جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
معاونت مسکن و ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

راهنمای طراحی و اجرای اجزای غیرسازه‌ای

مقررات ملی ساختمان
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

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	:	

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
معاونت مسکن و ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل 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 **تیراژ:**

قطع: وزیری **قیمت:**

شابک:

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

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

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

تاریخ : ۱۴۰۵/۰۳/۳۰
شماره: ۳۸۶۶۱/۴۰۰صادره
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
رییس 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 درخصوص پیشگیری و کاهش خطرات ناشی از سوانح طبیعی و حوادث غیرمرقبه 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 می شوند، 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./

حبیب اله طاهرخانی
معاون مسکن و ساختمان

رونوشت:
جناب آقای دکتر نصرتی-معاون محترم عمرانی و رئیس سازمان شهرداری ها و دهیاری های وزارت کشور-جهت استحضار و ابلاغ به شهرداری ها
جناب آقای مهندس خواجه دلویی- 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 غیر عامل و مدیریت بحران-جهت آگاهی
مدیران کل محترم راه و شهرسازی استان ها-جهت آگاهی و دستور اقدام لازم درخصوص اصلاح مکاتبه شماره ۱۸۰۸۰۱/۴۰۰ مورخ ۱۴۰۴/۱۰/۲۴

۱

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

مقررات ملی ساختمان
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیش‌گفتار

در یک دهه گذشته، صنعت ساخت‌وساز کشور شاهد تحولی چشمگیر در رویکرد نسبت به طراحی و اجرای اجزای غیرسازه‌ای، به‌ویژه 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 ساخت‌وساز 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 جزییات 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 ملّی و کنترل ساختمان
دکتر میثم صمدی	عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
مهندس جواد قدرتی ینگجه	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 ملّی 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 منوچهر 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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل ۱- اهداف و دامنه کاربرد ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ اهداف و دامنه کاربرد ۲

فصل ۲- نیروی خارج از صفحه دیوار ۹

۲-۱ نیروی ناشی از باد ۹

۲-۲ نیروی ناشی از زلزله ۱۱

فصل ۳- ظرفیت خارج از صفحه دیوار ۱۵

۳-۱ ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی ۱۵

۳-۱-۱ دیوارهای بنایی غیرمسلح ۱۸

۳-۱-۲ دیوارهای بنایی مسلح به میلگردبستر ۲۱

۳-۱-۳ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر ۲۳

۳-۱-۴ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی ۲۵

۳-۱-۵ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم ۲۶

۳-۱-۶ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سراسری ۲۸

۳-۲ طول بحرانی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ۲۸

۳-۲-۱ مفهوم طول بحرانی و کاربرد آن ۲۸

۳-۲-۲ 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

۴-۱ مرحله اول-پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه ۳۶

۴-۲ مرحله دوم - تیپ بندی دیوارها و تعیین تسلیح و شرایط مرزی ۳۷

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

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

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 نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه 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

مقررات ملی ساختمان
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

مقررات ملی ساختمان
دفتر 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 آیین نامه‌های 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 نشده‌است. 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 ممکن‌است 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 شرح‌داده شده‌است. 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 نعل‌درگاه‌ها 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 ممکن‌است 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 (۱-۲) 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 ۱-۲ نمونه‌هایی از آسیب دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای بر اثر باد.

تذکر۱: 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.

تذکر۲: 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.

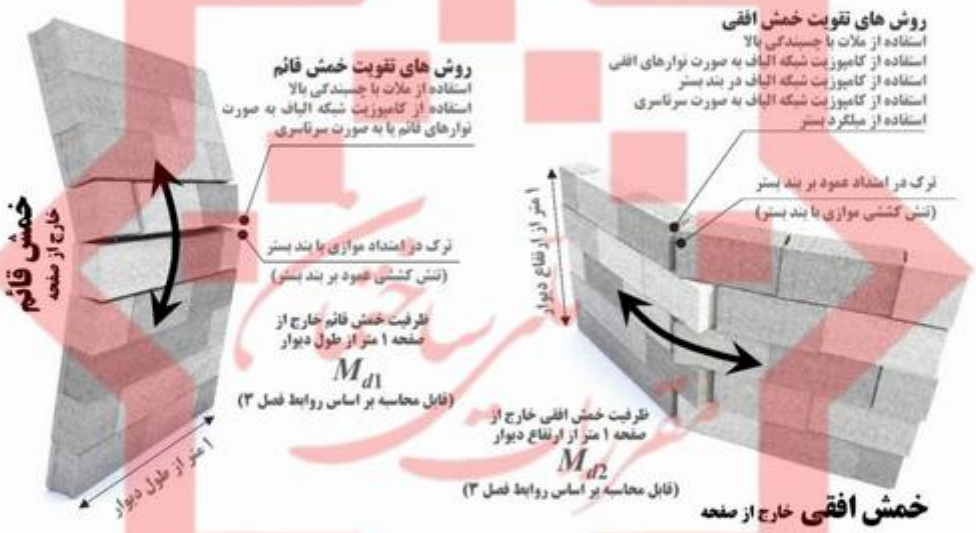
تذکر۳: علاوه بر نیروی ناشی از زلزله و باد، دیوارهای غیرسازه‌ای ممکن‌است در معرض نیروهای تصادفی دیگر از جمله ضربه و انفجار نیز قرار گیرند. بسته به کاربری ساختمان، طراح می‌تواند علاوه بر زلزله و باد، سایر بارهای تصادفی را نیز در روند طراحی مدنظر قرار دهد. در این شرایط، طراح می‌تواند همچنان ظرفیت دیوار را بر اساس روابط ارائه شده در فصل ۳ این راهنما محاسبه نماید. امّا 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 درنظر 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)،

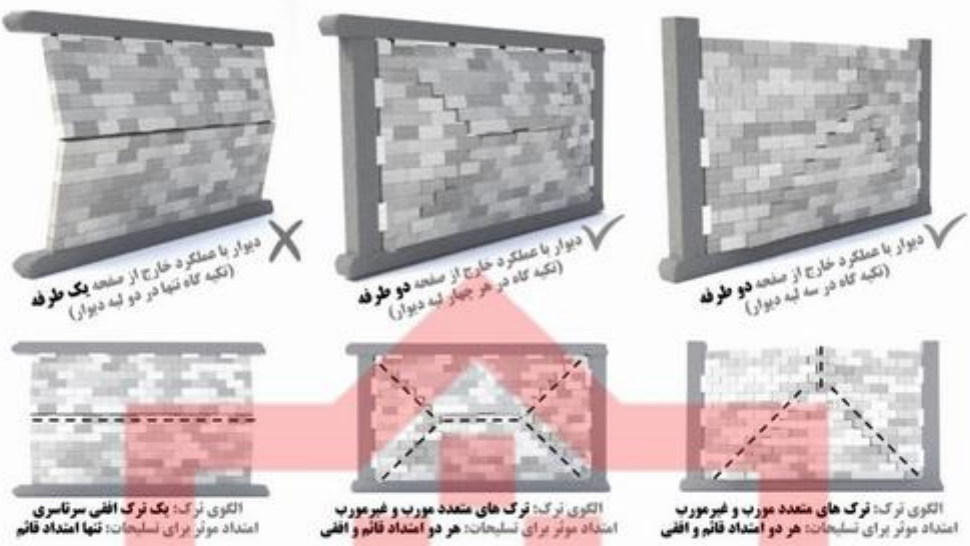
ایجاد رفتار خارج از صفحه یک طرفه یا دو طرفه به شرایط مرزی دیوار بستگی دارد. در فصل ۳ این راهنما، نحوه تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار در هر دو عملکرد یک طرفه و دو طرفه (دیوار با شرایط مرزی مختلف) ارائه شده است.

تذکر۴: 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 دو طرفه در آن ایجاد شود، چرا که رفتار دو طرفه در مقایسه با رفتار یک طرفه، دارای درجه نامعینی و قابلیت اطمینان بیشتری است.



شکل ۱-۳ خمش قائم و خمش افقی دیوار در امتداد خارج از صفحه.

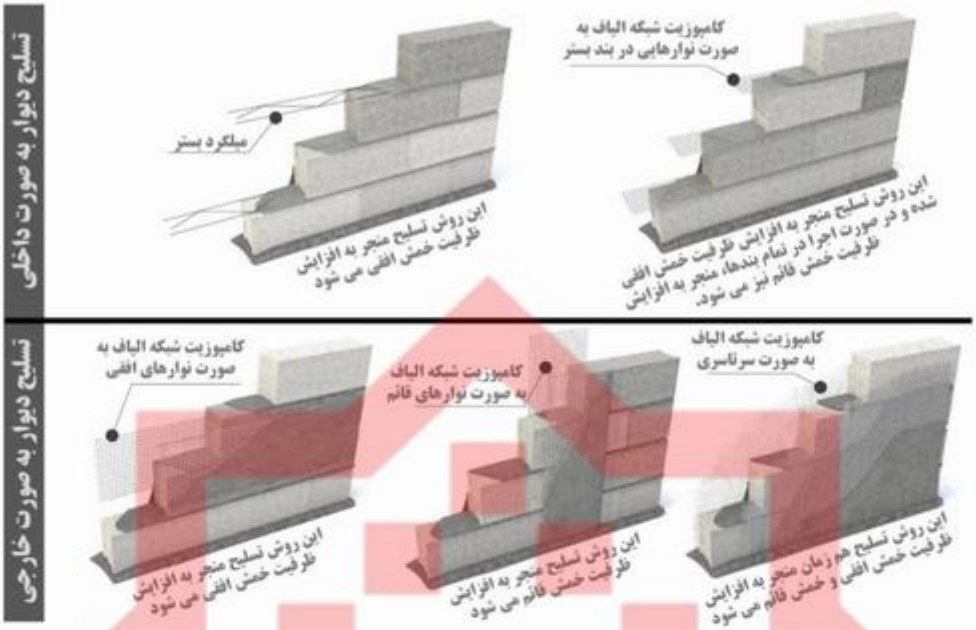
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



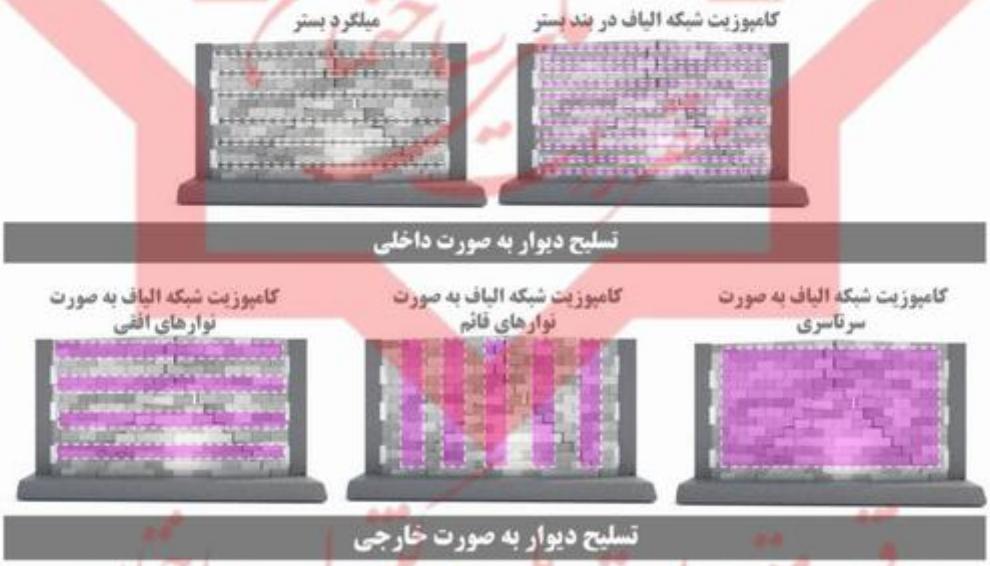
شکل ۱-۴ وابستگی رفتار و الگوی ترک‌های دیوار به شرایط مرزی دیوار.

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 (۱-۵) 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.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل ۱-۵ انواع روش‌های تسلیح دیوار با استفاده از میلگردبستر و کامپوزیت شبکه الیاف.



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

تذکر۵: 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.

تذکر۶: 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 اجرائی 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 ویرایش۱۴۰۳ (یا جدیدتر) استفاده نمود.

تذکر۷: 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 به‌عنوان مبنای طراحی، لازم است کلیه ضوابط، الزامات و جزئیات مندرج در آن به‌صورت یکپارچه و کامل رعایت شود. استفاده هم‌زمان یا گزینشی از این راهنما و سایر منابع به‌گونه‌ای که بخشی از طراحی بر اساس این راهنما و بخشی دیگر بر اساس مراجع دیگر انجام شود، مجاز نیست.

دفتر 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. امّا 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.

تذکر۱: 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.

تذکر۲: 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:

$$W_{wind} = 0.14\, V^2 I_w \left(\frac{H_t}{12}\right)^{0.3} \quad (۱-۲)$$

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

$$W_{wind} = 0.2\, V^2 I_w \left(\frac{H_t}{10}\right)^{0.2} \quad (۲-۲)$$

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.

تذکر 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 (۲-۱) یا (۲-۲) را در طراحی دیوار درنظر 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 تغییرفشار خواهد شد (به علت وجود بازشوها و درزهای موجود در پوسته خارجی ساختمان) که به این تغییر فشار داخلی ساختمان، فشار داخلی ناشی از باد گفته می‌شود. تغییرفشار 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 درنظر گرفت. لازم به ذکر است در تمام موارد فشار می تواند به صورت مثبت یا منفی (مکش) به دیوار اعمال شود.

تذکر ۲: روابط (۲-۱) 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_t=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 ممکن‌است به‌صورت موضعی مقدار C_P بزرگ‌تر باشد، امّا این نواحی موضعی است و برای طراحی کل دیوار بیش از حد محافظه‌کارانه 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: درصورتی‌که ساختمان در بالای تپه، پرتگاه یا سینه‌کش منفرد با شیب بیش از ۱۰٪ واقع شده باشد، لازم است ضریب پستی و بلندی C_t بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان(بارهای وارد بر ساختمان) محاسبه شده و مقدار به‌دست‌آمده در روابط (۲-۱) و (۲-۲) ضرب شود. این روابط با فرض C_t=1 به دست آمده است و مربوط به حالتی است که ساختمان در بالای تپه یا پرتگاه قرار نداشته باشد.

تذکر ۴: روابط (۲-۱) 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 قابل‌استنباط است (شکل (۱-۲) از فصل ۱ ملاحظه شود).

تذکر ۵: با استفاده از شبیه‌سازی تونل باد بر روی چند ساختمان، میزان دقت روابط (۲-۱) 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. به‌منظور تخمین نیروی ناشی از زلزله می‌توان از رابطه (۲-۳) استفاده نمود.

$$W_{eq} = 0.48A(1+S)\lambda_s I_p W_p \qquad (۳-۲)$$

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)

S: 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)

λ_s: 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 (۲-۳) 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: درصورتی‌که 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 (۲-۳) مقدار حداکثر طیف شتاب طرح (با دوره بازگشت ۴۷۵ سال) جایگزین حاصل‌ضرب $A(1+S)$ شود.

تذکر ۴: استفاده از سایر روش‌های مبتنی بر دینامیک سازه‌ها به‌منظور 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 λ_s 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) می تواند تشدید شود. بر اساس این راهنما برای دیوارهای متصل به خرپشته و یا سکوی بالگرد (هلی پد) ضریب تشدید شتاب λ_s 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 λ_s برابر با ۲ درنظر گرفته می‌شود. در صورتی که سختی جانبی

پنت هاوس بزرگتر از ۷۵٪ سختی جانبی طبقه زیرین خود باشد، ضریب تشدید شتاب λ_s 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 λ_s می‌توان از درون یابی استفاده نمود.

تذکر ۷: با استفاده از تحلیل‌های 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

مقررات ملی 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.

تذکر۱: 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.

تذکر۲: 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.

$$P_c = 8\frac{M_{d1}}{H^2} \qquad (۳-۱)$$

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.

$$P_c = 8\frac{M_{d2}}{L^2} \qquad (۳-۲)$$

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.

$$P_c = \frac{M_{d2}}{\alpha_2 L^2} \qquad (۳-۳)$$

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 (۳-۱) الی (۳-۳) به‌دست می‌آید. ضریب اورتوگنال دیوار ضریبی بدون بعد برای درنظر 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 ۳-۱ 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 خمش 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	۰/۰۹
	۱/۵	۰/۰۲۹	۰/۰۴۲	۰/۰۵۶	۰/۰۶۸	۰/۰۷۶	۰/۰۸۳	۰/۰۸۸	۰/۰۹۲
	۱/۰	۰/۰۳۱	۰/۰۴۵	۰/۰۵۹	۰/۰۷۱	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۹۰	۰/۰۹۴
	۰/۸	۰/۰۳۴	۰/۰۴۹	۰/۰۶۴	۰/۰۷۵	۰/۰۸۳	۰/۰۸۹	۰/۰۹۳	۰/۰۹۷
	۰/۶	۰/۰۳۸	۰/۰۵۳	۰/۰۶۹	۰/۰۸۰	۰/۰۸۸	۰/۰۹۳	۰/۰۹۷	۰/۱۰۰
	۰/۵	۰/۰۴۰	۰/۰۵۶	۰/۰۷۳	۰/۰۸۳	۰/۰۹۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹۹	۰/۱۰۲
	۰/۴	۰/۰۴۳	۰/۰۶۱	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷	۰/۰۹۳	۰/۰۹۸	۰/۱۰۱	۰/۱۰۴
	۰/۳	۰/۰۴۸	۰/۰۶۷	۰/۰۸۲	۰/۰۹۱	۰/۰۹۷	۰/۱۰۱	۰/۱۰۴	۰/۱۰۷
	۰/۲	۰/۰۵۴	۰/۰۷۵	۰/۰۸۹	۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۰/۱۰۵	۰/۱۰۸	۰/۱۱۱
	۰/۱	۰/۰۶۹	۰/۰۸۷	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۰۸	۰/۱۱۱	۰/۱۱۳	۰/۱۱۵

جدول ۳-۳ ضریب خمش 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

تذکر۱: به منظور درک بهتر مفهوم خمش قائم و خمش افقی، به شکل (۱-۳) رجوع شود.

تذکر۲: 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.

تذکر۳: بر اساس روابط (۳-۱) 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 ۳-۱-۱ الی ۳-۱-۶ به‌دست می‌آید.

۳-۱-۱ دیوارهای بنایی غیرمسلح

ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح بر اساس روابط (۳-۱) 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:

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

$$M_{d2} = \emptyset_2 \lambda \frac{f_{r2} t^2}{6} \left(N.\frac{m}{m}\right) \quad , \emptyset_2 = 0.6 \qquad (۵-۳)$$

- برای دیوار بنایی غیرمسلح ساخته شده از بلوک‌های توخالی:

$$M_{d1} = \emptyset_1 \frac{f_{r1} t_s (t-t_s)^2}{t} \left(N.\frac{m}{m}\right) \quad , \emptyset_1 = 0.6 \qquad (۶-۳)$$

$$M_{d2} = \emptyset_2 \lambda \frac{f_{r2} t_s (t-t_s)^2}{t} \left(N.\frac{m}{m}\right) \quad , \emptyset_2 = 0.6 \qquad (۷-۳)$$

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 (۳-۱)

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

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 (۳-۴) ارائه شده است.

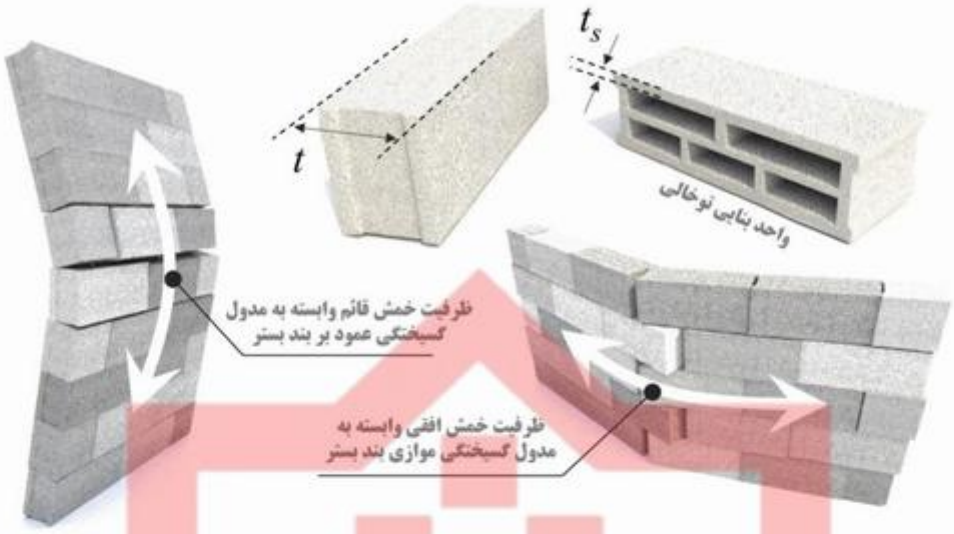
Φ_1 و Φ_2: ضرایب کاهش مقاومت به ترتیب برای خمش قائم و خمش افقی

λ: 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 پرتلند ۱ حجم آهک ۶ حجم ماسه ریزدانه[ت]	۱ حجم سیمان بنایی یا پرتلند ۳ حجم ماسه ریزدانه[ت]
عمود بر بند بستر (f_{r1})[الف]	آجر توپر یا سوراخ‌دار	۰/۶۹	۰/۳۵
	بلوک توخالی	۰/۴۴	۰/۲۱
	بلوک AAC[ث]	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[ث]	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 چیدمان 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 دانه‌ای 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).		

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

تذکر۱: 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.

تذکر۲: در صورتی که طراح از صحت اجرا و نظارت بر روند حفظ رطوبت ملات اطمینان کافی نداشته باشد، توصیه می‌شود مطابق تذکر ۱، در مرحله طراحی دیوار از مدول گسیختگی کاهش یافته استفاده نماید.

تذکر۳: 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 تذکر ۱، نیازی به کاهش مدول گسیختگی در امتداد موازی با بند بستر نمی‌باشد.

تذکر۴: به طور معمول، در دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ترک و گسیختگی عمدتاً در محل بندهای دیوار رخ می‌دهد. امّا، 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 درنظر 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.

تذکر۵: در غیاب انجام اندازه گیری دقیق، ضخامت پوسته بیرونی بلوک‌های توخالی سیمانی را می‌توان برابر t_s=30 mm و ضخامت پوسته بیرونی بلوک‌های توخالی سفالی را می‌توان t_s=10 mm درنظر 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.

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

در رابطه فوق:

A_s: سطح مقطع یکی از مفتول‌های طولی میلگرد بستر بر حسب (mm^2)- مطابق شکل (۳-۲)

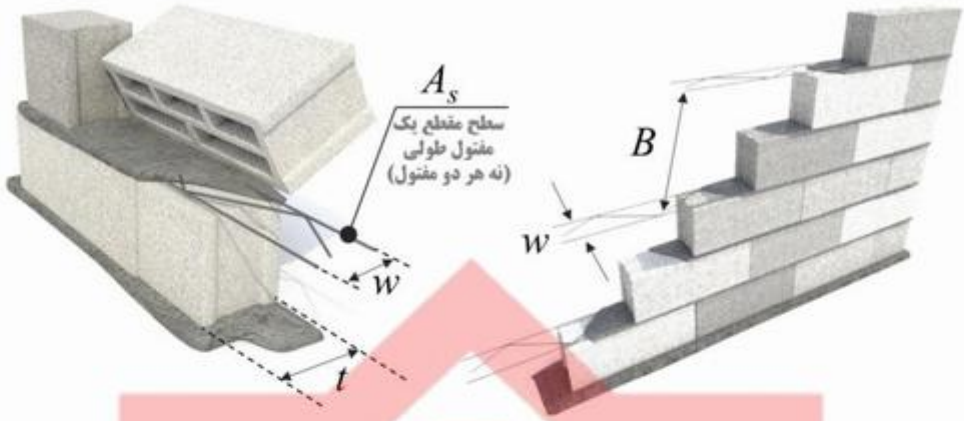
f_y: مقاومت تسلیم فولاد به کار رفته در میلگرد بستر بر حسب (MPa)- لازم است مقاومت تسلیم توسط شرکت تولید کننده میلگرد بستر ارائه شود. روند انجام آزمون‌های کششی مورد نیاز جهت تعیین مقاومت تسلیم میلگرد بستر در پیوست چهارم این راهنما ارائه شده است.

B: فواصل میلگردهای بستر در امتداد ارتفاع دیوار برحسب (mm)- مطابق شکل (۳-۲) این کمیت ضریبی از ارتفاع واحدهای بنایی استفاده شده در دیوار است.

W: پهنای میلگردبستر و یا به عبارت دیگر فاصله دو مفتول طولی میلگردبستر از یکدیگر برحسب (mm)- مطابق شکل (۳-۲)

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

تذکر۱: 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.

تذکر۲: فواصل میلگردهای بستر از یکدیگر در امتداد ارتفاع دیوار نباید بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر باشد.

تذکر۳: لازم است پهنای میلگردبستر حداقل ۳۰ میلی‌متر کمتر از ضخامت بلوک‌های دیوار باشد. به‌این ترتیب در هر سمت میلگردبستر حداقل ۱۵ میلی‌متر ملات به عنوان پوشش وجود خواهد داشت.

تذکر۴: در صورت نیاز به هم‌پوشانی میلگردهای بستر، طول هم‌پوشانی نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر یا ۷۵ برابر قطر مفتول طولی میلگرد بستر درنظر گرفته شود. میلگردهای بستر هم پوشانی شده را می‌توان در دو رج متوالی قرار داد و ضروری نیست الزاماً هر دو در یک رج باشند.

تذکر۵: استفاده از هر دو نوع میلگرد بستر خرپایی و نردبانی مجاز است و مفتول‌های استفاده شده در میلگرد بستر را می‌توان به صورت ساده و غیر آجدار درنظرگرفت. علت این امر آن است که پیوستگی بین میلگرد بستر و ملات از طریق هندسه شبکه‌ای میلگرد بستر تامین می‌شود.

تذکر۶: 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 (۳-۱) الی (۳-۳) محاسبه می‌شود. ظرفیت خمش 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 خمش افقی دیوار مطابق رابطه (۳-۹) قابل تخمین است.

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

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 ۳-۱-۱ است.

دفتر 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.

تذکر۱: 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.

تذکر۲: بر اساس توضیحات ارائه شده در تذکر 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 درنظر گرفته شود.

تذکر۳: روابط ارائه شده در این بخش با این فرض است که پهنای کامپوزیت شبکه الیاف برابر با ضخامت بلوک‌های دیوار باشد.

تذکر۴: در صورت نیاز به هم‌پوشانی شبکه الیاف داخل کامپوزیت، حداقل طول هم‌پوشانی شبکه الیاف (برحسب mm) می‌تواند $5T_{fu}$ درنظر گرفته شود (T_{fu} برحسب N/mm است). در هیچ شرایطی، طول هم پوشانی نباید کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر درنظر گرفته شود. در صورت نیاز، از مقدار فوق به عنوان حداقل طول مهاری کامپوزیت شبکه الیاف نیز می‌توان استفاده نمود. 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.

تذکر۵: روش تسلیح دیوار با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر مناسب برای شرایطی است که امکان دسترسی به هر دو وجه دیوار وجود ندارد در سایر روش‌های تسلیح با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف لازم است دسترسی به هر دو وجه دیوار وجود داشته باشد.

۳-۱-۴ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی

ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف بر اساس روابط (۳-۱) الی (۳-۳) محاسبه می‌شود. ظرفیت خمش قائم در دیوارهای مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف، بسته به نوع واحدهای بنایی، بر اساس رابطه (۳-۴) یا (۳-۶) و ظرفیت خمش افقی دیوار مطابق رابطه (۳-۱۰) قابل تخمین است.

$$M_{d2} = \phi_2 \frac{w_f}{s_{fv}} T_{fu} t \left(N.\frac{m}{m}\right) \ , \ \phi_2 = 0.9 \qquad (۱۰-۳)$$

در رابطه فوق:

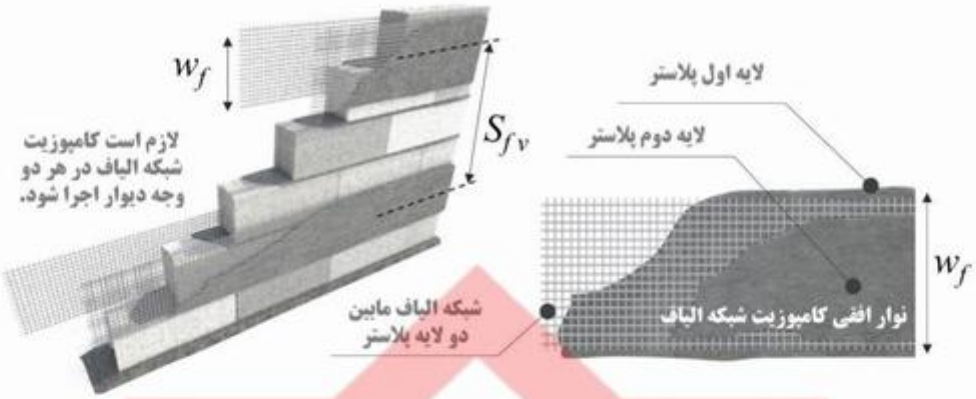
T_{fu}: ظرفیت کششی کامپوزیت شبکه الیاف در واحد عرض بر حسب (N/mm)- لازم است این ظرفیت توسط شرکت تولید کننده کامپوزیت ارائه شود. روند انجام آزمون‌های کششی مورد نیاز در پیوست چهارم این راهنما ارائه شده است.

w_f: عرض نوارهای کامپوزیت شبکه الیاف بر حسب (mm)- مطابق شکل (۳-۴).

s_{fv}: فواصل مرکز به مرکز نوارهای افقی کامپوزیت‌های شبکه الیاف بر حسب (mm)- مطابق شکل (۳-۴).

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

دفتر 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 $5T_{fu}$ درنظر گرفت (T_{fu} برحسب N/mm است). در هیچ شرایطی، طول هم پوشانی نباید کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر درنظر 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 (۳-۱) 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.

$$M_{d1} = \phi_1 \frac{w_f}{s_{fh}} T_{fu} t \left(N.\frac{m}{m}\right) \ , \ \phi_1 = 0.9 \qquad (۱۱-۳)$$

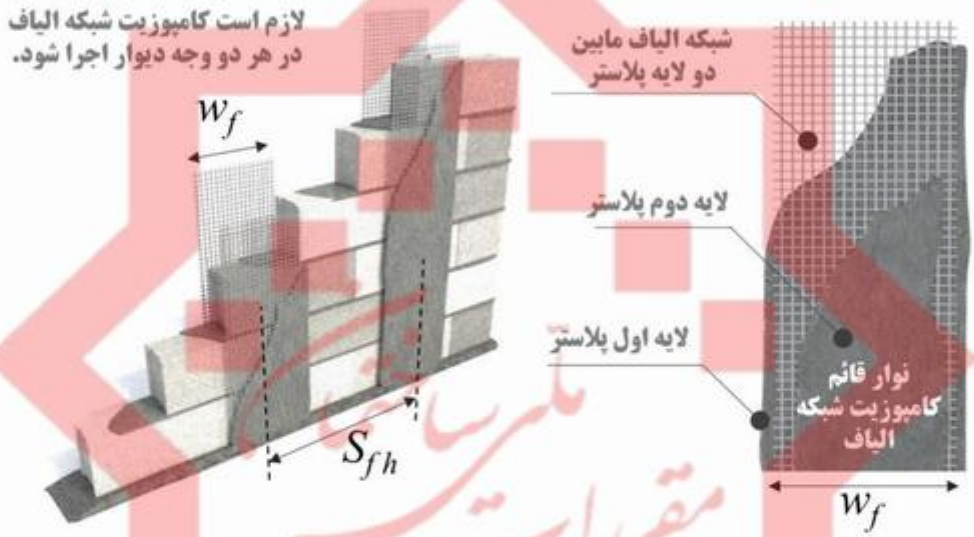
در رابطه فوق:

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 (۳-۵).

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

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



شکل ۳-۵ کمیت‌های مورد نیاز برای محاسبه ظرفیت خمش قائم دیوارهای بنایی 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 $5T_{fu}$ درنظر گرفت (T_{fu} برحسب N/mm است). در هیچ شرایطی، طول هم پوشانی نباید کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر درنظر گرفته شود. در صورت نیاز، می‌توان 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.

۳-۱-۶ 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.

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

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

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 $5T_{fu}$ درنظر گرفته شود (T_{fu} ظرفیت کششی کامپوزیت برحسب N/mm در امتداد مدنظر است). در هیچ شرایطی، طول هم پوشانی نباید کوچکتر از ۱۵۰ میلی‌متر درنظر گرفته شود. در صورت نیاز، می‌توان از مقدار فوق به عنوان حداقل طول مهاری کامپوزیت شبکه الیاف نیز استفاده نمود. 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.

۳-۲ 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.

تذکر۱: در تعیین طول بحرانی، تاثیر ارتفاع آزاد دیوار در محاسبه ظرفیت دیوار درنظر 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 متعاقبا حداکثر فواصل مجاز وادارهای قائم کاهش خواهد یافت.

تذکر۲: 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 خرپشته. جزئیات بیشتر در خصوص تیپ بندی دیوارها در بند ۴-۲ فصل ۴ ارائه شده است.

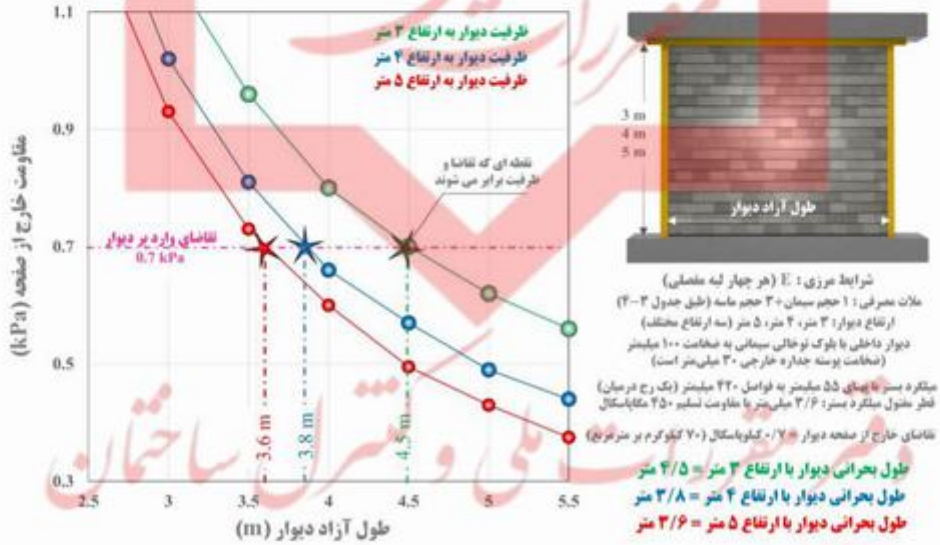
تذکر۳: طول بحرانی باید به نحوی باشد که پریود ارتعاش خارج از صفحه دیوار کمتر از ۰/۲ ثانیه باشد. در محاسبه پریود ارتعاش خارج از صفحه دیوار می‌توان از تاثیر نازک‌کاری و اندودهای دیوار در افزایش جرم و سختی خارج از صفحه دیوار صرفنظر نمود. در غیاب محاسبات دقیق‌تر، برای کلیه دیوارهای ساخته شده با بولک‌های سفالی، سیمانی و یا AAC، می‌توان دیوار را به صورت توپر

با مدول الاستیک معادلی برابر ۲۰۰۰ مگاپاسکال درنظر 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 دیوارکمتر باشد.

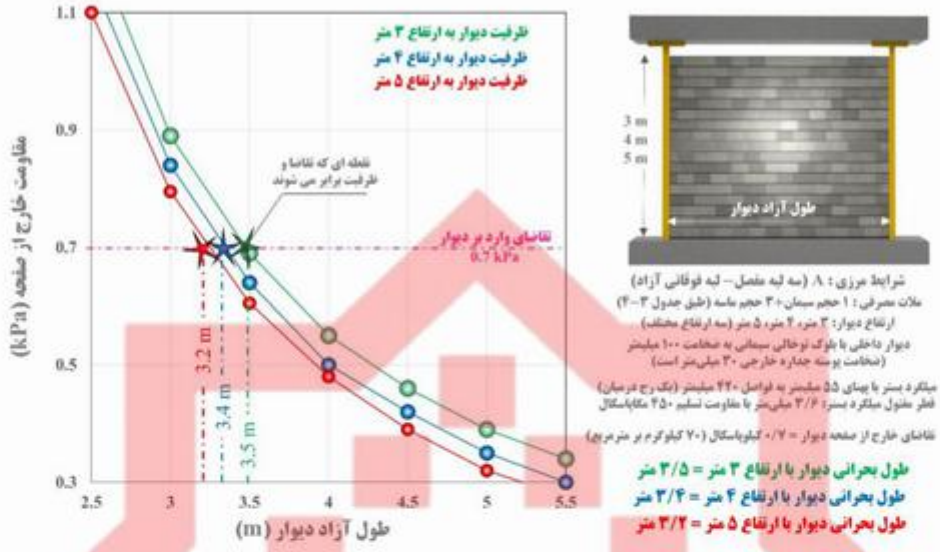
تذکر۴: طول بحرانی تنها برای دیوارهای با رفتار خارج از صفحه دو طرفه تعریف می‌شود.

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

تذکر۱: 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.

تذکر۲: 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 متعاقبا طول بحرانی دیوار حساسیت کمی به ارتفاع آزاد دیوار خواهد داشت.

تذکر۳: 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.

تذکر۴: شکل‌های (۳-۶) و (۳-۷) 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.

تذکر۵: 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 درنظر 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 (μ) در سختی خمش 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 با مدول الاستیی معادلی برابر با ۲۰۰۰ مگاپاسکال درنظر گرفت.

بر اساس تحلیل اجزاء محدود، متوسط حداکثر خمش خارج از صفحه افقی در ۱ متر از ارتفاع دیوار و متوسط حداکثر خمش خارج از صفحه قائم در ۱ متر از طول دیوار به‌دست می‌آید و با ظرفیت خمش 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 (۳-۸) و (۳-۹) نشان داده شده است.

