی از باد برای دیوارهای دو جداره مجزا، می‌توان ۷۰٪ نیروی باد حاصل از روابط (۱-۲) و (۲-۲) را به جداره بیرونی دیوار و ۳۰٪ نیروی باد را به جداره داخلی دیوار اعمال نمود. علت این امر آن است که فشار داخلی ناشی از باد تنها به جداره داخلی دیوار وارد شده و جداره بیرونی، فشار داخلی را تجربه نمی‌کند. در مقابل، فشار بیرونی ناشی از باد نیز تنها به جداره بیرونی دیوار اعمال شده و جداره داخلی دیوار فشار بیرونی را تجربه نمی‌کند. لازم به ذکر است در اکثر موارد فشار بیرونی ناشی از باد حدوداً معادل ۷۰٪ و فشار داخلی ناشی از باد حدوداً معادل ۳۰٪ کل نیروی ناشی از باد است. برای دیوارهای دو جداره مرکب، نیروی ناشی از باد مستقیماً بر اساس روابط (۱-۲) و (۲-۲) محاسبه می‌شود.

تذکر ۴: در محاسبه نیروی ناشی از زلزله برای دیوارهای دو جداره مجزا، نیرو به صورت مستقل برای هر جداره محاسبه شده و به آن اعمال می‌شود. در صورتی که وزن دو جداره دیوار با یکدیگر متفاوت باشد، نیروی ناشی از زلزله آن‌ها نیز متفاوت خواهد بود. برای دیوارهای دو جداره مرکب، نیروی ناشی از زلزله بر اساس مجموع وزن هر دو جداره دیوار محاسبه شده و مقدار حاصل بر دیوار مرکب اعمال می‌شود.

تذکر ۵: در دیوارهای دو جداره مجزا، ظرفیت خارج از صفحه هر جداره به صورت مستقل بر اساس روابط موجود در فصل ۳ این راهنما محاسبه می‌شود.

تذکر ۶: در دیوارهای دو جداره مرکب، ظرفیت خارج از صفحه دیوار می‌تواند بر اساس روابط موجود در فصل ۳ این راهنما محاسبه شود. در این صورت لازم است به منظور استفاده از روابط فصل ۳ برای دیوارهای دو جداره مرکب، برخی از کمیت‌ها به صورت زیر باز تعریف شوند (در خصوص سایر کمیت‌ها، تعاریف ارائه شده در فصل ۳ برقرار هستند):

- کمیت I برابر ضخامت کل دیوار است (مجموع ضخامت هر دو لایه به علاوه ضخامت

فضای خالی بین دو لایه). به عنوان مثال اگر هر دو جداره دیوار با بلوک‌هایی به ضخامت

۱۰۰ میلی‌متر ساخته شده باشند و فاصله بین دو جداره دیوار نیز ۵۰ میلی‌متر باشد؛

مقدار I برابر با ۲۵۰ میلی‌متر بدست می‌آید.

- کمیت A_s برابر با سطح مقطع هر دو مفتول طولی میلگرد بستر قرار گرفته در هر یک از جداره‌های دیوار است. به عنوان مثال اگر هر دو جداره دیوار مسلح به میلگرد بستری با قطر مفتول $3/6$ میلی‌متر باشند، مقدار A_s برابر با $20/3$ میلی‌متر مربع بدست می‌آید.

- کمیت W برابر است با فاصله محور مرکزی جداره‌های دیوار از یکدیگر. به عنوان مثال اگر هر دو جداره دیوار با بلوک‌هایی به ضخامت 100 میلی‌متر ساخته شده باشند و فاصله بین دو جداره دیوار نیز 50 میلی‌متر باشد؛ مقدار W برابر با 150 میلی‌متر بدست می‌آید.

تذکر ۷: طراحی دیوارهای مرکب بر اساس الزامات ارائه شده در سایر مراجع معتبر بلامانع است.

۴-۱۰-۱۱- لزوم رعایت جداسازی برای عناصر غیرشکل‌پذیر نما

به منظور محدود نمودن آسیب‌های وارده به نمای ساختمان در حین زلزله، لازم است نمای ساختمان به نحوی طراحی و اجرا شود که حتی‌الامکان تغییرشکل جانبی نسبی طبقه در امتداد داخل صفحه به قطعات غیرشکل‌پذیر نما اعمال نشود. در این خصوص راهکارهایی در ضابطه شماره ۷۱۴ سازمان برنامه و بودجه کشور (دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها) ویرایش ۱۴۰۱ ارائه شده است. در این بخش با تمرکز بر نماهای سنگی چسبیده به دیوار (که در حال حاضر یکی از متداول‌ترین نماهای مورد استفاده در کشور است)، جزئیات بیشتری در خصوص نحوه جداسازی نما از سازه اصلی ارائه شده است. نمونه‌هایی از جزئیات صحیح اجرای نماهای سنگی چسبانده شده، در شکل‌های (۴-۳۲) الی (۴-۳۵) ارائه شده است.

تذکر ۱: طراحی نما فرآیندی چند بعدی است که مستلزم توجه هم‌زمان به الزامات معماری و سازه‌ای، به همراه ملاحظات مربوط به عایق‌بندی حرارتی، صوتی، نشست هوا، حریق، دوام مصالح و نیز کیفیت و زیبایی بصری می‌باشد. بر این اساس لازم است در طرح نهایی نما، موارد فوق به صورت هم‌زمان مدنظر قرار گرفته شود.

تذکر ۲: نوع درزگیر مورد استفاده در نما عمدتاً به عرض درز بستگی دارد. برای درزهای با عرض کمتر از 40 الی 50 میلی‌متر می‌توان از درزگیرهای پست‌بند اسفنجی (بکینگ راد) به همراه ماستیک استفاده نمود. برای درزهای عریض‌تر لازم است از نوارهای درزگیر ویژه یا پروفیل‌های پوششی (آکاردئونی) استفاده نمود. در شکل‌های (۴-۳۳) و (۴-۳۴) عرض درزهای قائم برابر با عرض درز مابین دیوار و ستون است. در شکل (۴-۳۵) عرض درز افقی در محل تغییر تراز طبقه برابر با حداقل درز مورد نیاز مابین لبه فوقانی دیوار تا زیر سقف است (25 میلی‌متر یا خیز دراز مدت سقف).

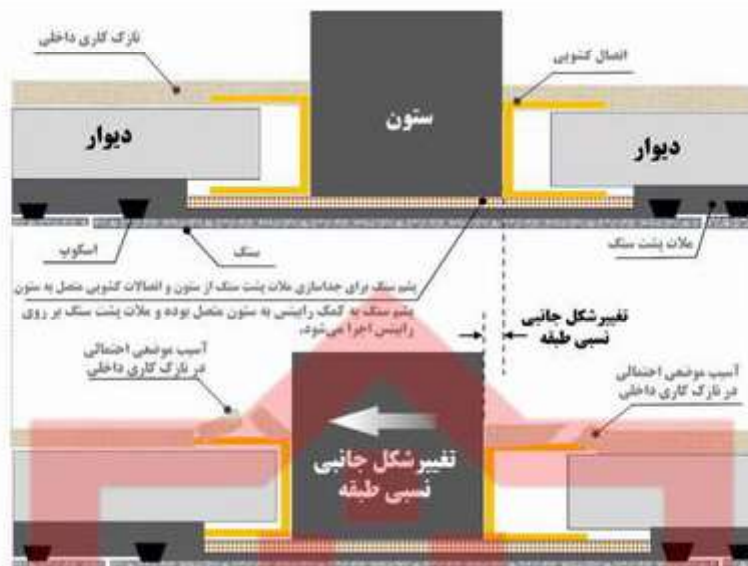
تذکر ۳: علاوه بر جزئیات ارائه شده در این بخش، استفاده از سایر راهکارها به نحوی که منجر به محدودسازی اعمال تغییرشکل نسبی جانبی طبقه بر اجزای غیرشکل پذیر نما شده و همزمان سایر الزامات مربوط به نما را نیز تامین نماید، بلامانع است.

تذکر ۴: در صورتی که نما متشکل از اجزای شکل پذیر یا اجزایی با انعطاف پذیری نسبتاً بالا باشد، می توان نما را به دیوار بنایی غیرسازه ای متصل نکرده و طور کامل به سازه اصلی متصل نمود. در این صورت نما به همراه سازه اصلی تغییرشکل داده و تغییرشکل نما به دیوار غیرسازه ای منتقل نخواهد شد. در این صورت لازم است نما و اتصالات آن به تنهایی قادر به تحمل نیروهای لرزه ای ناشی از جرم خود و نیز فشار خارجی ناشی از باد باشند.

تذکر ۵: به طور کلی در صورتی که دیوارهای پیرامونی ساختمان از سازه اصلی در جهت داخل صفحه جدا شده باشند، توصیه می شود نمای ساختمان یا به طور کامل به دیوارها متصل بوده و از سازه اصلی جدا باشد و یا به طور کامل از دیوارها جدا بوده و به سازه اصلی متصل باشد. لازم به ذکر است در روش دوم نما و اتصالات آن باید به تنهایی قادر به تحمل نیروهای ناشی از باد و نیروهای لرزه ای ناشی از وزن نما بوده و همچنین قادر به تحمل تغییرشکل نسبی طبقه در امتداد داخل صفحه خود باشند. در هر دو روش تغییرشکل نسبی طبقه در امتداد خارج از صفحه به دیوار و نما وارد خواهد شد. در جهت خارج از صفحه، دیوار و نما دارای ظرفیت تغییرشکلی قابل توجهی بوده و انتظار می رود اعمال تغییرشکل نسبی طبقه در امتداد خارج از صفحه به دیوار و نما موجب بروز آسیب قابل توجه به دیوار یا نما نشود.

تذکر ۶: بروز آسیب های موضعی در نازک کاری داخلی دیوار در محل درزهای جداسازی مابین دیوار و ستون و مابین دیوار و سقف محتمل بوده و میزان آن به حداکثر تغییرشکل نسبی طبقه و نوع نازک کاری داخلی بستگی دارد.

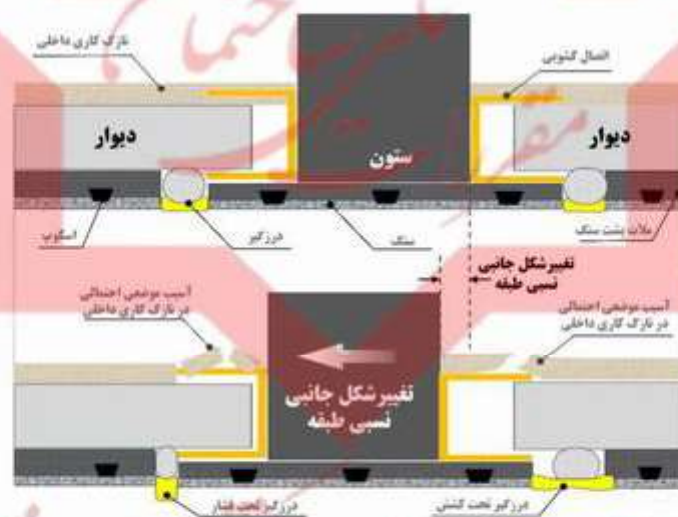
دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



در این روش سنگ نما به صورت یک تکه از روی ستون عبور می‌کند. این روش صرفاً برای ستون‌های میانی قابل استفاده بوده و در ستون‌های گوشه قابل استفاده نمی‌باشد.

در این حالت، بر اثر تغییر شکل جانبی نسبی طبقه تنها ستون و اتصالات کنوایی متصل به ستون جابجا شده و دیوارها و نمای چسبیده به دیوار نسبت به یک طبقه تغییر شکلی نهر به نمی‌کنند.

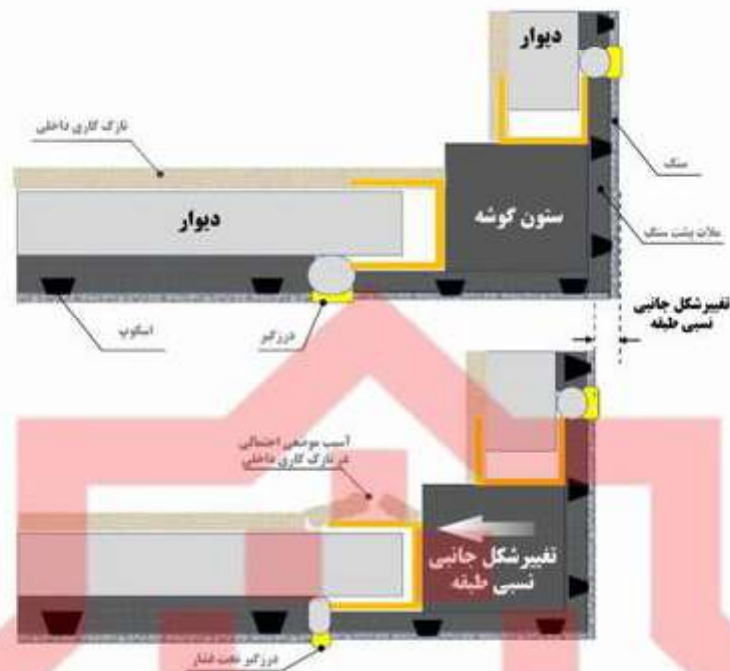
شکل ۴-۳۲ جداسازی نمای چسبیده شده از ستون با عبور نما از روی ستون



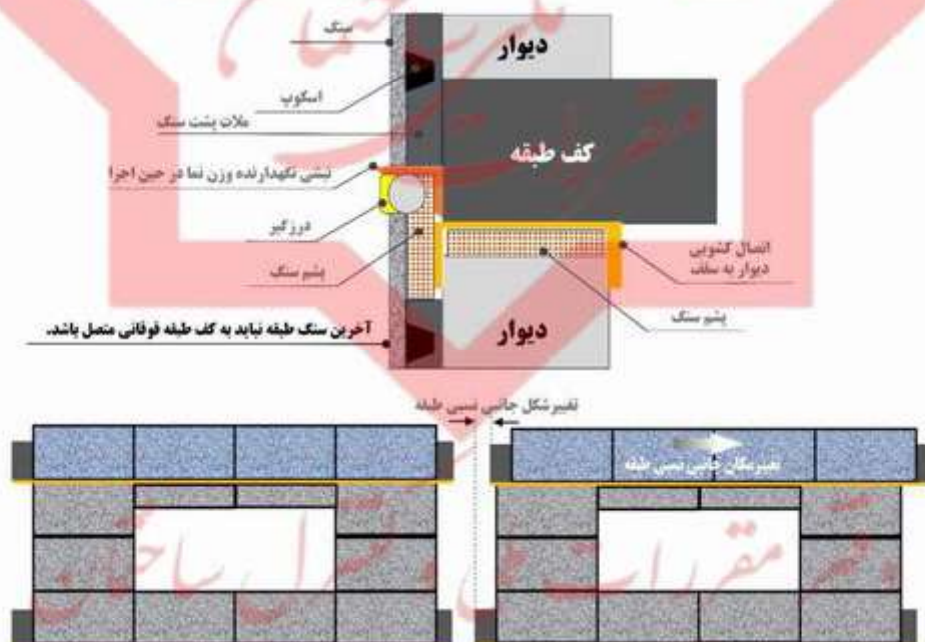
در این روش بخشی از سنگ نما به ستون چسبیده و بخشی سنگ نما به دیوار چسبیده می‌شود. مابین این دو سنگ از درزگیر استفاده می‌شود. مقدار درز در محل درزگیر لازم است تا اثر بار یا فشار درز این دیوار و ستون باشد. این روش هم برای ستون‌های میانی و هم برای ستون‌های گوشه قابل استفاده است. در این روش، سنگ چسبیده به ستون نباید در تمام ارتفاع طبقه به صورت یک تکه باشد (برای محدود کردن تغییر شکل نسبی وارده به سنگ چسبیده به ستون).

در این حالت، بر اثر تغییر شکل جانبی نسبی طبقه تنها ستون و اتصالات کنوایی متصل به ستون و بخشی از نما که به ستون چسبیده است جابجا شده و دیوارها و نمای چسبیده به دیوار نسبت به یک طبقه تغییر شکلی نهر به نمی‌کنند.

شکل ۴-۳۳ جداسازی نمای چسبیده شده از ستون با ایجاد درز قائم در نما در محل ستون



شکل ۴-۳۴ جداسازی نمای چسبانده شده از ستون گوشه با ایجاد درز قائم در نما در محل ستون گوشه



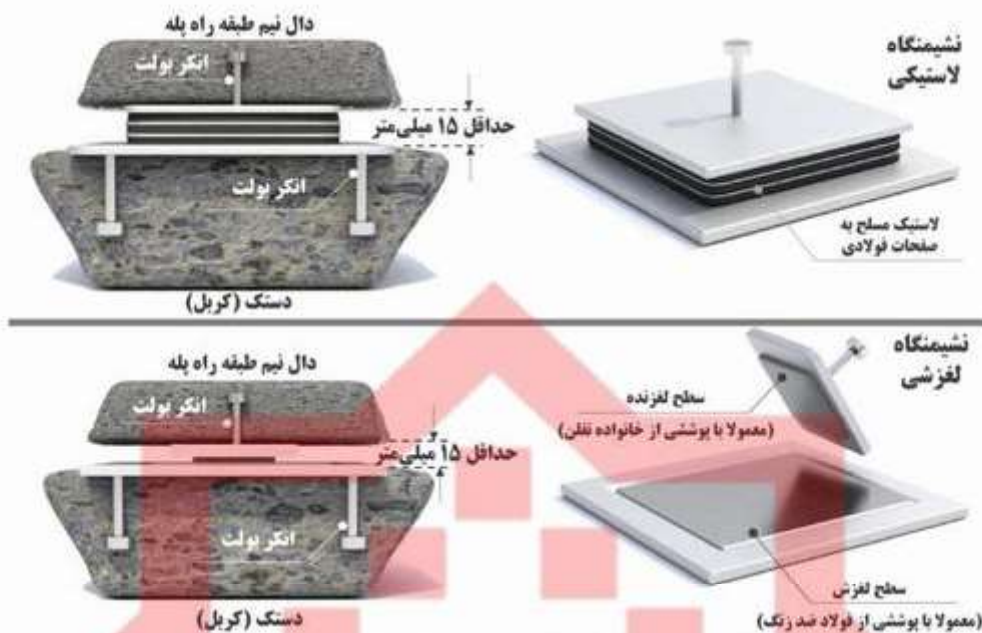
شکل ۴-۳۵ جداسازی نمای چسبانده شده در محل تغییر تراز طبقه

۴-۱۰-۱۲- لزوم رعایت جداسازی و طراحی راه‌پله

به منظور به حداقل رساندن تداخل عملکردی راه‌پله با سیستم باربرجانبی سازه، لازم است رمپ‌های راه‌پله به نحو مناسبی از سیستم باربرجانبی ساختمان جدا شوند. یکی از روش‌های جداسازی منطبق بر پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ که در این راهنما نیز توصیه می‌شود، استفاده از روش نشان داده شده در شکل (۴-۳۶) است. در این روش، بخش فوقانی رمپ راه‌پله به طبقه فوقانی به صورت صلب متصل بوده و در تراز نیم طبقه و تراز تحتانی رمپ راه‌پله از نشیمنگاه‌های لاستیکی یا لغزشی به منظور اتصال راه‌پله به سازه اصلی استفاده می‌شود. در این روش در تراز نیم طبقه می‌توان به جای تیر میان طبقه از دستک یا کرپل استفاده نمود تا بدین ترتیب احتمال بروز پدیده ستون کوتاه در ستون‌های مجاور راه‌پله کاهش یابد. جزئیات بیشتر در خصوص نشیمنگاه‌های لاستیکی و لغزشی در شکل (۴-۳۷) نشان داده شده است.



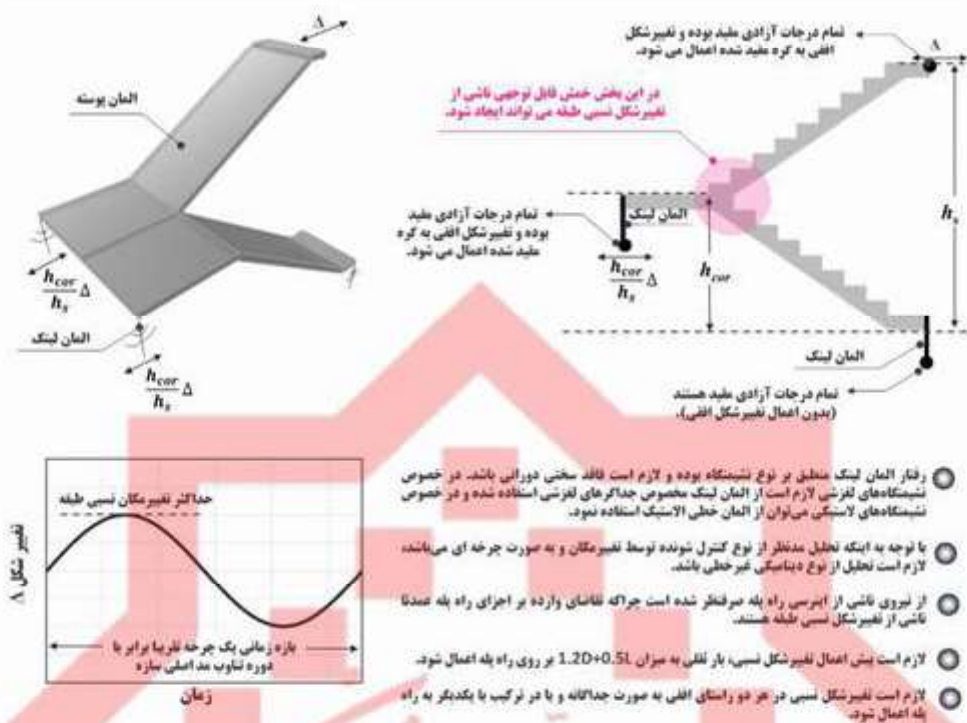
شکل ۴-۳۶ روش پیشنهادی به منظور جداسازی راه‌پله از سازه اصلی



شکل ۴-۳۷ نمونه‌ای از جزئیات نشیمگاه‌های لاستیکی و لغزشی به منظور جداسازی راه پله

لازم به ذکر است جداسازی راه پله متجر به عدم نیاز به طراحی راه پله نشده و با وجود جداسازی، همچنان نیروهای قابل توجهی در رمپ‌ها و اتصالات راه پله ایجاد خواهد شد (به ویژه در صورت استفاده از نشیمگاه‌های لغزشی با ضریب اصطکاک بالا و یا استفاده از نشیمگاه‌های لاستیکی با سختی برشی بالا). بر اساس بررسی‌های انجام شده این نیروها عمدتاً ناشی از تغییر شکل نسبی طبقه بوده و سهم نیروی ناشی از اینرسی راه پله، ناچیز است. به عنوان روشی قابل قبول در طراحی راه پله‌های جداسازی شده، می‌توان مطابق شکل (۴-۳۸) یک مدل اجزاء محدود سه بعدی و مجزا از راه پله جداسازی شده ساخته و تغییر شکلی برابر با حداکثر تغییر شکل نسبی طبقات را به راه پله در هر دو امتداد افقی به صورت حداقل یک چرخه رفت و برگشتی اعمال نمود. لازم به ذکر است در روش تحلیلی شکل (۴-۳۸) از اثر نیروهای ناشی از اینرسی راه پله صرف نظر شده است چراکه تقاضای وارده بر اجزای راه پله عمدتاً ناشی از تغییر شکل نسبی طبقه است. بر اساس این تحلیل، حداکثر تقاضای وارده بر اجزای راه پله بدست آمده و طراحی این اجزا می‌تواند بر اساس تقاضای تخمین زده شده، صورت پذیرد. از جمله مهمترین کنترل‌ها، معمولاً خمش ایجاد شده در رمپ راه پله و نیز برش ایجاد شده در انکر بولت‌های نشیمگاه می‌باشد.

دستک (کریل) و دستک (کریل)



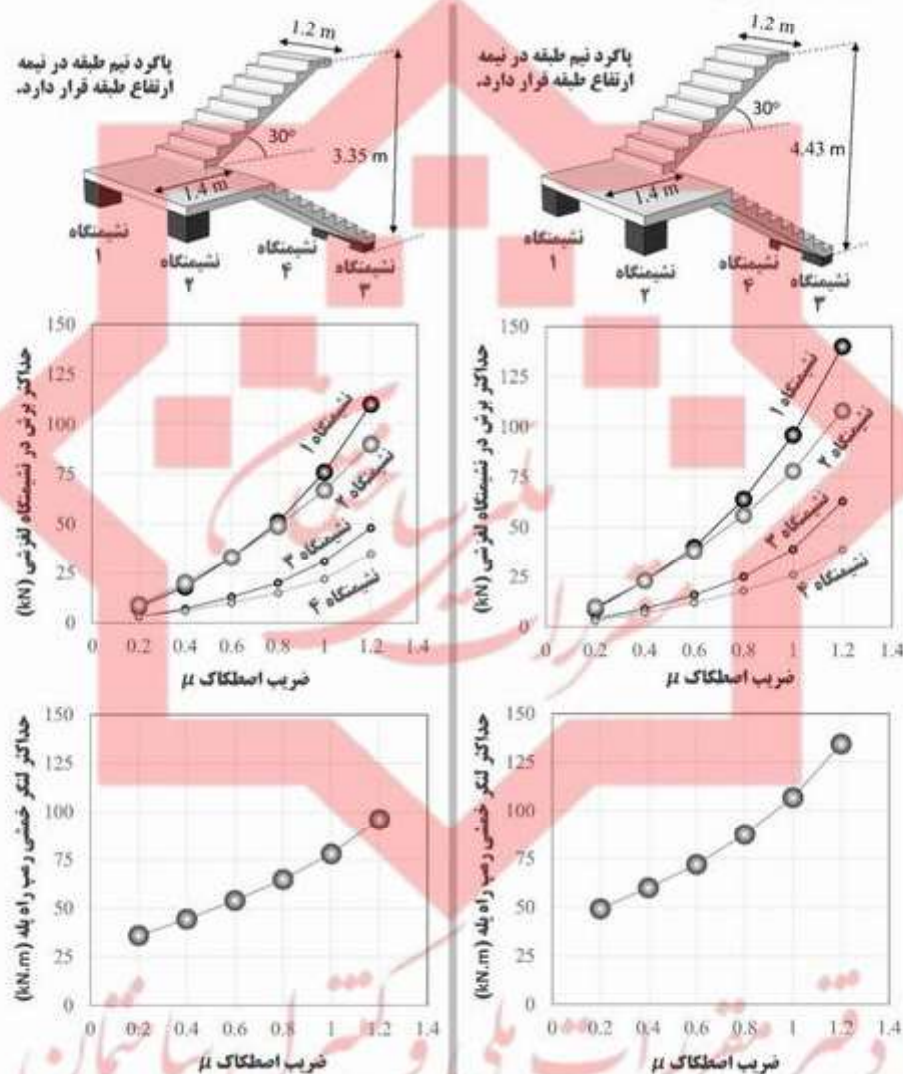
شکل ۳۸-۴ نحوه تحلیل اجزاء محدود راه پله جداسازی شده تحت اثر تغییر شکل نسبی طبقه

تذکره ۱: در صورت استفاده از نشیمنگاههای لاستیکی، لازم است نشیمنگاه به نحوی طراحی و تولید شده باشد که قادر به تحمل تغییر شکل برشی حداقل به اندازه G_{stair} ، مطابق شکل (۴-۳۶)، در هر دو راستای افقی بوده و علاوه بر آن قادر به تحمل بار محوری وارده بر نشیمنگاه باشد. در اکثر موارد به منظور بهبود ظرفیت محوری، لازم است لایه های لاستیکی با لایه های فولادی مسلح شده باشند. به منظور طراحی و تعیین نیروهای ایجاد شده در راه پله جداسازی شده، لازم است سختی برشی نشیمنگاه لاستیکی مشخص باشد. شرکت تولید کننده نشیمنگاه لاستیکی موظف است سختی برشی محصول خود را بر اساس آزمون هایی که بر روی آن انجام داده است، اعلام نماید. در صورتی که سختی برشی نشیمنگاه لاستیکی بیش از حد زیاد باشد، نیروهای قابل توجهی در راه پله ایجاد شده و ممکن است منجر به آسیب به اجزای راه پله و یا ستون های مجاور راه پله شود. از طرف دیگر، در صورتی که سختی برشی نشیمنگاه لاستیکی بیش از حد پایین باشد، تحت نیروهای جانبی بسیار کوچک (لرزش های خفیف ناشی از بارهای سرویس)، نشیمنگاه می تواند دچار تغییر شکل شده و به مرور زمان منجر به بروز آسیب در کف سازی راه پله شود. به طور معمول مدول برشی لاستیک و متعاقباً سختی برشی نشیمنگاه لاستیکی با گذشت زمان

افزایش می‌یابد. بنابراین، در مدل اجزاء محدود راه پله جداسازی شده، لازم است از حد بالای سختی برشی نشیمنگاه لاستیکی به منظور تعیین نیروهای وارد بر اجزای راه پله استفاده شود. در غیاب نتایج آزمایشگاهی دراز مدت، حد بالای سختی برشی نشیمنگاه لاستیکی می‌تواند ۲ برابر سختی برشی اسمی نشیمنگاه در نظر گرفته شود. سختی برشی اسمی بر اساس نتایج آزمایشات انجام شده توسط تولید کننده نشیمنگاه تعیین می‌شود. بر اساس این راهنما، استفاده از نشیمنگاه‌های لاستیکی فاقد نتایج آزمایشگاهی، مجاز نمی‌باشد.

تذکره ۲: در صورت استفاده از نشیمنگاه‌های لغزشی، لازم است ابعاد صفحات لغزش به نحوی باشند که امکان ایجاد لغزشی حداقل به اندازه *Gstair*، مطابق شکل (۴-۳۶)، در هر دو راستای افقی را فراهم کنند. به منظور طراحی و تعیین نیروهای ایجاد شده در راه‌پله جداسازی شده، لازم است ضریب اصطکاک در سطح لغزش نشیمنگاه لغزشی مشخص باشد. شرکت تولید کننده نشیمنگاه لغزشی موظف است ضریب اصطکاک محصول خود را بر اساس آزمون‌هایی که بر روی آن انجام داده است، اعلام نماید. در صورتی که ضریب اصطکاک نشیمنگاه لغزشی بیش از حد زیاد باشد، نیروهای قابل توجهی در راه پله ایجاد شده و ممکن است منجر به آسیب به اجزای راه پله و یا ستون‌های مجاور راه پله شود. از طرف دیگر، در صورتی که ضریب اصطکاک نشیمنگاه لغزشی بیش از حد پایین باشد، تحت نیروهای جانبی بسیار کوچک (لرزش‌های خفیف ناشی از بارهای سرویس)، نشیمنگاه می‌تواند دچار لغزش شده و به مرور زمان منجر به بروز آسیب در کف سازی راه پله شود. به طور معمول ضریب اصطکاک مابین دو سطح مقدار ثابتی نبوده و به عواملی از جمله تنش فشاری مابین دو سطح، سرعت لغزش و تغییرات در وضعیت سطوح لغزش در گذر زمان وابستگی دارد. بنابراین، در مدل اجزاء محدود راه پله جداسازی شده، لازم است از حد بالای ضریب اصطکاک نشیمنگاه لغزشی به منظور تعیین نیروهای وارد بر اجزای راه پله استفاده شود. در غیاب نتایج آزمایشگاهی دراز مدت، حد بالای ضریب اصطکاک نشیمنگاه لغزشی می‌تواند ۲ برابر ضریب اصطکاک اسمی نشیمنگاه در نظر گرفته شود. ضریب اصطکاک اسمی بر اساس نتایج آزمایشات انجام شده توسط تولید کننده نشیمنگاه تعیین می‌شود. بر اساس این راهنما، در صورتی که از دو سطح فولادی به عنوان نشیمنگاه لغزشی استفاده شود، لازم است ضخامت هر یک از ورق‌ها کمتر از ۸ میلی‌متر نبوده و علاوه بر آن، در مدل اجزاء محدود راه پله، ضریب اصطکاک کمتر از ۱ در نظر گرفته نشود. به عبارت دیگر، ضریب اصطکاک ۱ را می‌توان به عنوان حد بالای ضریب اصطکاک مابین دو سطح لغزش فولادی در نظر گرفت. اگرچه ضریب اصطکاک کوتاه مدت مابین دو سطح فولادی تمیز و فاقد خوردگی کوچکتر از مقدار فوق است، در گذر زمان سطوح لغزش فولادی مستعد جوش سرد (چسبندگی مابین دو سطح فلزی بر اثر تماس در حال سکون در مدت زمان طولانی) و خوردگی هستند. هر دو پدیده مذکور منجر به افزایش قابل توجه ضریب اصطکاک خواهند شد. به طور کلی ضریب اصطکاک مابین دو سطح فولادی دارای

عدم قطعیت بالایی بوده و توصیه می‌شود در راه پله‌های با بار ثقیل زیاد و یا راه پله‌های دارای طول رمپ زیاد، حتی المقدور از نشیمنگاه‌های لغزشی با ضریب اصطکاک پایین‌تر استفاده شود. تذکر ۳: بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که نیروهای ایجاد شده در اجزای راه پله به صورت تصاعدی با افزایش ضریب اصطکاک در نشیمنگاه لغزشی، افزایش می‌یابند. شکل (۴-۳۹) حداکثر نیروهای ایجاد شده در اجزای مختلف راه پله را با فرض ضرایب اصطکاک مختلف در نشیمنگاه‌های لغزشی نشان می‌دهد.



شکل ۴-۳۹ نمونه‌ای از نیروهای ایجاد شده در اجزای مختلف راه پله جداسازی شده با نشیمنگاه لغزشی با ضرایب اصطکاک مختلف

تذکر ۴: مطابق شکل (۴-۳۷)، همواره لازم است فاصله‌ای حداقل به اندازه ۱۵ میلی‌متر مابین بخش تحتانی دال نیم طبقه راه پله با بخش فوقانی دستک (کریل) رعایت شود. علت نیاز به رعایت این فاصله، جلوگیری از تماس راه پله با دستک بر اثر تغییر شکل راه پله در حین زلزله است. به دلیلی مشابه، رعایت این فاصله در محل اتصال رمپ راه پله به طبقه تحتانی نیز ضروری است. محل این فاصله با مصالح منعطف و عایق همانند پشم سنگ پر می‌شود.

تذکر ۵: در کف سازی راه پله در مجاورت نشیمنگاه لاستیکی یا لغزشی، لازم است تمهیداتی برای به حداقل رساندن تداخل کف سازی در عملکرد نشیمنگاه لاستیکی یا لغزشی اتخاذ شود.

تذکر ۶: جزئیات ارائه شده در این بخش نه تنها به منظور جداسازی راه‌پله‌های ساخته شده به صورت درجا، بلکه برای راه‌پله‌های پیش‌ساخته نیز قابل استفاده است.

تذکر ۷: جزئیات ارائه شده در این بخش را می‌توان برای جداسازی سایر رمپ‌های موجود در ساختمان، از جمله رمپ پارکینگ طبقات، نیز به کار برد.

تذکر ۸: علاوه بر جزئیات این بخش، به‌کارگیری سایر راهکارهای جداسازی مبتنی بر اصول مهندسی تأییدشده با نتایج آزمایشگاهی یا تحلیل‌های عددی معتبر، بلامانع است.

۴-۱۰-۱۳- لزوم رعایت الزامات مرتبط با سایر مباحث مقررات ملی ساختمان

دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای لازم است به نحوی طراحی و اجرا شوند که علاوه بر عملکرد مناسب در برابر نیروهای خارج از صفحه، الزامات سایر مباحث مقررات ملی ساختمان از جمله میحث سوم (حفاظت ساختمان‌ها در برابر حریق)، میحث هجدهم (عایق‌بندی و تنظیم صدا) و میحث نوزدهم (مدیریت انرژی در ساختمان) را نیز برآورده نمایند. به عبارت دیگر، در تعیین ضخامت و جزئیات دیوارهای غیرسازه‌ای نه تنها معیار مقاومت خارج از صفحه دیوار، بلکه سایر معیارها (از جمله مقاومت حرارتی، شاخص کاهش صدا و ...) نیز باید مدنظر قرار گرفته شود.

تذکر ۱: لازم است به منظور بهبود عملکرد دیوار در برابر حریق و جلوگیری از انتشار آتش و دود، محل درزهای جداسازی دیوار با استفاده از مواد منعطف، عایق و مقاوم در برابر حریق پر شود. این موضوع در خصوص دیوارهای مانع آتش از اهمیت بیشتری برخوردار است. برای این منظور استفاده از پشم سنگ قابل توصیه است.

تذکر ۲: به طور معمول، در دیوارهای دارای نازک‌کاری و نماهای متداول که فاقد لایه عایق اضافی هستند، مقاومت حرارتی دیوار عمدتاً از طریق واحدهای بنایی (بلوک‌ها) تامین می‌شود. در این شرایط برای تامین الزامات میحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، لازم است ضخامت واحدهای بنایی (بلوک‌ها) از مقدار مشخصی کمتر نباشد. در بسیاری از اقلیم‌های کشور، برای تامین الزامات مربوط به حداقل مقاومت حرارتی دیوارهای پیرامونی لازم است از بلوک‌های سیمانی توخالی یا

بلوک‌های AAC با ضخامتی حداقل برابر با ۲۰۰ میلی‌متر استفاده نمود. استفاده از بلوک‌های با ضخامت کمتر معمولاً تنها در صورتی قادر به برآورده کردن الزامات مبحث نوزدهم هستند که در ترکیب با یک یا چند لایه عایق (همانند پشم سنگ) مورد استفاده قرار گیرند. روند محاسبه ضریب مقاومت حرارتی در پوسته‌های غیرنورگذر در شکل (۴-۴۰) نشان داده شده است.

تذکر ۳: به طور معمول، دیوارهای پیرامونی ساخته شده از بلوک‌های سفالی (توپر یا توخالی) تنها در شرایطی می‌توانند الزامات مربوط به حداقل مقاومت حرارتی مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان را برآورده نمایند که در ترکیب با یک یا چند لایه عایق (همانند پشم سنگ) مورد استفاده قرار گیرند.



شکل ۴-۴۰ روند محاسبه ضریب مقاومت حرارتی در پوسته‌های غیرنورگذر

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۱- صحت روابط مربوط به نیروی خارج

از صفحه دیوار

در فصل دوم روابطی به منظور تخمین نیروی (تقاضای) خارج از صفحه وارد بر دیوار ناشی از باد و زلزله ارائه شده است. هدف از این پیوست بررسی دقت روابط ارائه شده می باشد.

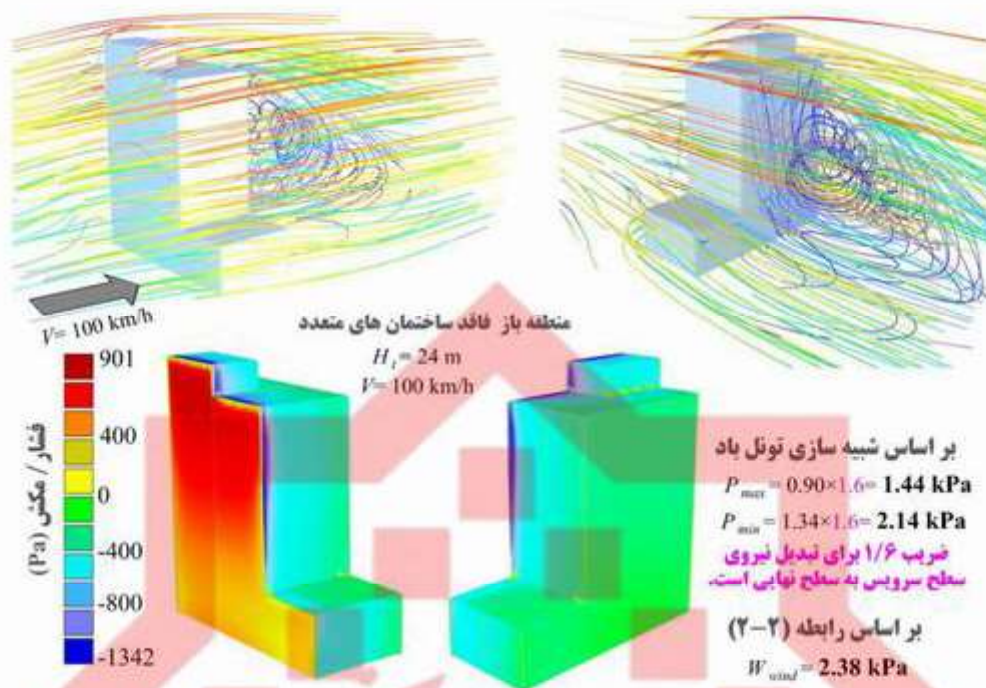
پ-۱-۱- بررسی دقت روابط ارائه شده برای نیروی ناشی از باد

در این راهنما، روابط (۱-۲) و (۲-۲) برای تخمین نیروی ناشی از باد ارائه شده است. این نیرو ممکن است به صورت فشار خارج از صفحه یا مکش خارج از صفحه باشد. به منظور بررسی دقت روابط ارائه شده، در این پیوست از شبیه سازی تونل باد استفاده شده است. این شبیه سازی بر اساس تحلیل های دینامیک سیالات محاسباتی^۱ انجام می شود. در کلیه شبیه سازی های انجام شده سرعت باد مبنا برابر با سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین و پروفیل تغییرات سرعت باد با ارتفاع منطبق بر ضریب اثر تغییر سرعت (Ce) مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) ویرایش ۱۳۹۸ تعریف شده است. پروفیل شدت توربولانس نیز در ارتفاع ثابت و برابر با ۲۰٪ در نظر گرفته شده است. در شکل (پ-۱-۱) نتایج حاصل از شبیه سازی تونل باد برای یک ساختمان ۷ طبقه به ارتفاع ۲۴ متر (از سطح زمین تا کف بام) تحت وزش بادی با سرعت مبنای ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت نشان داده شده است. فرض شده است ساختمان در منطقه ای باز واقع شده و پروفیل تغییرات سرعت باد منطبق بر ضریب اثر تغییر سرعت مربوط به این حالت تنظیم شده است. خروجی حاصل از شبیه سازی تونل باد در ضریب ۱/۶ ضرب شده است تا به این ترتیب نیروی باد به حالت نهایی تبدیل شود. این ضریب در روابط (۲-۱) و (۲-۲) نیز مستتر است.

بر اساس نتایج ارائه شده در شکل (پ-۱-۱) مشخص است که رابطه (۲-۲) به شکل محافظه کارانه و با دقتی مناسب، نیروی باد را تخمین زده است. بدیهی است در وجه رو به باد عمدتاً فشار و در سایر وجوه ساختمان (وجه پشت به باد، وجوه جانبی و بام) عمدتاً مکش ایجاد می شود. همچنین فشار و مکش ایجاد شده در ارتفاع ساختمان تغییرات چندانی نداشته است؛ لذا می توان نیروی باد را بر اساس بالاترین طبقه ساختمان محاسبه کرده و در سایر طبقات نیز از همان نیرو استفاده نمود.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان

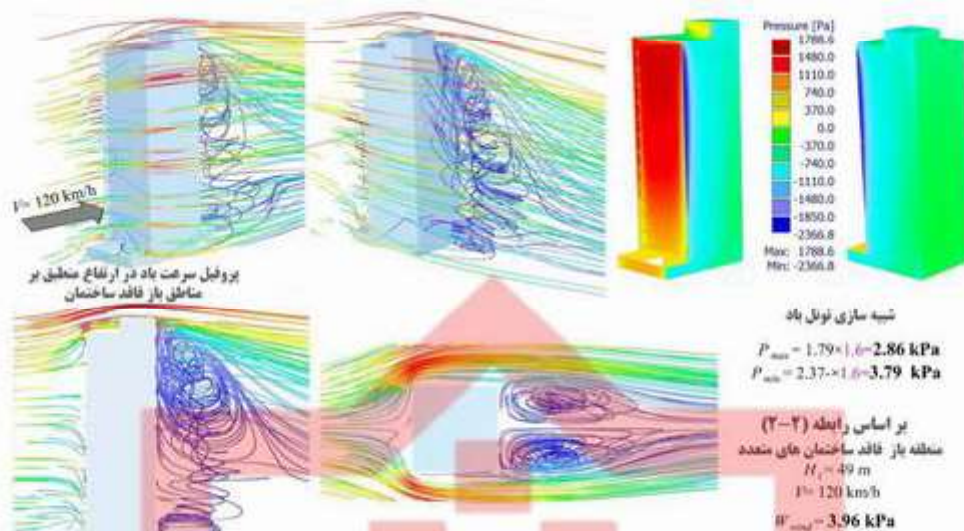
¹ Computational Fluid Dynamics (CFD)



شکل پ-۱-۱ بررسی دقت رابطه (۲-۲) در تخمین فشار/ مکش ناشی از باد برای یک ساختمان ۷ طبقه به ارتفاع ۲۴ متر واقع در منطقه‌ای فاقد ساختمان‌های متعدد و سرعت باد مبنای ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت.

در شکل (پ-۱-۲) نتایج حاصل از شبیه‌سازی تونل باد برای یک ساختمان ۱۴ طبقه به ارتفاع ۴۹ متر از سطح زمین تا کف بام تحت وزش بادی با سرعت مبنای ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت نشان داده شده است. ساختمان در منطقه باز بوده و پروفیل تغییرات سرعت باد منطبق بر ضریب اثر تغییر سرعت مربوط به این حالت تنظیم شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در شکل (پ-۱-۲) رابطه (۲-۲) برای این ساختمان نیز به شکل محافظه‌کارانه و با دقتی مناسب نیروی باد را تخمین زده است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان

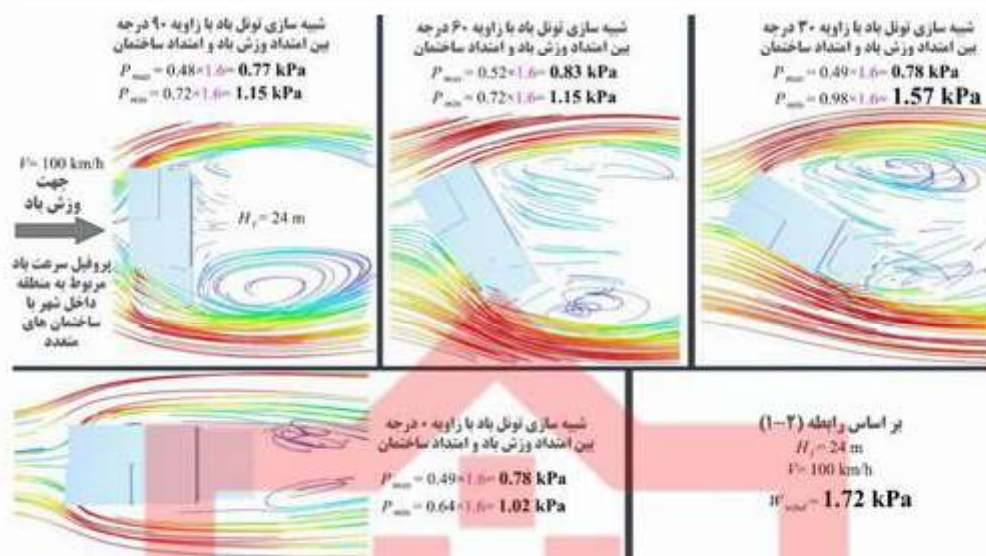


شکل پ-۱-۲ بررسی دقت رابطه (۲-۲) در تخمین فشار / مکش ناشی از باد برای یک ساختمان ۱۴ طبقه به ارتفاع ۴۹ متر واقع در منطقه ای فاقد ساختمان های متعدد و سرعت باد مبنای ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت.

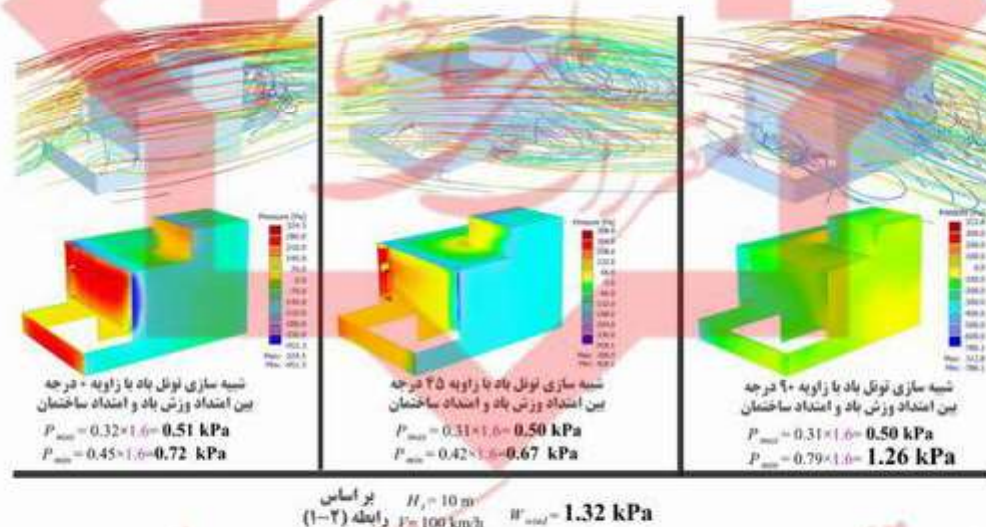
به منظور بررسی تأثیر زاویه وزش باد، شکل (پ-۱-۳) نتایج شبیه سازی تونل باد برای یک ساختمان ۷ طبقه به ارتفاع ۲۴ متر در منطقه شهری متراکم را تحت چهار زاویه وزش باد مختلف ارائه داده است. سرعت باد مبنا ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت است. همان طور که در شکل (پ-۱-۳) نشان داده شده است، رابطه (۱-۲) با دقت مناسب و به شکل محافظه کارانه ای حداکثر فشار / مکش ناشی از باد را تخمین زده است.

نتایج شبیه سازی تونل باد برای یک ساختمان ۳ طبقه به ارتفاع ۱۰ متر در شکل (پ-۱-۴) ارائه شده است. این ساختمان در منطقه شهری با ساختمان های متعدد و سرعت باد مبنای ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت واقع شده است. همان طور که در شکل (پ-۱-۴) نشان داده شده است، رابطه (۱-۲) برای این ساختمان نیز با دقت مناسب و به شکلی محافظه کارانه حداکثر فشار / مکش ناشی از باد را تخمین زده است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۱-۳ بررسی دقت رابطه (۱-۲) در تخمین فشار / مکش ناشی از باد برای یک ساختمان ۷ طبقه به ارتفاع ۲۴ متر واقع در منطقه‌ای داخل شهر یا ساختمان‌های متعدد و سرعت باد مبنای ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت تحت چهار جهت وزش مختلف.



شکل پ-۱-۴ بررسی دقت رابطه (۱-۲) در تخمین فشار / مکش ناشی از باد برای یک ساختمان ۳ طبقه به ارتفاع ۱۰ متر واقع در منطقه‌ای داخل شهر یا ساختمان‌های متعدد و سرعت باد مبنای ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت تحت سه جهت وزش مختلف.

خلاصه‌ای از نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی‌های تونل باد و مقایسه آن‌ها با روابط (۱-۲) و (۲-۲) در جدول (پ-۱-۱) ارائه شده است. در تمام شبیه‌سازی‌های انجام شده، مقدار مکش (فشار منفی) بیشتر

از مقدار فشار (فشار مثبت) بوده است که این امر سبب می‌شود در صورت فروریزش، دیوار به سمت بیرون فروریزش داشته باشد. بر اساس نتایج می‌توان بیان داشت روابط ارائه شده در فصل ۲ با دقتی مناسب و تا حدی به شکل محافظه کارانه‌ای نیروی ناشی از باد را تخمین می‌زنند.

جدول پ-۱- خلاصه نتایج حاصل از شبیه‌سازی تونل باد و نتایج حاصل از روابط (۱-۲) و (۲-۲).

ارتفاع مبنای (m)	سرعت مبنای (km/h)	نوع منطقه	زاویه‌های متعدد بر خورد	شبه‌سازی تونل باد	حداکثر فشار / مکش (kPa) روابط (۱-۲) و (۲-۲)
۲۴	۱۰۰	منطقه باز فاقد ساختمان متعدد	خیر	۲/۱۴	۲/۲۸
۴۹	۱۲۰	منطقه باز فاقد ساختمان متعدد	خیر	۳/۷۹	۳/۹۶
۲۴	۱۰۰	منطقه شهری با ساختمان‌های متعدد	بله	۱/۵۷	۱/۷۲
۱۰	۱۰۰	منطقه شهری با ساختمان‌های متعدد	بله	۱/۲۶	۱/۳۲

پ-۱-۲- بررسی دقت روابط ارائه شده برای نیروی ناشی از زلزله

در این راهنما، رابطه (۳-۲) به منظور تخمین نیروی ناشی از زلزله ارائه شده است. این نیرو که ناشی از اینرسی دیوار است به صورت رفت و برگشتی در امتداد خارج از صفحه دیوار وارد می‌شود. در صورتی که دیوار جسمی صلب در نظر گرفته شود، حداکثر نیروی ناشی از زلزله وارد بر دیوار را می‌توان برابر با حاصل ضرب وزن دیوار (W_p) در حداکثر شتاب طبقه در امتداد خارج از صفحه دیوار (A_{max}) در نظر گرفت. نیروی حاصل به واسطه ضریب رفتار خارج از صفحه دیوار ($R=2.5$) کاهش می‌یابد. در نهایت به منظور در نظر گرفتن اهمیت ساختمان، یک ضریب اهمیت (I_p) نیز در مقدار حاصل اعمال می‌گردد. بر اساس تعریف فوق و با برابر قرار دادن رابطه فوق با رابطه (۳-۲) می‌توان حداکثر شتاب طبقه در امتداد خارج از صفحه دیوار را که از طریق رابطه (۳-۲) تخمین زده می‌شود، به صورت زیر محاسبه نمود.

$$W_{eq} = 0.48A\lambda_s(1+S)I_pW_p = \frac{A_{max}I_pW_p}{R} \rightarrow A_{max} = 0.48RA\lambda_s(1+S) = 1.2A\lambda_s(1+S) \quad (\text{پ-۱-۱})$$

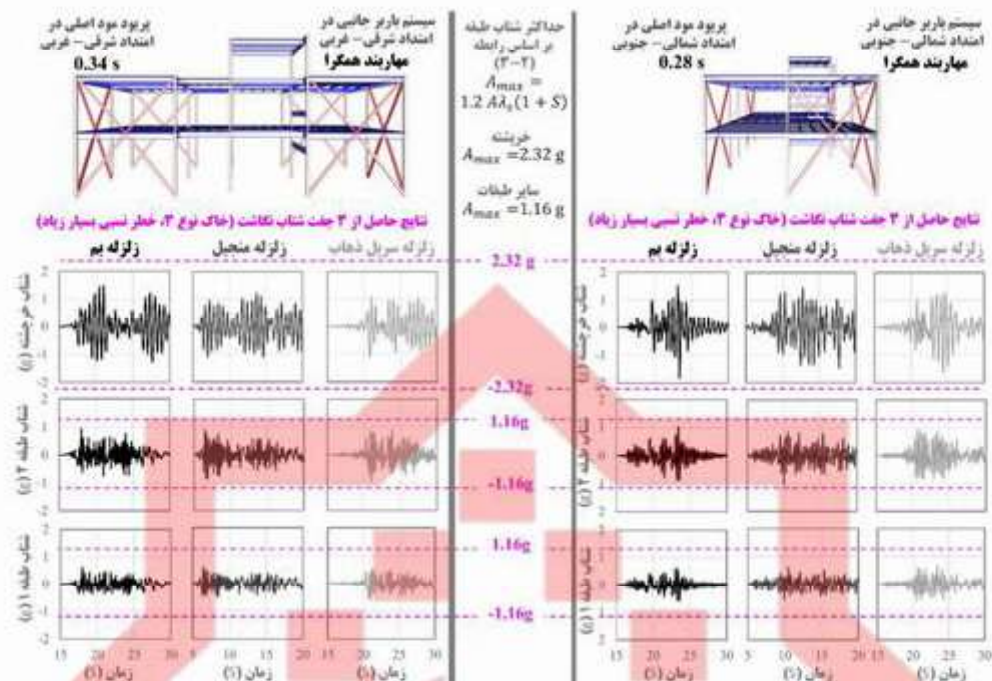
بر اساس رابطه (پ-۱-۱) حداکثر شتاب طبقه متناظر با رابطه (۳-۲) که به صورت خارج از صفحه به دیوار وارد می‌شود قابل محاسبه است. در این بخش این شتاب، با حداکثر شتاب حاصل از تحلیل‌های تاریخیچه زمانی غیرخطی بر روی ساختمان‌های مختلف مقایسه شده است.

تذکره: دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای، عمدتاً دارای پی‌رود ارتعاش خارج از صفحه کوچک‌تر از ۰/۲ ثانیه هستند، لذا برای چنین پی‌رود کوچکی، شتاب طیفی طبقه را می‌توان تقریباً برابر با شتاب حداکثر طبقه (شتاب طیفی طبقه متناظر با پی‌رود صفر) در نظر گرفت. لذا در رابطه ارائه شده برای تخمین نیروی زلزله بر روی دیوار بنایی غیرسازه‌ای، به‌جای استفاده از شتاب طیفی طبقه، از حداکثر شتاب طبقه استفاده شده است. به عبارت دیگر دیوار به صورت یک جسم صلب در نظر گرفته شده است.

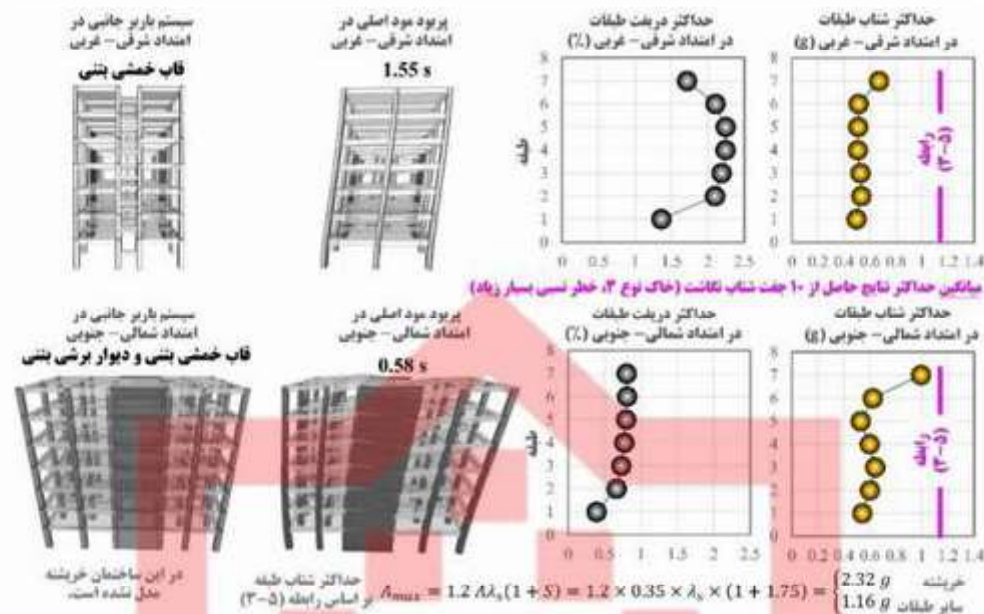
در شکل (پ-۱-۵) یک ساختمان ۲ طبقه فولادی نشان داده شده است. ساختمان مذکور دارای سیستم باربر جانبی مهاربند همگرا در هر دو امتداد است و نتایج حاصل از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی تحت زلزله‌های بم، منجیل و سرپل ذهاب در شکل (پ-۱-۵) نشان داده شده است. در هر تحلیل، هر دو مؤلفه زلزله به‌صورت هم‌زمان به سازه اعمال شده است. با استفاده از روش انطباق طیفی، شتاب نگاشت‌های هر زلزله بر اساس طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) تنظیم شده است. شکل (پ-۱-۵) نشان می‌دهد که شتاب حداکثر متناظر با رابطه (۲-۳) (که در رابطه (پ-۱-۱) ارائه گردید) با دقت خوب و به شکلی محافظه‌کارانه شتاب حداکثر وارد بر دیوارهای طبقات مختلف را تخمین می‌زند.

بررسی مشابهی برای ساختمانی ۷ طبقه بتنی انجام شده است. ساختمان دارای سیستم قاب خمشی بتنی در یک امتداد و سیستم دوگانه قاب خمشی بتنی و دیوار برشی بتنی در امتداد دیگر است. در این تحلیل از ۱۰ جفت شتاب‌نگاشت استفاده شده و میانگین حداکثر پاسخ‌ها در شکل (پ-۱-۶) ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که برای این ساختمان نیز رابطه (۲-۳) از دقتی مناسب برخوردار بوده است. نکته قابل‌توجه دیگر آنکه برخلاف سازه‌های الاستیک، در سازه‌های با رفتار غیرالاستیک، شتاب طبقات لزوماً با افزایش ارتفاع طبقه افزایش پیدا نمی‌کند و در بخش زیاد از ارتفاع ساختمان شتاب حداکثر طبقات تقریباً ثابت است. البته به دلیل آثار موده‌های بالاتر به طور معمول در چند طبقه فوقانی، شتاب طبقه میل به افزایش دارد.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



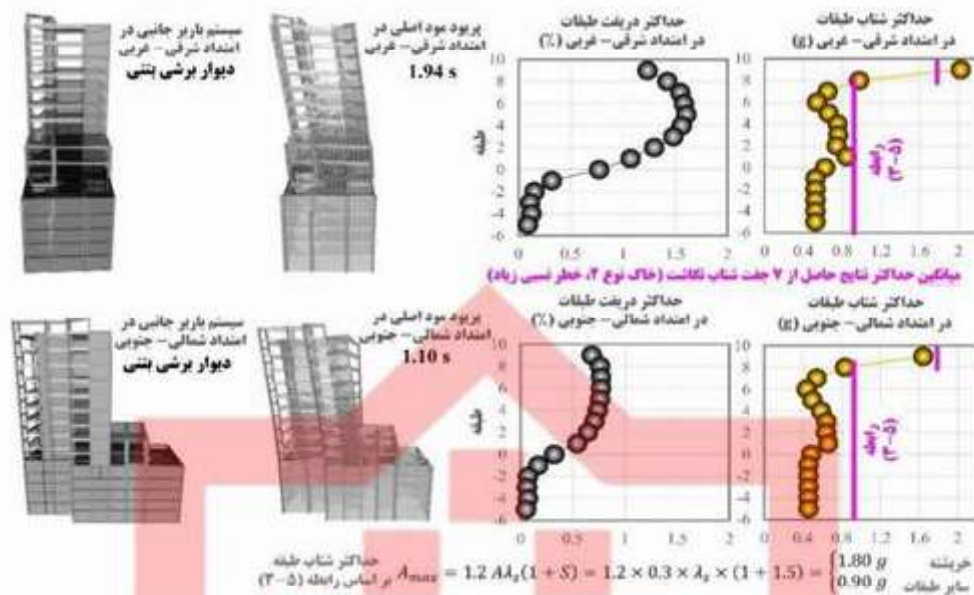
شکل پ-۵ بررسی دقت رابطه (۳-۲) در تخمین حداکثر شتاب لرزه‌ای خارج از صفحه وارد بر دیوار برای یک ساختمان ۳ طبقه فولادی ساخته شده در منطقه‌ای با خاک نوع ۳ و خطر لرزه‌ای نسبی بسیار زیاد.



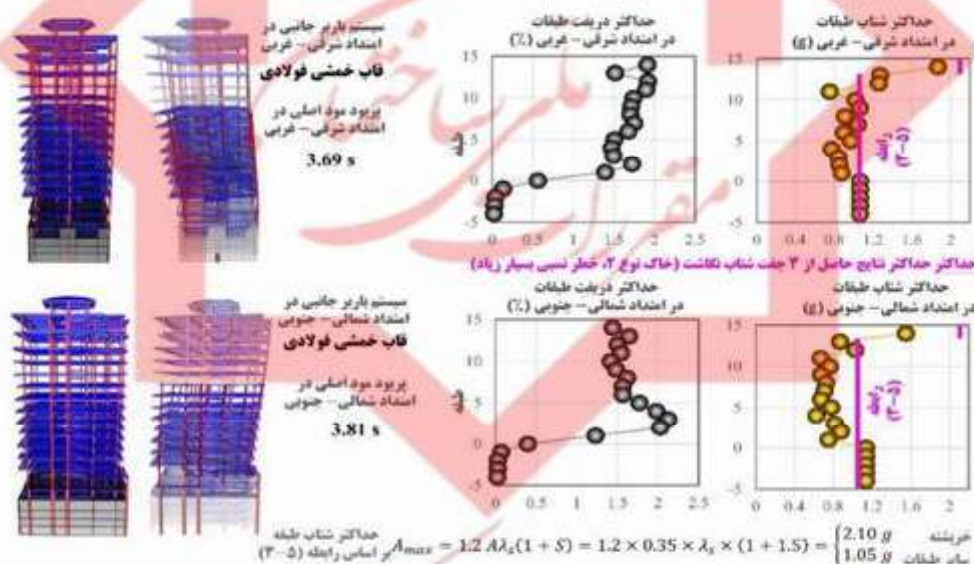
شکل پ-۱-۶ بررسی دقت رابطه (۳-۲) در تخمین حداکثر شتاب لرزهای خارج از صفحه وارد بر دیوار برای یک ساختمان ۷ طبقه بتنی ساخته شده در منطقه‌ای با خاک نوع ۳ و خطر لرزهای نسبی بسیار زیاد.

در شکل (پ-۱-۷) شتاب حداکثر حاصل از رابطه (۳-۲) با میانگین شتاب حداکثر حاصل از تحلیل‌های تاریخیچه زمانی غیرخطی تحت ۷ جفت شتاب‌نگاشت بر روی ساختمانی ۱۴ طبقه مقایسه شده است. این ساختمان در هر دو امتداد دارای سیستم باربر جانبی دیوارهای برشی بتنی است. اگرچه برای خریشته، شتاب متناظر با رابطه (۳-۲) در یکی از امتدادها اندکی کمتر از شتاب حاصل از تحلیل‌های تاریخیچه زمانی بوده است، اما در سایر طبقات، رابطه (۳-۲) با دقتی مناسب و به طور محافظه‌کارانه‌ای توانسته است حداکثر شتاب طبقات را تخمین بزند. عدم تغییرات خطی شتاب طبقه با افزایش ارتفاع در شکل (پ-۱-۷) نیز مشهود است؛ لذا به‌طور کلی توصیه می‌شود نیروی لرزهای دیوار برای بالاترین طبقه از ساختمان محاسبه شود و برای سایر طبقات نیز از همان نیرو استفاده شود. روندی که در رابطه (۳-۲) نیز لحاظ شده است، به‌طوری که این رابطه نیروی زلزله وارد بر دیوارهای غیرسازه‌ای واقع در بالاترین طبقه از ساختمان را تخمین می‌زند.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۷ بررسی دقت رابطه (۳-۲) در تخمین حداکثر شتاب لرزهای خارج از صفحه وارد بر دیوار برای یک ساختمان ۱۴ طبقه بتنی ساخته شده در منطقه‌ای با خاک نوع ۲ و خطر لرزهای نسبی زیاد.



شکل پ-۸ بررسی دقت رابطه (۳-۲) در تخمین حداکثر شتاب لرزهای خارج از صفحه وارد بر دیوار برای یک ساختمان ۱۸ طبقه فولادی ساخته شده در منطقه‌ای با خاک نوع ۲ و خطر لرزهای نسبی بسیار زیاد.

به‌منظور بررسی بیشتر دقت رابطه (۳-۲) برای ساختمان‌های با پریود بلند، ساختمانی ۱۸ طبقه با سیستم باربر جانبی قاب خمشی فولادی در هر دو امتداد در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی و نتایج حاصل از رابطه (۳-۲) برای این ساختمان در شکل (پ-۸) با یکدیگر

مقایسه شده است. نتایج حاکی از آن است که به جز چند طبقه محدود در یکی از امتدادهای ساختمان، در سایر طبقات، رابطه (۳-۲) با دقت مناسب و به شکل محافظه‌کارانه‌ای شتاب طبقات را تخمین می‌زند. بر اساس شکل (پ-۱-۸)، در سازه‌های با پی‌ود بالا شتاب طبقات زیر زمین ممکن است از طبقات روی سطح زمین بیشتر باشد.

خلاصه‌ای از نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی و مقایسه آن‌ها با نتایج حاصل از رابطه (۳-۲) در جدول (پ-۱-۲) ارائه شده است. بر اساس نتایج می‌توان چنین بیان داشت که رابطه ارائه شده در فصل ۲ با دقتی مناسب و تا حدی به شکل محافظه‌کارانه نیروی ناشی از زلزله را تخمین می‌زند. همچنین بر اساس نتایج، توزیع شتاب حداکثر طبقات و متعاقباً نیروی وارد بر دیوارهای غیرسازه‌ای با افزایش ارتفاع لزوماً افزایش پیدا نمی‌کند و در برخی موارد امکان دارد شتاب حداکثر در طبقات تحتانی یا حتی طبقات زیر زمین رخ دهد.

جدول پ-۱-۲ خلاصه نتایج حاصل از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی و نتایج حاصل از رابطه (۳-۲).

ساختمان	خطر نسبی لرزه‌ای	نوع خاکی	امتداد	سیستم باربر جانبی	زمان تناوب مد اصلی (ثانیه)	شتاب حداکثر در طبقات ساختمان (ضریبی از گرانش)	شتاب حداکثر در خرپشته (ضریبی از گرانش)
						رابطه NLTHA ^۱ (۳-۲)	رابطه NLTHA ^۱ (۳-۲)
طبقه ۲	بسیار زیاد	۳	شرقی-غربی	قاب مهاربندی همگرا	۰/۳۲	۰/۹۴	۱/۴۹
			شمالی-جنوبی	قاب مهاربندی همگرا	۰/۲۸	۱/۰۰	۱/۸۲
			شرقی-غربی	قاب خمشی بتنی	۱/۵۵	۰/۶۶	-
طبقه ۷	بسیار زیاد	۳	شمالی-جنوبی	دوگانه (قاب + دیوار)	۰/۵۸	۰/۹۹	۱/۱۶
			شرقی-غربی	دیوار برشی	۱/۹۴	۰/۹۷	۲/۰۲
طبقه ۱۴	زیاد	۲	شمالی-جنوبی	دیوار برشی	۱/۱۰	۰/۸۳	۱/۶۴
			شرقی-غربی	قاب خمشی فولادی	۳/۶۹	۱/۲۷	۱/۸۷
طبقه ۱۸	بسیار زیاد	۲	شمالی-جنوبی	قاب خمشی فولادی	۳/۸۱	۱/۱۴	۱/۵۵
			شرقی-غربی	قاب خمشی فولادی	۳/۸۱	۱/۱۴	۱/۵۵

پیوست ۲- صحت روابط مربوط به ظرفیت خارج

از صفحه دیوار

در فصل سوم روابطی به منظور تخمین ظرفیت (مقاومت) خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ارائه شده است. هدف از این پیوست بررسی دقت روابط ارائه شده می‌باشد. لازم به ذکر است در این پیوست ظرفیت اسمی دیوار بدون احتساب ضریب کاهش مقاومت با ظرفیت نهایی حاصل از آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه دیوارهای مختلف مقایسه شده است. در مواردی که آزمایش‌های خارج از صفحه به صورت رفت و برگشتی بوده است، میانگین ظرفیت در هر دو امتداد مثبت و منفی به عنوان نتیجه نهایی آزمایش در نظر گرفته شده است.

پ-۲-۱- ظرفیت خمش قائم دیوار غیرمسلح

ظرفیت خمش قائم در دیوارهای غیرمسلح ساخته شده با بلوک‌های توپر و توخالی در فصل ۳ این راهنما به ترتیب در روابط (۴-۳) و (۶-۳) ارائه شده است. مطابق شکل (پ-۲-۱) دقت این روابط با آزمایش‌های خارج از صفحه انجام شده توسط Babaeidarabad and Nanni (2014) و آزمایش‌های انجام شده توسط یکی از شرکت‌های داخل کشور بررسی شده است. جدول (پ-۲-۱) نتایج حاصل از روابط (۴-۳) و (۶-۳) را با نتایج آزمایشگاهی مقایسه می‌کند.



شکل پ-۲-۱ آزمایش‌های در نظر گرفته شده به منظور بررسی دقت روابط مربوط به ظرفیت خمش قائم دیوار غیرمسلح.