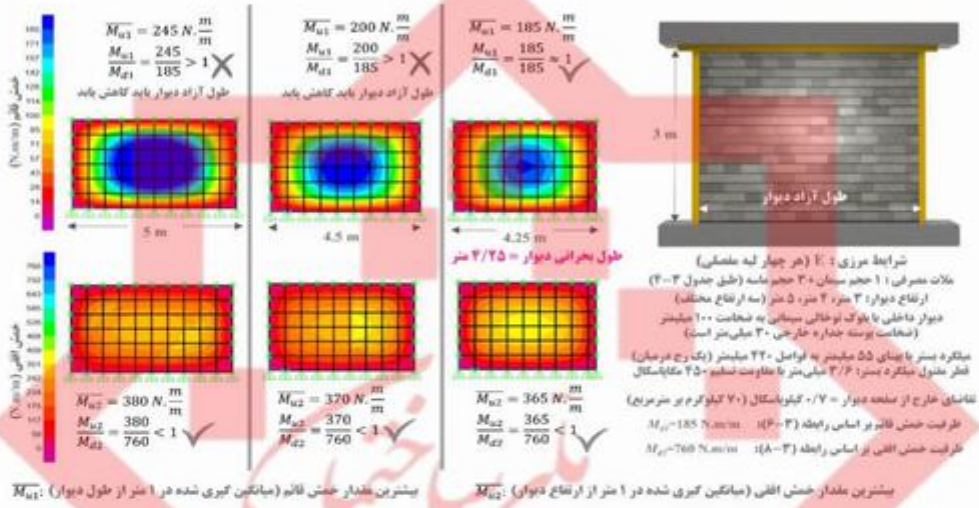
تذکر۱: توصیه می‌شود در مورد دیوارهای دارای قوس، انحنا و پخی، از روش ارائه شده در این بخش برای محاسبه طول بحرانی دیوار استفاده شود.

تذکر۲: 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.

تذکر۳: در این روش لازم است کلیه تکیه گاه‌های موجود در لبه‌های دیوار به صورت مفصلی درنظر گرفته شود.

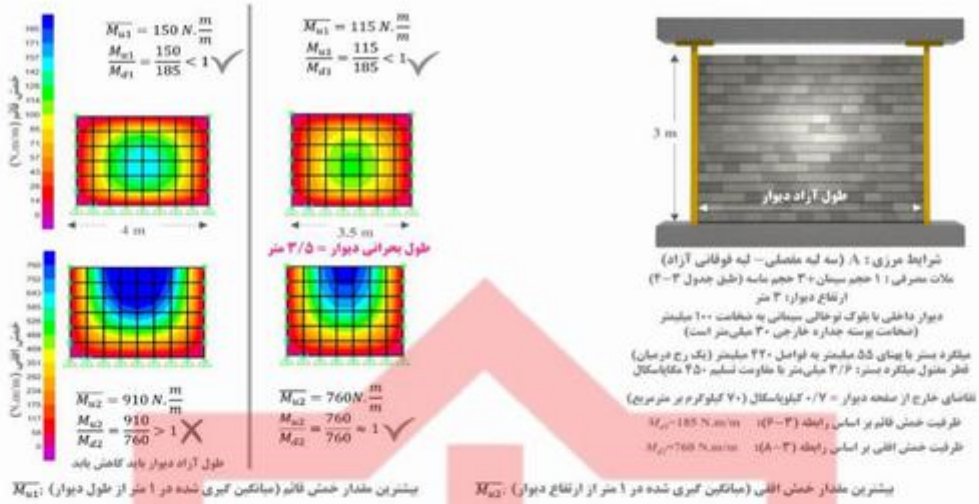
تذکر۴: در این روش اثر بازشوی دیوار را می‌توان به صورت مستقیم درنظر گرفت. به جای درنظر گرفتن اثر بازشو به صورت مستقیم در مدل اجزاء محدود، می‌توان اثر آن را از طریق اصلاح طول بحرانی مطابق بخش ۴-۱۰-۱ درنظر گرفت.

تذکر۵: 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.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



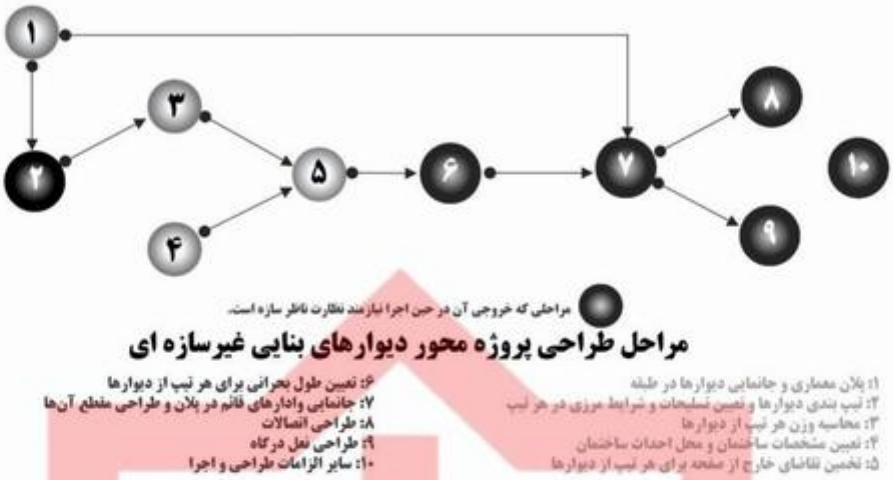
شکل ۳-۹ نمونه روند محاسبه طول بحرانی برای دیواری با شرایط مرزی از نوع A (سه لبه مفصل- لبه فوقانی آزاد) - با استفاده از تحلیل اجزاء محدود.

دفتر مقررات ملی و کنترل 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 چالش‌برانگیز است. ازاین‌رو، در این فصل روندی پروژه محور برای طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ارائه شده است. در این روند به‌جای تمرکز بر روی یک دیوار مشخص، بر روی پلان معماری طبقه تمرکز خواهد شد. به‌این 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 باشد. مراحل اصلی در طراحی پروژه محور دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در شکل (۴-۱) نشان داده شده است.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل ۴-۱ مراحل اصلی در طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به‌صورت 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. براین‌اساس، 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. به‌این 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 به‌اندازه ۲۰ سانتی‌متر فاصله داشته باشد. به‌این ترتیب نیاز به استفاده از اتصالات لغزشی در محل اتصال نعل‌درگاه به ستون یا دیوار برشی نمی‌باشد.
- تاحدامکان بازشوهای با عرض بیش از ۱/۵ متر در دیوار غیرسازه‌ای حداقل به‌اندازه ۱۰۰ سانتی‌متر از اتصال دیوار غیرسازه‌ای به ستون یا دیوار برشی فاصله داشته باشد. در این صورت

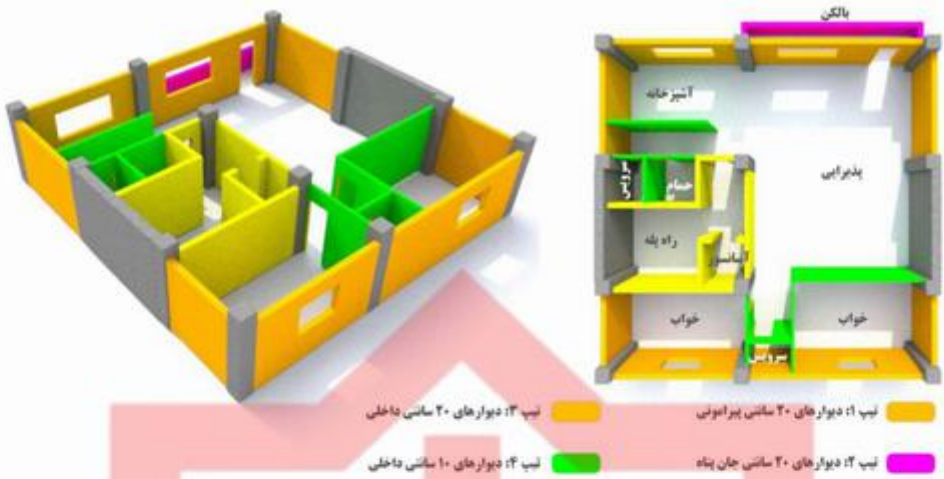
وادارهای اطراف بازشوی عریض از ستون یا دیوار برشی فاصله لازم را خواهد داشت و محل اتصال وادار به کف و سقف در محل مفاصل پلاستیک سازه نخواهد بود.

- تاحدامکان بازشوهای با عرض بیش از ۱/۵ متر در دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۱"، حداقل به‌اندازه ۱۰۰ سانتی‌متر از محل اتصال دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۱" با دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۲" فاصله داشته باشد. در این صورت وادارهای 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 تیپ‌بندی می‌شوند، به‌نحوی‌که 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 جان‌پناه دارای ارتفاع آزاد بسیار کمتر نسبت به سایر دیوارهای پیرامونی هستند و لازم است در تیپ جداگانه‌ای دسته‌بندی 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 درنظر گرفته شوند. همچنین دیوارهای خرپشته معمولا 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 درنظر 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 می تواند به همراه سایر دیوارهای پیرامونی در یک تیپ قرار گیرد.

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



شکل ۴-۲ 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 به‌صورت میلگردبستر یا کامپوزیت شبکه الیاف (داخل بند بستر، نوارهای افقی، نوارهای قائم و یا سراسری) در نظرگرفت. لازم است علاوه بر نوع تسلیح، میزان آن‌ها نیز تعیین شود. به‌عنوان 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 به‌عنوان 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 عملی‌است: (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 قابل‌توصیه به‌ویژه برای دیوارهای داخلی)

شرایط مرزی E: هر چهار لبه دیوار دارای تکیه‌گاه

شرایط مرزی J: سه لبه دیوار دارای تکیه‌گاه و یکی از لبه‌های قائم آزاد (توصیه می‌شود تاحدامکان 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 به‌صورت 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 پیرامونی، یک تیپ برای دیوارهای جان‌پناه و در برخی موارد یک تیپ برای دیوارهای خرپشته.

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 درنظرگرفت 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 ممکن‌است 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. به‌عنوان 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) به‌صورت مقید شده، هستند.

تذکر ۹: انتخاب نوع تسلیح در هر تیپ به عواملی از جمله دردسترس‌بودن تسلیح، عوامل فنی و اقتصادی و الزامات اجرایی بستگی دارد. به‌عنوان مثال، تسلیح دیوار با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف به‌صورت 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 شدید به الزامات معماری ساختمان دارد. به‌عنوان مثال دیوارهای جان‌پناه یا دیوارهای محوطه همواره دارای شرایط مرزی نوع A هستند. همچنین درصورتی‌که دیوارهای داخلی به‌علت 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 تاحدامکان از شرایط مرزی J استفاده نشود.

تذکر ۱۱: درصورتی‌که 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.

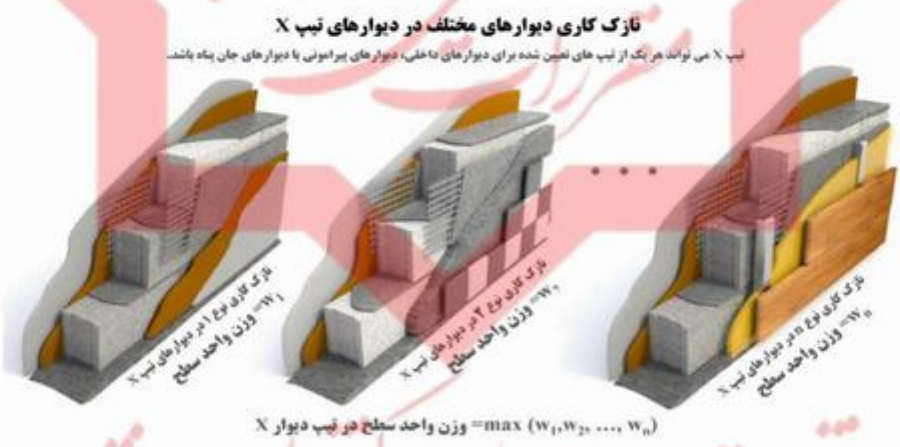
تذکر ۱۲: برقراری تکیه‌گاه برای لبه فوقانی دیوار تنها از طریق اتصالات کشویی در لبه فوقانی دیوار میسر است. اما فراهم نمودن تکیه‌گاه برای لبه قائم دیوار با استفاده از روش‌های مختلفی قابل‌انجام است. استفاده از اتصال هشت‌گیر سبب تأمین تکیه برای لبه هشت‌گیر شده دیوار می‌شود. استفاده از وادار قائم نیز باعث 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. درصورتی‌که 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.

۴-۳ 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 (۴-۳) 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 ۴-۳ 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 مبنای زلزله طرح یا شتاب طیفی، سرعت مبنای 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 دریفت) 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: درصورتی‌که حداکثر نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دریفت) طبقه نامشخص باشد، مهندس محاسب طراح دیوارهای غیرسازه‌ای می‌تواند نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دریفت) 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: درصورتی‌که 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: به‌طورکلی 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 قرارداشتن 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 به‌دست‌آمده 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، درصورتی‌که 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. امّا درصورتی‌که 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 به‌دست‌آمده، 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 درصورتی‌که 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. امّا 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 تسلیح، 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 ۰/۳ تا ۲ 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 تکیه گاه باشد (در این شرایط برقراری اتصال کشویی بین لبه فوقانی دیوار و سقف تاثیری بر ظرفیت خارج از صفحه دیوار ندارد). در صورتی که طول آزاد دیوار بزرگتر از ۳/۳ 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 تکیه گاه باشد (لازم است لبه فوقانی دیوار دارای اتصال کشویی به سقف باشد). به‌این ترتیب دیوارهای جان پناهی که دارای لبه فوقانی آزاد هستند تنها در صورتی رفتار خارج از صفحه دو طرفه از خود نشان خواهند داد که طول آزاد جان پناه کمتر از ۳/۳ برابر ارتفاع جان پناه 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.

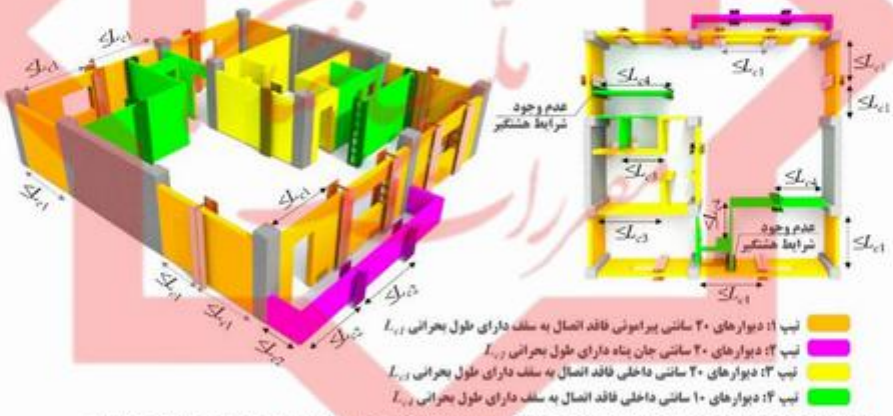
کاهش طول آزاد دیوارها از طریق استفاده از وادارهای قائم یا اتصالات هشت‌گیر، صرفاً در مواردی که طبق بخش ۴-۸-۵ شرایط آن مهیا باشد، و یا از طریق سایر قطعات اتصال (قلاب و گیره، بست رادیکالی و ...) انجام می‌شود. بدیهی است وادار قائم باید دارای ظرفیت و صلبیت خمشی کافی در امتداد خارج از

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

تذکر ۱: در روش ارائه شده در این راهنما، ارتفاع آزاد دیوار به‌صورت مستقیم در محاسبه طول بحرانی در نظر گرفته می‌شود، لذا استفاده از وادار افقی برای محدودکردن ارتفاع آزاد دیوار الزامی نمی‌باشد (اگرچه منعی برای انجام آن نیز وجود ندارد).

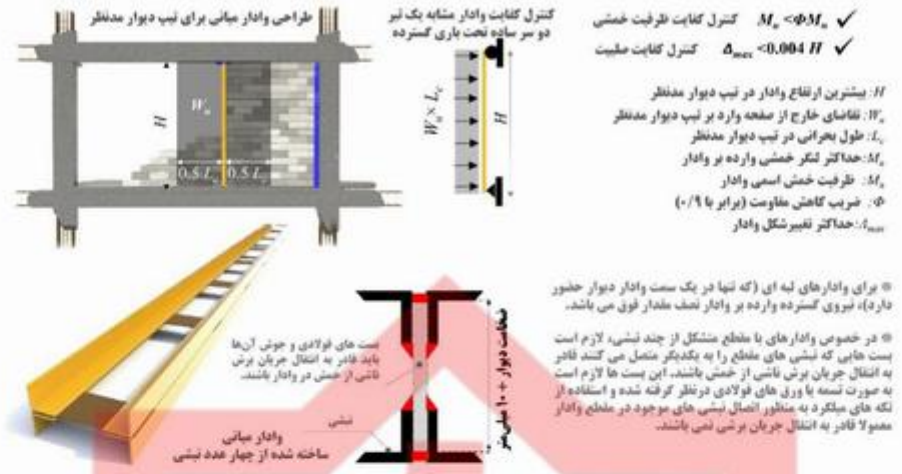
تذکر۲: به‌منظور محدود کردن تنش‌های کششی ایجاد شده در محل اتصالات هشت‌گیر دیوار، لازم است وادارهای قائم در هر یک از دو دیوار هشتگیر شده حداقل به اندازه ۱ متر از محل هشت‌گیر فاصله داشته باشند. درصورتی‌که امکان رعایت این فاصله وجود نداشته باشد، نباید در آن محل از اتصال هشت‌گیر برای دیوار استفاده شود. جزئیات بیشتر در این خصوص در بخش ۴-۸-۵ ارائه شده است.

تذکر ۳: به‌طورکلی توصیه می‌شود در اطراف بازشوهای با عرض بیش از ۲ متر از وادارهای قائم استفاده شود. این امر به سبک‌شدن مقطع مورد نیاز برای نعل‌درگاه روی بازشو کمک می‌کند. زیرا در این صورت امکان برقراری اتصال گیردار مابین نعل‌درگاه به وادار فراهم شده و این امر سبب کاهش لنگر خمشی و خیز نعل‌درگاه می‌شود.



شکل ۴-۴ نمونه‌ای از جانمایی وادارهای قائم در پلان بر اساس طول بحرانی تیپ‌های مختلف دیوار.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

۴-۸- مرحله هشتم - طراحی اتصالات

در این مرحله لازم است جزئیات اتصالات دیوار مشخص شود. این اتصالات برای هر یک از تیپ‌های دیوار طراحی و از جزئیات به‌دست‌آمده در کلیه دیوارهای موجود در آن تیپ استفاده می‌شود.

۴-۸-۱- اتصال دیوار به کف

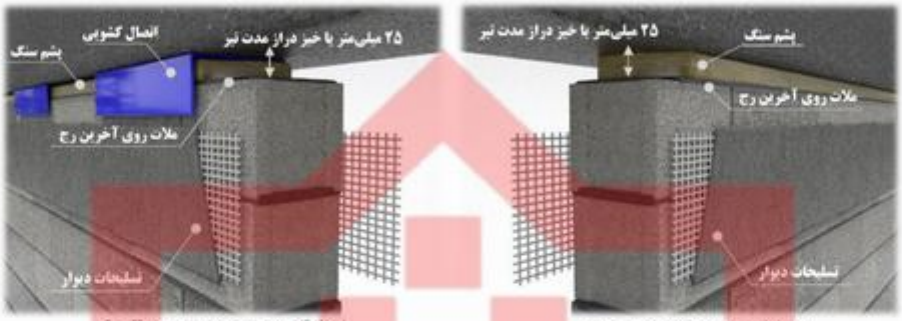
درصورتی‌که دیوار غیرسازه‌ای بر روی دال بتنی اجرا شود، اتصال لبه تحتانی دیوار به کف از طریق اولین لایه ملات صورت‌می‌گیرد و نیاز به تمهیدات دیگری نمی‌باشد. اجرای کف‌سازی به تقویت این اتصال کمک خواهد نمود. درصورتی‌که دیوار مستقیماً روی تیر فولادی فاقد دال اجرا شود، لازم است حرکات افقی خارج از صفحه در دو سمت لبه تحتانی دیوار مقید شود. این کار با استفاده از جوش‌دادن ورق، تسمه یا سایر پروفیل‌های فولادی به تیر فولادی قابل‌انجام است. این تمهیدات قبل از ساخت دیوار باید اجرا شود.

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

۴-۸-۲- اتصال دیوار به سقف

برای تیپ‌هایی 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 نمی‌باشد. برای تیپ‌هایی از دیوار که دارای شرایط مرزی

E و یا 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.



لبه فوقانی دیوار با شرایط مرزی E و J
(دیوار دارای اتصال کشویی به سقف)

لبه فوقانی دیوار با شرایط مرزی A
(دیوار فاقد اتصال به سقف)

شکل ۴-۶ نحوه اتصال دیوار به سقف برای دیوارهای با شرایط مرزی مختلف.

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 به‌صورت ناودانی یا جفت نبشی منقطع یا پیوسته درنظرگرفت. 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. درصورتی‌که اتصال کشویی به تیر فولادی متصل باشد، اتصال به‌صورت جوشی برقرار می‌شود. اما درصورتی‌که اتصال کشویی به تیر یا دال بتنی متصل باشد، اتصال از طریق رول بولت انجام می‌پذیرد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

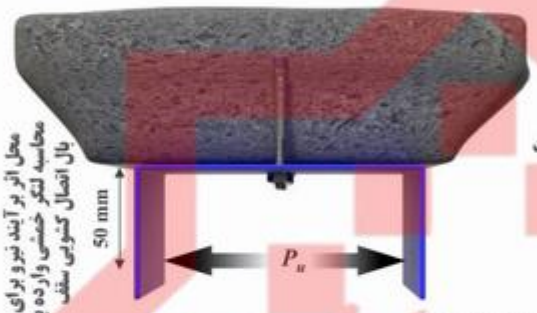
$P_u = W_u \times A_{top-edge}$ (kN) : نیروی سهم لبه فوقانی

این نیرو توسط ابزارهای محاسباتی تحت اکسل ارائه شده در پیوست ۳ محاسبه می شود.

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

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

$Lt^2 \geq \frac{222000 P_u}{f_y}$ ✓ : کنترل کفایت ظرفیت اتصال کشویی



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

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

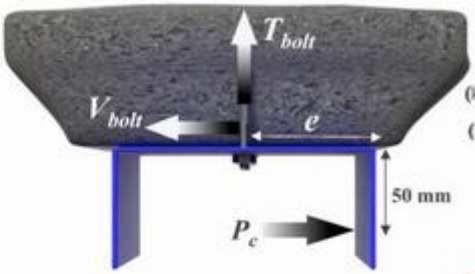
t: ضخامت بال اتصال کشویی لبه فوقانی دیوار (mm)

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 نشان‌داده‌شده در شکل (۴-۸) کنترل شود.

دفتر 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)
$T_{c\text{-}bolt}$: ظرفیت کششی یک عدد از رول بولت ها (kN)
$V_{c\text{-}bolt}$: ظرفیت برشی یک عدد از رول بولت ها (kN)
n: تعداد رول بولت ها در ۱ متر از طول اتصال کشویی

$$T_{bolt} = \frac{50P_c}{e}\ (\text{kN})\ ,\ V_{bolt} = P_c\ \ (\text{kN})$$

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

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

ظرفیت برشی و کششی برخی از رول بولت‌های 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 ساختمان‌های متداول، قابل‌استفاده است.

جدول ۴-۲ ظرفیت کششی و برشی رول بولت‌های مختلف (بر اساس مدارک فنی و کاتالوگ شرکت‌های تولیدکننده)- استفاده از سایر مقادیر ارائه شده در مراجع معتبر نیز مجاز می‌باشد.

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 میلی‌متر	۱۰۰	۵۵	۵۰	۵۰	۳/۳	۲/۷
۸ میلی‌متر	۱۰۰	۶۰	۶۰	۶۰	۴/۰	۴/۰
۱۰ میلی‌متر	۱۰۰	۷۵	۷۰	۷۰	۵/۳	۶/۰
۱۲ میلی‌متر	۱۰۰	۶۰	۷۰	۱۰۰	۶/۷	۷/۳
۱۶ میلی‌متر	۱۰۰	۷۰	۸۰	۱۲۰	۱۰	۱۰/۷

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

جدول ۴-۳ 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 (۴-۲) و یا ۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۴-۲)
نوع ۲	۳	۹/۷	۴ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۴-۲) و یا ۳ عدد رول بولت سایز ۱۰ میل مطابق جدول (۴-۲)

* *درصورتی‌که اتصال کشویی به‌صورت 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: درصورتی‌که 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. براین‌اساس، در صورت استفاده از اتصالات کشویی در لبه تحتانی تیر، توصیه می‌شود نزدیک‌ترین اتصال کشویی از بر ستون حداقل به‌اندازه عمق مقطع تیر فاصله داشته باشد.

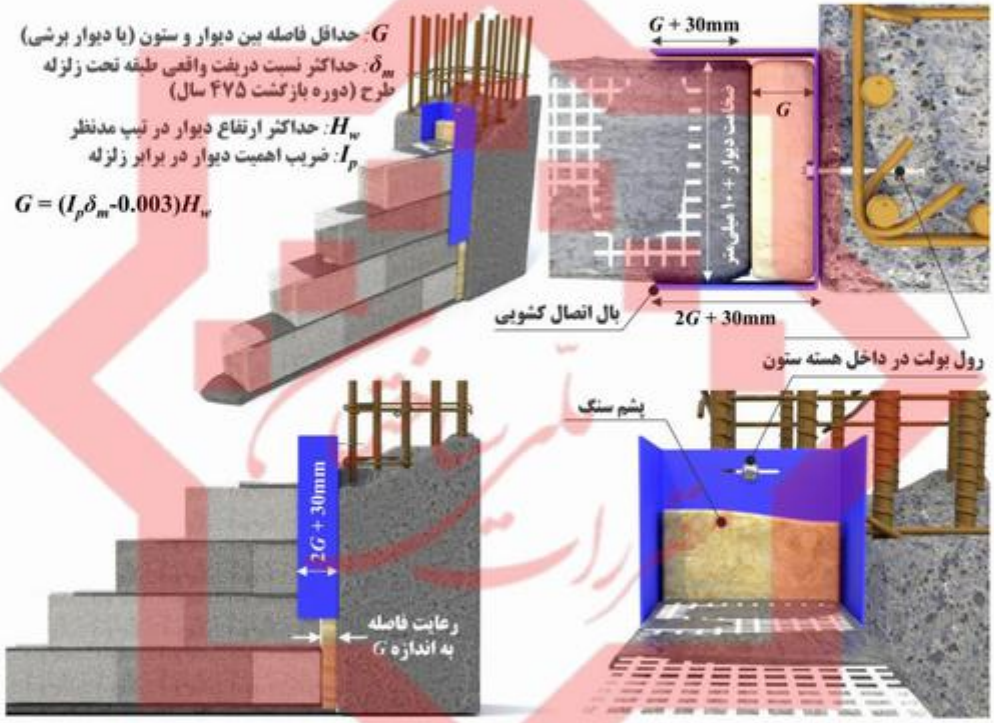
تذکر ۶: در صورت استفاده از رول بولت به‌منظور اتصال قطعات اتصال کشویی، هر قطعه اتصال باید حداقل دارای ۲ عدد رول بولت باشد (این مقدار حداقل بوده و بسته به طراحی ممکن است به تعداد رول بولت بیشتری نیاز باشد).

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

۴-۸-۳- اتصال دیوار به ستون

درصورتی‌که دیوار غیرسازه‌ای به ستون یا سایر اعضای سازه‌ای قائم (همانند دیوارهای برشی) متصل شود، لازم است مطابق شکل (۴-۹) 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 (۴-۹) ارائه شده است. میزان فاصله بین لبه قائم دیوار و ستون یا دیوار برشی به حداکثر نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دریفت) بستگی دارد و در ساختمان‌های با سیستم‌های باربرجانبی مختلف، ممکن‌است متفاوت باشد. حتی این امکان وجود دارد که در طبقات مختلف ساختمان، از فواصل مختلف استفاده شود.



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

تذکر ۱: به منظور محاسبه مقدار G، لازم است حداکثر نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دریفت) طبقه در برابر زلزله طرح (دوره بازگشت ۴۷۵ سال) مشخص باشد. در تعیین حداکثر نسبت تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (نسبت دریفت) ، لازم نیست ضریب اهمیت ساختمان در نیروی جانبی زلزله یا طیف زلزله اعمال شده باشد.

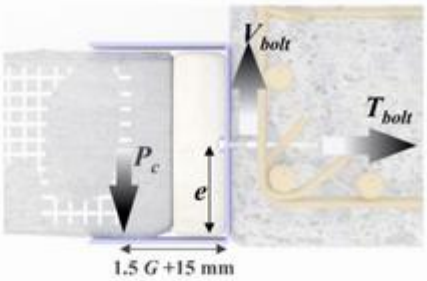
همان‌طور که در شکل (۴-۹) نشان داده شده است، به‌منظور عملکرد صحیح اتصال کشویی تحت تغییرشکل نسبی طبقه در هر دو امتداد مثبت و منفی یعنی هنگامی که ستون به دیوار نزدیک می‌شود و هنگامی که از آن دور می‌شود، لازم است پهنای بال اتصال کشویی حداقل به‌اندازه ۲ برابر فاصله بین

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 ممکن‌است 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.

شکل ۴-۱۰ نحوه کنترل کفایت ظرفیت اتصال کشویی دیوار به ستون (یا سایر اعضای سازه‌ای قائم).

علاوه بر قطعه فولادی اتصال کشویی، لازم است اتصال آن به ستون، دیوار برشی یا سایر اعضای سازه‌ای قائم نیز دارای ظرفیت کافی باشد. درصورتی‌که اتصال کشویی به ستون فولادی متصل باشد، اتصال به‌صورت جوشی و درصورتی‌که 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، قابل‌استفاده 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)
$T_{c\text{-}bolt}$: ظرفیت کششی یک عدد از رول بولت ها (kN)
$V_{c\text{-}bolt}$: ظرفیت برشی یک عدد از رول بولت ها (kN)
n: تعداد رول بولت ها در ۱ متر از طول اتصال کشویی



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

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

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

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

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

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

* *درصورتی‌که اتصال کشویی به‌صورت جفت نبشی باشد، تعداد رول بولت‌های ارائه شده برای هر یک از نبشی‌ها 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 تغییرمکان 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 تغییرشکل‌های 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 درصورتی‌که وادار از طریق بال‌های خود دیوار را دربرگیرد (همانند وادارهای ساخته شده از نبشی یا ناودانی)، کافی‌است 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 جداشدگی بین دیوار و وادار خواهد شد. استفاده از سایر تمهیدات برای جلوگیری از جداشدگی 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. درصورتی‌که 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 به‌صورت 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.

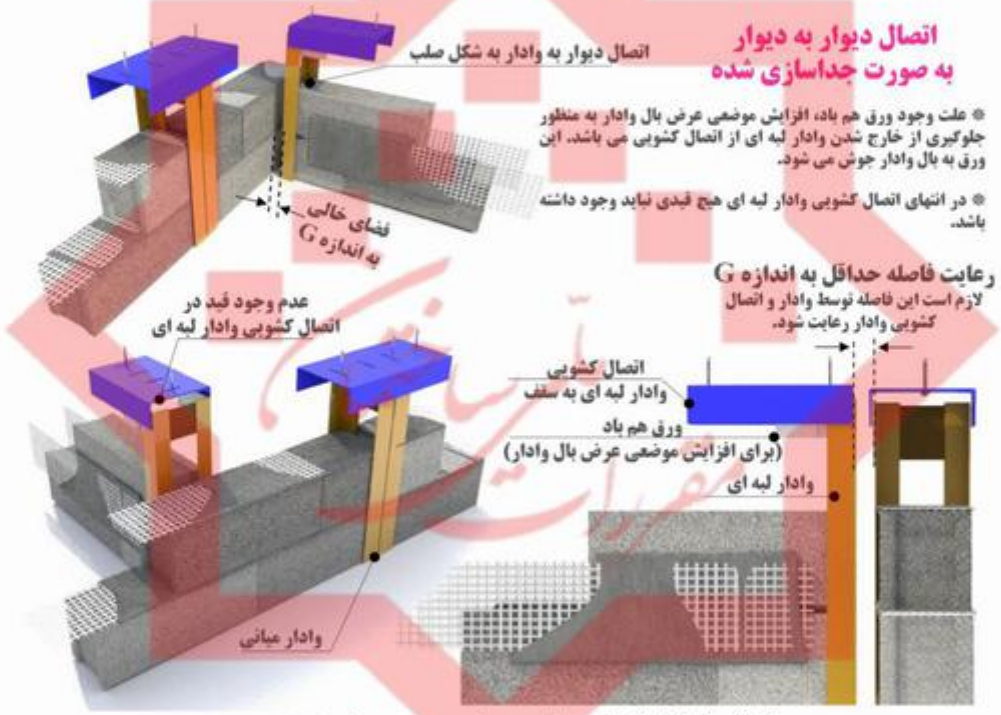
۴-۸-۵- اتصال دیوار به دیوار

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، امّا 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.

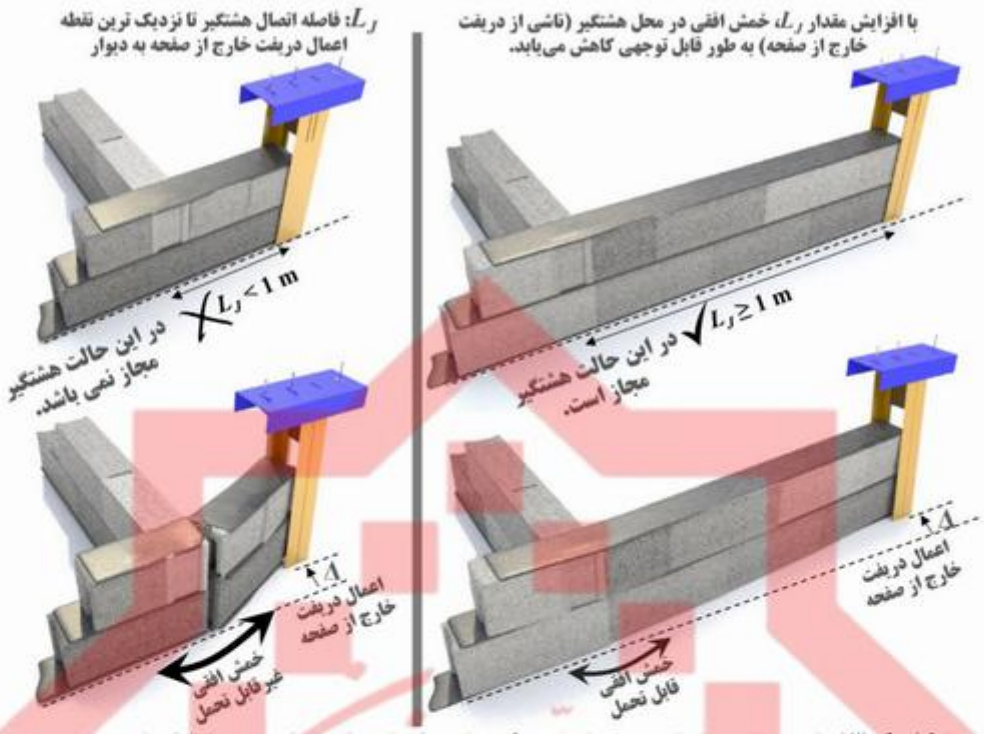


شکل ۴-۱۲ اتصال دیوار به دیوار به‌صورت جداسازی شده.

- **اتصال هشت‌گیر:** اتصال هشت‌گیر قدیمی‌ترین روش اتصال در دیوارهای بنایی است و برای قرن‌ها توسط بشر استفاده شده‌است. 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. امّا در طراحی لرزه‌ای، تغییرشکل نسبی طبقه درصورتی‌که در امتداد خارج از صفحه به یکی از دیوارهای هشت‌گیر شده وارد شود، ممکن‌است

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) درصورتی‌که 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 درصورتی‌که 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 به‌طوری‌که 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

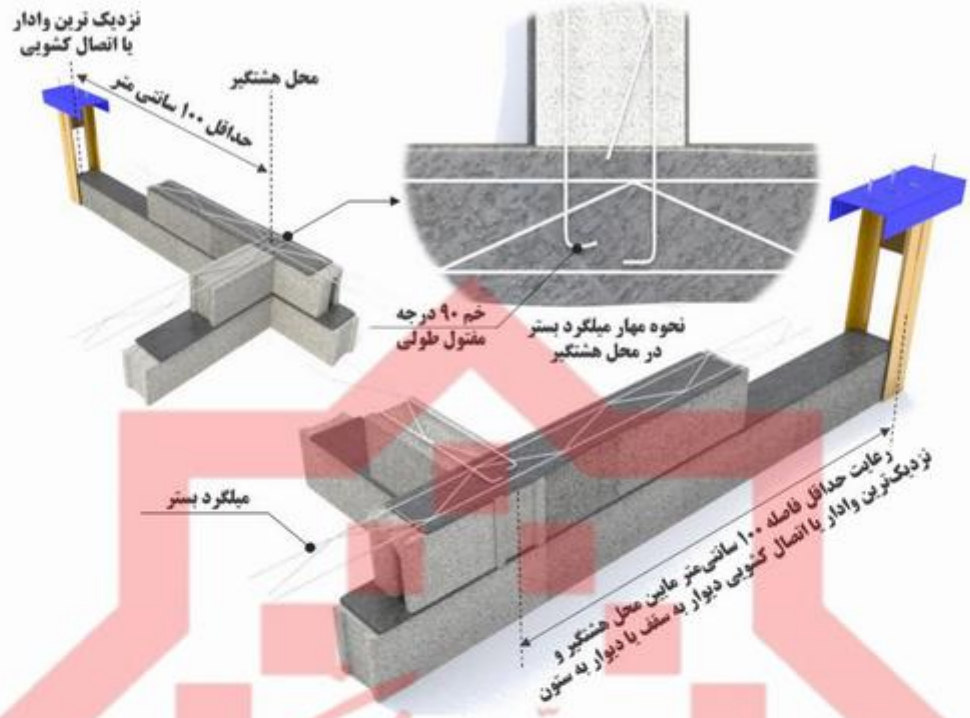


شکل ۴-۱۳ لزوم رعایت فاصله بین محل هشت‌گیر تا نزدیک‌ترین اتصال کشویی یا وادار قائم متصل به دیوارهای هشت‌گیر شده.