روابط (۴-۳) و (۶-۳) ظرفیت خمش قائم دیوار غیرمسلح را در ۱ متر از طول دیوار ارائه می‌دهند؛ لذا به منظور تعیین ظرفیت خمش خارج از صفحه نمونه‌ها لازم است طول دیوار (L) نیز در این روابط لحاظ شود. در جدول (پ-۲-۱) مقدار متناظر با M_u برابر است با حاصل ضرب پهنای عمود بر دهانه دیوار در مقدار حاصل از روابط (۴-۳) و (۶-۳) با فرض واحد بودن ضریب کاهش مقاومت. مقدار مدول گسیختگی

عمود بر بند بستر ملات بسته به نوع ملات استفاده شده در رج‌های دیوار بر اساس فصل سوم تعیین شده است.

جدول پ-۲-۱ مقایسه نتایج حاصل از روابط (۴-۳) و (۶-۳) با نتایج آزمایشگاهی (در تمام موارد ضخامت پوسته بلوک‌های توخالی ۳۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است).

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	f_{r1} (MPa)	L (mm)	t (mm)	M_{test} (kN.m)	رابطه مورد استفاده	M_0 (kN.m)	درصد خطا
Babaeidarabad and Nanni (2014)	CMU-control-1	توخالی	۰/۴۴	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۱۵	(۶-۳)	۰/۸۲	۶۲
	CMU-control-2	توخالی	۰/۴۴	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۳۲	(۶-۳)	۰/۸۲	۶۵
	CMU-control-3	توخالی	۰/۴۴	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۶۳	(۶-۳)	۰/۸۲	۶۹
	CL-control-1	توپر	۰/۶۹	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۱۴	(۴-۳)	۱/۴۶	۳۲
	CL-control-1	توپر	۰/۶۹	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۵۷	(۴-۳)	۱/۴۶	۴۳
	CL-control-1	توپر	۰/۶۹	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۲۷	(۴-۳)	۱/۴۶	۳۶
آزمایش‌های انجام شده در داخل کشور	UR-V-2	توخالی	۰/۱۱	۸۰۰	۱۰۰	۰/۰۹	(۶-۳)	۰/۱۳	-۴۴
	UR-V-3	توخالی	۰/۱۱	۸۰۰	۱۰۰	۰/۱۲	(۶-۳)	۰/۱۳	-۸
	BJM-V-1	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۵۱	(۶-۳)	۰/۵۲	-۲
	BJM-V-2	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۶۹	(۶-۳)	۰/۵۲	۲۵
	BJM-V-3	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۷۱	(۶-۳)	۰/۵۲	۲۷
میانگین درصد خطا									۲۸

پ-۲-۲- ظرفیت خمش افقی دیوار غیرمسلح

ظرفیت خمش افقی در دیوارهای غیرمسلح ساخته شده با بلوک‌های توپر و توخالی به ترتیب در روابط (۵-۳) و (۷-۳) فصل ۳ ارائه شده است. مطابق شکل (پ-۲-۲) دقت این روابط با آزمایش‌های خارج از صفحه انجام شده توسط Brown and Melander (2001) و آزمایش‌های انجام شده توسط یکی از شرکت‌های داخل کشور بررسی شده است. نتایج حاصل از روابط (۵-۳) و (۷-۳) و نتایج آزمایشگاهی در جدول (پ-۲-۲) با یکدیگر مقایسه شده است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۲-۲ آزمایش های انتخابی به منظور بررسی دقت روابط مربوط به ظرفیت خمش افقی دیوار غیرمسلح.

جدول پ-۲-۲ مقایسه نتایج حاصل از روابط (۵-۳) و (۷-۳) با نتایج آزمایشگاهی (در تمام موارد ضخامت پوسته بلوک های توخالی ۳۰ میلی متر لحاظ شده و در آزمایش های انجام شده در داخل کشور بندهای قائم فاقد ملات هستند).

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	f_{r2} (MPa)	H (mm)	t (mm)	M_{test} (kN.m)	رابطه مورد استفاده	M_n (kN.m)	درصد خطا
Brown and Melander (2001)	PCL-S	توخالی	۰/۸۷	۸۱۲	۲۰۰	۳/۳۷	(۷-۳)	۳/۰۶	۹
	PCL-N	توخالی	۰/۸۷	۸۱۲	۲۰۰	۲/۵۴	(۷-۳)	۳/۰۶	-۲۰
	MC-S	توخالی	۰/۴۴	۸۱۲	۲۰۰	۱/۹۸	(۷-۳)	۱/۵۵	۲۲
	MC-N	توخالی	۰/۴۴	۸۱۲	۲۰۰	۱/۸۱	(۷-۳)	۱/۵۵	۱۴
	PCL-S	توپر	۱/۳۸	۴۰۶	۸۹	۱/۶۸	(۵-۳)	۰/۷۴	۵۶
	PCL-N	توپر	۱/۳۸	۴۰۶	۸۹	۱/۳۶	(۵-۳)	۰/۷۴	۴۶
	MC-S	توپر	۰/۸۷	۴۰۶	۸۹	۱/۴۳	(۵-۳)	۰/۳۷	۷۴
	MC-N	توپر	۰/۸۷	۴۰۶	۸۹	۱/۱۸	(۵-۳)	۰/۳۷	۶۹
آزمایش های انجام شده در داخل کشور	UR-H-1	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۴۸	(۷-۳)	۰/۳۶	۲۵
	UR-H-2	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۳۰	(۷-۳)	۰/۳۶	-۲۰
	UR-H-3	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۴۰	(۷-۳)	۰/۳۶	۱۰
میانگین درصد خطا									۲۶

روابط (۵-۳) و (۷-۳) ظرفیت خمش افقی دیوار غیرمسلح را در ۱ متر از ارتفاع دیوار ارائه می دهند. لذا به منظور تعیین ظرفیت خمش خارج از صفحه نمونه ها لازم است ارتفاع دیوار (H) نیز در این روابط لحاظ شود. در جدول (پ-۲-۲) مقدار متناظر با M_n برابر است با حاصل ضرب پهنای عمود بر دهانه دیوار در مقدار حاصل از روابط (۵-۳) و (۷-۳) با فرض واحد بودن ضریب کاهش مقاومت. مقدار مدول گسیختگی موازی با بند بستر ملات بسته به نوع ملات استفاده شده در رج های دیوار بر اساس فصل سوم تعیین شده است.

پ-۲-۳- ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به میلگرد بستر

ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به میلگرد بستر از طریق رابطه (۸-۳) فصل سوم تخمین زده می‌شود. مطابق شکل (پ-۲-۳) دقت این رابطه با استفاده از آزمایش‌های خمش افقی انجام شده توسط یکی از شرکت‌های داخل کشور بررسی شده است. نتایج حاصل از رابطه (۸-۳) و نتایج آزمایشگاهی در جدول (پ-۲-۳) با یکدیگر مقایسه شده است.



شکل پ-۲-۳ آزمایش‌های در نظر گرفته شده به منظور بررسی دقت رابطه مربوط به ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به میلگرد بستر.

جدول پ-۲-۳ مقایسه نتایج حاصل از رابطه (۸-۳) با نتایج آزمایشگاهی (قطر مفتول طولی میلگرد بستر ۳/۶ میلی‌متر، بهنای آن ۵۵ میلی‌متر و مقاومت تسلیم مفتول طولی میلگرد بستر ۵۴۰ مگاپاسکال است).

منبع نتایج	نام نمونه	نوع واحد بنایی	t (mm)	H (mm)	B (mm)	A_s (mm ²)	M_{test} (kN.m)	M_n (kN.m)	درصد خطا
آزمایش‌های انجام شده در داخل کشور	BJR-H-3	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۴۰۰	۱۰/۲	۱/۲۲	۰/۷۸	۳۶
میانگین درصد خطا									۳۶

رابطه (۸-۳) ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به میلگرد بستر را در ۱ متر از ارتفاع دیوار ارائه می‌دهد؛ لذا به منظور تعیین ظرفیت خمش خارج از صفحه نمونه‌ها لازم است ارتفاع دیوار (H) نیز در این روابط

لحاظ شود. در جدول (پ-۲-۳) مقدار متناظر با M_n برابر است با حاصل ضرب پهنای عمود بر دهانه دیوار در مقدار حاصل از رابطه (۳-۸) با فرض واحد بودن ضریب کاهش مقاومت.

پ-۲-۴- ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر

ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر از طریق رابطه (۳-۹) فصل سوم تخمین زده می‌شود. مطابق شکل (پ-۲-۴) دقت این رابطه با استفاده از آزمایش‌های خمش افقی انجام شده توسط (Sisti et al. (2016), Borri et al. (2009) و آزمایش‌های انجام شده توسط یکی از شرکت‌های داخل کشور بررسی شده است. نتایج حاصل از رابطه (۳-۹) و نتایج آزمایشگاهی در جدول (پ-۲-۴) با یکدیگر مقایسه شده است.



شکل پ-۲-۴ آزمایش‌های در نظر گرفته شده به منظور بررسی دقت رابطه مربوط به ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر.

رابطه (۳-۹) ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر را در ۱ متر از ارتفاع دیوار ارائه می‌دهد؛ لذا به منظور تعیین ظرفیت خمش خارج از صفحه نمونه‌ها لازم است ارتفاع دیوار (H) نیز در این روابط لحاظ شود. در جدول (پ-۲-۳) مقدار متناظر با M_n از حاصل ضرب پهنای عمود بر دهانه دیوار در مقدار حاصل از رابطه (۳-۹) با فرض واحد بودن ضریب کاهش مقاومت بدست آمده است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان

جدول پ-۲-۴ مقایسه نتایج حاصل از رابطه (۳-۹) با نتایج آزمایشگاهی.

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	t (mm)	H (mm)	B _f (mm)	T _{fu} (N/mm)	M _{test} (kN.m)	M _n (kN.m)	درصد خطا
Sisti et al. (2016)	P5-G33-V	توپر	۵۰۰	۵۰۰	۱۲۵	۱۳۷	۵۰/۴۵	۴۵/۶۶	۹
	P5-G66-V	توپر	۵۰۰	۵۰۰	۱۲۵	۱۳۷	۵۴/۷۳	۴۵/۶۶	۱۷
	L9-G33-V	توپر	۴۰۰	۳۳۰	۶۶	۱۳۷	۳۹/۷۳	۳۶/۵۳	۸
Borri et al. (2009)	GF.01	توپر	۵۰۰	۹۰	۳۰	۸۵	۱۹/۰۲	۲۱/۲۵	-۱۲
	SG.01	توخالی	۳۸۰	۱۸۰	۶۰	۱۶۰	۲۷/۴۷	۲۳/۱۰	۱۶
	SG.02	توخالی	۳۸۰	۱۸۰	۶۰	۱۶۰	۲۳/۶۸	۲۳/۱۰	۳
آزمایش‌های انجام شده در داخل کشور	BJM-H-1	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۲۰۰	۲۸/۵	۰/۸۸	۰/۳۸	۵۷
	BJM-H-2	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۲۰۰	۲۸/۵	۰/۸۱	۰/۳۸	۵۳
	BJM-H-3	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۲۰۰	۲۸/۵	۰/۹۰	۰/۳۸	۵۸
میانگین درصد خطا									۲۳

پ-۲-۵- ظرفیت خمشی افقی دیوار مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف

ظرفیت خمشی افقی دیوار مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف از طریق رابطه (۳-۱۰) فصل سوم تخمین زده می‌شود. مطابق شکل (پ-۲-۵) دقت این رابطه با استفاده از آزمایش‌های خمشی افقی انجام شده توسط یکی از شرکت‌های داخل کشور بررسی شده است. نتایج حاصل از رابطه (۳-۱۰) و نتایج آزمایشگاهی در جدول (پ-۲-۵) با یکدیگر مقایسه شده است.

رابطه (۳-۱۰) ظرفیت خمشی افقی دیوار مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف را در ۱ متر از ارتفاع دیوار ارائه می‌دهد؛ لذا به منظور تعیین ظرفیت خمشی خارج از صفحه نمونه‌ها لازم است ارتفاع دیوار (H) نیز در این روابط لحاظ شود. در جدول (پ-۲-۵) مقدار متناظر با M_{II} برابر است با حاصل ضرب پهنای عمود بر دهانه دیوار در مقدار حاصل از رابطه (۳-۱۰) با فرض واحد بودن ضریب کاهش مقاومت.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۵-۲ آزمایش های در نظر گرفته شده به منظور بررسی دقت رابطه مربوط به ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف.

جدول پ-۵-۲ مقایسه نتایج حاصل از رابطه (۳-۱۰) با نتایج آزمایشگاهی.

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	t (mm)	H (mm)	$\frac{w_f}{s_{fv}}$	T_{fu} (N/mm)	M_{test} (kN.m)	M_n (kN.m)	درصد خطا
آزمایش های	FRCM-H-1	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۰/۵۰	۲۸/۵	۱/۴۸	۱/۱۴	۲۳
انجام شده در	FRCM-H-2	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۰/۵۰	۲۸/۵	۱/۲۴	۱/۱۴	۸
داخل کشور	FRCM-H-3	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۰/۵۰	۲۸/۵	۱/۴۷	۱/۱۴	۲۲
میانگین درصد خطا									۱۸

* این کمیت در واقع نسبت سطح پوشش نوارهای کامپوزیت شبکه الیاف به کل سطح دیوار است.

پ-۲-۶- ظرفیت خمش قائم دیوار مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف

ظرفیت خمش قائم دیوار مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف از طریق رابطه (۳-۱۱) فصل ۳ تخمین زده می شود. مطابق شکل (پ-۲-۶) دقت این رابطه با استفاده از آزمایش های خمش قائم انجام شده توسط Bernat-Maso et al. (2014) و Babaeidarabad and Nanni (2014) و آزمایش های انجام شده توسط یکی از شرکت های داخل کشور بررسی شده است. ظرفیت خمش قائم حاصل از رابطه (۳-۱۱) و نتایج آزمایشگاهی در جدول (پ-۲-۶) با یکدیگر مقایسه شده اند.



شکل پ-۲-۶ آزمایش‌های در نظر گرفته شده به منظور بررسی دقت رابطه مربوط به ظرفیت خمش قائم دیوار مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف.

جدول پ-۲-۶ مقایسه نتایج حاصل از رابطه (۳-۱۱) با نتایج آزمایشگاهی.

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	t (mm)	L (mm)	$\frac{w}{L}$ %	T_{fu} (N/mm)	M_{test} (kN.m)	M_n (kN.m)	درصد خطا
Bernat-Maso et al. (2014)	MGM-11-1	توپر	۱۳۲	۲۸۰	۱	۴۵	۱/۴۶	۱/۶۶	-۱۴
	MGM-11-2	توپر	۱۳۳	۴۸۰	۱	۴۵	۱/۵۸	۱/۶۶	-۵
	MGM-11-3	توپر	۱۳۲	۲۸۰	۱	۴۵	۱/۸۴	۱/۶۶	۱۰
	MGR-11-1	توپر	۱۳۲	۲۸۰	۱	۴۵	۱/۴۸	۱/۶۶	-۱۲
	MGR-11-2	توپر	۱۳۲	۲۸۰	۱	۴۵	۱/۳۴	۱/۶۶	-۲۴
	MGR-11-3	توپر	۱۳۲	۲۸۰	۱	۴۵	۱/۵۶	۱/۶۶	-۶
Babaeidarabad and Nanni (2014)	CMU-1ply-1	توخالی	۱۰۲	۱۲۲۰	۱	۵۱/۵۵	۶/۰۹	۶/۴۱	-۵
	CMU-1ply-2	توخالی	۱۰۲	۱۲۲۰	۱	۵۱/۵۵	۶/۳۵	۶/۴۱	-۱
	CMU-1ply-3	توخالی	۱۰۲	۱۲۲۰	۱	۵۱/۵۵	۶/۹۹	۶/۴۱	۸
	CL-1ply-1	توپر	۱۰۲	۱۲۲۰	۱	۵۱/۵۵	۶/۵۷	۶/۴۱	۳
	CL-1ply-2	توپر	۱۰۲	۱۲۲۰	۱	۵۱/۵۵	۶/۲۰	۶/۴۱	-۳
	CL-1ply-3	توپر	۱۰۲	۱۲۲۰	۱	۵۱/۵۵	۶/۴۰	۶/۴۱	۰
آزمایش‌های انجام شده در داخل کشور	FRCM-V-1	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۰/۵	۱۹/۴	۰/۶۲	۰/۷۷	-۲۴
	FRCM-V-2	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۰/۵	۱۹/۴	۰/۷۶	۰/۷۷	-۱
	FRCM-V-3	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۰/۵	۱۹/۴	۰/۶۷	۰/۷۷	-۱۵
	Field Test	توخالی	۱۰۰	۲۰۰۰	۰/۳۷۵	۱۹/۴	۱/۶۵	۱/۴۶	۱۲
میانگین درصد خطا									
-۵									

* این کمیت در واقع نسبت سطح پوشش نوارهای کامپوزیت شبکه الیاف به کل سطح دیوار است.

رابطه (۱۱-۳) ظرفیت خمش قائم دیوار مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف را در ۱ متر از طول دیوار ارائه می‌دهد. لذا به منظور تعیین ظرفیت خمش خارج از صفحه نمونه‌ها لازم است طول دیوار (L) نیز در این روابط لحاظ شود. در جدول (پ-۲-۶) مقدار متناظر با M_{II} برابر است با حاصل ضرب پهنای عمود بر دهانه دیوار در مقدار حاصل از رابطه (۱۱-۳) با فرض واحد بودن ضریب کاهش مقاومت.

پ-۲-۷- ظرفیت خارج از صفحه دیوار تحت خمش دوطرفه

در بخش‌های قبل دقت روابط ارائه شده در فصل سوم به منظور تخمین خمش خارج از صفحه دیوار در دو امتداد قائم و افقی بررسی گردید. اما در بسیاری از موارد دیوارها دارای رفتار دوطرفه بوده و خمش قائم و افقی به صورت هم‌زمان در دیوار ایجاد می‌شود؛ لذا در این راهنما به منظور تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای با رفتار دوطرفه، رابطه (۳-۳) در فصل ۳ ارائه شده است. در این بخش دقت این رابطه با استفاده از نتایج آزمایشگاهی موجود بررسی شده است. مطابق شکل (پ-۲-۷) دقت رابطه (۳-۳) برای دیوارهای غیرمسلح با استفاده از آزمایش‌های خمش دوطرفه خارج از صفحه انجام شده توسط (Messali et al. 1993), Chong (1993) و Griffith et al. (2007) بررسی شده است. نتایج حاصل از رابطه (۳-۳) و نتایج آزمایشگاهی برای دیوارهای غیرمسلح تحت خمش دوطرفه در جدول (پ-۲-۷) با یکدیگر مقایسه شده است.



شکل پ-۲-۷ آزمایش‌های در نظر گرفته شده به منظور بررسی دقت رابطه مربوط به ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای غیرمسلح تحت خمش دوطرفه.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان

جدول پ-۲-۷ مقایسه نتایج حاصل از رابطه (۳-۳) با نتایج آزمایشگاهی برای دیوارهای غیرمسلح تحت خمش دوطرفه.

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	t (mm)	L×H (m)	دارای شرایط بازشو؟ مرزی	f _{r1} , f _{r2} * (MPa)	P _{test} (kPa)	P _c (kPa)	درصد خطا
Messali et al. (2017)	COMP-10	توپر	۱۰۲	۴/۰۰ × ۲/۷۵	خیر	۰/۴, ۱/۱۲	۳/۹۰	۲/۶	۳۳
	COMP-11	توپر	۱۰۲	۳/۸۷ × ۲/۷۵	خیر	۰/۲۱, ۰/۷۶	۲/۷۲	۱/۶۵	۳۹
	COMP-12	توپر	۱۰۲	۳/۹۹ × ۲/۷۵	بله	۰/۲۱, ۰/۷۶	۲/۱۵	۱/۶۰	۲۶
Chong (1993)	SB01	توپر	۱۰۲	۵/۶۱ × ۲/۴۷	خیر	۰/۹۸, ۱/۹۶	۲/۸	۲/۱	۲۵
	SB02	توپر	۱۰۲	۵/۶۱ × ۲/۴۷	بله	۰/۹۸, ۱/۹۶	۲/۴	۲/۱	۱۳
	SB04	توپر	۱۰۲	۵/۶۱ × ۲/۴۷	بله	۰/۹۸, ۱/۹۶	۲/۳	۲/۱	۹
	SB05	توپر	۱۰۲	۵/۶۱ × ۲/۴۷	بله	۰/۹۸, ۱/۹۶	۲/۲	۲/۱	۵
	Wall 2	توپر	۱۱۰	۴/۰۰ × ۲/۵۰	خیر	۰/۶۱, ۱/۲۲	۲/۳	۳/۵۶	-۵۴
Griffith et al. (2007)	Wall 5	توپر	۱۱۰	۴/۰۰ × ۲/۵۰	بله	۰/۶۱, ۱/۲۲	۲/۸۹	۳/۵۶	-۲۳
	Wall 6	توپر	۱۱۰	۴/۰۰ × ۲/۵۰	بله	۰/۶۱, ۱/۲۲	۱/۸۸	۱/۹۸	-۵
	Wall 8	توپر	۱۱۰	۲/۵۰ × ۲/۵۰	بله	۰/۶۱, ۱/۲۲	۶/۷۵	۵/۷۱	۱۵
میانگین درصد خطا									
۷									

* در مواردی که مدول گسیختگی در گزارش آزمایش‌ها موجود باشد، از آن مقادیر استفاده شده در غیر این صورت بر اساس نوع ملات تخمین زده شده است.

مطابق شکل (پ-۲-۸) دقت رابطه (۳-۳) برای دیوارهای مسلح به میلگرد بستر با استفاده از آزمایش‌های خمش دو طرفه خارج از صفحه انجام شده توسط Drysdale and Essawy (1988) و ارشاد و خرمی آذر (۱۴۰۱) بررسی شده است. نتایج حاصل از رابطه (۳-۳) و نتایج آزمایشگاهی برای دیوارهای مسلح به میلگرد بستر تحت خمش دوطرفه در جدول (پ-۲-۸) با یکدیگر مقایسه شده است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۲-۸ آزمایش‌های انتخابی به منظور بررسی دقت رابطه تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای مسلح به میلگرد بستر تحت خمش دوطرفه.

جدول پ-۲-۸ مقایسه نتایج حاصل از رابطه (۳-۳) با نتایج آزمایشگاهی برای دیوارهای مسلح به میلگرد بستر تحت خمش دوطرفه - میلگردهای بستر دارای قطر مقتول ۴ میلی‌متر، پهنای ۵۵ میلی‌متر و حداقل مقاومت تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال است که به صورت یک رج در میان با فواصل ۴۵۰ میلی‌متر در ارتفاع دیوار قرار داده شده است.

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	t (mm)	LxH (m)	دارای شرایط بازشو؟ مرزی	f _{r1} , f _{r2} (MPa)	P _{test} (kPa)	P _c (kPa)	درصد خطا
Drysedale and Essawy (1988) **	WI	توخالی	۱۹۰	۳/۶ × ۲/۸	خیر	۰/۵۸, ۱/۱۵	۱۰/۲۱	۸/۵۱	۱۷
	WII	توخالی	۱۹۰	۵/۲ × ۲/۸	خیر	۰/۵۸, ۱/۱۵	۶/۸۲	۵/۸۰	۱۵
	WIII	توخالی	۱۹۰	۶/۰ × ۲/۸	خیر	۰/۵۸, ۱/۱۵	۴/۷۷	۵/۱۹	-۹
	WF	توخالی	۱۹۰	۵/۲ × ۲/۸	خیر	۰/۵۸, ۱/۱۵	۳/۹۰	۲/۹۸	۲۴
ارشاد و خرمی آذر (۱۴۰۱) ***	دیوار خارجی	توخالی	۱۴۵	۳/۰ × ۳/۰	خیر	۰/۲۱, ۰/۴۴	۲/۷۸	۲/۳۱	۱۷
	دیوار داخلی	توخالی	۱۰۰	۳/۰ × ۳/۰	خیر	۰/۲۱, ۰/۴۴	۰/۷۸	۰/۹۹	-۲۷
میانگین درصد خطا									
۶									

* در مواردی که مدول گسیختگی در گزارش آزمایش‌ها موجود باشد، از آن مقادیر استفاده شده در غیر این صورت بر اساس نوع ملات تخمین زده شده است.

** در این آزمایش‌ها برای هر جزئیات دیوار ۳ نمونه آزمایش شده و نتایج مربوط به میانگین ۳ نمونه است.

*** در این آزمایش‌ها بارگذاری خارج از صفحه از نوع متمرکز بوده و انتظار می‌رود تحت بارگذاری خارج از صفحه یکنواخت، ظرفیت مقداری افزایش یابد.

مطابق شکل (پ-۲-۹) دقت رابطه (۳-۳) برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف با استفاده از آزمایش‌های انجام شده توسط DeRisi et al. (2020) برای خمش دوطرفه خارج از صفحه بررسی شده است. نتایج حاصل از رابطه (۳-۳) و نتایج آزمایشگاهی برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف تحت خمش دوطرفه در جدول (پ-۲-۹) با یکدیگر مقایسه شده است.



شکل پ-۲-۹ آزمایش‌های انتخابی جهت بررسی دقت رابطه تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای مسلح به شبکه الیاف سراسری تحت خمش دوطرفه. De Risi et al. (2020)

جدول پ-۲-۹ مقایسه نتایج حاصل از رابطه (۳-۳) با نتایج آزمایشگاهی برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف سراسری تحت خمش دوطرفه.

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	t (mm)	L×H (m)	دارای بازشو؟	شرایط مرزی	T _{fu} * (N/mm)	P _{test} (kPa)	P _c (kPa)	درصد خطا
De Risi et al. (2022)	R1-OOP	توخالی	۱۱۰	۴/۲۰ × ۲/۳۰	خیر	E	۲۷	۹/۹۳	۸/۴۵	۱۵
	R2-OOP	توخالی	۱۱۰	۴/۲۰ × ۲/۳۰	خیر	E	۲۷	۱۲/۰۸	۸/۴۵	۳۰
	R3-OOP	توخالی	۱۱۰	۴/۲۰ × ۲/۳۰	خیر	E	۲۷	۹/۶۵	۸/۴۵	۱۲
میانگین درصد خطا										
۱۹										

* در منبع نتایج آزمایشگاهی تنها ظرفیت کششی خود شبکه الیاف ارائه شده است که مقدار آن ۴۰ نیوتن بر میلی‌متر است. بر اساس آزمایش‌های انجام شده در داخل کشور، نسبت ظرفیت کششی شبکه الیاف به ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف حدود ۱/۵ است. با پذیرفتن این ضریب، ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف استفاده شده در این آزمایش‌ها برابر ۳۷ نیوتن بر میلی‌متر تخمین زده شده است.

پ-۲-۸- جمع‌بندی

در این پیوست در مجموع ۷۱ آزمایش مختلف به منظور ارزیابی دقت روابط ارائه شده در فصل ۳ برای تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار، استفاده شده است. بخشی از این آزمایش‌ها در داخل کشور و برخی در خارج از کشور انجام شده است. خلاصه‌ای از نتایج این پیوست، در جدول پ-۲-۱۰ ارائه شده است. درصد خطای مثبت به معنای آن است که نتایج روابط تحلیلی فصل سوم در جهت اطمینان و درصد خطای منفی به معنای آن است که نتایج رابطه تحلیلی در خلاف جهت اطمینان بوده است. در تمام

موارد، ضریب کاهش مقاومت در روابط تحلیلی فصل سوم، برابر با ۱ در نظر گرفته شده است. به طور کلی، در مقایسه با سازه‌های فولادی و بتن مسلح، رفتار سازه‌های بنایی دارای عدم قطعیت و پراکندگی بسیار زیادی است. درصد خطای به دست آمده در این ارزیابی نشان می‌دهد که روابط فصل سوم برای کاربردهای مهندسی دارای دقت مناسبی بوده و به طور کلی در جهت اطمینان هستند.

جدول پ-۲-۱۰ تعداد آزمایش‌های استفاده شده در روند بررسی دقت روابط فصل ۳ و متوسط درصد خطای هر یک از روابط.

رابطه	تعداد آزمایش‌ها در روند ارزیابی	متوسط درصد خطا
ظرفیت خمشی قائم دیوار غیرمسلح	۱۱	۲۸
ظرفیت خمشی افقی دیوار غیرمسلح	۱۱	۲۶
ظرفیت خمشی افقی دیوار مسلح به میلگرد بستر	۱	۳۶
ظرفیت خمشی افقی دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر	۹	۲۳
ظرفیت خمشی افقی دیوار مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف	۳	۱۸
ظرفیت خمشی قائم دیوار مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف	۱۶	-۵
ظرفیت خارج از صفحه دیوار غیرمسلح تحت خمشی دوطرفه	۱۱	-۷
ظرفیت خارج از صفحه دیوار مسلح به میلگرد بستر تحت خمشی دوطرفه	۶	۶
ظرفیت خارج از صفحه دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف سراسری تحت خمشی دوطرفه	۳	۱۹

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۳- ابزار محاسباتی تحت اکسل

به منظور سهولت در تخمین تقاضا و ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای و محاسبه طول بحرانی دیوار، دو ابزار محاسباتی تحت اکسل توسعه داده شده است. این ابزارها بر اساس روابط ارائه شده در فصول دوم و سوم این راهنما می‌باشند. نمایی از محیط ابزار محاسباتی مربوط به دیوارهای مسلح به میلگردبستر و دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در شکل‌های (پ-۳-۱) و (پ-۳-۲) نشان داده شده است. در هر دو ابزار محاسباتی، ابتدا کاربر ورودی‌های مورد نیاز از جمله مشخصات ساختمان، مشخصات و نوع تسلیح دیوار را تعریف می‌کند، سپس ابزار محاسباتی با استفاده از روابط فصول دوم و سوم، نیرو و ظرفیت خارج از صفحه دیوار را محاسبه می‌کند. از جمله خروجی‌های دیگر ابزارهای محاسباتی عبارتند از: ظرفیت خمش افقی و قائم دیوار، نسبت تقاضا به ظرفیت خارج از صفحه دیوار و نیروی عکس العمل وارد بر لبه‌های دیوار که برای طراحی اتصالات قابل استفاده است.

تذکره ۱: بر اساس تعریف ارائه شده در بخش ۳-۲ فصل ۳، طول بحرانی دیوار برابر با طول آزادی از دیوار است که در آن نسبت تقاضا به ظرفیت برابر با ۱ می‌شود. به این ترتیب با تعریف مشخصات ساختمان و مشخصات دیوار، با تغییر طول دیوار می‌توان طول بحرانی آن را با استفاده از این ابزارهای محاسبه به دست آورد.

تذکره ۲: ابزارهای محاسباتی معرفی شده در این پیوست قابل استفاده برای دیوارهای غیرمسلح، مسلح به میلگردبستر و مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف است. همچنین دیوارهای بنایی را می‌توان از واحدهای بنایی توپر یا توخالی در نظر گرفت و جنس واحدهای بنایی ممکن است رسی (سفالی)، سیمانی و یا AAC باشد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

شکل پ-۳-۱ نمایی از ابزار محاسباتی تحت اکسل برای طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مسلح به میلگرد بستر.

شکل پ-۳-۲ نمایی از ابزار محاسباتی تحت اکسل برای طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مسلح به کامپوزیت شبکه‌یالیاف.

پیوست ۴- آزمون‌های تعیین مشخصات تسلیح

بر اساس روابط ارائه شده در فصل سوم، به منظور تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مسلح، لازم است مشخصات کششی تسلیح برای طراح از قبل مشخص باشد؛ لذا لازم است شرکت‌های تولیدکننده میلگرد بستر و کامپوزیت‌های شبکه الیاف، آزمون‌های کششی ارائه شده در این پیوست را بر روی محصولات خود انجام داده و نتایج به دست آمده را از طریق وبسایت، کاتالوگ، شبکه‌های اجتماعی یا سایر روش‌ها منتشر کنند به نحوی که مشخصات تسلیح برای عموم مهندسان طراح معین باشد.

تذکر: نیازی به انجام آزمون‌های ارائه شده در این پیوست به صورت مجزا برای هر پروژه نمی‌باشد. بلکه شرکت‌های تولیدکننده میلگرد بستر و کامپوزیت شبکه الیاف باید به صورت دوره‌ای آزمون‌هایی مطابق با الزامات این پیوست بر روی محصولات خود انجام و نتایج آن را در اختیار مهندسان طراح قرار دهند.

پ-۴-۱- کنترل کیفیت و آزمون کششی میلگرد بستر

روند انجام آزمون کششی بر روی میلگرد بستر در شکل (پ-۴-۱) نشان داده شده است. مفتول‌های استفاده شده در تولید میلگرد بستر باید دارای پوشش گالوانیزه یا سایر پوشش‌های محافظتی در برابر خوردگی باشند و قطر مفتول در میلگرد بستر نباید از ۵ میلی‌متر بیشتر و از ۳/۵ میلی‌متر کمتر باشد. در محاسبه ظرفیت خمشی خارج از صفحه دیوار مسلح به میلگرد بستر مطابق با فصل سوم، مقاومت تسلیم میلگرد بستر (f_y) مورد نیاز است. این کمیت باید بر اساس میانگین منهای یک انحراف معیار نتایج حاصل از آزمون کششی حداقل بر روی ۵ نمونه مفتول به دست آید. مفتول‌های مورد آزمایش باید دارای نقطه جوشی باشد که مفتول عرضی را به مفتول طولی متصل می‌کند.

تذکر: 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، بخشی از مفتول عرضی نیز متصل باشد.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

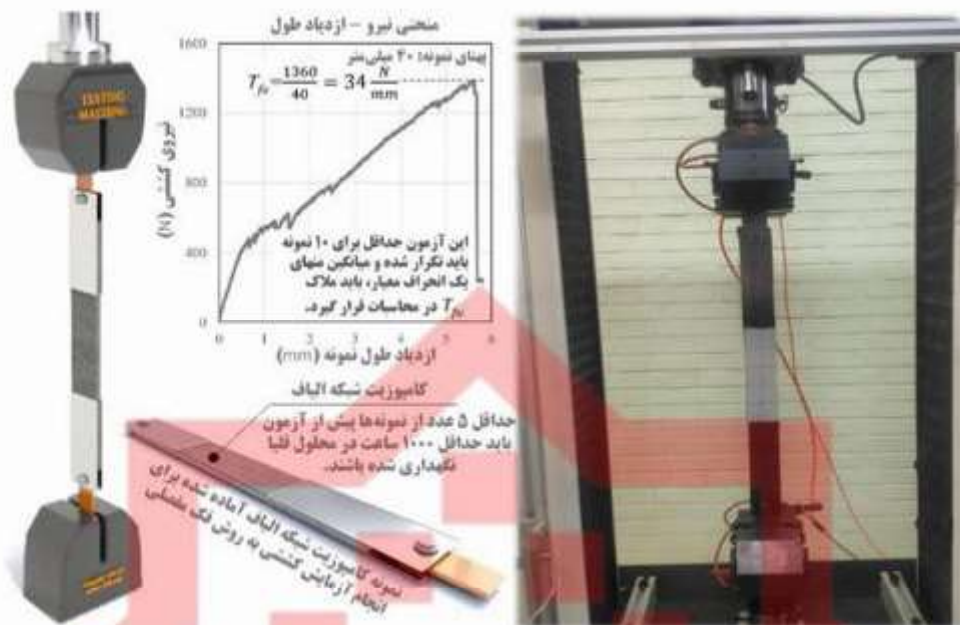


شکل پ-۴-۱ نحوه انجام آزمون کششی بر روی نمونه میگرد بستر.

پ-۴-۲- کنترل کیفیت و آزمون کششی کامپوزیت شبکه الیاف

مشخصات کامپوزیت‌های شبکه الیاف نه تنها به شبکه الیاف، بلکه به ملات مورد استفاده در ساخت کامپوزیت نیز بستگی دارد؛ بنابراین در تسلیح به روش کامپوزیت شبکه الیاف ضروری است از ملات مخصوص به کامپوزیت شبکه الیاف استفاده شود. استفاده از سایر ملات‌های ناهمگون در ترکیب با شبکه الیاف مجاز نمی‌باشد. در محاسبه ظرفیت خمشی خارج از صفحه دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف مطابق با فصل سوم، ظرفیت کششی کامپوزیت در واحد عرض (T_{fu}) مورد نیاز است. این کمیت باید بر اساس میانگین منهای یک انحراف معیار نتایج حاصل از آزمون کششی حداقل بر روی ۱۰ نمونه کامپوزیت شبکه الیاف به دست آید. پیش از انجام آزمون کششی لازم است حداقل ۵ عدد از نمونه‌ها به مدت حداقل ۱۰۰۰ ساعت (۴۲ روز) در محیط آزمایشگاه و حداقل ۵ عدد از نمونه‌ها به مدت حداقل ۱۰۰۰ ساعت (۴۲ روز) در محلول قلیا با دمای حداقل ۲۵ درجه سانتی‌گراد و $\text{PH} > 9.5$ نگهداری شوند.

به منظور کنترل معیار پذیرش عملکرد درازمدت و دوام کامپوزیت‌های شبکه الیاف شیشه، از نتایج آزمون‌های کششی فوق استفاده می‌شود. برای این منظور میانگین ظرفیت کششی به دست آمده از نمونه‌های نگهداری شده در داخل محلول قلیا، نباید از ۰/۸۵ میانگین ظرفیت کششی به دست آمده از نمونه‌های نگهداری شده در محیط آزمایشگاه کمتر باشد. مطابق شکل (پ-۴-۲)، آزمون کششی باید به روش فک مفصلی انجام شود به نحوی که فک دستگاه آزمون منجر به ایجاد شرایط محصورشدگی در انتهای نمونه‌های کامپوزیت نشود.



شکل پ-۴-۲ نحوه انجام آزمون کششی بر روی نمونه کامپوزیت شبکه الیاف.

تذکر ۱: طرح اختلاط ملات مورد استفاده در ساخت کامپوزیت، جنس شبکه الیاف، اندازه چشمه‌های شبکه الیاف، تعداد لایه‌های شبکه الیاف داخل کامپوزیت از جمله عوامل مؤثر در ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف است و در صورت تغییر هریک از این موارد لازم است آزمون‌های کششی ارائه شده در این بخش تکرار شود و نتایج آزمون به صورت مستقل برای جزئیات مذکور منتشر شود؛ بنابراین، در مرحله طراحی، باید از جزئیاتی برای کامپوزیت شبکه الیاف استفاده شود که پیش‌تر توسط شرکت تولیدکننده کامپوزیت شبکه الیاف، آزمایش شده و نتایج آزمون‌های آن موجود باشد.

تذکر ۲: 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) است. در آزمون کششی بر روی نمونه کامپوزیت شبکه الیاف عواملی از جمله عدم توزیع یکنواخت نیرو و تمام عرض شبکه الیاف، اندرکنش شبکه الیاف با ملات و بروز سرخوردگی بین شبکه الیاف و ملات کامپوزیت، منجر به کاهش ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در مقایسه با ظرفیت کششی شبکه الیاف به صورت مجزا می‌شود. براین اساس، انجام آزمون کششی بر روی نمونه‌های شبکه الیاف به صورت مجزا و خارج از کامپوزیت (بدون ملات) ضرورتی ندارد و چنین نتایجی نباید ملاک محاسبات قرار گیرد.

تذکر ۳: در صورتی که از شبکه الیاف شیشه در ساخت کامپوزیت استفاده شده و پلاستر استفاده شده در کامپوزیت از نوع پلاستر قلیایی باشد، لازم است شبکه الیاف شیشه از نوع مقاوم به قلیا (AR) باشد. پلاسترهای سیمانی و آهکی در دسته پلاسترهای قلیایی و پلاسترهای گچی در دسته پلاسترهای غیرقلیایی هستند. بنابراین در صورتی که پلاستر (ملات) استفاده شده در کامپوزیت شبکه الیاف شیشه از نوع پلاستر سیمانی یا آهکی باشد، الزاماً باید شبکه الیاف شیشه از نوع مقاوم به قلیا (AR) باشد.

تذکر ۴: در صورتی که ملات استفاده شده در کامپوزیت از نوع ملات گچی باشد، هر ۱۰ نمونه کامپوزیت در محیط آزمایشگاه نگهداری می‌شود و نیازی به نگهداری نمونه‌ها در محلول قلیایی نمی‌باشد.

تذکر ۵: روند کنترل کیفیت و انجام آزمون کششی بر روی کامپوزیت شبکه الیاف که در این بخش ارائه شده است روندی اصلاح شده و ساده‌سازی شده از الزامات (AC 434 (2016 است که مورد پذیرش ACI 549.6R (2020 نیز می‌باشد.



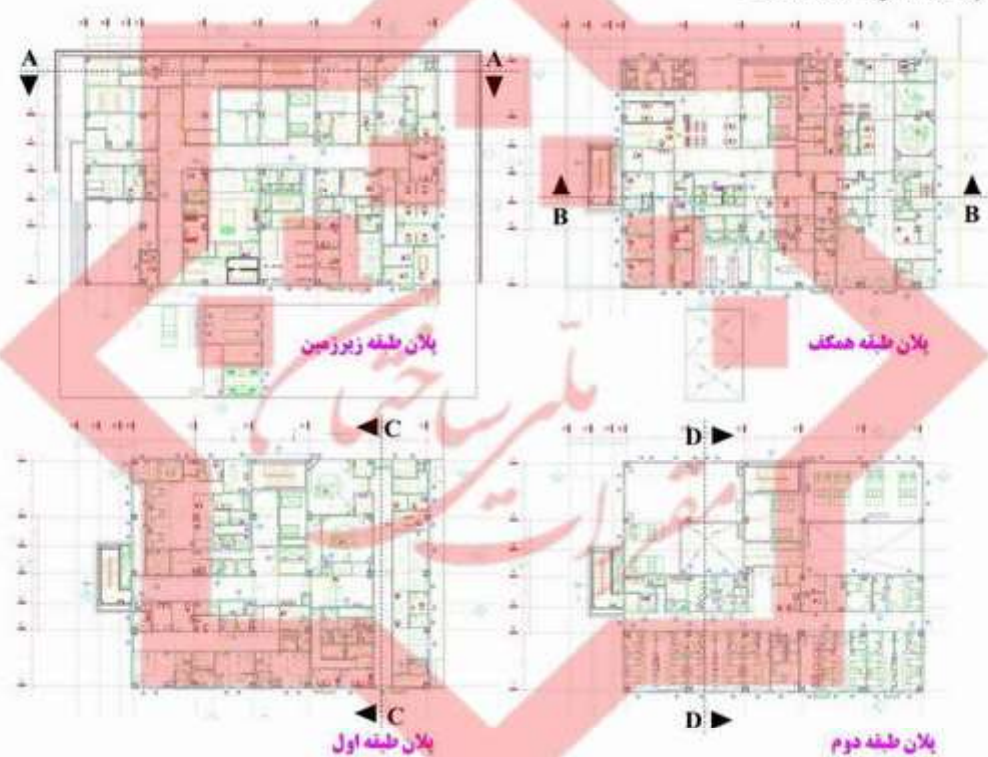
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۵- نمونه پروژه- بیمارستان

در این پیوست، روند طراحی پروژه محور معرفی شده در فصل چهارم این راهنما برای طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای یک بیمارستان ارائه شده است. مهندسان محاسب می‌توانند از ساختاری مشابه این پیوست به منظور تهیه دفترچه محاسبات برای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای استفاده کنند.

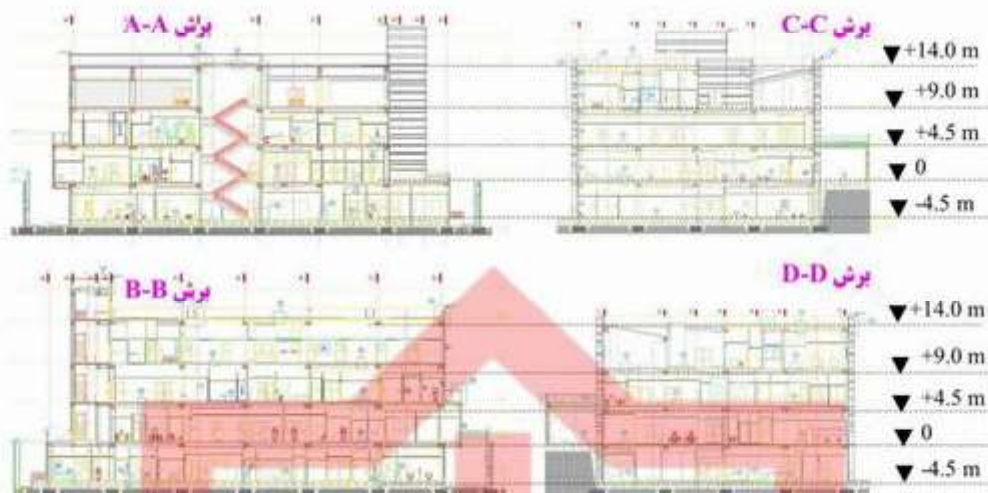
پ-۵-۱- مرحله اول: پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه

پلان طبقات زیرزمین، همکف، اول و دوم در شکل (پ-۵-۱) و برش‌هایی از پلان طبقات در شکل (پ-۵-۲) ارائه شده است.



شکل پ-۵-۱ پلان معماری و جانمایی دیوارهای غیرسازه‌ای

دفتر مقرر است ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۵-۲ برش طبقات و کدهای ارتفاعی طبقات

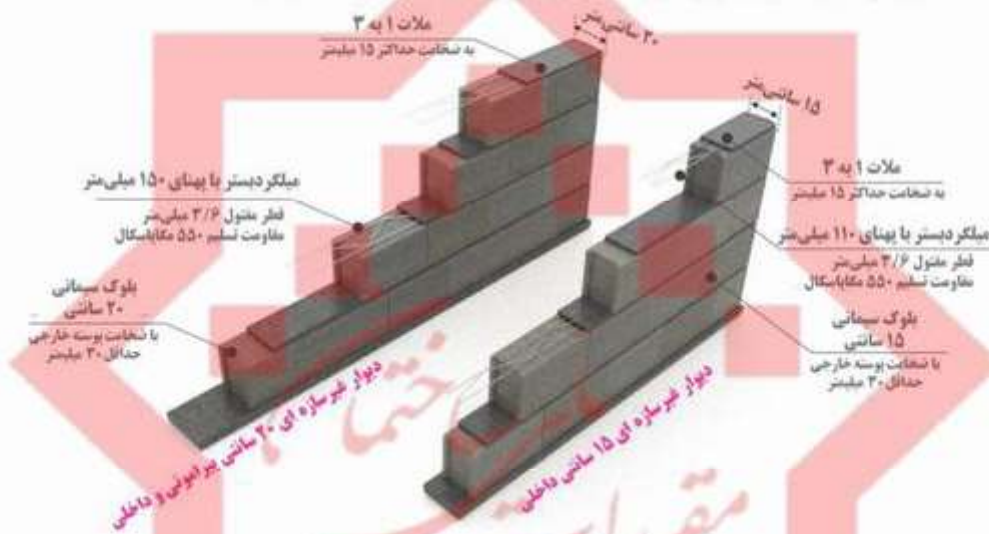
پ-۵-۲- مرحله دوم : تیپ‌بندی دیوارها و تعیین تسلیح و شرایط مرزی

بر اساس هماهنگی انجام شده بین کارفرما، طراح و مجری پروژه، از بلوک‌های سیمانی توخالی به منظور ساخت کلیه دیوارهای غیرسازه‌ای داخلی و پیرامونی ساختمان استفاده خواهد شد. با توجه به الزامات معماری و رعایت الزامات مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان (مدیریت انرژی در ساختمان)، کلیه دیوارهای پیرامونی دارای ضخامت ۲۰ سانتی‌متر، دیوارهای داخلی اطراف راهروها و زون‌های حریق دارای ضخامت ۲۰ سانتی‌متر و سایر دیوارهای داخلی دارای ضخامت ۱۵ سانتی‌متر هستند. ضخامت‌های مذکور مربوط به ضخامت بلوک و بدون احتساب نازک‌کاری دیوار می‌باشند.

با توجه به الزامات معماری و تاسیساتی مربوط به بیمارستان، دیوارهای غیرسازه‌ای در ساختمان مدنظر دارای ارتفاع‌های متفاوتی هستند. شکل (پ-۵-۳) بخشی از پلان معماری طبقه همکف را نشان می‌دهد که در آن دیوارهای مختلف با رنگ‌های متفاوت نشان داده شده‌اند. به طور کلی، دیوارهای پیرامونی همگی تا زیر سقف ادامه یافته (با رعایت فاصله جداسازی ۳ سانتی‌متر تا زیر سقف)، اما برخی از دیوارهای داخلی به منظور عبور تاسیسات دارای فاصله قابل توجهی (بین ۸۰ الی ۱۴۰ سانتی‌متر) تا زیر سقف هستند. بر این اساس، ارتفاع دیوارهای مختلف به صورت ارائه شده در جدول (پ-۵-۱) می‌باشد.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

قسمت‌های پلان فراهم می‌کند. در این پروژه از میلگردبستر با قطر مفتول $3/6$ میلی‌متر و مقاومت تسلیم 550 مگاپاسکال استفاده می‌شود. میلگردهای بستر به صورت یک رج درمیان در تمام دیوارها اجرا می‌شوند که با توجه به ارتفاع بلوک‌های سیمانی، فاصله میلگردهای بستر از یکدیگر حدود 420 میلی‌متر خواهد بود (ارتفاع هر بلوک 200 میلی‌متر و ضخامت ملات بند بستر حدود 10 میلی‌متر است). همچنین در کلیه دیوارها از ملات ماسه سیمان به نسبت حجمی 1 به 3 استفاده شده‌است و رطوبت ملات در کلیه دیوارها حداقل به مدت سه روز حفظ می‌شود. برای دیوارهای با ضخامت 20 سانتی‌متر، از میلگردهای بستر با پهنای 150 میلی‌متر و برای دیوارهای 15 سانتی‌متر از میلگردهای بستر با پهنای 110 میلی‌متر استفاده می‌شود. جزئیاتی از دیوارهای داخلی و پیرامونی در شکل (پ-۵-۴) ارائه شده است.



شکل پ-۵-۴ جزئیاتی از دیوارهای غیرسازه‌ای داخلی و پیرامونی

بر اساس توضیحات فوق، در پروژه مدنظر از ۴ تیپ دیوار به ترتیب زیر استفاده خواهد شد. خلاصه مشخصات تیپ‌های دیوار در جدول (پ-۵-۲) نیز ارائه شده است.

تیپ ۱: دیوارهای پیرامونی با ضخامت 20 سانتی‌متر با ارتفاع آزاد بین $4/3$ متر الی $4/8$ متر و فاقد اتصال کشویی بین دیوار و سقف (با رعایت فاصله 3 سانتی تا زیر سقف). این تیپ دیوار مسلح به میلگرد بستر با پهنای 110 میلی‌متر می‌باشد که به صورت یک رج درمیان (فاصله میلگرد بستر حدود 420 میلی‌متر) اجرا می‌شود.

تیپ ۲: دیوارهای داخلی با ضخامت 20 سانتی‌متر با ارتفاع آزاد بین $4/3$ متر الی $4/8$ متر و فاقد اتصال کشویی بین دیوار و سقف (با رعایت فاصله 3 سانتی تا زیر سقف). این تیپ دیوار مسلح به میلگرد بستر

با پهنای ۱۱۰ میلی‌متر، قطر مفتول $3/6$ میلی‌متر و مقاومت تسلیم ۵۵۰ مگاپاسکال می‌باشد که به صورت یک رج درمیان (فاصله میلگرد بستر حدود ۴۲۰ میلی‌متر) اجرا می‌شود.

تیپ ۳: دیوارهای داخلی با ضخامت ۱۵ سانتی‌متر با ارتفاع آزاد بین $3/4$ متر الی $4/8$ متر و فاقد اتصال کشویی بین دیوار و سقف (با رعایت فاصله ۳ سانتی تا زیر سقف). این تیپ دیوار مسلح به میلگرد بستر با پهنای ۵۵ میلی‌متر، قطر مفتول $3/6$ میلی‌متر و مقاومت تسلیم ۵۵۰ مگاپاسکال می‌باشد که به صورت یک رج درمیان (فاصله میلگرد بستر حدود ۴۲۰ میلی‌متر) اجرا می‌شود.

تیپ ۴: دیوارهای جان‌پناه با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر با ارتفاع آزاد $1/3$ متر. این تیپ دیوار مسلح به میلگرد بستر با پهنای ۱۱۰ میلی‌متر، قطر مفتول $3/6$ میلی‌متر و مقاومت تسلیم ۵۵۰ مگاپاسکال می‌باشد که به صورت یک رج درمیان (فاصله میلگرد بستر حدود ۴۲۰ میلی‌متر) اجرا می‌شود.

جدول پ-۵-۲ جزئیات تیپ‌بندی دیوارها

نوع	ضخامت (میلی متر)	ارتفاع آزاد (متر)	شرایط مرزی	تسلیح
تیپ ۱ پیرامونی	۲۰۰	۴/۳ ~ ۴/۸	A (فاقد اتصال به سقف)	BJR-150-420
تیپ ۲ داخلی	۲۰۰	۴/۳ ~ ۴/۸		BJR-150-420
تیپ ۳ داخلی	۱۵۰	۳/۴ ~ ۴/۸		BJR-110-420
تیپ ۴ پیرامونی	۲۰۰	۱/۳		BJR-150-420
BJR-150-420: میلگردبستر با پهنای ۱۵۰ میلی متر به فواصل ۴۲۰ میلی متر (یک رج درمیان)				
BJR-110-420: میلگردبستر با پهنای ۱۱۰ میلی متر به فواصل ۴۲۰ میلی متر (یک رج درمیان)				
در تمام موارد قطر مفتول طولی میلگرد بستر ۳/۶ میلی متر و مقاومت تسلیم ۵۵۰ مگاپاسکال است.				

پ-۵-۳- مرحله سوم: محاسبه وزن هر یک از تیپ‌های دیوار

برای محاسبه نیروی لرزه‌ای وارده بر دیوارها، لازم است ابتدا وزن دیوارهای غیرسازه‌ای محاسبه شود. مطابق شکل (پ-۵-۵)، به طور کلی وزن دیوار شامل وزن خود دیوار به همراه نازک‌کاری یا نمای اجرا شده در دو وجه دیوار است. با توجه به کاربری ساختمان، نازک‌کاری‌های متعددی در بخش‌های مختلف بیمارستان انجام می‌شود. لذا دیوارهای غیرسازه‌ای مختلف در ساختمان دارای ضخامت و نازک‌کاری متفاوت است و متعاقباً وزن دیوارهای مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشد. براساس نقشه نازک‌کاری ساختمان، وزن نازک‌کاری‌های مختلف استفاده شده در دیوارهای موجود در فضاهای مختلف، مطابق جدول (پ-۵-۳) می‌باشد.



شکل پ-۵-۵ تعیین وزن دیوارهای غیرسازه‌ای

همچنین وزن دیوارهای ساخته شده با بلوک‌های سیمانی و فاقد نازک‌کاری به ترتیب زیر قابل محاسبه است:

$$0.15 \times 900 = 135 \text{ kg/m}^2 = \text{وزن دیوار ۱۵ سانتی متری فاقد نازک‌کاری}$$

$$0.2 \times 900 = 180 \text{ kg/m}^2 = \text{وزن دیوار ۲۰ سانتی متری فاقد نازک‌کاری}$$

جدول پ-۵-۳ وزن نازک‌کاری و نما بر روی وجوه دیوارهای داخلی و پیرامونی

دیوار	نازک‌کاری	وزن نازک‌کاری
پله‌ها	سرامیک پرس‌لان	$0.04 \times (2100) + 0.01 \times (2200) \approx 105 \text{ kg/m}^2$
اتاق‌ها - بستری‌ها	اندود گچ و خاک و دو گچه پرداختی	$0.02 \times (1600) + 0.01 \times (1300) \approx 45 \text{ kg/m}^2$
راهروهای داخل بخش - سالن انتظار	اندود گچ و خاک و دو گچه پرداختی + سرامیک پرس‌لان تا ارتفاع ۱۲۰ سانتیمتر	$0.4 \times 105 + 0.6 \times 45 = 70 \text{ kg/m}^2$
سرویس بهداشتی و فضاهای خیس - مورگ	کاشی	$0.04 \times (2100) + 0.01 \times (1700) \approx 100 \text{ kg/m}^2$
دسترسی‌های عمومی - پیش فضای آسانسور	سنگ مرمریت	$0.03 \times (2100) + 0.02 \times (2700) \approx 115 \text{ kg/m}^2$
اورژانس - مراقبت ویژه	کاشی	100 kg/m^2
راهروهای اورژانس	اندود گچ و خاک و دو گچه پرداختی + سرامیک پرس‌لان تا ارتفاع ۱۲۰ سانتیمتر	$0.4 \times 105 + 0.6 \times 45 \approx 70 \text{ kg/m}^2$
استرل مرکزی	کاشی	100 kg/m^2

100 kg/m ²	کاشی	اتاق‌های عمل
100 kg/m ²	کاشی	رختکن‌های مرکزی
100 kg/m ²	کاشی	رختکن‌های داخل بخش
$0.003 \times (11400) + 0.02 \times (800) \approx 50 \text{ kg/m}^2$	سرب کوبی + پوشش MDF	تصویربرداری
45 kg/m ²	آندود گچ و خاک و دو گچ برداختی	اداری-مدیریت
100 kg/m ²	کاشی	آزمایشگاه
100 kg/m ²	کاشی	نمونه گیری
100 kg/m ²	کاشی	رختشویخانه-آشپزخانه
100 kg/m ²	کاشی	آب‌ارها
100 kg/m ²	کاشی	آب‌ار درون بخشی
100 kg/m ²	کاشی	سردخانه‌ها
$0.03 \times (2100) \approx 35 \text{ kg/m}^2$	آندود سیمان تخته ماله	موتورخانه مرکزی
35 kg/m ²	آندود سیمان تخته ماله	اتاق برق
100 kg/m ²	کاشی	هواساز
100 kg/m ²	کاشی	گاز طبی
45 kg/m ²	آندود گچ و خاک و دو گچ برداختی	نمازخانه
105 kg/m ²	سرامیک پرس‌لان تا زیر سقف کاذب	دهالیز
$0.03 \times (2100) + 0.02 \times (2500) \approx 115 \text{ kg/m}^2$	سنگ تراورتن ۲ سانتی	نمای ساختمان

برای تعیین وزن نهایی دیوارها، با توجه به پلان کاربری فضاها، بحرانی‌ترین نازک‌کاری برای دیوارهای هر تیپ در نظر گرفته شده است.

در خصوص دیوارهای تیپ ۱ و ۴ (دیوارهای پیرامونی و جان‌پناه)، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی‌ترین حالت، حالتی است که وجه بیرونی نما و وجه داخلی سرامیک پرس‌لان باشد. به‌این ترتیب وزن نهایی دیوارهای پیرامونی و جان‌پناه جهت طراحی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{وزن دیوار پیرامونی با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر} = 105 + 180 + 115 = 400 \text{ kg/m}^2 \approx 4000 \text{ N/m}^2$$

در خصوص دیوارهای تیپ ۲ (دیوارهای داخلی با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر)، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی‌ترین حالت، حالتی است که هر دو وجه سنگ مرمریت باشد. به‌این ترتیب وزن نهایی دیوارهای داخلی با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر برای طراحی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{وزن دیوار داخلی با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر} = 115 + 180 + 115 = 410 \text{ kg/m}^2 \approx 4100 \text{ N/m}^2$$

در خصوص دیوارهای تیپ ۳ (دیوارهای داخلی با ضخامت ۱۵ سانتی‌متر)، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی‌ترین حالت، حالتی است که هر دو وجه کاشی باشد. به این ترتیب وزن نهایی دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی برای طراحی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$100 + 135 + 100 = 335 \text{ kg/m}^2 \approx 3350 \text{ N/m}^2$$

= وزن دیوار داخلی با ضخامت ۱۵ سانتی‌متر

تذکر: لازم به ذکر است بسیاری از دیوارهای موجود در هر یک از تیپ‌ها دارای وزن کمتری نسبت به مقادیر فوق هستند. به عنوان مثال تنها برخی از دیوارهای موجود در تیپ ۳، دارای کاشی در هر دو وجه خود بوده و باقی دیوارهای موجود در این تیپ دارای نازک‌کاری سبک‌تری می‌باشند. با این وجود، به منظور تسهیل در روند طراحی، در جهت اطمینان از سنگین‌ترین نازک‌کاری موجود در هر تیپ برای تعیین وزن و بار لرزه‌ای وارد بر کلیه دیوارهای آن تیپ استفاده می‌شود. در صورت وجود تفاوت بسیار زیاد مابین وزن دیوارهای یک تیپ، می‌توان دیوارهای سنگین را در تیپ جداگانه‌ای دسته بندی نمود.

پ-۴-۵- مرحله چهارم: تعیین محل احداث و مشخصات ساختمان

ساختمان مدنظر بیمارستانی واقع در منطقه‌ای با سرعت مبنای باد ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت و شتاب مبنای طرح برابر با ۰/۳۰ می‌باشد. با توجه به کاربری ساختمان، از منظر مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) گروه خطرپذیری ساختمان ۱ (جدول ۶-۱-۱ مبحث مذکور) و از منظر استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) سازه دارای اهمیت بسیار زیاد می‌باشد. لذا مطابق جدول ۶-۱-۲ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) ضریب اهمیت بار زلزله برابر ۱/۴ و ضریب اهمیت بار باد ۱/۲ می‌باشد. این ضرایب در تعیین نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوارهای غیرسازه‌ای، استفاده می‌شود. بر اساس طراحی سازه‌ای انجام شده، حداکثر نسبت تغییر مکان جانبی نسبی طبقات به صورت واقعی (غیرالاستیک) تحت زلزله طرح (دوره بازگشت ۴۷۵ سال) معادل ۱٪ است (در تعیین حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات، لازم نیست ضریب اهمیت در نیروهای لرزه‌ای اعمال شده باشد). همچنین خاک محل احداث ساختمان بر اساس دسته‌بندی استاندارد ۲۸۰۰ ایران خاک نوع ۲ بوده و ساختمان در محیط نسبتاً باز و بدون ساختمان‌های متعدد واقع شده است.

مقررات ملی و کنترل ساختمان

پ-۵-۵- مرحله پنجم: تخمین نیروی خارج از صفحه هر یک از تیپ‌های دیوار

نیروی ناشی از باد: با توجه به اینکه ساختمان در محیطی نسبتاً باز و فاقد ساختمان‌های متعدد احداث می‌شود، نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوارهای پیرامونی ناشی از باد بر اساس رابطه (۲-۲) فصل دوم قابل تخمین است. برای سهولت، رابطه مذکور در این بخش نیز بازنویسی شده است.

$$W_{wind} = 0.2 V^2 I_w \left(\frac{H_t}{10} \right)^{0.2}$$

که

W_{wind} : نیروی ناشی از باد در امتداد خارج از صفحه دیوارهای پیرامونی (N/m^2)

I_w : ضریب اهمیت بار باد که برای ساختمان مدنظر برابر با ۱/۲ است.

V : سرعت مبنای باد (km/h) که برای ساختمان مدنظر ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت برآورد می‌شود.

H_t : ارتفاع کل ساختمان از سطح زمین (m) که برای ساختمان مدنظر مقدار آن برابر با ۱۴ متر می‌باشد.

بنابراین، تقاضای خارج از صفحه ناشی از باد معادل ۳/۱۱ کیلوپاسکال (حدود ۳۱۰ کیلوگرم بر مترمربع) برآورد می‌شود. این تقاضا صرفاً در دیوارهای پیرامونی و جان‌پناه‌ها (دیوارهای تیپ ۱ و ۴) اعمال می‌شود.

تقاضای ناشی از زلزله: تقاضای خارج از صفحه ناشی از زلزله با استفاده از رابطه (۳-۲) فصل دوم تخمین زده می‌شود. رابطه مذکور برای سهولت در این بخش نیز بازنویسی شده است.

$$W_{eq} = 0.48A(1 + S)\lambda_s I_p W_p$$

که در آن:

W_{eq} : نیروی لرزه‌ای خارج از صفحه دیوار در واحد سطح (N/m^2).

A : شتاب مبنای طرح (g) بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) که برای ساختمان مدنظر مقدار آن برابر با ۰/۳۰ است.

I_p : ضریب اهمیت لرزه‌ای دیوار بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) که برای ساختمان مدنظر مقدار آن برابر با ۱/۴ است.

S : پارامتر مربوط به خطرپذیری لرزه‌ای بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) که برای ساختمان مدنظر مقدار آن برابر با ۱/۵ است.

W_p : وزن دیوار همراه با نازک‌کاری و نمای متصل به آن (N/m^2). مقدار این کمیت برای هر تیپ دیوار متفاوت است.

۸: ضریب اصلاح شتاب است که برای خریشته (یا طبقات با سختی بسیار کمتر از سایر طبقات تحتانی) مقدار آن برابر با ۲ و برای سایر طبقات مقدار آن برابر با ۱ است. در این پیوست هدف، ارائه روند طراحی دیوارهای واقع در طبقات است لذا مقدار این کمیت برابر با ۱ خواهد بود.

نیروی ناشی از زلزله هم بر دیوارهای داخلی و هم بر دیوارهای پیرامونی اعمال می‌شود. با استفاده از روابط فوق، نیروی خارج از صفحه وارد بر تیپ‌های مختلف دیوار در جدول (پ-۵-۴) ارائه شده است.

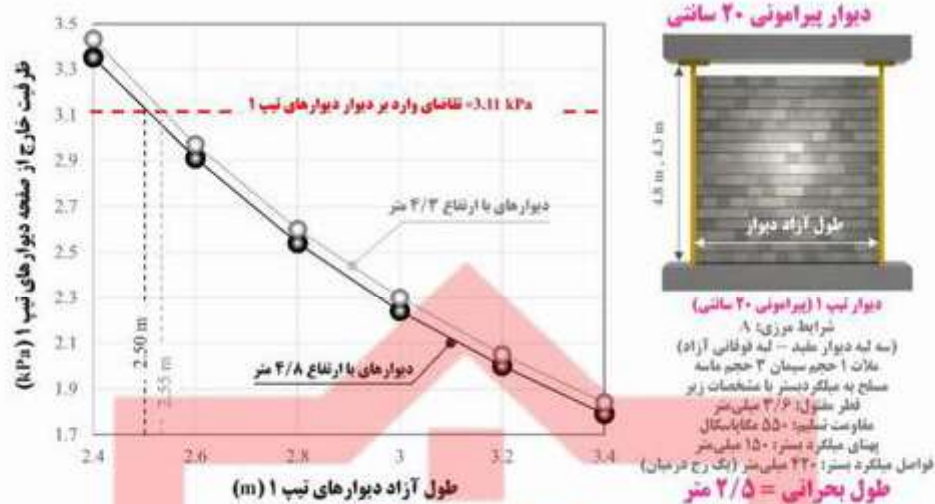
جدول پ-۵-۴ تقاضای خارج از صفحه ناشی از زلزله و باد

تیپ دیوار	توضیحات تیپ دیوار	وزن تیپ دیوار	تقاضای ناشی از زلزله	تقاضای ناشی از باد	تقاضای نهایی طراحی
تیپ ۱	دیوار پیرامونی ۲۰ سانتی	4000 N/m ²	2.02 kPa	3.11 kPa	3.11 kPa
تیپ ۲	دیوار داخلی ۲۰ سانتی	4100 N/m ²	2.07 kPa	-	2.07 kPa
تیپ ۳	دیوار داخلی ۱۵ سانتی	3350 N/m ²	1.69 kPa	-	1.69 kPa
تیپ ۴	دیوار جان پناه ۲۰ سانتی	4000 N/m ²	2.02 kPa	3.11 kPa	3.11 kPa

پ-۵-۶- مرحله ششم: تعیین طول بحرانی برای هر یک از تیپ‌های دیوار

در این مرحله، با در نظر گرفتن حداکثر ارتفاع آزاد مربوط به هر تیپ، طول بحرانی مربوط به هر یک از تیپ‌های دیوار محاسبه می‌شود. برای محاسبه طول بحرانی از روش ارائه شده در بخش ۳-۲-۲ استفاده شده است. نحوه محاسبه طول بحرانی برای هر چهار تیپ دیوار در شکل‌های (پ-۵-۶) تا (پ-۵-۹) نشان داده شده است. نتیجه نهایی در جدول (پ-۵-۵) نیز ارائه شده است.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

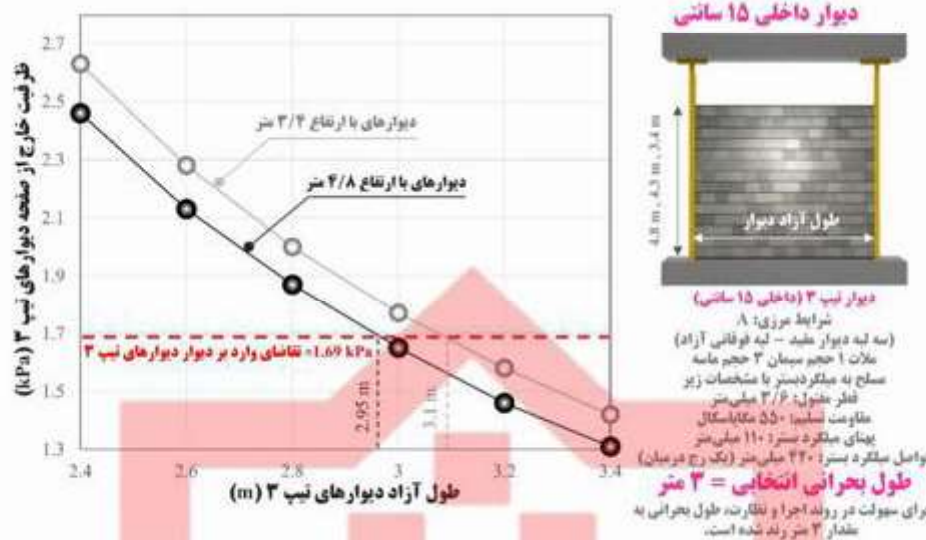


شکل پ-۵-۶: تعیین طول بحرانی برای دیوارهای تیب ۱ (دیوارهای پیرامونی ۲۰ سانتی)



شکل پ-۵-۷: تعیین طول بحرانی برای دیوارهای تیب ۲ (دیوارهای داخلی ۲۰ سانتی)

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۵-۸ تعیین طول بحرانی برای دیوارهای تپ ۳ (دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی)



شکل پ-۵-۹ تعیین طول بحرانی برای دیوارهای تپ ۴ (دیوارهای جان پناه ۲۰ سانتی)

جدول پ-۵-۵ طول بحرانی تپ‌های مختلف دیوار

تپ دیوار	تپ ۱	تپ ۲	تپ ۳	تپ ۴
نوع دیوار	دیوار ۲۰ سانتی پیرامونی	دیوار ۲۰ سانتی داخلی	دیوار ۱۵ سانتی داخلی	دیوار ۲۰ سانتی جان پناه
طول بحرانی	۲.۵ m	۳.۰ m	۳.۰ m	۳.۰ m

تذکر ۱: مطابق بند ۴-۱۰-۱، در صورتی که در طول آزاد دیوار بازشو وجود داشته باشد و ارتفاع بخش بنایی بالای بازشو کمتر از ۲۰٪ ارتفاع دیوار باشد، لازم است طول بحرانی دیوار که با فرض عدم وجود بازشو محاسبه شده است، به میزان ۳۰٪ کاهش داده شود. در ساختمان مدنظر ارتفاع درب‌ها عموماً ۲۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع پنجره‌ها حداکثر ۱۵۰ سانتی‌متر، با ارتفاع دست انداز حداکثر ۱۰۰ سانتی‌متر است. از طرفی کمترین ارتفاع دیوارهای ساختمان مدنظر ۳۴۰ سانتی‌متر می‌باشد. بنابراین ارتفاع بخش بنایی روی بازشو همواره بیش از ۲۰٪ ارتفاع دیوار بوده و نیازی به کاهش طول بحرانی نخواهد بود. به عبارت دیگر، طول‌های بحرانی محاسبه شده در این بخش هم برای دیوارهای فاقد بازشو و هم برای دیوارهای دارای بازشو قابل استفاده هستند.

تذکر ۲: شکل‌های (پ-۵-۶) الی (پ-۵-۹) صرفاً به منظور شفاف سازی بیشتر مفهوم طول بحرانی ارائه شده است. در تهیه دفترچه محاسبات برای پروژه‌های واقعی نیاز به ارائه چنین جزئیاتی نیست و کافی است طولی از دیوار که متجر به نسبت نیرو به ظرفیتی برابر با ۱ می‌شود، گزارش شود. برای این منظور می‌توان از ابزارهای محاسباتی تحت اکسل معرفی شده در پیوست ۳ استفاده نمود.