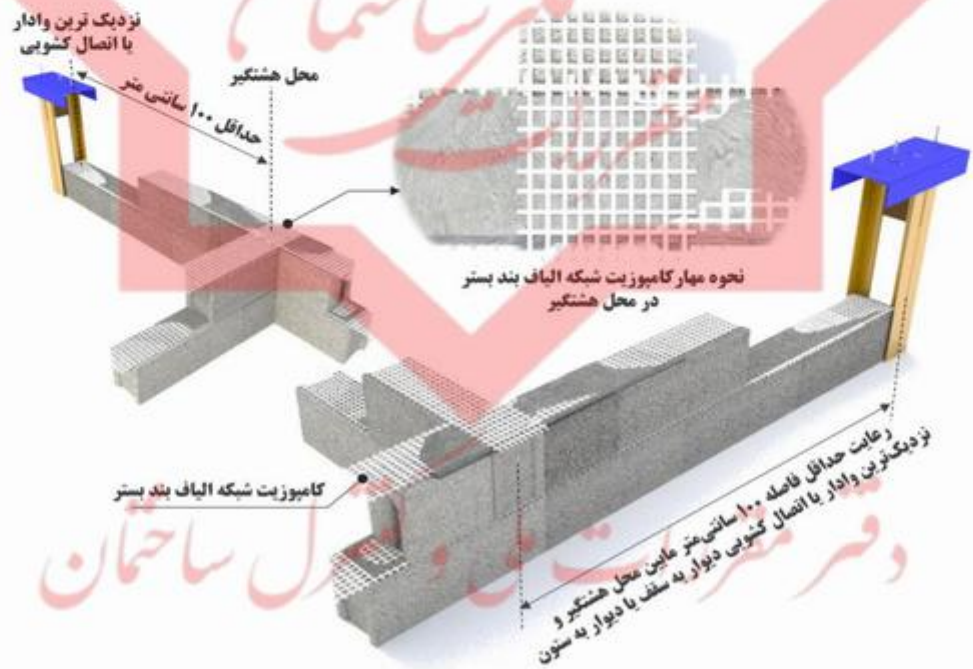
درصورتی‌که هر دو شرط زیر هم زمان تأمین گردد، استفاده از اتصال دیوار به دیوار به‌صورت هشت‌گیر نه تنها مجاز بوده، بلکه از منظر فنی و اقتصادی نیز نسبت به اتصالات جداسازی شده ارجحیت دارد. امّا درصورتی‌که هر یک از دو الزام زیر تأمین نشود، لازم است اتصال دیوار به دیوار به‌صورت جداسازی شده باشد. در این خصوص 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 به‌اندازه ۱۰۰ سانتی‌متر از محل نزدیک‌ترین وادار یا اتصالات کشویی متصل به هر یک از دو دیوار هشت‌گیر شده، فاصله داشته باشد. توصیه می‌شود برای دیوارهای با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر و بیشتر، این فاصله حداقل ۱۲۰ سانتی‌متر درنظر گرفته شود.

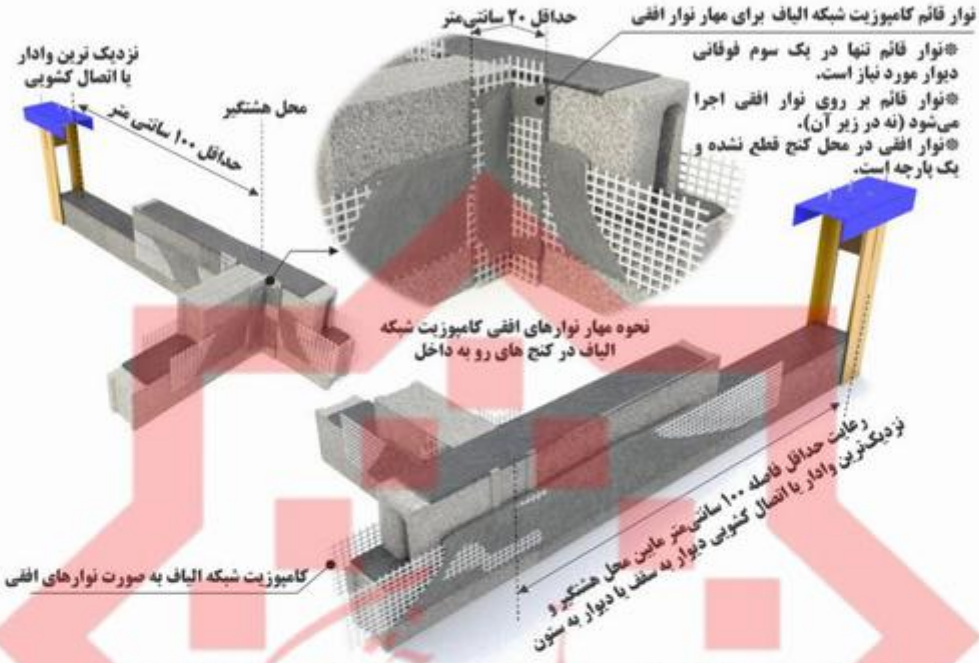
الزام شماره ۲ برای اتصال هشت‌گیر: در محل اتصال هشت‌گیر لازم است تسلیح افقی وجود داشته باشد به‌طوری‌که حتی در صورت بروز ترک در ملات یا بلوک‌های دیوار، ظرفیت خمش افقی دیوار در محل هشت‌گیر افت شدیدی نداشته و انسجام کلی و موضعی دیوار حفظ شود. این الزام برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به‌صورت سراسری همواره برقرار است، امّا برای سایر روش‌های تسلیح جزئیات ارائه شده در شکل‌های (۴-۱۴) الی (۴-۱۷) لازم است برقرار شود.



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

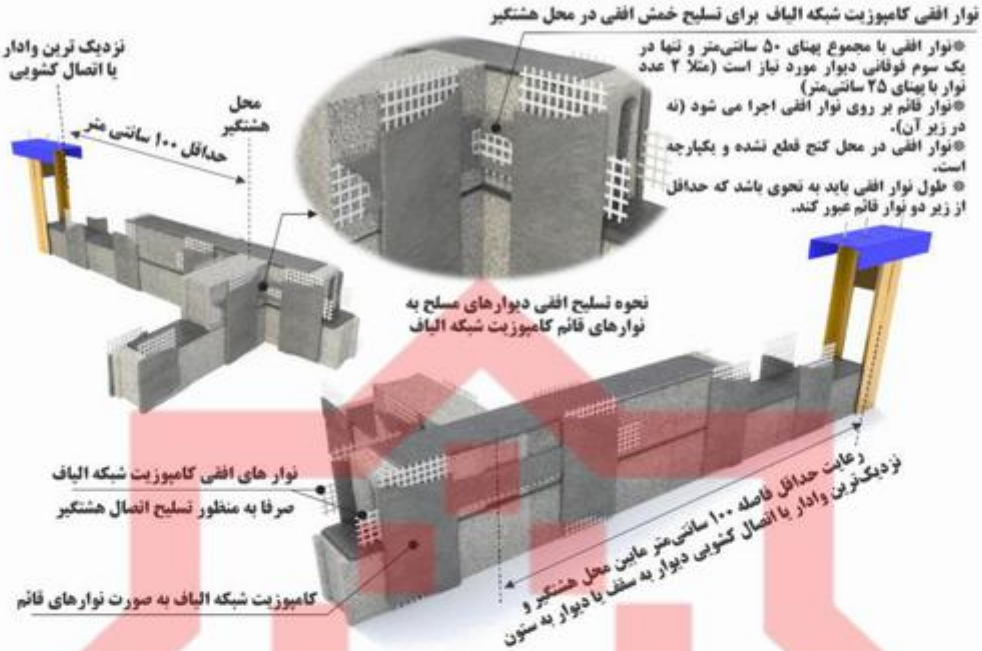


شکل ۴-۱۵ نحوه تقویت خمش افقی در محل هشت‌گیر برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر.



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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

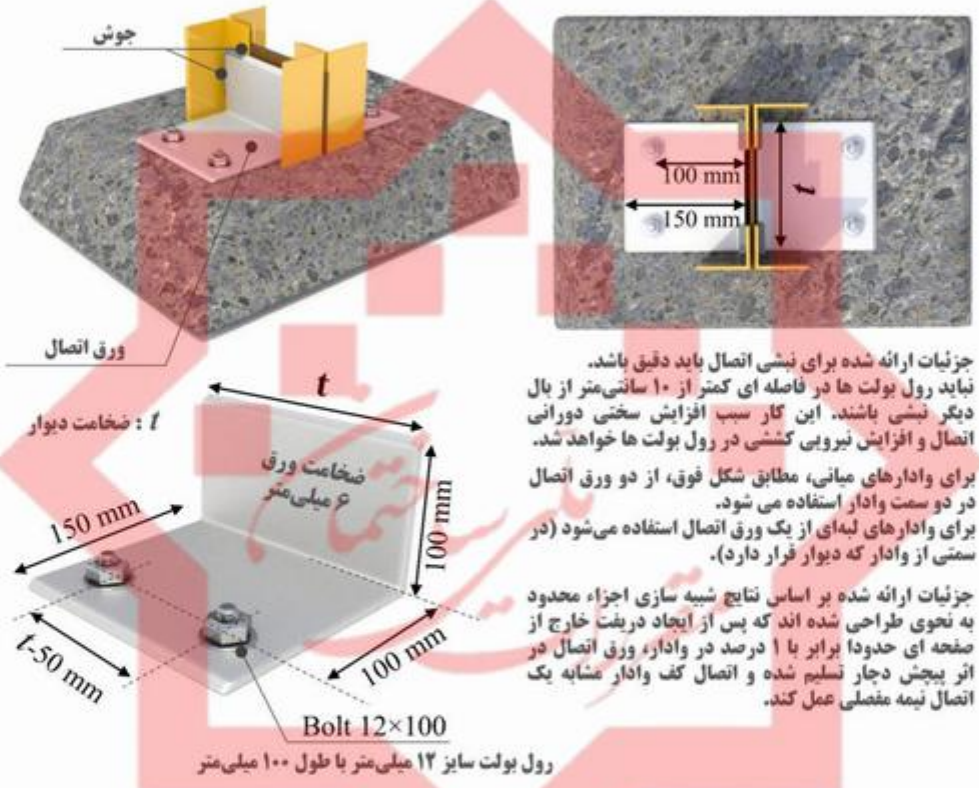
تذکر ۱: در صورت رعایت الزامات اتصال دیوار به دیوار به‌صورت هشت‌گیر، این نوع اتصال نیاز به کنترل دیگری ندارد. امّا در صورت استفاده از اتصال دیوار به دیوار به‌صورت جداسازی شده، لازم است وادار لبه‌ای مورد نیاز در این اتصال بر اساس بند ۴-۷ و اتصالات وادار لبه‌ای به کف و سقف به ترتیب بر اساس الزامات ارائه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

تذکر 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.

تذکر 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، امّا 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.

تذکر 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 هرقدر 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.

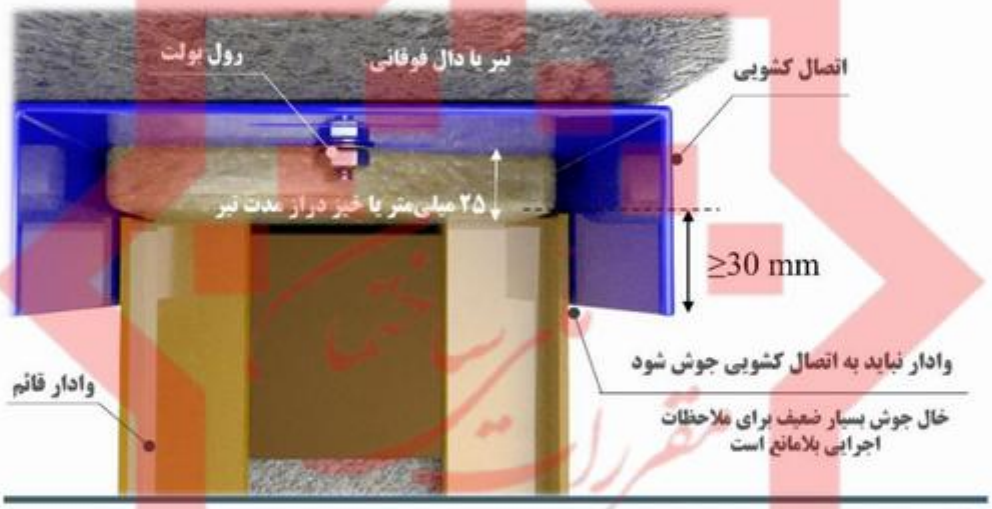
تذکر ۳: در خصوص اتصال وادارهای جان‌پناه به کف، لازم است این اتصال به‌صورت جداگانه طراحی شود. در اکثر موارد، اتصال وادار جان‌پناه به کف در مقایسه با سایر وادارها، لازم است از ظرفیت بیشتری برخوردار باشد. علت آن است که وادار جان‌پناه به‌صورت طره‌ای است و لازم است اتصال آن به کف در هر دو امتداد داخل و خارج 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

به‌طورکلی لازم است اتصال وادار به سقف به‌صورت اتصال کشویی برقرار شود به‌نحوی‌که تغییرشکل 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، قابل‌استفاده 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، امّا 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 جداشدگی بین دیوار و وادار لبه‌ای (این جداشدگی 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

وادار لبه‌ای)، دیوار به وادار لبه‌ای متصل شود. با رعایت موارد فوق، وادار 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 وادارهای میانی یا لبه‌ای آن است که در صورت استفاده از اتصالات تلسکوپی، اتصال دیوار به وادار مشابه اتصال دیوار به ستون بوده و لازم است درزی بین دیوار و وادار برای جداسازی دیوار از وادار 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 وادارهای میانی و هم وادارهای لبه‌ای به صورت کشویی به سقف متصل شوند.



R_u: عکس العمل تکیه گاهی در لبه فوقانی وادار (kN)
f_y: مقاومت تسلیم فولاد مصرفی در اتصال کشویی (MPa)
t: ضخامت بال اتصال کشویی لبه فوقانی وادار (mm)
L: طول اتصالات کشویی لبه فوقانی وادار (mm)
e: کمترین فاصله رول بولت از لبه اتصال کشویی (mm)
$T_{c\text{-}bolt}$: ظرفیت کششی یک عدد از رول بولت ها (kN)
$V_{c\text{-}bolt}$: ظرفیت برشی یک عدد از رول بولت ها (kN)
n: تعداد رول بولت ها در اتصال کشویی

کنترل کفایت ظرفیت اتصال کشویی

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

کنترل کفایت رول بولت های اتصال

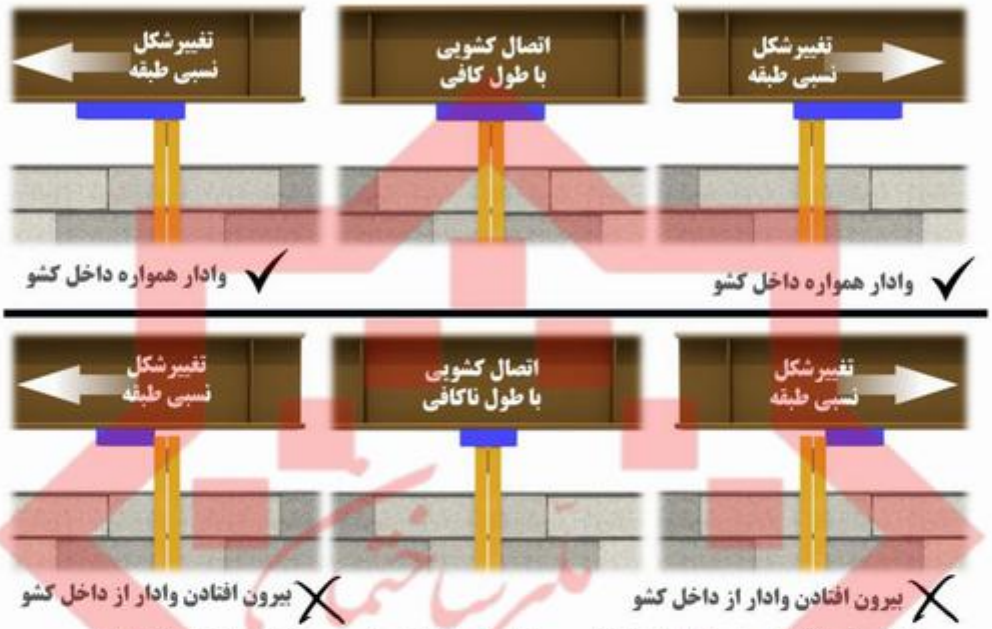
$$\frac{50R_u}{e\,nT_{c-bolt}} + \frac{R_u}{nV_{c-bolt}} \leq 1.2 \checkmark$$

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 وادار به سقف.

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

تغییرمکان 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 تغییرشکل نسبی طبقه به علاوه پهنای وادار کمتر باشد. به طور کلی توصیه می‌شود طول اتصال کشویی از ۲۵۰ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته نشود.



شکل ۴-۲۰ اهمیت طول اتصال کشویی وادار در جلوگیری از بیرون افتادن وادار از داخل کشو

تذکر ۳: لازم به ذکر است وادارهای 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 تغییرشکلی 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 به‌صورت 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 یک‌پارچه‌سازی بلوک‌های موجود در آخرین رج جان‌پناه را تامین می‌کند. به‌طوری‌که در صورت اعمال بار متمرکز بر لبه جان‌پناه، تخریب موضعی در جان‌پناه رخ ندهد. این کلاف افقی ممکن‌است 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_y=240 MPa و e=50 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 (۴-۲)
نوع ۲	۳	۴۰۰	۳/۹	۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۴-۲)
نوع ۳	۴	۲۰۰	۳/۴	۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۴-۲)
نوع ۴	۴	۴۰۰	۶/۹	۳ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۴-۲)
نوع ۵	۵	۲۰۰	۵/۴	۲ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۴-۲)
نوع ۶	۵	۴۰۰	۱۰/۸	۳ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۴-۲)
نوع ۷	۶	۲۰۰	۷/۸	۲ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۴-۲)
نوع ۸	۶	۴۰۰	۱۵/۶	۴ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۴-۲)

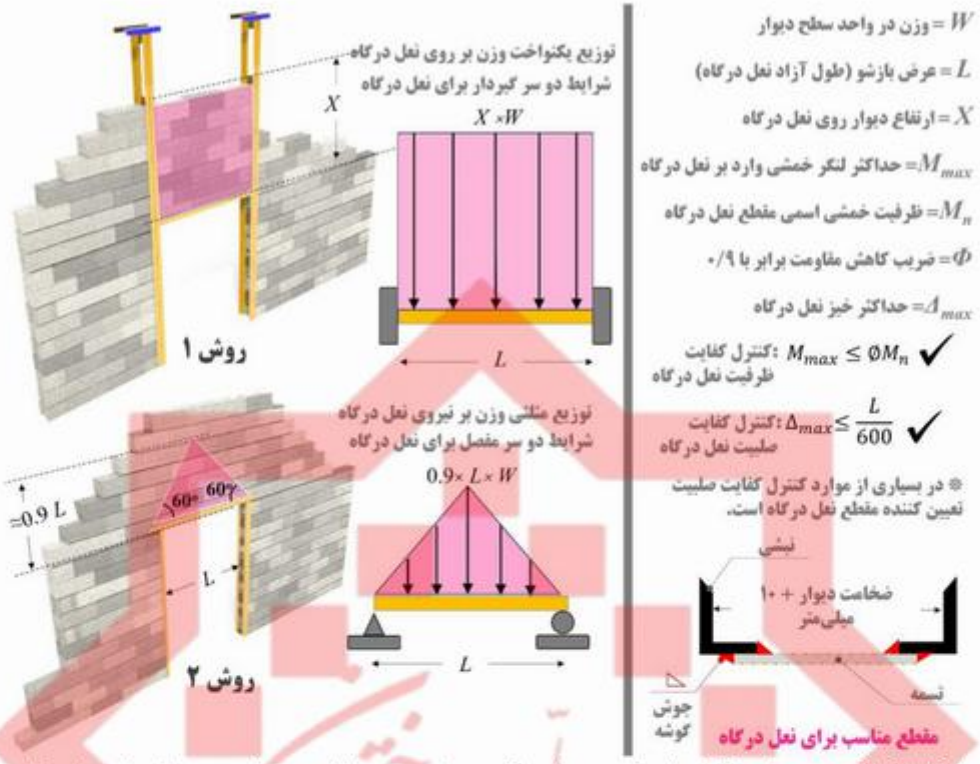
** برای اتصالات کشویی با طول بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر امکان درون‌یابی وجود دارد.*

*** درصورتی‌که اتصال کشویی به‌صورت جفت نبشی باشد، لازم است رول بولت‌های ارائه شده، برای هر یک از نبشی‌ها به‌صورت جداگانه تامین شود.*

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

درصورتی‌که 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. به‌منظور برقراری اتصال بین نعل‌درگاه و دیوار دو روش کلی به شرح زیر تعریف می‌شود:

- **روش ۱:** درصورتی‌که 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.



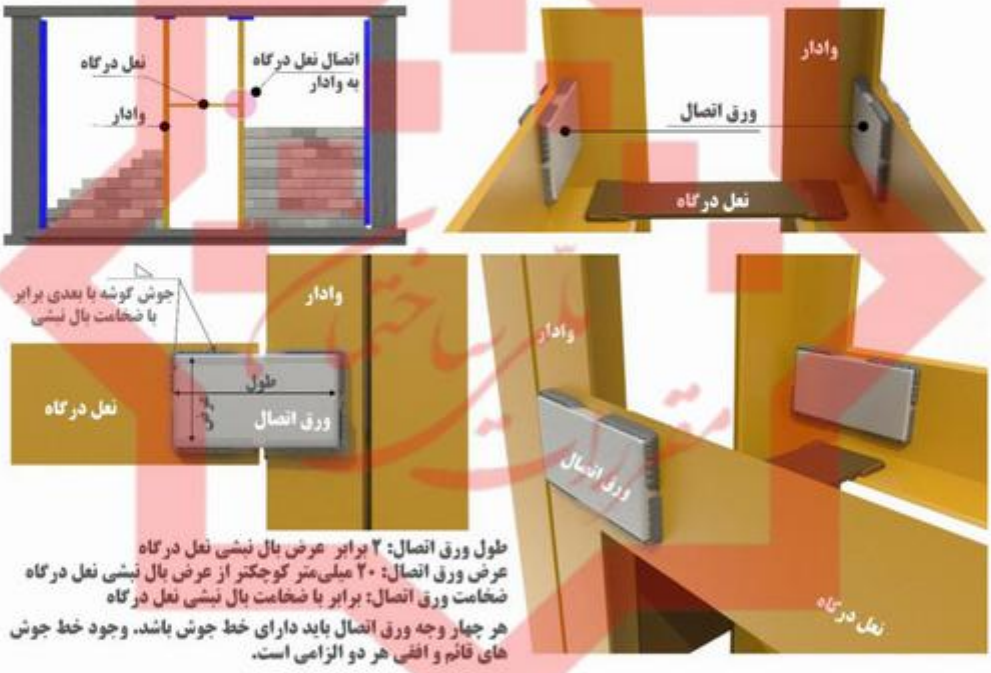
شکل ۴-۲۱ روش‌های برقراری اتصال بین نعل‌درگاه و دیوار و روند طراحی مقطع مورد نیاز برای نعل‌درگاه.

- **روش ۲:** درصورتی‌که اطراف بازشو وادار قائم نباشد، لازم است در اطراف بازشو از قاب فرعی (ساب فریم) استفاده شود و نعل‌درگاه به قاب فرعی (ساب فریم) متصل شود. در این شرایط نیروی نعل‌درگاه از طریق قاب فرعی (ساب فریم) به دیوار و در نهایت به کف منتقل می‌شود. لازم است قاب فرعی به‌صورت صلب به دیوار متصل باشد. در این حالت نعل‌درگاه در واقع بخشی از قاب فرعی خواهد بود و طراحی نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه منتقل می‌شود.

شکل‌های (۴-۲۲) و (۴-۲۳) به ترتیب نمونه‌ای از نحوه اتصال نعل‌درگاه به وادار قائم و قاب فرعی را نشان می‌دهد. بدیهی است سایر روش‌های اتصال به‌نحوی‌که ظرفیت مورد نیاز را تأمین نماید، نیز قابل‌استفاده است.

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

نعل‌درگاه دارای سختی قائم بیشتری است؛ لذا بر اثر خیز نعل‌درگاه، نیروی ناشی از وزن دیوار روی نعل‌درگاه باز توزیع می‌شود و به شکل یکنواخت به نعل‌درگاه وارد نمی‌شود. بر اساس الزامات مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی)، توزیع نیروی روی نعل‌درگاه را می‌توان به‌صورت مثلثی در نظر گرفت که اضلاع این مثلث با افق زاویه ۶۰ درجه می‌سازد. به عبارت دیگر وزن ناشی از قسمت‌هایی از دیوار که خارج از مثلث مذکور است، به‌صورت قوسی به اطراف بازشو منتقل می‌شود و به نعل‌درگاه اعمال نمی‌شود. این عملکرد قوسی در صورت حضور وادار در اطراف بازشو به طور کامل شکل نمی‌گیرد، در این صورت در طراحی نعل‌درگاه مناسب‌تر است چنین فرض شود که کل وزن دیوار روی بازشو، به نعل‌درگاه وارد می‌شود.

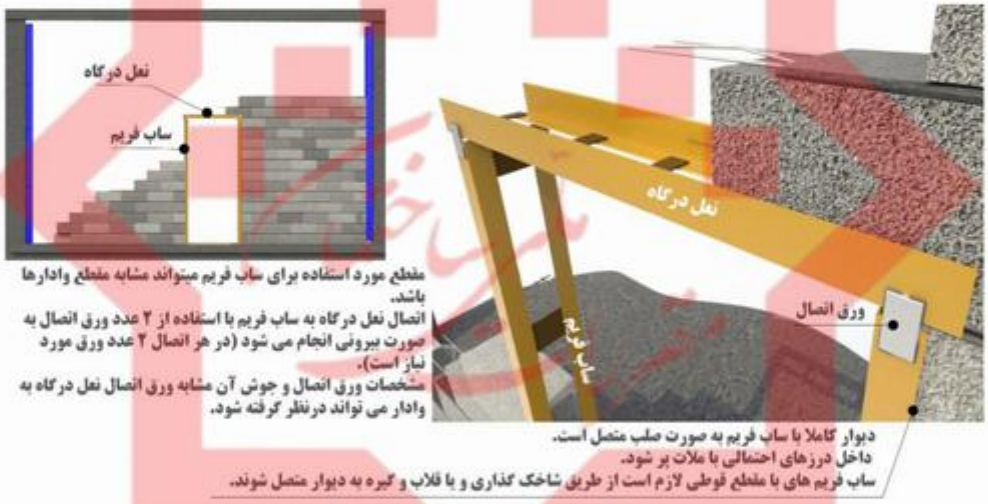


شکل ۴-۲۲ نمونه‌ای از اتصال نعل‌درگاه به وادار قائم.

تذکر ۲: در روش ۲، درصورتی‌که در هر دو طرف بازشو حداقل ۳۵۰ میلی‌متر فضا برای تأمین نشیمنگاه نعل‌درگاه وجود داشته باشد، اجرای قاب فرعی (ساب فریم) برای بازشو ضرورتی ندارد. دراین صورت نعل‌درگاه از طریق اتصال اتکایی بر روی دیوار نیروی خود را به دیوار منتقل می‌کند. استفاده از قاب فرعی (ساب فریم) برای بازشو همواره قابل‌توصیه 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: درصورتی‌که قاب فرعی از پروفیل‌های قوطی شکل ساخته شده باشد، لازم است از طریق شاخک گذاری یا استفاده از قلاب و گیره به‌صورت صلب به دیوار متصل شود. درصورتی‌که قاب فرعی از دوبل 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: درصورتی‌که یک سمت بازشو دارای وادار قائم و سمت دیگر فاقد وادار قائم باشد، در سمتی از بازشو که دارای وادار است، نعل‌درگاه به وادار متصل می‌شود و در سمت دیگر بازشو در صورت نبودن نشیمنگاه کافی برای نعل‌درگاه، از قاب فرعی (ساب فریم) استفاده و نعل‌درگاه به قاب فرعی (ساب فریم) متصل می‌شود. در صورت وجود طول نشیمنگاه کافی (حداقل ۳۵۰ میلی‌متر) در وجه فاقد وادار، می‌توان نعل‌درگاه را به‌صورت اتکایی به دیوار متصل نمود.



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

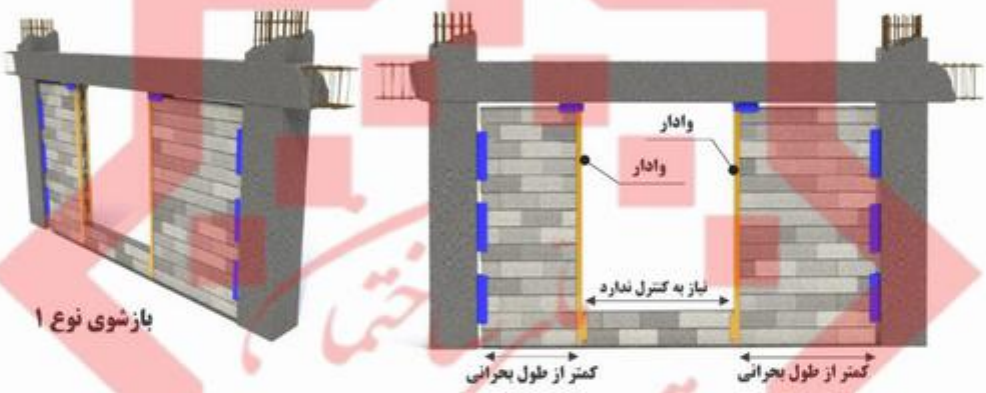
۴-۱۰- سایر الزامات طراحی و اجرا

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 ممکن‌است 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 به‌این 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، اساسا بازشو دیوار را با دو دیوار مجزا با رفتاری مستقل تقسیم می کند. لبه قائم دیوارها در مجاورت بازشو یک لبه آزاد می باشد.**

*** 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 A محاسبه شود.**

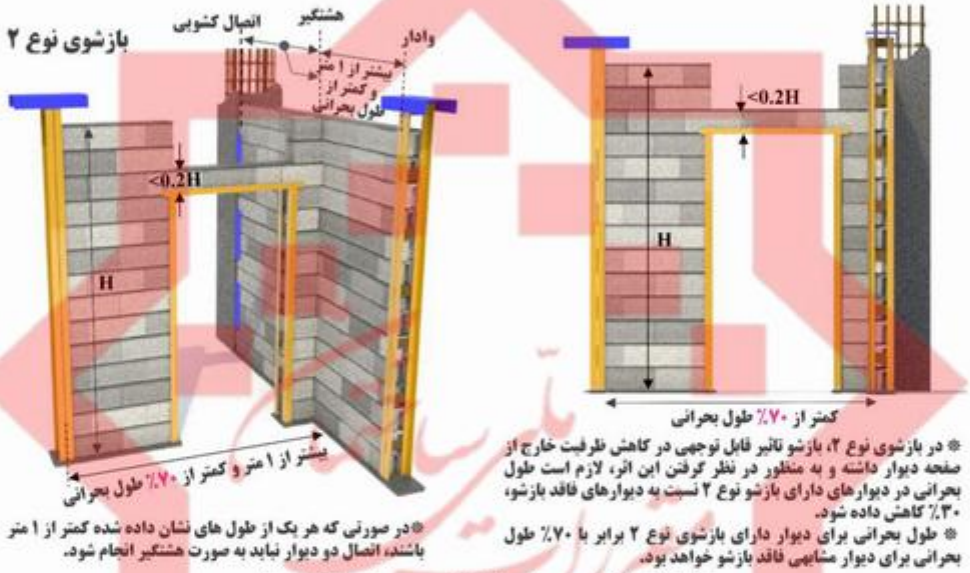
***در صورتی که دیوار دارای اتصال کشویی به سقف باشد، می توان در اطراف بازشو از وادار قائم استفاده کرده و طول بحرانی دیوار با فرض شرایط مرزی F محاسبه شود.**

*** در صورتی که دیوار دارای اتصال کشویی به سقف باشد، می توان در اطراف بازشو از وادار قائم استفاده نکرده و طول بحرانی دیوار با فرض شرایط مرزی J 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.

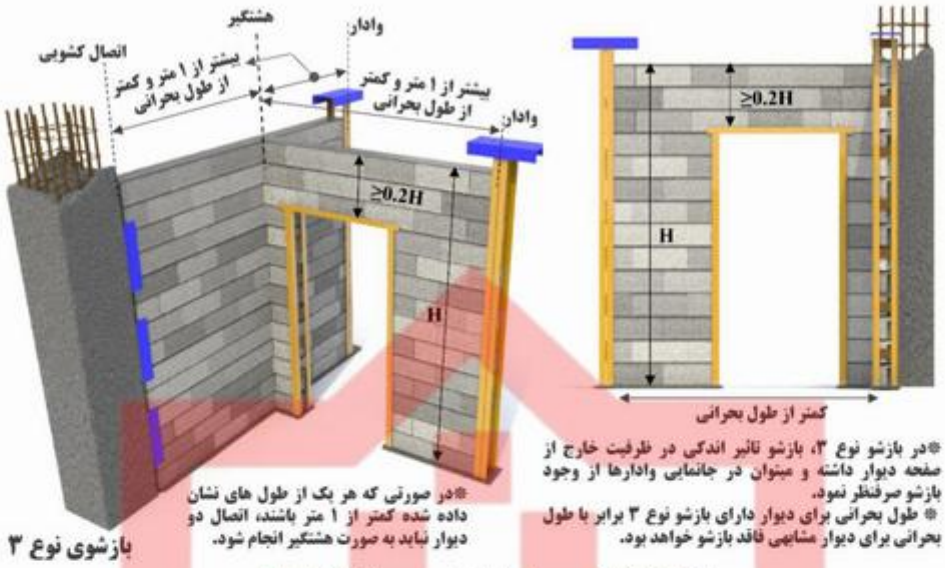
- **بازشوی نوع ۲:** در این حالت، در بالای بازشو دیوار بنایی وجود دارد، امّا ارتفاع آن کمتر از ۲۰٪ ارتفاع کل دیوار است. در این نوع از بازشوها، پیوستگی رفتار خارج از صفحه در دو سمت بازشو از طریق ایجاد خمش افقی در بخش بنایی بالای بازشو حاصل می‌شود، امّا نتایج حاصل از تحلیل‌های عددی حاکی از آن است که این خمش ممکن‌است تا ۲ برابر بیشتر از خمش افقی دیوار مشابه فاقد بازشو باشد؛ لذا به‌منظور در نظر گرفتن اثر بازشو، لازم است طول آزاد دیوار کاهش داده شود. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل‌های عددی، درصورتی‌که 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، امّا لازم است طول بحرانی این نوع از دیوارها نسبت به دیوارهای هم تیپ 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 تیپ فاقد بازشو در نظر گرفت. جزئیات مربوط به این نوع بازشو در شکل (۴-۲۶) نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۶ نمونه‌ای از بازشوی نوع ۳ و الزامات آن.

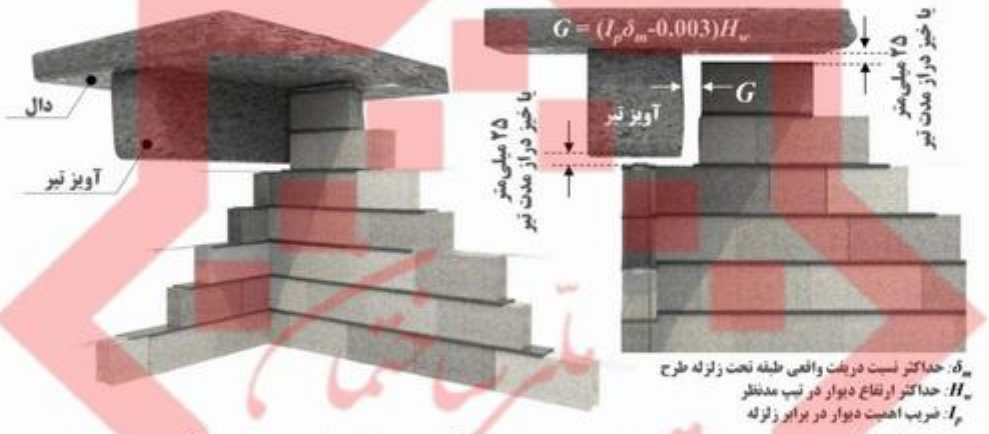
تذکر ۱: در بازشوهای نوع ۲ و ۳ گرچه نیازی به قراردادن وادار در اطراف بازشو نمی‌باشد، امّا وجود نعل‌درگاه در بالای بازشو الزامی است و علاوه بر آن، توصیه می‌شود، مطابق بخش ۴-۱۰، بازشو دارای قاب فرعی (ساب فریم) باشد.

تذکر ۲: در صورت استفاده از وادار در اطراف بازشو لازم است وادار از محل اتصال هشت‌گیر دیوار حداقل به‌اندازه ۱ متر فاصله داشته باشد. در غیر این صورت یا وادار 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 وادار قائم استفاده شود. لازم به یادآوری است وادار قائم یکی از نقاط اتصال دیوار به سقف است و سبب انتقال تغییرمکان جانبی نسبی (دریفت) خارج از صفحه به دیوار می‌شود. درصورتی‌که در دیوارهای فاقد اتصال به سقف و فاقد وادار 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 وادار 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.

تذکر ۳: صرف‌نظر از نوع بازشو، درصورتی‌که پهنای بازشو بیش از ۲ متر باشد، توصیه می‌شود در اطراف بازشو از وادار قائم استفاده شود. به‌این ترتیب به واسطه اتصالات گیردار نعل‌درگاه به وادار، خیز نعل‌درگاه را می‌توان به‌صورت مؤثرتری کنترل کرد.

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

برای جلوگیری از اعمال تغییرمکان 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 تغییرمکان 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.

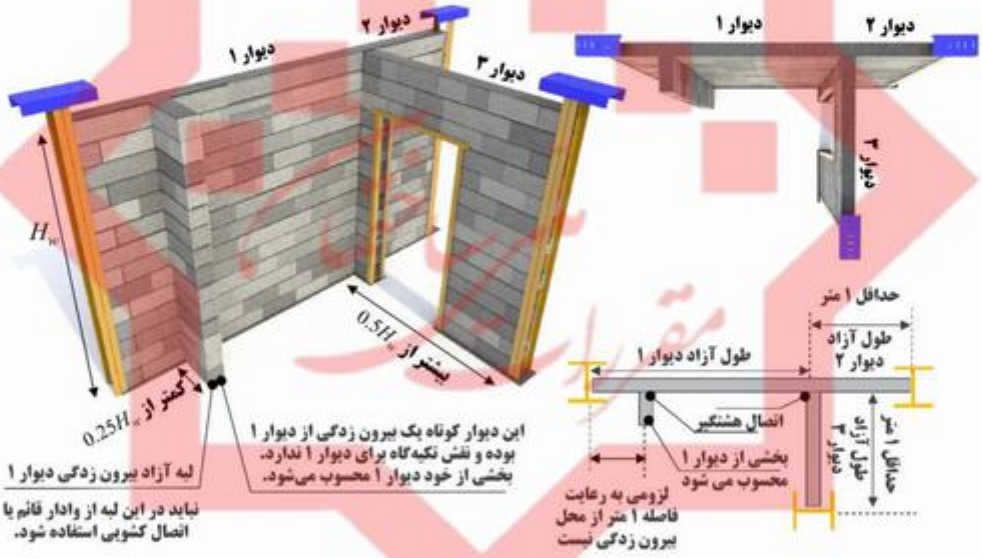


شکل ۴-۲۷ جداسازی دیوار از تیرهای عمود بر دیوار، آویز تیرها یا سایر تجهیزات و تأسیسات متصل به سقف.