پ-۵-۷- مرحله هفتم: جانمایی و ادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن‌ها

جانمایی و ادارها بر روی نقشه معماری پلان طبقات انجام می‌شود. لازم به ذکر است، ارتفاع آزاد دیوار در تعیین طول بحرانی لحاظ شده و استفاده از وادارهای افقی از منظر فنی ضرورتی ندارند. در جانمایی وادارهای قائم علاوه بر الزامات فنی، لازم است بر الزامات اجرایی نیز توجه شود. الزامات فنی و اجرایی مدنظر در این پروژه به شرح زیر است:

الزامات فنی:

- طول آزاد کلیه دیوارهای موجود در هر تیپ، نباید از طول بحرانی مربوط به آن تیپ بیشتر باشد. در غیر این صورت لازم است با استفاده از وادارهای قائم، طول آزاد دیوار کاهش یابد.
- در فاصله کمتر از ۱ متری اتصالات هشتگیر، نباید وادار قائم در دیوارهای هشتگیر شده وجود داشته باشد. در صورتی که استفاده از وادار قائم در فاصله کمتر از ۱ متری اتصال دیوار به دیوار اجتناب ناپذیر باشد، اتصال دیوار به دیوار باید به صورت اتصال جداسازی شده باشد و نباید از اتصال هشتگیر استفاده شود.

الزامات اجرایی (پس از مشورت با کارفرما، طراح و مجری):

- در این پروژه، برای بازشوهای با عرض بیش از ۱/۵ متر حداقل در یک سمت بازشو از وادار قائم استفاده خواهد شد. همچنین برای بازشوهای با عرض بیش از ۲ متر در هر دو سمت بازشو از

وادیار قائم استفاده خواهد شد. این تصمیم به دلیل کاهش مقطع مورد نیاز برای نعل درگاه بالای بازشو اتخاذ شده است، زیرا در صورتی که اطراف بازشو وادیار وجود داشته باشد، اتصال نعل درگاه به وادیار را می‌توان به صورت گیردار در نظر گرفت و این امر سبب کاهش لنگر خمشی و خیز نعل درگاه می‌شود.

- برای بازشوهایی موجود در دیوارهای پیرامونی حداقل در یک سمت بازشو از وادیار قائم استفاده می‌شود، علت این امر تسهیل در شاقول نمودن دیوار و قاب فرعی (ساب فریم) بازشو است.

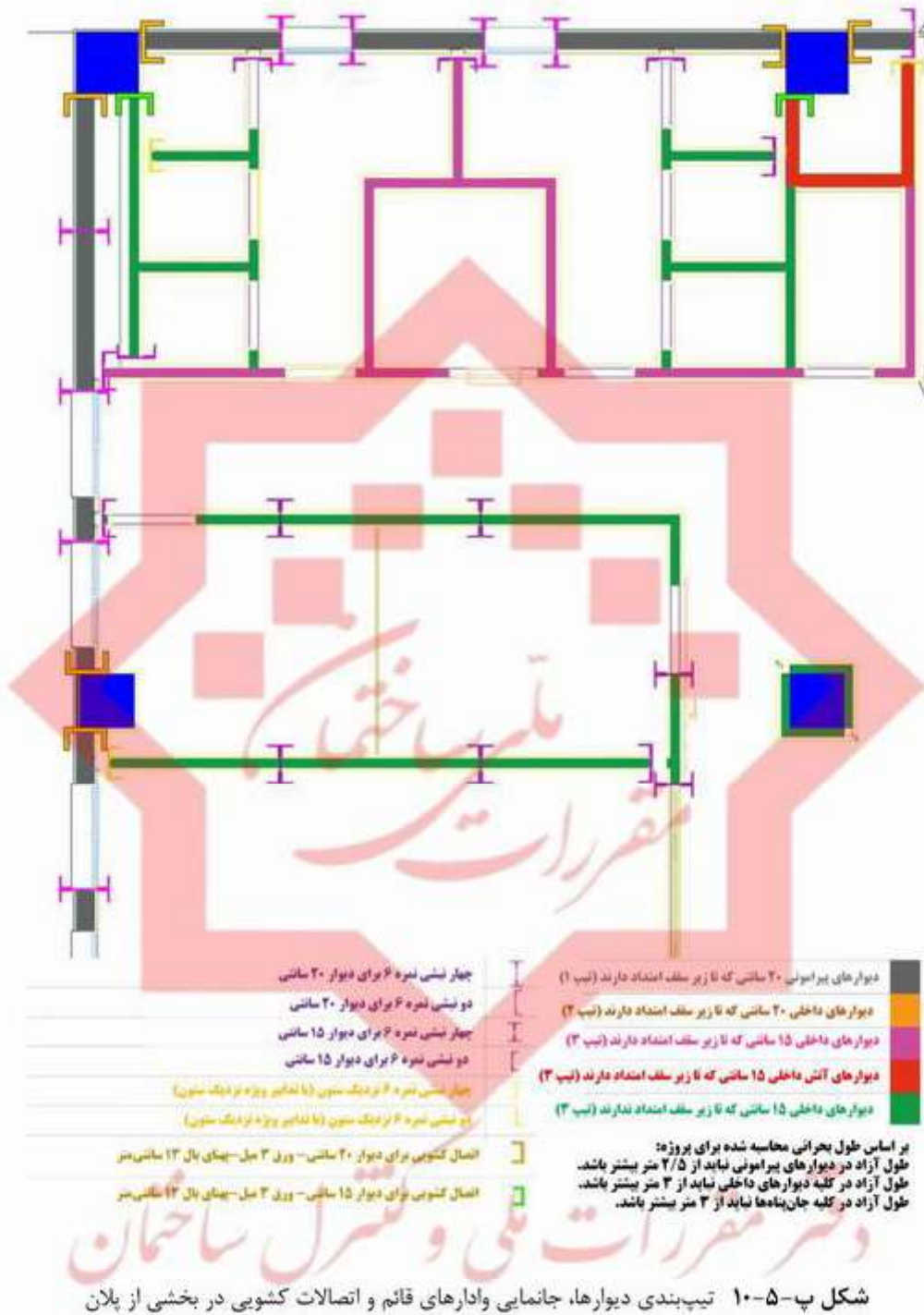
- برای اتصال دیوارهای پیرامونی به دیوارهای داخلی از اتصال جداسازی شده، استفاده می‌شود. علت این امر آن است که معمولاً دیوارهای داخلی و پیرامونی به صورت هم زمان اجرا نمی‌شود و در این موارد مناسب‌تر است از اتصال هشتگیر استفاده نشود.

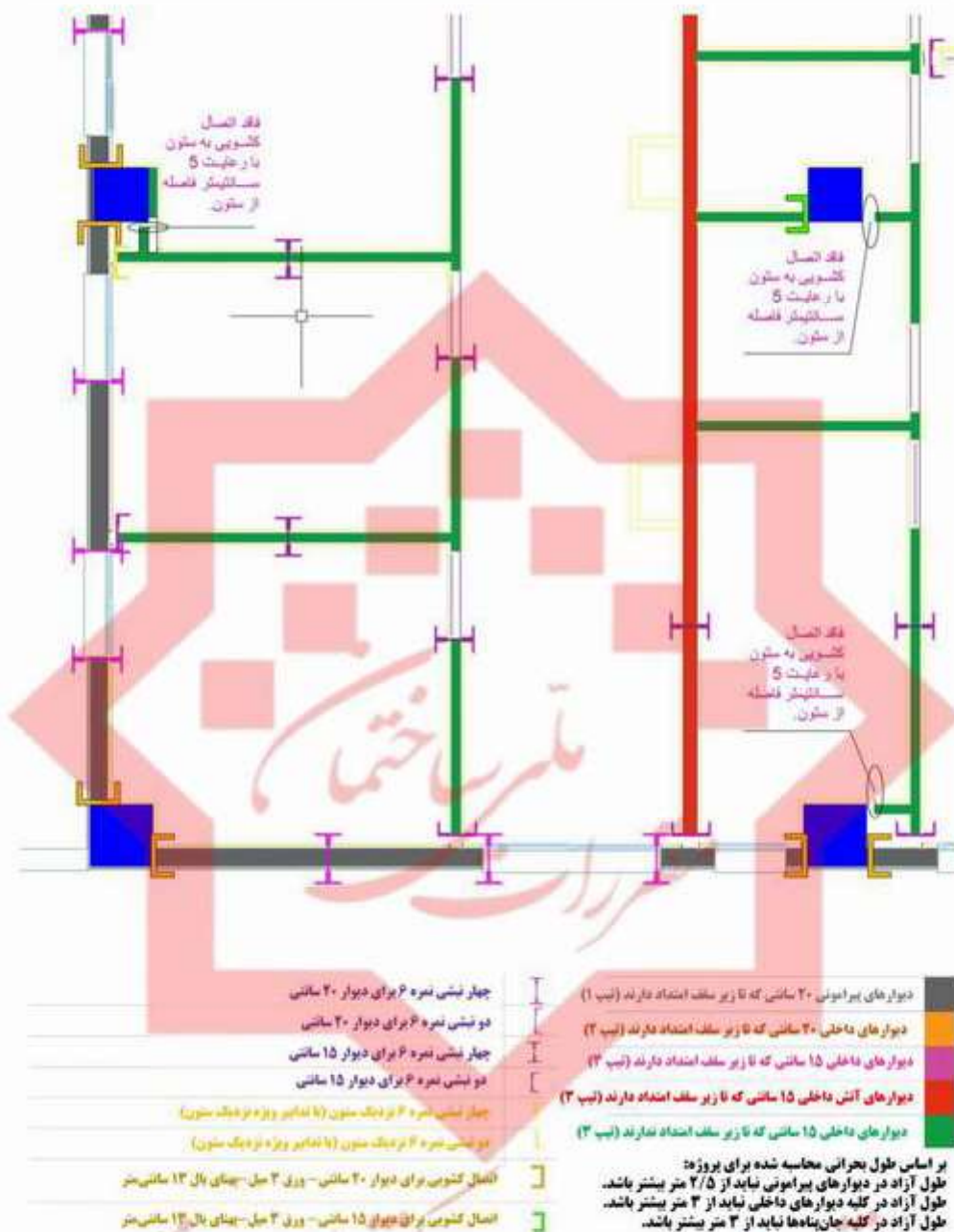
- برای اتصال دیوارهای با دو ضخامت مختلف، مثلاً اتصال دیوار ۱۵ سانتی‌متری به دیوار ۳۰ سانتی‌متری از اتصال جداسازی شده، استفاده می‌شود. علت این امر آن است که ممکن است بلوک‌های با ضخامت غیریکسان، دارای ارتفاع غیریکسان نیز باشند. ارتفاع غیریکسان منجر به دشواری در اجرای اتصال هشتگیر خواهد شد. همچنین استفاده از اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده نیازمند استفاده از وادیارهای قائم لبه‌ای است و وجود این وادیارهای قائم روند شاقول کردن دیوارها و قاب فرعی (ساب فریم) بازشوها را تسهیل خواهد نمود.

تذکر: الزامات فنی ارائه شده بخشی از الزامات این راهنما بوده و اجرای آن بر اساس این راهنما الزامی است. اما، الزامات اجرایی ارائه شده بخشی از الزامات این راهنما نبوده و تنها در این پروژه خاص و صرفاً بر اساس نظر کارفرما، طراح و مجری پروژه در نظر گرفته شده است. گرچه این الزامات اجرایی برای بسیاری از پروژه‌ها قابل توصیه است، اما رعایت تمامی آن‌ها بر اساس این راهنما الزامی نیست.

در پلان معماری طبقات، لازم است تیپ بندی دیوارها مشخص شود و با در نظر گرفتن الزامات فنی و اجرایی مذکور، جانمایی وادیارهای قائم در پلان طبقات انجام شود. شکل‌های (پ-۵) تا (پ-۵-۱۳) بخش‌هایی از پلان دیوارهای تیپ بندی شده و جانمایی وادیارهای قائم را نشان می‌دهند.

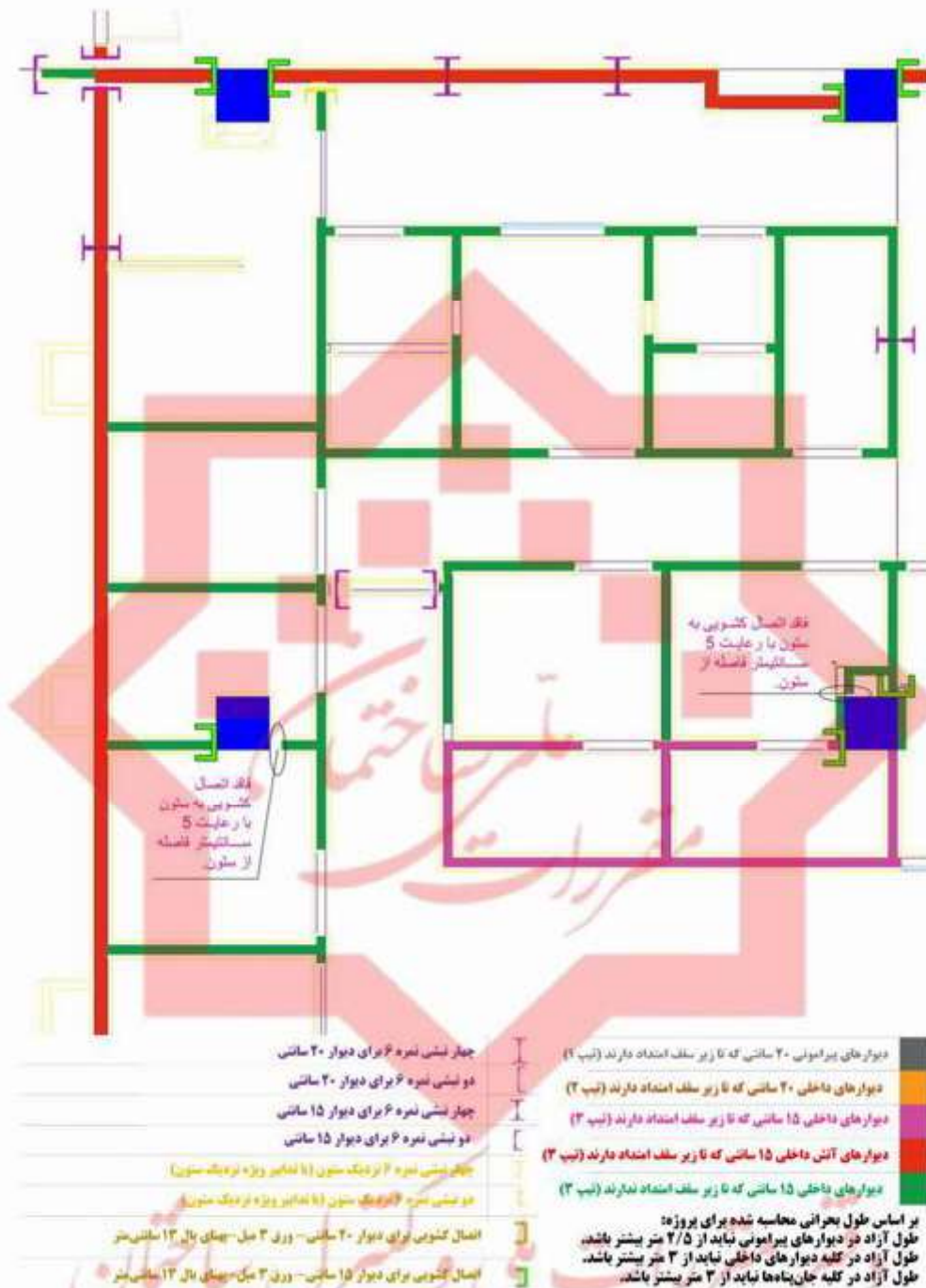
دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



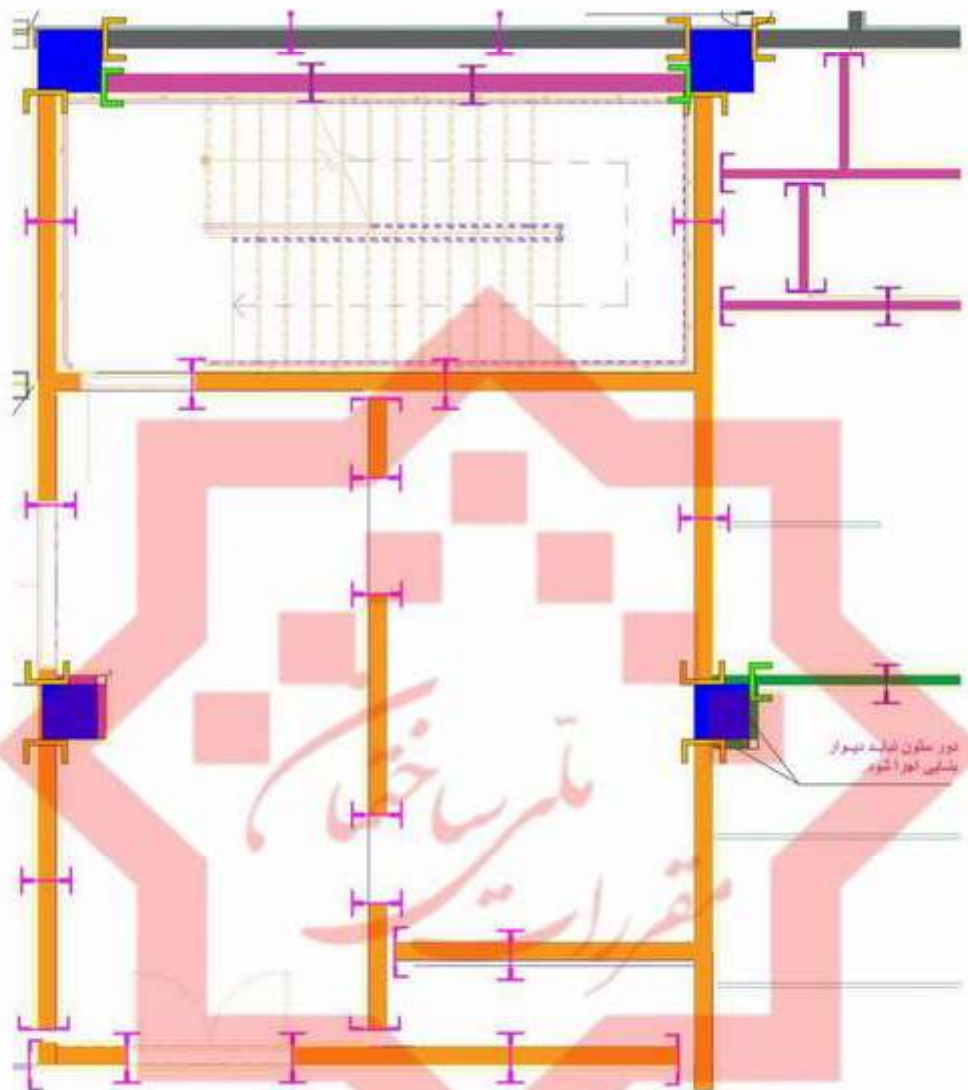


دستور مقررات ملی و کسرل ساختمان

شکل پ-۵-۱۱ تیپ بندی دیوارها، جانمایی و ادارهای قائم و اتصالات کشویی در بخشی از پلان



شکل پ-۱۲ تیپ بندی دیوارها، جانمایی و ادارهای قائم و اتصالات کشویی در بخشی از پلان



- | | |
|--|---|
| دیوارهای پیرامونی ۲۰ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیب ۱) | چهار لبشی نمره ۶ برای دیوار ۲۰ سانتی |
| دیوارهای داخلی ۲۰ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیب ۲) | دو لبشی نمره ۶ برای دیوار ۲۰ سانتی |
| دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیب ۳) | چهار لبشی نمره ۶ برای دیوار ۱۵ سانتی |
| دیوارهای آتش داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیب ۳) | دو لبشی نمره ۶ برای دیوار ۱۵ سانتی |
| دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد ندارند (تیب ۳) | چهار لبشی نمره ۴ تا سقف ستون (با تقاطع ویژه نزدیک ستون) |
| | دو لبشی نمره ۴ تا سقف ستون (با تقاطع ویژه نزدیک ستون) |
| بر اساس طول بحرانی محاسبه شده برای پروژه: | |
| طول آزاد در دیوارهای پیرامونی نباید از ۲/۵ متر بیشتر باشد. | اتصال کشویی برای دیوار ۲۰ سانتی - ورق ۳ میل - پیچ با ۱۳ سانتی متر |
| طول آزاد در کلبه دیوارهای داخلی نباید از ۳ متر بیشتر باشد. | اتصال کشویی برای دیوار ۱۵ سانتی - ورق ۳ میل - پیچ با ۱۳ سانتی متر |
| طول آزاد در کلبه جان‌بندها نباید از ۳ متر بیشتر باشد. | |

شکل پ-۵-۱۳ تیپ‌بندی دیوارها، جانمایی وادارهای قائم و اتصالات کشویی در بخشی از پلان

بر اساس ملاحظات اجرایی، تصمیم گرفته شده است که وادارها با استفاده از نبشی‌های نمره ۶ ساخته شوند. لذا در این بخش کنترل کفایت مقطع وادار ساخته شده از ۴ نبشی نمره ۶ به عنوان وادارهای قائم میانی انجام شده است. بحرانی‌ترین حالت بارگذاری برای وادارهای قائم برای دیوارهای پیرامونی رخ می‌دهد که دارای طول بحرانی ۲/۵ متر است. در شکل (پ-۵-۱۴) جزئیات بارگذاری و کنترل کفایت مقاومت و صلبیت وادار انجام شده است. لازم به ذکر است بر وادارهای متشکل از دو نبشی و نیز وادارهای کوتاه مورد نیاز در جان پناه‌ها، تقاضای کمتری وارد می‌شود، لذا برای آن‌ها نیز ساخت وادار با استفاده از نبشی نمره ۶ پاسخگوی نیروهای وارد بر وادار خواهد بود. جزئیات تسمه‌های مورد نیاز برای اتصال نبشی‌ها برای ساخت مقطع وادار در شکل (پ-۵-۱۴) ارائه شده است. تسمه‌هایی که نبشی‌ها را به یکدیگر متصل می‌کنند بر اساس جریان برش ایجاد شده در وادار طراحی شده است و لازم است با جوش گوشه به بعد حداقل ۶ میلی‌متر به نبشی‌های وادار مطابق شکل (پ-۵-۱۵) جوش شوند.



شکل پ-۵-۱۴ کنترل کفایت مقطع وادارها

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

سانتی متر، برابر با حداکثر خیز دراز مدت سقف، بین لبه فوقانی دیوار تا زیر سقف یا زیر تیر وجود داشته باشد. این فضا باید با پشم سنگ یا سایر مصالح منعطف، عایق و مقاوم در برابر حریق پر شود. جزئیات لبه فوقانی دیوار در مجاورت زیر سقف در شکل (پ-۵-۱۶) نشان داده شده است.

تذکره ۱: اتصالات کشویی لبه فوقانی دیوار به سقف ممکن است منجر به بروز آسیب به اتصالات هشتگیر دیوار شود. لذا در این پروژه نباید بین لبه فوقانی دیوار و سقف، اتصال کشویی اجرا شود (به ویژه در مجاورت اتصالات هشتگیر).

تذکره ۲: به منظور حفاظت بیشتر از فضای استریل، می توان مطابق شکل (پ-۵-۱۷) در لبه فوقانی دیوار یک کاور آلومینیومی یا فلزی بسیار نازک قرار داد. این کاور نقش تکیه گاهی برای لبه فوقانی دیوار ندارد. برای اتصال این کاور به سقف می توان از میخ بتن تفنگی یا پیچ و پلاک استفاده نمود.

تذکره ۳: توصیه می شود مطابق شکل (پ-۵-۱۷)، بر روی آخرین رج دیوار یک لایه ملات و میلگرد بستر قرار داده شود. این لایه ملات نباید منجر به کاهش فاصله ۳ سانتی متری لبه فوقانی دیوار تا زیر سقف شود. لذا پس از اجرای ملات، فاصله بین لایه ملات تا زیر سقف نباید از ۳ سانتی متر کمتر باشد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۵-۱۶ جزئیات لبه فوقانی دیوار در مجاورت زیر سقف



شکل پ-۵-۱۷ اجرای ملات و میلگرد بستر در آخرین رج دیوار در زیر سقف - اجرای میلگرد بستر در آخرین رج الزامی نبوده اما قابل توصیه است.

پ-۵-۸-۳- اتصال دیوار به ستون

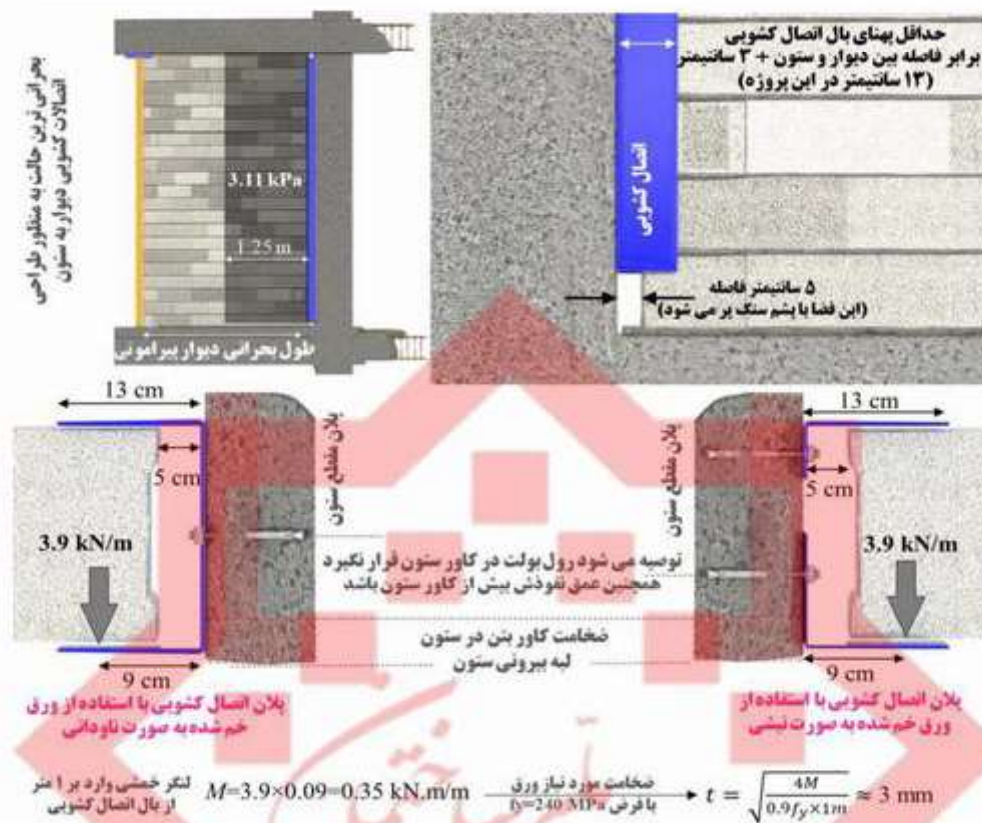
در مواردی که دیوار به ستون متصل می‌شود، لازم است نخست اتصال به صورتی کشویی اجرا شده و دوم حداقل به میزان G بین لبه قائم دیوار و ستون درز جداسازی وجود داشته باشد. حداقل فاصله جداسازی مورد نیاز بین دیوار و ستون برابر است با (در ساختمان مدنظر، حداکثر دریفت طبقه بدون اعمال ضریب اهمیت در زلزله طرح برابر با ۱٪ است):

$$G=(1.4 \times 0.01 - 0.003)H_w = 0.011 \times 4.8 = 0.0528 \text{ m} = 52.8 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

لذا در این پروژه فاصله بین دیوار و ستون برابر با ۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است.

به منظور حفاظت از محیط استریل، اتصالات کشویی دیوار به ستون به صورت سراسری طراحی شده است. جزئیات اتصالات کشویی دیوار به ستون و نحوه محاسبه حداقل پهنای بال اتصال کشویی و ضخامت آن در شکل (پ-۵-۱۸) ارائه شده است. به جای روند ارائه شده در شکل (پ-۵-۱۸)، می‌توان از روند ارائه شده در شکل (۴-۱۰) فصل چهارم نیز استفاده نمود. در این بخش اتصال کشویی به دو صورت استفاده از ناودانی و استفاده از دوپل نبشی در نظر گرفته شده است که بسته به شرایط اجرا از هر یک از دو روش می‌توان استفاده نمود. به منظور برقراری اتصال بین اتصالات کشویی و ستون بتنی، از رول بولت استفاده می‌شود. ظرفیت کششی و برشی رول بولت‌های مختلف پیش‌تر در جدول (۴-۲) فصل چهارم ارائه شده است.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۵-۱۸ جزئیات و محاسبه جدافل پهنای و ضخامت بال مورد نیاز برای اتصالات کشویی دیوار به ستون

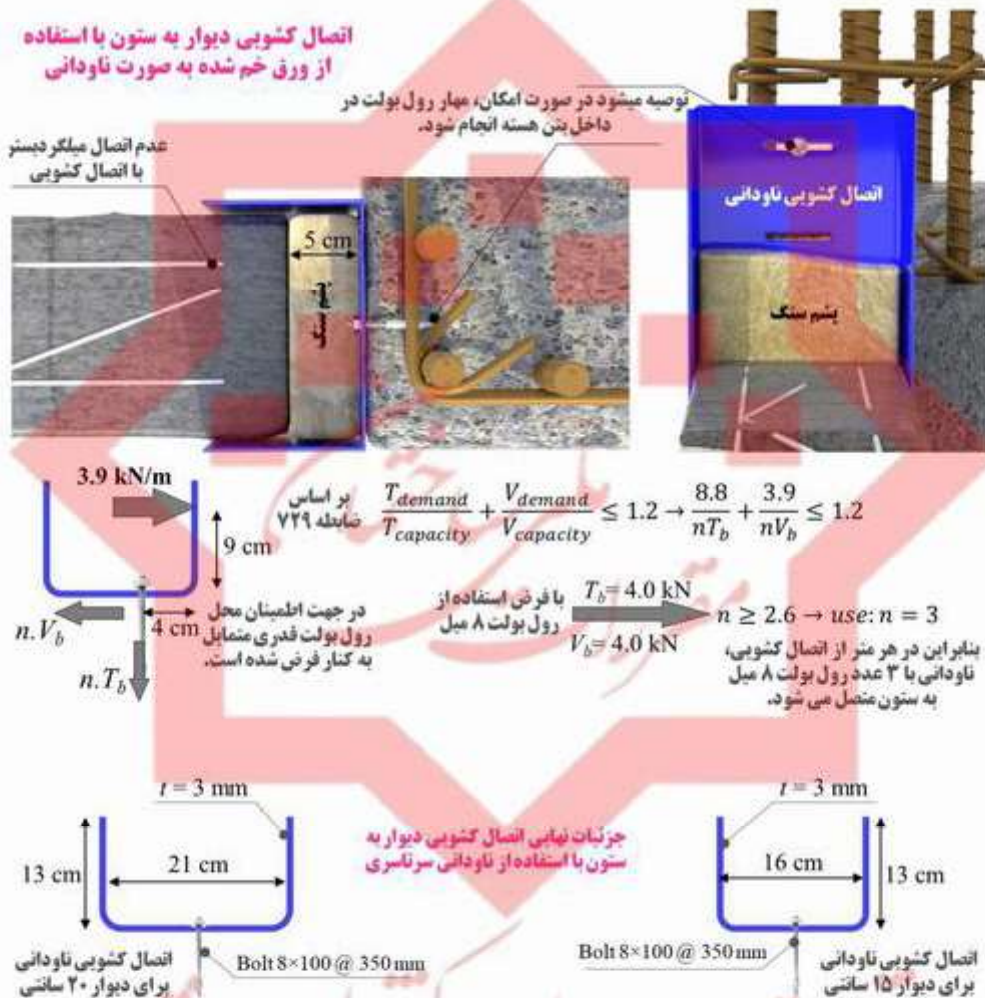
همانطور که پیش تر در این بخش اشاره شد، در این پروژه، اتصالات کشویی به دو صورت ناودانی و دوپل نبشی طراحی شده است. جزئیات هر یک از اتصالات به همراه محاسبات مربوط به تعیین تعداد رول بولت‌های مورد نیاز در شکل‌های (پ-۵-۱۹) و (پ-۵-۲۰) نشان داده شده است.

تذکره ۱: اتصالات و تعداد رول بولت‌های مورد نیاز را می‌توان بر اساس جدول (۴-۴) نیز انتخاب نمود.

لازم به ذکر است این جدول قدری محافظه کارانه است و در صورت طراحی اتصال به صورت اختصاصی برای پروژه، مشابه روند ارائه شده در این پیوست، معمولاً تعداد رول بولت‌های کمتری مورد نیاز خواهد بود.

تذکره ۲: تحت هیچ شرایطی نباید میلگرد بستر به اتصالات کشویی دیوار به ستون (ناودانی یا دوپل نبشی) متصل (قلاب یا جوش) شود.

تذکر ۳: در صورتی که تراکم میلگردهای طولی ستون اجازه ندهد از رول بولت با طول کلی ۱۰۰ میلی‌متر استفاده شود، می‌توان از رول بولت‌هایی به طول ۸۰ میلی‌متر استفاده نمود. استفاده از رول بولت‌های کوتاه‌تر توصیه نمی‌شود.



شکل پ-۵-۱۹. جزئیات نهایی اتصال دیوار به ستون به صورت ناودانی سراسری

اتصال کشویی دیوار به ستون با استفاده از ورق خم شده به صورت نبشی



مطابق روند محاسباتی ارائه شده در شکل ۲۴، برای اتصال به صورت دوپل نبشی نیز هر متر از طول اتصال ناودانی با ۳ عدد رول بولت ۸ میل به ستون متصل می‌شود.



شکل پ-۲۰ جزئیات نهایی اتصال دیوار به ستون به صورت جفت نبشی سراسری (نبشی داخلی به دو صورت قابل نصب است).

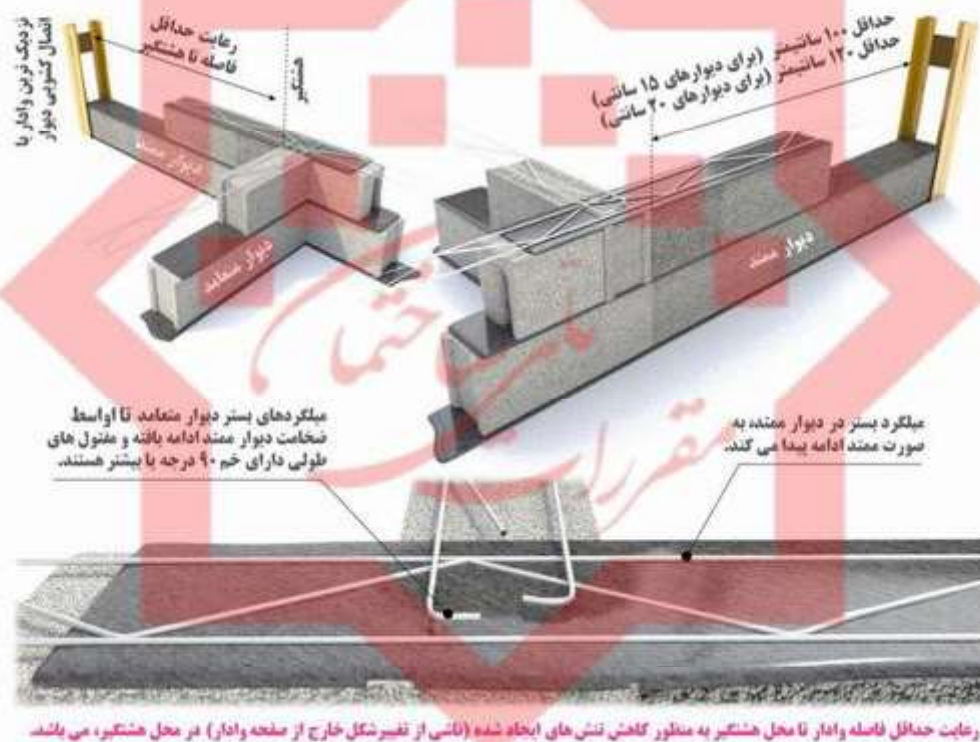
بر اساس طراحی صورت گرفته، جزئیات اتصالات کشویی دیوار به ستون در جدول (پ-۵-۶) خلاصه شده است.

جدول پ-۵-۶ جزئیات نهایی اتصالات کشویی دیوار به ستون

رول بولت	فاصله داخل به داخل بال‌ها	پهنای بال	ضخامت ورق خم شده	دیوار	اتصال کشویی با ناودانی
Bolt 8×100 @350 mm	210 mm	130 mm	3 mm	۲۰ سانتی	اتصال کشویی با ناودانی
Bolt 8×100 @350 mm	160 mm	130 mm	3 mm	۱۵ سانتی	اتصال کشویی با جفت نبشی
Bolt 8×100 @350 mm	210 mm	130 mm	3 mm	۲۰ سانتی	اتصال کشویی با جفت نبشی
Bolt 8×100 @350 mm	160 mm	130 mm	3 mm	۱۵ سانتی	اتصال کشویی با جفت نبشی

پ-۵-۸-۴- اتصال دیوار به دیوار به صورت هشتگیر

جزئیات اتصالات هشتگیر دیوار، در شکل (پ-۵-۲۱) ارائه شده است. لازم به ذکر است جانمایی وادارها در پلان طبقات به نحوی انجام شده است که همواره محل هشتگیر فاصله لازم را از وادارهای قائم دیوار یا اتصالات کشویی دیوار داشته باشد. این فاصله باید حداقل ۱۰۰ سانتی متر در نظر گرفته شود. در این پروژه، این فاصله برای دیوارهای ۱۵ سانتی متری حداقل ۱۰۰ سانتی متر و برای دیوارهای ۲۰ سانتی متری حداقل ۱۲۰ سانتی متر است. با توجه به الزامات اجرایی در نظر گرفته شده در این پروژه، در اکثر موارد، اتصالات هشتگیر برای دیوارهای ۱۵ سانتی متری داخلی استفاده شده است.



شکل پ-۵-۲۱ جزئیات اتصالات دیوار به دیوار با روش هشتگیر

تذکره ۱: در خصوص قاب های فرعی (ساب فریم) باز شو که اتصالی به سقف ندارند، نیاز به رعایت فاصله بین هشتگیر با قاب فرعی (ساب فریم) نمی باشد.

تذکره ۲: در روش هشتگیر، هر دو دیوار در محل اتصال باید به صورت هم زمان اجرا شوند.

تذکره ۳: در صورتی که دیوار در امتداد خود دارای دو ارتفاع متفاوت باشد، لازم است تغییر ارتفاع دیوار به صورت پلکانی مطابق شکل (پ-۵-۲۲) انجام و از تغییر ناگهانی ارتفاع دیوار اجتناب شود.



شکل پ-۵-۲۲ نحوه تغییر ارتفاع دیوار به صورت پله کانی در محل اتصال هشتگیر و در سایر نقاط

پ-۵-۸-۵- اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده

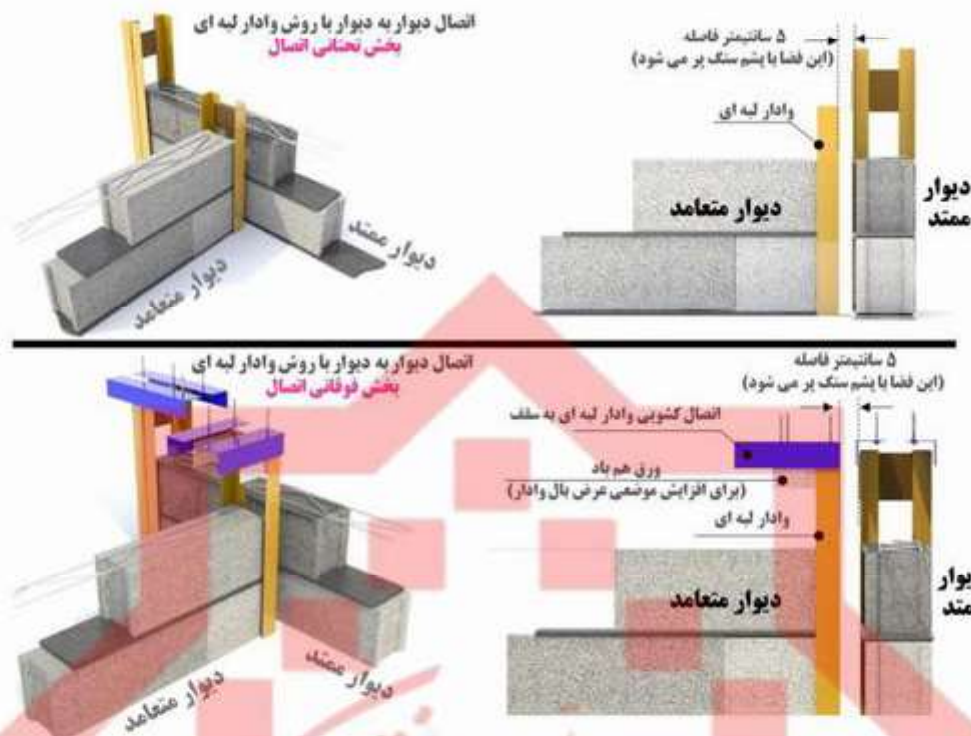
در مواردی که اتصال دیوار به دیوار یا استفاده از روش هشتگیر امکان پذیر نیست، از اتصال جداسازی شده با استفاده از وادار لپه‌ای استفاده شده است. جزئیات این نوع اتصال در شکل (پ-۵-۲۳) ارائه شده است.

مطابق الزامات فنی و اجرایی ارائه شده در بخش پ-۵-۷، در موارد زیر استفاده از اتصال هشتگیر در این پروژه ممکن نبوده و از این رو از اتصال جداسازی شده، با استفاده از وادار لپه‌ای استفاده شده است:

- اتصال دیوار داخلی به دیوار بیرونی: به علت عدم هم زمانی اجزا.
- اتصال دیوار ۱۵ سانتی‌متری به دیوار ۲۰ سانتی‌متری: به علت امکان متفاوت بودن ارتفاع بلوک‌های با ضخامت مختلف.

- در صورتی که محل اتصال در نزدیکی وادار قائم یا اتصال کشویی دیوار به ستون باشد، به طوری که امکان استفاده از اتصال هشتگیر وجود نداشته باشد.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۵-۲۳ جزئیات اتصالات دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده با استفاده از وادار لبه‌ای

تذکره: در این روش، وادار لبه‌ای دیوار متعامد لازم است حداقل به اندازه ۵ سانتی‌متر (مقدار G در این پروژه) نسبت به جداره دیوار ممتد فاصله داشته باشد.

پ-۵-۸-۶- اتصال وادار به سقف

نیروی وارد بر اتصالات فوقانی و تحتانی برای وادارهای میانی و لبه‌ای دیوارهای پیرامونی و داخلی در شکل (پ-۵-۲۴) ارائه شده است. مقادیر ارائه شده مربوط به بحرانی‌ترین حالت ممکن است. بنابر نیروی وارد بر اتصالات وادار، طراحی اتصالات کشویی وادارها در شکل (پ-۵-۲۵) ارائه شده است. بر اساس طراحی انجام شده، جزئیات اتصالات کشویی وادارها در جدول (پ-۵-۷) ارائه شده است.

تذکره: مطابق شکل (پ-۵-۲۵)، لبه فوقانی وادار قائم باید حداقل ۳۰ میلی‌متر از زیر سقف فاصله داشته باشد.

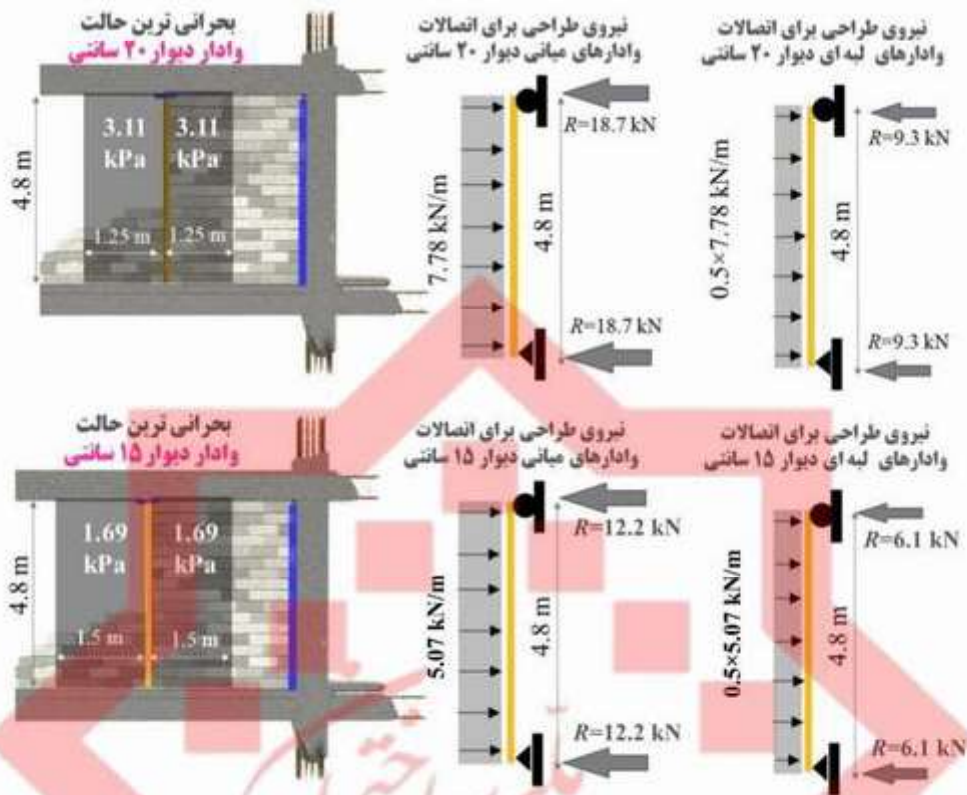
تذکره ۲: وادار قائم نباید به اتصال کشویی فوقانی جوش شود. اما استفاده از یک یا دو خال جوش ضعیف صرفاً به منظور کمک به اجرا و شاقول کردن وادار بلامانع است. پس از اجرای دیوار نیاز به بریدن این خال جوش‌ها نیست، زیرا در صورت وقوع زلزله خود به خود بریده خواهند شد.

تذکره ۳: برای اتصال کشویی وادار به سقف، به جای استفاده از ورق‌های خم شده ۶ میلی‌متری به صورت ناودانی، می‌توان از دوپل نبشی نمره ۸ نیز استفاده کرد. در این صورت طول اتصال کشویی و تعداد رول بولت‌ها باید مطابق جدول (پ-۵-۷) باشد. در صورت استفاده از دوپل نبشی، تعداد رول بولت‌های ارائه شده برای هر یک از نبشی‌ها لازم خواهد بود.

جدول پ-۵-۷ جزئیات نهایی اتصالات کشویی وادار قائم به سقف (در تمام موارد پهنای یال ۸۰ میلی‌متر است).

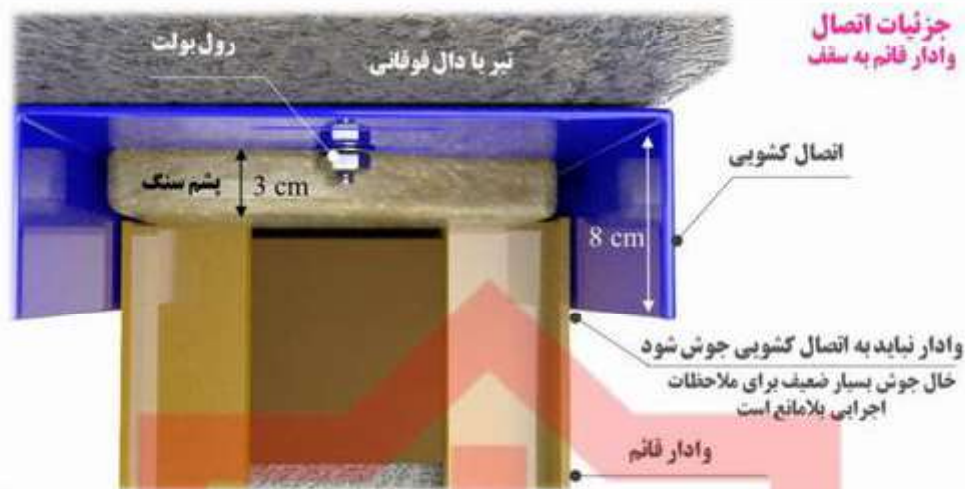
ضخامت ورق خم شده	طول اتصال کشویی	فاصله داخل به داخل یال‌ها	رول بولت
دیوار ۳۰ سانتی	6 mm	400 mm	4× Bolt 12×100
دیوار ۱۵ سانتی	6 mm	400 mm	3× Bolt 12×100
دیوار ۲۰ سانتی	6 mm	200 mm	2× Bolt 12×100
دیوار ۱۵ سانتی	6 mm	200 mm	2× Bolt 12×100

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۵-۲۴ محاسبه نیروی وارد بر تکیه گاه های فوقانی و تحتانی وادر در بهرانی ترین حالت

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



محاسبه طول و ضخامت مورد نیاز اتصالات کشویی



محاسبه تعداد رول بولت مورد نیاز در اتصالات کشویی



برای اتصالات کشویی وادر میانی دیوار ۲۰ سانتی ۴ عدد رول بولت ۱۲ میل مورد نیاز است.

برای اتصالات کشویی وادر میانی دیوار ۱۵ سانتی ۳ عدد رول بولت ۱۲ میل مورد نیاز است.

برای اتصالات کشویی وادرهای لبه ای دیوارهای ۲۰ سانتی و ۱۵ سانتی، ۲ عدد رول بولت ۱۲ میل مورد نیاز است.

شکل پ-۵-۲۵ روند طراحی اتصالات کشویی وادرهای قائم به سقف

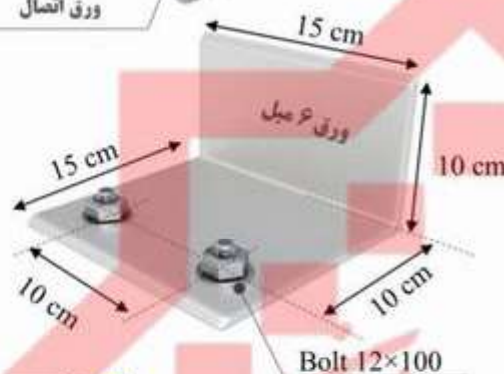
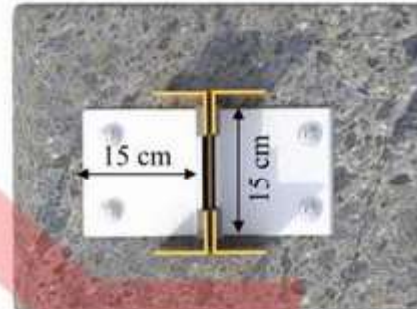
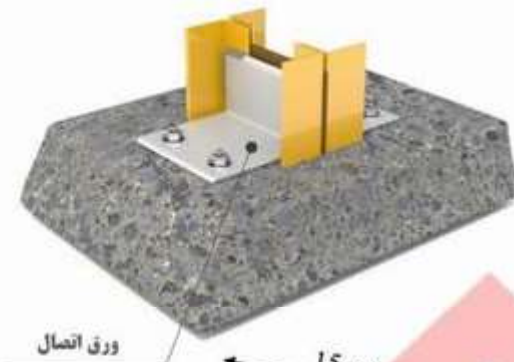
پ-۵-۸-۶- اتصال وادار به کف

جزئیات و روند طراحی اتصال وادار به کف در شکل (پ-۵-۲۶) ارائه شده است. لازم به ذکر است اتصال به نحوی طراحی شده است که در امتداد خارج از صفحه وادار حالتی نیمه مفصلی داشته باشد. جزئیات نشان داده شده برای کلیه وادارهای قائم استفاده شده در این پروژه، قابل استفاده است. تذکر: در صورت لزوم به اتصال قاب‌های فرعی (ساب فریم) به کف، می‌توان از جزئیات ارائه شده در شکل (پ-۵-۲۶) استفاده نمود.



دقتر مقررآت ملی و کنترل ساختمان

جزئیات اتصال وادار قائم به کف



جزئیات ارائه شده برای نبشی اتصال باید دقیق باشد. نباید رول بولت‌ها در فاصله‌ای کمتر از ۱۰ سانتیمتر از بال دیگر نبشی باشند. این کار سبب افزایش سختی دورانی اتصال و افزایش نیرویی کششی در رول بولت‌ها خواهد شد.

برای وادارهای میانی، مطابق شکل فوق، از دو ورق اتصال در دو سمت وادار استفاده می‌شود. برای وادارهای لبه‌ای از یک ورق اتصال استفاده می‌شود (در سمتی از وادار که دیوار قرار دارد).



کفایت ابعاد ورق اتصال بر اساس تحلیل المان محدود نباید شده است.

ناشی از نیروی خارج از صفحه دیوار

$$\frac{4}{T_b} + \frac{18.7}{V_b} \approx 1.2 \leq 1.2 \quad \checkmark$$

با فرض استفاده از رول بولت ۱۲ میل

$$T_b = 6.7 \text{ kN}$$

$$V_b = 7.3 \text{ kN}$$

کنترل کفایت رول بولت‌ها:

شکل پ-۵-۲۶ روند طراحی اتصال وادار به کف

پ-۵-۹- مرحله نهم: طراحی نعل درگاه و قاب فرعی (ساب فریم)

دیوارهای ساختمان مدنظر دارای ارتفاع قابل توجهی بوده و از طرفی با توجه به نوع نازک‌کاری‌های مورد استفاده، کلیه دیوارها دارای وزن نسبتاً زیادی می‌باشند. لذا طراحی صحیح نعل درگاه واقع در بالای بازشوهای این پروژه دارای اهمیت زیادی است. بر اساس نقشه‌های تیپ بندی درب‌ها و پنجره‌ها، ارتفاع درب‌ها عمدتاً ۲۲۰ سانتی‌متر می‌باشد و ارتفاع پنجره‌ها نیز عمدتاً بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر متغیر است. (با ارتفاع دست انداز ۱۰۰ سانتی‌متری). لذا در جهت اطمینان، ارتفاع پنجره‌ها نیز اگر ۱۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود (این فرض منجر به اعمال وزن بیشتر به نعل درگاه می‌شود)، ارتفاع لبه فوقانی کلیه بازشوها از کف را می‌توان ۲۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفت. گرچه این ارتفاع مربوط به کف تمام شده طبقه است، اما در جهت اطمینان، ارتفاع لبه فوقانی کلیه بازشوها از کف سازه‌ای را نیز می‌توان برابر ۲۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفت. بر این اساس برای دیوارهای ۲۰ سانتی‌متری پیرامونی، ۲۰ سانتی‌متری داخلی و ۱۵ سانتی‌متری داخلی، بسته به ارتفاع دیوار، وزن دیوار قرار گرفته بر روی نعل درگاه مطابق جدول (پ-۵-۸) محاسبه می‌شود. همانطور که پیش تر در جدول (پ-۵-۱) ارائه گردید، بحرانی‌ترین ارتفاع برای دیوارهایی که تا زیر سقف امتداد دارند ۴/۸ m و ارتفاع دیوارهایی که تا زیر سقف امتداد ندارند (برای عبور تاسیسات)، ۳/۴ m است. برای محدود کردن تعداد تیپ بندی‌ها و مقاطع نعل درگاه‌ها، در جهت اطمینان، از دو ارتفاع فوق برای دیوار استفاده می‌شود. و یا کم کردن تراز لبه فوقانی بازشو از تراز لبه فوقانی دیوار، وزن دیوار روی نعل درگاه در جدول (پ-۵-۸) محاسبه شده است.

جدول پ-۵-۸ وزن دیوار روی نعل درگاه بازشوها در دیوارهای مختلف

وضعیت امتداد دیوار تا زیر سقف	نوع دیوار	ارتفاع دیوار در بالای بازشو	وزن دیوار در بحرانی‌ترین حالت نازک‌کاری	نیروی گسترده وارده بر نعل درگاه
	۲۰ سانتی پیرامونی	$4.8 - 2.2 = 2.6 \text{ m}$	4 kN/m^2	$4 \times 2.6 = 10.4 \text{ kN/m}$
امتداد	۲۰ سانتی داخلی	2.6 m	4.1 kN/m^2	10.7 kN/m
	۱۵ سانتی داخلی	2.6 m	3.35 kN/m^2	8.7 kN/m
عدم امتداد	۱۵ سانتی داخلی	$3.4 - 2.2 = 1.2 \text{ m}$	3.35 kN/m^2	4.0 kN/m

جدول (پ-۵-۸) وزن دیوار روی نعل درگاه را ارائه می‌کند که می‌توان از آن به عنوان نیرویی با توزیع یکنواخت برای طراحی نعل درگاه استفاده نمود. اما توزیع نیرو بر روی نعل درگاه لزوماً یکنواخت نبوده و لزوماً تمام وزن دیوار قرار گرفته در قسمت بالای بازشو به نعل درگاه وارد نمی‌شود. علت این امر نوع

چیدمان واحدهای بنایی و اندرکنش بین بلوک‌های دیوار و خود نعل درگاه با دیوار بنایی است. توضیحات بیشتر در این خصوص در بخش ۴-۹ ارائه شده است. در طراحی انجام شده در این پروژه در صورتی که اطراف بازشو وادار وجود داشته باشد، کل نیروی قسمت فوقانی بازشو به صورت یکنواخت به نعل درگاه اعمال می‌شود. در این صورت شرایط تکیه گاهی گیردار برای دو انتهای نعل درگاه در نظر گرفته شده و لازم است نعل درگاه با استفاده از ورق‌های اتصال به وادار جوش شود (جزئیات اتصال نعل درگاه به وادار در بخش ۴-۹ ارائه شده است). طراحی نعل درگاه‌ها با در نظر گرفتن دو معیار مقاومتی و کنترل خیز انجام شده و در بسیاری از موارد کنترل خیز، تعیین کننده است. مقاطع طراحی شده برای نعل درگاه‌ها مطابق جداول (پ-۵-۹) تا (پ-۵-۱۱) تیپ بندی شده است. بر اساس این جداول، نعل درگاه‌های ساختمان در پنج تیپ مختلف طراحی شده که جزئیات هر یک در شکل (پ-۵-۲۷) نشان داده شده است.

تذکره ۱: در مواردی که وادار تنها در یکی از دو لبه بازشو قرار دارد، می‌توان از مقطع نعل درگاه مربوط به حالت بازشوی فاقد وادار استفاده نمود.

تذکره ۲: مطابق جدول تیپ بندی درب‌ها، تنها دو تیپ از درب‌های ساختمان دارای عرض بیش از ۲/۵ متر است. در مورد اول که مربوط به یکی از درب‌های زیر زمین است، ارتفاع درب حدود ۳/۵ متر است و متعاقباً ارتفاع دیوار بالای بازشو کم است و نیروی اندکی به نعل درگاه آن وارد می‌شود. برای نعل درگاه این درب می‌توان از نعل درگاه مربوط به عرض بازشوی بین ۲ تا ۲/۵ متر استفاده نمود. مورد دوم مربوط به ورودی‌های اصلی ساختمان در طبقه همکف است که عرض بازشوی آن‌ها ۵/۷ متر است. برای این دو بازشو، نعل درگاه یک قوطی ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متری با ضخامت ورق حداقل ۶ میلی‌متر می‌باشد که به صورت گیردار به دو وادار قوطی شکل که در دو طرف بازشو قرار دارد، متصل می‌شود. وادارها نیز مشابه نعل درگاه به صورت قوطی ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متری با ضخامت ورق حداقل ۶ میلی‌متر است. وادارهای دو طرف این بازشو مشابه سایر وادارهای لیه‌ای به صورت کشویی به سقف متصل می‌شوند.

تذکره ۳: تسمه‌های مورد استفاده در نعل درگاه صرفاً برای حفظ انسجام کلی مقطع نعل درگاه است و جریان برشی از آن‌ها عبور نمی‌کند. لذا در مقایسه با تسمه‌های مورد نیاز در وادارها، تسمه‌های مورد نیاز در نعل درگاه ضخامت و پهنای کمتری می‌توانند داشته باشند.

تذکره ۴: اتصال نعل درگاه به وادار و قاب فرعی (ساب فریم) مطابق جزئیات ارائه شده در بخش ۴-۹ می‌باشد.

مقرر است ملی و کنترل ساختمان

جدول پ-۵-۹ تیپ بندی نعل درگاهها برای دیوارهای ۱۵ سانتی متری داخلی که تا زیر سقف امتداد ندارد.

عرض بازشو	فاقد وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاههای نعل درگاه مفصلی و بار روی نعل درگاه مثلی فرض شده است)	دارای وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاههای نعل درگاه گیردار و بار روی نعل درگاه یکنواخت فرض شده است)
کوچکتر یا مساوی ۱ متر	2L40×40×4	2L40×40×4
بین ۱ متر تا ۱/۵ متر	2L60×60×6	2L60×60×6
بین ۱/۵ متر تا ۲ متر	-	2L60×60×6
بین ۲ متر تا ۲/۵ متر	-	2L80×80×8

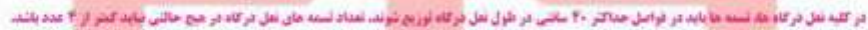
جدول پ-۵-۱۰ تیپ بندی نعل درگاهها برای دیوارهای ۱۵ سانتی متری داخلی که تا زیر سقف امتداد دارد.

عرض بازشو	فاقد وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاههای نعل درگاه مفصلی و بار روی نعل درگاه مثلی فرض شده است)	دارای وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاههای نعل درگاه گیردار و بار روی نعل درگاه یکنواخت فرض شده است)
کوچکتر یا مساوی ۱ متر	2L40×40×4	2L40×40×4
بین ۱ متر تا ۱/۵ متر	2L60×60×6	2L60×60×6
بین ۱/۵ متر تا ۲ متر	-	2L80×80×8
بین ۲ متر تا ۲/۵ متر	-	2L80×80×8

جدول پ-۵-۱۱ تیپ بندی نعل درگاهها برای دیوارهای ۲۰ سانتی متری داخلی و پیرامونی.

عرض بازشو	فاقد وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاههای نعل درگاه مفصلی و بار روی نعل درگاه مثلی فرض شده است)	دارای وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاههای نعل درگاه گیردار و بار روی نعل درگاه یکنواخت فرض شده است)
کوچکتر یا مساوی ۱ متر	2L60×60×6	2L60×60×6
بین ۱ متر تا ۱/۵ متر	2L60×60×6	2L60×60×6
بین ۱/۵ متر تا ۲ متر	-	2L80×80×8
بین ۲ متر تا ۲/۵ متر	-	2L80×80×8
ورودی اصلی به عرض ۵/۷ متر	-	BOX 200×200×6

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



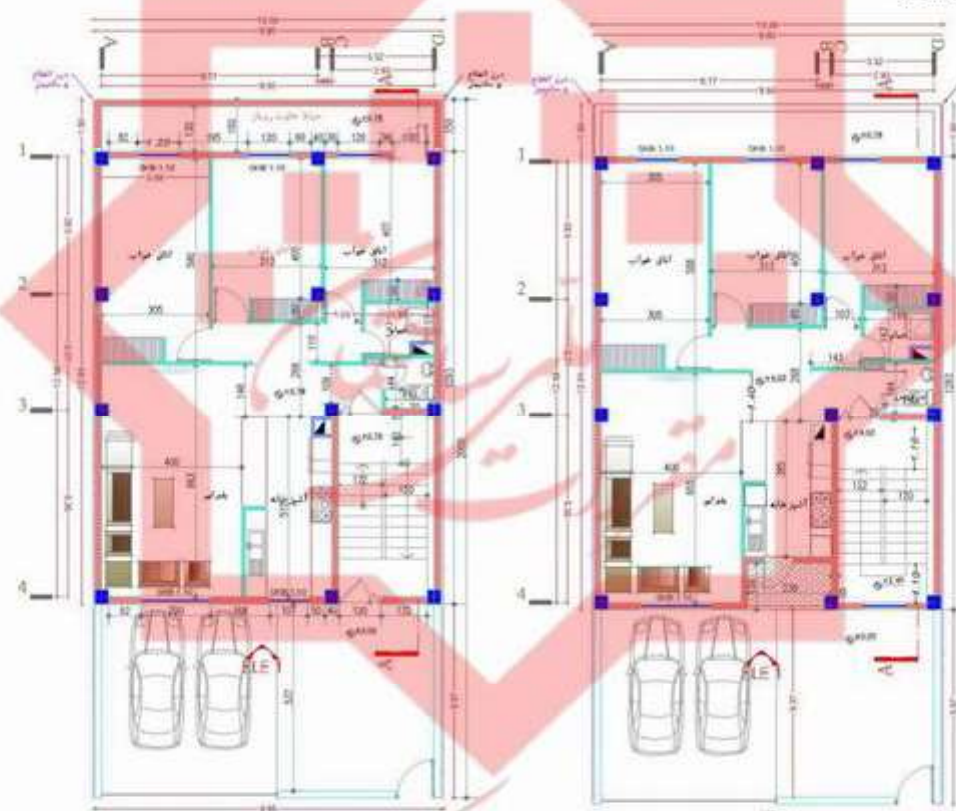
شکل پ-۵-۲۷ تیپ بندی و جزئیات مقطع نعل درگاهها

پیوست ۶- نمونه پروژه-ساختمان مسکونی

در این پیوست، روند طراحی پروژه محور معرفی شده در فصل چهارم این راهنما برای طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای یک ساختمان مسکونی دو طبقه ارائه شده است. مهندسان محاسب می‌توانند از ساختاری مشابه این پیوست به منظور تهیه دفترچه محاسبات برای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای استفاده کنند.

پ-۶-۱- مرحله اول: پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه

پلان طبقات همکف و اول در شکل (پ-۶-۱) و برش‌هایی از پلان طبقات در شکل (پ-۶-۲) ارائه شده است.



شکل پ-۶-۱ پلان معماری و جانمایی دیوارهای غیرسازه‌ای



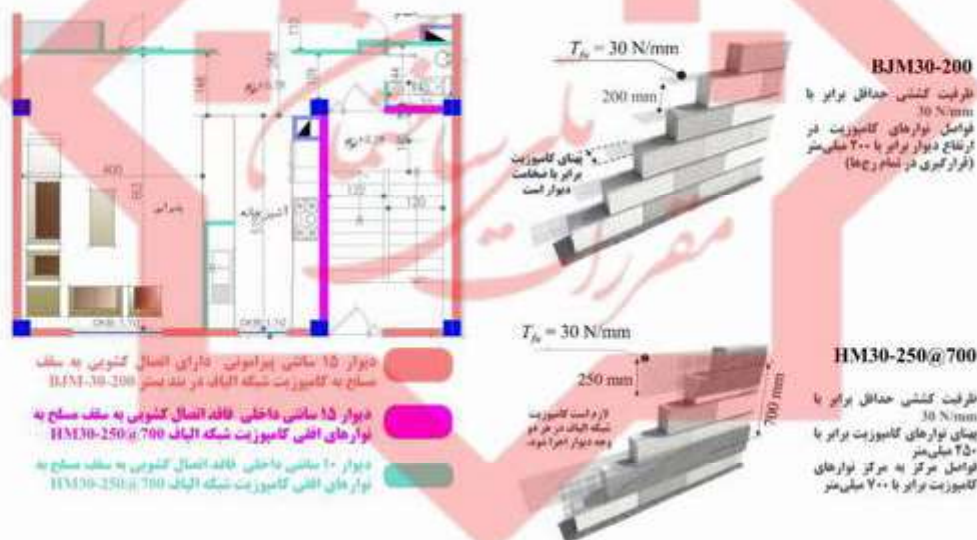
شکل پ-۲-۶ برش طبقات و کدهای ارتفاعی طبقات

پ-۲-۶-۲ مرحله دوم: تیپ‌بندی دیوارها و تعیین تسلیح و شرایط مرزی

بر اساس هماهنگی انجام شده بین کارفرما، طراح و مجری پروژه، از بلوک‌های سیمانی توخالی به منظور ساخت کلیه دیوارهای غیرسازه‌ای داخلی و پیرامونی ساختمان استفاده خواهد شد. دیوارهای پیرامونی دارای ضخامت ۱۵ سانتی‌متر و کلیه دیوارهای داخلی دارای ضخامت ۱۰ سانتی‌متر است. بر اساس جزئیات معماری، الزامات مربوط به عایق صوتی و حرارتی از طریق پوشش‌های عایق برآورده خواهد شد. ضخامت‌های مذکور مربوط به ضخامت بلوک و بدون احتساب نازک‌کاری دیوار می‌باشد.

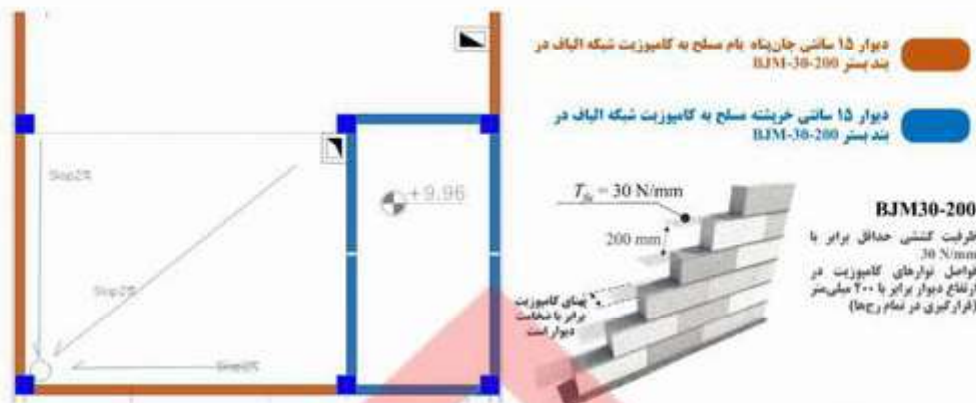
شکل (پ-۲-۶-۳) بخشی از پلان معماری طبقه همکف را نشان می‌دهد که در آن دیوارهای مختلف با رنگ‌های متفاوت نشان داده شده است. در این پروژه تصمیم بر آن است که از کامپوزیت شبکه الیاف به منظور تسلیح دیوار استفاده شود. با توجه به عدم دسترسی به هر دو وجه دیوار در برخی از دیوارهای پیرامونی، برای دیوارهای پیرامونی و دیوارهای جان‌پناه از کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر استفاده می‌شود و برای کلیه دیوارهای داخلی از کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی استفاده شده است. تسلیح در نظر گرفته شده برای دیوارهای مختلف در شکل (پ-۲-۶-۳) نشان داده شده است. شایان ذکر است در تعیین نوع و میزان تسلیح لازم است به الزامات فنی، اجرایی و اقتصادی توجه شود. گرچه تسلیح بیشتر ممکن است سبب کاهش تعداد وادارهای مورد نیاز شود، اما خود تسلیح دیوار نیز هزینه مربوط به خود را دارد و استفاده از تسلیح به شدت سنگین، لزوماً منجر به طرح بهینه نمی‌شود. از طرف دیگر نوع تسلیح بهینه به شرایط مرزی دیوار نیز وابسته است. به عنوان مثال در صورتی که لبه فوقانی دیوار آزاد باشد، بهتر است از تسلیح افقی یعنی تسلیحی که منجر به افزایش ظرفیت خمش افقی دیوار می‌شود، استفاده گردد. در این پروژه برای دیوارهای داخلی که دارای لبه فوقانی آزاد هستند، از نوارهای افقی (و نه قائم) کامپوزیت شبکه الیاف استفاده شده است.

در مقایسه با دیوارهای داخلی، معمولاً بر دیوارهای پیرامونی نیروی خارج از صفحه بزرگتری وارد می‌شود. بنابراین در این پروژه به منظور کاهش تعداد وادارهای قائم در دیوارهای پیرامونی و متعاقباً کاهش پل‌های حرارتی، شرایط مرزی دیوارهای پیرامونی از نوع E در نظر گرفته شده است و به این ترتیب لبه فوقانی دیوارهای پیرامونی دارای اتصال کشویی به سقف خواهند بود (با رعایت فاصله جداسازی ۳ سانتی‌متر از زیر سقف). بدیهی است این موضوع در خصوص دیوارهای جان‌پناه صدق نمی‌کند و دیوارهای جان‌پناه دارای لبه فوقانی آزاد و شرایط مرزی از نوع A هستند. در مقایسه با دیوارهای پیرامونی، دیوارهای داخلی معمولاً نیروی کمتری را تجربه خواهند نمود (به علت وزن کمتر و عدم قرارگرفتن در معرض نیروی باد)، لذا در خصوص دیوارهای داخلی به منظور سهولت در روند اجرا و نیز تسهیل در برآورده نمودن شرایط استفاده از اتصالات هشتگیر (رعایت فاصله حداقل ۱ متری بین اتصالات کشویی با محل هشتگیر)، از شرایط مرزی نوع A استفاده شده است. به این ترتیب کلیه دیوارهای داخلی فاقد اتصال کشویی به سقف بوده و دارای لبه فوقانی آزاد می‌باشند (با رعایت فاصله جداسازی ۳ سانتی‌متر از زیر سقف). تسلیح در نظر گرفته شده برای تیپ‌های مختلف دیوار در شکل‌های (پ-۶-۳) و (پ-۶-۴) نشان داده شده است. همچنین ارتفاع دیوارهای مختلف در جدول (پ-۶-۱) ارائه شده است.