۴-۱۰-۳- کفایت اتصال هشت‌گیر به‌منظور 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 تغییرمکان 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 بیرون‌زدگی کوتاه می‌باشد که گرچه به‌صورت هشت‌گیر اجرا می‌شود، امّا این بیرون‌زدگی را نمی‌توان به‌عنوان تکیه‌گاه برای دیوار درنظرگرفت. بر اساس بررسی‌های عددی انجام شده، در دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای متداول، درصورتی‌که طول دیوار هشت‌گیر شده بیش از ۵۰٪ ارتفاع دیوار باشد، نقش تکیه‌گاهی ایفا خواهد کرد. درصورتی‌که طول دیوار هشت‌گیر شده بین ۲۵٪ تا ۵۰٪ ارتفاع دیوار باشد، لازم است کفایت آن به‌عنوان تکیه‌گاه بررسی شود، برای این منظور می‌توان از شبیه‌سازی عددی با المان‌های پوسته‌ای و اعمال بار خارج از صفحه استفاده کرد و درصورتی‌که طول دیوار هشت‌گیر شده کمتر از ۲۵٪ ارتفاع دیوار باشد، عملاً به‌عنوان بیرون‌زدگی برای دیوار محسوب می‌شود و نمی‌توان نقش تکیه گاهی برای دیوار منظور نمود. در این موارد نیاز به کنترل بیرون‌زدگی دیوار نیست و باید به‌عنوان بخشی از دیوار اصلی در نظر گرفته شود. در خصوص بیرون‌زدگی‌های دیوار، لزومی به رعایت حداقل فاصله ۱ متری بین وادار یا اتصالات کشویی با اتصال هشتگیر در محل بیرون‌زدگی نمی‌باشد. جزئیات فوق در شکل (۴-۲۸) ارائه شده است.



شکل ۴-۲۸ کفایت عملکرد تکیه‌گاهی دیوارهای هشت‌گیر شده و تفاوت آن با بیرون‌زدگی 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 می‌باشند.

شکل ۴-۲۹ سه جزئیات مختلف به‌منظور 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 به‌صورت 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: به‌طورکلی توصیه می‌شود دیوارهای واقع در دو سمت وادار میانی که دارای اتصال کشویی به سقف است، همواره به یکدیگر بسته شود. این کار از طریق عبوردادن کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر یا میلگرد بستر از داخل وادار میانی امکان‌پذیر است. در خصوص وادارهای لبه‌ای نیز که دارای اتصال کشویی به سقف هستند، توصیه می‌شود دیوار به‌صورت صلب به وادار لبه‌ای متصل باشد. این کار از طریق متصل نمودن تسلیح دیوار به وادار لبه‌ای یا اجرای قلاب و گیره بین وادار لبه‌ای و دیوار امکان‌پذیر است. اجرای این تمهیدات به ویژه در یک سوم فوقانی دیوار از اهمیت بیشتری برخوردار است و مانع از بروز جداشدگی بین دیوار و وادار لبه‌ای می‌شود.

۴-۱۰-۴- الزامات عمل‌آوری دیوار بنایی

حفظ رطوبت ملات‌های سیمانی استفاده شده در دیوارهای بنایی حداقل در سه روز اول پس از ساخت دیوار الزامی است. برای این منظور می‌توان از روش‌هایی از جمله زنجاب نمودن واحدهای بنایی بلافاصله قبل از دیوارچینی، مرطوب نمودن دیوار پس از دیوارچینی و گیرش اولیه ملات و استفاده از پوشش بر روی دیوار به‌منظور 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 ملات‌های سیمانی سبب کاهش چسبندگی ملات به واحدهای بنایی می‌شود. 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: درصورتی‌که دمای محیط در زمان ساخت یا عمل‌آوری دیوار بنایی غیرسازه‌ای کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد، لازم است تمهیدات ویژه برای جلوگیری از یخ‌زدگی ملات مورد استفاده در دیوار، اتخاذ نمود. برای این منظور، می‌توان از تمهیدات ارائه شده توسط آیین‌نامه بتن ایران-آبا (۱۴۰۰) یا سایر راهکارهای مؤثر استفاده نمود.

تذکر ۳: درصورتی‌که دمای محیط در زمان ساخت یا عمل‌آوری دیوار بنایی غیرسازه‌ای بیش از ۳۲ درجه سلسیوس باشد، لازم است تمهیدات ویژه برای حفظ رطوبت ملات مورد استفاده در دیوار، اتخاذ نمود. برای این منظور، می‌توان از تمهیدات ارائه شده توسط آیین‌نامه 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 می‌شود حتی‌الامکان شیارها به نحوی اجرا شود که منجر 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 به‌صورت 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 خمش 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. ازاین‌رو 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 درنظر گرفته شود.

تذکر ۳: در صورتی که محل عبور تاسیسات از قبل مشخص باشد، می‌توان در مسیر عبور تاسیسات، 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 تاسیسات آزاد خواهند بود. در صورتی که در روند طراحی، رفتار دیوار به صورت یک طرفه تحت خمش قائم و یا دو طرفه با شرایط مرزی نوع J درنظر گرفته شده باشد، لبه آزاد دیوار در مجاورت تاسیسات 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 تاسیسات 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 تاسیسات 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 درنظر 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. امّا 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 عمدتاً از طریق خمش افقی تحمل می‌شوند.

- در صورتی که طول آزاد بیرون‌زدگی دیوار کمتر از ۷۰ سانتی‌متر باشد، این بخش از دیوار نیاز به تسلیح افقی نخواهد داشت و قسمت بیرون‌زده ممکن‌است غیرمسلح باشد. در این شرایط ظرفیت خمش افقی دیوار غیرمسلح برای تحمل نیروهای وارده کافی است. در صورتی که طول آزاد بیرون‌زدگی بیش از ۷۰ سانتی‌متر باشد، لازم است از تسلیح افقی در بیرون‌زدگی استفاده شود.
- 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 فراتر نرود.
- 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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

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 کاهشی 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.

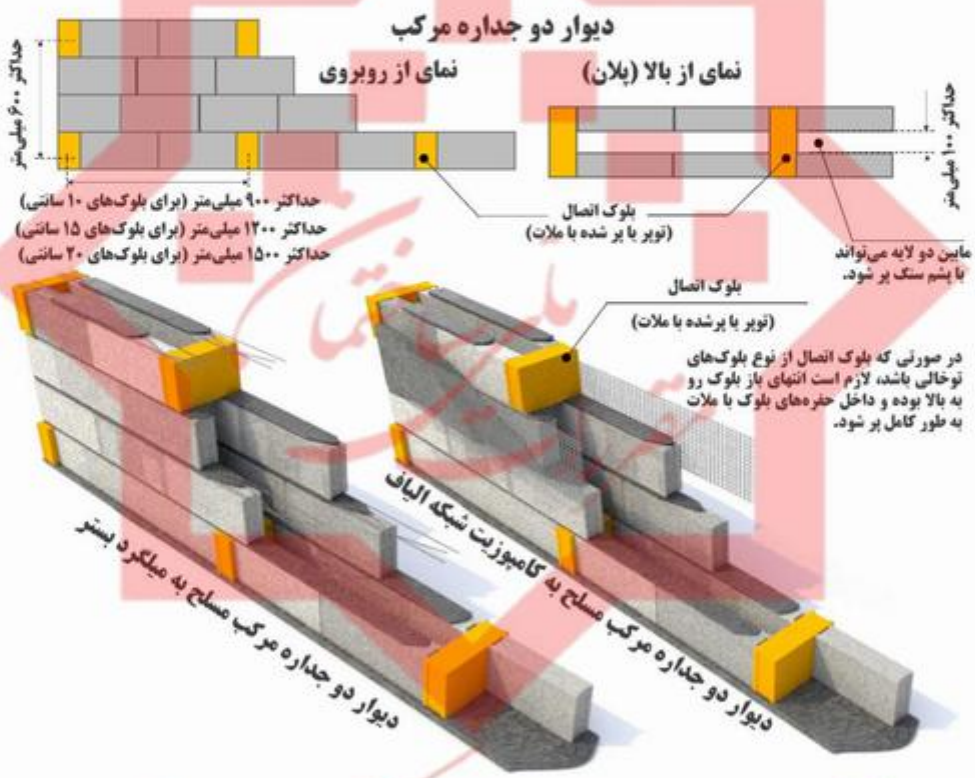
تذکر ۳: موارد مطرح شده در این بخش الزامی نبوده، لیکن قابل توصیه هستند.

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 هم زمان پر نمودن فضای خالی بین دو جداره با 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 دوجداره مرکب

تذکر 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 با 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 (۲-۱) 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 (۲-۱) 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 t 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 t 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 ۳/۶ میلی‌متر باشند، مقدار As برابر با ۲۰/۳ 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 ۱۰۰ میلی‌متر ساخته شده باشند و فاصله بین دو جداره دیوار نیز ۵۰ میلی‌متر باشد؛ مقدار W برابر با ۱۵۰ 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، نشت 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 ۴۰ الی ۵۰ میلی‌متر می‌توان از درزگیرهای پشت‌بند 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 (۲۵ میلی‌متر یا خیز دراز مدت سقف).

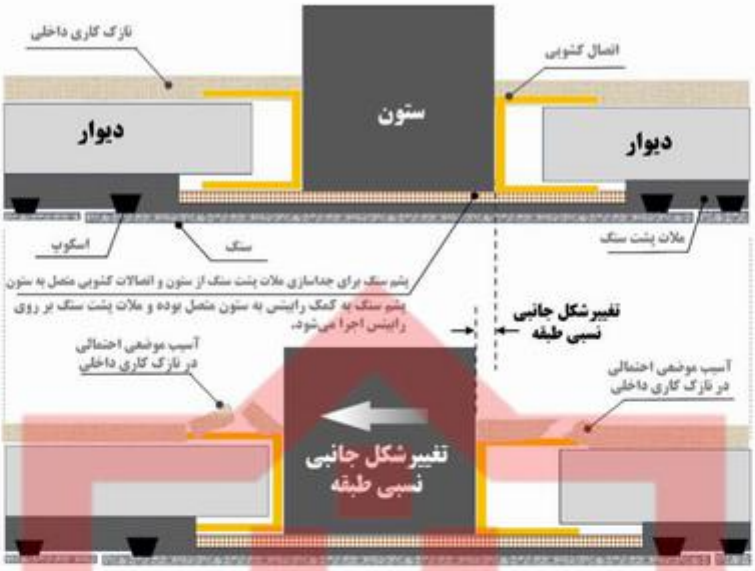
تذکر ۳: علاوه بر جزئیات ارائه شده در این بخش، استفاده از سایر راهکارها به نحوی که منجر به محدودسازی اعمال تغییرشکل نسبی جانبی طبقه بر اجزای غیرشکل‌پذیر نما شده و هم‌زمان سایر الزامات مربوط به نما را نیز تامین نماید، بلامانع است.

تذکر ۴: در صورتی که نما متشکل از اجزای شکل‌پذیر یا اجزایی با انعطاف پذیری نسبتاً بالا باشد، می‌توان نما را به دیوار بنایی غیرسازه‌ای 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 غیرسازه‌ای 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 می‌شود 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 می‌رود 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.

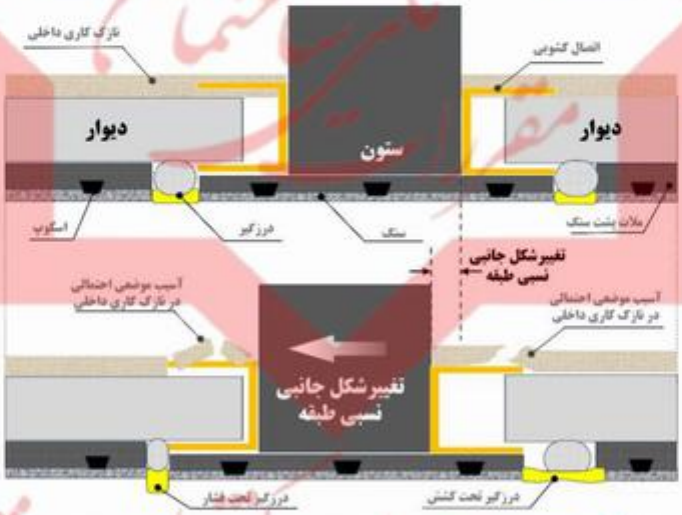
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

در این حالت، بر اثر تغییرشکل جانبی نسبی طبقه تنها ستون و اتصالات کنوبی متصل به ستون جابجا شده و دیوارها و نمای چسبیده به دیوار نسبت به کف طبقه تغییرشکلی تجربه نمی کنند.

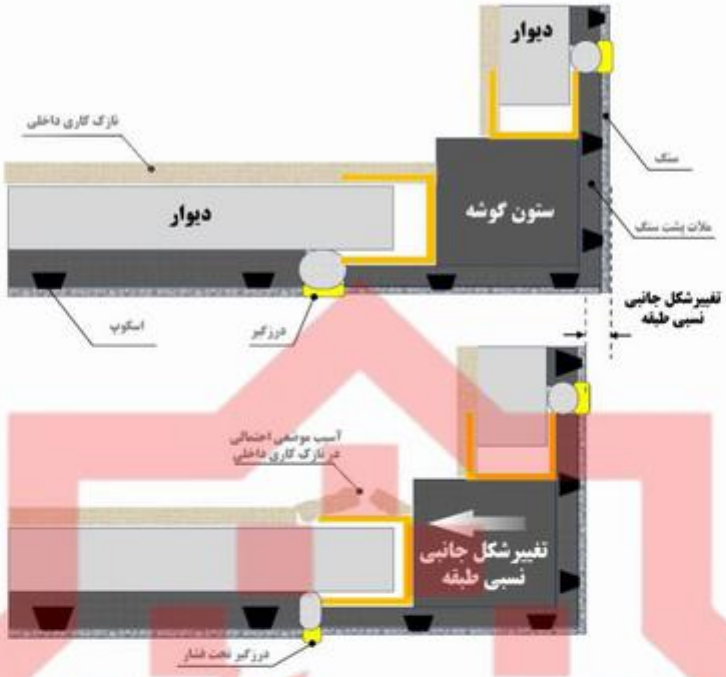
شکل ۴-۳۲ جداسازی نمای چسبانده شده از ستون با عبور نما از روی ستون



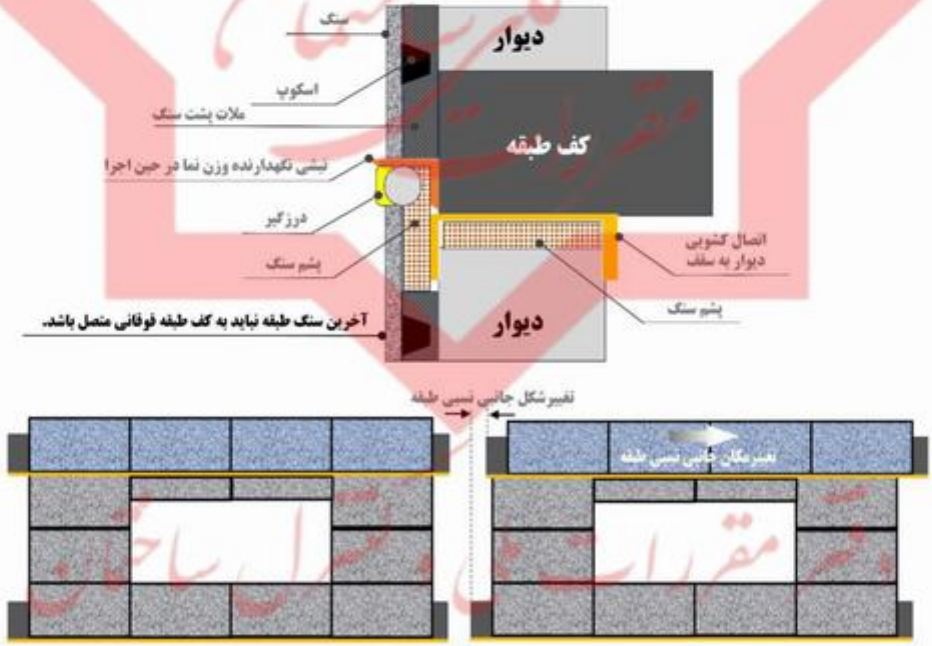
در این روش بخشی از سنگ نما به ستون چسبیده و مابقی سنگ نما به دیوار چسبانده می‌شود. مابین این دو سنگ، از درزگیر استفاده می‌شود. مقدار درز در محل درزگیر لازم است برابر با مقدار درز بین دیوار و ستون باشد. این روش هم‌برای ستون‌های میانی و هم برای ستون‌های گوشه قابل استفاده است. در این روش، سنگ چسبیده به ستون نباید در تمام ارتفاع طبقه به صورت یک تکه باشد (برای محدود کردن تغییرشکل نسبی وارده به سنگ چسبیده به ستون).

در این حالت، بر اثر تغییرشکل جانبی نسبی طبقه تنها ستون، اتصالات کنوبی متصل به ستون و بخشی از نما که به ستون چسبیده است جابجا شده و دیوارها و نمای چسبیده به دیوار نسبت به کف طبقه تغییرشکلی تجربه نمی کنند.

شکل ۴-۳۳ جداسازی نمای چسبانده 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



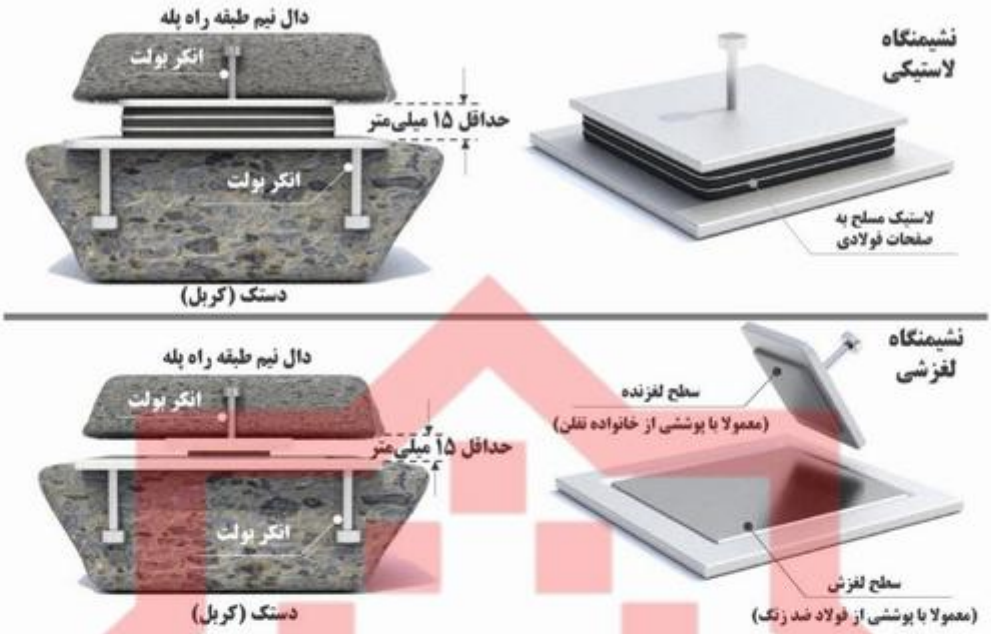
شکل ۴-۳۵ جداسازی نمای چسبانده شده در محل تغییر تراز طبقه

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 کربل استفاده نمود تا بدین ترتیب احتمال بروز پدیده ستون کوتاه در ستون‌های مجاور راه پله 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

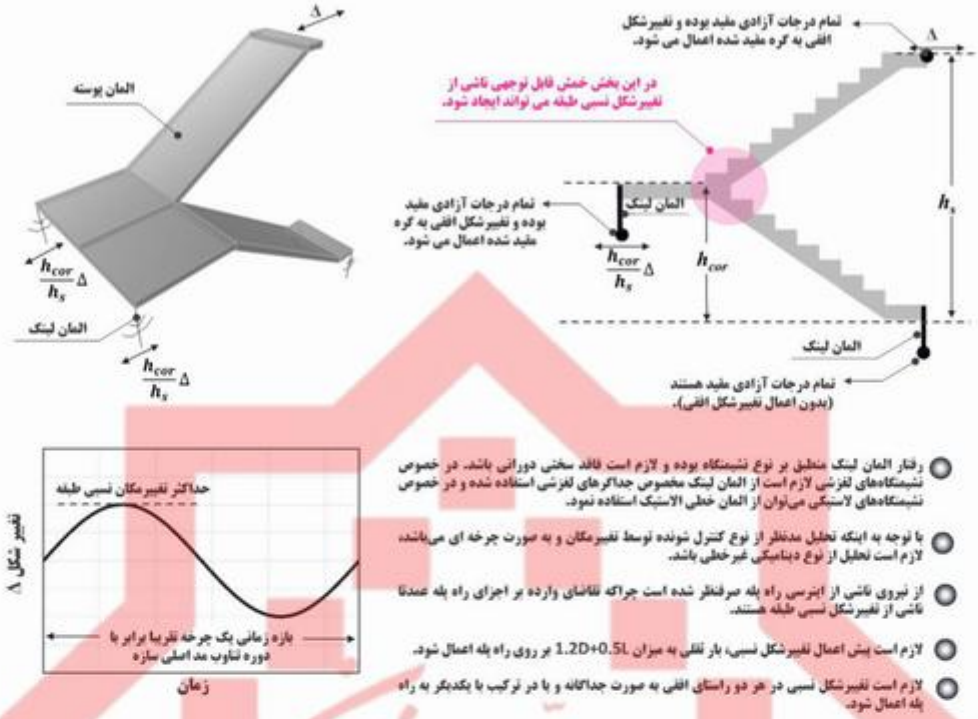
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

لازم به ذکر است جداسازی راه‌پله منجر 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 نشیمنگاه‌های لغزشی با ضریب اصطکاک بالا و یا استفاده از نشیمنگاه‌های لاستیکی با سختی برشی بالا). بر اساس بررسی های انجام شده این نیروها عمدتا ناشی از تغییرشکل 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 تغییرشکلی برابر با حداکثر تغییرشکل 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 صرفنظر شده است چراکه تقاضای وارده بر اجزای راه پله عمدتاً ناشی از تغییرشکل 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 بولت های نشیمنگاه می باشد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

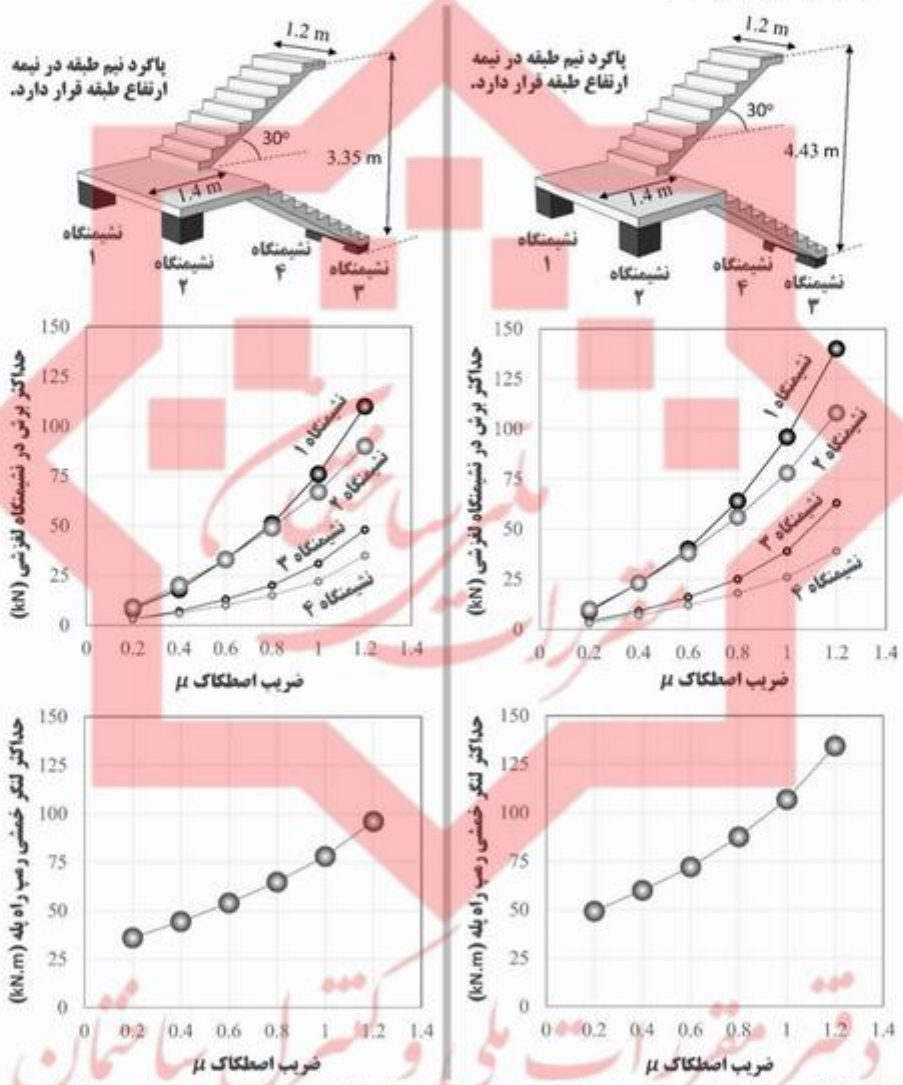
تذکر۱: در صورت استفاده از نشیمنگاه‌های لاستیکی، لازم است نشیمنگاه به نحوی طراحی و تولید شده باشد که قادر به تحمل تغییرشکل برشی حداقل به اندازه G_{stair}، مطابق شکل (۴-۳۶)، در هر دو راستای افقی بوده و علاوه بر آن قادر به تحمل بار محوری وارده بر نشیمنگاه باشد. در اکثر موارد به منظور بهبود ظرفیت محوری، لازم است لایه های لاستیکی با لایه های فولادی مسلح شده باشند. به منظور طراحی و تعیین نیروهای ایجاد شده در راه‌پله جداسازی شده، لازم است سختی برشی نشیمنگاه لاستیکی مشخص باشد. شرکت تولید کننده نشیمنگاه لاستیکی موظف است سختی برشی محصول خود را بر اساس آزمون‌هایی 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 ستون‌های مجاور راه پله شود. از طرف دیگر، در صورتی که سختی برشی نشیمنگاه لاستیکی بیش از حد پایین باشد، تحت نیروهای جانبی بسیار کوچک (لرزش‌های خفیف ناشی از بارهای سرویس)، نشیمنگاه می‌تواند دچار تغییرشکل شده و به مرور زمان منجر به بروز آسیب درکف سازی راه پله شود. به طور معمول مدول برشی لاستیک و متعاقبا 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.

تذکر۲: در صورت استفاده از نشیمنگاه‌های لغزشی، لازم است ابعاد صفحات لغزش به نحوی باشند که امکان ایجاد لغزشی حداقل به اندازه G_{stair}، 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 درنظر 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 ثقلی زیاد و یا راه پله های دارای طول رمپ زیاد، حتی المقدور از نشیمنگاه های لغزشی با ضریب اصطکاک پایین‌تر استفاده شود.

تذکر ۳: بررسی های 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 می هد.



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 (کربل) رعایت شود. علت نیاز به رعایت این فاصله، جلوگیری از تماس راه پله با دستک بر اثر تغییرشکل 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 ارائه‌شده در این بخش را می‌توان برای جداسازی سایر رمپ‌های موجود در ساختمان، از جمله رمپ پارکینگ طبقات، نیز به‌کار 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

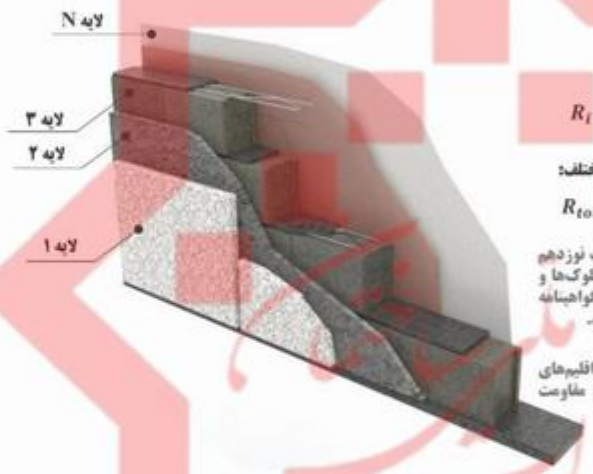
دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای لازم است به نحوی طراحی و اجرا شوند که علاوه بر عملکرد مناسب در برابر نیروهای خارج از صفحه، الزامات سایر مباحث مقررات ملی ساختمان از جمله مبحث سوم (حفاظت ساختمان‌ها در برابر حریق)، مبحث هجدهم (عایق‌بندی و تنظیم صدا) و مبحث نوزدهم (مدیریت انرژی در ساختمان) را نیز برآورده نمایند. 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 مبحث 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.



ضریب مقاومت حرارتی لایه i ام (m2.K/W) = R_i

ضریب انتقال حرارت لایه i ام (W/(m.k)) = U_i

ضخامت لایه i ام (m) = t_i

ضریب مقاومت حرارتی لایه i ام برابر است با: $R_i = \frac{t_i}{U_i}$

ضریب مقاومت حرارتی نهایی دیوار متشکل از N لایه مختلف:

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_N$$

- ضریب انتقال حرارت برای مصالح مختلف در مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان ارائه شده است. در مورد بلوک‌ها و واحدهای بنایی لازم است این ضریب بر اساس گواهینامه فنی صادر شده برای بلوک یا واحد بنایی تعیین شود.
- در مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، برای اقلیم‌های مختلف کشور، حداقل مقدار مجاز برای ضریب مقاومت حرارتی دیوارهای مختلف ارائه شده است.

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۱– صحت روابط مربوط به نیروی خارج از صفحه دیوار

در فصل دوم روابطی به‌منظور 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 می‌باشد.

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

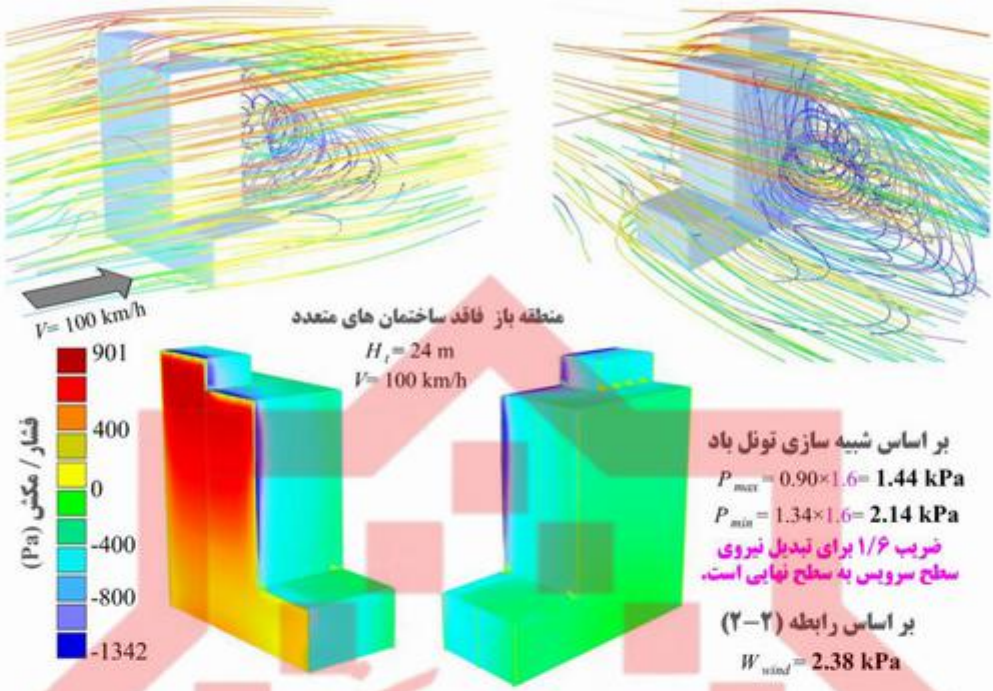
در این راهنما، روابط (۲-۱) و (۲-۲) برای تخمین نیروی ناشی از باد ارائه شده است. این نیرو ممکن‌است به‌صورت فشار خارج از صفحه یا مکش خارج از صفحه باشد. به‌منظور بررسی دقت روابط ارائه شده، در این پیوست از شبیه‌سازی تونل باد استفاده شده است. این شبیه‌سازی بر اساس تحلیل‌های دینامیک سیالات محاسباتی[1] انجام می‌شود. در کلیه شبیه‌سازی‌های 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 (C_e) 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 شبیه‌سازی 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 منطقه‌ای باز واقع واقع شده و پروفیل تغییرات سرعت باد منطبق بر ضریب اثر تغییر سرعت مربوط به این حالت تنظیم شده است. خروجی حاصل از شبیه‌سازی تونل باد در ضریب ۱/۶ ضرب شده است تا به‌این 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 محافظه‌کارانه 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 می‌شود. همچنین فشار و مکش ایجاد شده در ارتفاع ساختمان تغییرات چندانی نداشته است؛ لذا می‌توان نیروی باد را بر اساس بالاترین طبقه ساختمان محاسبه کرده و در سایر طبقات نیز از همان نیرو استفاده نمود.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

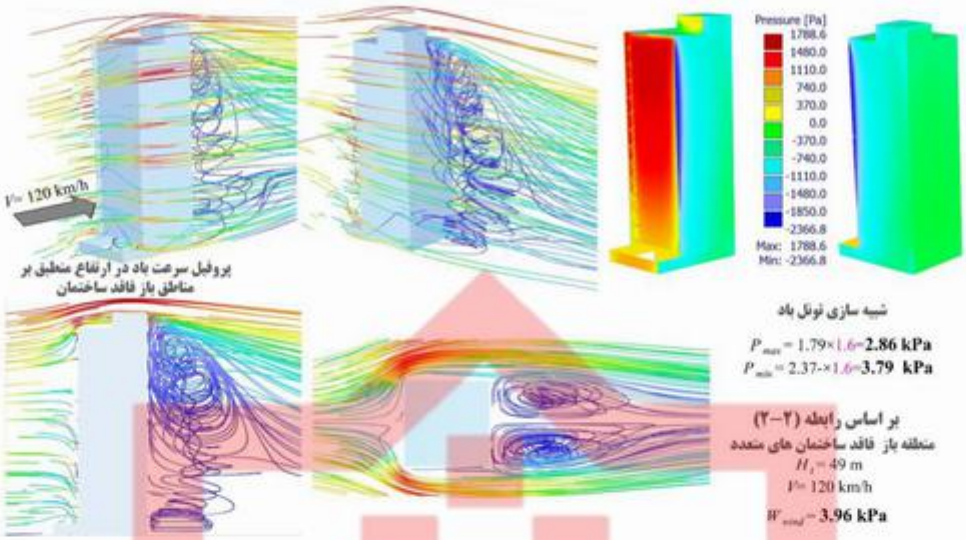
[1] Computational Fluid Dynamics (CFD)



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.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

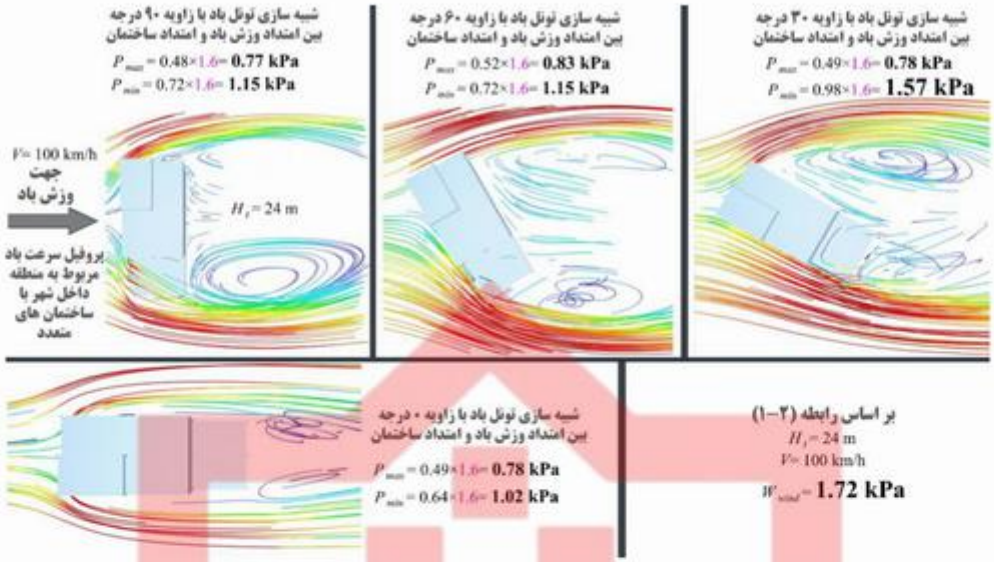


شکل پ-۱-۲ بررسی دقت رابطه (۲-۲) در تخمین فشار/ مکش ناشی از باد برای یک ساختمان ۱۴ طبقه به ارتفاع ۴۹ متر واقع در منطقه‌ای فاقد ساختمان‌های متعدد و سرعت باد مبنای ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت.

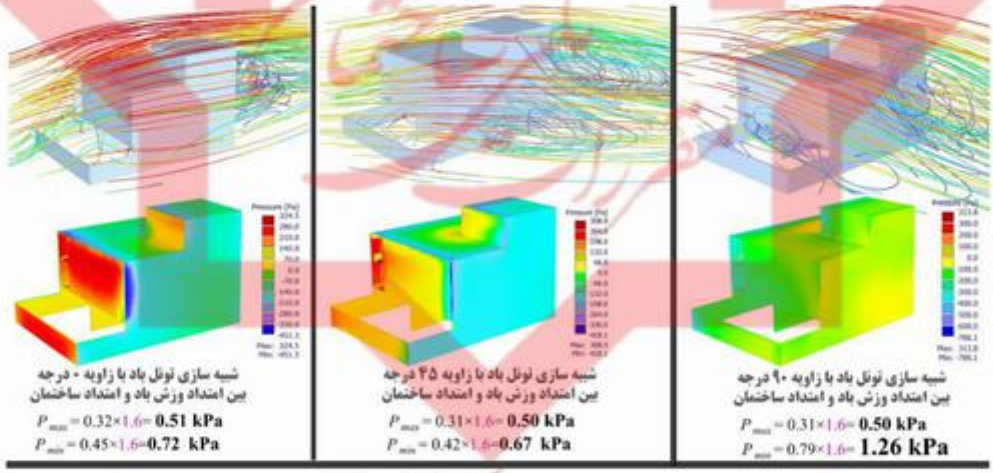
به‌منظور بررسی تأثیر زاویه وزش باد، شکل (پ-۱-۳) نتایج شبیه‌سازی تونل باد برای یک ساختمان ۷ طبقه به ارتفاع ۲۴ متر در منطقه شهری متراکم را تحت چهار زاویه وزش باد مختلف ارائه داده است. سرعت باد مبنا ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت است. همان‌طور که در شکل (پ-۱-۳) نشان داده شده است، رابطه (۲-۱) با دقت مناسب و به شکل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

نتایج شبیه‌سازی 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 ساختمان‌های متعدد و سرعت باد مبنای ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت واقع شده است. همان‌طور که در شکل (پ-۱-۴) نشان داده شده است، رابطه (۲-۱) برای این ساختمان نیز با دقت مناسب و به شکلی محافظه‌کارانه حداکثر فشار/ مکش ناشی از باد را تخمین زده است.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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



شکل پ-۱-۴ بررسی دقت رابطه (۲-۱) در تخمین فشار/ مکش ناشی از باد برای یک ساختمان ۳ طبقه به ارتفاع ۱۰ متر واقع در منطقه‌ای داخل شهر با 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 (۲-۱) 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 محافظه‌کارانه‌ای نیروی ناشی از باد را تخمین می‌زنند.

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

ساختمان	ارتفاع (m)	سرعت مبنا (km/h)	نوع منطقه	زاویه‌های متعدد برخورد	حداکثر فشار / مکش (kPa)	
					شبیه‌سازی تونل باد	روابط (۲-۱) و (۲-۲)
۷ طبقه	۲۴	۱۰۰	منطقه باز فاقد ساختمان متعدد	خیر	۲/۱۴	۲/۳۸
۱۴ طبقه	۴۹	۱۲۰	منطقه باز فاقد ساختمان متعدد	خیر	۳/۷۹	۳/۹۶
۷ طبقه	۲۴	۱۰۰	منطقه شهری با ساختمان‌های متعدد	بله	۱/۵۷	۱/۷۲
۳ طبقه	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 (۲-۳) به‌منظور تخمین نیروی ناشی از زلزله ارائه شده است. این نیرو که ناشی از اینرسی دیوار است به‌صورت رفت و برگشتی در امتداد خارج از صفحه دیوار وارد می‌شود. در صورتی که دیوار جسمی صلب درنظر گرفته شود، حداکثر نیروی ناشی از زلزله وارد بر دیوار را می‌توان برابر با حاصل‌ضرب وزن دیوار (W_p) در حداکثر شتاب طبقه در امتداد خارج از صفحه دیوار (A_{max}) درنظر گرفت. نیروی حاصل به واسطه ضریب رفتار خارج از صفحه دیوار (R=2.5) کاهش می‌یابد. در نهایت به‌منظور درنظرگرفتن اهمیت ساختمان، یک ضریب اهمیت (I_p) نیز در مقدار حاصل اعمال می‌گردد. بر اساس تعریف فوق و با برابر قراردادن رابطه فوق با رابطه (۲-۳) می‌توان حداکثر شتاب طبقه در امتداد خارج از صفحه دیوار را که از طریق رابطه (۲-۳) تخمین زده می‌شود، به‌صورت زیر محاسبه نمود.

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

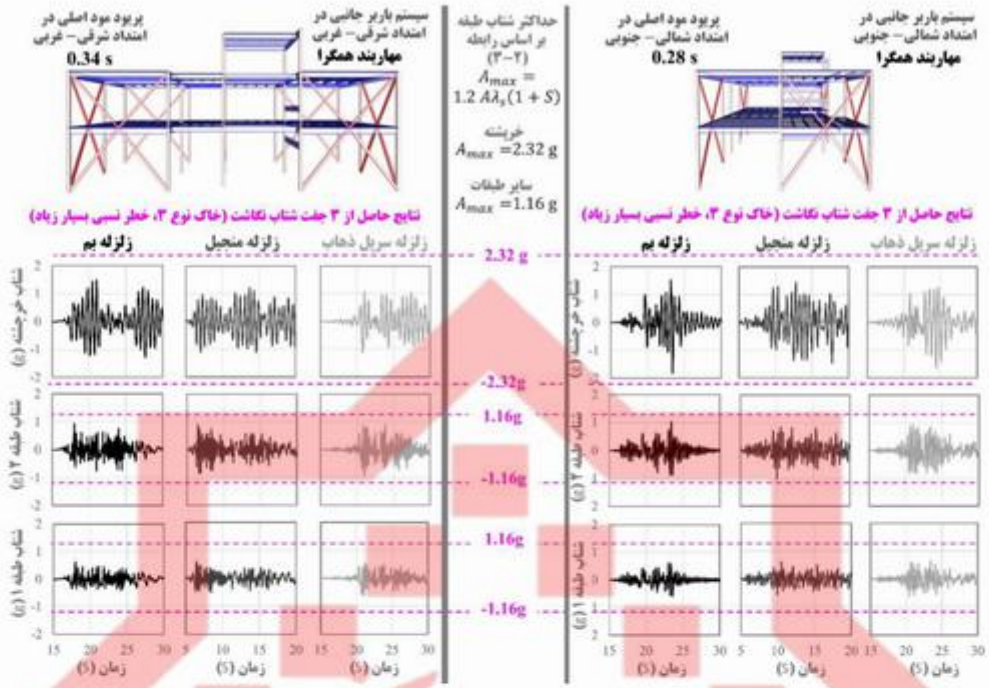
بر اساس رابطه (پ-۱-۱) حداکثر شتاب طبقه متناظر با رابطه (۲-۳) که به‌صورت خارج از صفحه به دیوار وارد می‌شود قابل‌محاسبه است. در این بخش این شتاب، با حداکثر شتاب حاصل از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی بر روی ساختمان‌های مختلف مقایسه شده است.

تذکر: دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای، عمدتاً دارای پریود ارتعاش خارج از صفحه کوچک‌تر از ۰/۲ ثانیه هستند، لذا برای چنین پریود کوچکی، شتاب طیفی طبقه را می‌توان تقریباً برابر با شتاب حداکثر طبقه (شتاب طیفی طبقه متناظر با پریود 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 درنظر گرفته شده است.

در شکل (پ-۱-۵) یک ساختمان ۲ طبقه فولادی نشان داده شده است. ساختمان مذکور دارای سیستم باربرجانبی 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 هم زمان 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 مودهای بالاتر به طور معمول در چند طبقه فوقانی، شتاب طبقه میل به افزایش دارد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



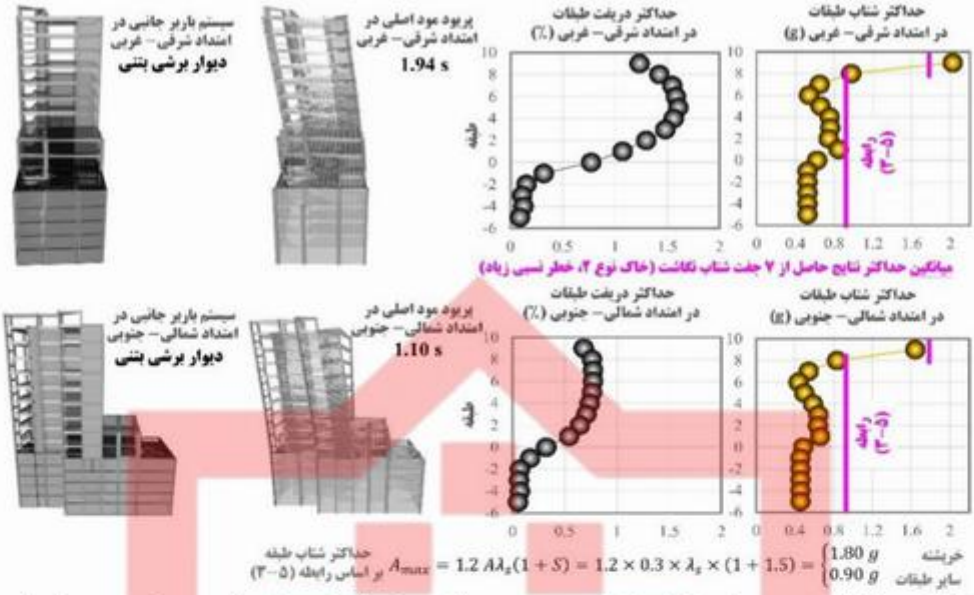
شکل پ-۱-۵ بررسی دقت رابطه (۲-۳) در تخمین حداکثر شتاب لرزه‌ای خارج از صفحه وارد بر دیوار برای یک ساختمان ۳ طبقه فولادی ساخته شده در منطقه‌ای با خاک نوع ۳ و خطر لرزه‌ای نسبی بسیار زیاد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

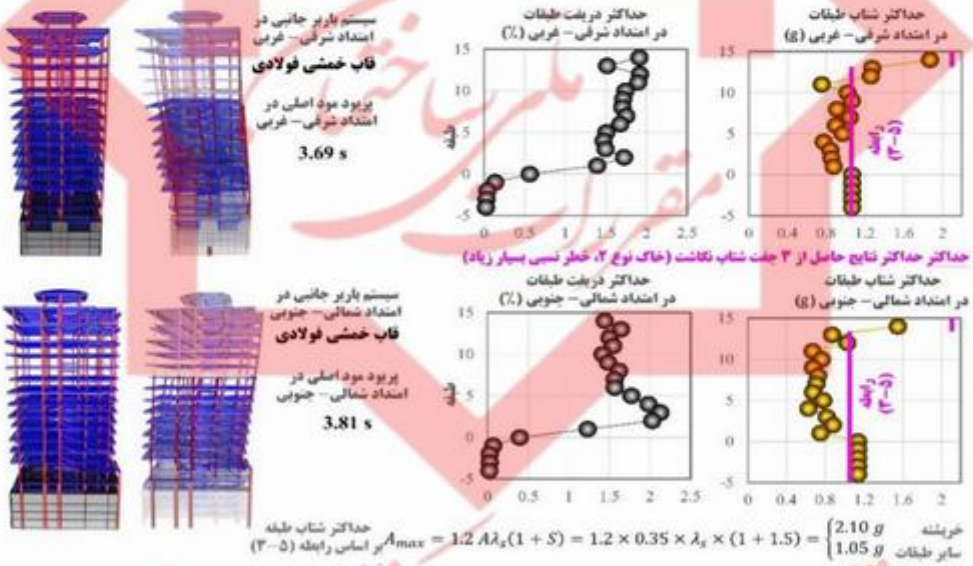
شکل پ-۱-۶ بررسی دقت رابطه (۲-۳) در تخمین حداکثر شتاب لرزه‌ای خارج از صفحه وارد بر دیوار برای یک ساختمان ۷ طبقه بتنی ساخته شده در منطقه‌ای با خاک نوع ۳ و خطر لرزه‌ای نسبی بسیار زیاد.

در شکل (پ-۱-۷) شتاب حداکثر حاصل از رابطه (۲-۳) با میانگین شتاب حداکثر حاصل از تحلیل‌های تاریخچه 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 خرپشته، شتاب متناظر با رابطه (۲-۳) در یکی از امتدادها اندکی کمتر از شتاب حاصل از تحلیل‌های تاریخچه زمانی بوده است، امّا در سایر طبقات، رابطه (۲-۳) 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 به‌طورکلی 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 (۲-۳) نیز لحاظ شده است، به‌طوری‌که این رابطه نیروی زلزله وارد بر دیوارهای غیرسازه‌ای واقع در بالاترین طبقه از ساختمان را تخمین می‌زند.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۱-۷ بررسی دقت رابطه (۲-۳) 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-۱-۸ بررسی دقت رابطه (۲-۳) 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 (۲-۳) 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 (۲-۳) برای این ساختمان در شکل (پ-۱-۸) 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 (۲-۳) با دقت مناسب و به شکل محافظه‌کارانه‌ای شتاب طبقات را تخمین می‌زند. بر اساس شکل (پ-۱-۸)، در سازه‌های با پریود بالا شتاب طبقات زیر زمین ممکن‌است از طبقات روی سطح زمین بیشتر باشد.

خلاصه‌ای از نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی و مقایسه آن‌ها با نتایج حاصل از رابطه (۲-۳) 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 (۲-۳).

ساختمان	خطر نسبی لرزه‌ای	نوع خاک	امتداد	سیستم باربر جانبی	زمان تناوب مد اصلی (ثانیه)	شتاب حداکثر در طبقات ساختمان (ضریبی از گرانش)		شتاب حداکثر در خرپشته (ضریبی از گرانش)	
						NLTHA[1]	رابطه (۲-۳)	NLTHA	رابطه (۲-۳)
۲ طبقه	بسیار زیاد	۳	شرقی-غربی	قاب مهاربندی همگرا	۰/۳۴	۰/۹۴	۱/۱۶	۱/۴۹	۲/۳۲
			شمالی-جنوبی	قاب مهاربندی همگرا	۰/۲۸	۱/۰۰	۱/۱۶	۱/۸۲	۲/۳۲
۷ طبقه	بسیار زیاد	۳	شرقی-غربی	قاب خمشی بتنی	۱/۵۵	۰/۶۶	۱/۱۶	–	۲/۳۲
			شمالی-جنوبی	دوگانه (قاب + دیوار)	۰/۵۸	۰/۹۹	۱/۱۶	–	۲/۳۲
۱۴ طبقه	زیاد	۲	شرقی-غربی	دیوار برشی	۱/۹۴	۰/۹۷	۰/۹۰	۲/۰۲	۱/۸۰
			شمالی-جنوبی	دیوار برشی	۱/۱۰	۰/۸۳	۰/۹	۱/۶۴	۱/۸۰
۱۸ طبقه	بسیار زیاد	۲	شرقی-غربی	قاب خمشی فولادی	۳/۶۹	۱/۲۷	۱/۰۵	۱/۸۷	۲/۱۰
			شمالی-جنوبی	قاب خمشی فولادی	۳/۸۱	۱/۱۴	۱/۰۵	۱/۵۵	۲/۱۰

[1] Non-linear Time History Analysis

پیوست ۲– صحت روابط مربوط به ظرفیت خارج از صفحه دیوار

در فصل سوم روابطی به‌منظور 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 به‌صورت رفت و برگشتی بوده است، میانگین ظرفیت در هر دو امتداد مثبت و منفی به‌عنوان 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 (۳-۴) و (۳-۶) 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 (۳-۴) و (۳-۶) را با نتایج آزمایشگاهی مقایسه می‌کند.

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

روابط (۳-۴) و (۳-۶) ظرفیت خمش قائم دیوار غیرمسلح را در ۱ متر از طول دیوار ارائه می‌دهند؛ لذا به‌منظور 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_n برابر است با حاصل‌ضرب پهنای عمود بر دهانه دیوار در مقدار حاصل از روابط (۳-۴) و (۳-۶) 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 (۳-۴) و (۳-۶) 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_n (kN.m)	درصد خطا
Babaeidarabad and Nanni (2014)	CMU-control-1	توخالی	۰/۴۴	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۱۵	(۳-۶)	۰/۸۲	۶۲
	CMU-control-2	توخالی	۰/۴۴	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۳۲	(۳-۶)	۰/۸۲	۶۵
	CMU-control-3	توخالی	۰/۴۴	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۶۳	(۳-۶)	۰/۸۲	۶۹
	CL-control-1	توپر	۰/۶۹	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۱۴	(۳-۴)	۱/۴۶	۳۲
	CL-control-1	توپر	۰/۶۹	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۵۷	(۳-۴)	۱/۴۶	۴۳
	CL-control-1	توپر	۰/۶۹	۱۲۲۰	۱۰۲	۲/۲۷	(۳-۴)	۱/۴۶	۳۶
آزمایش‌های انجام شده در داخل کشور	UR-V-2	توخالی	۰/۱۱	۸۰۰	۱۰۰	۰/۰۹	(۳-۶)	۰/۱۳	-۴۴
	UR-V-3	توخالی	۰/۱۱	۸۰۰	۱۰۰	۰/۱۲	(۳-۶)	۰/۱۳	-۸
	BJM-V-1	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۵۱	(۳-۶)	۰/۵۲	-۲
	BJM-V-2	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۶۹	(۳-۶)	۰/۵۲	۲۵
	BJM-V-3	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۷۱	(۳-۶)	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 (۳-۵) و (۳-۷) 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 (۳-۵) و (۳-۷) و نتایج آزمایشگاهی در جدول (پ-۲-۲) با یکدیگر مقایسه شده است.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

شکل پ-۲-۲ آزمایش‌های انتخابی به‌منظور بررسی دقت روابط مربوط به ظرفیت خمش افقی دیوار غیرمسلح.

جدول پ-۲-۲ مقایسه نتایج حاصل از روابط (۳-۵) و (۳-۷) با نتایج آزمایشگاهی (در تمام موارد ضخامت پوسته بلوک‌های توخالی ۳۰ میلی‌متر لحاظ شده و در آزمایش‌های انجام شده درداخل 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	(۳-۷)	۳/۰۶	۹
	PCL-N	توخالی	۰/۸۷	۸۱۲	۲۰۰	۲/۵۴	(۳-۷)	۳/۰۶	-۲۰
	MC-S	توخالی	۰/۴۴	۸۱۲	۲۰۰	۱/۹۸	(۳-۷)	۱/۵۵	۲۲
	MC-N	توخالی	۰/۴۴	۸۱۲	۲۰۰	۱/۸۱	(۳-۷)	۱/۵۵	۱۴
	PCL-S	توپر	۱/۳۸	۴۰۶	۸۹	۱/۶۸	(۳-۵)	۰/۷۴	۵۶
	PCL-N	توپر	۱/۳۸	۴۰۶	۸۹	۱/۳۶	(۳-۵)	۰/۷۴	۴۶
	MC-S	توپر	۰/۸۷	۴۰۶	۸۹	۱/۴۳	(۳-۵)	۰/۳۷	۷۴
	MC-N	توپر	۰/۸۷	۴۰۶	۸۹	۱/۱۸	(۳-۵)	۰/۳۷	۶۹
آزمایش‌های انجام شده در داخل کشور	UR-H-1	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۴۸	(۳-۷)	۰/۳۶	۲۵
	UR-H-2	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۳۰	(۳-۷)	۰/۳۶	-۲۰
	UR-H-3	توخالی	۰/۴۴	۸۰۰	۱۰۰	۰/۴۰	(۳-۷)	۰/۳۶	۱۰
میانگین درصد خطا									**۲۶**

روابط (۳-۵) و (۳-۷) ظرفیت خمش افقی دیوار غیرمسلح را در ۱ متر از ارتفاع دیوار ارائه می‌دهند. لذا به‌منظور تعیین ظرفیت خمش خارج از صفحه نمونه‌ها لازم است ارتفاع دیوار (H) نیز در این روابط لحاظ شود. در جدول (پ-۲-۲) مقدار متناظر با M_n برابر است با حاصل‌ضرب پهنای عمود بر دهانه دیوار در مقدار حاصل از روابط (۳-۵) و (۳-۷) با فرض واحد بودن ضریب کاهش مقاومت. مقدار مدول گسیختگی موازی با بند بستر ملات بسته به نوع ملات استفاده شده در رج‌های 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 (۳-۸) 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 (۳-۸) و نتایج آزمایشگاهی در جدول (پ-۲-۳) با یکدیگر مقایسه شده است.

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

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

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	t (mm)	H (mm)	B (mm)	A_s (mm²)	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 (۳-۸) ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به میلگرد بستر را در ۱ متر از ارتفاع دیوار ارائه می‌دهد؛ لذا به‌منظور 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 حاصل‌ضرب 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 به‌منظور 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 به‌منظور 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 حاصل‌ضرب پهنای عمود بر دهانه دیوار در مقدار حاصل از رابطه (۳-۹) با فرض واحد بودن ضریب کاهش مقاومت بدست آمده است.

دفتر 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	۲
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 خمش افقی دیوار مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

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

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

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	t (mm)	H (mm)	$\frac{wf}{sfv}$*	T_{fu} (N/mm)	M_{test} (kN.m)	M_n (kN.m)	درصد خطا
آزمایش‌های انجام شده در داخل کشور	FRCM-H-1	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۰/۵۰	۲۸/۵	۱/۴۸	۱/۱۴	۲۳
	FRCM-H-2	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۰/۵۰	۲۸/۵	۱/۲۴	۱/۱۴	۸
	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 می‌شود. مطابق شکل (پ-۲-۶) دقت این رابطه با استفاده از آزمایش‌های خمش قائم انجام شده توسط Bernat-Maso et al. (2014)، Babaeidarabad and Nanni (2014) و آزمایش‌های انجام شده توسط یکی از شرکت‌های داخل کشور بررسی شده است. ظرفیت خمش قائم حاصل از رابطه (۳-۱۱) و نتایج آزمایشگاهی در جدول (پ-۲-۶) با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

شکل پ-۲-۶ آزمایش‌های در نظر گرفته شده به‌منظور 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)	$\frac{w_f}{s_{fh}}$*	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	۱۳۲	۲۸۰	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	۲
	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 (۳-۱۱) ظرفیت خمش قائم دیوار مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف را در ۱ متر از طول دیوار ارائه می‌دهد. لذا به‌منظور 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_n برابر است با حاصل‌ضرب پهنای عمود بر دهانه دیوار در مقدار حاصل از رابطه (۳-۱۱) 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 به‌منظور تخمین خمش خارج از صفحه دیوار در دو امتداد قائم و افقی بررسی گردید. امّا در بسیاری از موارد دیوارها دارای رفتار دوطرفه بوده و خمش قائم و افقی به‌صورت هم‌زمان در دیوار ایجاد می‌شود؛ لذا در این راهنما به‌منظور 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. (2017)، 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 به‌منظور بررسی دقت رابطه مربوط به ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای غیرمسلح تحت خمش دوطرفه.

دفتر 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 بازشو؟	شرایط 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	E	۰/۴ , ۱/۱۲	۳/۹۰	۲/۶	۳۳
	COMP-11	توپر	۱۰۲	۳/۸۷ × ۲/۷۵	خیر	E	۰/۲۱ , ۰/۷۶	۲/۷۲	۱/۶۵	۳۹
	COMP-12	توپر	۱۰۲	۳/۹۹ × ۲/۷۵	بله	E	۰/۲۱ , ۰/۷۶	۲/۱۵	۱/۶۰	۲۶
Chong (1993)	SB01	توپر	۱۰۲	۵/۶۱ × ۲/۴۷	خیر	A	۰/۹۸ , ۱/۹۶	۲/۸	۲/۱	۲۵
	SB02	توپر	۱۰۲	۵/۶۱ × ۲/۴۷	بله	A	۰/۹۸ , ۱/۹۶	۲/۴	۲/۱	۱۳
	SB04	توپر	۱۰۲	۵/۶۱ × ۲/۴۷	بله	A	۰/۹۸ , ۱/۹۶	۲/۳	۲/۱	۹
	SB05	توپر	۱۰۲	۵/۶۱ × ۲/۴۷	بله	A	۰/۹۸ , ۱/۹۶	۲/۲	۲/۱	۵
Griffith et al. (2007)	Wall 2	توپر	۱۱۰	۴/۰۰ × ۲/۵۰	خیر	E	۰/۶۱ , ۱/۲۲	۲/۳	۳/۵۶	-۵۴
	Wall 5	توپر	۱۱۰	۴/۰۰ × ۲/۵۰	بله	E	۰/۶۱ , ۱/۲۲	۲/۸۹	۳/۵۶	-۲۳
	Wall 6	توپر	۱۱۰	۴/۰۰ × ۲/۵۰	بله	A	۰/۶۱ , ۱/۲۲	۱/۸۸	۱/۹۸	-۵
	Wall 8	توپر	۱۱۰	۲/۵۰ × ۲/۵۰	بله	E	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.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

شکل پ-۲-۸ آزمایش‌های انتخابی به‌منظور 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 مفتول ۴ میلی‌متر، پهنای ۵۵ میلی‌متر و حداقل مقاومت تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال است که به‌صورت 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)	L×H (m)	دارای بازشو؟	شرایط مرزی	f_{r1}, f_{r2} (MPa)	P_{test} (kPa)	P_c (kPa)	درصد خطا
Drysdale and Essawy (1988) **	WI	توخالی	۱۹۰	۳/۶ × ۲/۸	خیر	E	۰/۵۸ , ۱/۱۵	۱۰/۲۱	۸/۵۱	۱۷
	WII	توخالی	۱۹۰	۵/۲ × ۲/۸	خیر	E	۰/۵۸ , ۱/۱۵	۶/۸۲	۵/۸۰	۱۵
	WIII	توخالی	۱۹۰	۶/۰ × ۲/۸	خیر	E	۰/۵۸ , ۱/۱۵	۴/۷۷	۵/۱۹	-۹
	WF	توخالی	۱۹۰	۵/۲ × ۲/۸	خیر	E	۰/۵۸ , ۱/۱۵	۳/۹۰	۲/۹۸	۲۴
ارشاد و خرمی آذر (۱۴۰۱)***	دیوار خارجی	توخالی	۱۴۵	۳/۰ × ۳/۰	خیر	E	۰/۲۱ , ۰/۴۴	۲/۷۸	۲/۳۱	۱۷
	دیوار داخلی	توخالی	۱۰۰	۳/۰ × ۳/۰	خیر	A	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.

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 ۲۷ نیوتن بر میلی‌متر تخمین زده شده است.*

پ-۲-۸- جمع‌بندی

در این پیوست در مجموع ۷۱ آزمایش مختلف به‌منظور 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 درنظر گرفته شده است. به‌طورکلی، در مقایسه با سازه‌های فولادی و بتن مسلح، رفتار سازه‌های بنایی دارای عدم قطعیت و پراکندگی بسیار زیادی است. درصد خطای به‌دست‌آمده در این ارزیابی نشان می‌دهد که روابط فصل سوم برای کاربردهای مهندسی دارای دقت مناسبی بوده و به‌طورکلی 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 خمش قائم دیوار غیرمسلح	۱۱	۲۸
ظرفیت خمش افقی دیوار غیرمسلح	۱۱	۲۶
ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به میلگرد بستر	۱	۳۶
ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر	۹	۲۳
ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف	۳	۱۸
ظرفیت خمش قائم دیوار مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف	۱۶	-۵
ظرفیت خارج از صفحه دیوار غیرمسلح تحت خمش دوطرفه	۱۱	-۷
ظرفیت خارج از صفحه دیوار مسلح به میلگرد بستر تحت خمش دوطرفه	۶	۶
ظرفیت خارج از صفحه دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف سراسری تحت خمش دوطرفه	۳	۱۹

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

مقررات ملی ساختمان
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۳- ابزار محاسباتی تحت اکسل

به‌منظور 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.

تذکر 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. به‌این ترتیب با تعریف مشخصات ساختمان و مشخصات دیوار، با تغییر طول دیوار می‌توان طول بحرانی آن را با استفاده از این ابزارهای محاسبه به‌دست آورد.

تذکر ۲: ابزارهای محاسباتی معرفی شده در این پیوست قابل استفاده برای دیوارهای غیرمسلح، مسلح به میلگرد بستر و مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف است. همچنین دیوارهای بنایی را می‌توان از واحدهای بنایی توپر یا توخالی درنظرگرفت و جنس واحدهای بنایی ممکن‌است 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 شبکه الیاف.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۴- آزمون‌های تعیین مشخصات تسلیح

بر اساس روابط ارائه شده در فصل سوم، به‌منظور 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 به‌دست‌آمده را از طریق وب‌سایت، کاتالوگ، شبکه‌های اجتماعی یا سایر روش‌ها منتشر کنند به‌نحوی‌که مشخصات تسلیح برای عموم مهندسان طراح معین باشد.

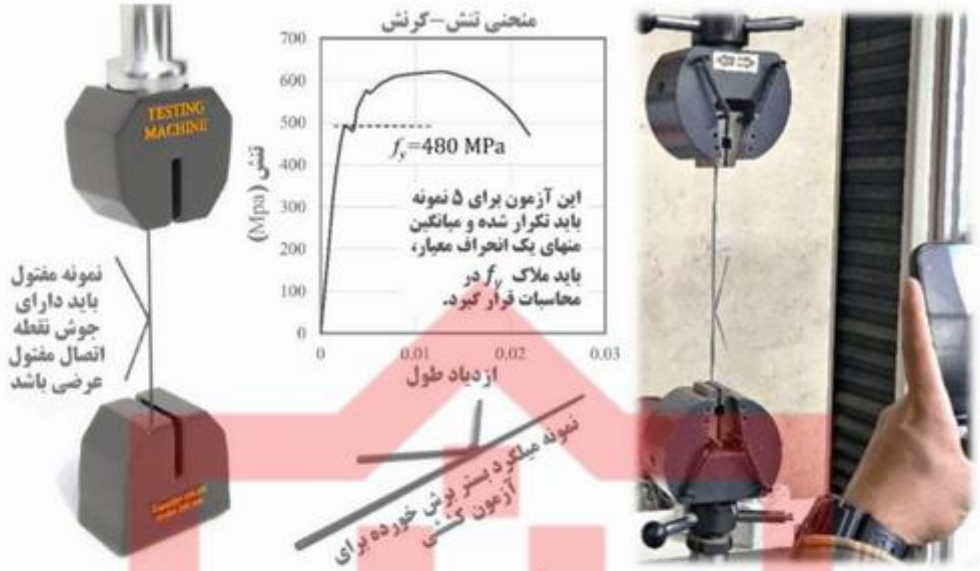
تذکر: نیازی به انجام آزمون‌های ارائه شده در این پیوست به‌صورت مجزا برای هر پروژه نمی‌باشد. بلکه شرکت‌های تولیدکننده میلگرد بستر و کامپوزیت شبکه الیاف باید به‌صورت دوره‌ای آزمون‌هایی مطابق با الزامات این پیوست بر روی محصولات خود انجام و نتایج آن را در اختیار مهندسان طراح قرار دهند.

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 خمش 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. ازاین‌رو لازم است در آزمون‌های کششی، به مفتول طولی، بخشی از مفتول عرضی نیز متصل باشد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

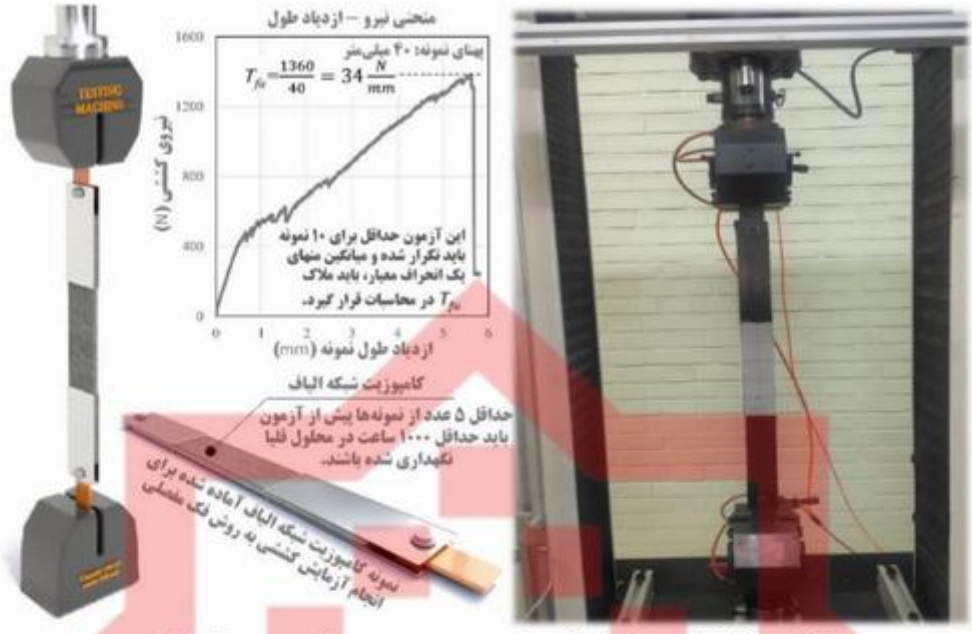


شکل پ-۴-۱ نحوه انجام آزمون کششی بر روی نمونه میلگرد بستر.

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 خمش 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 PH> 9.5 نگهداری شوند.

به‌منظور کنترل معیار پذیرش عملکرد درازمدت و دوام کامپوزیت‌های شبکه الیاف شیشه، از نتایج آزمون‌های کششی فوق استفاده می‌شود. برای این منظور میانگین ظرفیت کششی به‌دست آمده از نمونه‌های نگهداری شده در داخل محلول قلیا، نباید از ۰/۸۵ میانگین ظرفیت کششی به‌دست‌آمده 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 به‌صورت 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 به‌صورت 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 در 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 به‌صورت مجزا می‌شود. براین‌اساس، انجام آزمون کششی بر روی نمونه‌های شبکه الیاف به‌صورت 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.

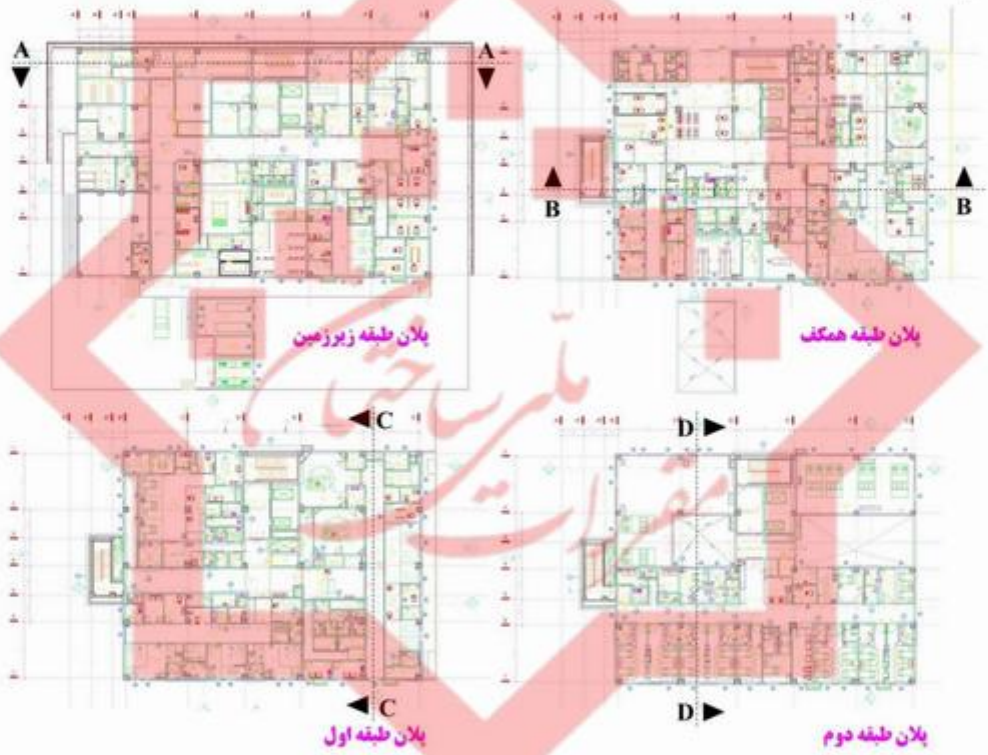
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

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 مقررات 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)، امّا 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.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

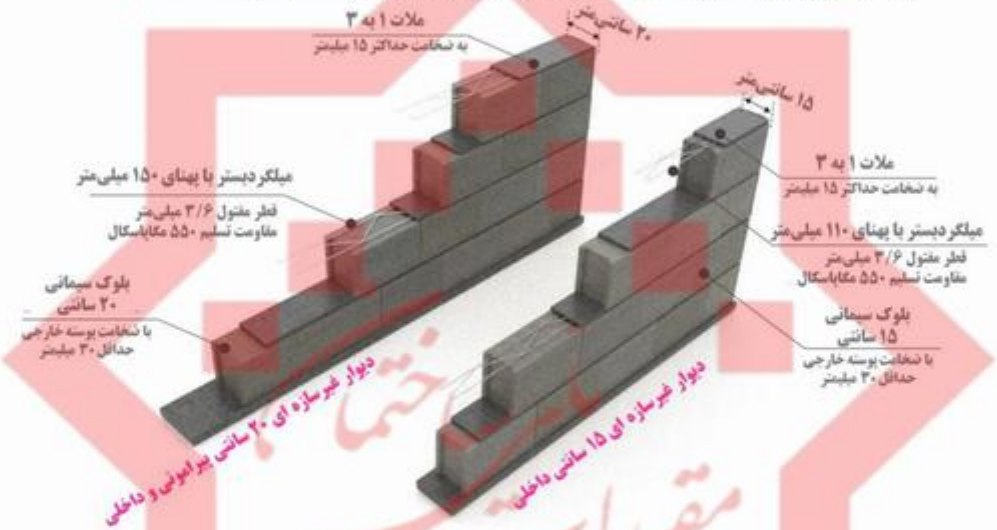
شکل پ-۵-۳ تیپ بندی دیوارهای داخلی و پیرامونی بر اساس نوع و ارتفاع دیوار

جدول پ-۵-۱ ارتفاع دیوارهای غیرسازه‌ای داخلی و پیرامونی در طبقات مختلف.

طبقه	ارتفاع کف تا کف طبقه	ارتفاع دیوارهای غیرسازه‌ای				
		دیوارهای ۲۰ سانتی پیرامونی که تا زیر سقف/تیر امتداد دارند	دیوارهای ۲۰ سانتی جان پناه	دیوارهای ۲۰ سانتی داخلی که تا زیر سقف/تیر امتداد دارند	دیوارهای ۱۵ سانتی داخلی که تا زیر سقف/تیر امتداد دارند	دیوارهای ۱۵ سانتی داخلی که تا زیر سقف/تیر امتداد ندارند
زیر زمین	4.5 m	4.3 m	1.3 m	4.3 m	4.3 m	3.4 m
همکف اول	5.0 m	4.8 m	1.3 m	4.8 m	4.8 m	3.4 m
دوم						

به منظور تیپ بندی دیوارها لازم است در هر تیپ، ضخامت دیوار، شرایط مرزی، میزان تسلیح دیوار با یکدیگر یکسان باشد ولی وزن و ارتفاع آزاد دیوارهای موجود در یک تیپ یکسان می‌توانند مقداری با یکدیگر متفاوت باشند که در این صورت لازم است بیشترین ارتفاع آزاد و بیشترین وزن ملاک محاسبه طول بحرانی در آن تیپ قرار گیرد. در این پروژه برای کلیه دیوارها، از شرایط مرزی A استفاده خواهد شد. در این شرایط مرزی نیازی به برقراری اتصال کشویی بین لبه فوقانی دیوار و سقف نیست. این امر روند اجرای دیوارها را تسهیل می‌نماید. همچنین شرایط استفاده از اتصالات هشتگیر را در بسیاری از

قسمت‌های پلان فراهم می‌کند. در این پروژه از میلگردبستر با قطر مفتول ۳/۶ میلی‌متر و مقاومت تسلیم ۵۵۰ 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 ۴۲۰ میلی‌متر خواهد بود (ارتفاع هر بلوک ۲۰۰ میلی‌متر و ضخامت ملات بند بستر حدود ۱۰ میلی‌متر است). همچنین در کلیه دیوارها از ملات ماسه سیمان به نسبت حجمی ۱ به ۳ استفاده شده‌است و رطوبت ملات در کلیه دیوارها حداقل به مدت سه روز حفظ می‌شود. برای دیوارهای با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر، از میلگردهای بستر با پهنای ۱۵۰ میلی‌متر و برای دیوارهای ۱۵ سانتی‌متر از میلگردهای بستر با پهنای ۱۱۰ 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 ضخامت۲۰ سانتی‌متر با ارتفاع آزاد بین ۴/۳ متر الی ۴/۸ 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 ۱۱۰ میلی‌متر می‌باشد که به صورت یک رج درمیان (فاصله میلگرد بستر حدود ۴۲۰ میلی‌متر) اجرا می‌شود.

تیپ ۲: دیوارهای داخلی با ضخامت۲۰ سانتی‌متر با ارتفاع آزاد بین ۴/۳ متر الی ۴/۸ 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 ۱۱۰ میلی‌متر، قطر مفتول ۳/۶ 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 ۳/۴ متر الی ۴/۸ 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 ۳/۶ 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 ۱/۳ متر. این تیپ دیوار مسلح به میلگرد بستر با پهنای ۱۱۰ میلی‌متر، قطر مفتول ۳/۶ میلی‌متر و مقاومت تسلیم ۵۵۰ مگاپاسکال می‌باشد که به صورت یک رج درمیان (فاصله میلگرد بستر حدود ۴۲۰ میلی‌متر) اجرا می‌شود.

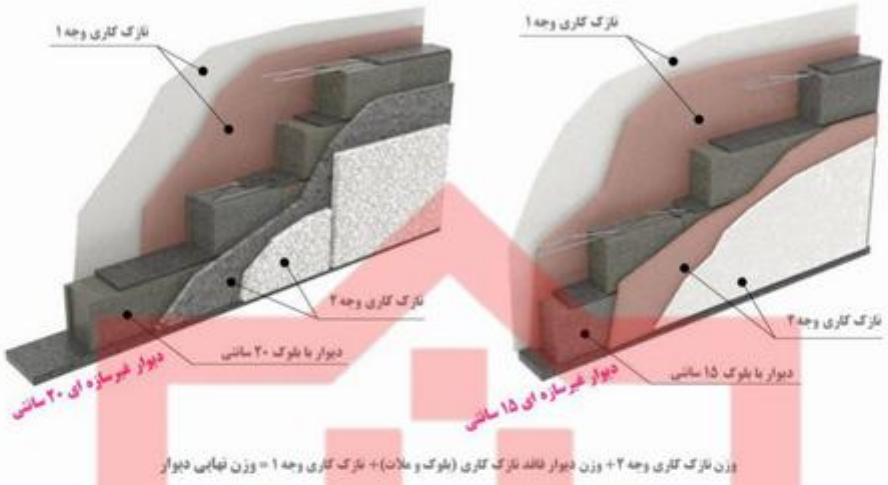
جدول پ-۵-۲ جزئیات تیپ‌بندی دیوارها

	نوع	ضخامت (میلی‌متر)	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 میلی‌متر به فواصل ۴۲۰ میلی‌متر (یک رج درمیان)
BJR-110-420: میلگردبستر با پهنای ۱۱۰ میلی‌متر به فواصل ۴۲۰ میلی‌متر (یک رج درمیان)
در تمام موارد قطر مفتول طولی میلگرد بستر ۳/۶ میلی‌متر 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 متعاقبا 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:

وزن دیوار ۱۵ سانتی‌متری فاقد نازک‌کاری $= 0.15\times900=135\ kg/m^2$

وزن دیوار ۲۰ سانتی‌متری فاقد نازک‌کاری $= 0.2\times900=180\ kg/m^2$

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

دیوار	نازک‌کاری	وزن نازک‌کاری
پله‌ها	سرامیک پرسلان	$0.04\times(2100)+0.01\times(2200)\approx 105\ kg/m^2$
اتاق‌ها- بستری‌ها	اندود گچ و خاک و دو گچه پرداختی	$0.02\times(1600)+0.01\times(1300)\approx 45\ kg/m^2$
راهروهای داخل بخش- سالن انتظار	اندود گچ و خاک و دو گچه پرداختی+ سرامیک پرسلان تا ارتفاع ۱۲۰ سانتیمتر	$0.4\times105+0.6\times45=70\ kg/m^2$
سرویس بهداشتی و فضاهای خیس - مورگ	کاشی	$0.04\times(2100)+0.01\times(1700)\approx 100\ kg/m^2$
دسترسی‌های عمومی- پیش فضای آسانسور	سنگ مرمریت	$0.03\times(2100)+0.02\times(2700)\approx 115\ kg/m^2$
اورژانس- مراقبت ویژه	کاشی	$100\ kg/m^2$
راهروهای اورژانس	اندود گچ و خاک و دو گچه پرداختی+ سرامیک پرسلان تا ارتفاع ۱۲۰ سانتیمتر	$0.4\times105+0.6\times45\approx70\ kg/m^2$
استریل مرکزی	کاشی	$100\ kg/m^2$

اتاق‌های عمل	کاشی	100 kg/m²
رختکن‌های مرکزی	کاشی	100 kg/m²
رختکن‌های داخل بخش	کاشی	100 kg/m²
تصویربرداری	سرب کوبی + پوشش MDF	0.003×(11400)+0.02×(800)≈50 kg/m²
اداری-مدیریت	اندود گچ و خاک و دو گچه پرداختی	45 kg/m²
آزمایشگاه	کاشی	100 kg/m²
نمونه گیری	کاشی	100 kg/m²
رختشویخانه-آشپزخانه	کاشی	100 kg/m²
انبارها	کاشی	100 kg/m²
انبار درون بخشی	کاشی	100 kg/m²
سردخانه‌ها	کاشی	100 kg/m²
موتورخانه مرکزی	اندود سیمان تخته ماله	0.03×(2100) ≈35 kg/m²
اتاق برق	اندود سیمان تخته ماله	35 kg/m²
هوارسان	کاشی	100 kg/m²
گاز طبی	کاشی	100 kg/m²
نمازخانه	اندود گچ و خاک و دو گچه پرداختی	45 kg/m²
دیالیز	سرامیک پرسلان تا زیر سقف کاذب	105 kg/m²
نمای ساختمان	سنگ تراورتن ۲ سانتی	0.03×(2100)+0.02×(2500) ≈115 kg/m2

برای تعیین وزن نهایی دیوارها، با توجه به پلان کاربری فضاها، بحرانی‌ترین نازک‌کاری برای دیوارهای هر تیپ درنظر 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:

وزن دیوار پیرامونی با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر = 105 + 180 + 115 = 400 kg/m² ≈ 4000 N/m²

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 ضخامت۲۰ سانتی‌متر برای طراحی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

وزن دیوار داخلی باضخامت ۲۰ سانتی‌متر = 115 + 180 + 115 = 410 kg/m² ≈ 4100 N/m²

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. به‌این ترتیب وزن نهایی دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی برای طراحی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

وزن دیوار داخلی با ضخامت ۱۵ سانتی‌متر $= 100 + 135 + 100 = 335\ \text{kg/m}^2 \approx 3350\ \text{N/m}^2$

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-۵-۴- 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 تغییرمکان 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.

دفتر 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 (۲-۳) 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.

λ_s: ضریب اصلاح شتاب است که برای خرپشته (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.

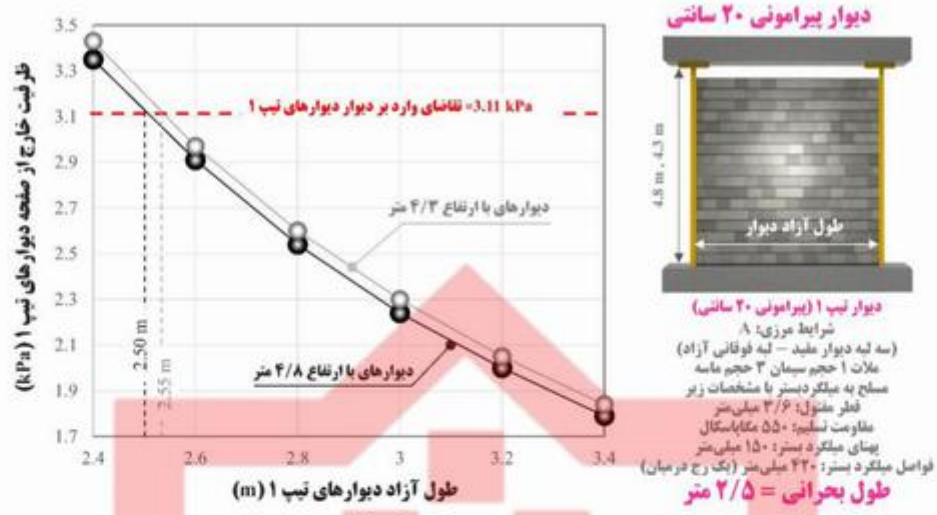
جدول پ-۵-۴ تقاضای خارج از صفحه ناشی از زلزله و باد

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/m²	2.02 kPa	3.11 kPa	**3.11 kPa**
تیپ ۲	دیوار داخلی ۲۰ سانتی	4100 N/m²	2.07 kPa	-	**2.07 kPa**
تیپ ۳	دیوار داخلی ۱۵ سانتی	3350 N/m²	1.69 kPa	-	**1.69 kPa**
تیپ ۴	دیوار جان پناه ۲۰ سانتی	4000 N/m²	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 درنظر 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.

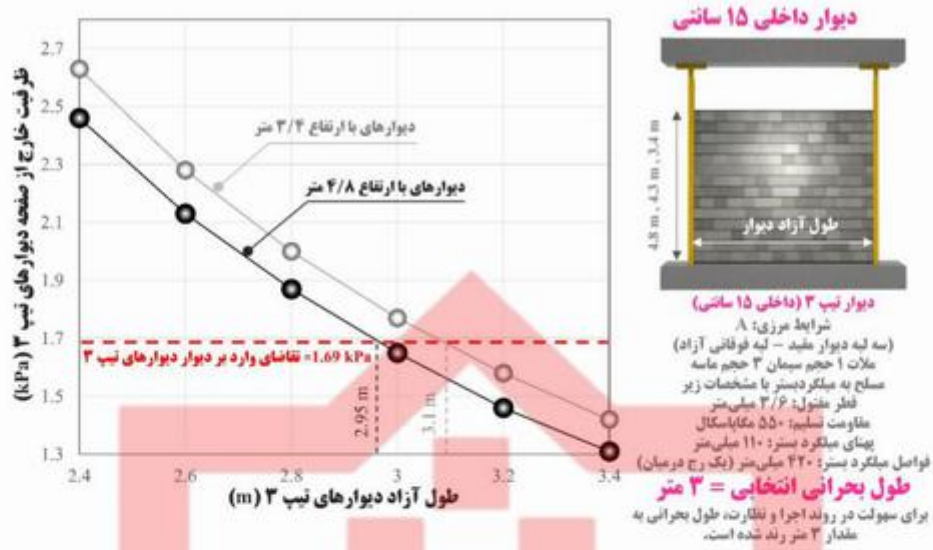
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

شکل پ-۵-۹ تعیین طول بحرانی برای دیوارهای تیپ ۴ (دیوارهای جان‌پناه ۲۰ سانتی)

جدول پ-۵-۵ طول بحرانی تیپ‌های مختلف دیوار

تیپ دیوار	تیپ ۱	تیپ ۲	تیپ ۳	تیپ ۴
نوع دیوار	دیوار ۲۰ سانتی پیرامونی	دیوار ۲۰ سانتی داخلی	دیوار ۱۵ سانتی داخلی	دیوار ۲۰ سانتی جان‌پناه
طول بحرانی	**2.5 m**	**3.0 m**	**3.0 m**	**3.0 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 منجر 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 وادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن‌ها

جانمایی وادارها 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

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

- برای بازشوهای موجود در دیوارهای پیرامونی حداقل در یک سمت بازشو از وادار قائم استفاده می‌شود. علت این امر تسهیل در شاقول نمودن دیوار و قاب فرعی (ساب‌فریم) بازشو است.

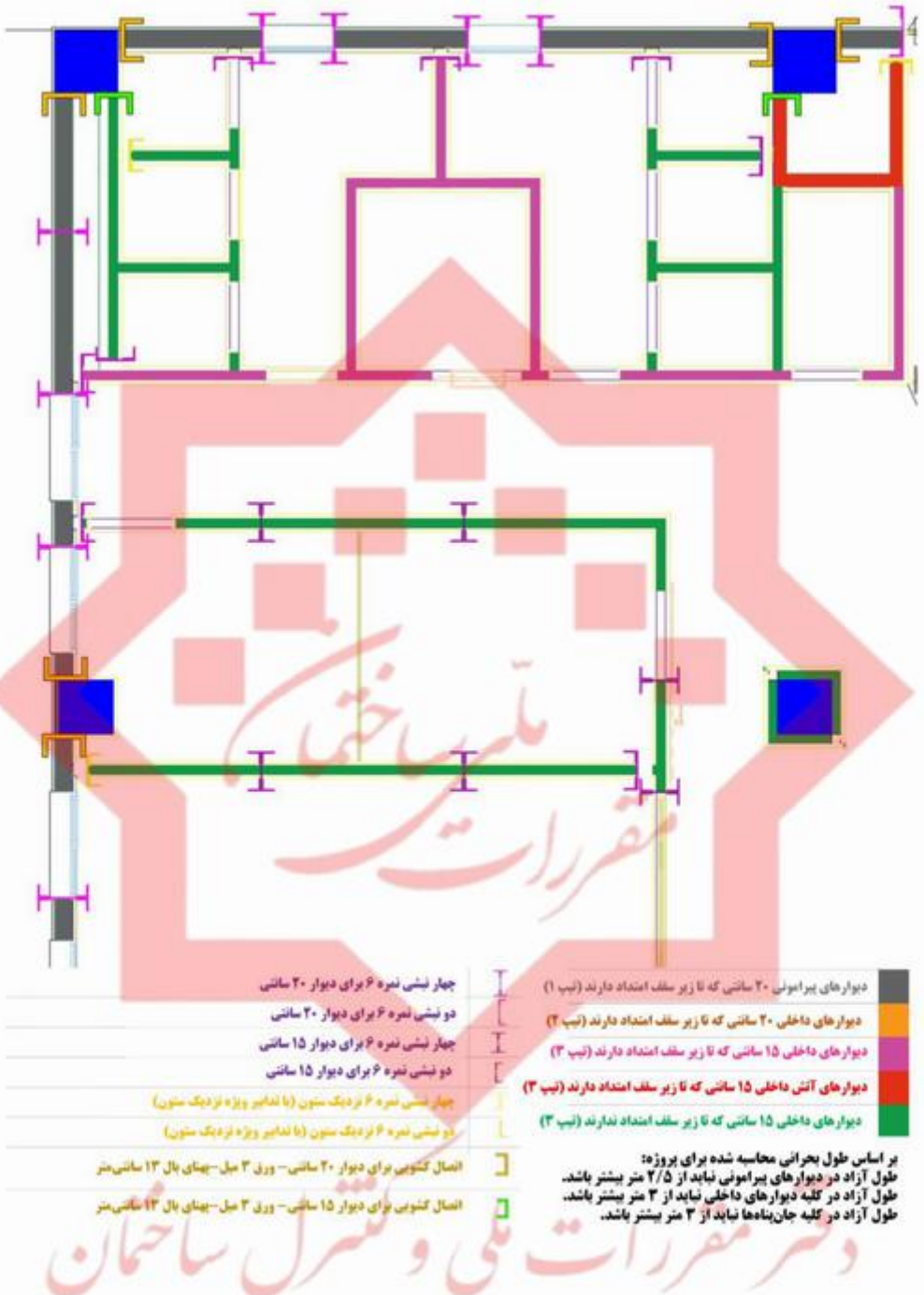
- برای اتصال دیوارهای پیرامونی به دیوارهای داخلی از اتصال جداسازی شده، استفاده می‌شود. علت این امر آن است که معمولاً دیوارهای داخلی و پیرامونی به صورت هم زمان اجرا نمی‌شود و در این موارد مناسب‌تر است از اتصال هشتگیر استفاده نشود.

- برای اتصال دیوارهای با دو ضخامت مختلف، مثلا اتصال دیوار ۱۵ سانتی‌متری به دیوار ۲۰ 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 وادارهای قائم لبه‌ای است و وجود این وادارهای قائم روند شاقول کردن دیوارها و قاب فرعی (ساب‌فریم) بازشوها را تسهیل خواهد نمود.

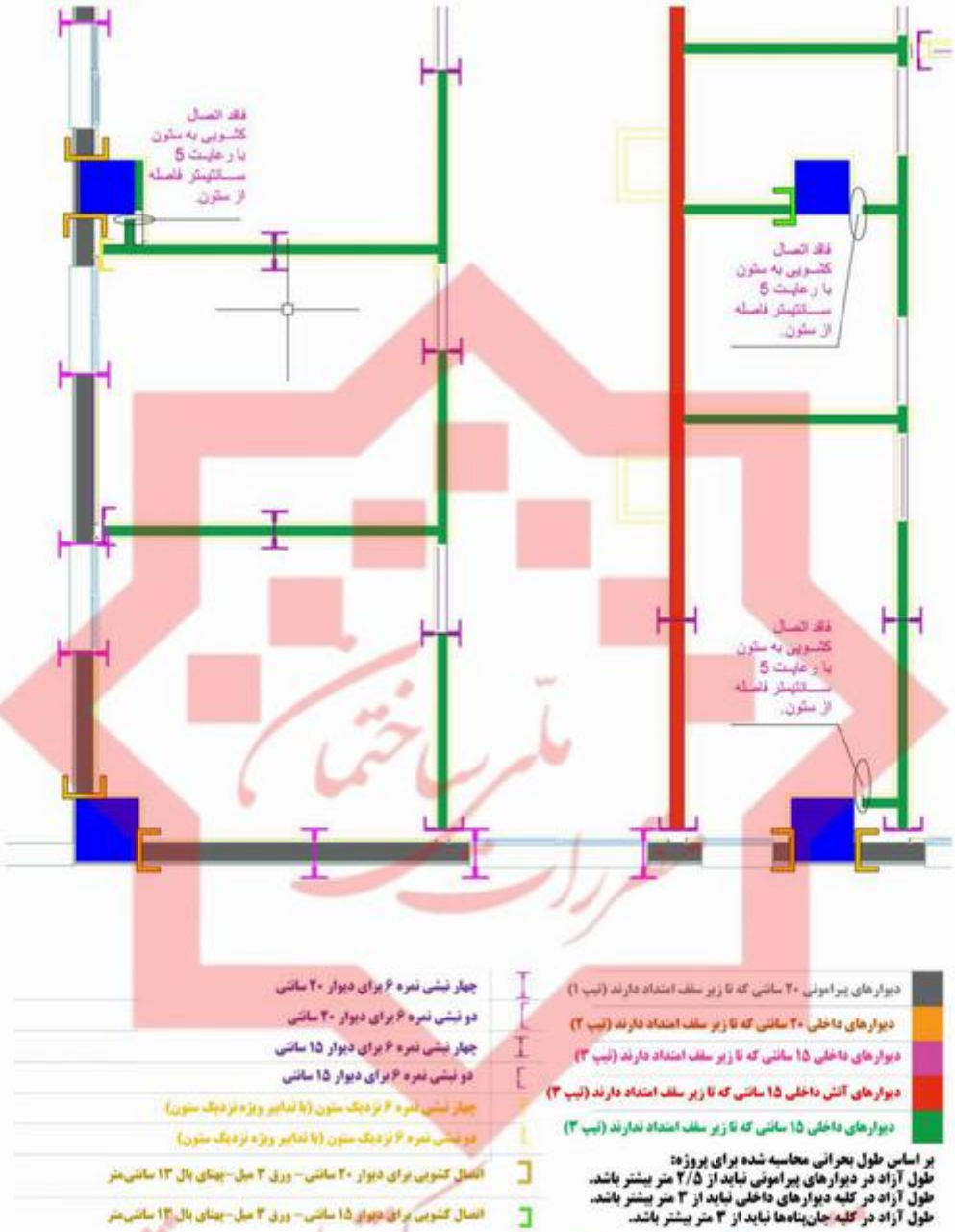
تذکر: الزامات فنی ارائه شده بخشی از الزامات این راهنما بوده و اجرای آن بر اساس این راهنما الزامی است. امّا، الزامات اجرایی ارائه شده بخشی از الزامات این راهنما نبوده و تنها در این پروژه خاص و صرفاً بر اساس نظر کارفرما، طراح و مجری پروژه درنظر گرفته شده است. گرچه این الزامات اجرایی برای بسیاری از پروژه‌ها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

در پلان معماری طبقات، لازم است تیپ بندی دیوارها مشخص شود و با درنظر گرفتن الزامات فنی و اجرایی مذکور، جانمایی وادارهای قائم در پلان طبقات انجام شود. شکل‌های (پ-۵-۱۰) الی (پ-۵-۱۳) بخش‌هایی از پلان دیوارهای تیپ بندی شده و جانمایی وادارهای قائم را نشان می‌دهند.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

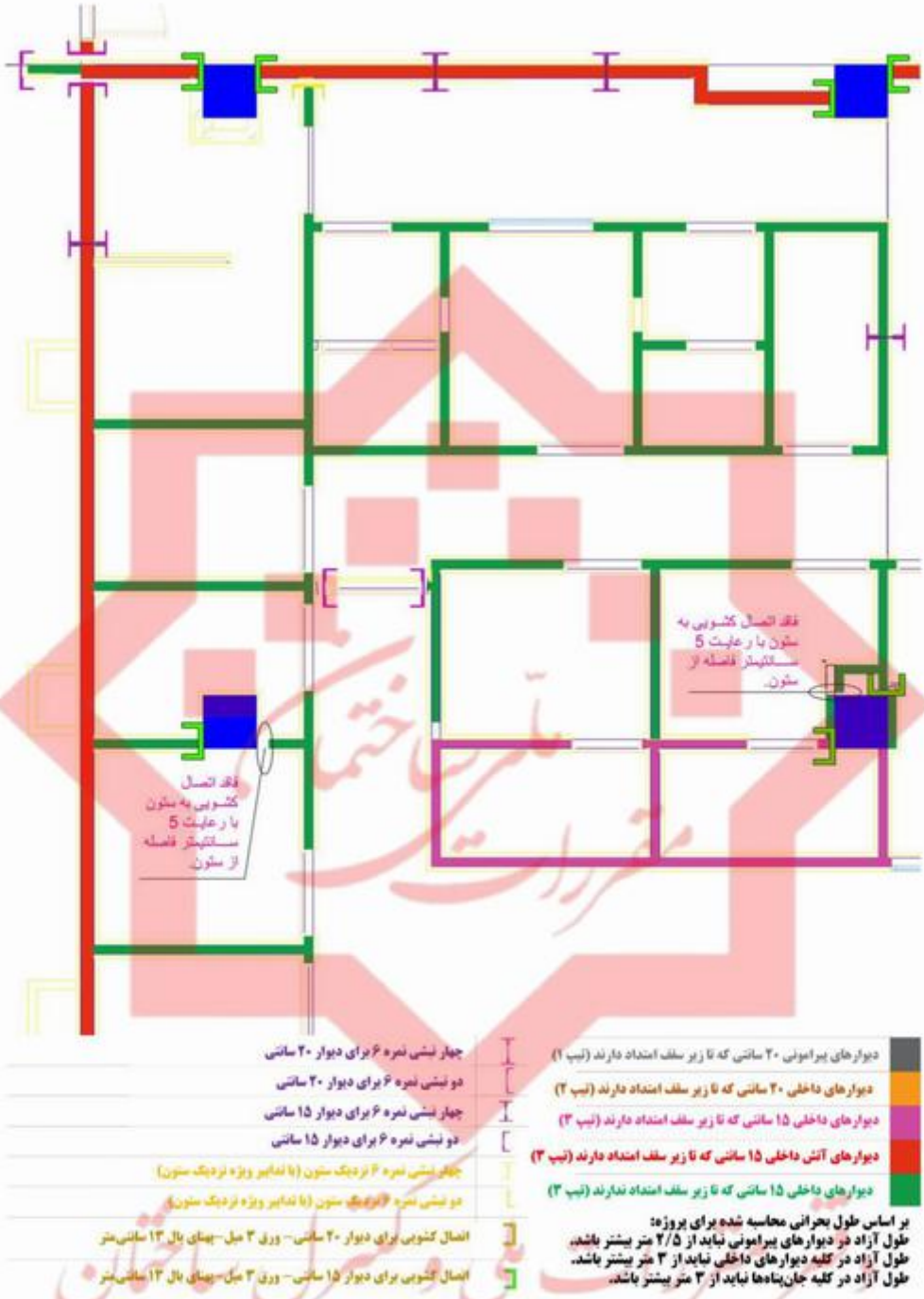


شکل پ-۵-۱۰ تیپ‌بندی دیوارها، جانمایی وادارهای قائم و اتصالات کشویی در بخشی از پلان

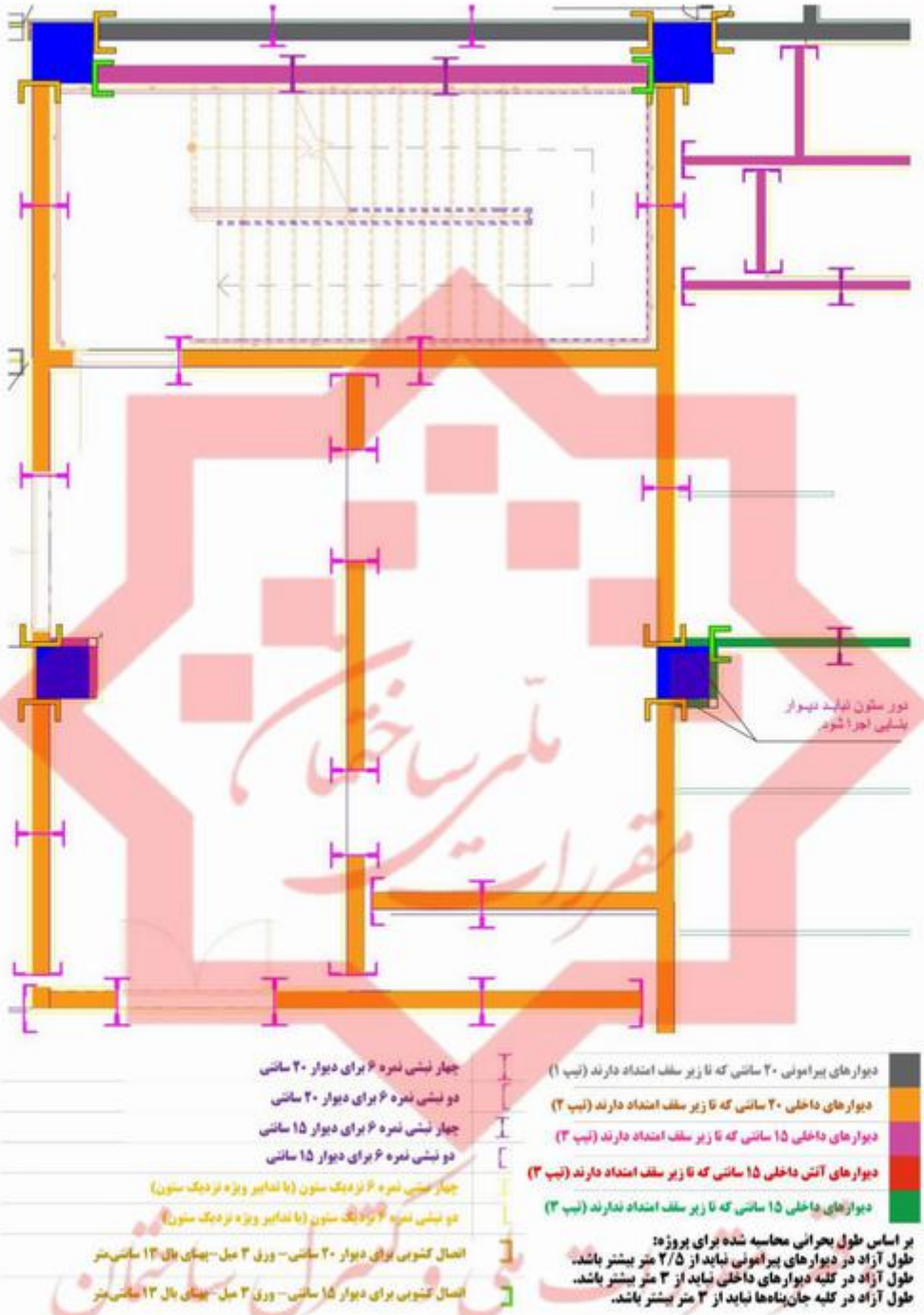


دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

شکل پ-۵-۱۱ تیپ‌بندی دیوارها، جانمایی وادارهای قائم و اتصالات کشویی در بخشی از پلان



شکل پ-۵-۱۲ تیپ‌بندی دیوارها، جانمایی وادارهای قائم و اتصالات کشویی در بخشی از پلان

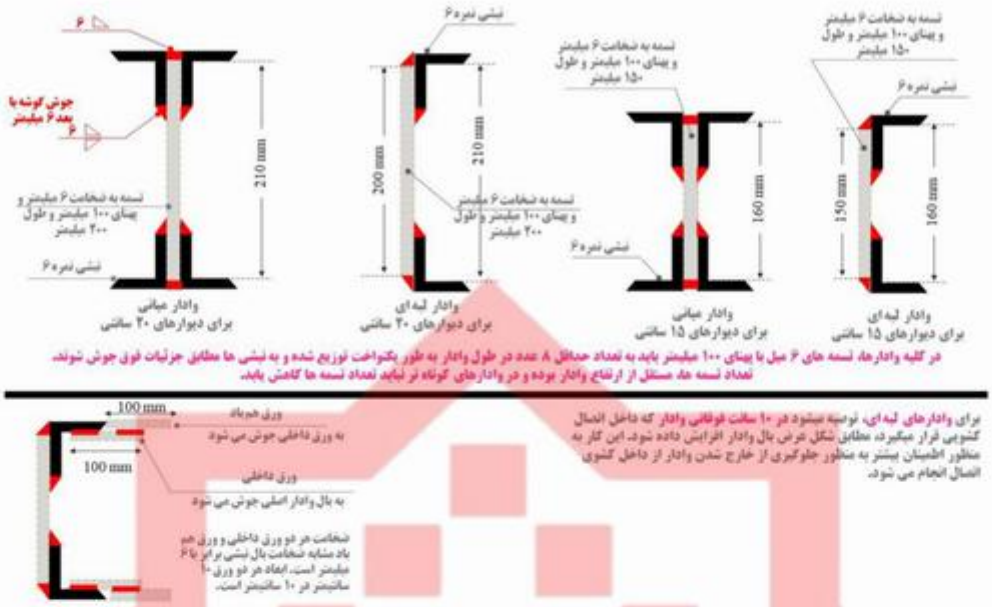


شکل پ-۵-۱۳ تیپ‌بندی دیوارها، جانمایی وادارهای قائم و اتصالات کشویی در بخشی از پلان

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۵-۱۵ جزئیات مقطع وادارها

پ-۵-۸- مرحله هشتم: طراحی اتصالات

پ-۵-۸-۱- اتصال دیوار به کف

با توجه به اینکه در پروژه حاضر کلیه دیوارها دارای رفتاری دو طرفه هستند، اتصال دیوار به کف صرفاً از طریق اولین لایه ملات انجام می‌شود و نیاز به تدابیر دیگری نمی‌باشد. علاوه بر آن، پس از کف سازی، بخشی از قسمت تحتانی دیوار در داخل کف سازی مدفون و سبب افزایش ظرفیت برشی اتصال دیوار به کف خواهد شد. درصورتی که دیوار به‌طور مستقیم بر کف فولادی اجرا شود، لازم است تمهیداتی برای انتقال برش در پای دیوار انجام شود. برای این منظور هر دو وجه دیوار را می‌توان با استفاده از تسمه یا نبشی مقید نمود. این تسمه یا نبشی به کف فولادی جوش می‌شود.

پ-۵-۸-۲- اتصال دیوار به سقف

در این پروژه کلیه دیوارهای داخلی و پیرامونی به نحوی طراحی شده‌اندکه فاقد اتصال کشویی به سقف باشند. در خصوص دیوارهایی که تا زیر سقف امتداد دارند، لازم است فاصله‌ای به اندازه حداقل ۳

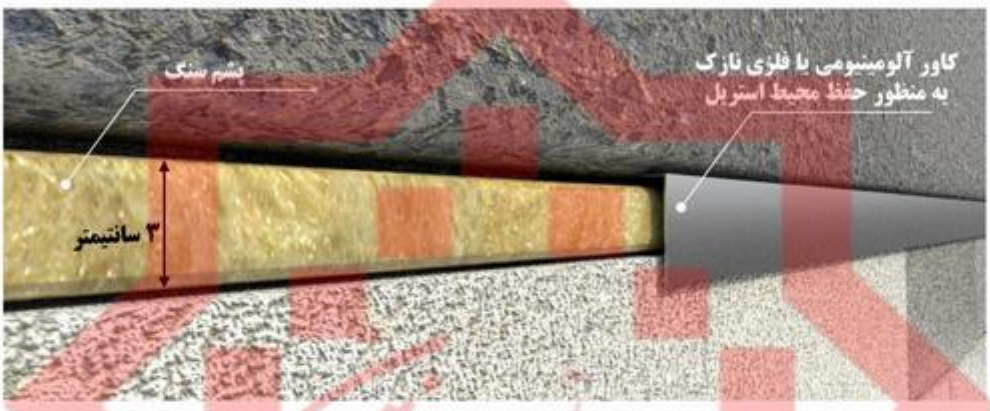
سانتی‌متر، برابر با حداکثر خیز دراز مدت سقف، بین لبه فوقانی دیوار تا زیر سقف یا زیر تیر وجود داشته باشد. این فضا باید با پشم سنگ یا سایر مصالح منعطف، عایق و مقاوم در برابر حریق پر شود. جزئیات لبه فوقانی دیوار در مجاورت زیر سقف در شکل (پ-۵-۱۶) نشان داده شده است.

تذکر۱: اتصالات کشویی لبه فوقانی دیوار به سقف ممکن‌است 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).

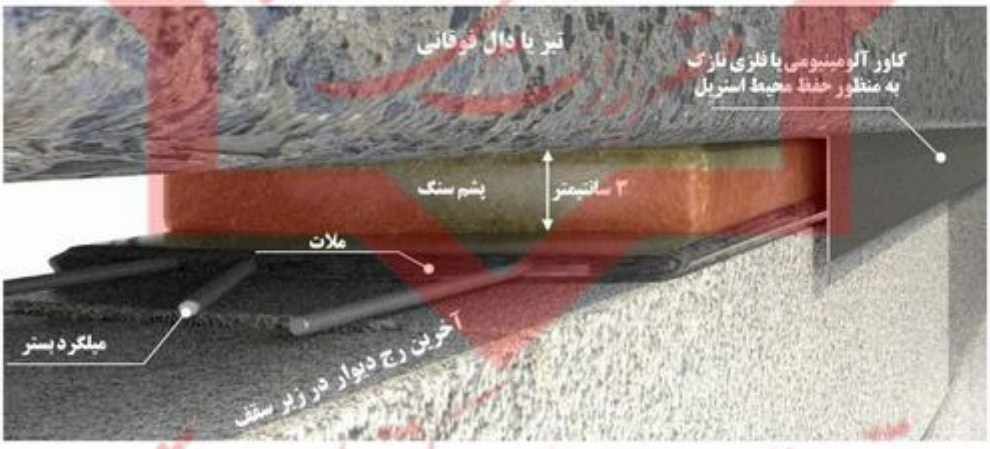
تذکر۲: به منظور حفاظت بیشتر از فضای استریل، می‌توان مطابق شکل (پ-۵-۱۷) در لبه فوقانی دیوار یک کاور آلومینیومی یا فلزی بسیار نازک قرار داد. این کاور نقش تکیه‌گاهی برای لبه فوقانی دیوار ندارد. برای اتصال این کاور به سقف می‌توان از میخ بتن تفنگی یا پیچ و پلاک استفاده نمود.

تذکر۳: توصیه می‌شود 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 سانتی‌متری لبه فوقانی دیوار تا زیر سقف شود. لذا پس از اجرای ملات، فاصله بین لایه ملات تا زیر سقف نباید از ۳ سانتی‌متر 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

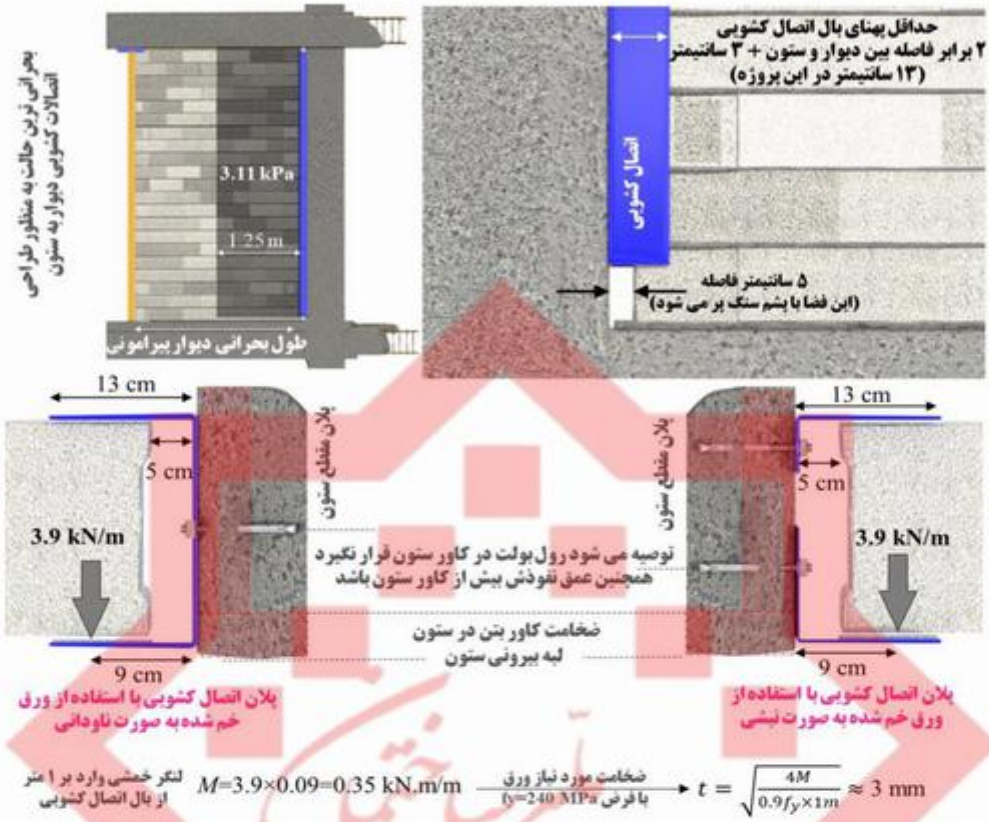
در مواردی که دیوار به ستون متصل می‌شود، لازم است نخست اتصال به صورتی کشویی اجرا شده و دوم حداقل به میزان G بین لبه قائم دیوار و ستون درز جداسازی وجود داشته باشد. حداقل فاصله جداسازی مورد نیاز بین دیوار و ستون برابر است با (در ساختمان مدنظر، حداکثر دریفت طبقه بدون اعمال ضریب اهمیت در زلزله طرح برابر با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

$$G=(1.4\times0.01-0.003)H_w=0.011\times4.8=0.0528\ \text{m}=52.8\ \text{mm}\approx50\ \text{mm}$$

لذا در این پروژه فاصله بین دیوار و ستون برابر با ۵۰ میلی‌متر درنظر 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 دوبل نبشی درنظر 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



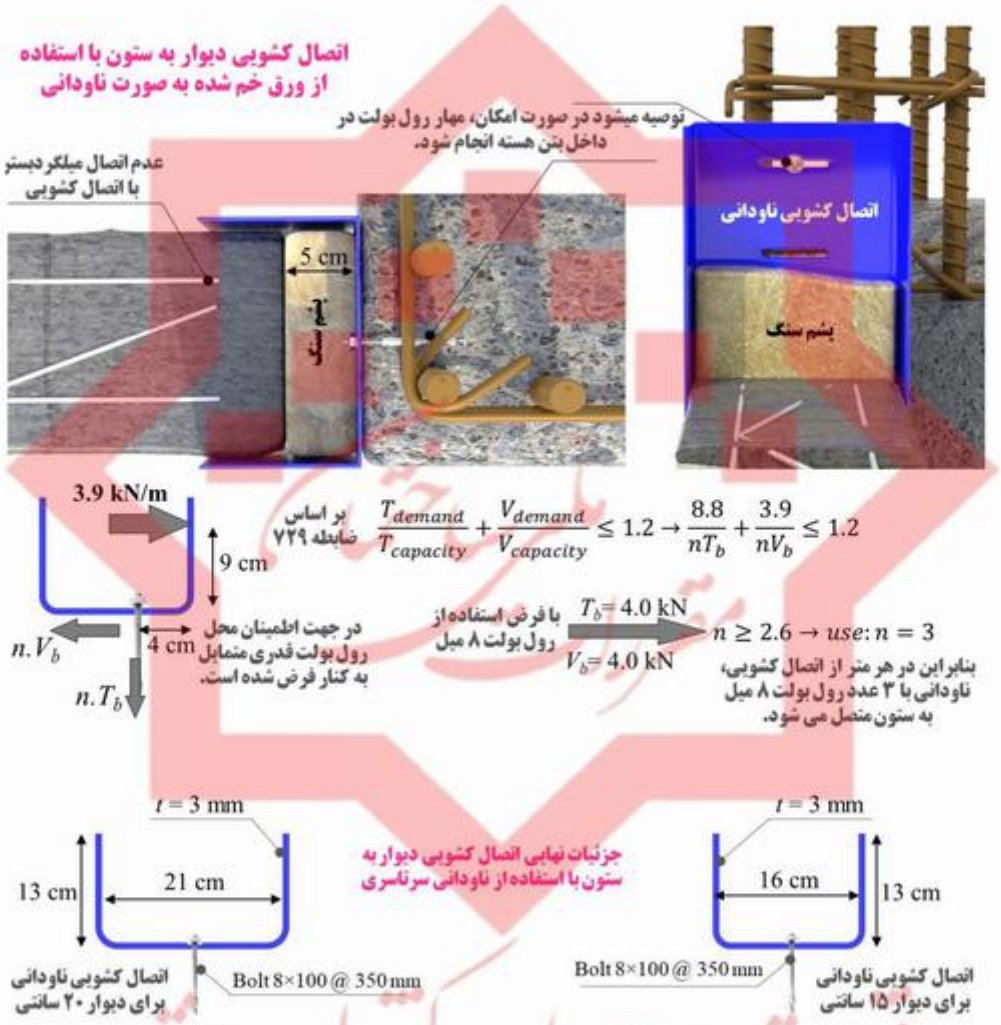
شکل پ-۵-۱۸ جزئیات و محاسبه حداقل پهنا و ضخامت بال مورد نیاز برای اتصالات کشویی دیوار به ستون

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

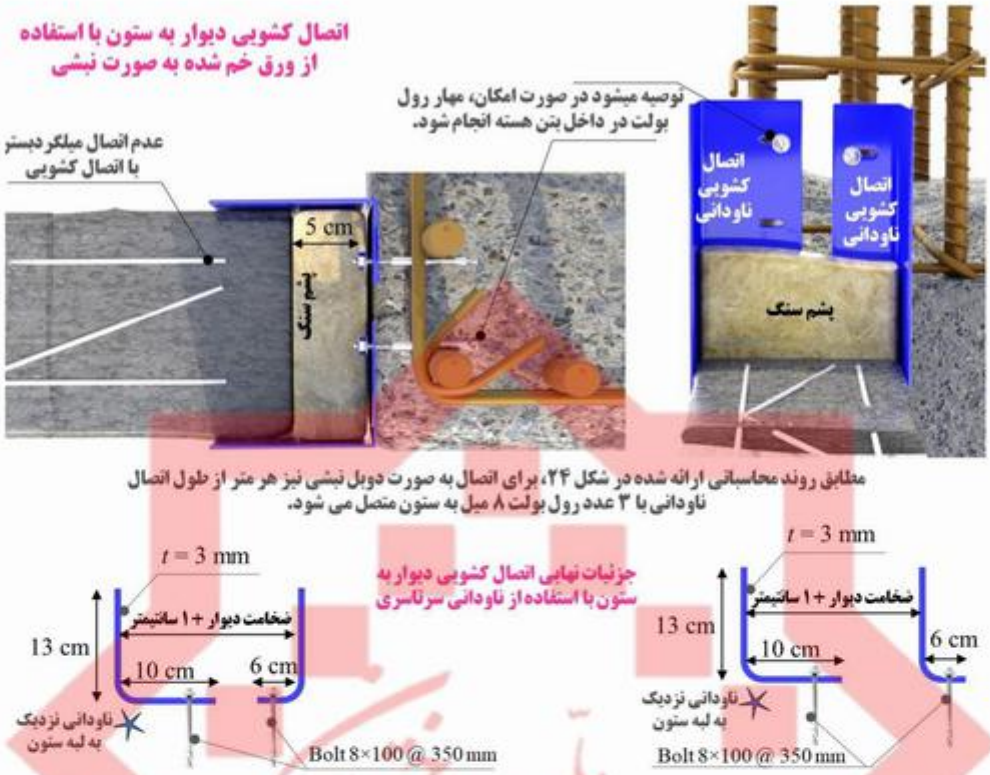
تذکر۱: اتصالات و تعداد رول بولت‌های مورد نیاز را می‌توان بر اساس جدول (۴-۴) نیز انتخاب نمود. لازم به ذکر است این جدول قدری محافظه کارانه است و در صورت طراحی اتصال به صورت اختصاصی برای پروژه، مشابه روند ارائه شده در این پیوست، معمولاً تعداد رول بولت‌های کمتری مورد نیاز خواهد بود.

تذکر۲: تحت هیچ شرایطی نباید میلگرد بستر به اتصالات کشویی دیوار به ستون (ناودانی یا دوبل 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 کوتاه تر توصیه نمی‌شود.



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



شکل پ-۵-۲۰ 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.

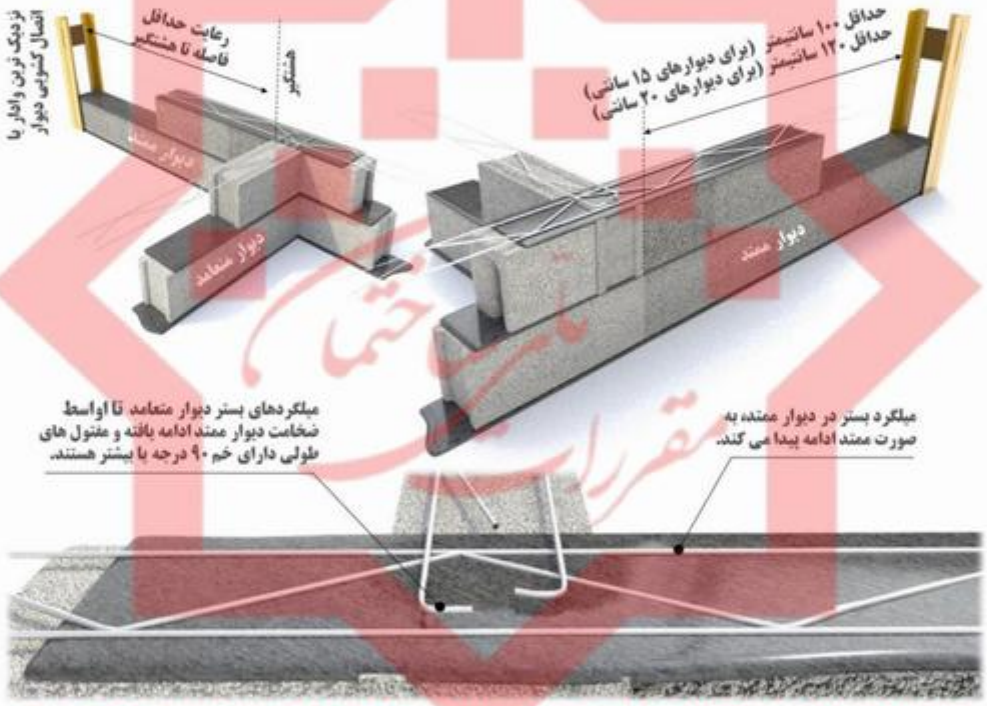
جدول پ-۵-۶ جزئیات نهایی اتصالات کشویی دیوار به ستون

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

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 سانتی‌متر درنظر گرفته شود. در این پروژه، این فاصله برای دیوارهای ۱۵ سانتی‌متری حداقل ۱۰۰ سانتی‌متر و برای دیوارهای ۲۰ سانتی‌متری حداقل ۱۲۰ سانتی‌متر است. با توجه به الزامات اجرایی درنظر گرفته شده در این پروژه، در اکثر موارد، اتصالات هشتگیر برای دیوارهای ۱۵ سانتی‌متری داخلی استفاده شده است).



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

تذکر۱: در خصوص قاب‌های فرعی (ساب فریم) بازشو که اتصالی به سقف ندارند، نیاز به رعایت فاصله بین هشتگیر با قاب فرعی (ساب فریم) نمی‌باشد.

تذکر۲: در روش هشتگیر، هر دو دیوار در محل اتصال باید به صورت هم زمان اجرا شوند.

تذکر۳: 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

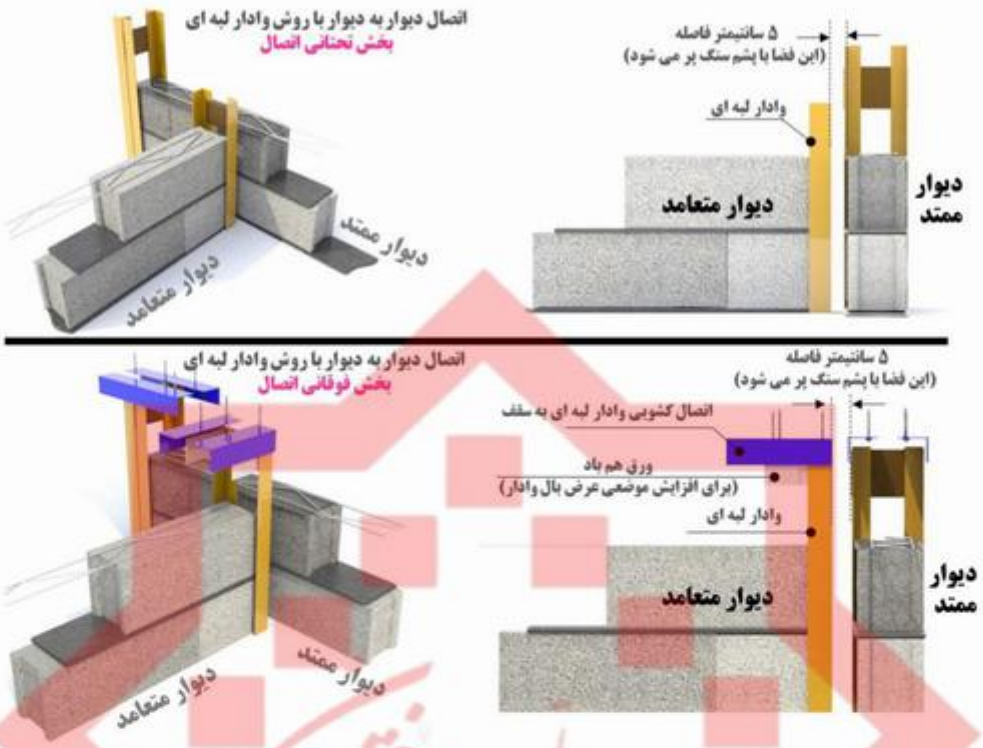
پ-۵-۸-۵- اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده

در مواردی که اتصال دیوار به دیوار با استفاده از روش هشتگیر امکان پذیر نیست، از اتصال جداسازی شده با استفاده از وادار لبه‌ای 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 لبه‌ای استفاده شده است:

- اتصال دیوار داخلی به دیوار پیرامونی: به علت عدم هم زمانی اجرا.
- 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.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

تذکر: 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.

تذکر۱: مطابق شکل (پ-۵-۲۵)، لبه فوقانی وادار قائم باید حداقل ۳۰ میلی‌متر از زیر سقف فاصله داشته باشد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

تذکر۲: وادار قائم نباید به اتصال کشویی فوقانی جوش شود. امّا 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.

تذکر۳: برای اتصال کشویی وادار به سقف، به جای استفاده از ورق‌های خم شده ۶ میلی‌متری به صورت ناودانی، می‌توان از دوبل 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 دوبل نبشی، تعداد رول بولت‌های ارائه شده برای هر یک از نبشی‌ها لازم خواهد بود.

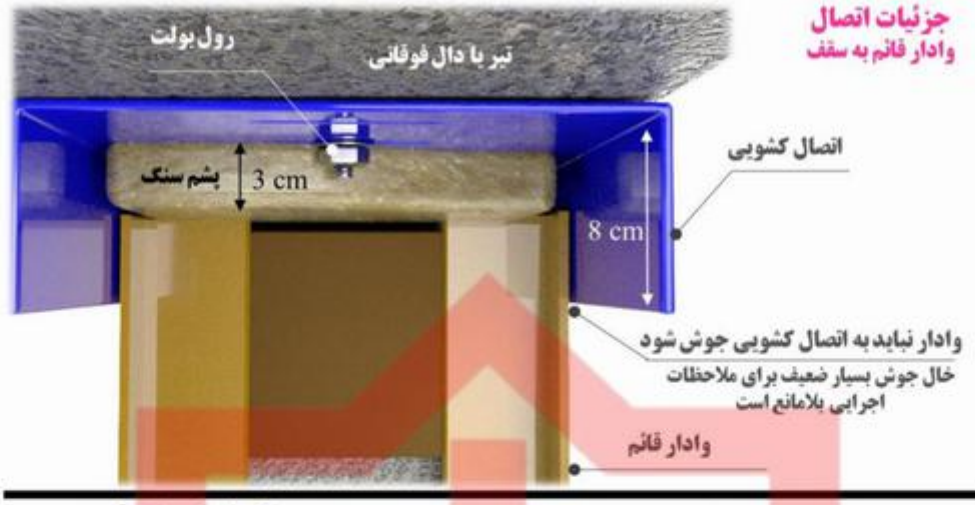
جدول پ-۵-۷ جزئیات نهایی اتصالات کشویی وادار قائم به سقف (در تمام موارد پهنای بال ۸۰ میلی‌متر است).

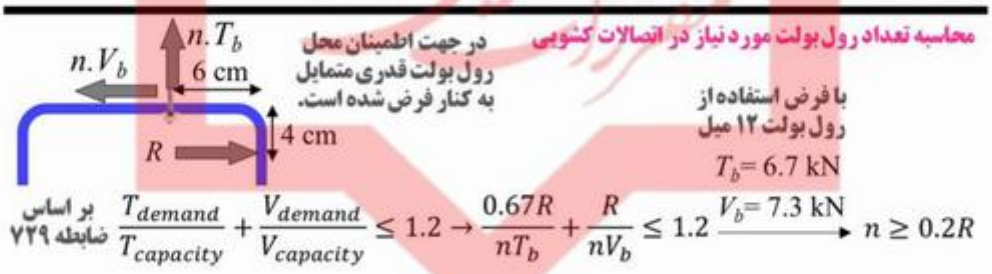
		ضخامت ورق خم شده	طول اتصال کشویی	فاصله داخل به داخل بال‌ها	رول بولت
وادار میانی	دیوار ۲۰ سانتی	6 mm	400 mm	5mm بیش از عمق مقطع وادار مربوطه	4× Bolt 12×100
	دیوار ۱۵ سانتی	6 mm	400 mm		3× Bolt 12×100
وادار لبه ای	دیوار ۲۰ سانتی	6 mm	200 mm		2× Bolt 12×100
	دیوار ۱۵ سانتی	6 mm	200 mm		2× Bolt 12×100

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

شکل پ-۵-۲۴ محاسبه نیروی وارد بر تکیه‌گاه‌های فوقانی و تحتانی وادار در بحرانی‌ترین حالت

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان





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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

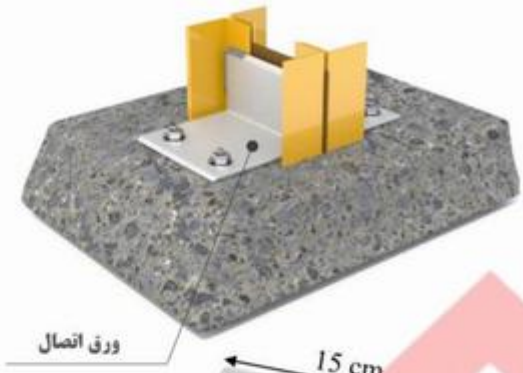
پ-۵-۸-۶- اتصال وادار به کف

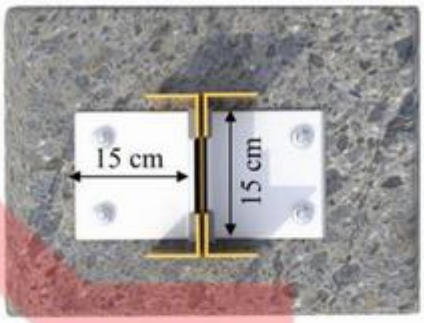
جزئیات و روند طراحی اتصال وادار به کف در شکل (پ-۵-۲۶) ارائه شده است. لازم به ذکر است اتصال به نحوی طراحی شده است که در امتداد خارج از صفحه وادار حالتی نیمه مفصلی داشته باشد. جزئیات نشان داده شده برای کلیه وادارهای قائم استفاده شده در این پروژه، قابل استفاده است.

تذکر: در صورت لزوم به اتصال قاب‌های فرعی (ساب فریم) به کف، می‌توان از جزئیات ارائه شده در شکل (پ-۵-۲۶) استفاده نمود.

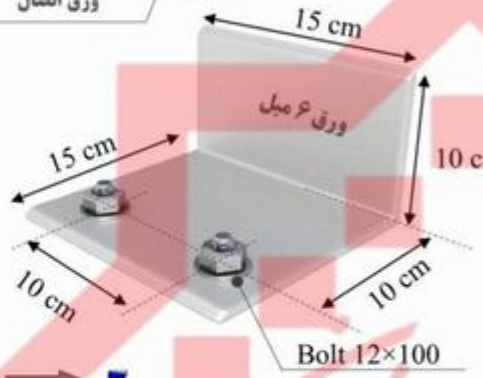
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

جزئیات اتصال
وادار قائم به کف

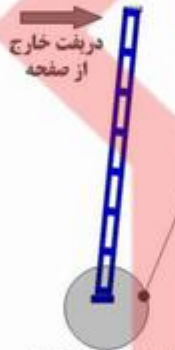




جزئیات ارائه شده برای نبشی اتصال باید دقیق باشد. نباید رول بولت ها در فاصله ای کمتر از ۱۰ سانتیمتر از بال دیگر نبشی باشند. این کار سبب افزایش سختی دورانی اتصال و افزایش نیرویی کشش در رول بولت ها خواهد شد.



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



نیروی ایجاد شده در یکی از رول بولتها صرفا به دلیل دریفت خارج از صفحه وادار

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

ناشی از دریفت خارج از صفحه وارده بر وادار

ناشی از نیروی خارج از صفحه دیوار

با فرض استفاده از رول بولت ۱۲ میل
$T_b = 6.7$ kN
$V_b = 7.3$ kN

کنترل کفایت رول بولت ها:

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

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پ-۵-۹- مرحله نهم: طراحی نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه 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 عمدتا بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر متغیر است. (با ارتفاع دست انداز ۱۰۰ سانتی‌متری). لذا در جهت اطمینان، ارتفاع پنجره‌ها نیز اگر ۱۲۰ سانتی‌متر درنظر گرفته شود (این فرض منجر به اعمال وزن بیشتر به نعل‌درگاه می‌شود)، ارتفاع لبه فوقانی کلیه بازشوها از کف را می‌توان ۲۲۰ سانتی‌متر درنظر گرفت. گرچه این ارتفاع مربوط به کف تمام شده طبقه است، امّا درجهت اطمینان، ارتفاع لبه فوقانی کلیه بازشوها از کف سازه‌ای را نیز می‌توان برابر ۲۲۰ سانتی‌متر درنظر 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 نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه‌ها، در جهت اطمینان، از دو ارتفاع فوق برای دیوار استفاده می‌شود و با کم کردن تراز لبه فوقانی بازشو از تراز لبه فوقانی دیوار، وزن دیوار روی نعل‌درگاه در جدول (پ-۵-۸) محاسبه شده است.

جدول پ-۵-۸ وزن دیوار روی نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه
امتداد	۲۰ سانتی پیرامونی	4.8 – 2.2=2.6 m	4 kN/m²	4×2.6 = 10.4 kN/m
	۲۰ سانتی داخلی	2.6 m	4.1 kN/m²	10.7 kN/m
	۱۵ سانتی داخلی	2.6 m	3.35 kN/m²	8.7 kN/m
عدم امتداد	۱۵ سانتی داخلی	3.4 – 2.2 =1.2 m	3.35 kN/m²	4.0 kN/m

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

چیدمان واحدهای بنایی و اندرکنش بین بلوک‌های دیوار و خود نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه اعمال می‌شود. در این صورت شرایط تکیه گاهی گیردار برای دو انتهای نعل‌درگاه درنظر گرفته شده و لازم است نعل‌درگاه با استفاده از ورق‌های اتصال به وادار جوش شود (جزئیات اتصال نعل‌درگاه به وادار در بخش ۴-۹ ارائه شده است). طراحی نعل‌درگاه‌ها با درنظر گرفتن دو معیار مقاومتی و کنترل خیز انجام شده و در بسیاری از موارد کنترل خیز، تعیین کننده است. مقاطع طراحی شده برای نعل‌درگاه‌ها مطابق جداول (پ-۵-۹) تا (پ-۵-۱۱) تیپ بندی شده است. بر اساس این جداول ، نعل‌درگاه‌های ساختمان در پنج تیپ مختلف طراحی شده که جزئیات هر یک در شکل (پ-۵-۲۷) نشان داده شده است.

تذکر۱: در مواردی که وادار تنها در یکی از دو لبه بازشو قرار دارد، می‌توان از مقطع نعل‌درگاه مربوط به حالت بازشوی فاقد وادار استفاده نمود.

تذکر۲: 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 نعل‌درگاه آن وارد می‌شود. برای نعل‌درگاه این درب می‌توان از نعل‌درگاه 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، نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه به صورت قوطی ۲۰ در ۲۰ سانتی-متری با ضخامت ورق حداقل ۶ میلی‌متر است. وادارهای دو طرف این بازشو مشابه سایر وادارهای لبه‌ای به صورت کشویی به سقف متصل می‌شوند.

تذکر۳: تسمه‌های مورد استفاده در نعل‌درگاه صرفاً برای حفظ انسجام کلی مقطع نعل‌درگاه است و جریان برشی از آن‌ها عبور نمی‌کند. لذا در مقایسه با تسمه‌های مورد نیاز در وادارها، تسمه‌های مورد نیاز در نعل‌درگاه ضخامت و پهنای کمتری می‌توانند داشته باشند.

تذکر۴: اتصال نعل‌درگاه به وادار و قاب فرعی (ساب فریم) مطابق جزئیات ارائه شده در بخش ۴-۹ می‌باشد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

جدول پ-۵-۹ تیپ بندی نعل‌درگاه‌ها برای دیوارهای ۱۵ سانتی‌متری داخلی که تا زیر سقف امتداد ندارد.

عرض بازشو	فاقد وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاه‌های نعل‌درگاه مفصلی و بار روی نعل‌درگاه مثلثی فرض شده است)	دارای وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاه‌های نعل‌درگاه گیردار و بار روی نعل‌درگاه 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

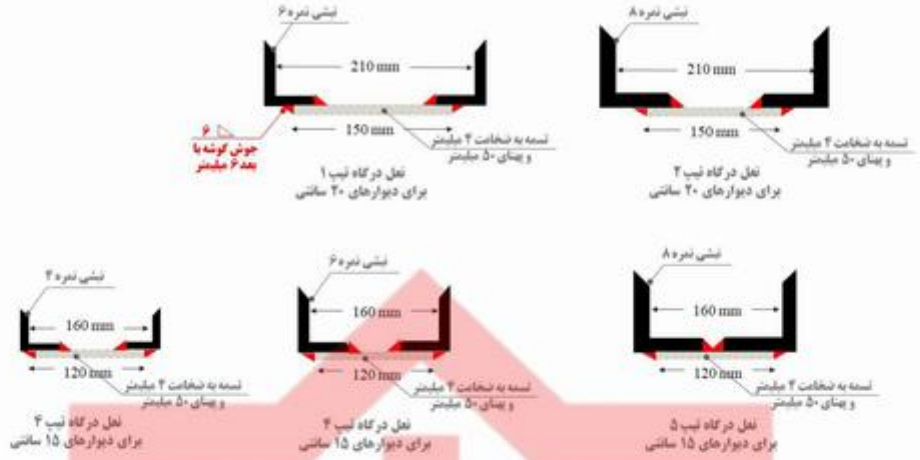
جدول پ-۵-۱۰ تیپ بندی نعل‌درگاه‌ها برای دیوارهای ۱۵ سانتی‌متری داخلی که تا زیر سقف امتداد دارد.

عرض بازشو	فاقد وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاه‌های نعل‌درگاه مفصلی و بار روی نعل‌درگاه مثلثی فرض شده است)	دارای وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاه‌های نعل‌درگاه گیردار و بار روی نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه‌ها برای دیوارهای ۲۰ سانتی‌متری داخلی و پیرامونی.

عرض بازشو	فاقد وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاه‌های نعل‌درگاه مفصلی و بار روی نعل‌درگاه مثلثی فرض شده است)	دارای وادار در هر دو سمت بازشو (در این شرایط تکیه گاه‌های نعل‌درگاه گیردار و بار روی نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه‌ها

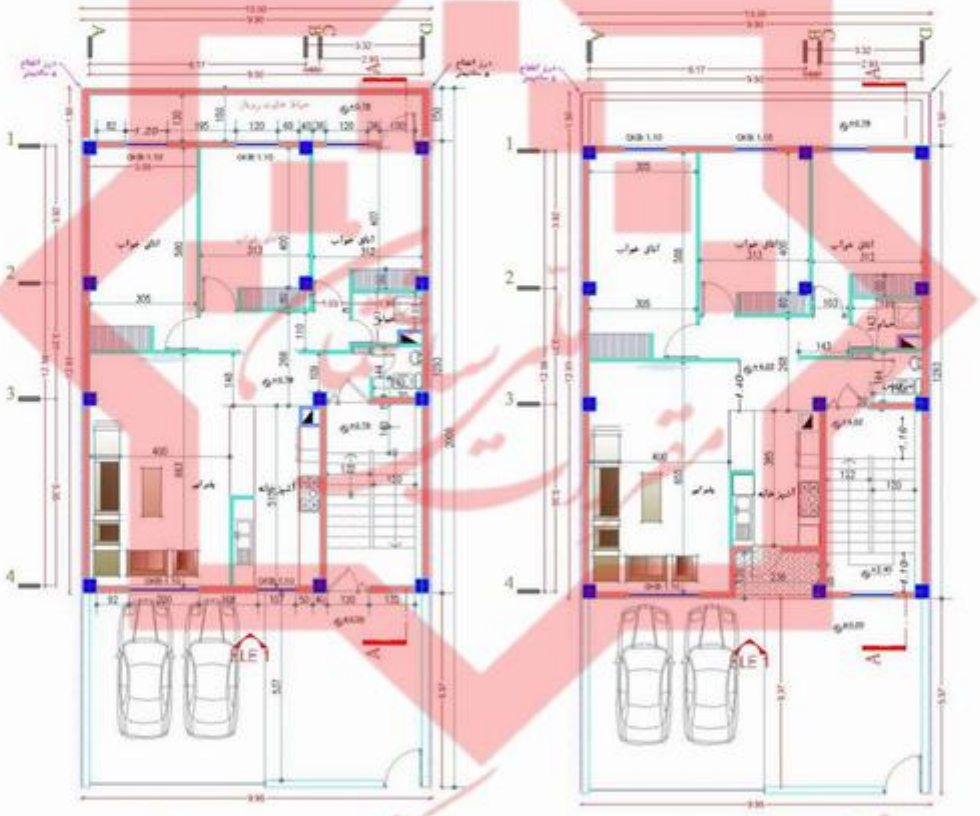
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۶– نمونه پروژه–ساختمان مسکونی

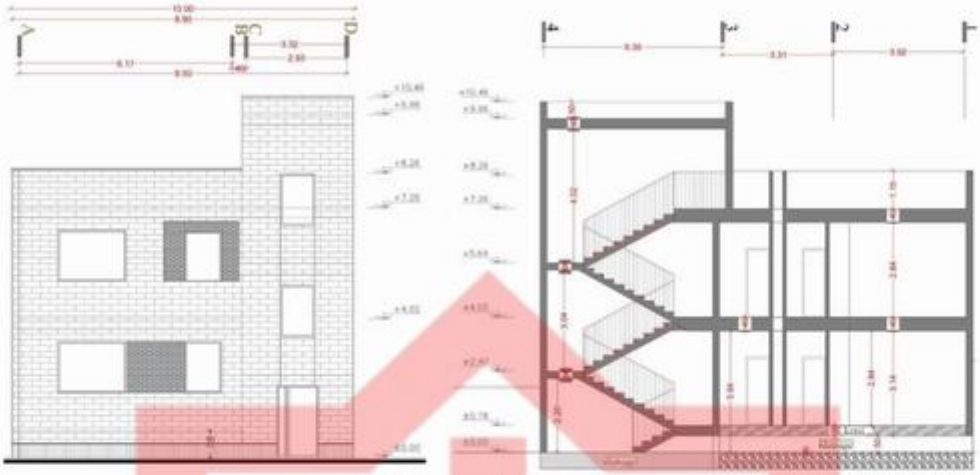
در این پیوست، روند طراحی پروژه محور معرفی شده در فصل چهارم این راهنما برای طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای یک ساختمان مسکونی دو طبقه ارائه شده است. مهندسان محاسب می‌توانند از ساختاری مشابه این پیوست به منظور تهیه دفترچه محاسبات برای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای استفاده کنند.

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



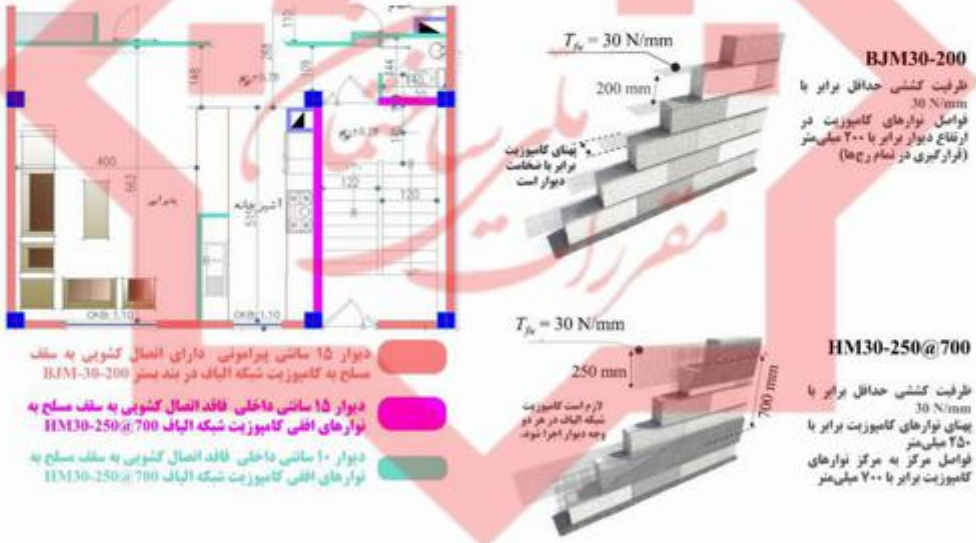
شکل پ-۶-۲ برش طبقات و کدهای ارتفاعی طبقات

پ-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.

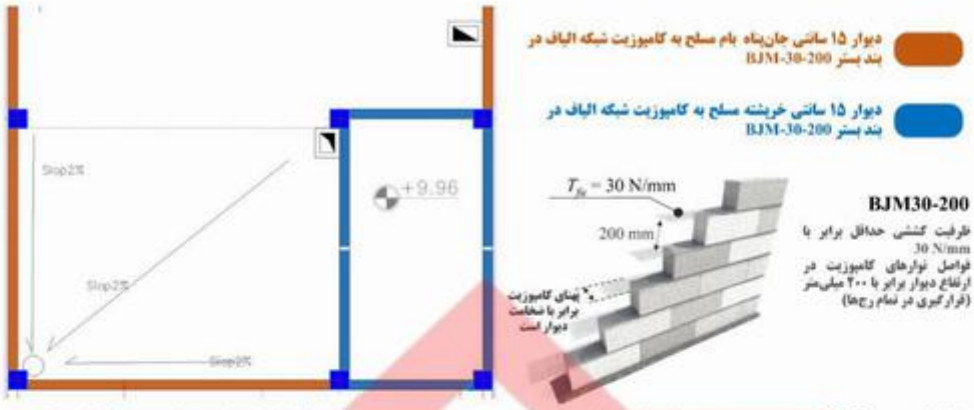
شکل (پ-۶-۳) بخشی از پلان معماری طبقه همکف را نشان می‌دهد که در آن دیوارهای مختلف با رنگ‌های متفاوت نشان داده شده است. در این پروژه تصمیم بر آن است که از کامپوزیت شبکه الیاف به منظور تسلیح دیوار استفاده شود. با توجه به عدم دسترسی به هر دو وجه دیوار در برخی از دیوارهای پیرامونی، برای دیوارهای پیرامونی 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 درنظر گرفته شده برای دیوارهای مختلف در شکل (پ-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 ممکن‌است سبب کاهش تعداد وادارهای مورد نیاز شود، امّا 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 درنظر گرفته شده است و به‌این 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 کشوی با محل هشتگیر)، از شرایط مرزی نوع A استفاده شده است. به‌این 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 درنظر 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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۶-۴ تیپ بندی دیوارهای جان‌پناه بام و خرپشته (ستون‌ها به اندازه ارتفاع جان پناه از کف بام امتداد یافته است. در محل خرپشته، ستون‌ها تا سقف خرپشته امتداد دارند).

جدول پ-۶-۱ ارتفاع دیوارهای غیرسازه‌ای داخلی و پیرامونی در طبقات مختلف.

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

بر اساس توضیحات فوق، در پروژه مدنظر از ۵ تیپ دیوار به ترتیب زیر استفاده خواهد شد. خلاصه مشخصات تیپ‌های دیوار در جدول (پ-۶-۲) 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/mm بوده و در تمام رج‌ها (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 ۳۰ N/mm بوده و عرض نوارهای کامپوزیت نیز ۲۵۰ mm می‌باشد که به فواصل مرکز به مرکز ۷۰۰mm به صورت افقی در ارتفاع دیوار توزیع می‌شود.

تیپ ۳: دیوارهای داخلی ۱۰ سانتی با حداکثر ارتفاع آزاد ۲/۸۵ متر و فاقد اتصال کشویی به سقف (با رعایت فاصله ۳ 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 جان‌پناه ۱۵ سانتی‌متری با حداکثر ارتفاع آزاد ۱/۳ متر. مشابه دیوار تیپ ۱، این تیپ دیوار نیز مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر از نوع BJM30-200 می‌باشد.

تیپ ۵: دیوارهای ۱۵ سانتی‌متری خرپشته با حداکثر ارتفاع آزاد ۲/۴ متر و دارای اتصال کشویی به سقف (با رعایت فاصله ۳ 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-۶-۲ 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 ۳۰N/mm و فواصل ۲۰۰mm (تمام رج‌ها)

HM30-250@700: نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف با ظرفیت کششی ۳۰ N/mm ، پهنای نوار ۲۵۰ mm و فواصل مرکز به مرکز ۷۰۰ 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).

تذکر۱: دیوارهای خرپشته گرچه تا حد زیادی مشابه دیوارهای پیرامونی هستند، امّا 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 خرپشته در تیپ جداگانه‌ای طبقه‌بندی شده است.

تذکر۲: 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 هریک 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:

وزن دیوار ۱۰ سانتی‌متری فاقد نازک‌کاری = $0.10\times900=90\ kg/m^2$

وزن دیوار ۱۵ سانتی‌متری فاقد نازک‌کاری = $0.15\times900=135\ kg/m^2$

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

دیوار	نازک‌کاری	وزن نازک‌کاری
راهرو و پله‌ها	سرامیک پرسلان	$0.04\times(2100)+0.01\times(2200)\approx105\ kg/m^2$
اتاق‌ها	اندود گچ و خاک و دو گچه پرداختی	$0.02\times(1600)+0.01\times(1300)\approx45\ kg/m^2$
سرویس‌ها و آشپزخانه	کاشی	$0.04\times(2100)+0.01\times(1700)\approx100\ kg/m^2$
اندود سیمانی	اندود سیمانی	$0.03\times(2100)\approx65\ kg/m^2$
نمای ساختمان	آجر نسوز ۲ سانتی	$0.04\times(2100)+0.02\times(1850)\approx100\ kg/m2$

به منظور تعیین وزن نهایی دیوارها، با توجه به پلان کاربری فضاها، بحرانی‌ترین نازک‌کاری برای هر یک از تیپ‌های دیوارها درنظر 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 دوگچه پرداختی** باشد. به‌این ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۱ به صورت زیر محاسبه می‌شود.

وزن دیوارهای تیپ ۱ = 45 + 135 + 100 = 280 kg/m² ≈ 2800 N/m²

در **خصوص دیوارهای تیپ ۲ (دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی‌متری)**، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی‌ترین حالت، حالتی است که یک وجه **کاشی** و وجه دیگر **سرامیک** باشد. به‌این ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۲ برای طراحی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

وزن دیوارهای تیپ ۲ = 100 + 135 + 105 = 340 kg/m² ≈ 3400 N/m²

در **خصوص دیوارهای تیپ ۳ (دیوارهای داخلی ۱۰ سانتی‌متری)**، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی‌ترین حالت، حالتی است که یک وجه **کاشی** و وجه دیگر **اندود گچ و خاک و دوگچه پرداختی** باشد. به‌این ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۳ برای طراحی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

وزن دیوارهای تیپ ۳ = 45 + 90 + 100 = 235 kg/m² ≈ 2350 N/m²

در **خصوص دیوارهای تیپ ۴ (دیوارهای جان‌پناه ۱۵ سانتی‌متری)**، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی‌ترین حالت، حالتی است که یک وجه **نما** و وجه دیگر **اندود سیمانی** باشد. به‌این ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۴ برای طراحی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

وزن دیوارهای تیپ ۴ = 65 + 135 + 100 = 300 kg/m² ≈ 3000 N/m²

در **خصوص دیوارهای تیپ ۵ (دیوارهای خرپشته ۱۵ سانتی‌متری)**، با توجه به فضاهای موجود در پلان معماری، بحرانی‌ترین حالت، حالتی است که یک وجه **نما** و وجه دیگر **سرامیک پرسلان** باشد. به‌این ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۵ برای طراحی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

وزن دیوارهای تیپ ۵ = 105 + 135 + 100 = 340 kg/m² ≈ 3400 N/m²

تذکر: لازم به ذکر است برخی از دیوارهای موجود در هر یک از تیپ‌ها 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.

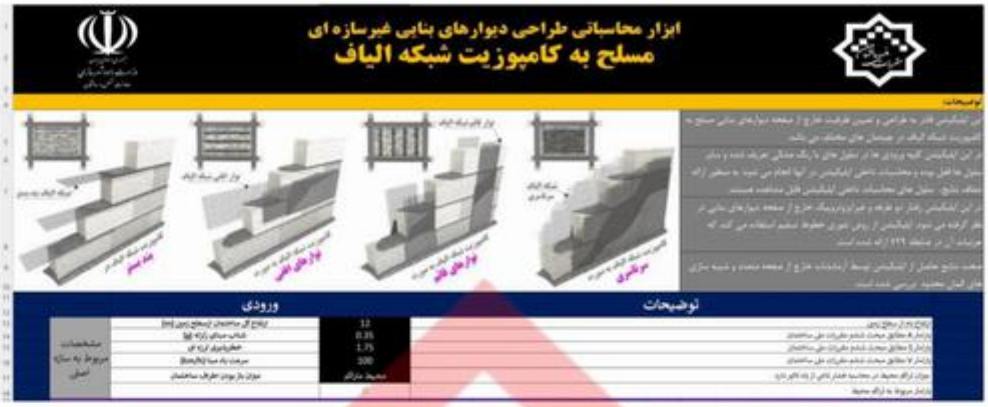
پ-۶-۴- مرحله چهارم: تعیین محل احداث و مشخصات ساختمان

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 ۶-۱-۱ 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 ۲-۱ در محاسبه نیروی ناشی از باد برای مناطق شهری متراکم، ارتفاع ساختمان نباید کمتر از ۱۲ متر درنظر 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 درنظر گرفته شده است.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۶-۵ تعریف مشخصات ساختمان در ابزار محاسباتی تحت اکسل

شکل پ-۶-۶ تعریف مشخصات دیوار تیپ ۱ در ابزار محاسباتی تحت اکسل:

طول خالص دیوار با سعی و خطا به نحوی تنظیم شده است که نسبت تقاضا به ظرفیت دیوار برابر با ۱ باشد. این طول برابر با طول بحرانی دیوارهای تیپ ۱ خواهد بود.

دفتر 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)

با استفاده از ابزار محاسباتی تحت اکسل، نیروی خارج از صفحه وارد بر تیپ‌های مختلف دیوار در جدول (پ-۶-۴) ارائه شده است.

جدول پ-۶-۴ نیروی خارج از صفحه ناشی از زلزله و باد

تیپ دیوار	توضیحات تیپ دیوار	وزن تیپ دیوار	نیروی ناشی از زلزله	نیروی ناشی از باد	نیروی نهایی طراحی
تیپ ۱	دیوار پیرامونی ۱۵ سانتی‌متری	2800 N/m^2	1.29 kPa	1.40 kPa	**1.40 kPa**
تیپ ۲	دیوار داخلی ۱۵ سانتی‌متری	3400 N/m^2	1.57 kPa	-	**1.57 kPa**
تیپ ۳	دیوار داخلی ۱۰ سانتی‌متری	2350 N/m^2	1.09 kPa	-	**1.09 kPa**
تیپ ۴	دیوار جان پناه ۱۵ سانتی‌متری	3000 N/m^2	1.39 kPa	1.40 kPa	**1.40 kPa**
تیپ ۵	دیوار خرپشته ۱۵ سانتی‌متری	3400 N/m^2	3.14 kPa	1.40 kPa	**3.14 kPa**

تذکر: در نسخه فعلی ابزار محاسباتی تحت اکسل، ضریب اصلاح شتاب خرپشته (λ_s) قابل تعریف نبوده و مقدار آن برابر ۱ درنظر گرفته شده است. لذا به منظور محاسبه نیرو و طول بحرانی دیوارهای خرپشته (دیوار تیپ ۵ در این پروژه)، لازم است شتاب مبنای 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 درنظر 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-۶-۵) طول آزاد دیوار تیپ ۱ برابر با ۶ متر درنظر 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-۶-۵) ارائه شده است.

جدول پ-۶-۵ 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) درنظر 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، بازوشوی 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 خرپشته، درب موجود در دیوار خرپشته 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 وادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن‌ها

جانمایی وادارها 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 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 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 درنظرگرفت. 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.

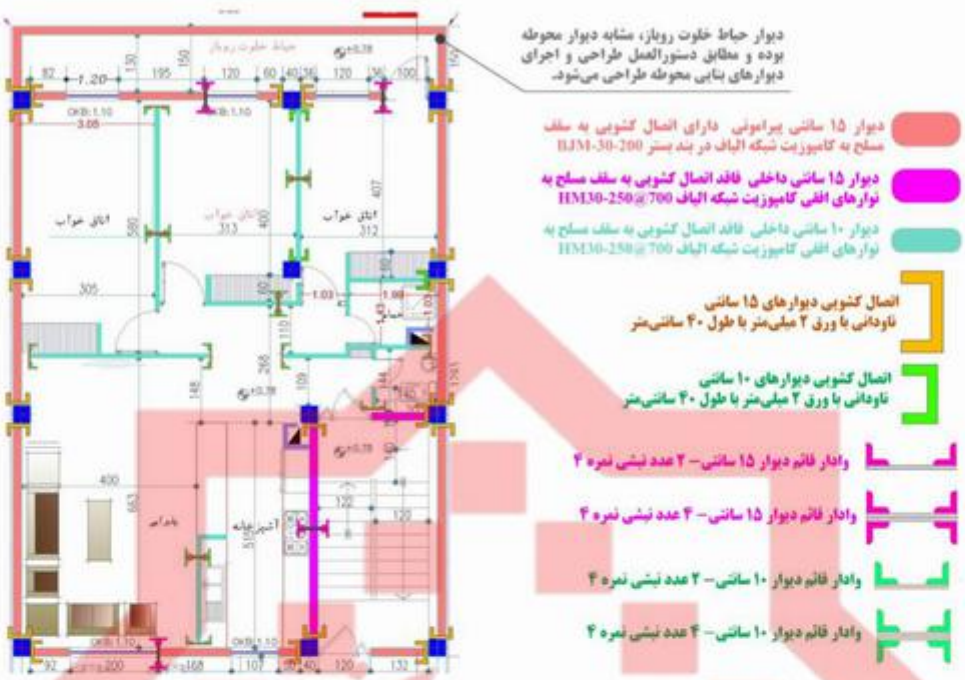
- برای اتصال دیوارهای با دو ضخامت مختلف (مثلا اتصال دیوار ۱۵ سانتی‌متری به دیوار ۱۰ سانتی‌متری) از اتصال جداسازی شده، استفاده می‌شود. علت این امر آن است که ممکن است بلوک‌های با ضخامت غیریکسان، دارای ارتفاع غیریکسان نیز باشد. ارتفاع غیریکسان در بلوک‌ها منجر به دشواری در اجرای اتصال هشتگیر خواهد شد.

تذکر ۱: الزامات فنی ارائه شده بخشی از الزامات این راهنما بوده و بر اساس این راهنما اجرای آن‌ها الزامی است. امّا، 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، امّا 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.

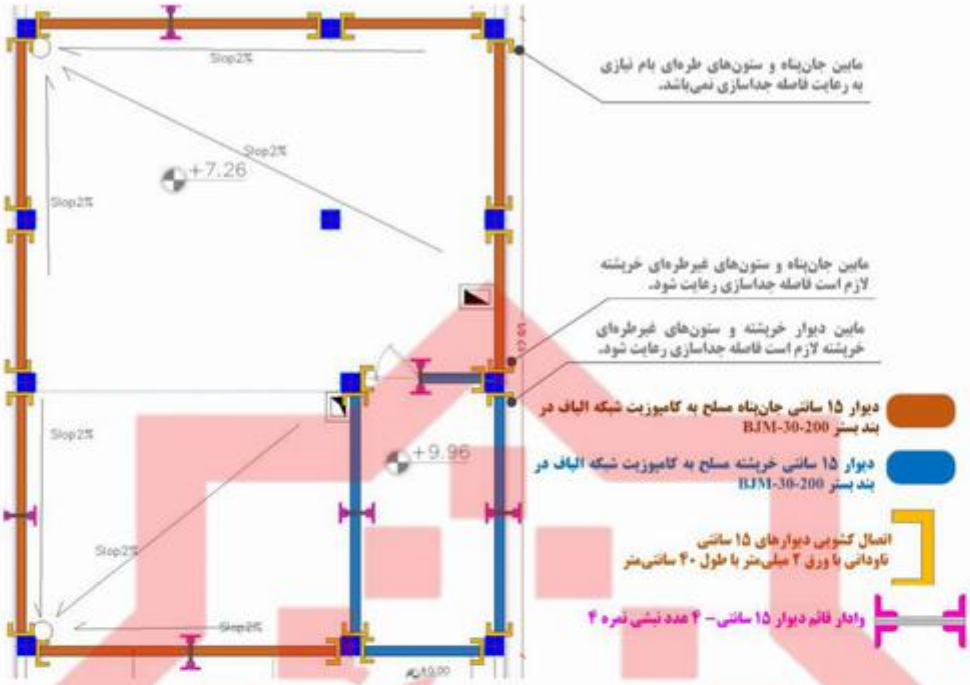
جانمایی وادارهای قائم در طبقات در شکل‌های (پ-۶-۸) الی (پ-۶-۱۰) ارائه شده است. به منظور ارائه جزئیات بیشتر در خصوص دیوارهای اطراف داکت تاسیسات، دیوارهای دارای بیرون‌زدگی، همچنین رعایت طول‌های بحرانی، بخش‌هایی از پلان طبقه همکف و اول به صورت بزرگنمایی شده به ترتیب در شکل‌های (پ-۶-۱۱) و (پ-۶-۱۲) نشان داده شده است.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

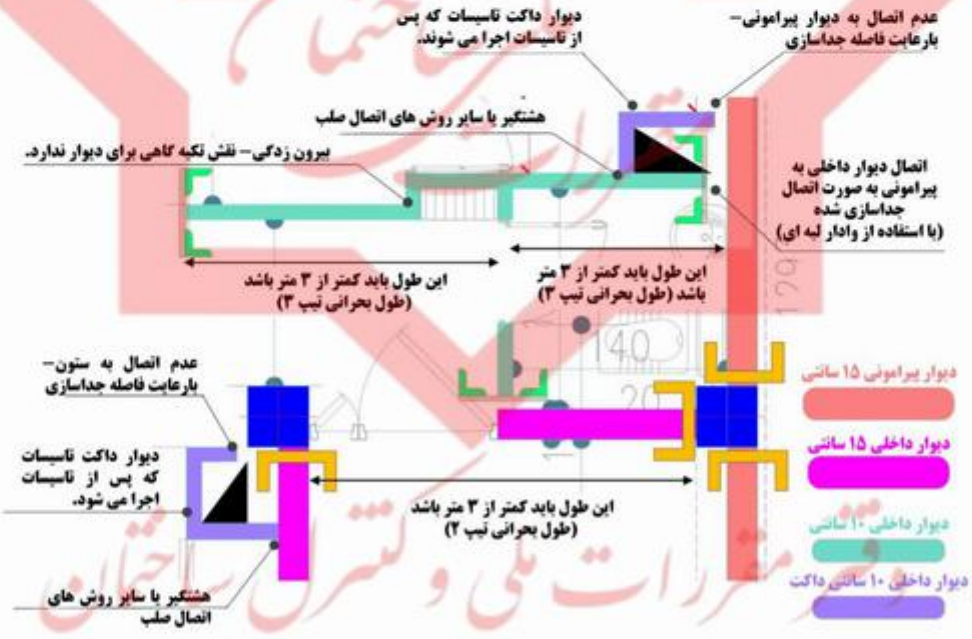


شکل پ-۶-۸ تیپ‌بندی دیوارها، جانمایی وادارهای قائم و اتصالات کشویی در طبقه همکف

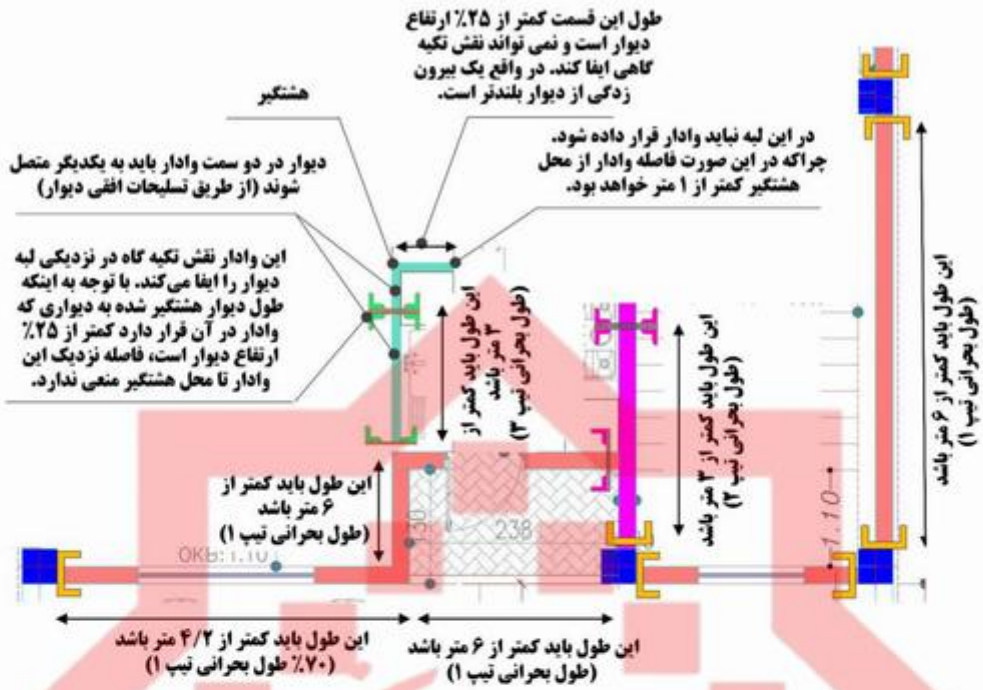
شکل پ-۶-۹ تیپ‌بندی دیوارها، جانمایی وادارهای قائم و اتصالات کشویی در طبقه اول



شکل پ-۶-۱۰ تیپ‌بندی دیوارها، جانمایی وادارهای قائم و اتصالات کشویی در بام و خرپشته



شکل پ-۶-۱۱ جزئیاتی در خصوص دیوارهای اطراف داکت تاسیسات و دیوارهای دارای بیرون‌زدگی



شکل پ-۶-۱۲ جزئیاتی در خصوص دیوارهای دارای بیرون‌زدگی در لبه دیوار و رعایت طول بحرانی در دیوارهای با و بدون بازشو

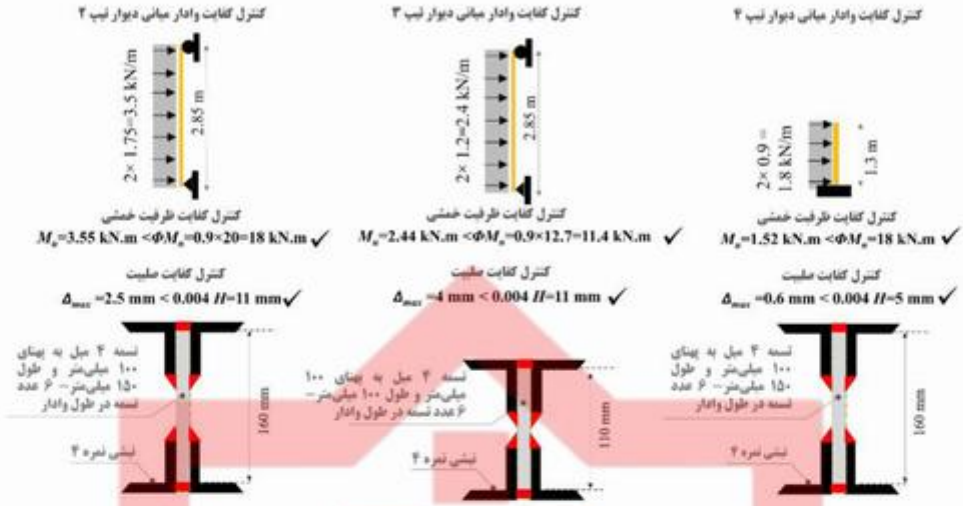
بر اساس ملاحظات اجرایی، تصمیم گرفته شده است که وادارها با استفاده از نبشی‌های نمره ۴ ساخته شوند. علت اصلی آن است که لازم است لبه وادار حداقل به میزان ۳ سانتی‌متر دیوار را در بر داشته باشد. با توجه به عدم قطعیت ابعادی، همچنین خطا و تلرانس‌های اجرایی قابل انتظار، تصمیم بر این است که از نبشی نمره ۴ که دارای پهنای بال ۴ سانتی‌متر است، استفاده شود. به‌این 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، عکس العمل تکیه‌گاهی ایجاد شده در لبه‌های دیوار را نیز ارائه می‌دهد. عکس العمل‌های تکیه‌گاهی تیپ‌های 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		نیروی تکیه‌گاهی لبه قائم	
			کل نیرو	نیرو در ۱ متر از طول دیوار	کل نیرو	نیرو در ۱ متر از ارتفاع دیوار
تیپ ۱	دیوار پیرامونی ۱۵ سانتی‌متری	6.0 m	9.15 kN	1.50 kN/m	2.85 kN	1.00 kN/m
تیپ ۲	دیوار داخلی ۱۵ سانتی‌متری	3.0 m	0	0	4.95 kN	1.75 kN/m
تیپ ۳	دیوار داخلی ۱۰ سانتی‌متری	3.0 m	0	0	3.40 kN	1.20 kN/m
تیپ ۴	دیوار جان پناه ۱۵ سانتی‌متری	4.0 m	0	0	1.20 kN	0.90 kN/m
تیپ ۵	دیوار خرپشته ۱۵ سانتی‌متری	3.0 m	6.80 kN	2.25 kN/m	4.50 kN	1.85 kN/m

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 درنظر 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.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۶-۱۳ کنترل کفایت وادارهای میانی دیوارهای تیپ ۲ و ۳ و ۴

تذکر: در خصوص وادارهای لبه‌ای که دارای اتصال کشویی هستند، لازم است در قسمت فوقانی وادار، پهنای وادار به صورت موضعی افزایش یابد. مطابق شکل (۴-۱۲)، این کار با استفاده از ورق هم باد انجام شده و بدین ترتیب تضمین می‌شود بخش فوقانی وادار تحت هیچ شرایطی از داخل اتصال کشویی بیرون نرود.

پ-۶-۸- مرحله هشتم: طراحی اتصالات

پ-۶-۸-۱- اتصال دیوار به کف

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.

تذکر: در صورتی که رفتار دیوار به صورت یک طرفه تحت خمش قائم باشد (دیوارهای دارای لبه‌های قائم آزاد) و امکان اجرای کف سازی در مجاورت هر دو سمت لبه تحتانی دیوار وجود نداشته باشد، لازم است در وجهی از لبه تحتانی که فاقد کف سازی است، از قطعات فلزی (همانند نبشی یا تسمه) به منظور مهار خارج از صفحه لبه تحتانی دیوار استفاده شود.

پ-۶-۸-۲- اتصال دیوار به سقف

در این پروژه تنها دیوارهای تیپ 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 (۴-۳) 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 (۴-۳) 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 ۴۰ سانتی‌متر از این اتصال دارای ظرفیتی برابر با 0.4×4.3=1.7 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 ۴۰ سانتی‌متر قرار داده شود. همچنین مطابق جدول (۴-۳)، یک متر از این اتصال نیاز به ۳ عدد رول بولت سایز ۶ دارد، لذا قطعه‌ای به طول ۴۰ 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 وارد 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 (۴-۳) 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 ۵۵ سانتی‌متر از این اتصال دارای ظرفیتی برابر با 0.55×4.3=2.4 kN خواهد بود. بنابراین برای دیوارهای تیپ ۵ (دیوارهای خرپشته) کافی است در هر متر از لبه فوقانی دیوار اتصال کشویی نوع ۱ به طول ۵۵ سانتی‌متر قرار داده شود. همچنین مطابق جدول (۴-۳)، یک متر از این اتصال نیاز به ۳ عدد رول بولت سایز ۶ دارد، لذا قطعه‌ای به طول ۵۵ 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-۶-۷ جزئیات اتصالات کشویی دیوار به سقف

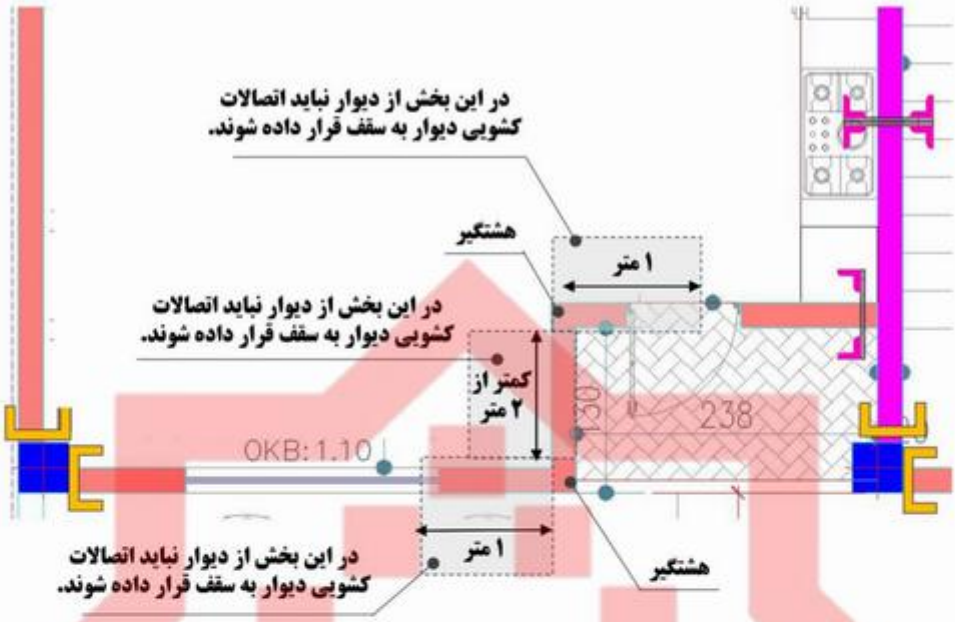
جزئیات اتصال کشویی دیوار به سقف

تیپ دیوار	توضیحات تیپ دیوار	فواصل مرکز به مرکز	طول قطعه اتصال	پهنای ورق بال	ضخامت ورق	جزئیات رول بولت
تیپ ۱	دیوارهای پیرامونی	1 m	0.4 m	60 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۴-۲)
تیپ ۵	دیوار خرپشته	1 m	0.55 m	60 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۴-۲)

تذکر۱: 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 درنظر گرفته شده است.

تذکر۲: 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 درنظرگرفت اما لازم است دیوار کوتاه (بیرون‌زدگی دیوار بلندتر) فاقد اتصال کشویی به سقف باشد. در این پروژه چنین شرایطی وجود ندارد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۶-۱۴ لزوم رعایت حداقل فاصله ۱ متری بین اتصالات کشویی دیوار به سقف از محل هشتگیر

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):

$$G=(I_p\delta_m\text{-}0.003)H_w=(1.0\times0.015\text{-}0.003)\times2850=34\ \text{mm}\approx40\ \text{mm}$$

بنابراین در این پروژه فاصله جداسازی بین دیوار و ستون برابر با ۴۰ میلی‌متر درنظر گرفته شده است. لازم به ذکر است فاصله جداسازی بین جان‌پناه و ستون‌های غیرطره‌ای (مثل ستون خرپشته) را می‌توان ۲۰ میلی‌متر درنظر 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= 30mm و برای اتصال نوع ۲ G=50 mm است. در پروژه مدنظر G=40 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 (پ-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 ۲G+۳۰ mm=۱۱۰mm باشد. جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون برای دیوارهای تیپ ۱ در جدول (پ-۶-۸) نیز ارائه شده است.

برای دیوار تیپ ۲: مطابق جدول (پ-۶-۶) کل نیروی وارد بر اتصالات کشویی دیوار به ستون در دیوار تیپ ۲ برابر با ۴/۹۵kN 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 ۲G+۳۰ mm=۱۱۰mm باشد. جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون برای دیوارهای تیپ ۲ در جدول (پ-۶-۸) نیز ارائه شده است.

برای دیوار تیپ ۳: مطابق جدول (پ-۶-۶) کل نیروی وارد بر اتصالات کشویی دیوار به ستون در دیوار تیپ ۳ برابر با ۳/۴kN 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 ۲G+۳۰ mm=۱۱۰mm باشد. جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون برای دیوارهای تیپ ۳ در جدول (پ-۶-۸) 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 ۱/۲۰kN 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. امّا در محل اتصال جان‌پناه به ستون‌های خرپشته لازم است فاصله جداسازی به مقدار G=۲۰mm رعایت شود. بنابراین در جهت اطمینان می‌توان برای کلیه اتصالات کشویی جان‌پناه، عرض بال مورد نیاز را برابر با ۲G+۳۰=۷۰mm درنظر گرفت. با این وجود استفاده از عرض بال ۱۱۰ میلی‌متر نیز که برای سایر دیوارها به‌دست 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 ۳/۶kN 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، امّا 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 درنظر 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 ۴/۵kN است. اتصال کشویی مدنظر دارای ظرفیت ۳kN در یک متر از طول خود است. بنابراین کل طول اتصال کشویی مورد نیاز در لبه قائم دیوارهای تیپ ۵ برابر با ۱/۵ متر می‌باشد. لذا می‌توان از سه قطعه اتصال هر یک به طول ۵۰ سانتی‌متر استفاده نمود. امّا 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 ۲G+۳۰ mm=۱۱۰mm 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

تیپ دیوار	توضیحات تیپ دیوار	تعداد	طول قطعه اتصال	پهنای ورق بال	ضخامت ورق	جزئیات رول بولت هر قطعه اتصال
تیپ ۱	دیوارهای پیرامونی	۳ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۴-۲)
تیپ ۲	دیوار داخلی ۱۵ سانتی	۴ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۴-۲)
تیپ ۳	دیوار داخلی ۱۰ سانتی	۳ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۴-۲)
تیپ ۴	دیوار جان‌پناه	۱ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۴-۲)
تیپ ۵	دیوار خرپشته	۴ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۴-۲)

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 (۴-۱۵) و (۴-۱۶) باشد.

تذکر۱: 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.

تذکر۲: بر اساس تعریف ارائه شده در تذکر۱، کلیه دیوارهای اطراف داکت تاسیسات، به دیوار اصلی هشتگیر شده و یک بیرون‌زدگی برای دیوار اصلی محسوب می‌شوند.

تذکر۳: شکل‌های (پ-۶-۱۱) و (پ-۶-۱۲) نمونه‌هایی از روند قابل قبول در طراحی دیوارهای دارای بیرون‌زدگی را نشان می‌دهند.

تذکر۴: در صورتی که طول آزاد بیرون‌زدگی کمتر از ۷۰ سانتی‌متر باشد، قسمت بیرون‌زده می‌تواند به صورت غیرمسلح اجرا شود. با این وجود توصیه می‌شود تاحدامکان در محل هشتگیر از تسلیح افقی استفاده شود حتی برای بیرون‌زدگی دیوار. همچنین توصیه می‌شود همواره لبه قائم آزاد بیرون زدگی با استفاده از نوارهای 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 لبه‌ای استفاده می‌شود. وادارهای لبه‌ای در این پروژه با استفاده از جفت نبشی نمره ۴ ساخته شده و کفایت مقطع آن‌ها پیش‌تر در بخش پ-۶-۷ بررسی گردیده است. در اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده، لازم است بین وادار لبه‌ای اتصال و دیوار ممتد پشت وادار، فاصله جداسازی به اندازه G رعایت شود. در پروژه مدنظر G=40 mm است.

پ-۶-۸-۶- اتصال وادار به سقف

نیروی وارد بر اتصالات فوقانی وادارهای میانی در تیپ‌های مختلف دیوار بر اساس نیروهای واحد طول ایجاد شده در لبه تکیه‌گاهی قائم دیوار قابل محاسبه است. برای این منظور کافی است مقدار نیروی تکیه‌گاهی 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 می‌شود)، 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 تیپ‌های مختلف دیوار مطابق جدول (پ-۶-۹) محاسبه می‌شود. 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 تیپ ۱	2×1.00=2.0 kN/m	2.85 m	2.9 kN	ناودانی با طول ۲۰۰ میلی‌متر و ضخامت ورق ۴ میلی‌متر با ۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل
وادارهای میانی دیوار تیپ ۲	2×1.75=3.5 kN/m	2.85 m	5.0 kN	ناودانی با طول ۳۰۰ میلی‌متر و ضخامت ورق ۴ میلی‌متر با ۳ عدد رول بولت سایز ۸ میل
وادارهای میانی دیوار تیپ ۳	2×1.20=2.4 kN/m	2.85 m	3.4 kN	ناودانی با طول ۲۰۰ میلی‌متر و ضخامت ورق ۴ میلی‌متر با ۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل
وادارهای میانی دیوار تیپ ۴	2×0.90=1.8 kN/m	1.3 m	0 (وادار طره‌ای)	-
وادارهای میانی دیوار تیپ ۵	2×1.85=3.7 kN/m	2.4 m	4.45 kN	ناودانی با طول ۳۰۰ میلی‌متر و ضخامت ورق ۴ میلی‌متر با ۳ عدد رول بولت سایز ۸ میل

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 نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه درب‌ها برابر با ۶۵ سانتی‌متر و ارتفاع دیوار روی نعل‌درگاه پنجره‌ها ۲۵ سانتی‌متر درنظر گرفته می‌شود. در بالای درب‌های اتاق خواب کانال‌های کولر قرار دارد که در جهت اطمینان از کاهش بار روی نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه، بار گسترده خطی وارد بر نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه، تقریبا تمام وزن دیوار بر روی نعل‌درگاه وارد شده و توزیع بار روی نعل‌درگاه به صورت مستطیلی درنظر گرفته شده است و نه مثلثی (برای جزئیات بیشتر به شکل (۴-۲۱) مراجعه شود).

روند طراحی نعل‌درگاه در بخش ۴-۹ ارائه شده است. بر این اساس، نعل‌درگاه لازم است اولاً دارای ظرفیت خمشی کافی برای تحمل بار گسترده ناشی از وزن دیوار بالای بازشو باشد و دوماً خیز نعل‌درگاه 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 نعل‌درگاه است. مقطع طراحی شده برای نعل‌درگاه در بازشوهای مختلف در این پروژه در جدول (پ-۶-۱۰) ارائه شده است. در جهت اطمینان کلیه نعل‌درگاه‌ها به صورت تیرهای دو سر مفصل طراحی شده است.

جدول پ-۶-۱۰ بارگسترده و مقطع طراحی شده برای نعل‌درگاه‌ها

نوع بازشو	بار گسترده روی نعل‌درگاه	عرض بازشو	مقطع نعل‌درگاه
درب دیوار پیرامونی	0.65×2.8=1.8 kN/m	1.20 m	2L50×50×5
درب واحد	0.65×3.4=2.2 kN/m	1.20 m	2L50×50×5
درب اتاق‌های خواب	0.65×2.35=1.5 kN/m	1.0 m	2L40×40×4
درب سرویس / حمام	0.65×2.35=1.5 kN/m	0.70 m	2L40×40×4
پنجره دیوار پیرامونی	0.25×2.8=0.7 kN/m	2.0 m	2L50×50×5
		1.20 m	2L40×40×4

تذکر۱: اتصال نعل‌درگاه به وادار و قاب فرعی (ساب فریم) مطابق جزئیات بخش ۴-۹ می‌باشد.

تذکر۲: در مواردی که طول نشیمن کافی برای نعل‌درگاه وجود نداشته باشد، لازم است در محل بازشو از قاب فرعی (ساب فریم) استفاده شود و نعل‌درگاه 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 درنظرگرفت. جزئیات اتصال ساق‌های قائم قاب فرعی (ساب فریم) به کف را نیز می‌توان مشابه جزئیات اتصال وادارهای قائم به کف، درنظر گرفت.

مقررات ملی ساختمان
دفتر 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 به‌صورت پرسش مطرح شده و با پاسخ به آن‌ها شفاف‌سازی صورت گرفته است.

آیا تنها در صورتی که طول دیوار بیشتر از ۴ متر باشد، به وادار نیاز است؟

این موضوع یکی از متداول‌ترین سوء برداشت‌ها از الزامات پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ایران (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) است. بر اساس پیوست ششم استاندارد ایران ۲۸۰۰، طول آزاد دیوار را نمی‌توان بیشتر از ۴ متر درنظر 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 روش‌های محاسباتی ارائه شده در این راهنما و ضابطه شماره ۷۲۹ سازمان برنامه و بودجه کشور، در برخی موارد در طول‌های 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 روش‌های 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 ممکن‌است 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. امّا بر اساس هر سه مرجع فوق، صرفاً اجرای میلگرد بستر 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 میلگرد بستر اجرا شده باشد و دوماً با فرض رفتار خمش 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 شماره۷۲۹، عدم برقراری اتصال کشویی دیوار به سقف تنها در صورتی مجاز است که ظرفیت خارج از صفحه دیوار با درنظر 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) درنظر 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 امّا 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؟

براساس 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 درنظر گرفته شود. بسته به محاسبات، این فواصل ممکن‌است متغیر باشد. بر اساس ترتیبات این راهنما و ضابطه شماره ۷۲۹، فواصل میلگردهای بستر نباید بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر درنظر 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 درنظر گرفته شود. در اکثر موارد متداول، لازم است میلگردهای بستر به صورت یک رج درمیان 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.

بر اساس این راهنما، اتصالات کشویی باید دیوار را حداقل به اندازه ۳ سانتی‌متر در بر گیرند. یعنی با فرض ایجاد ۳ سانتی‌متر فاصله بین لبه فوقانی دیوار با زیر سقف، لازم است پهنای بال اتصال کشویی حداقل ۶ سانتی‌متر باشد.
در تصویر فوق عملاً اتصالات کشویی تنها یونولیت بالای دیوار را گرفته است.
علاوه بر آن، از منظر کنترل حریق و جلوگیری از سرایت و انتشار آتش و دود، استفاده از یونولیت به عنوان پر کننده درز مناسب نبوده و لازم است از سایر مصالح همانند پشم سنگ استفاده شود.

بر اساس این راهنما، اتصالات کشویی باید دیوار را حداقل به اندازه ۳ سانتی‌متر در بر گیرند. حتی با فرض ایجاد درزی به اندازه تنها ۳ سانتی‌متر مابین دیوار و ستون، با توجه به اینکه تغییرمکان نسبی طبقه می‌تواند منجر به نزدیک شدن یا دور شدن اتصال کشویی به دیوار شود، لذا لازم است پهنای بال اتصال کشویی دیوار به ستون حداقل ۹ سانتی‌متر باشد که در این تصویر بسیار کمتر است.

شکل پ-۷-۱ ایرادات متداول ناکافی بودن پهنای بال در اتصالات کشویی دیوار به سقف و دیوار به ستون.

عدم جداسازی تیر عمود بر دیوار که می‌تواند منجر به انتقال تغییرمکان نسبی طبقه در امتداد داخل صفحه به دیوار شود. بر اساس راهنمای حاضر، لازم است بین دیوار و تیرهای متصل به دیوار نیز جداسازی رعایت شود.

شکل پ-۷-۲ ایراد متداول عدم جداسازی بین تیر و دیوار.

شکل پ-۷-۳ ایراد متداول قلاب نمودن میلگردبستر به اتصالات کشویی.

شکل پ-۷-۴ ایرادات متداول مربوط به نعل‌درگاه بازشوها.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

شکل پ-۷-۵ ایراد متداول مربوط به قرارگیری اتصال کشویی وادار در داخل ضخامت دیوار.

شکل پ-۷-۶ ایراد متداول مربوط به بست‌های مورد نیاز جهت یکپارچه سازی 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 دهانه‌های دارای مهاربند

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

مقررات ملی 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- پیشنویس 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", he 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.

مقررات ملی ساختمان
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

مقررات ملی 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