شکل پ-۶-۳ تیپ بندی دیوارهای داخلی و پیرامونی طبقات

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۴: تیپ بندی دیوارهای جان پناه بام و خریشته (ستون‌ها به اندازه ارتفاع جان پناه از کف بام امتداد یافته است. در محل خریشته، ستون‌ها تا سقف خریشته امتداد دارند).

جدول پ-۱: ارتفاع دیوارهای غیرسازه‌ای داخلی و پیرامونی در طبقات مختلف.

ارتفاع دیوارهای غیرسازه‌ای				ارتفاع کف تا کف طبقه	طبقه
دیوار ۱۰ سانتی داخلی	دیوار ۱۵ سانتی داخلی	دیوار ۱۵ سانتی جان پناه	دیوار ۱۵ سانتی پیرامونی		
2.85 m	2.85 m	-	2.85 m	3.25 m	همکف
2.85 m	2.85 m	-	2.85 m	3.25 m	اول
-	-	1.30 m	-	-	بام
-	-	-	2.40 m	2.70 m	خریشته

بر اساس توضیحات فوق، در پروژه مدنظر از ۵ تیپ دیوار به ترتیب زیر استفاده خواهد شد. خلاصه مشخصات تیپ‌های دیوار در جدول (پ-۲) نیز ارائه شده است.

تیپ ۱: دیوارهای پیرامونی ۱۵ سانتی‌متری با حداکثر ارتفاع آزاد ۲/۸۵ متر و دارای اتصال کشویی به سقف (با رعایت فاصله ۳ سانتی‌متر تا زیر سقف). این تیپ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر از نوع BJM30-200 می‌باشد. به این معنی که ظرفیت کششی کامپوزیت حداقل ۳۰ N/mm² بوده و در تمام رجاها (فواصل ۲۰۰ mm) اجرا می‌شود. لازم به ذکر است ملات مصرفی در تمام بندهای افقی این تیپ دیوار نیز از نوع پلاستر مخصوص کامپوزیت (و نه ملات ماسه سیمان معمولی) می‌باشد.

تیپ ۲: دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی‌متری با حداکثر ارتفاع آزاد ۲/۸۵ متر و فاقد اتصال کشویی به سقف (با رعایت فاصله ۳ سانتی‌متر تا زیر سقف). این تیپ دیوار مسلح به نوارهای افقی

کامپوزیت شبکه الیاف از نوع HM30-250@700 می‌باشد. به این معنی که ظرفیت کششی کامپوزیت حداقل 30 N/mm بوده و عرض نوارهای کامپوزیت نیز 250 mm می‌باشد که به فواصل مرکز به مرکز 700 mm به صورت افقی در ارتفاع دیوار توزیع می‌شود.

تیپ ۳: دیوارهای داخلی 10 سانتی با حداکثر ارتفاع آزاد $2/85$ متر و فاقد اتصال کشویی به سقف (با رعایت فاصله 3 سانتی‌متر تا زیر سقف). مشابه دیوار تیپ ۲، این تیپ دیوار نیز مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف از نوع HM30-250@700 می‌باشد.

تیپ ۴: دیوارهای جانبی پناه 15 سانتی‌متری با حداکثر ارتفاع آزاد $1/3$ متر. مشابه دیوار تیپ ۱، این تیپ دیوار نیز مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر از نوع BJM30-200 می‌باشد.

تیپ ۵: دیوارهای 15 سانتی‌متری خرپشته با حداکثر ارتفاع آزاد $2/4$ متر و دارای اتصال کشویی به سقف (با رعایت فاصله 3 سانتی‌متر تا زیر سقف). مشابه دیوار تیپ ۱، این تیپ دیوار نیز مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر از نوع BJM30-200 می‌باشد.

جدول پ-۲ جزئیات تیپ‌بندی دیوارها

نوع	ضخامت (میلی‌متر)	ارتفاع آزاد (متر)	شرایط مرزی	تسلیح
تیپ ۱ پیرامونی	۱۵۰	۲/۸۵	E (دارای اتصال کشویی به سقف)	BJM30-200
تیپ ۲ داخلی	۱۵۰	۲/۸۵	A (لبه فوقانی آزاد)	HM30-250@700
تیپ ۳ داخلی	۱۰۰	۲/۸۵	A (لبه فوقانی آزاد)	HM30-250@700
تیپ ۴ پیرامونی	۱۵۰	۱/۳	A (لبه فوقانی آزاد)	BJM30-200
تیپ ۵ پیرامونی	۱۵۰	۲/۴	E (دارای اتصال کشویی به سقف)	BJM30-200

BJM30-200: کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر با ظرفیت کششی 30 N/mm و فواصل 200 mm (تمام رج‌ها)

HM30-250@700: نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف با ظرفیت کششی 30 N/mm ، پهنای نوار 250 mm و فواصل مرکز به مرکز 700 mm در امتداد ارتفاع دیوار

با توجه به آن‌که دیوارهای تیپ ۱، ۴ و ۵ در تمام رج‌های خود دارای کامپوزیت بند بستر هستند، لذا در ساخت این دیوارها تنها از پلاستر کامپوزیت در بندهای بستر استفاده شده و نباید از ملات ماسه سیمان معمولی در این دیوارها استفاده شود. در مقابل دیوارهای تیپ ۲ و ۳ (کلیه دیوارهای داخلی) فاقد کامپوزیت بند بستر هستند و در ساخت این دیوارها از ملات ماسه و سیمان معمولی به نسبت حجمی ۱ به ۳ استفاده می‌شود (برای نوارهای افقی کامپوزیت، از پلاستر مخصوص کامپوزیت استفاده می‌شود).

تذکره ۱: دیوارهای خرپشته گرچه تا حد زیادی مشابه دیوارهای پیرامونی هستند، اما نیروی زلزله آن‌ها حدوداً دو برابر بیشتر از نیروی زلزله سایر دیوارهای پیرامونی است (رجوع به بخش ۲-۲) و انتظار

می‌رود طول بحرانی آن‌ها کمتر از سایر دیوارهای پیرامونی باشد، لذا در این پروژه، دیوارهای خریشته در تیپ جداگانه‌ای طبقه‌بندی شده است.

تذکره ۲: طراحی دیوارهای محوطه و دیوارهای حیاط خلوت روباز در این پیوست، ارائه نشده است و برای طراحی این نوع دیوارها لازم است از دستورالعمل تدوین شده توسط دفتر مقررات ملی ساختمان تحت عنوان "دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه" ویرایش ۱۴۰۳ استفاده شود.

پ-۶-۳- مرحله سوم: محاسبه وزن هر یک از تیپ‌های دیوار

به منظور محاسبه نیروی لرزه‌ای وارد بر دیوارها، لازم است ابتدا وزن دیوارهای غیرسازه‌ای محاسبه شود. به طور کلی وزن دیوار شامل وزن خود دیوار به همراه نازک‌کاری یا نمای اجرا شده در دو وجه دیوار است. برای هر یک از تیپ‌های دیوار، وزن دیوار بر اساس سنگین‌ترین نوع نازک‌کاری مربوط به دیوارهای آن تیپ محاسبه می‌شود. نازک‌کاری استفاده شده در فضاهای مختلف ساختمان به همراه وزن هر یک در جدول (پ-۶-۳) ارائه شده است. وزن دیوارهای ساخته شده با بلوک‌های سیمانی توخالی و فاقد نازک‌کاری به ترتیب زیر قابل محاسبه است:

$$0.10 \times 900 = 90 \text{ kg/m}^2 = \text{وزن دیوار } 10 \text{ سانتی متری فاقد نازک‌کاری}$$

$$0.15 \times 900 = 135 \text{ kg/m}^2 = \text{وزن دیوار } 15 \text{ سانتی متری فاقد نازک‌کاری}$$

جدول پ-۶-۳ وزن نازک‌کاری و نما بر روی وجوه دیوارهای داخلی و پیرامونی

دیوار	نازک‌کاری	وزن نازک‌کاری
راهرو و پله‌ها	سرامیک پرس‌لای	$0.04 \times (2100) + 0.01 \times (2200) \approx 105 \text{ kg/m}^2$
اتاق‌ها	اندود گچ و خاک و دو گچ برداختی	$0.02 \times (1600) + 0.01 \times (1300) \approx 45 \text{ kg/m}^2$
سرویس‌ها و آشپزخانه	کاشی	$0.04 \times (2100) + 0.01 \times (1700) \approx 100 \text{ kg/m}^2$
اندود سیمانی	اندود سیمانی	$0.03 \times (2100) \approx 65 \text{ kg/m}^2$
نمای ساختمان	آجر نسوز ۲ سانتی	$0.04 \times (2100) + 0.02 \times (1850) \approx 100 \text{ kg/m}^2$

به منظور تعیین وزن نهایی دیوارها، با توجه به پلان کاربری فضاها، بحرانی‌ترین نازک‌کاری برای هر یک از تیپ‌های دیوارها در نظر گرفته می‌شود.

در خصوص دیوارهای تیپ ۱ (دیوارهای پیرامونی)، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی‌ترین حالت، حالتی است که وجه بیرونی نما و وجه داخلی اندود گچ و خاک و دوگچ برداختی باشد. به این ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۱ به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{وزن دیوارهای تیپ ۱} = 45 + 135 + 100 = 280 \text{ kg/m}^2 \approx 2800 \text{ N/m}^2$$

در خصوص دیوارهای تیپ ۲ (دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی متری)، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی ترین حالت، حالتی است که یک وجه کاشی و وجه دیگر سرامیک باشد. به این ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۲ برای طراحی به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\text{وزن دیوارهای تیپ ۲} = 100 + 135 + 105 = 340 \text{ kg/m}^2 \approx 3400 \text{ N/m}^2$$

در خصوص دیوارهای تیپ ۳ (دیوارهای داخلی ۱۰ سانتی متری)، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی ترین حالت، حالتی است که یک وجه کاشی و وجه دیگر اندود گچ و خاک و دو گچ پرداختی باشد. به این ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۳ برای طراحی به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\text{وزن دیوارهای تیپ ۳} = 45 + 90 + 100 = 235 \text{ kg/m}^2 \approx 2350 \text{ N/m}^2$$

در خصوص دیوارهای تیپ ۴ (دیوارهای جان پناه ۱۵ سانتی متری)، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی ترین حالت، حالتی است که یک وجه نما و وجه دیگر اندود سیمانی باشد. به این ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۴ برای طراحی به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\text{وزن دیوارهای تیپ ۴} = 65 + 135 + 100 = 300 \text{ kg/m}^2 \approx 3000 \text{ N/m}^2$$

در خصوص دیوارهای تیپ ۵ (دیوارهای خرپشته ۱۵ سانتی متری)، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی ترین حالت، حالتی است که یک وجه نما و وجه دیگر سرامیک پرسلان باشد. به این ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۵ برای طراحی به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\text{وزن دیوارهای تیپ ۵} = 105 + 135 + 100 = 340 \text{ kg/m}^2 \approx 3400 \text{ N/m}^2$$

تذکر: لازم به ذکر است برخی از دیوارهای موجود در هر یک از تیپ ها دارای وزن کمتری نسبت به مقادیر فوق است، به عنوان مثال تنها برخی از دیوارهای موجود در تیپ ۳، دارای کاشی در یکی

از وجوه خود می‌باشند و بقیه دیوارهای موجود در این تیپ دارای نازک‌کاری سبک‌تری هستند. با این وجود، به منظور تسهیل در روند طراحی، در جهت اطمینان از سنگین‌ترین نازک‌کاری موجود در هر تیپ برای تعیین وزن و بار لرزه‌ای وارد بر کلیه دیوارهای آن تیپ استفاده می‌شود.

پ-۶-۴- مرحله چهارم: تعیین محل احداث و مشخصات ساختمان

ساختمان مدنظر ساختمانی مسکونی واقع در منطقه‌ای با سرعت مبنای باد ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت، شتاب مبنای طرح ۰/۳۵ و خاک نوع ۳ مطابق دسته‌بندی استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) است. با توجه به کاربری ساختمان، از منظر مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان)، گروه خطرپذیری ساختمان ۳ می‌باشد (جدول ۱-۶-۱ مبحث مذکور) و از منظر استاندارد ۲۸۰۰ ایران، سازه دارای اهمیت متوسط می‌باشد. لذا، ضریب اهمیت بار زلزله و باد هر دو برابر با ۱ می‌باشد. این ضرایب در تعیین نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوارهای غیرسازه‌ای، استفاده خواهند شد. بر اساس طراحی سازه‌ای انجام شده، حداکثر نسبت تغییر مکان جانبی نسبی واقعی (غیرالاستیک) طبقات تحت زلزله طرح (دوره بازگشت ۴۷۵ سال) معادل ۱/۵٪ می‌باشد. به‌علاوه ساختمان در محیط شهری با تراکم نسبتاً زیاد واقع شده است.

پ-۶-۵- مرحله پنجم: تخمین نیروی خارج از صفحه هر یک از تیپ‌های دیوار

در این بخش از ابزار محاسباتی تحت اکسل که در پیوست ۳ معرفی گردید به منظور محاسبه نیروی خارج از صفحه ناشی از باد و زلزله استفاده شده است. لازم به ذکر است ابزار محاسباتی معرفی شده، از روابط ارائه شده در فصل دوم در تخمین نیروی وارد بر دیوار استفاده می‌کند. ورودی‌های مورد نیاز برای دیوارهای تیپ ۱ (دیوارهای پیرامونی ۱۵ سانتی‌متری) در شکل‌های (پ-۶-۵) الی (پ-۶-۷) ارائه شده است. مطابق بخش ۱-۲ در محاسبه نیروی ناشی از باد برای مناطق شهری متراکم، ارتفاع ساختمان نباید کمتر از ۱۲ متر در نظر گرفته شود. با توجه به اینکه ارتفاع ساختمان در این پروژه کمتر از ۱۲ متر است، لذا در ابزار محاسباتی تحت اکسل، ارتفاع ساختمان برابر با ۱۲ متر در نظر گرفته شده است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان

شکل پ-۶-۷ خروجی‌های ارائه شده توسط ابزار محاسباتی شامل نیروی خارج از صفحه، ظرفیت خارج از صفحه، نسبت تقاضا به ظرفیت و نیروهای تکیه‌گاهی دیوار (قابل استفاده در طراحی اتصالات و وادارها)

جدول پ-۴ نیروی خارج از صفحه ناشی از زلزله و باد

تذکر: در نسخه فعلی ابزار محاسباتی تحت اکسل، ضریب اصلاح شتاب خریشته (λ_s) قابل تعریف نبوده و مقدار آن برابر ۱ در نظر گرفته شده است. لذا به منظور محاسبه نیرو و طول بحرانی دیوارهای خریشته (دیوار تیب ۵ در این پروژه)، لازم است شتاب مبتدای طرح ۲ برابر مقدار واقعی تعریف شود.

پ-۶-۶- مرحله ششم: تعیین طول بحرانی برای هر یک از تیپ‌های دیوار

در این مرحله، با در نظر گرفتن حداکثر ارتفاع آزاد، نوع و میزان تسلیح، شرایط مرزی و تقاضای (نیروی) مربوط به هر تیپ، طول بحرانی مربوط به هر یک از تیپ‌های دیوار محاسبه شده است. این کار با استفاده از ابزار محاسباتی تحت اکسل قابل انجام است. برای این منظور، طول آزاد دیوار با سعی و خطا

به نحوی تنظیم می‌شود که نسبت تقاضا به ظرفیت که توسط ابزار محاسباتی محاسبه می‌شود، برابر با ۱ (یا تقریباً برابر با ۱) شود. به عنوان نمونه در شکل (پ-۵-۶) طول آزاد دیوار تیپ ۱ برابر با ۶ متر در نظر گرفته شده که مطابق شکل (پ-۶-۶) این طول منجر به نسبت تقاضا به ظرفیتی برابر با ۰/۹۹ شده است. بنابراین طول بحرانی برای دیوارهای تیپ ۱ در این پروژه برابر با ۶ متر می‌باشد. با روندی مشابه، طول بحرانی برای سایر تیپ‌های دیوار نیز محاسبه شده و در جدول (پ-۵-۶) ارائه شده است.

جدول پ-۵-۶ طول بحرانی تیپ‌های مختلف دیوار (در بخش‌های دارای بازشو به تذکر ۵ توجه شود)

تیپ دیوار	تیپ ۱	تیپ ۲	تیپ ۳	تیپ ۴	تیپ ۵
نوع دیوار	دیوار ۱۵ سانتی‌متری پیرامونی	دیوار ۱۵ سانتی‌متری داخلی	دیوار ۱۰ سانتی‌متری داخلی	دیوار ۱۵ سانتی‌متری جان‌پناه	دیوار ۱۵ سانتی‌متری خرپشته
طول بحرانی	6.0 m	3.0 m	3.0 m	4.0 m	3.0 m

تذکر ۱: به منظور سهولت در روند اجرا و نظارت، توصیه می‌شود مقادیری رند به عنوان طول بحرانی انتخاب شوند.

تذکر ۲: در محاسبه طول بحرانی دیوارهای تیپ ۱، ۴ و ۵ نوع ملات دیوار را که در واقع پلاستر کامپوزیت است می‌توان معادل ملات ماسه، سیمان و آهک (ملات با بیشترین چسبندگی) در نظر گرفت. (به تذکر ۲ بخش ۳-۱-۳ مراجعه شود). در محاسبه طول بحرانی دیوارهای تیپ ۲ و ۳، نوع ملات از نوع ماسه سیمان به نسبت حجمی ۱ به ۳ در نظر گرفته شده است.

تذکر ۳: طول‌های بحرانی با این فرض محاسبه شده است که رطوبت ملات دیوارها حداقل در سه روز نخست مطابق بند ۴-۱۰-۴ حفظ شود.

تذکر ۴: در محاسبه طول بحرانی، در جهت اطمینان فرض شده است که بندهای قائم دیوار فاقد ملات هستند.

تذکر ۵: مطابق بند ۴-۱۰-۱، در صورتی که در طول آزاد دیوار بازشو وجود داشته باشد و ارتفاع بخش بنایی بالای بازشو کمتر از ۲۰٪ ارتفاع دیوار باشد، لازم است طول بحرانی دیوار که با فرض عدم وجود بازشو محاسبه شده است، به میزان ۳۰٪ کاهش داده شود. در ساختمان مدنظر ارتفاع درب‌ها ۲۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع پنجره‌ها ۱۵۰ سانتی‌متر (با ارتفاع دست انداز ۱۱۰ سانتی‌متر) است. از طرفی ارتفاع دیوارهای ساختمان مدنظر ۲۸۵ سانتی‌متر می‌باشد. بنابراین برای دیوارهای دارای بازشوی پنجره، لازم است طول بحرانی (در قسمتی که پنجره وجود دارد)، ۳۰٪ کاهش

داده شود، اما در خصوص دیوارهای دارای بازشوی درب (به جز درب‌های اتاق‌های خواب) نیاز به کاهش طول بحرانی نیست. در بالای درب اتاق‌های خواب، بازشوی کوچکی به منظور عبور کانال کولر قرار می‌گیرد که این امر سبب می‌شود ارتفاع دیوار بالای درب، کمتر از ۲۰٪ ارتفاع کل دیوار شود. با توجه به توضیحات فوق در بخشی از دیوار که بازشوی پنجره و درب اتاق خواب قرار دارد، طول بحرانی ۷۰٪ مقادیر ارائه شده در جدول (پ-۶-۵) می‌باشد. در خصوص بخش‌هایی از دیوار که فاقد بازشو است یا بازشو از نوع درب ورودی ساختمان، درب ورودی واحد یا درب سرویس می‌باشد (درب‌های فاقد کانال کولر در قسمت فوقانی)، نیاز به کاهش طول بحرانی نمی‌باشد. به عبارت دیگر، بر اساس دسته‌بندی بخش ۴-۱۰-۱، در ساختمان مدنظر پنجره‌ها و درب‌های اتاق خواب در دسته بازشوهای نوع ۲ بوده و درب ورودی ساختمان، درب واحد و درب سرویس و حمام در دسته بازشوهای نوع ۳ هستند. با توجه به ارتفاع کم دیوار خریشته، درب موجود در دیوار خریشته نیز در دسته بازشوهای نوع ۲ قرار دارد.

تذکر ۶: در دیوار تیپ ۴ (جان‌پناه)، طول بحرانی به نحوی به‌دست آمده است که نسبت نیرو به ظرفیت تقریباً برابر با ۰/۷۵ باشد (و نه ۱). این محافظه کاری به دلیل آن است که احتمال اعمال بارهای تصادفی متمرکز بر روی لبه جان‌پناه وجود دارد.

پ-۶-۷- مرحله هفتم: جانمایی و ادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن‌ها

جانمایی و ادارها بر روی نقشه معماری پلان طبقات انجام می‌شود. در روش طراحی ارائه شده در این راهنما، ارتفاع آزاد دیوار در تعیین طول بحرانی لحاظ شده، لذا ضرورتی برای محدود سازی ارتفاع آزاد دیوارها با استفاده از وادارهای افقی وجود ندارد. در جانمایی و ادارهای قائم علاوه بر الزامات فنی، لازم است بر الزامات اجرایی نیز توجه شود. الزامات فنی و اجرایی مدنظر در این پروژه به شرح زیر است:

الزامات فنی:

- طول آزاد کلیه دیوارهای موجود در هر تیپ، نباید از طول بحرانی مربوط به آن تیپ بیشتر باشد. در غیر این صورت لازم است با استفاده از وادارهای قائم، طول آزاد دیوار کاهش یابد.

- در بخشی از دیوار که پنجره یا درب‌های اتاق خواب قرار دارد، لازم است طول بحرانی به میزان ۳۰٪ کاهش داده شود.

- در فاصله کمتر از ۱ متری اتصالات هشتگیر، نباید وادار قائم در دیوارهای هشتگیر شده وجود داشته باشد. در صورتی که طول آزاد دیوار هشتگیر شده به دیوار اصلی کمتر از ۲۵٪ ارتفاع آزاد دیوار باشد، فاصله وادار در دیوار اصلی را می‌توان کمتر از ۱ متر تا محل هشتگیر در نظر گرفت. در این صورت دیوار کوتاه‌تر، یک بیرون‌زدگی از دیوار اصلی محسوب شده و دیوار مستقلی نمی‌باشد.

الزامات اجرایی (پس از مشورت با کارفرما، طراح و مجری):

- در این پروژه برای اتصال دیوارهای پیرامونی به دیوارهای داخلی از اتصال جداسازی شده، استفاده می‌شود. علت این امر آن است که دیوارهای داخلی و پیرامونی به صورت هم زمان اجرا نمی‌شوند و در این موارد مناسب‌تر است از اتصال هشتگیر استفاده نشود. در برخی از پروژه‌ها امکان اجرای هم‌زمان دیوارهای داخلی و پیرامونی مهیاست و در این موارد می‌توان از اتصال هشتگیر برای اتصال دیوارهای داخلی به پیرامونی نیز استفاده نمود.

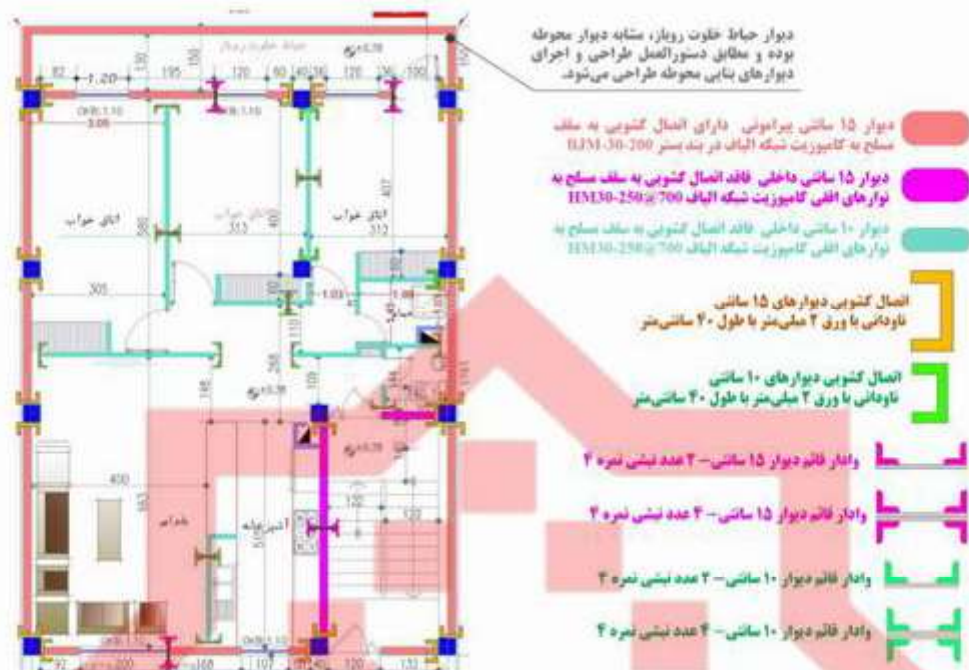
- برای اتصال دیوارهای با دو ضخامت مختلف (مثلاً اتصال دیوار ۱۵ سانتی‌متری به دیوار ۱۰ سانتی‌متری) از اتصال جداسازی شده، استفاده می‌شود. علت این امر آن است که ممکن است بلوک‌های با ضخامت غیر یکسان، دارای ارتفاع غیر یکسان نیز باشد. ارتفاع غیر یکسان در بلوک‌ها منجر به دشواری در اجرای اتصال هشتگیر خواهد شد.

تذکر ۱: الزامات فنی ارائه شده بخشی از الزامات این راهنما بوده و بر اساس این راهنما اجرای آن‌ها الزامی است. اما، الزامات اجرایی مذکور، بخشی از الزامات این راهنما نبوده و تنها در این پروژه خاص بر اساس نظر کارفرما، طراح و مجری تعیین شده‌اند. اگرچه این الزامات اجرایی برای بسیاری از پروژه‌ها قابل توصیه است، اما رعایت تمامی آن‌ها بر اساس ترتیبات مقرر در این راهنما الزامی نیست.

تذکر ۲: در متن حاضر جزئیات مربوط به طراحی دیوار محوطه حیاط و نیز دیوار حیاط خلوت روباز ارائه نشده است. این نوع دیوارها (دیوار، کلاف دیوار و شالوده دیوار) لازم است مطابق "دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه" طراحی شوند.

جانمایی و ادارهای قائم در طبقات در شکل‌های (پ-۶-۸) الی (پ-۶-۱۰) ارائه شده است. به منظور ارائه جزئیات بیشتر در خصوص دیوارهای اطراف داکت تاسیسات، دیوارهای دارای بیرون‌زدگی، همچنین رعایت طول‌های بحرانی، بخش‌هایی از پلان طبقه همکف و اول به صورت بزرگ‌نمایی شده به ترتیب در شکل‌های (پ-۶-۱۱) و (پ-۶-۱۲) نشان داده شده است.

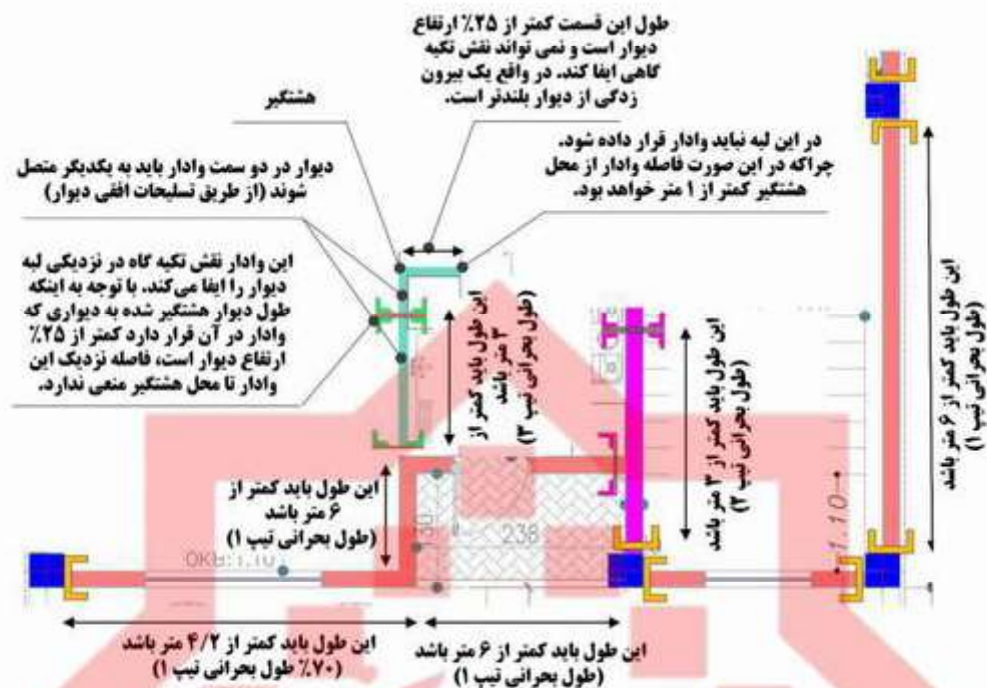
دقتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۶-۸: تیپ‌بندی دیوارها، جانمایی و اداری قائم و اتصالات کشویی در طبقه همکف



شکل پ-۶-۹: تیپ‌بندی دیوارها، جانمایی و اداری قائم و اتصالات کشویی در طبقه اول



شکل پ-۶-۱۲ جزئیاتی در خصوص دیوارهای دارای بیرون‌زدگی در لبه دیوار و رعایت طول بحرانی در دیوارهای با و بدون بازشو

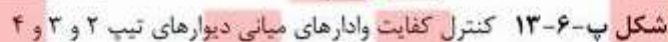
بر اساس ملاحظات اجرایی، تصمیم گرفته شده است که وادارها با استفاده از نبشی‌های نمره ۴ ساخته شوند. علت اصلی آن است که لازم است لبه وادار حداقل به میزان ۳ سانتی‌متر دیوار را در بر داشته باشد. با توجه به عدم قطعیت ابعادی، همچنین خطا و تolerانس‌های اجرایی قابل انتظار، تصمیم بر این است که از نبشی نمره ۴ که دارای پهنای بال ۴ سانتی‌متر است، استفاده شود. به این ترتیب اطمینان حاصل می‌شود که همواره وادارها حداقل به میزان ۳ سانتی‌متر دیوار را در بر خواهند گرفت. لذا در این بخش کنترل کفایت مقطع وادار ساخته شده از ۴ عدد نبشی نمره ۴ به عنوان وادارهای قائم میانی انجام شده است. ابزار محاسباتی ارائه شده در این راهنما، عکس‌العمل تکیه‌گاهی ایجاد شده در لبه‌های دیوار را نیز ارائه می‌دهد. عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی تیب‌های مختلف دیوار در جدول (پ-۶-۶) ارائه شده است. این مقادیر مربوط به حالتی است که دیوار دارای طول بحرانی باشد (بیشترین طول آزاد محتمل در پروژه). لذا در جهت اطمینان می‌توان از این مقادیر در طراحی مقطع وادارها، همچنین اتصالات دیوار به سقف و دیوار به ستون استفاده نمود.

جدول پ-۶-۶ عکس العمل تکیه‌گاهی در لبه فوقانی و قائم تیپ‌های مختلف دیوار

تیپ دیوار	توضیحات تیپ دیوار	طول بحرانی	نیروی تکیه‌گاهی لبه فوقانی کل نیرو از طول دیوار	نیروی تکیه‌گاهی لبه قائم کل نیرو ارتفاع دیوار
تیپ ۱	دیوار بیرامونی ۱۵ سانتی‌متری	6.0 m	9.15 kN	2.85 kN
تیپ ۲	دیوار داخلی ۱۵ سانتی‌متری	3.0 m	0	4.95 kN
تیپ ۳	دیوار داخلی ۱۰ سانتی‌متری	3.0 m	0	3.40 kN
تیپ ۴	دیوار جان پناه ۱۵ سانتی‌متری	4.0 m	0	1.20 kN
تیپ ۵	دیوار خربشته ۱۵ سانتی‌متری	3.0 m	6.80 kN	4.50 kN

به منظور طراحی وادارهای لبه‌ای می‌توان از مقادیر نیرو در واحد ارتفاع دیوار (نیروی تکیه‌گاهی لبه قائم) استفاده نمود. در خصوص وادارهای میانی می‌توان از ۲ برابر مقدار مذکور استفاده کرد. کفایت مقطع در نظر گرفته شده برای وادارهای قائم برای دیوارهای تیپ ۲ و ۳ و ۴ در شکل (پ-۶-۱۳) بررسی شده است. در صورتی که کنترل برای دیوارهای تیپ ۱ و ۵ نیز انجام شود، مشخص می‌گردد مقطع انتخابی برای وادار، کفایت لازم را دارا می‌باشد. در خصوص وادارهای لبه‌ای حداکثر نیروی وارده، نصف حداکثر نیروی وارد بر وادارهای میانی است. لذا به شکل خودکار، کفایت وادارهای لبه‌ای نیز تضمین شده است.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



پ-۶-۸- مرحله هشتم: طراحی اتصالات

با توجه به اینکه دیوارهای این پروژه بر روی کف بتنی اجرا می‌شوند، اتصال دیوار به کف صرفاً از طریق اولین لایه ملات برقرار می‌شود و نیاز به تدابیر دیگر نمی‌باشد.

پ-۶-۸-۲- اتصال دیوار به سقف

در این پروژه تنها دیوارهای تپ ۱ و ۵ نیاز به اتصال کشویی به سقف دارند.

برای دیوار تیپ ۱: مطابق جدول (پ-۶-۶) نیروی وارده بر اتصالات کشویی دیوار به سقف در دیوار تیپ ۱ برابر با 1.5 kN/m است. به عبارت دیگر، در صورتی که در هر متر از لبه فوقانی دیوار از یک اتصال کشویی استفاده شده باشد، لازم است این اتصال کشویی دارای ظرفیتی حداقل برابر با 1.5 kN باشد. برای طراحی این اتصال می‌توان از روند ارائه شده در بخش ۴-۸-۲ استفاده نمود. در جدول (۳-۴) در بخش ۴-۸-۲ دو نوع اتصال کشویی دیوار به سقف به صورت از پیش طراحی شده ارائه شده است. به منظور سهولت در این پروژه از اتصالات از پیش طراحی شده جدول (۳-۴) استفاده شده است. بر اساس این جدول، اتصال نوع ۱ در هر یک متر از طول خود دارای ظرفیتی برابر با 4.3 kN است. لذا قطعه‌ای به طول 40 سانتی‌متر از این اتصال دارای ظرفیتی برابر با $0.4 \times 4.3 = 1.7 \text{ kN}$ خواهد بود. بنابراین برای دیوارهای تیپ ۱ (دیوارهای پیرامونی) کافی است در هر متر از لبه فوقانی دیوار اتصال کشویی نوع ۱ به طول 40 سانتی‌متر قرار داده شود. همچنین مطابق جدول (۳-۴)، یک متر از این اتصال نیاز به ۳ عدد رول بولت سایز ۶ دارد، لذا قطعه‌ای به طول 40 سانتی‌متر از این اتصال نیاز به ۲ عدد رول بولت سایز ۶ خواهد داشت. جزئیات نهایی اتصال کشویی دیوارهای تیپ ۱ به سقف در جدول (پ-۶-۷) ارائه شده است.

برای دیوار تیپ ۵: مطابق جدول (پ-۶-۶) نیروی وارده بر اتصالات کشویی دیوار به سقف در دیوار تیپ ۵ برابر با 2.25 kN/m است. یعنی در صورتی که در هر متر از لبه فوقانی دیوار از یک اتصال کشویی استفاده شده باشد، لازم است این اتصال کشویی دارای ظرفیتی حداقل برابر با 2.25 kN باشد. به منظور سهولت در این پروژه از جدول (۳-۴) برای طراحی اتصال کشویی دیوار به سقف استفاده شده است. بر اساس این جدول، اتصال نوع ۱ در هر یک متر از طول خود دارای ظرفیتی برابر با 4.3 kN است. لذا قطعه‌ای به طول 55 سانتی‌متر از این اتصال دارای ظرفیتی برابر با $0.55 \times 4.3 = 2.4 \text{ kN}$ خواهد بود. بنابراین برای دیوارهای تیپ ۵ (دیوارهای خربشته) کافی است در هر متر از لبه فوقانی دیوار اتصال کشویی نوع ۱ به طول 55 سانتی‌متر قرار داده شود. همچنین مطابق جدول (۳-۴)، یک متر از این اتصال نیاز به ۳ عدد رول بولت سایز ۶ دارد، لذا قطعه‌ای به طول 55 سانتی‌متر از این اتصال نیاز به ۲ عدد رول بولت سایز ۶ خواهد داشت. جزئیات نهایی اتصالات کشویی دیوارهای تیپ ۵ به سقف در جدول (پ-۶-۷) ارائه شده است.

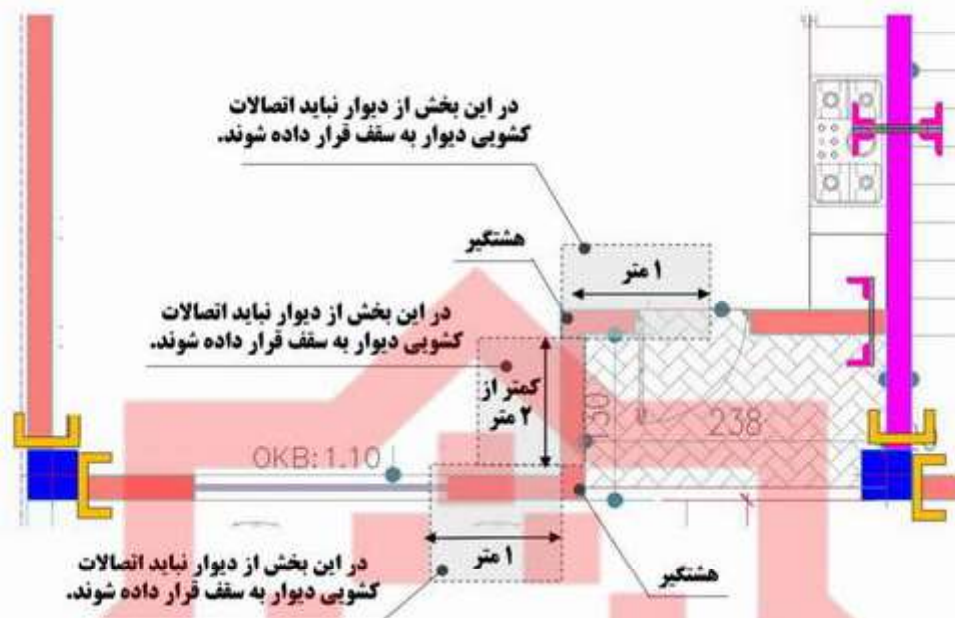
جدول پ-۶ جزئیات اتصالات کشویی دیوار به سقف

جزئیات اتصال کشویی دیوار به سقف					توضیحات	تیپ دیوار
تیپ دیوار	تیپ دیوار	فواصل مرکز به مرکز	طول قطعه اتصال	پهنای ورق بال	ضخامت ورق	جزئیات رول بولت
تیپ ۱	دیوارهای بیرامونی	1 m	0.4 m	60 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۲-۴)
تیپ ۵	دیوار خرپشته	1 m	0.55 m	60 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۲-۴)

تذکره ۱: صرفنظر از وجود یا عدم وجود اتصال کشویی مابین دیوار و سقف، لازم است فاصله جداسازی بین لبه فوقانی دیوار و زیر سقف همواره رعایت شود. در این پروژه این فاصله برابر با ۳۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است.

تذکره ۲: لازم است اتصالات کشویی دیوار به سقف حداقل به اندازه ۱ متر از محل هشتگیر دیوار فاصله داشته باشد. این موضوع در شکل (پ-۶-۱۴) نشان داده شده است. در صورتی که دیوار دارای اتصال کشویی به سقف به دیواری با طولی کمتر از ۲۵٪ ارتفاع دیوار هشتگیر شده باشد، نیاز به رعایت فاصله مذکور نمی‌باشد. در این شرایط دیوار بلندتر را می‌توان دارای اتصال کشویی به سقف در فاصله نزدیک به محل هشتگیر در نظر گرفت اما لازم است دیوار کوتاه (بیرون‌زدگی دیوار بلندتر) فاقد اتصال کشویی به سقف باشد. در این پروژه چنین شرایطی وجود ندارد.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۶-۱۴ لزوم رعایت حداقل فاصله ۱ متری بین اتصالات کشویی دیوار به سقف از محل هشگیر

پ-۶-۸-۳- اتصال دیوار به ستون

در مواردی که دیوار به ستون متصل می‌شود، لازم است اولاً اتصال به صورتی کشویی بوده و دوماً حداقل به میزان G بین لبه قائم دیوار و ستون درز جداسازی وجود داشته باشد. حداقل فاصله جداسازی مورد نیاز بین دیوار و ستون برابر است با (در ساختمان مدنظر، حداکثر دریفت طبقه بدون اعمال ضریب اهمیت در زلزله طرح برابر با ۱/۵٪ است):

$$G = (I_p \delta_m - 0.003) H_w = (1.0 \times 0.015 - 0.003) \times 2850 = 34 \text{ mm} \approx 40 \text{ mm}$$

بنابراین در این پروژه فاصله جداسازی بین دیوار و ستون برابر با ۴۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است فاصله جداسازی بین جان‌پناه و ستون‌های غیرطره‌ای (مثل ستون خرپشته) را می‌توان ۲۰ میلی‌متر در نظر گرفت (به علت ارتفاع کمتر دیوار جان‌پناه). در خصوص ستون‌های طره‌ای که از کف بام امتداد می‌یابند، نیاز به رعایت جداسازی بین جان‌پناه و ستون‌های طره‌ای نمی‌باشد.

به منظور طراحی اتصالات دیوار به ستون، می‌توان از نیروهای عکس العمل ایجاد شده در لبه‌های دیوار مطابق جدول (پ-۶-۶) استفاده نمود. روند طراحی این نوع اتصال در بخش ۴-۸-۳ ارائه شده است. در این پروژه به منظور سهولت در روند طراحی، از جدول (۴-۴) بخش ۴-۸-۳ برای طراحی اتصالات

کشویی دیوار به ستون استفاده شده است. در جدول (۴-۴) اتصالات نوع ۱ و ۲ هر دو دارای ضخامت ورق ۲ میلی‌متر است و تفاوت آن‌ها در فاصله جداسازی (G) است که برای اتصال نوع ۱ $G=30\text{mm}$ و برای اتصال نوع ۲ $G=50\text{mm}$ است. در پروژه مدنظر $G=40\text{mm}$ به‌دست آمده است. لذا در صورت استفاده از ورق با ضخامت ۲ میلی‌متر، ظرفیت اتصال در یک متر از طول اتصال با درون یابی بین اتصال نوع ۱ و ۲ برابر با ۳ kN به‌دست خواهد آمد. یک متر از این اتصال به ۳ عدد رول بولت سایز ۶ نیاز دارد.

برای دیوار تیپ ۱: مطابق جدول (۶-۶) کل نیروی وارد بر اتصالات کشویی دیوار به ستون

در دیوار تیپ ۱ برابر با ۲/۸۵ kN است. اتصال کشویی مدنظر دارای ظرفیت ۳ kN در یک متر از طول خود است. بر این اساس، لازم است مجموع طول قطعات اتصال در لبه قائم دیوار حداقل برابر با ۹۵ سانتی‌متر باشد. لذا می‌توان از ۳ قطعه اتصال هر یک به طول ۴۰ سانتی‌متر استفاده نمود. ضخامت ورق قطعه اتصال ۲ میلی‌متر و فاصله جداسازی بین دیوار و ستون ۴۰ میلی‌متر است. بنابراین لازم است پهنای بال ورق اتصال $2G+30\text{mm}=110\text{mm}$ باشد. جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون برای دیوارهای تیپ ۱ در جدول (۸-۶) نیز ارائه شده است.

برای دیوار تیپ ۲: مطابق جدول (۶-۶) کل نیروی وارد بر اتصالات کشویی دیوار به ستون

در دیوار تیپ ۲ برابر با ۴/۹۵ kN است. اتصال کشویی مدنظر دارای ظرفیت ۳ kN در یک متر از طول خود است. بر این اساس، مجموع طول قطعات اتصال در لبه قائم دیوار تیپ ۲ حداقل باید ۱۶۵ سانتی‌متر باشد. لذا می‌توان از ۴ عدد قطعه اتصالی هر یک به طول ۴۰ سانتی‌متر استفاده نمود. ضخامت ورق قطعه اتصال ۲ میلی‌متر و فاصله جداسازی بین دیوار و ستون ۴۰ میلی‌متر است. بنابراین لازم است پهنای بال ورق اتصال $2G+30\text{mm}=110\text{mm}$ باشد. جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون برای دیوارهای تیپ ۲ در جدول (۸-۶) نیز ارائه شده است.

برای دیوار تیپ ۳: مطابق جدول (۶-۶) کل نیروی وارد بر اتصالات کشویی دیوار به ستون

در دیوار تیپ ۳ برابر با ۳/۴ kN است. اتصال کشویی مدنظر دارای ظرفیت ۳ kN در یک متر از طول خود است. بر این اساس لازم است مجموع طول قطعات اتصال در لبه قائم دیوار حداقل برابر با ۱۱۳ سانتی‌متر باشد. لذا می‌توان از ۳ قطعه اتصالی هر یک به طول ۴۰ سانتی‌متر استفاده نمود. ضخامت ورق قطعه اتصال ۲ میلی‌متر و فاصله جداسازی بین دیوار و ستون ۴۰ میلی‌متر است. بنابراین لازم است پهنای بال ورق اتصال $2G+30\text{mm}=110\text{mm}$ باشد. جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون برای دیوارهای تیپ ۳ در جدول (۸-۶) نیز ارائه شده است.

برای دیوار تیپ ۴: مطابق جدول (پ-۶-۶) کل تقاضای وارده بر اتصالات کشویی دیوار به ستون در دیوار تیپ ۴ برابر با $1/20 \text{ kN}$ است. دیوارهای تیپ ۴ در واقع دیوارهای جان‌پناه هستند، در دیوارهای جان‌پناه نیاز به رعایت فاصله جداسازی (G) بین جان‌پناه و ستون‌ها و وادارهای طرهای نمی‌باشد. اما در محل اتصال جان‌پناه به ستون‌های خرپشته لازم است فاصله جداسازی به مقدار $G=20 \text{ mm}$ رعایت شود. بنابراین در جهت اطمینان می‌توان برای کلیه اتصالات کشویی جان‌پناه، عرض بال مورد نیاز را برابر با $2G+30=70 \text{ mm}$ در نظر گرفت. با این وجود استفاده از عرض بال ۱۱۰ میلی‌متر نیز که برای سایر دیوارها به دست آمده است، بلامانع و در جهت اطمینان است. برای اتصال کشویی مدنظر که دارای ضخامت ورق ۲ میلی‌متر است بر اساس جدول (۴-۴) در صورتی که فاصله جداسازی ۳۰ میلی‌متر باشد، ظرفیت یک متر از اتصال برابر با $2/6 \text{ kN}$ است. در اتصالات جان‌پناه در این پروژه حداکثر فاصله جداسازی ۲۰ میلی‌متر است، لذا استفاده از ظرفیت فوق در جهت اطمینان خواهد بود. بر این اساس مجموع طول قطعات اتصال در لبه قائم دیوار تیپ ۴ (جان‌پناه) لازم است حداقل برابر با ۳۳ سانتی‌متر باشد. لذا می‌توان از یک قطعه اتصال به طول ۴۰ سانتی‌متر استفاده نمود. توصیه می‌شود این قطعه اتصال در بخش فوقانی از لبه قائم جان‌پناه قرار گیرد. همانطور که ذکر شد، پهنای بال اتصال را می‌توان ۷۰ میلی‌متر لحاظ کرد، اما برای سهولت در روند اجرا و نظارت، پهنای بال اتصالات لبه قائم جان‌پناه برابر با پهنای بال اتصالات کشویی در لبه قائم سایر دیوارها و برابر با ۱۱۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است. جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون برای دیوارهای تیپ ۴ در جدول (پ-۶-۸) نیز ارائه شده است.

برای دیوار تیپ ۵: مطابق جدول (پ-۶-۶) کل نیروی وارد بر اتصالات کشویی دیوار به ستون در دیوار تیپ ۵ برابر با $4/5 \text{ kN}$ است. اتصال کشویی مدنظر دارای ظرفیت 3 kN در یک متر از طول خود است. بنابراین کل طول اتصال کشویی مورد نیاز در لبه قائم دیوارهای تیپ ۵ برابر با $1/5$ متر می‌باشد. لذا می‌توان از سه قطعه اتصال هر یک به طول ۵۰ سانتی‌متر استفاده نمود. اما به منظور سهولت در روند اجرا و نظارت، بهتر است طول قطعات اتصال مشابه قطعات اتصال سایر دیوارها باشد. لذا از ۴ عدد قطعه اتصال هر یک به طول ۴۰ سانتی‌متر استفاده می‌شود. ضخامت ورق قطعه اتصال ۲ میلی‌متر بوده و فاصله جداسازی بین دیوار و ستون ۴۰ میلی‌متر است. بنابراین، لازم است پهنای بال ورق اتصال لازم است $2G+30=110 \text{ mm}$ باشد. جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون برای دیوارهای تیپ ۵ در جدول (پ-۶-۸) نیز ارائه شده است.

جدول پ-۶-۸ جزئیات اتصالات کشویی دیوار به ستون
جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون

تایپ دیوار	توضیحات تایپ دیوار	تعداد	طول قطعه اتصال	پهنای ورق بال	ضخامت ورق	جزئیات رول بولت هر قطعه اتصال
تایپ ۱	دیوارهای پیرامونی	۳ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۲-۴)
تایپ ۲	دیوار داخلی ۱۵ سانتی	۴ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۲-۴)
تایپ ۳	دیوار داخلی ۱۰ سانتی	۳ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۲-۴)
تایپ ۴	دیوار جان‌پناه	۱ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۲-۴)
تایپ ۵	دیوار خریشته	۴ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۲-۴)

پ-۶-۸-۴ اتصال دیوار به دیوار به صورت هشتگیر

جانمایی وادارهای قائم به نحوی انجام شده است که محل وادار از محل هشتگیر دیوار حداقل به اندازه ۱ متر فاصله داشته باشد. علاوه بر آن، لازم است تسلیح افقی دیوار در محل هشتگیر مطابق شکل‌های (۱۵-۴) و (۱۶-۴) باشد.

تذکره: محدودیت فاصله ۱ متری از محل هشتگیر در خصوص بیرون‌زدگی‌های دیوار موضوعیت ندارد. هر دیواری با طول کمتر از ۲۵٪ ارتفاع دیوار که به دیوار اصلی هشتگیر شده باشد، برای دیوار اصلی بیرون‌زدگی محسوب می‌شود و وادارهای قرار گرفته در دیوار اصلی یا اتصالات کشویی دیوار اصلی را می‌توان در فاصله‌ای کمتر از ۱ متری از محل بیرون‌زدگی دیوار قرار داد. در خود محل بیرون‌زدگی دیوار نباید از وادار قائم یا اتصال کشویی (به سقف یا ستون) استفاده شود.

تذکر ۲: بر اساس تعریف ارائه شده در تذکر ۱، کلیه دیوارهای اطراف داکت تاسیسات، به دیوار اصلی هشتگیر شده و یک بیرون زدگی برای دیوار اصلی محسوب می شوند.

تذکر ۳: شکل های (پ-۶-۱۱) و (پ-۶-۱۲) نمونه هایی از روند قابل قبول در طراحی دیوارهای دارای بیرون زدگی را نشان می دهند.

تذکر ۴: در صورتی که طول آزاد بیرون زدگی کمتر از ۷۰ سانتی متر باشد، قسمت بیرون زده می تواند به صورت غیرمسلح اجرا شود. با این وجود توصیه می شود تاحدامکان در محل هشتگیر از تسلیح افقی استفاده شود حتی برای بیرون زدگی دیوار. همچنین توصیه می شود همواره لبه قائم آزاد بیرون زدگی با استفاده از توارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف تسلیح شود.

پ-۶-۸-۵- اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده

در مواردی که اتصال دیوار به دیوار با استفاده از روش هشتگیر امکان پذیر نیست، از اتصال جداسازی شده با استفاده از وادار لبه ای استفاده می شود. وادارهای لبه ای در این پروژه با استفاده از جفت نبشی نمره ۴ ساخته شده و کفایت مقطع آن ها پیش تر در بخش پ-۶-۷ بررسی گردیده است. در اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده، لازم است بین وادار لبه ای اتصال و دیوار ممتد پشت وادار، فاصله جداسازی به اندازه G رعایت شود. در پروژه مدنظر $G=40\text{ mm}$ است.

پ-۶-۸-۶- اتصال وادار به سقف

نیروی وارد بر اتصالات فوقانی وادارهای میانی در تیپ های مختلف دیوار بر اساس نیروهای واحد طول ایجاد شده در لبه تکیه گاهی قائم دیوار قابل محاسبه است. برای این منظور کافی است مقدار نیروی تکیه گاهی لبه قائم در ۱ متر از طول دیوار (آخرین ستون در جدول (پ-۶-۶)) را در ضریب ۲ ضرب کرده (در وادار میانی نیرو از دو لبه قائم موجود در دو سمت وادار اعمال می شود)، سپس مقدار حاصل را در طول وادار ضرب و مقدار حاصل را بر عدد ۲ تقسیم نمود. بر اساس روند فوق، عکس العمل تکیه گاهی در اتصال فوقانی وادارهای موجود در تیپ های مختلف دیوار مطابق جدول (پ-۶-۹) محاسبه می شود. روند طراحی اتصالات وادار به سقف در بخش ۴-۸-۷ ارائه شده است. در این پروژه به منظور تسهیل در روند طراحی، از اتصالات از پیش طراحی شده موجود در جدول (۴-۵) استفاده شده است.

جدول پ-۶-۹ جزئیات اتصالات کشویی وادارهای میانی به سقف

نیروی واحد طول وادار	طول وادار	نیروی اتصال فوقانی	اتصال انتخاب شده بر اساس جدول (۴-۵)
وادارهای میانی دیوار تپ ۱	$2 \times 1.00 = 2.0$ kN/m	2.85 m	2.9 kN
وادارهای میانی دیوار تپ ۲	$2 \times 1.75 = 3.5$ kN/m	2.85 m	5.0 kN
وادارهای میانی دیوار تپ ۳	$2 \times 1.20 = 2.4$ kN/m	2.85 m	3.4 kN
وادارهای میانی دیوار تپ ۴	$2 \times 0.90 = 1.8$ kN/m	1.3 m	0 (وادار طره‌ای)
وادارهای میانی دیوار تپ ۵	$2 \times 1.85 = 3.7$ kN/m	2.4 m	4.45 kN

تذکر ۱: لبه فوقانی وادار قائم باید حداقل ۳۰ میلی‌متر از زیر سقف فاصله داشته باشد. همچنین لازم است اتصال کشویی حداقل به میزان ۳۰ میلی‌متر وادار را در برگیرد. بر این اساس، پهنای بال ناودانی اتصالات کشویی وادار به سقف حداقل باید ۶۰ میلی‌متر باشد.

تذکر ۲: برای اتصال وادارهای لبه‌ای به سقف می‌توان از قطعات اتصالی مشابه جدول (پ-۶-۹) اما با طول ناودانی نصف مقادیر جدول استفاده نمود. تعداد رول بولت‌ها برای هر یک از قطعات اتصال تحت هیچ شرایطی نباید کمتر از ۲ عدد باشد.

پ-۶-۸-۶- اتصال وادار به کف

برای اتصال وادار به کف می‌توان از جزئیات ارائه شده در شکل (۴-۱۸) استفاده نمود. این جزئیات برای وادارهای دیوار و جان پناه در این پروژه مناسب می‌باشد.

تذکر: در خصوص جان پناه، لازم است ظرفیت رول بولت‌های اتصال برای تحمل ترکیب خمش و برش ایجاد شده در پای وادار طره‌ای کنترل شود. این کنترل در این پروژه انجام شده و جزئیات نشان داده شده در شکل (۴-۱۸) برای استفاده در وادارهای طره‌ای جان پناه نیز مناسب است.

پ-۶-۹- مرحله نهم: طراحی نعل درگاه و قاب فرعی (ساب فریم)

بر اساس نقشه‌های معماری، ارتفاع درب‌ها ۲۲۰ سانتی‌متر بوده و ارتفاع پنجره‌ها نیز ۱۵۰ سانتی‌متر است (با ارتفاع دست انداز ۱۱۰ سانتی‌متری). از طرفی ارتفاع دیوارها ۲۸۵ سانتی‌متر است. بنابراین ارتفاع دیوار بر روی نعل درگاه درب‌ها برابر با ۶۵ سانتی‌متر و ارتفاع دیوار روی نعل درگاه پنجره‌ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. در بالای درب‌های اتاق خواب کانال‌های کولر قرار دارد که در جهت اطمینان از کاهش بار روی نعل درگاه به واسطه وجود بازشوی کانال کولر صرف‌نظر می‌شود.

وزن تیپ‌های مختلف دیوار در جدول (پ-۶-۴) ارائه شده است. با ضرب وزن دیوار در ارتفاع دیوار در بالای نعل درگاه، بار گسترده خطی وارد بر نعل درگاه قابل محاسبه خواهد بود. مقدار حاصل در جدول (پ-۶-۱۰) ارائه شده است. لازم به ذکر است با توجه به ارتفاع کم دیوار روی نعل درگاه، تقریباً تمام وزن دیوار بر روی نعل درگاه وارد شده و توزیع بار روی نعل درگاه به صورت مستطیلی در نظر گرفته شده است و نه مثلثی (برای جزئیات بیشتر به شکل (۴-۲۱) مراجعه شود).

روند طراحی نعل درگاه در بخش ۴-۹ ارائه شده است. بر این اساس، نعل درگاه لازم است اولاً دارای ظرفیت خمشی کافی برای تحمل بار گسترده ناشی از وزن دیوار بالای بازشو باشد و دوماً خیز نعل درگاه بر اثر این بار گسترده، کمتر از یک شش‌صدم عرض بازشو باشد. در بسیاری از موارد، معیار کنترل خیز، تعیین کننده مقطع مورد نیاز برای نعل درگاه است. مقطع طراحی شده برای نعل درگاه در بازشوهایی مختلف در این پروژه در جدول (پ-۶-۱۰) ارائه شده است. در جهت اطمینان کلیه نعل درگاه‌ها به صورت تیرهای دو سر مفصل طراحی شده است.

جدول پ-۶-۱۰ بار گسترده و مقطع طراحی شده برای نعل درگاه‌ها

نوع بازشو	بار گسترده روی نعل درگاه	عرض بازشو	مقطع نعل درگاه
درب دیوار پیرامونی	$0.65 \times 2.8 = 1.8 \text{ kN/m}$	1.20 m	$2L50 \times 50 \times 5$
درب واحد	$0.65 \times 3.4 = 2.2 \text{ kN/m}$	1.20 m	$2L50 \times 50 \times 5$
درب اتاق‌های خواب	$0.65 \times 2.35 = 1.5 \text{ kN/m}$	1.0 m	$2L40 \times 40 \times 4$
درب سرویس / حمام	$0.65 \times 2.35 = 1.5 \text{ kN/m}$	0.70 m	$2L40 \times 40 \times 4$
پنجره دیوار پیرامونی	$0.25 \times 2.8 = 0.7 \text{ kN/m}$	2.0 m	$2L50 \times 50 \times 5$
		1.20 m	$2L40 \times 40 \times 4$

تذکره ۱: اتصال نعل درگاه به وادار و قاب فرعی (ساب فریم) مطابق جزئیات بخش ۴-۹ می‌باشد.

تذکره ۲: در مواردی که طول نشیمن کافی برای نعل درگاه وجود نداشته باشد، لازم است در محل بازشو از قاب فرعی (ساب فریم) استفاده شود و نعل درگاه به قاب فرعی (ساب فریم) متصل شود (جوش شود). جزئیات این اتصال در بخش ۴-۹ ارائه شده است. قاب فرعی (ساب فریم) را می‌توان مشابه مقطع وادارهای لبه‌ای در نظر گرفت. جزئیات اتصال ساق‌های قائم قاب فرعی (ساب فریم) به کف را نیز می‌توان مشابه جزئیات اتصال وادارهای قائم به کف، در نظر گرفت.



دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۷- ابهامات طراحی و ایرادهای اجرایی متداول

پ-۷-۱- ابهامات متداول در روند طراحی

در این بخش برخی از ابهامات طراحی متداول به صورت پرسش مطرح شده و با پاسخ به آنها شفاف سازی صورت گرفته است.

آیا تنها در صورتی که طول دیوار بیشتر از ۴ متر باشد، به وادار نیاز است؟

این موضوع یکی از متداول ترین سوء برداشتها از الزامات پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله) است. بر اساس پیوست ششم استاندارد ایران ۲۸۰۰، طول آزاد دیوار را نمی توان بیشتر از ۴ متر در نظر گرفت. این به معنای آن نیست که تنها وقتی طول آزاد دیوار بیش از ۴ متر باشد، باید از وادار قائم استفاده شود. کما اینکه بر اساس روش های محاسباتی ارائه شده در این راهنما و ضابطه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه و بودجه کشور، در برخی موارد در طول های آزاد کمتر از ۴ متر ممکن است به وادار قائم نیاز باشد. لذا بسته به ضخامت دیوار، شرایط مرزی لبه فوقانی دیوار، مقدار نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوار، نوع و میزان تسلیح استفاده شده در دیوار، ممکن است برای دیوارهایی با طول آزاد کمتر از ۴ متر نیز نیاز به وادار قائم باشد. این موضوع با ضابطه شماره ۷۲۹ و نشریه شماره ۸۱۹ نیز انطباق دارد. همچنین در صورتی که از روش های محاسباتی برای طراحی دیوار استفاده شود، ممکن است برای دیوارهای با طول آزاد بیش از ۴ متر نیز به وادار قائم نیاز نباشد. بر اساس این راهنما، طول آزاد دیوار نباید از طول بحرانی دیوار بیشتر باشد. طول بحرانی مقدار ثابتی نداشته و به نیرو و ظرفیت خارج از صفحه دیوار وابسته است که ممکن است بیشتر یا کمتر از ۴ متر باشد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

آیا در صورتی که در رج فوقانی میلگردبستر قرار داشته باشد، نیاز به برقراری اتصال کشویی به سقف نیست؟ اساساً در چه صورتی می‌توان اتصال کشویی وجه فوقانی دیوار را اجرا نکرد؟

به طور کلی عدم اتصال لبه فوقانی دیوار به سقف (منظور اتصال کشویی است)، هم بر اساس راهنمای حاضر، هم بر اساس پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) و هم بر اساس ضابطه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه و بودجه کشور مجاز می‌باشد. اما بر اساس هر سه مرجع فوق، صرفاً اجرای میلگردبستر در رج فوقانی دیوار به تنهایی برای این امر کافی نیست. مطابق پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) در صورتی عدم اتصال دیوار به سقف مجاز است که اولاً در آخرین رج دیوار میلگردبستر اجرا شده باشد و دوماً با فرض رفتار خمشی افقی یک طرفه، دیوار دارای ظرفیت خارج از صفحه کافی باشد. شرط دوم بسیار سختگیرانه بوده و تنها در دیوارهای با طول آزاد کوتاه قابل برآورده شدن است. لذا بر اساس پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، صرفاً به واسطه قرار دادن میلگردبستر در آخرین رج دیوار، نمی‌توان از ایجاد اتصال کشویی دیوار به سقف صرفنظر نمود. لازم به ذکر است مطابق ترتیبات مقرر در این راهنما و نیز ضابطه شماره ۷۲۹، عدم برقراری اتصال کشویی دیوار به سقف تنها در صورتی مجاز است که ظرفیت خارج از صفحه دیوار با در نظر گرفتن شرایط مرزی (آزادی لبه فوقانی)، جوابگوی نیروهای خارج از صفحه باشد. همچنین الزامی به قرار دادن میلگردبستر در آخرین رج وجود ندارد. اگرچه این کار برای دیوارهایی که فاقد اتصال به سقف هستند همواره قابل توصیه می‌باشد.

بر اساس این راهنما عدم برقراری اتصال کشویی بین لبه فوقانی دیوار با سقف مجاز است به شرطی که در روند محاسبه ظرفیت خارج از صفحه و طول بحرانی دیوار، شرایط مرزی دیوار به درستی (شرایط مرزی نوع A) در نظر گرفته شده باشد.

آیا اتصال دو دیوار به یکدیگر به صورت هشتگیر غیرمجاز است؟

یکی دیگر از ابهامات موجود در خصوص اتصال دو دیوار غیرسازه‌ای به یکدیگر به صورت هشتگیر است. در پیوست ششم از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران استفاده از هشتگیر غیرمجاز نبوده اما توصیه شده است به منظور جلوگیری از بروز تنش‌های کششی در محل اتصال دیوار به دیوار، صرفنظر از داخلی یا پیرامونی بودن آن، از اتصالات جداسازی شده به جای اتصال هشتگیر استفاده شود. در پیوست

ششم از ویرایش پنجم استاندارد ۲۸۰۰، اتصال هشتگیر ممنوع اعلام شده است. در ضابطه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه و بودجه کشور با رعایت شرایطی استفاده از هشتگیر مجاز است. بر اساس این راهنما، استفاده از اتصال هشتگیر تحت شرایطی نه تنها مجاز بوده بلکه روشی قابل توصیه نیز می‌باشد. شرط پذیرش اتصال هشتگیر در این راهنما آن است که اولاً هر دو دیوار در محل هشتگیر دارای تسلیح افقی (میلگردبستر، کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر، نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف یا کامپوزیت شبکه الیاف سراسری) باشند و ثانیاً محل نزدیک‌ترین اتصال کشویی یا وادار متصل به دیوارهای هشتگیر شده از محل هشتگیر حداقل ۱ متر فاصله داشته باشد. رعایت فاصله ۱ متری وادار از محل هشتگیر در خصوص هشتگیرهای مربوط به بیرون‌زدگی دیوار (دیوارهای کوتاه با طول کمتر از ۲۵٪ ارتفاع دیوار) الزامی نیست. شرایط فوق سبب کاهش تنش‌های ایجاد شده در محل هشتگیر شده و نگرانی در خصوص عملکرد اتصال را مرتفع می‌کند.

آیا فواصل میلگردهای بستر در ارتفاع دیوار باید ۱ متر باشد؟

بر اساس پیوست ششم از ویرایش چهارم و پنجم استاندارد ۲۸۰۰ ایران، حداکثر فواصل میلگردهای بستر در ارتفاع دیوار، ۱ متر است. این به معنای آن نیست که فواصل میلگردهای بستر همواره باید ۱ متر در نظر گرفته شود. بسته به محاسبات، این فواصل ممکن است متغیر باشد. بر اساس ترتیبات این راهنما و ضابطه شماره ۷۲۹، فواصل میلگردهای بستر نباید بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. همچنین جداول موجود در نشریه ۸۱۹ نیز با فرض فواصل میلگرد بستر ۵۰۰ میلی‌متر تهیه شده است. در هر صورت فواصل میلگردبستر بر اساس تمام منابع فوق باید بر اساس محاسبات تعیین شوند. بر اساس این راهنما، فواصل میلگردهای بستر باید بر اساس محاسبات تعیین شده و تحت هیچ شرایطی نباید بیش از ۵۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. در اکثر موارد متداول، لازم است میلگردهای بستر به صورت یک رج در میان در دیوار اجرا شوند.

پ-۷-۲- ایرادات اجرایی متداول

در این بخش برخی از ایرادات اجرایی متداول ذکر شده و در خصوص آن‌ها شفاف‌سازی صورت گرفته است.



شکل پ-۱-۷ ایرادات متداول ناکافی بودن پهنای بال در اتصالات کشویی دیوار به سقف و دیوار به ستون.



شکل پ-۲-۷ ایراد متداول عدم جداسازی بین تیر و دیوار.



دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۵-۷ ایراد متداول مربوط به قرارگیری اتصال کشویی وادار در داخل ضخامت دیوار.



شکل پ-۶-۷ ایراد متداول مربوط به بست‌های مورد نیاز جهت یکپارچه‌سازی مقطع وادار

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۷-۷ ایراد متداول استفاده همزمان از اتصال کشویی و قلاب و گیره جهت برقراری اتصال بین دیوار و ستون



شکل پ-۷-۸ ایراد متداول مربوط به اجرای دیوار در دهانه های دارای مهاربند

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

مراجع

- آیین‌نامه بتن ایران (آبا) جلد دوم - مصالح و اجرا، سازمان برنامه و بودجه کشور، تهران، ایران، ۱۴۰۱
- ارشاد ل. و خرمی آذر م. عملکرد لرزه‌ای و جزئیات اجرایی دیوارهای ساخته شده از بلوک سیمانی سبک ساخته شده از رس منبسط شده، گزارش تحقیقاتی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۴۰۴
- پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران، طراحی لرزه‌ای و اجرای اجزای غیرسازه‌ای معماری، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۳۹۸
- ضابطه شماره ۷۲۹، راهنمای طراحی لرزه‌ای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مسلح به میلگرد بستر - نگارش اول، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، تهران، ایران.
- ضابطه ۷۲۹ (۱۳۹۸)، راهنمای طراحی لرزه‌ای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مسلح به میلگردبستر- پیشنهاد نگارش دوم، سازمان برنامه و بودجه کشور، تهران، ایران، ۱۳۹۵
- ضابطه شماره ۷۱۴، دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها (بازنگری اول)، سازمان برنامه و بودجه کشور، تهران، ایران، ۱۴۰۱
- ضابطه شماره ۸۱۹، راهنمای طراحی سازه‌ای و جزئیات اجرایی دیوارهای غیرسازه‌ای، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۳۹۷
- مبحث سوم مقررات ملی ساختمان (حفاظت ساختمان‌ها در برابر حریق)، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۳۹۵
- 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 هجدهم مقررات ملی ساختمان (عایق‌بندی و تنظیم صدا)، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۳۹۶
- مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان (مدیریت انرژی در ساختمان)، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۴۰۴
- دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۴۰۳

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

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

Babaeidarabad S, Nanni A, (2014), "URM walls strengthened with fabric-reinforced cementitious matrix (FRCM) subjected to in-plane and out-of-plane load", the 7th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering, Vancouver, Canada.

Bernat-Maso E, Escring C, Aranha CA, Gil L, (2014), "Experimental assessment of textile reinforced sprayed mortar strengthening system for brickwork wallettes", Construction Building Material, 50: 226-236.

Borri A, Castori G, Grazini A, (2009), "Retrofitting of masonry building with reinforced masonry ring-beam", Construction and Building Materials, 23, 1892-1901.

Brown RH, Melander J, (2001), "Flexural bond strength of masonry parallel to the bed joint", 9th Canadian Masonry Symposium.

Chong, V.L. (1993), "The behavior of laterally loaded masonry panels with openings", PhD Thesis, School of Civil and Structural Engineering, University of Plymouth, Plymouth, UK.

De Risi MT, Furtado A, Rodrigues H, Melo J, Verderame GM, Arede A, et al. (2020), "Experimental analysis of strengthening solutions for the out-of-plane collapse of masonry infills in RC structures through textile reinforced mortars", Engineering Structures, 207, 110203.

Drysdale, R.G. and Essawy, A.S., (1988), "Out-of-plane bending of concrete block walls", Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 1; 121-133.

Griffith, M.C., Vaculik, J., Lam, N.T.K., Wilson, J. and Lumantarna, E. (2007), "Cyclic testing of unreinforced masonry walls in two-way bending", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 36(6); 801-821.

Messali F, Ravenshorst G, Esposito R, Rots J, (2017), "Large-scale testing program for the seismic characterization of Dutch masonry walls", 16th World Conference on Earthquake Engineering, Santiago, Chile.

Sisti R, Corradi M, Borri A, (2016), "An experimental study on the influence of composite materials used to reinforce masonry ring beams", Construction and Building Materials, 122: 231-241.



دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



Ministry of Roads & Urban Development
Housing & construction deputy



Bureau of National Construction
Code & Building Control

Guidelines for the Design and Construction of Nonstructural Components

مقررات ملی ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان