



و قمر مقررآت ملی و کترل ساختمان



جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
معاونت مسکن و ساختمان

دستور العمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به صورت پروژه محور

مجلس مقررآت
مقررآت ملی و کترل ساختمان

و قمر مقررآت ملی و کترل ساختمان

عنوان و نام پدیدآور	دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به صورت پروژه محور/ 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	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
شناسه افزوده	Road, Housing and Urban Development Research Center
رده‌بندی کنگره	:
رده‌بندی دیوبی	:
شماره کتابشناسی ملی	:
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:



نام کتاب: دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به صورت پروژه محور

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

ناشر: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شماره نشر:

تیراژ:

نوبت چاپ: اول

قیمت:

قطع: وزیری

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: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ دورنگار: ۸۸۳۸۴۱۳۲

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

پست الکترونیکی: Mabhas@inbr.ir



رونوشت:

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



دقتر مقررات ملی و کتترل ساجتمان

پیش‌گفتار

در یک دهه گذشته، پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه‌ی طراحی و اجرای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در کشور حاصل شده است. تدوین دستورالعمل‌ها و ضوابط متعدد در این حوزه، موجب افزایش آگاهی و توجه مهندسان و مجریان صنعت ساخت‌وساز نسبت به اهمیت طراحی و اجرای صحیح این نوع دیوارها شده است. با توجه به آنکه طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای موضوعی نسبتاً نوپا در کشور به شمار می‌رود، روند طراحی و محاسبات مرتبط با دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در برخی موارد برای مهندسان محاسب با ابهاماتی همراه بوده است. افزون بر این، دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های موجود، پاسخگوی تمامی وضعیت‌ها و چالش‌های اجرایی در پروژه‌های واقعی نمی‌باشند. بر همین اساس و در نتیجه‌ی پایش‌های انجام‌شده توسط دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، نیاز به تدوین دستورالعملی پروژه‌محور برای طراحی و تهیه‌ی دفترچه محاسبات دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به‌وضوح احساس گردید.

دستورالعمل حاضر، تلاشی است در راستای ارائه‌ی راهکارهای عملیاتی و شفاف‌سازی روند طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به‌صورت پروژه‌محور. امید است این دستورالعمل بتواند با رفع ابهامات موجود، گامی مؤثر در جهت ارتقای تاب‌آوری لرزه‌ای در صنعت ساخت‌وساز کشور بردارد.

حامد مانی‌فر

مدیرکل دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



دقتر مقررات ملی و کتترل ساجتمان

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱- اهداف و دامنه کاربرد	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ اهداف و دامنه کاربرد	۲
فصل ۲- تقاضای خارج از صفحه دیوار	۹
۱-۲ نیروی ناشی از باد	۹
۲-۲ نیروی ناشی از زلزله	۱۱
فصل ۳- ظرفیت خارج از صفحه دیوار	۱۳
۱-۳ ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی	۱۳
۱-۱-۳ دیوارهای بنایی غیر مسلح	۱۶
۲-۱-۳ دیوارهای بنایی مسلح به میلگردبستر	۱۹
۳-۱-۳ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر	۲۱
۴-۱-۳ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی	۲۳
۵-۱-۳ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای قائم	۲۴
۶-۱-۳ دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سرتاسری	۲۶
۲-۳ طول بحرانی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای	۲۶
۱-۲-۳ مفهوم طول بحرانی و کاربرد آن	۲۶
۲-۲-۳ محاسبه طول بحرانی دیوار با استفاده از روابط تحلیلی دستورالعمل	۲۸
۳-۲-۳ محاسبه طول بحرانی دیوار با استفاده از تحلیل اجزاء محدود	۳۰
فصل ۴- طراحی پروژه محور	۳۳
۱-۴ مرحله اول-پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه	۳۴
۲-۴ مرحله دوم- تیپ بندی دیوارها و تعیین تسلیحات و شرایط مرزی	۳۵

مرحله سوم- محاسبه وزن هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۳-۴
مرحله چهارم- تعیین محل احداث و مشخصات ساختمان.....	۴-۴
مرحله پنجم- تخمین تقاضای خارج از صفحه هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۵-۴
مرحله ششم - تعیین طول بحرانی برای هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۶-۴
مرحله هفتم - جانمایی وادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن‌ها.....	۷-۴
مرحله هشتم - طراحی اتصالات.....	۸-۴
۱-۸-۴ اتصال دیوار به کف.....	۴۴
۲-۸-۴ اتصال دیوار به سقف.....	۴۴
۳-۸-۴ اتصال دیوار به ستون.....	۴۷
۴-۸-۴ اتصال دیوار به وادار.....	۵۰
۵-۸-۴ اتصال دیوار به دیوار.....	۵۱
۶-۸-۴ اتصال وادار به کف.....	۵۷
۷-۸-۴ اتصال وادار به سقف.....	۵۸
مرحله نهم - طراحی نعل درگاه و ساب فریم.....	۹-۴
۱۰-۴ سایر الزامات طراحی و اجرایی.....	۶۴
۱-۱۰-۴ اثر حضور بازشو در طول بحرانی.....	۶۴
۲-۱۰-۴ الزامات جداسازی دیوار از آویز تیرها و سایر تجهیزات متصل به سقف.....	۶۸
۳-۱۰-۴ کفایت اتصال هشت‌گیر به منظور ایفای نقش تکیه‌گاهی.....	۶۸
۴-۱۰-۴ الزامات عمل‌آوری دیوار بنایی.....	۷۱
۵-۱۰-۴ شیارزنی.....	۷۱
۶-۱۰-۴ ملات بند قائم.....	۷۲
۷-۱۰-۴ مهار موقت در حین ساخت.....	۷۲
۸-۱۰-۴ دیوارهای کوتاه و بیرون‌زدگی‌های دیوار.....	۷۳
پیوست ۱- صحت روابط مربوط به تقاضای خارج از صفحه دیوار.....	۷۵
پ-۱-۱- بررسی دقت روابط ارائه شده برای نیروی ناشی از باد.....	۷۵
پ-۲-۱- بررسی دقت روابط ارائه شده برای نیروی ناشی از زلزله.....	۷۹
پیوست ۲- صحت روابط مربوط به ظرفیت خارج از صفحه دیوار.....	۸۷

پ-۲-۱- ظرفیت خمش قائم دیوار غیر مسلح.....	۸۷
پ-۲-۲- ظرفیت خمش افقی دیوار غیر مسلح.....	۸۸
پ-۲-۳- ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به میلگرد بستر.....	۹۰
پ-۲-۴- ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر.....	۹۱
پ-۲-۵- ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف.....	۹۲
پ-۲-۶- ظرفیت خمش قائم دیوار مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف.....	۹۳
پ-۲-۷- ظرفیت خارج از صفحه دیوار تحت خمش دوطرفه.....	۹۵
پ-۲-۸- جمع بندی.....	۹۸
پیوست ۳- ابزار محاسباتی تحت اکسل.....	۱۰۱
پیوست ۴- آزمون های تعیین مشخصات تسلیحات.....	۱۰۳
پ-۴-۱- کنترل کیفیت و آزمون کششی میلگرد بستر.....	۱۰۳
پ-۴-۲- کنترل کیفیت و آزمون کششی کامپوزیت شبکه الیاف.....	۱۰۴
پیوست ۵- نمونه پروژه- بیمارستان.....	۱۰۷
پ-۵-۱- مرحله اول: پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه.....	۱۰۷
پ-۵-۲- مرحله دوم: تیپ بندی دیوارها و تعیین تسلیحات و شرایط مرزی.....	۱۰۸
پ-۵-۳- مرحله سوم: محاسبه وزن هر یک از تیپ های دیوار.....	۱۱۱
پ-۵-۴- مرحله چهارم: تعیین محل احداث و مشخصات ساختمان.....	۱۱۴
پ-۵-۵- مرحله پنجم: تخمین تقاضای خارج از صفحه هر یک از تیپ های دیوار.....	۱۱۴
پ-۵-۶- مرحله ششم: تعیین طول بحرانی برای هر یک از تیپ های دیوار.....	۱۱۶
پ-۵-۷- مرحله هفتم: جانمایی و ادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن ها.....	۱۱۹
پ-۵-۸- مرحله هشتم: طراحی اتصالات.....	۱۲۶
پ-۵-۸-۱- اتصال دیوار به کف.....	۱۲۶
پ-۵-۸-۲- اتصال دیوار به سقف.....	۱۲۶
پ-۵-۸-۳- اتصال دیوار به ستون.....	۱۲۸
پ-۵-۸-۴- اتصال دیوار به دیوار به صورت هشتگیر.....	۱۳۳
پ-۵-۸-۵- اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده.....	۱۳۳
پ-۵-۸-۶- اتصال وادار به سقف.....	۱۳۴

پ-۵-۸-۶- اتصال وادار به کف.....	۱۳۸
پ-۵-۹- مرحله نهم: طراحی نعل درگاه و ساب فریم.....	۱۴۰
پیوست ۶- نمونه پروژه- ساختمان مسکونی.....	۱۴۵
پ-۶-۱- مرحله اول: پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه.....	۱۴۵
پ-۶-۲- مرحله دوم: تیپ‌بندی دیوارها و تعیین تسلیحات و شرایط مرزی.....	۱۴۶
پ-۶-۳- مرحله سوم: محاسبه وزن هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۱۵۰
پ-۶-۴- مرحله چهارم: تعیین محل احداث و مشخصات ساختمان.....	۱۵۲
پ-۶-۵- مرحله پنجم: تخمین تقاضای خارج از صفحه هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۱۵۲
پ-۶-۶- مرحله ششم: تعیین طول بحرانی برای هر یک از تیپ‌های دیوار.....	۱۵۴
پ-۶-۷- مرحله هفتم: جانمایی وادارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن‌ها.....	۱۵۶
پ-۶-۸- مرحله هشتم: طراحی اتصالات.....	۱۶۲
پ-۶-۸-۱- اتصال دیوار به کف.....	۱۶۲
پ-۶-۸-۲- اتصال دیوار به سقف.....	۱۶۲
پ-۶-۸-۳- اتصال دیوار به ستون.....	۱۶۴
پ-۶-۸-۴- اتصال دیوار به دیوار به صورت هشتگیر.....	۱۶۷
پ-۶-۸-۵- اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده.....	۱۶۸
پ-۶-۸-۶- اتصال وادار به سقف.....	۱۶۸
پ-۶-۸-۶- اتصال وادار به کف.....	۱۶۹
پ-۶-۹- مرحله نهم: طراحی نعل درگاه و ساب فریم.....	۱۷۰
پیوست ۷- ابهامات طراحی و ایرادات اجرایی متداول.....	۱۷۳
پ-۷-۱- ابهامات متداول در روند طراحی.....	۱۷۳
پ-۷-۲- ایرادات اجرایی متداول.....	۱۷۵
مراجع.....	۱۷۹

فصل ۱- اهداف و دامنه کاربرد

۱-۱ مقدمه

در سالیان اخیر پیشرفتهای قابل توجهی در زمینه طراحی و اجرای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در کشور صورت گرفته است. با این وجود، روند طراحی و اجرای صحیح دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در ایران و سایر کشورهای لرزه‌خیزی که از این نوع دیوارها استفاده می‌کنند، موضوعی نوپا بوده و دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های فعلی روشی کاربردی به منظور 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 متعدد هستند. نحوه برخورد با طراحی هر کدام از دیوارها و اتصالات دیوارها به یکدیگر به طور کامل و با ارائه تمام جزئیات در منابع فعلی مورد اشاره قرار نگرفته اند. همچنین تعداد دیوارها در یک ساختمان به حدی زیاد است که امکان طراحی هر دیوار به صورت تک به تک وجود ندارد و لازم است روشی ساده و در عین حال دقیق به منظور طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای بر مبنای پلان معماری ارائه شود. دستورالعمل پیش رو با هدف ارائه راهکارهایی عملیاتی به منظور طراحی پروژه محور دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای و تهیه دفترچه محاسبات مربوط به این نوع از دیوارها نگارش شده است.

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

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

در فصل دوم نحوه محاسبه تقاضای (نیروی) خارج از صفحه وارده بر دیوار ذکر شده است. این نیرو می‌تواند ناشی از باد، زلزله و 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 سرتاسری) می‌باشند. همچنین در این فصل مفهومی تحت عنوان طول بحرانی دیوار معرفی شده و نحوه محاسبه آن تشریح گردیده است. استفاده از مفهوم طول بحرانی سبب تسهیل در روند طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای در پلان ساختمان شده و با استفاده از آن نیاز به طراحی دیوارها به صورت تک به تک برطرف می‌گردد.

در فصل چهارم، روند طراحی پروژه محور دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ذکر شده است. در این روش دیوارهای غیرسازه‌ای موجود در پلان طبقات تیپ بندی شده (معمولاً ۳ الی ۴ تیپ) سپس بر اساس طول بحرانی هر یک از تیپ‌های دیوار، وادارهای قائم در پلان جانمایی می‌شوند. بر این اساس، نوع و میزان تسلیحات مورد نیاز هر تیپ دیوار و همچنین و 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)، ساب فریم بازشوها و نعل درگاه‌ها در این فصل 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 جهت تعیین مشخصات و کنترل دوام تسلیحات دیوار (میلگرد بستر و کامپوزیت شبکه الیاف) ارائه شده است.

در پیوست پنجم، نمونه‌ای از روند طراحی و تهیه دفترچه محاسبات برای 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 برای 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 سالیان اخیر ارائه شده است.

۲-۱ اهداف و دامنه کاربرد

تجربیات گذشته حاکی از آن بوده 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 می‌تواند منجر به بروز آسیب و یا فروریزش کامل دیوار تحت بارهای تصادفی شود. نمونه‌هایی از آسیب‌های مشاهده شده

در وقایع گذشته در شکل‌های (۱-۱) و (۲-۱) نشان داده شده است. در این دستورالعمل، دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به نحوی طراحی می‌شوند که در برابر نیروهای ناشی از باد و زلزله دارای ظرفیت خارج از صفحه کافی باشند.



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



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

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

تذکره ۲: بر اساس این دستورالعمل لازم است دیوارهای پیرامونی هم برای بار ناشی از زلزله و هم برای بار ناشی از باد کنترل شوند. اما دیوارهای داخلی ساختمان می‌توانند تنها برای نیروی ناشی از زلزله کنترل شوند (با این فرض که فشار یا مکش ناشی از باد نمی‌تواند به طور کامل به داخل ساختمان نفوذ کرده و دیوارهای داخلی را تحت تاثیر قرار دهد).

تذکره ۳: علاوه بر نیروی ناشی از زلزله و باد، دیوارهای غیرسازه‌ای می‌توانند در معرض نیروهای تصادفی دیگری از جمله ضربه و انفجار نیز قرار بگیرند. 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 دستورالعمل محاسبه نماید. لیکن 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.

دستورالعمل 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 گرفته و لازم است ظرفیت خمش خارج از صفحه دیوار از تقاضای خارج از صفحه وارده بر دیوار کوچکتر نباشد. 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 بوده 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 بوده و تحت این خمش، ترک‌های عمدتاً قائم در دیوار ایجاد می‌شود. لازم به ذکر است برای یک دیوار بنایی غیرمسلح، ظرفیت خمش افقی دیوار به شکل 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 دستورالعمل در نظر گرفته شده و ظرفیت خارج از صفحه دیوار بر اساس این ویژگی تخمین زده می‌شود.

با توجه به شرایط مرزی متداول، معمولاً دیوارهای غیرسازه‌ای دارای رفتاری دوطرفه در امتداد خارج

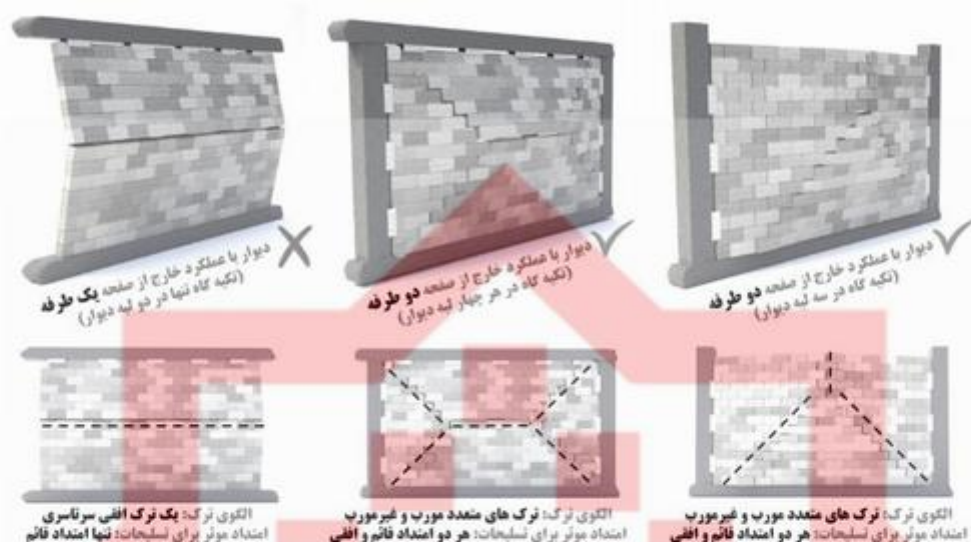
از صفحه خود بوده و به طور هم زمان خمش افقی و قائم در آن‌ها ایجاد می‌شود. مطابق شکل (۱-۴)، رفتار یک طرفه یا دو طرفه خارج از صفحه دیوار به شرایط مرزی دیوار بستگی دارد. در فصل ۳ این دستورالعمل، نحوه تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار در هر دو عملکرد یک طرفه و دو طرفه (دیوار با شرایط مرزی مختلف) ارائه شده است.

تذکر ۴: بر اساس این دستورالعمل، دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای می‌توانند به نحوی طراحی و اجرا شوند که دارای رفتار خارج از صفحه یک طرفه یا دو طرفه باشند. با این وجود اکیدا توصیه می‌شود دیوار به نحوی طراحی شود که رفتار خارج از صفحه دیوار به صورت دو طرفه باشد. در مقایسه با رفتار یک طرفه، رفتار دو طرفه دارای درجه نامعینی و قابلیت اطمینان بیشتری است.



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

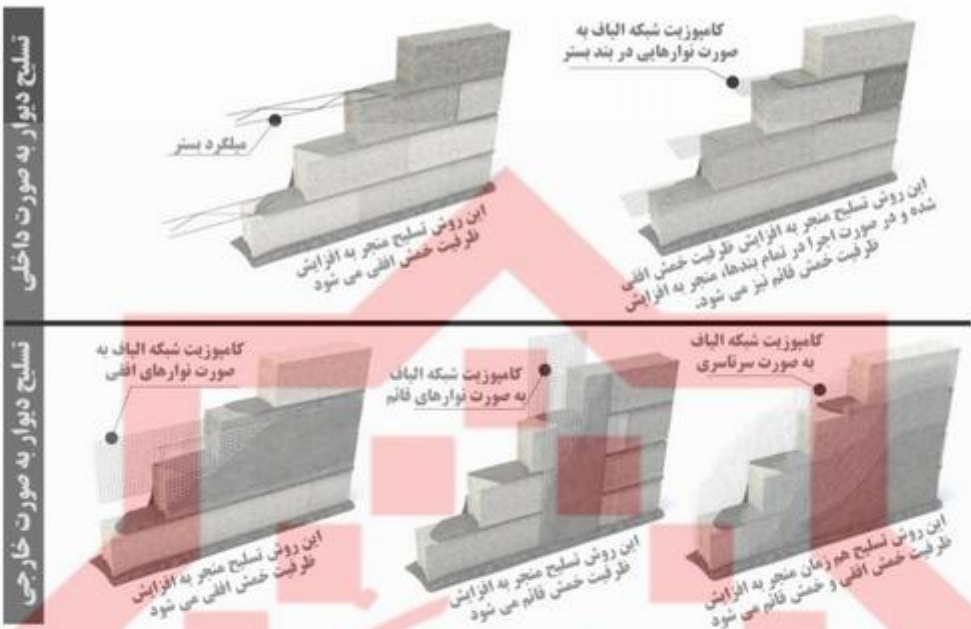
دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



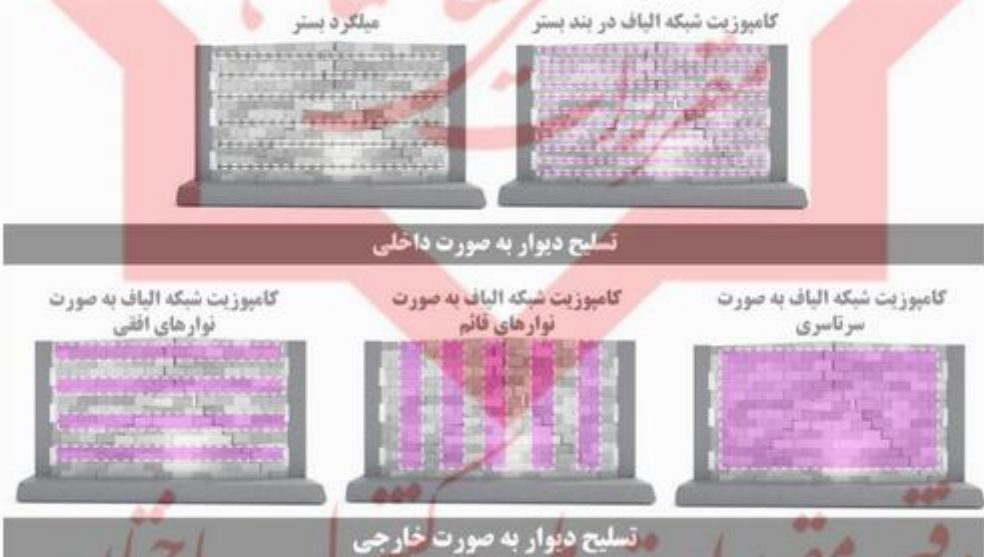
شکل ۴-۱ وابستگی رفتار و الگوی ترک‌های دیوار به شرایط مرزی دیوار.

به منظور افزایش ظرفیت خارج از صفحه دیوار بنایی، می‌توان از روش‌های تسلیح متنوعی استفاده نمود. تمرکز این دستورالعمل 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 بوده اما کامپوزیت‌های شبکه الیاف به چهار روش گوناگون می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. به منظور افزایش ظرفیت خارج از صفحه دیوار، لازم است تسلیحات دیوار از ترک‌های قابل انتظار دیوار عبور نموده و بدین ترتیب از باز شدن ترک‌ها تحت بارهای خارج از صفحه جلوگیری کند. در فصل ۳ دستورالعمل پیش‌رو نحوه تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای غیرمسلح، مسلح به میلگردبستر و مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف (هر چهار روش مختلف) ارائه شده است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



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



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

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

تذکره ۶: این دستورالعمل متمرکز بر طراحی و اجرای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای بوده و در خصوص سایر اجزای غیرسازه‌ای از جمله نما و سقف‌های کاذب می‌توان از سایر منابع از جمله ضابطه ۷۱۴ (۱۴۰۱)، ضابطه ۸۱۹ (۱۳۹۷) و پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ (۱۳۹۸) استفاده نمود. علاوه بر آن به منظور طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه، لازم است از دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه (۱۴۰۳) استفاده نمود.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

فصل ۲- تقاضای خارج از صفحه دیوار

در این فصل نحوه محاسبه تقاضای (نیروی) خارج از صفحه وارده 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 می‌شوند. لیکن در برخی سازه‌های خاص ممکن است سایر بارهای تصادفی شامل انفجار، سیل، ضربه و... نیز در طراحی دیوارها مدنظر باشند. در این فصل تنها نحوه محاسبه تقاضای ناشی از باد و زلزله ارائه شده است و برای سایر بارهای تصادفی لازم است به مراجع مربوطه مراجعه شود. لازم به ذکر است روابط ارائه شده در این فصل نسخه‌هایی ساده سازی شده از روابط موجود در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و نیز استاندارد ۲۸۰۰ بوده و میزان دقت آن‌ها با استفاده از تحلیل‌های دقیق‌تر در پیوست ۱ بررسی شده است.

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

تذکره ۲: به جای استفاده از روابط ارائه شده در این فصل، طراح می‌تواند بار باد را بر اساس روابط ارائه شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و بار زلزله را بر اساس روابط ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰ محاسبه نماید.

۲-۱ نیروی ناشی از باد

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

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

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

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

که

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

I_w : ضریب اهمیت بار باد بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان

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

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

تذکره ۱: برای دیوارهای داخلی ساختمان و یا دیوارهای پیرامونی زیر زمین که در معرض باد قرار نخواهند گرفت، نیروی ناشی از باد می‌تواند برابر با صفر در نظر گرفته شود.

تذکره ۲: روابط (۱-۲) و (۲-۲) پس از ساده‌سازی روابط مبحث ششم مقررات ملی (۱۳۹۸) به دست آمده‌اند. روابط فوق جمع جبری فشار (مکش) داخلی و فشار (مکش) خارجی وارد بر دیوارهای پیرامونی ساختمان هستند. همچنین ضریب $1/6$ که در ترکیب بار باد وجود دارد نیز 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 داخلی و خارجی 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 به صورت موضعی مقدار C_p می‌تواند مقادیر بزرگ‌تری باشد، لیکن این نواحی موضعی بوده و برای طراحی کل دیوار بیش از حد محافظه‌کارانه هستند. در روابط فوق، ضریب هم‌راستایی $C_d=0.85$ در نظر گرفته شده است. کلیه مقادیر فوق بر اساس مبحث ششم مقررات ملی (۱۳۹۸) انتخاب شده‌اند.

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

تذکره ۴: روابط (۱-۲) و (۲-۲)، نیروی ناشی از باد بر دیوارهای واقع در بالاترین طبقه از ساختمان را ارائه می‌دهند. توصیه می‌شود برای ساختمان‌های متعارف کوتاه مرتبه و میان مرتبه، نیروی ناشی از باد برای دیوارهای طبقات تحتانی نیز بر اساس نیروی ناشی از باد وارده 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 هستند. این موضوع از خسارات مشاهده شده در طوفان‌های گذشته نیز قابل استنباط است (شکل (۲-۱) از فصل ۱ ملاحظه شود).

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

۲-۲ نیروی ناشی از زلزله

بر خلاف 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 (۳-۲) استفاده نمود.

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

که در آن؛

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

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

I_p : ضریب اهمیت لرزه‌ای دیوار بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰

k_d : پارامتر مربوط به خطرپذیری لرزه‌ای بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰

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 طبقات با جرم و سختی بسیار کوچک‌تر از

سایر طبقات 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 دستورالعمل، استفاده از دیوارهای بنایی غیرمسلح مجاز نمی‌باشد.

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

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

تذکر ۴: استفاده از سایر روش‌های مبتنی بر دینامیک سازه‌ها 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 و یا میلگرد بستر مسلح شده باشد.

تذکر ۶: ضریب اصلاح شتاب λ_s در آیین‌نامه‌های فعلی موجود نمی‌باشد. اما تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی حاکی از آن هستند که شتاب حداکثر در خرپشته به مراتب بزرگ‌تر از مقدار متناظر در سایر طبقات است. این امر به علت کاهش ناگهانی جرم و سختی در طبقه خرپشته رخ می‌دهد؛ لذا در این دستورالعمل، نیروی لرزه‌ای وارد بر دیوارهای خرپشته و جان‌پناه‌های آن با استفاده از ضریب اصلاح شتاب، تشدید شده‌اند.

تذکر ۷: با استفاده از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی بر روی چندین ساختمان، میزان دقت رابطه (۲-۳) در پیوست ۱ مورد بررسی قرار گرفته است.

کنترل و کنترل ساختمان
مقررات

دقر 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 ارائه شده است. در این دستورالعمل، منظور از ظرفیت خارج از صفحه دیوار، نیروی گسترده و یکنواختی در امتداد عمود بر صفحه دیوار (فشار یا مکش خارج از صفحه) می‌باشد که دیوار را در آستانه فروریزش قرار می‌دهد.

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

تذکره ۲: صحت و دقت کلیه روابط ارائه شده در این فصل با استفاده از نتایج آزمایشگاهی متعددی بررسی شده است که نتایج آن در پیوست دوم این دستورالعمل 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 بوده و دو لبه قائم آن آزاد است) با استفاده از رابطه (۳-۱) قابل تخمین است.

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

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

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

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

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

در روابط فوق:

H : ارتفاع آزاد دیوار بر حسب (m)

L : طول آزاد دیوار بر حسب (m)

M_{d1} : ظرفیت خمش قائم در یک متر از طول دیوار بر حسب (N.m/m). به منظور درک بهتر مفهوم خمش قائم، به شکل (۳-۱) رجوع شود. مقدار ظرفیت خمش قائم بسته به نوع واحدهای بنایی و نوع تسلیحات دیوار بر اساس بندهای ۱-۱-۳ الی ۱-۳-۶ بدست می‌آید.

M_{d2} : ظرفیت خمش افقی دیوار در یک متر از ارتفاع دیوار بر حسب (N.m/m). به منظور درک بهتر مفهوم خمش افقی، به شکل (۳-۱) رجوع شود. مقدار ظرفیت خمش افقی بسته به نوع واحدهای بنایی و نوع تسلیحات دیوار بر اساس بندهای ۱-۱-۳ الی ۱-۳-۶ بدست می‌آید.

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

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

(شرایط مرزی نوع E طبق ضابطه ۷۳۹).

شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	۳/۰	۰/۰۰۴	۰/۰۱۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۰	۰/۰۳۸	۰/۰۴۶	۰/۰۵۲	۰/۰۵۸
	۲/۵	۰/۰۰۵	۰/۰۱۲	۰/۰۲۳	۰/۰۳۳	۰/۰۴۱	۰/۰۴۹	۰/۰۵۶	۰/۰۶۱
	۲/۰	۰/۰۰۶	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۰/۰۳۶	۰/۰۴۴	۰/۰۵۲	۰/۰۵۹	۰/۰۶۴
	۱/۵	۰/۰۰۷	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۶	۰/۰۶۳	۰/۰۶۸
	۱/۰	۰/۰۰۸	۰/۰۱۸	۰/۰۳۰	۰/۰۴۲	۰/۰۵۱	۰/۰۵۹	۰/۰۶۶	۰/۰۷۱
	۰/۸	۰/۰۱۰	۰/۰۲۱	۰/۰۳۵	۰/۰۴۶	۰/۰۵۶	۰/۰۶۴	۰/۰۷۱	۰/۰۷۶
	۰/۶	۰/۰۱۲	۰/۰۲۵	۰/۰۴۰	۰/۰۵۳	۰/۰۶۲	۰/۰۷۰	۰/۰۷۶	۰/۰۸۱
	۰/۵	۰/۰۱۴	۰/۰۲۸	۰/۰۴۴	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۰	۰/۰۸۵

	۰/۴	۰/۰۱۷	۰/۰۳۲	۰/۰۴۹	۰/۰۶۲	۰/۰۷۱	۰/۰۷۸	۰/۰۸۴	۰/۰۸۸
	۰/۳	۰/۰۲۰	۰/۰۳۸	۰/۰۵۵	۰/۰۶۸	۰/۰۷۷	۰/۰۸۳	۰/۰۸۹	۰/۰۹۳
	۰/۲	۰/۰۲۶	۰/۰۴۶	۰/۰۶۴	۰/۰۷۶	۰/۰۸۴	۰/۰۹۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹۹
	۰/۱	۰/۰۳۹	۰/۰۶۲	۰/۰۷۸	۰/۰۸۸	۰/۰۹۵	۰/۱۰۰	۰/۱۰۳	۰/۱۰۶

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

شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	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 خمشی افقی (α_2) برای دیوارهای دارای تکیه‌گاه در سه لبه و یک لبه قائم آزاد (شرایط مرزی نوع J طبق ضابطه ۷۲۹).

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

	۰/۳	۰/۰۲۷	۰/۰۶۲	۰/۱۰۸	۰/۱۶۰	۰/۲۱۴	۰/۲۶۹	۰/۳۲۵	۰/۳۸۱
	۰/۲	۰/۰۳۸	۰/۰۸۳	۰/۱۴۲	۰/۲۰۸	۰/۲۷۶	۰/۳۴۴	۰/۴۱۳	۰/۴۸۸
	۰/۱	۰/۰۶۵	۰/۱۳۱	۰/۲۲۴	۰/۳۲۱	۰/۴۱۸	۰/۵۱۵	۰/۶۱۳	۰/۶۹۸

تذکره ۱: نحوه تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار که در این دستورالعمل ارائه شده است، منطبق با روش ارائه شده در ضابطه ۷۲۹ (۱۳۹۵ و ۱۳۹۸) می‌باشد.

تذکره ۲: بر اساس روابط (۱-۳) الی (۳-۳) مشخص است که برای تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار لازم است ابتدا ظرفیت خمش قائم و خمش افقی دیوار تعیین شود. این دو کمیت بر اساس نوع واحدهای بنایی و نوع و میزان تسلیحات استفاده شده در دیوار، مطابق یکی بندهای ۱-۳-۱ الی ۱-۳-۶ بدست می‌آیند.

۱-۱-۳ دیوارهای بنایی غیرمسلح

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

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

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

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

- برای دیوار بنایی غیرمسلح ساخته شده از بلوک‌های توخالی:

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

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

در روابط فوق:

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

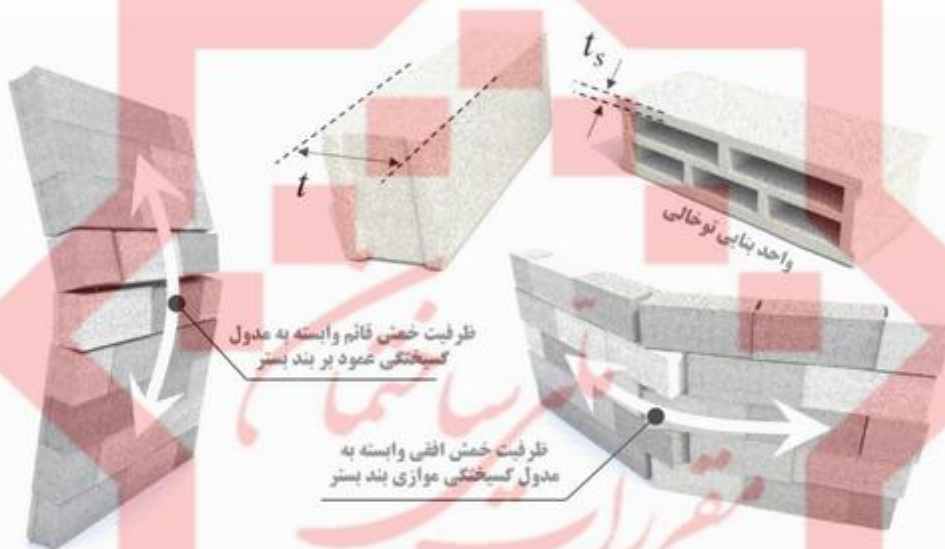
M_{d2} : ظرفیت خمش افقی دیوار به ازای یک متر از ارتفاع دیوار بر حسب (N.m/m)

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

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

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

Φ_1 و Φ_2 : ضرایب کاهش مقاومت به ترتیب برای خمش قائم و خمش افقی
 به ضریب اصلاح ملات بند قائم-در صورتی که بندهای قائم به طور کامل با ملات پر شده باشند، مقدار این ضریب برابر با ۱ و در غیر این صورت مقدار آن برابر با ۰/۷ می‌باشد.



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

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 ۷۲۹)

طرح اختلاط ملات ^(ب)		نوع واحد بنایی	امتداد مدول گسیختگی
۱ حجم سیمان پرتلند ۳ حجم ماسه ریزدانه ^(ت)	۱ حجم سیمان پرتلند ۱ حجم آهک ۶ حجم ماسه ریزدانه ^(ت)		
۰/۳۵	۰/۶۹	آجر توپر یا سوراخ‌دار	عمود بر بند بستر (f_{r1}) ^(الف)
۰/۲۱	۰/۴۴	بلوک توخالی	
۰/۵۵		بلوک AAC ^(ت)	

موازی بند بستر	آجر توپر یا سوراخ دار	۱/۳۸	۰/۶۹
(f _{r2}) ^(ب)	بلوک توخالی	۰/۸۷	۰/۴۴
	بلوک AAC ^(ت)	۰/۵۵	
توضیحات	(الف) لازم است حداقل به مدت ۳ روز پس از ساخت دیوار، رطوبت ملات حفظ شود. در غیر این صورت لازم است مدول گسیختگی عمود بر بند بستر به میزان ۵۰٪ کاهش یابد، نیازی به کاهش مدول گسیختگی در امتداد موازی بند بستر نمی باشد.		
	(ب) لازم است چیدمان واحدهای بنایی دارای پیوند ممتد بوده و فاصله افقی بندهای قائم در ردیف‌های متوالی حداقل یک چهارم 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 بوده 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 بوده و ظرفیت خمش افقی و قائم یکسانی دارند (یا فرض تامین چسبندگی کافی بین بلوک‌ها).		

تذکره ۱: در صورتی که در روند ساخت دیوار و حداقل سه روز پس از ساخت دیوار تدابیری جهت حفظ رطوبت ملات دیوار اتخاذ نگردد، 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 نمی باشد. کاهش مذکور برای دیوارهای ساخته شده با بلوک‌های AAC ضروری نیست.

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

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

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

با مدول گسیختگی پایین، ترک‌ها و گسیختگی عمدتاً در خود واحدهای بنایی رخ داده 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 یا بند بستر، نباید بزرگتر از مدول گسیختگی واحدهای بنایی در نظر گرفته شوند. این موضوع به ویژه در صورت استفاده از واحدهای بنایی با مدول گسیختگی پایین (واحدهای بنایی ضعیف با چگالی بسیار پایین) و یا ملات‌های با چسبندگی بالا (ملات‌های متشکل از ترکیب سیمان پرتلند و آهک و یا ملات‌های پلیمری) دارای اهمیت می‌باشد.

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

۳-۱-۲ دیوارهای بنایی مسلح به میلگردبستر

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

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

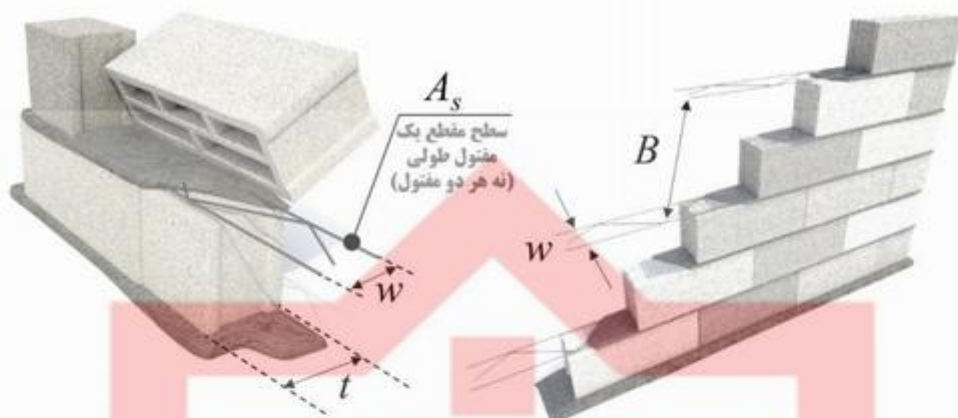
در رابطه فوق:

A_s : سطح مقطع یکی از مفتول‌های طولی میلگرد بستر بر حسب (mm^2) - مطابق شکل (۳-۲)
 f_y : مقاومت تسلیم فولاد به کار رفته در میلگرد بستر بر حسب (MPa) - لازم است مقاومت تسلیم توسط شرکت تولید کننده میلگرد بستر ارائه شود. روند انجام آزمون‌های کششی مورد نیاز جهت تعیین مقاومت تسلیم میلگرد بستر در پیوست چهارم ارائه شده است.
 B : فواصل میلگردهای بستر در امتداد دیوار بر حسب (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 بر حسب

(mm) - مطابق شکل (۳-۲)

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



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

تذکره ۱: قطر مفتول‌های میلگرد بستر نباید کوچکتر از $3/5$ میلی‌متر و نباید بزرگتر از 5 میلی‌متر باشند. علت اعمال محدودیت در حداکثر قطر مفتول، اطمینان از تامین پیوستگی مابین 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 قابل توجه سطح مقطع مفتول در نقاط جوش (در اثر ذوب شدگی) است. علاوه بر آن مفتول‌های با قطر بسیار پایین به پدیده خوردگی حساسیت بیشتری داشته و همچنین نمی‌توانند تسلیحات حداقلی مورد نیاز برای دیوار را تامین نمایند. لذا بر اساس این دستورالعمل، قطر مفتول‌های میلگرد بستر لازم است بین 3 الی 5 میلی‌متر باشد. استفاده از میلگردهای بستر با قطر مفتول نزدیک به 4 میلی‌متر قابل توصیه است.

تذکره ۲: فواصل میلگردهای بستر از یکدیگر در امتداد ارتفاع دیوار نباید بیشتر از 500 میلی‌متر باشند.

تذکره ۳: پهنای میلگردبستر لازم است حداقل 30 میلی‌متر کوچکتر از ضخامت دیوار باشد. بدین ترتیب در هر سمت میلگردبستر حداقل 15 میلی‌متر ملات به عنوان پوشش وجود خواهد داشت.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

تذکر ۴: در صورت نیاز به هم‌پوشانی میلگردهای بستر، طول هم‌پوشانی نباید کوچکتر از ۳۰۰ میلی‌متر یا ۷۵ برابر قطر مفتول طولی میلگرد بستر در نظر گرفته شود. میلگردهای بستر هم‌پوشانی شده می‌توانند در دو رج متوالی قرار داشته و ضروری نیست الزاماً هر دو در یک رج باشند.

تذکر ۵: استفاده از هر دو نوع میلگرد بستر خرابایی و نردبانی مجاز بوده و مفتول‌های به کار رفته در میلگرد بستر می‌توانند به صورت ساده و غیر آج‌دار باشند. علت این امر آن است که پیوستگی مابین میلگرد بستر و ملات از طریق هندسه شبکه‌ای میلگرد بستر تامین می‌شود و نه چسبندگی مابین مفتول‌های میلگرد بستر با ملات.

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

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

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

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

در رابطه فوق:

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

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

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

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

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

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

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

مهارى و طول هم‌پوشانى علاوه بر ظرفيت كششى كامپوزيت، به هندسه شبكه الياف، طرح اختلاط پلاستر كامپوزيت و مشخصات زيرسطح كامپوزيت (سطح ديوار بنايى) وابستگى داشته و در صورت وجود نتايج آزمائشگاهى، استفاده از ساير مقادير به عنوان طول هم‌پوشانى يا طول مهارى بلامانع است.

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

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

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

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

در رابطه فوق:

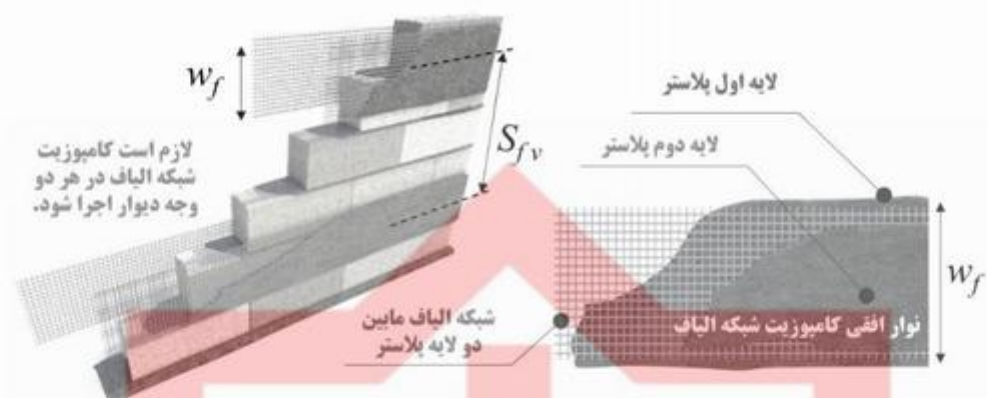
T_{fu} : ظرفيت كششى كامپوزيت شبكه الياف در واحد عرض بر حسب (N/mm)- لازم است اين ظرفيت توسط شركت توليد كننده كامپوزيت ارائه شود. روند انجام آزمون‌هاى كششى مورد نياز در پيوست چهارم ارائه شده است.

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

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

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

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل ۳-۴ کمیت‌های مورد نیاز به منظور محاسبه ظرفیت خمشی 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) می‌تواند $5T_{fu}$ در نظر گرفته شود (T_{fu} برحسب N/mm است). در هیچ شرایطی، طول هم‌پوشانی نباید کوچکتر از ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. در صورت نیاز، از مقدار فوق به عنوان حداقل طول مهاري کامپوزیت شبکه الیاف نیز می‌توان استفاده نمود. طول مهاري و طول هم‌پوشانی علاوه بر ظرفیت کششی کامپوزیت، به هندسه شبکه الیاف، طرح اختلاط پلاستر کامپوزیت و مشخصات زیرسطح کامپوزیت (سطح دیوار بنایی) وابستگی داشته و در صورت وجود نتایج آزمایشگاهی، استفاده از سایر مقادیر به عنوان طول هم‌پوشانی یا طول مهاري بلامانع است.

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

ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف بر اساس روابط (۱-۳) الی (۳-۳) محاسبه می‌شود. ظرفیت خمشی 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 خمشی قائم دیوار مطابق رابطه (۳-۱۱) قابل تخمین است.

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

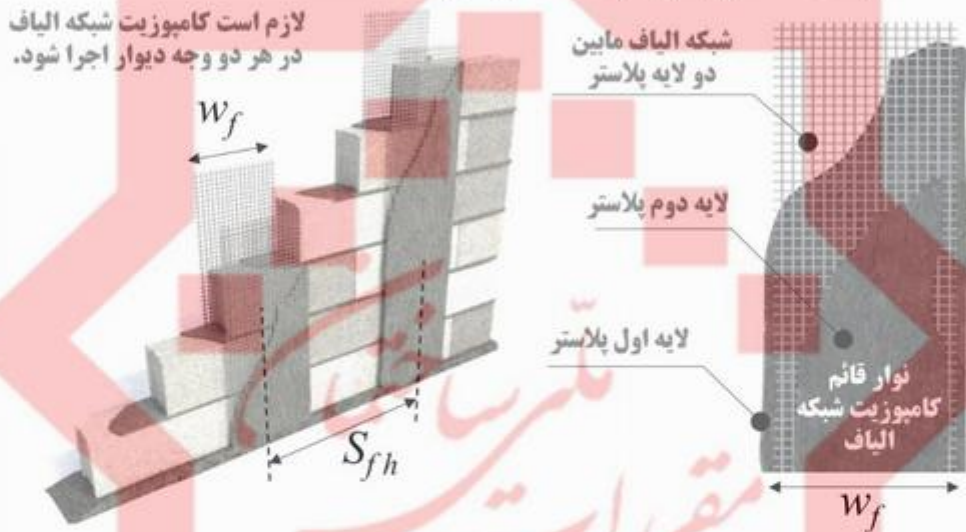
در رابطه فوق:

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

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

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

لازم است کامپوزیت شبکه الیاف در هر دو وجه دیوار اجرا شود.



شکل ۵-۳ کمیت‌های مورد نیاز به منظور 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) می‌تواند $5T_{fu}$ در نظر گرفته شود (T_{fu} برحسب N/mm است). در هیچ شرایطی، طول هم‌پوشانی نباید کوچکتر از ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. در صورت نیاز، از مقدار فوق به عنوان حداقل طول مهاري کامپوزیت شبکه الیاف نیز می‌توان استفاده نمود. طول مهاري و طول هم‌پوشانی علاوه بر ظرفیت کششی کامپوزیت، به هندسه شبکه الیاف، طرح اختلاط پلاستر کامپوزیت و مشخصات زیرسطح کامپوزیت (سطح دیوار بنایی) وابستگی داشته و در صورت وجود نتایج آزمایشگاهی، استفاده از سایر مقادیر به عنوان طول هم‌پوشانی یا طول مهاري بلامانع است.

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

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 و افقی در دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سرتاسری، به ترتیب بر اساس روابط (۳-۱۲) و (۳-۱۳) قابل تخمین است.

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

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

در رابطه فوق:

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

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

تذکر: در صورت نیاز به هم‌پوشانی شبکه الیاف داخل کامپوزیت، حداقل طول هم‌پوشانی شبکه الیاف در هر امتداد (برحسب mm) می‌تواند $5T_{fu}$ در نظر گرفته شود (T_{fu} ظرفیت کششی کامپوزیت برحسب N/mm در امتداد مدنظر است). در هیچ شرایطی، طول هم‌پوشانی نباید کوچکتر از ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. در صورت نیاز، 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) وابستگی داشته و در صورت وجود نتایج آزمایشگاهی، 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 آزادی از دیوار که در آن ظرفیت خارج از صفحه دیوار با تقاضای خارج از صفحه وارده بر دیوار برابر می‌شود. به عبارت دیگر دیواری که دارای طول آزادی برابر با

طول بحرانی است، در آستانه فروریزش خارج از صفحه قرار داشته 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 وارده بر دیوار نیز بستگی دارد. بنابراین مشخصاتی از جمله مقدار نیروی خارج از صفحه وارده بر دیوار، ارتفاع آزاد دیوار، ضخامت دیوار، وجود یا عدم وجود اتصال در لبه فوقانی دیوار، نوع و میزان تسلیحات دیوار و نوع ملات استفاده شده در دیوار، بر مقدار طول بحرانی دیوار و متعاقباً حداکثر فواصل مجاز وادارهای قائم موثر هستند. بنابراین، برخلاف مقادیر پیش فرض ۴ متر و ۵ متر که به ترتیب در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ (۱۳۹۸) و مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۸) برای حداکثر فواصل وادارهای قائم ارائه شده است، در روش محاسباتی ارائه شده در این دستورالعمل، حداکثر فواصل مجاز وادارهای قائم عدد ثابتی نبوده و به صورت محاسباتی تعیین می‌شوند.

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

تذکره ۲: نیازی به محاسبه طول بحرانی برای تک به تک دیوارهای موجود در پلان ساختمان نبوده و طول بحرانی بر اساس تیپ بندی دیوارها و برای هر تیپ دیوار 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 میلگردبستر یکسان، ضخامت یکسان، ارتفاع تقریباً یکسان و نیروی خارج از صفحه تقریباً یکسان)، طول بحرانی همه آن‌ها یکسان بوده و کفایت طول بحرانی فقط یک بار محاسبه گردد. در اکثر موارد، بر اساس پلان معماری ساختمان معمولاً به ۳ الی ۴ 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 و یک تیپ برای دیوارهای جان‌پناه). جزئیات بیشتر در خصوص تیپ بندی دیوارها در بند ۴-۲ فصل ۴ ارائه شده است.

تذکره ۳: طول بحرانی باید به نحوی باشد که پریود ارتعاش خارج از صفحه دیوار کوچکتر از 0.2 ثانیه باشد. در محاسبه پریود ارتعاش خارج از صفحه دیوار می‌توان از تاثیر نازک کاری و اندوهای 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 یا مدول الاستیکی برابر ۲۰۰۰ مگاپاسکال در نظر گرفت (بدون کاهش سختی ناشی از ترک خوردگی). علت الزام به کنترل پریود خارج از صفحه دیوار آن است که اولاً از منظر سرویس دهی

و جلوگیری از آسیب به اندودها و نازک‌کاری‌ها، لازم است صلبیت خارج از صفحه دیوار از مقدار مشخصی کمتر نباشد. به علاوه، در محاسبه نیروی لرزه‌ای وارده بر دیوار فرض بر آن است که شتاب طیفی دیوار برابر با حداکثر شتاب طبقه باشد. این فرض تنها در شرایطی صحیح است که پیوند ارتعاش خارج از صفحه دیوار به طور قابل توجهی از پیوند مد اصلی سازه (در امتداد عمود بر صفحه دیوار) کوچکتر باشد.

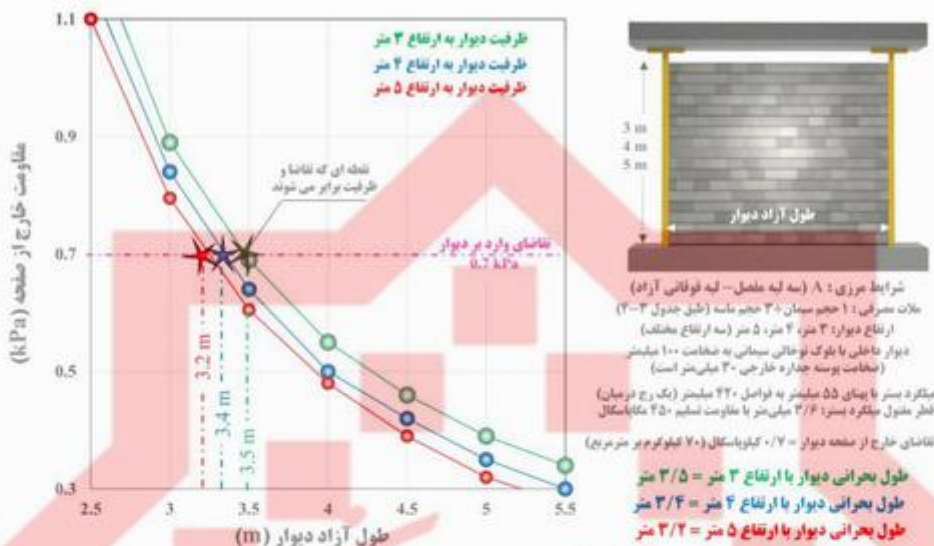
تذکر ۴: طول بحرانی تنها برای دیوارهای با رفتار خارج از صفحه دو طرفه تعریف می‌شود.

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

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 تسلیحات 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. به منظور تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار، از روابط بخش ۳-۱ این فصل می‌توان استفاده نمود. 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 که همگی دارای شرایط مرزی از نوع E (هر چهار لبه دیوار دارای تکیه گاه مفصلی) هستند- با استفاده از روابط تحلیلی.



شکل ۳-۷ نمونه روند محاسبه طول بحرانی برای سه دیوار با سه ارتفاع مختلف که همگی دارای شرایط مرزی از نوع A (سه لبه تکیه گاه مفصلی - لبه فوقانی آزاد) هستند - با استفاده از روابط تحلیلی.

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

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

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

تذکره ۴: 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 تقاضای خارج از صفحه دیوار و بوده و مقادیر طول بحرانی ارائه شده در این تصاویر نباید به سایر دیوارها تعمیم داده شوند.

تذکره ۵: در خصوص دیوارهای دارای بازشو، بسته به ارتفاع بازشو، ممکن است نیاز 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 می‌باشد. در این روش در غیاب محاسبات دقیق تر می‌توان دیوار را به صورت المان‌های پوسته‌ای با رفتار ایزوتروپیک و الاستیک در نظر گرفته و تقاضای 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 و یا AAC، دیوار می‌تواند با مقطعی توپر با مدول الاستیکی برابر با ۲۰۰۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شود. 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 بدست آمده و با ظرفیت خمش قائم و افقی که بر اساس بخش ۳-۱ محاسبه شده اند، مقایسه می‌شوند. در این روش طول بحرانی دیوار برابر با حداکثر طول آزادی 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 کوچکتر 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.

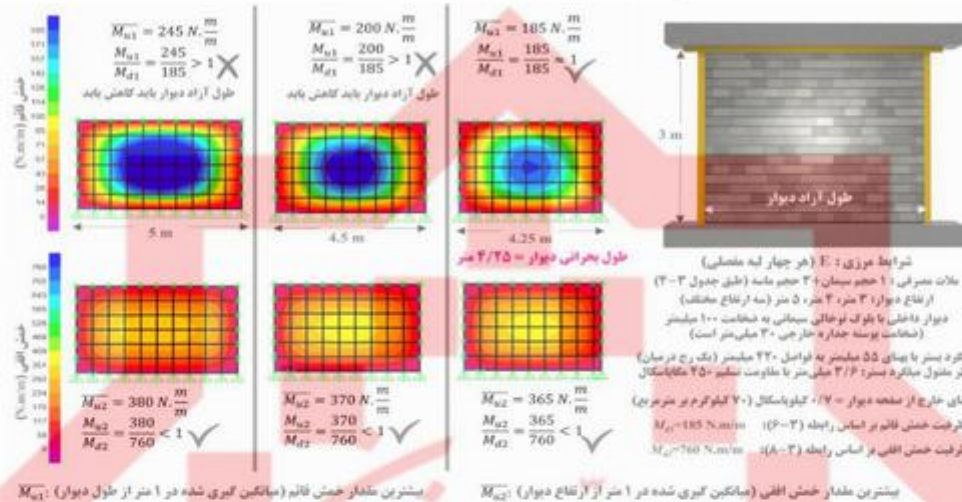
تذکره ۱: برای دیوارهای دارای قوس، انحنا و پخی، توصیه می‌شود از روش ارائه شده در این بخش برای محاسبه طول بحرانی دیوار استفاده شود.

تذکره ۲: در این روش نحوه مدل سازی دیوار مستقل از نوع تسلیحات به کار رفته در دیوار است و اثر تسلیحات دیوار در محاسبه ظرفیت خمشی دیوار خود را نشان می‌دهد که لازم است بر اساس روابط ارائه شده در بخش ۳-۱ صورت پذیرد.

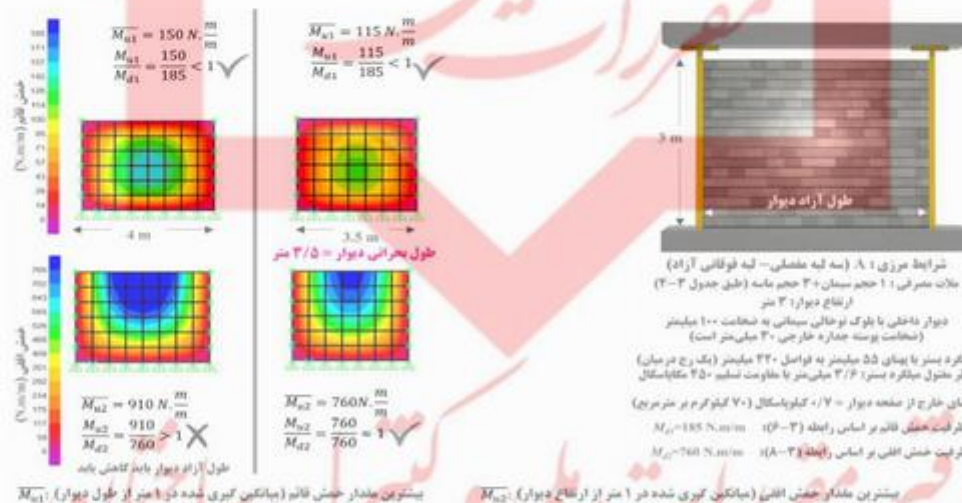
تذکره ۳: در این روش کلیه تکیه گاه‌های موجود در لبه‌های دیوار باید به صورت مفصلی در نظر گرفته شوند.

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

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



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



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.

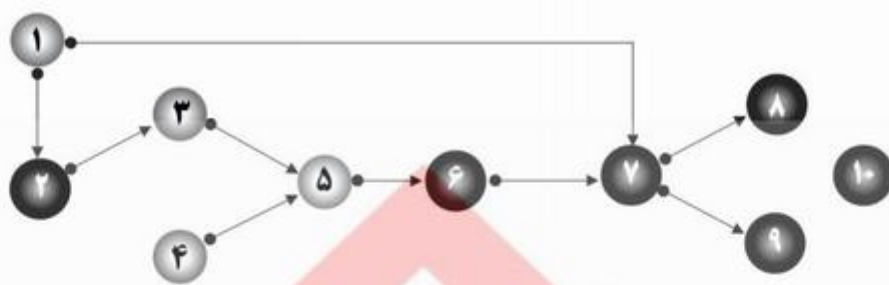


دفتر مقررات ملی و کنٹرول ساختمان

فصل ۴- طراحی پروژه محور

در فصل ۲ روند تخمین تقاضا (نیرو) و در فصل ۳ روند تخمین ظرفیت (مقاومت) خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ارائه گردید. بر این اساس امکان طراحی یک دیوار مشخص وجود خواهد داشت. با این وجود، در یک ساختمان با پلان معماری مشخص، تعداد بسیار زیادی دیوار غیرسازه‌ای وجود دارد که طراحی تک‌به‌تک دیوارها روندی زمان بر بوده و از طرفی خروجی طرح ممکن است منجر به جزئیاتی متفاوت (شرایط مرزی و تسلیحات متفاوت) برای دیوارهای موجود در پلان معماری شود که از منظر اجرایی و نظارت بر روند اجرا می‌تواند چالش برانگیز باشد. از این رو، در این فصل روندی پروژه محور برای طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ارائه شده است. در این روند به جای تمرکز بر روی یک دیوار مشخص، بر روی پلان معماری طبقه تمرکز خواهد شد. بدین معنی که کلیه دیوارهای غیرسازه‌ای موجود در پلان در چند تیپ محدود (در اکثر موارد سه الی چهار تیپ) دسته‌بندی شده و تسلیحات و شرایط مرزی مشخصی برای هر یک از تیپ‌ها انتخاب می‌گردد (بر اساس سهولت در اجرا و نظارت و برآورد هزینه اجرا). سپس طول بحرانی هر یک از تیپ‌های دیوار محاسبه شده و وادارهای قائم به نحوی در پلان جانمایی می‌شوند که طول آزاد کلیه دیوارهای موجود در تیپ مدنظر، کوچک‌تر از طول بحرانی آن تیپ باشد. مراحل اصلی در طراحی پروژه محور دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در شکل (۴-۱) نشان داده شده است.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



مراحلی که خروجی آن در حین اجرا نیازمند نظارت فاعل سازه است.

مراحل طراحی پروژه محور دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای

۶: تعیین طول بحرانی برای هر تیپ از دیوارها
۷: جانمایی و آمارهای قائم در پلان و طراحی مقطع آن‌ها
۸: طراحی اتصالات
۹: طراحی نعل درگاه
۱۰: سایر الزامات طراحی و اجرا

۱: پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه
۲: تیپ بندی دیوارها و تعیین تسلیحات و شرایط مرزی در هر تیپ
۳: محاسبه وزن هر تیپ از دیوارها
۴: تعیین مشخصات ساختمان و محل احداث ساختمان
۵: تعیین فشارهای خارج از صفحه برای هر تیپ از دیوارها

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

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

این مرحله در حین طراحی معماری پروژه انجام شده و برای مهندسین محاسب، پلان معماری و جانمایی دیوارها در پروژه از قبل مشخص می‌باشد. با توجه به اینکه نحوه جانمایی دیوارها و محل بازشوها تأثیر زیادی در ظرفیت خارج از صفحه دیوار و تعداد و آمارهای قائم مورد نیاز دارد، لذا 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 گرفته شود. براین اساس، مناسب است در مرحله طراحی معماری پلان، ضمن اولویت‌بخشی به الزامات معماری و کاربری ساختمان، موارد زیر توسط مهندسین معمار در نظر گرفته شود.

- حتی‌المقدور 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. بدین ترتیب امکان برقراری اتصال هشتگیر بین دیوار "شماره ۱" و دیوار "شماره ۲" وجود داشته و از مزیت‌های این نوع اتصال می‌توان استفاده نمود. شرایط استفاده از اتصال هشتگیر در بند ۴-۸-۵ ارائه شده است.

- حتی‌المقدور بازشو در دیوار غیرسازه‌ای دقیقاً در مجاورت ستون یا دیوار برشی قرار نداشته و حداقل به اندازه ۲۰ سانتی‌متر فاصله داشته باشد. بدین ترتیب نیازی به استفاده از اتصالات لغزشی در محل اتصال نعل درگاه به ستون یا دیوار برشی نمی‌باشد.

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

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

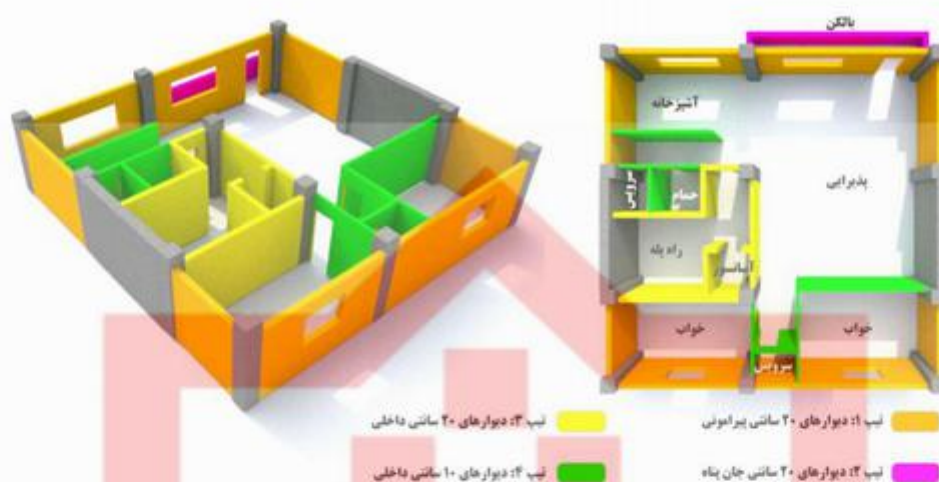
- حتی المقدور بازشوهای با عرض بیش از $1/5$ متر در دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۱"، حداقل به اندازه ۱۰۰ سانتی‌متر از محل اتصال دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۱" با دیوار غیرسازه‌ای "شماره ۲" فاصله داشته باشد. در این صورت و ادارهای اطراف بازشوی عریض از محل اتصال دو دیوار به یکدیگر فاصله کافی را داشته و می‌توان از اتصال هشتگیر برای دو دیوار استفاده نمود.

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

در این مرحله بر اساس پلان معماری طبقات، دیوارها تیپ‌بندی می‌شوند به نحوی که هر تیپ از دیوارها دارای مشخصات تقریباً یکسانی باشند. دیوارهای هر تیپ لازم است دارای ضخامت بلوک یکسان، شرایط مرزی یکسان و تسلیحات یکسان بوده؛ اما ارتفاع آزاد، تقاضای خارج از صفحه و وزن دیوارهای هر تیپ لزومی ندارد دقیقاً با یکدیگر برابر بوده و می‌تواند مقداری با یکدیگر متفاوت باشند. همچنین دیوارهای یک تیپ یکسان می‌توانند در طبقات مختلفی واقع شده باشند. دیوارهای داخلی و پیرامونی معمولاً دارای ضخامت متفاوتی بوده و نیز بارهای خارج از صفحه بسیار متفاوتی را تجربه می‌کنند؛ لذا دیوارهای داخلی و پیرامونی نباید در یک تیپ یکسان قرار گیرند. همچنین دیوارهای جان‌پناه دارای ارتفاع آزاد بسیار کمتری نسبت به سایر دیوارهای پیرامونی بوده و بهتر است در تیبی جداگانه دسته‌بندی شوند. همچنین دیوار راهروها و دیوار بین واحدها و دیوار زون‌های حریق در مقایسه با سایر دیوارهای داخلی معمولاً دارای ضخامت بیشتری بوده و لازم است در تیپ جداگانه‌ای با سایر دیوارهای داخلی در نظر گرفته شوند.

بدین ترتیب هر ساختمان معمولاً دارای چهار 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 و یک تیپ برای دیوارهای جان‌پناه). نمونه‌ای از تیپ‌بندی دیوارهای غیرسازه‌ای یک ساختمان مسکونی، در شکل (۴-۲) نشان داده شده است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

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

علاوه بر نوع و میزان تسلیحات، لازم است شرایط مرزی برای هر تیپ از دیوارها نیز توسط طراح انتخاب شود که می‌تواند به سه صورت زیر باشد (نام‌گذاری شرایط مرزی در این دستورالعمل، مطابق ضابطه ۷۲۹ می‌باشد):

- شرایط مرزی A:** سه لبه دیوار دارای تکیه‌گاه و لبه فوقانی آزاد (شرایط مرزی قابل توصیه به ویژه برای دیوارهای داخلی)
- شرایط مرزی E:** هر چهار لبه دیوار دارای تکیه‌گاه
- شرایط مرزی B:** سه لبه دیوار دارای تکیه‌گاه و یکی از لبه‌های قائم آزاد (توصیه می‌شود حتی‌الامکان از این شرایط مرزی استفاده نشود)

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

نوع تسلیحات	مشخصاتی که باید توسط طراح انتخاب شوند*
میلگرد بستر	مقاومت تسلیم مفتول میلگرد بستر، قطر مفتول میلگرد بستر، پهنای میلگرد بستر، فواصل قرارگیری در ارتفاع دیوار (ضریبی از ارتفاع بلوک)
کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر	ظرفیت کششی در واحد عرض کامپوزیت، فواصل قرارگیری در ارتفاع دیوار (ضریبی از ارتفاع بلوک)
نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف	ظرفیت کششی در واحد عرض کامپوزیت، پهنای نوار کامپوزیت، فواصل مرکز به مرکز نوارهای کامپوزیت در امتداد ارتفاع دیوار
نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف	ظرفیت کششی در واحد عرض کامپوزیت، پهنای نوار کامپوزیت، فواصل مرکز به مرکز نوارهای کامپوزیت در امتداد طول دیوار
کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سرتاسری	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 توسط شرکت‌های تولیدکننده تسلیحات به دست آمده و در اختیار عموم مهندسين طراح قرار داده شوند.

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

تذکر ۲: هر ساختمان معمولاً دارای چهار تیپ دیوار می‌باشد. یکی برای دیوارهای داخلی داخل واحدها، یکی برای دیوارهای داخلی بین واحدها و راه‌پله و آسانسور، یکی برای دیوارهای پیرامونی و یکی برای دیوارهای جان‌پناه.

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

تذکر ۴: دیوارهای موجود در یک تیپ می‌توانند دارای نازک‌کاری متفاوت بوده 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 می‌تواند 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 می‌توانند در یک تیپ یکسان دسته‌بندی شوند. 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 داشته و مستقل از شکل پلان معماری است؛ بنابراین حتی اگر پلان معماری در طبقات مختلف با یکدیگر متفاوت باشند، دیوارهای آنها همچنان می‌توانند در یک تیپ یکسان طبقه‌بندی شوند.

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 باشند. 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 تسلیحات در هر تیپ به عواملی از جمله در دسترس بودن تسلیحات، عوامل فنی و اقتصادی و الزامات اجرایی بستگی دارد. به‌عنوان مثال، تسلیح دیوار با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف به‌صورت نوارهای افقی، قائم و یا سرتاسری مستلزم آن است که تسلیحات در هر دو وجه دیوار اجرا شوند؛ لذا در مواردی که تنها به یک سمت دیوار دسترسی وجود داشته باشد، تسلیحات دیوار باید از نوع کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر و یا میلگرد بستر انتخاب شوند.

تذکر ۱۰: انتخاب شرایط مرزی برای هر تیپ از دیوارها، وابستگی شدیدی به الزامات معماری ساختمان دارد. به‌عنوان مثال دیوارهای جان‌پناه و یا دیوارهای محوطه همواره دارای شرایط مرزی نوع A هستند. همچنین در صورتی که دیوارهای داخلی از زیر سقف فاصله قابل توجهی داشته باشند (به دلیل عبور تأسیسات گسترده)، امکان برقراری اتصال کشویی برای لبه فوقانی دیوار وجود نداشته (یا از نظر اجرایی دشوار بوده) و در این صورت نیز شرایط مرزی نوع A خواهد بود (به شرطی که دیوار هیچ لبه قائم آزادی نداشته باشد). دیوارهای پیرامونی که در هر چهار لبه خود دارای تکیه‌گاه هستند (تکیه‌گاه ناشی از ملات کف در لبه تحتانی و تکیه‌گاه ناشی از اتصالات کشویی در دو لبه قائم و لبه فوقانی)، دارای شرایط مرزی E خواهند بود. شرایط مرزی نوع J سبب کاهش قابل توجه ظرفیت خارج از صفحه دیوار شده لذا توصیه می‌شود حتی المقدور از شرایط مرزی J استفاده نشود.

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

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

از اتصالات کشویی در محل اتصال دیوار به ستون (یا دیوار برشی) نیز موجب تأمین تکیه‌گاه برای لبه قائم دیوار می‌شود.

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

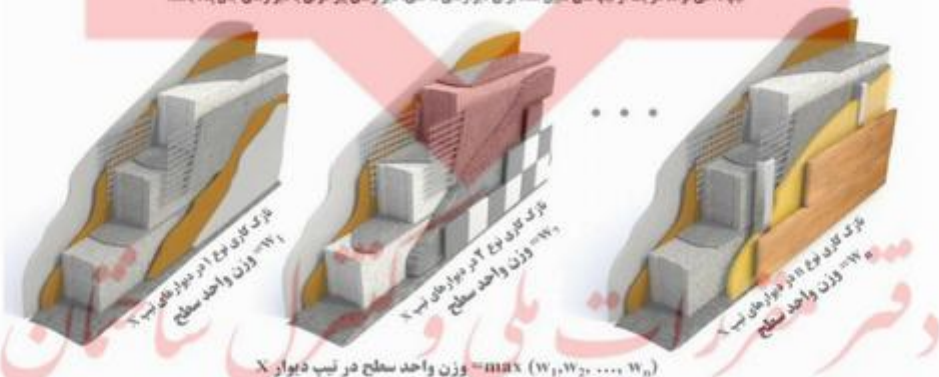
تذکر ۱۴: در صورت استفاده از ابزارهای محاسباتی تحت اکسل معرفی شده در پیوست ۳ این دستورالعمل، تعریف مشخصات تسلیحات و شرایط مرزی دیوار از جمله مهم‌ترین ورودی‌هایی است که باید توسط کاربر تعریف شوند.

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

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

نازک‌کاری دیوارهای مختلف در دیوارهای تیپ X

تیپ X می‌تواند هر یک از تیپ‌های تعیین شده برای دیوارهای داخلی، دیوارهای پیرامونی یا دیوارهای جان پناه باشد.



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

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

به منظور محاسبه نیروی خارج از صفحه وارد بر دیوار، لازم است محل احداث (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 مورد نیاز بین دیوارهای غیرسازه‌ای با سایر اجزای سازه‌ای، لازم است حداکثر نسبت دریافت 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 مسئول طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای، مقادیر معلومی هستند.

تذکر: در صورتی که حداکثر نسبت دریافت طبقه نامشخص باشد، مهندس محاسب مسئول طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای می‌تواند نسبت دریافت حداکثر را برابر با ۲٪ در نظر بگیرد.

۴-۵ مرحله پنجم- تخمین تقاضای 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 شوند.

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

تذکر ۲: به طور کلی، به جز برای ساختمان‌های بلندمرتبه، برای ساختمان‌های متعارف توصیه می‌شود تیپ‌بندی دیوارها مستقل از طبقه باشد. چرا که نیروی ناشی از باد و زلزله تقریباً در تمام ارتفاع ساختمان یکسان بوده و تغییراتشان ناچیز است. بدین ترتیب تعداد تیپ‌های دیوار به شدت کاهش یافته و روند طراحی و نظارت بر اجرای دیوارها تسهیل می‌شود.

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

تذکر ۴: اپلیکیشن تحت اکسل پیوست این دستورالعمل قادر است بر اساس مشخصات ساختمان، نوع دیوار (داخلی یا پیرامونی) و وزن دیوار، نیروی ناشی از باد و زلزله را محاسبه نماید. این اپلیکیشن نیروی باد و زلزله را با فرض قراردادن دیوار در بالاترین طبقه از ساختمان محاسبه می‌کند؛ لذا خروجی این مرحله توسط اپلیکیشن تحت اکسل می‌تواند در اختیار طراح قرار گیرد.

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 شود. مفهوم و نحوه محاسبه طول بحرانی پیش‌تر در بند ۳-۲ در فصل ۳ ارائه گردید. به‌منظور محاسبه طول بحرانی برای هر یک از تیپ‌های دیوار لازم است طول آزاد در تیپ دیوار موردنظر (با شرایط مرزی و تسلیحات در نظر گرفته شده برای آن تیپ از دیوار) به‌صورت سعی و خطا تغییر داده شود تا جایی که ظرفیت خارج از صفحه با تقاضای خارج از صفحه آن تیپ دیوار که پیش‌تر در مرحله پنجم به‌دست‌آمده است، برابر شود.

تذکر ۱: بر اساس تعریف، طول بحرانی برابر با طولی از دیوار است که در آن، نسبت تقاضا به ظرفیت دیوار برابر با مقدار واحد گردد. 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.

تذکر ۳: در دیوارهای دارای بازشو، در صورتی که ارتفاع دیوار بالای نعل‌درگاه بازشو بیش از ۲۰٪ ارتفاع آزاد دیوار باشد، می‌توان از اثر بازشو در تعیین طول بحرانی صرف‌نظر نمود. در این شرایط طول بحرانی دیوار با بازشو و بدون بازشو می‌تواند یکسان در نظر گرفته شود. لیکن در صورتی که ارتفاع دیوار بالای نعل‌درگاه بازشو کمتر از ۲۰٪ ارتفاع آزاد دیوار باشد، لازم است ابتدا طول بحرانی با فرض عدم وجود بازشو محاسبه شده، سپس ۷۰٪ از مقدار به‌دست‌آمده، به‌عنوان طول بحرانی دیوار دارای بازشو در نظر گرفته شود. جزئیات بیشتر در خصوص تأثیر بازشو 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 ارائه شده است مقداری تجویزی بوده و بسته به شرایط ساختمان این طول بحرانی تجویزی می‌تواند در جهت اطمینان و یا در خلاف جهت اطمینان باشد؛ لذا در صورتی که طول بحرانی به‌صورت محاسباتی بر اساس این دستورالعمل محاسبه شود می‌تواند بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از مقدار تجویزی ارائه شده در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ به دست آید.

تذکر ۵: با تغییر شرایط مرزی از حالت A به حالت E طول بحرانی افزایش یافته و دیوار مجاز است طول آزاد بیشتری داشته باشد. لیکن باید در نظر داشت شرایط مرزی E مستلزم اجرای اتصالات کشویی در لبه فوقانی دیوار است که از منظر اجرایی می‌تواند چالش‌برانگیز بوده و در برخی موارد اساساً امکان‌پذیر نمی‌باشد. 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 تسلیحات، طول بحرانی افزایش یافته و دیوار مجاز است طول آزاد بیشتری داشته باشد. همچنین با افزایش ارتفاع آزاد دیوار، طول بحرانی کاهش یافته و لازم است طول آزاد دیوار به مقادیر کوچک‌تری محدود شود.

تذکر ۷: به‌منظور دستیابی به عملکرد دوطرفه برای دیوار، لازم است نسبت ارتفاع به طول دیوار بین $0/3$ تا 2 باشد. این نسبت ارتفاع به طول الزامی نبوده لیکن 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 کوچکتر از نصف ارتفاع دیوار باشد، رفتار دیوار به صورت یک طرفه و تحت خمش افقی خواهد بود که در این صورت لازم است هر دو لبه قائم دیوار دارای تکیه گاه باشند. در صورتی که طول آزاد دیوار بزرگتر از $2/3$ برابر ارتفاع آزاد دیوار باشد، رفتار دیوار به صورت یک طرفه و تحت خمش قائم خواهد بود و در این صورت لازم است هر دو لبه افقی دیوار دارای تکیه گاه باشند. بدین ترتیب در خصوص دیوارهای جان پناه که دارای لبه فوقانی آزاد هستند، همواره لازم است طول آزاد جان پناه کمتر از $2/3$ برابر ارتفاع جان پناه باشد.

۷-۴- 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.

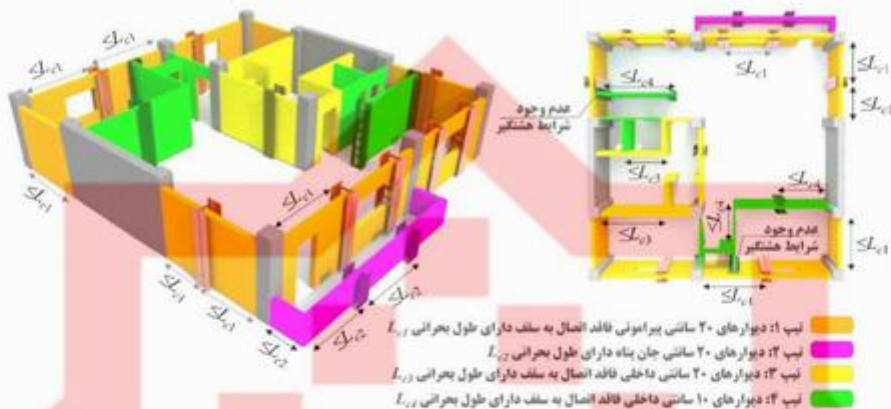
کاهش طول آزاد دیوارها از طریق استفاده از وادارهای قائم و یا اتصالات هشت‌گیر (صرفاً در مواردی که طبق بخش ۴-۸-۵ شرایط آن محیا باشد) انجام می‌شود. بدیهی است وادار قائم باید دارای ظرفیت و صلبیت خمشی کافی در امتداد خارج از دیوار باشد به‌نحوی که بتواند نقش تکیه‌گاه برای امتداد خارج از صفحه دیوار را ایفا کند. نحوه کنترل کفایت مقطع وادار قائم در شکل (۴-۵) نشان داده شده است.

تذکر ۱: در روش ارائه شده در این دستورالعمل، ارتفاع آزاد دیوار به‌صورت مستقیم در محاسبه طول بحرانی در نظر گرفته شده لذا نیازی به وادار افقی برای محدود کردن ارتفاع آزاد دیوار نمی‌باشد.

تذکر ۲: 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. در صورتی که 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: به‌طور کلی 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. چراکه

اتصال نعل درگاه به وادارهای قائم می‌تواند به صورت گیردار بوده و این اتصال سبب کاهش لنگر خمشی و خیز نعل درگاه می‌شود.



در نمونه پروژه نشان داده شده، تمام نیل‌های دیوار فاقد اتصال کشویی به سقف بوده لذا طول بحرانی آنها نیز باید با فرض شرایط مرزی ۸ محاسبه شده باشد. با توجه به اینکه نیل بندی دیوارها مستقل از طبقه می‌باشد، در محاسبه طول بحرانی لازم است نیروی خارج از صفحه هر تیر به بالاترین طبقه در نظر گرفته شود. اتصال کشگیر منجر به ایجاد تکیه گاه در تیر دیوار شده و طول آزاد دیوار از بر اتصال کشگیر باید محاسبه شود. اتصال کشگیر نیل را مایل می‌کند است که محل کشگیر از نزدیک ترین وادار با اتصالات کشویی (در تیر قائم یا افقی) هر یک از دو دیوار متصل شده حداقل به اندازه ۱ متر فاصله داشته باشد. در صورتی که شرایط اتصال کشگیر وجود نداشته باشد، باید اتصال دو دیوار به صورت جداگانه شده یا استفاده از وادار گنه ای انجام شود.

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



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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

۴-۸- مرحله هشتم - طراحی اتصالات

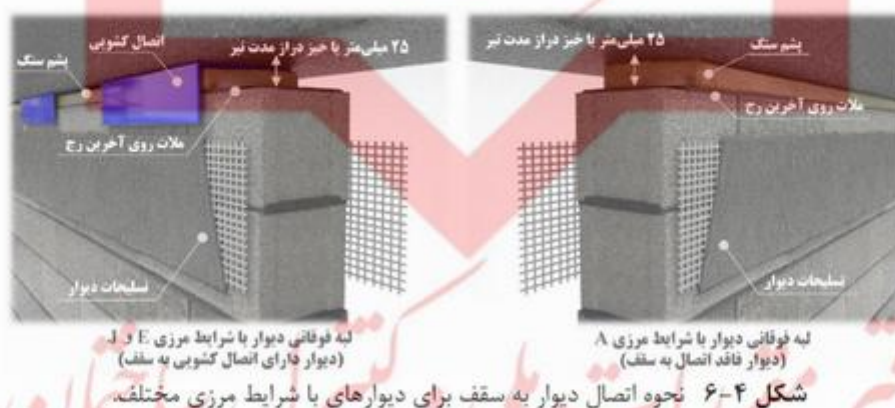
در این مرحله لازم است جزئیات اتصالات دیوار مشخص شود. این اتصالات برای هر یک از تیپ‌های دیوار طراحی شده و از جزئیات به‌دست‌آمده در کلیه دیوارهای موجود در آن تیپ استفاده می‌شود.

۴-۸-۱- اتصال دیوار به کف

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

۴-۸-۲- اتصال دیوار به سقف

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



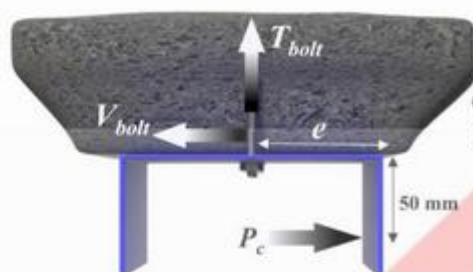
در خصوص اتصالات کشویی دیوار به سقف، لازم است پهنای بال اتصال کشویی به نحوی باشد که حداقل به میزان ۳۰ میلی‌متر دیوار را در بر بگیرد. همچنین اتصال کشویی می‌تواند به‌صورت ناودانی یا جفت نبشی منقطع یا پیوسته باشد. در هر صورت لازم است بال اتصال کشویی ظرفیت خمشی کافی

برای تحمل نیروی عکس‌العمل ایجاد شده در لبه دیوار را داشته باشد. روند کنترل کفایت ظرفیت بال اتصال کشویی دیوار به سقف، در شکل (۷-۴) نشان داده شده است. علاوه بر قطعه فولادی اتصال کشویی، لازم است اتصال این قطعه فولادی به دال یا تیر نیز دارای ظرفیت کافی باشد. در صورتی که اتصال کشویی به تیر فولادی متصل باشد، اتصال به صورت جوشی برقرار می‌شود. لیکن در صورتی که اتصال کشویی به تیر بتنی یا دال بتنی متصل باشد، اتصال از طریق رول بولت انجام می‌پذیرد.



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

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

جدول ۴-۲ ظرفیت کششی و برشی رول بولت های مختلف (بر اساس IBC 2015 و کاتالوگ شرکت های تولیدکننده) - استفاده از سایر مقادیر ارائه شده در مراجع معتبر نیز مجاز می باشد.

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

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

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

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

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

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

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

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 دربر گیرد.

تذکر ۴: در صورتی که در روند طراحی دیوار، شرایط مرزی از نوع A (لبه فوقانی آزاد) در نظر گرفته شده باشد، نیازی 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 تسلیحات افقی مؤثرتر است.

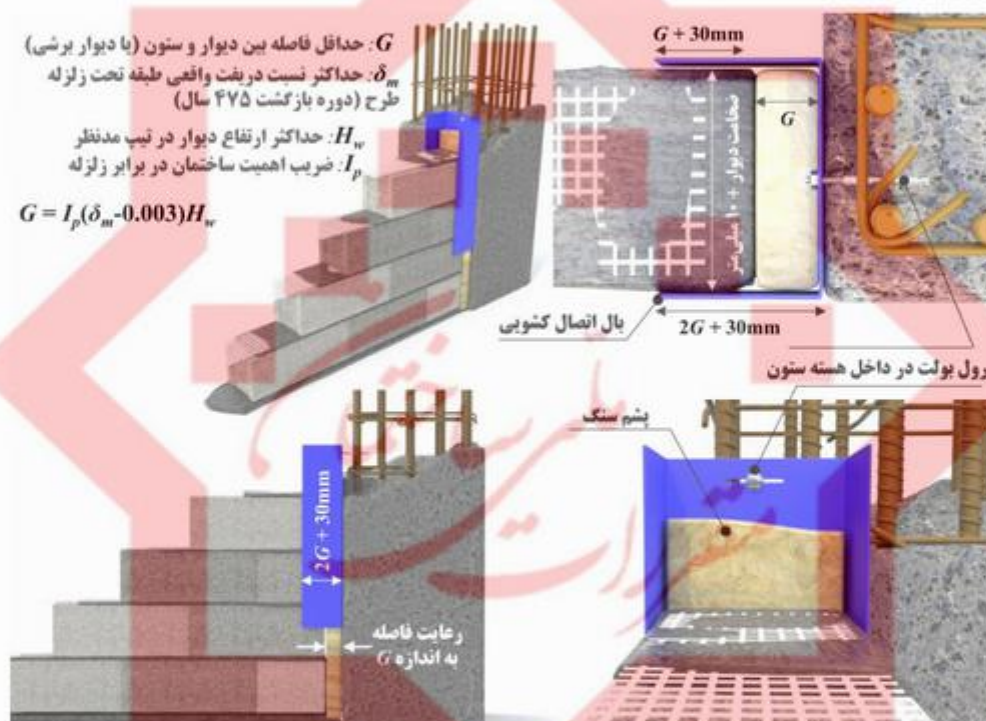
تذکر ۵: توصیه می‌شود، حتی‌المقدور اتصالات کشویی در محل‌هایی از سازه که مستعد تشکیل مفصل پلاستیک هستند، نصب نشوند. براین اساس، در صورت استفاده از اتصالات کشویی در لبه تحتانی تیر، توصیه می‌شود نزدیک‌ترین اتصال کشویی از بر ستون حداقل به اندازه عمق مقطع تیر فاصله داشته باشد.

تذکر ۶: در صورت استفاده از رول بولت به منظور اتصال قطعات اتصال کشویی، هر قطعه اتصال باید حداقل دارای ۲ عدد رول بولت باشد.

۴-۸-۳- اتصال دیوار به ستون

در صورتی که دیوار غیرسازه‌ای به ستون یا سایر اعضای سازه‌ای قائم (همانند دیوارهای برشی) متصل شود، لازم است مطابق شکل (۴-۹) از اتصالات کشویی استفاده شود. ضروری است به منظور جلوگیری از انتقال تغییرشکل نسبی طبقه در امتداد داخل صفحه به دیوار، مابین 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 دستورالعمل، حداقل فاصله مابین دیوار و ستون (یا دیوار برشی) در شکل (۴-۹) ارائه شده است. بر اساس این دستورالعمل، میزان فاصله مابین لبه قائم دیوار و ستون (یا دیوار برشی) به حداکثر نسبت دریافت طبقه بستگی داشته و در ساختمان‌های با سیستم‌های باربر جانبی مختلف، می‌تواند متفاوت باشد. حتی این امکان وجود دارد که در طبقات مختلف یک ساختمان، از فواصل مختلفی استفاده نمود.



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

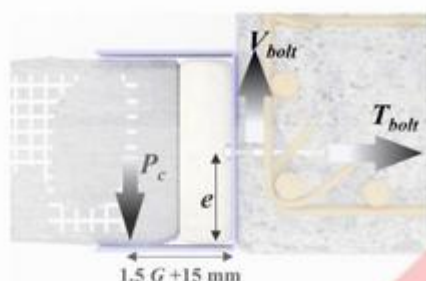
تذکر: به منظور محاسبه مقدار G ، لازم است حداکثر نسبت دریافت طبقه در برابر زلزله طرح (دوره بازگشت ۴۷۵ سال) مشخص باشد. در تعیین حداکثر نسبت دریافت طبقات، لازم نیست ضریب اهمیت ساختمان در نیروی جانبی زلزله و یا طیف زلزله اعمال شده باشد.

همان‌طور که در شکل (۴-۹) نشان داده شده است، به منظور عملکرد صحیح اتصال کشویی تحت تغییر شکل نسبی طبقه در هر دو امتداد مثبت و منفی (هنگامی که ستون به دیوار نزدیک می‌شود و هنگامی که از آن دور می‌شود)، لازم است پهنای بال اتصال کشویی حداقل به اندازه ۲ برابر فاصله بین دیوار و ستون به علاوه ۳۰ میلی‌متر باشد. بدین ترتیب اطمینان حاصل می‌شود که همواره لبه قائم دیوار حداقل به میزان ۳۰ میلی‌متر در داخل اتصال کشویی قرار داشته و هرگز از آن خارج نمی‌شود. همانند

اتصالات کشویی دیوار به سقف، اتصالات کشویی دیوار به ستون نیز می‌توانند به صورت ناودانی یا جفت نبشی منقطع یا پیوسته باشند. در هر صورت لازم است بال اتصال کشویی ظرفیت خمشی کافی برای تحمل نیروی عکس‌العمل ایجاد شده در لبه دیوار را داشته باشد. روند کنترل کفایت ظرفیت بال اتصال کشویی دیوار به ستون (یا دیوار برشی)، در شکل (۴-۱۰) نشان داده شده است.



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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

انواع 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 (۲-۴)
نوع ۲	۲	۵۰	۲/۴	۲ عدد رول بولت سایز ۶ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۳	۳	۳۰	۸/۲	۳ عدد رول بولت سایز ۱۰ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۴	۳	۵۰	۵/۵	۴ عدد رول بولت سایز ۱۰ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۵	۳	۷۰	۴/۱	۴ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۶	۳	۹۰	۳/۳	۴ عدد رول بولت سایز ۶ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۷	۴	۷۰	۷/۳	۴ عدد رول بولت سایز ۱۰ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۸	۴	۹۰	۵/۸	۴ عدد رول بولت سایز ۱۰ میل مطابق جدول (۲-۴)

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

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

- در خصوص وادارهایی که به صورت تلسکوپی به سقف متصل هستند، لازم است دیوار در امتداد داخل صفحه خود از وادار جدا شده 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 دستورالعمل، استفاده از اتصال تلسکوپی وادار به سقف غیرمجاز نبوده، لیکن قابل توصیه نیز نمی‌باشد.

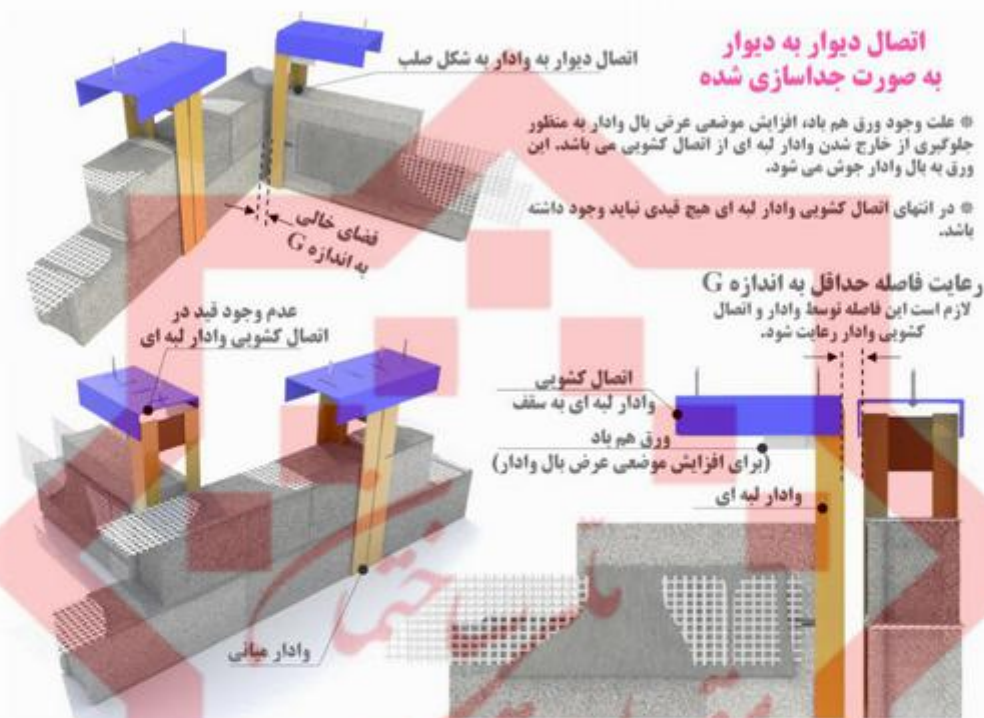
۴-۸-۵- اتصال دیوار به دیوار

بر اساس این دستورالعمل، 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 بوده و جزئیات آن در شکل (۴-۱۲) نشان داده شده است. این اتصال اگرچه دو دیوار را از یکدیگر جدا کرده و از بروز تنش‌های کششی (در اثر خمش افقی در محل اتصال) جلوگیری می‌کند، لیکن سبب افزایش قابل توجه تعداد وادارهای مورد نیاز در پروژه می‌شود. علاوه بر آن، این نوع اتصال برای دیوار ممتد قیدی در امتداد خارج از صفحه ایجاد نکرده و از منظر عایق حرارتی نیز سبب کاهش مقاومت حرارتی دیوار 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 به جای استفاده از وادار لبه‌ای، می‌توان از بست‌های ارتجاعی (بست‌های رادیکالی) استفاده نمود. با توجه به ظرفیت محدود این نوع بست‌ها، توصیه می‌شود از این روش صرفاً در دیوارهای داخلی استفاده شود. ظرفیت بست‌های ارتجاعی لازم است توسط شرکت

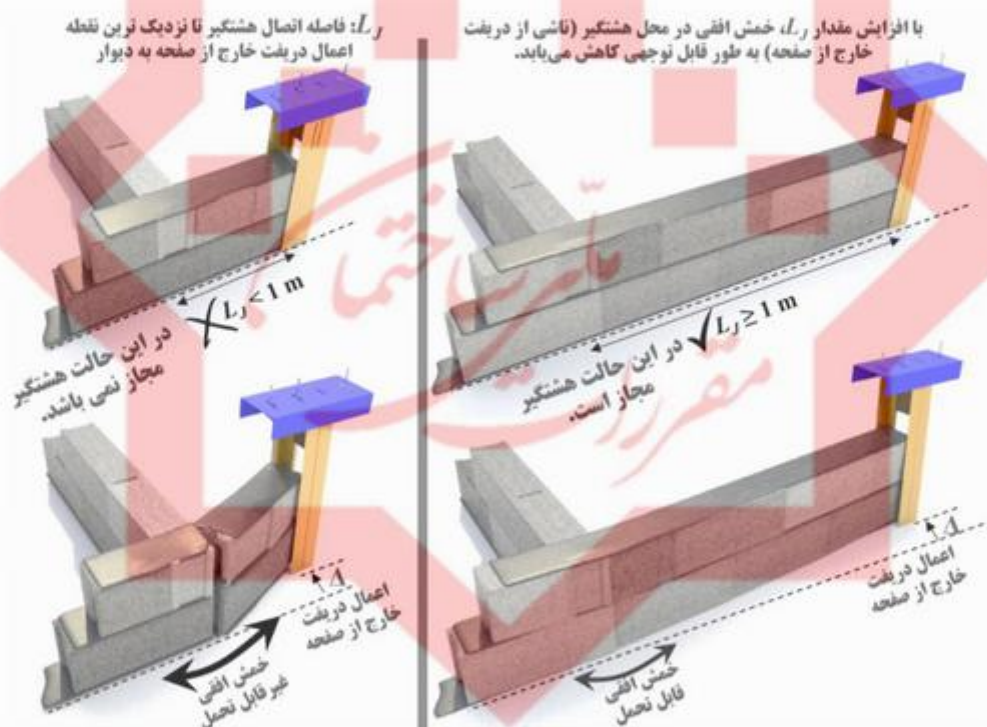
تولیدکننده مشخص شده باشد و بر اساس آن و نیروی عکس‌العمل وارد بر لبه دیوار، تعداد بست‌های ارتجاعی مورد نیاز در لبه دیوار تعیین شود.



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

اتصال هشت‌گیر: اتصال هشت‌گیر قدیمی‌ترین روش اتصال در دیوارهای بنایی بوده و برای قرن‌ها توسط بشر مورد استفاده قرار گرفته است. این روش اتصال دو دیوار را به‌صورت صلب به یکدیگر متصل می‌کند. از جمله مزیت‌های اتصالات هشت‌گیر این است که برای هر دو دیوار متصل شده، در محل اتصال، قید خارج از صفحه تأمین می‌شود. این امر سبب کاهش طول آزاد دیوارها و کاهش وادارهای مورد نیاز در پروژه خواهد شد. لیکن در طراحی لرزه‌ای، تغییرشکل نسبی طبقه در صورتی که در امتداد خارج از صفحه به یکی از دیوارهای هشت‌گیر شده وارد شود، می‌تواند سبب ایجاد خمش افقی شدید در محل اتصال هشت‌گیر شود. این خمش افقی در همان دیواری ایجاد می‌شود که تغییرشکل خارج از صفحه را تجربه کرده است. نحوه ایجاد این خمش در شکل (۴-۱۳) نشان داده شده است. لازم به ذکر است این خمش افقی ناشی از یک تحریک وابسته به تغییرشکل است. مطابق شکل (۴-۱۳) در صورتی که محل اعمال تغییرشکل خارج از صفحه از محل اتصال هشت‌گیر فاصله داشته باشد، سختی خمشی افقی دیوار (از محل اعمال تغییرشکل خارج از صفحه تا محل هشت‌گیر) کاهش یافته و در نتیجه خمش افقی کوچک‌تری

در محل اتصال هشت گیر ایجاد می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌های خمش افقی انجام شده در داخل کشور (ارائه شده در پیوست ۲ این دستورالعمل) و همچنین نتایج حاصل از تحلیل‌های اجزاء محدود، می‌توان اظهار داشت در صورتی که محل اعمال تغییر شکل خارج از صفحه حداقل ۱۰۰ سانتی‌متر از محل اتصال هشت گیر فاصله داشته باشد، مقدار خمش افقی در محل اتصال هشت گیر به قدر کافی کاهش می‌یابد به طوری که دیوار با تسلیحات متداول قادر به تحمل آن خواهد بود. لازم به ذکر است تغییر شکل خارج از صفحه می‌تواند از طریق وادارهای قائم و یا اتصالات کشویی (متصل به سقف یا ستون) به دیوارهای هشت گیر شده اعمال شود. لذا محل هشت گیر 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.

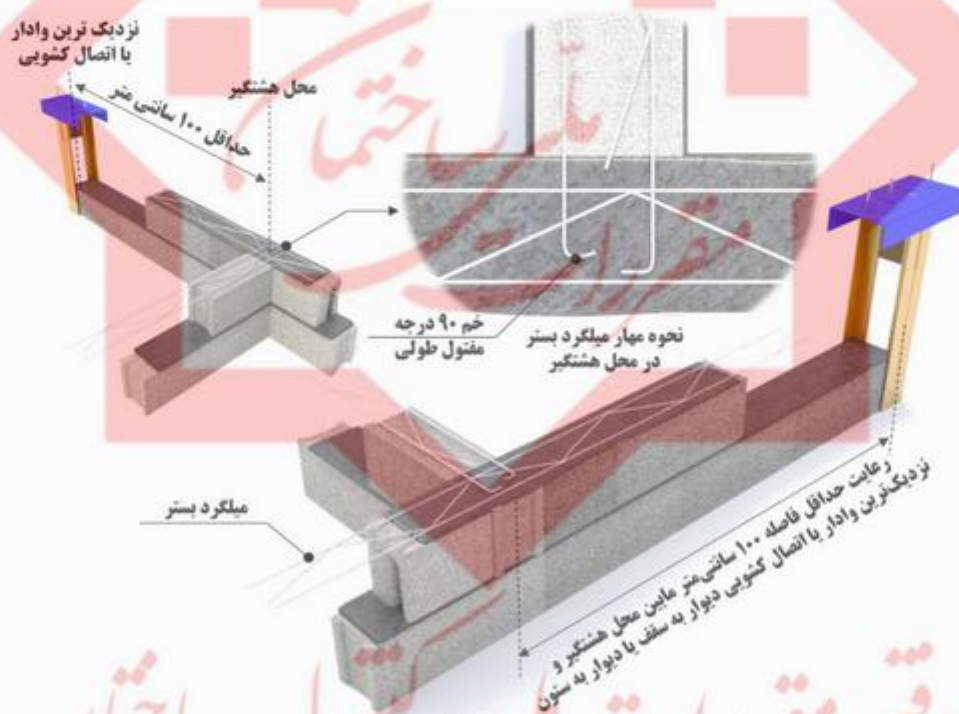


شکل ۴-۱۳ لزوم رعایت فاصله بین محل هشت گیر تا نزدیک‌ترین اتصال کشویی یا وادار قائم متصل به دیوارهای هشت گیر شده.

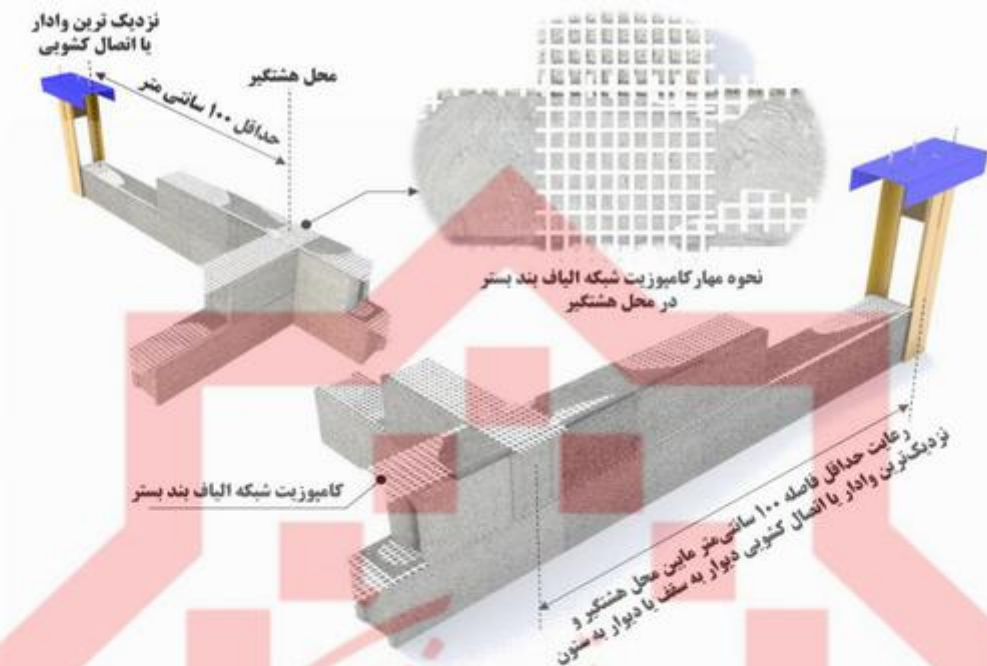
بر اساس این دستورالعمل، در صورتی که هر دو شرط زیر هم زمان تأمین گردد، استفاده از اتصال دیوار به دیوار به صورت هشت گیر نه تنها مجاز بوده، بلکه نسبت به اتصالات جداسازی شده از منظر فنی و اقتصادی ارجحیت دارد. لیکن در صورتی که هر یک از دو الزام زیر تأمین نباشد، لازم

است اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده باشد. در این خصوص تفاوتی بین اتصال دیوارهای داخلی به داخلی، داخلی به پیرامونی و پیرامونی به پیرامونی وجود ندارد. الزام شماره ۱ برای اتصال هشت‌گیر: اتصال هشت‌گیر باید حداقل به اندازه ۱۰۰ 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، این فاصله حداقل ۱۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود).

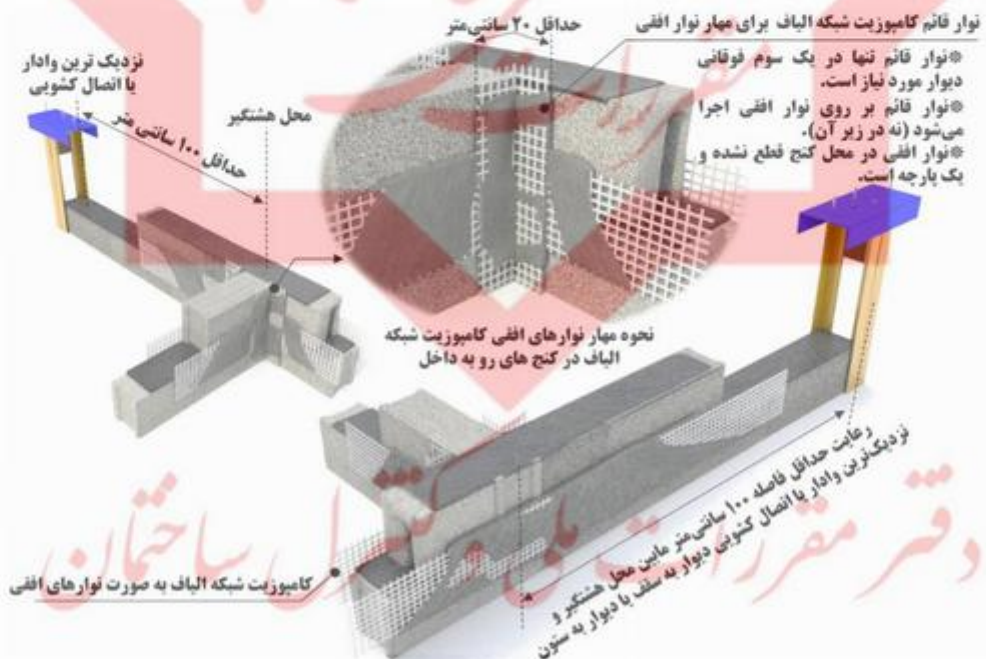
الزام شماره ۲ برای اتصال هشت‌گیر: در محل اتصال هشت‌گیر لازم است تسلیحات افقی وجود داشته باشد به طوری که حتی در صورت بروز ترک در ملات یا بلوک‌های دیوار، ظرفیت خمشی افقی دیوار در محل هشت‌گیر افت شدیدی را تجربه نکرده و انسجام کلی و موضعی دیوار حفظ شود. این الزام برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به صورت سرتاسری همواره برقرار بوده، لیکن برای سایر روش‌های تسلیح جزئیات ارائه شده در شکل‌های (۴-۱۴) الی (۴-۱۷) لازم است برقرار باشد.



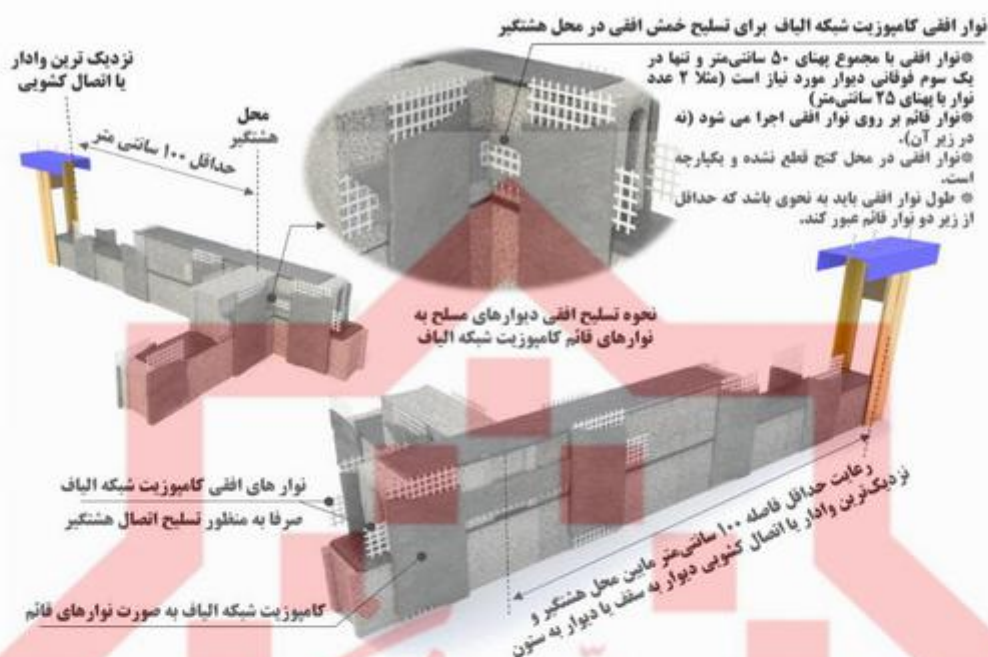
شکل ۴-۱۴ نحوه تقویت خمشی افقی در محل هشت‌گیر برای دیوارهای مسلح به میلگرد بستر.



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



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



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

تذکر ۱: در صورت رعایت الزامات اتصال دیوار به دیوار به صورت هشت‌گیر، این نوع اتصال نیاز به کنترل دیگری ندارد. لیکن در صورت استفاده از اتصال دیوار به دیوار به صورت 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 شوند.

تذکر ۲: توصیه می‌شود در صورتی که شرایط استفاده از اتصال هشتگیر محیا باشد، از اتصال هشتگیر برای اتصالات دیوارهای داخلی به داخلی، داخلی به پیرامونی و 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 می‌شوند.

تذکر ۳: دو الزام ارائه شده در این بخش لازم نیست در خصوص اتصالات هشتگیری که بیرون‌زدگی دیوار (دیواری کوتاه با طول کمتر از ۲۵٪ ارتفاع دیوار) را به دیوار اصلی متصل می‌کنند، برآورده شوند. 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، لیکن مستلزم صرف هزینه بالا 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 هرچقدر اتصال وادار به کف در امتداد خارج از صفحه دیوار صلیبیت بیشتری داشته باشد، تغییرشکل‌های خارج از صفحه وادار سبب ایجاد نیروی بیشتری نه تنها در اتصال وادار به کف، بلکه در اتصال وادار به سقف خواهد 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 نبوده و سبب افزایش گیرداری اتصال در امتداد خارج از صفحه می‌شود.

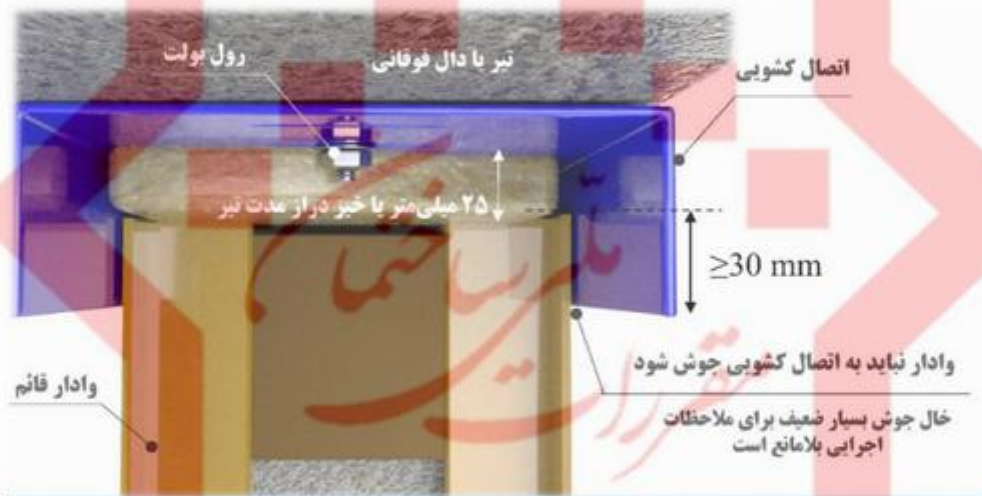
تذکر ۳: در خصوص اتصال وادارهای جان‌پناه به کف، لازم است این اتصال به‌صورت جداگانه طراحی شود. در اکثر موارد، اتصال وادار جان‌پناه به کف در مقایسه با سایر وادارها، لازم است از ظرفیت بیشتری برخوردار باشد. علت آن است که وادار جان‌پناه به‌صورت طره‌ای بوده و لازم است اتصال آن به کف در هر دو امتداد داخل و خارج 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 بوده و این جزئیات معمولاً برای اتصال وادار طره‌ای جان‌پناه کافی نمی‌باشد. برای اتصال وادار طره‌ای جان‌پناه به کف، توصیه می‌شود از ورق‌های اتصالی با پهنایی بیشتر از ضخامت دیوار (ورق کف) استفاده شود تا بدین ترتیب بازوی لنگر مقاوم رول بولت‌ها افزایش یابد.

۴-۸-۷- اتصال وادار به سقف

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

تذکر ۱: در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، به منظور 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 دستورالعمل، استفاده از اتصال تلسکوپی غیرمجاز نبوده، لیکن 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 جداسدگی بین دیوار و وادار لبه‌ای (این جداسدگی تنها در بخش فوقانی دیوار محتمل است)، لازم است درز مابین وادار و دیوار با ملات پر شده و یا 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 نشده و 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 و یا لبه‌ای آن است که در صورت استفاده از اتصالات تلسکوپی، اتصال دیوار به وادار مشابه اتصال دیوار به ستون بوده و لازم است مابین دیوار و وادار درزی به منظوری جداسازی دیوار از وادار قرار داده شود. نازک‌کاری‌های قرار گرفته بر روی این درز در حین زلزله بسیار مستعد آسیب دیدن هستند. لذا توصیه می‌شود حتی المقدور به منظور کاهش احتمال بروز آسیب در اندودها و نازک‌کاری دیوار، هم وادارهای میانی و هم وادارهای لبه‌ای به صورت کشویی به سقف متصل شوند.



کنترل کفایت ظرفیت اتصال کشویی

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

کنترل کفایت رول بولت های اتصال

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

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

شکل ۴-۱۹ جزئیات اتصال کشویی وادار به سقف.

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)

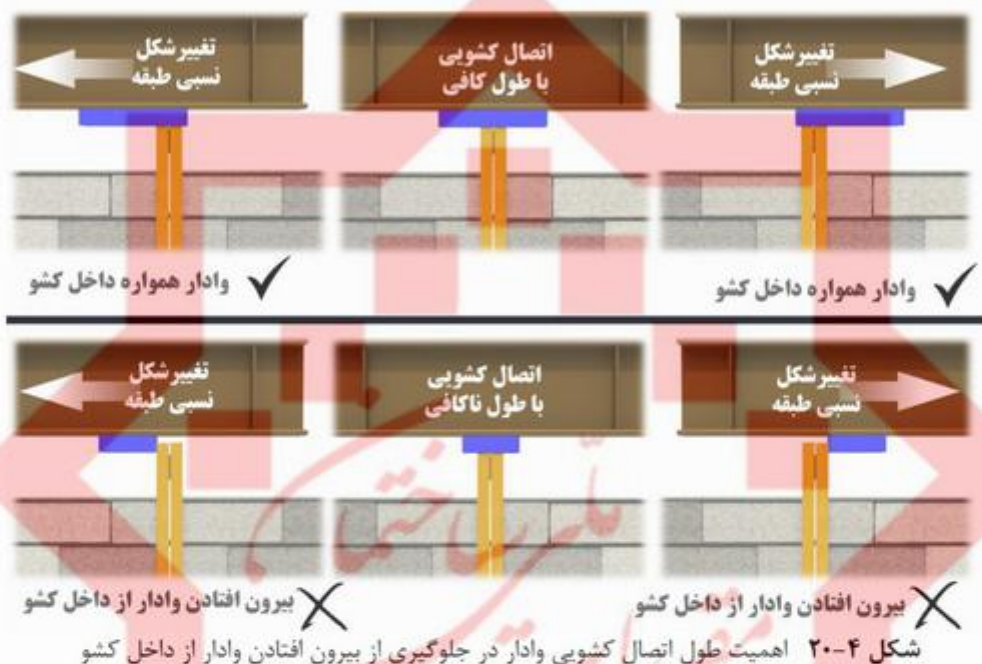
T_{c-bolt} : ظرفیت کششی یک عدد از رول بولت ها (kN)

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

n : تعداد رول بولت ها در اتصال کشویی

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

دریافت طبقه منجر به حرکت کشویی بزرگتری 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 کوچکتر باشد. به طور کلی توصیه می‌شود طول اتصال کشویی از ۲۵۰ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته نشود.



تذکر ۳: وادارهایی که به صورت طره‌ای طراحی شده‌اند (همانند وادارهای جان‌پناه)، نیاز به اتصال در لبه فوقانی خود ندارند. با این وجود، 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، توصیه می‌شود کلافی افقی بر روی لبه فوقانی جان‌پناه اجرا شود. وظیفه این کلاف یک پارچه‌سازی بلوک‌های موجود در آخرین رج جان‌پناه است به طوری که در صورت اعمال یک بار متمرکز بر لبه جان‌پناه، تخریب موضعی در جان‌پناه رخ ندهد. این کلاف افقی می‌تواند 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 به ضخامت تقریبی ۵۰ میلی‌متر باشد.

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

اتصال کشویی وادار به سقف	ضخامت ورق بال (mm)	طول اتصال کشویی (mm)	ظرفیت اتصال (kN)	تعداد رول بولت مورد نیاز در یک متر از طول اتصال
--------------------------	--------------------	----------------------	------------------	---

نوع ۱	۳	۲۰۰	۱/۹	۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۲	۳	۴۰۰	۳/۹	۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۳	۴	۲۰۰	۳/۴	۲ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۴	۴	۴۰۰	۶/۹	۳ عدد رول بولت سایز ۸ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۵	۵	۲۰۰	۵/۴	۲ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۶	۵	۴۰۰	۱۰/۸	۳ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۷	۶	۲۰۰	۷/۸	۲ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۲-۴)
نوع ۸	۶	۴۰۰	۱۵/۶	۴ عدد رول بولت سایز ۱۲ میل مطابق جدول (۲-۴)

* برای اتصالات کشویی با طول بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی متر امکان درون یابی وجود دارد.

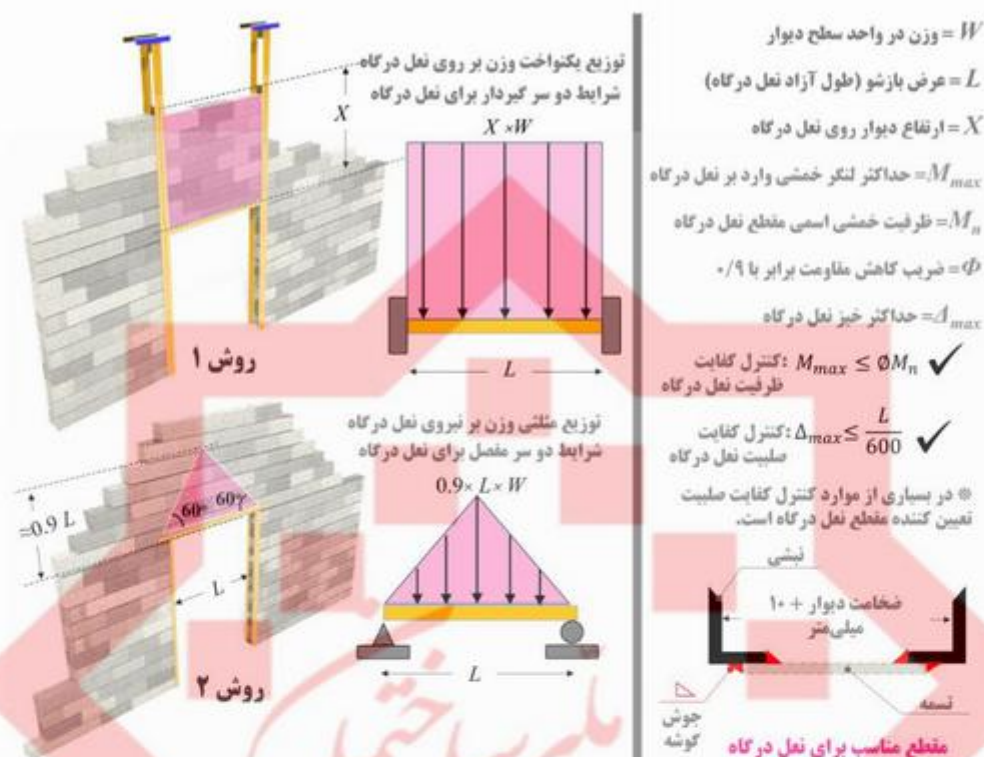
** در صورتی که اتصال کشویی به صورت جفت نبشی باشد، لازم است رول بولت های ارائه شده، برای هر یک از نبشی ها به صورت جداگانه تأمین گردد.

۴-۹- مرحله نهم - طراحی نعل درگاه و ساب فریم

در صورتی که بالای بازشو (درب یا پنجره)، دیوار بنایی وجود داشته باشد، لازم است وزن دیوار روی بازشو از طریق نعل درگاه تحمل شده و به سایر بخش های دیوار منتقل گردد. به منظور برقراری اتصال بین نعل درگاه و دیوار دو روش کلی به شرح زیر در این دستورالعمل تعریف شده است.

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

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



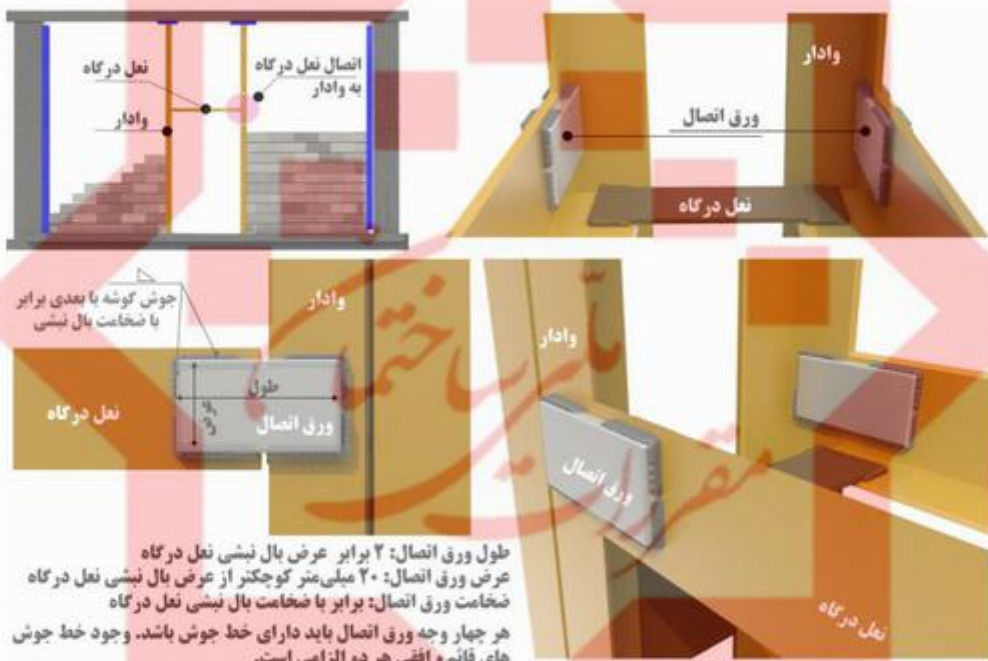
شکل ۴-۲۱ روش‌های برقراری اتصال مابین نعل درگاه و دیوار و روند طراحی مقطع مورد نیاز برای نعل درگاه.

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

شکل‌های (۴-۲۲) و (۴-۲۳) به ترتیب نمونه‌ای از نحوه اتصال نعل درگاه به وادار قائم و ساب فریم را نشان می‌دهند. بدیهی است سایر روش‌های اتصال به نحوی که ظرفیت مورد نیاز را تأمین نمایند، نیز قابل استفاده هستند.

تذکره ۱: به‌طور کلی در روش ۲، نیروی کمتری به نعل درگاه وارد می‌شود. علت این امر نوع چیدمان واحدهای بنایی و اندرکنش بین بلوک‌های دیوار و خود نعل درگاه با دیوار بنایی است. به‌طور کلی نیرو میل دارد از مسیر با سختی بیشتر منتقل شود که در این خصوص، دیوار بنایی اطراف بازشو نسبت به نعل درگاه دارای سختی قائم بیشتری است؛ لذا بر اثر خیز نعل درگاه، نیروی ناشی از

وزن دیوار روی نعل درگاه باز توزیع شده و نیرو به شکل یکنواخت به نعل درگاه وارد نمی‌شود. بر اساس مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان، توزیع نیروی روی نعل درگاه می‌تواند به صورت مثلی در نظر گرفته شود که اضلاع این مثلث با افق زاویه ۶۰ درجه می‌سازند. به عبارت دیگر وزن ناشی از قسمت‌هایی از دیوار که خارج از مثلث مذکور هستند به صورت قوسی به اطراف بازشو منتقل شده و به نعل درگاه اعمال نمی‌شوند. این عملکرد قوسی در صورت حضور وادار در اطراف بازشو نمی‌تواند به طور کامل شکل بگیرد، لذا در این صورت مناسب‌تر است در طراحی نعل درگاه فرض شود کل وزن دیوار روی بازشو به نعل درگاه وارد می‌شود.



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

تذکر ۲: در روش ۲، در صورتی که در هر دو طرف بازشو حداقل ۳۵۰ میلی‌متر فضا برای تأمین نشیمنگاه برای نعل درگاه وجود داشته باشد، بازشو می‌تواند فاقد ساب فریم بوده و نعل درگاه از طریق اتصال اتکایی بر روی دیوار قرار گرفته و نیروی خود را به دیوار منتقل کند. لازم به ذکر است، همواره استفاده از ساب فریم برای بازشو قابل توصیه است؛ لذا از منظر فنی ارجحیت با استفاده از ساب فریم است.

تذکر ۳: در صورتی که ساب فریم از پروفیل‌های قوطی شکل ساخته شده باشد، لازم است از طریق شاخک گذاری و یا استفاده از قلاب و گیره به دیوار به صورت صلب متصل شود. در صورتی که ساب فریم از دبل نبشی ساخته شده باشد، اتصال ساب فریم به دیوار مشابه اتصال وادار به دیوار خواهد

بود. همچنین لازم است ساق‌های قائم ساب فریم به کف متصل شوند. برای این منظور می‌توان از جزئیات ارائه شده برای اتصال وادار به کف و یا سایر اتصال‌های مناسب دیگر استفاده نمود.

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



دیوار کاملاً با ساب فریم به صورت صلب متصل است. داخل درزهای احتمالی با ملات پر شود.

ساب فریم‌های با مقطع فولتی لازم است از طریق شاخک گذاری و یا فلانج و گیره به دیوار متصل شوند.

شکل ۴-۲۳ نمونه‌ای از اتصال نعل درگاه به ساب فریم.

۴-۱۰- سایر الزامات طراحی و اجرایی

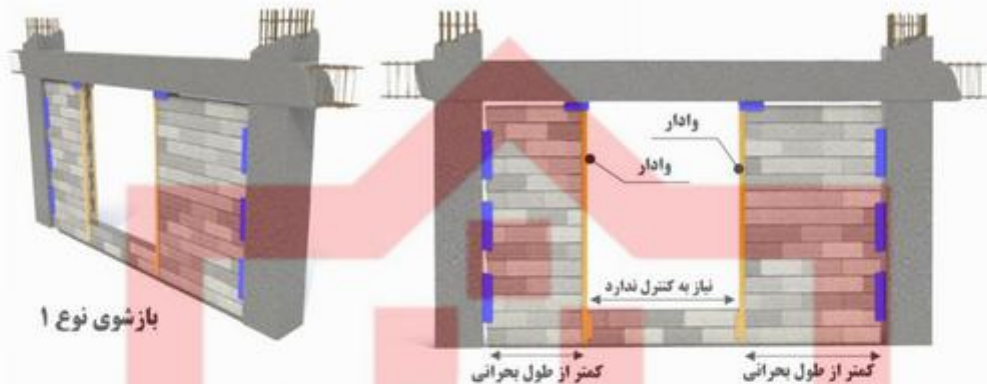
در این بخش الزامات اضافی که لازم است در روند طراحی، اجرا و یا نظارت بر اجرای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مدنظر قرار گرفته شود، ارائه شده است.

۴-۱۰-۱- اثر حضور بازشو در طول بحرانی

بر اساس دسته‌بندی انجام شده در این دستورالعمل، بازشو در دیوار می‌تواند سه حالت به ترتیب زیر داشته باشد:

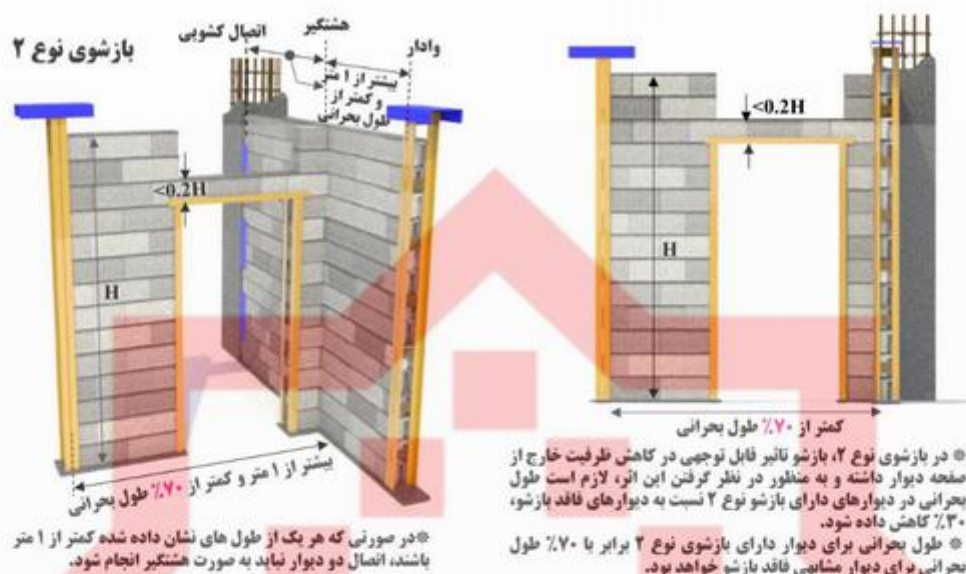
- بازشوی نوع ۱: در این حالت، در بالای بازشو دیوار بنایی وجود نداشته و بازشو تا لبه فوقانی دیوار امتداد می‌یابد. این نوع بازشو سبب ایجاد لبه قائم آزاد در دیوار شده و عملاً دیوار را به دو دیوار مجزا از یکدیگر تقسیم می‌کند. در این نوع بازشوها توصیه بر آن است که در اطراف بازشو

از وادارهای قائم استفاده شود تا بدین ترتیب لبه قائم آزاد دیوار به یک لبه مقید (دارای تکیه‌گاه مفصلی) تبدیل شود. جزئیات مربوط به این نوع بازشو در شکل (۴-۲۴) نشان داده شده است.



- در بازشوی نوع ۱، اساساً بازشو دیوار را با دو دیوار مجزا با رفتاری مستقل تقسیم می‌کند. لبه قائم دیوارها در مجاورت بازشو یک لبه آزاد می‌باشد.
 - در صورتی که دیوار فاقد اتصال کشویی به سقف باشد، لازم است در اطراف بازشو از وادار قائم استفاده کرده و طول بحرانی دیوار با فرض شرایط مرزی A محاسبه شود.
 - در صورتی که دیوار دارای اتصال کشویی به سقف باشد، می‌توان در اطراف بازشو از وادار قائم استفاده کرده و طول بحرانی دیوار با فرض شرایط مرزی E محاسبه شود.
 - در صورتی که دیوار دارای اتصال کشویی به سقف باشد، می‌توان در اطراف بازشو از وادار قائم استفاده نکرده و طول بحرانی دیوار با فرض شرایط مرزی 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.

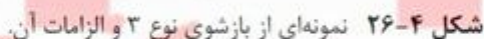
– **بازشوی نوع ۲:** در این حالت، در بالای بازشو دیوار بنایی وجود دارد، لیکن ارتفاع آن کمتر از ۲۰٪ ارتفاع کل دیوار است. در این نوع از بازشوها، پیوستگی رفتار خارج از صفحه در دو سمت بازشو از طریق ایجاد خمش افقی در بخش بنایی بالای بازشو ایجاد می‌شود، لیکن نتایج حاصل از تحلیل‌های عددی حاکی از آن است که این خمش می‌تواند 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، در صورتی که طول بحرانی در دیوارهای دارای بازشو نوع ۲ برابر با ۷۰٪ طول بحرانی دیوارهای مشابه فاقد بازشو در نظر گرفته شود، مقدار خمش افقی در دیوار دارای بازشوی نوع ۲ تقریباً برابر با حداکثر خمش افقی در دیوار فاقد بازشو خواهد بود؛ بنابراین در دیوارهای دارای بازشو نوع ۲ نیازی به قراردادن وادار در اطراف بازشو نبوده، لیکن 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 بخش‌های دو سمت بازشو از طریق ایجاد خمش افقی در بخش بنایی بالای بازشو می‌تواند فراهم شود و با توجه به اینکه ارتفاع دیوار در قسمت بالای بازشو قابل توجه 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 داشته و در روند طراحی دیوار می‌توان از وجود آن‌ها صرف‌نظر نمود؛ لذا نیازی به استفاده از وادار در اطراف این نوع از بازشوها نبوده و طول بحرانی دیوارهای دارای بازشوی نوع ۳ را می‌توان برابر با طول بحرانی دیوارهای هم‌تیپ فاقد بازشو در نظر گرفت. جزئیات مربوط به این نوع بازشو در شکل (۴-۲۶) نشان داده شده است.

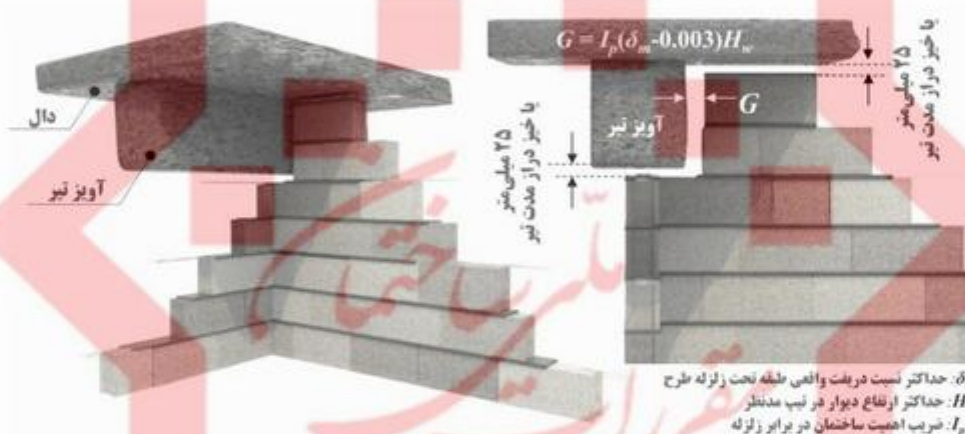
دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



تذکره ۳: صرف نظر از نوع بازشو، در صورتی که پهنای بازشو بیش از ۲ متر باشد، توصیه می‌شود در اطراف بازشو از وادار قائم استفاده شود. بدین ترتیب به واسطه اتصالات گیردار نعل درگاه به وادار، خیز نعل درگاه به صورت مؤثرتری می‌تواند کنترل شود.

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

به منظور جلوگیری از اعمال دریافت داخل صفحه به دیوارها از طریق تیرهای (یا آویز تیرهای) عمود بر دیوار، لازم است مابین دیوارها و تیرهای فوقانی که با دیوار تلاقی دارند، نیز جداسازی انجام شود. به عبارت دیگر، برآمدگی و تو رفتگی‌های موجود در سقف نباید منجر به انتقال دریافت داخلی صفحه به دیوارهای غیرسازه‌ای شود. جزئیات جداسازی مابین 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 شده و این تجهیزات نباید در حین زلزله برخوردی با دیوارهای غیرسازه‌ای داشته باشند.



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

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

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

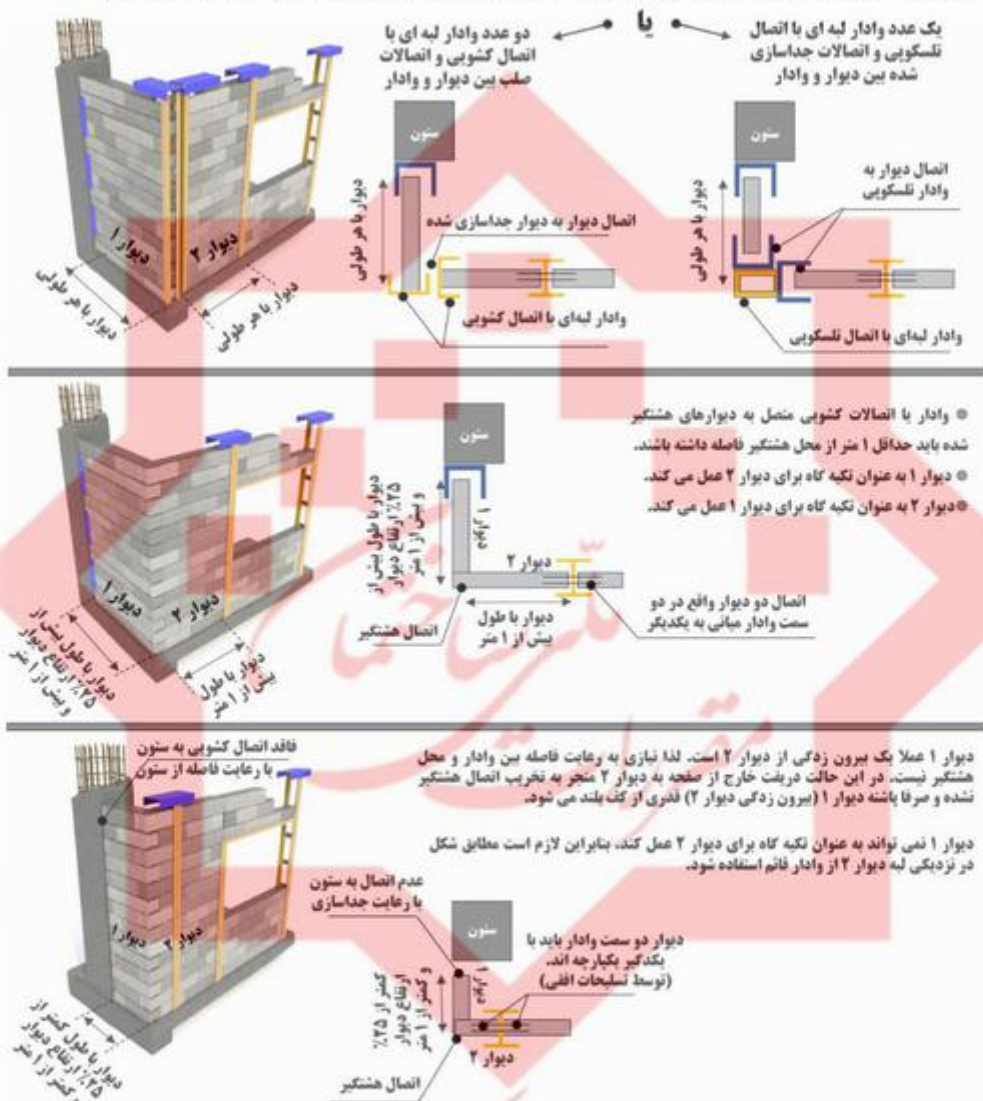
مطابق شکل (۴-۲۸)، در برخی موارد، دیوار دارای یک بیرون زدگی کوتاه می باشد که اگرچه به صورت هشت گیر اجرا می شود، لیکن این بیرون زدگی نمی تواند به عنوان یک تکیه گاه برای دیوار عمل نماید. بر اساس بررسی های عددی انجام شده، در دیوارهای بنایی غیرسازه ای متداول، در صورتی که طول دیوار هشت گیر شده بیش از ۵۰٪ ارتفاع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



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

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

- در صورت استفاده از وادار لیه ای با اتصال کشویی، اتصال دیوار به وادار به صورت کاملاً صلب برقرار میشود (بدون اجرای جداسازی بین دیوار و وادار و پر کردن فضای خالی بین وادار و دیوار با علات و ترجیحاً اتصال تسلیحات دیوار به وادار).
- در صورت استفاده از وادار لیه ای با اتصال نلکسویی، اتصال دیوار به وادار به صورت جداسازی شده برقرار میشود (کاملاً مشابه اتصال دیوار به ستون).



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

تذکر ۱: دیوارهای هشت گیر شده تنها در شرایطی می توانند نقش تکیه گاهی برای یکدیگر ایفا کنند که ارتفاع آزاد آنها بیش از ۱۵٪ با یکدیگر تفاوت نداشته باشد. در غیر این صورت اختلاف ارتفاع دو دیوار هشت گیر شده باید به صورت پلکانی و به تدریج در رجهای مختلف فوقانی دیوار اجرا شود به نحوی که در محل هشت گیر، ارتفاع هر دو دیوار کمتر از ۱۵٪ با یکدیگر تفاوت داشته باشد.

تذکر ۲: به‌طور کلی توصیه می‌شود همواره دیوارهای واقع در دو سمت وادار میانی (که دارای اتصال کشویی به سقف است) به یکدیگر بسته شوند. این کار از طریق عبور دادن کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر و یا میلگرد بستر از داخل وادار میانی امکان‌پذیر است. در خصوص وادارهای لبه‌ای که دارای اتصال کشویی به سقف هستند نیز توصیه می‌شود دیوار به‌صورت صلب به وادار لبه‌ای متصل باشد. این کار از طریق متصل نمودن تسلیحات دیوار به وادار لبه‌ای و یا اجرای قلاب و گیره مابین وادار لبه‌ای و دیوار امکان‌پذیر است. اجرای این تمهیدات به ویژه در یک سوم فوقانی دیوار از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و مانع از بروز جداسدگی 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 پوشش‌هایی 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: عدم حفظ رطوبت در ملات‌های سیمانی سبب کاهش چسبندگی ملات به واحدهای بنایی می‌شود. مطابق جدول (۳-۴) در صورتی که تدابیری جهت حفظ رطوبت ملات اتخاذ نشود، لازم است در مرحله طراحی دیوار و تعیین طول بحرانی دیوار، مدول گسیختگی عمود بر بند بستر به میزان ۵۰٪ کاهش داده شود.

تذکر ۲: در صورتی که دمای محیط در زمان ساخت یا عمل‌آوری دیوار بنایی غیرسازه‌ای کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد، لازم است تمهیداتی ویژه به‌منظور جلوگیری از یخ‌زدگی ملات مورد استفاده در دیوار، اتخاذ نمود. برای این منظور، می‌توان از تمهیدات ارائه شده توسط آیین‌نامه بتن ایران-آبا (۱۴۰۰) و یا سایر راهکارهای مؤثر استفاده نمود.

تذکر ۳: در صورتی که دمای محیط در زمان ساخت یا عمل‌آوری دیوار بنایی غیرسازه‌ای بیش از ۳۲ درجه سلسیوس باشد، لازم است تمهیداتی ویژه به‌منظور حفظ رطوبت ملات مورد استفاده در دیوار، اتخاذ نمود. برای این منظور، می‌توان از تمهیدات ارائه شده توسط آیین‌نامه بتن ایران (آبا) و یا سایر راهکارهای مؤثر استفاده نمود.

۴-۱۰-۵- شیارزنی

در برخی از دیوارها به دلیل عبور تأسیسات مختلف، لازم است شیارهایی (عمدتاً قائم) در دیوار ایجاد شود. در این شرایط توصیه می‌شود حتی‌الامکان شیارها به نحوی اجرا شوند که منجر به آسیب و یا قطع

تسلیمات دیوار نشوند. در بسیاری از موارد بروز آسیب موضعی به تسلیمات دیوار اجتناب‌ناپذیر است. در این شرایط لازم است پس از شیارزنی و نصب تأسیسات، محل شیارخورده دیوار با استفاده از ملات ماسه سیمان پر شود. در کلیه شیارهای افقی (با هر طولی) و در شیارهای قائم با ارتفاع بیش از نصف ارتفاع دیوار، لازم است علاوه بر پر کردن محل شیار با ملات ماسه سیمان، محل شیارخورده با استفاده از کامپوزیت شبکه الیاف به صورت موضعی تقویت شود. برای این منظور کامپوزیت شبکه الیاف می‌تواند به صورت سرتاسری 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 دستورالعمل، دستیابی به عملکرد خمش دو طرفه برای دیوارهای غیرسازه‌ای است. در چنین دیوارهایی بروز آسیب و ناپیوستگی جزئی در دیوار (به عنوان مثال شیار قائم به ارتفاع ۱ متر)، تأثیر کمی در ظرفیت خارج از صفحه دیوار خواهد داشت. با این وجود، لازم است محل شیارخورده مطابق با این بخش تقویت شود.

تذکر ۲: در خصوص تأسیسات مکانیکی که در امتداد قائم از کف طبقه تا سقف طبقه امتداد داشته و مستقیماً به دیوار غیرسازه‌ای متصل هستند و یا در مجاورت دیوار اجرا می‌شوند در حین زلزله مستعد آسیب خواهند بود. چراکه در این شرایط تغییر شکل نسبی طبقه به تأسیسات وارد شده و به علت تماس تأسیسات با دیوار غیرسازه‌ای، بروز آسیب در تأسیسات و یا دیوار غیرسازه‌ای محتمل است؛ لذا لازم است کلیه تأسیسات مکانیکی قائم که از کف طبقه تا سقف طبقه امتداد دارند، از دیوار غیرسازه‌ای جدا شوند. مقدار جداسازی حداقل برابر با G (طبق تعریف ارائه شده در شکل (۴-۹)) است.

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 اجرا بندهای قائم به شکل کامل با ملات پر نشوند و دوماً ملات بند قائم در کلیه حالات تسلیم دیوار یا اساساً تأثیری در ظرفیت خارج از صفحه دیوار نداشته و یا تأثیر آن بسیار اندک است؛ لذا از منظر سازه‌ای وجود یا عدم وجود ملات در بندهای قائم تأثیر چندانی نخواهد داشت. لیکن همواره توصیه می‌شود به منظور بهبود مشخصات عایق صوتی و حرارتی دیوار، در حین اجرا همواره بندهای قائم 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.

۴-۱۰-۸- دیوارهای کوتاه و بیرون زدگی های دیوار

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

- در صورتی که طول آزاد بیرون زدگی دیوار بیش از ۱ متر باشد، لازم است لبه آزاد بیرون زدگی از طریق وادار قائم و یا اتصالات کشویی به ستون مهار شود.

- در صورتی که طول آزاد بیرون زدگی دیوار کمتر از ۱ متر باشد (در بسیاری از موارد این حالت وجود دارد)، نباید در لبه آزاد بیرون زدگی وادار قائم قرار داده شده و یا به صورت کشویی به ستون متصل گردد. همچنین لبه فوقانی این بیرون زدگی نباید دارای اتصال کشویی به سقف باشد. در این شرایط لبه فوقانی بیرون زدگی آزاد بوده و یکی از لبه های قائم آن نیز می تواند آزاد باشد، لیکن لبه دیگر بیرون زدگی لازم است به دیوار اصلی به صورت هشتگیر متصل شده باشد. در صورتی که اجرای هشتگیر از منظر اجرایی میسر نباشد، استفاده از سایر روش های اتصال غیر کشویی (همانند قلاب و گیره) به منظور اتصال بیرون زدگی به دیوار اصلی مجاز است. لازم به ذکر است در این شرایط دیوار بیرون زده دارای دو لبه آزاد بوده (لبه فوقانی و یکی از لبه های قائم) و نیروهای خارج از صفحه عمده تا از طریق خمش افقی تحمل می شوند.

- در صورتی که طول آزاد بیرون زدگی دیوار کمتر از ۷۰ سانتی متر باشد، این بخش از دیوار نیاز به تسلیح افقی نخواهد داشت و قسمت بیرون زده می تواند غیر مسلح باشد (در این شرایط ظرفیت خمش افقی دیوار غیر مسلح برای تحمل نیروهای وارده کافی است). در صورتی که طول آزاد بیرون زدگی بیش از ۷۰ سانتی متر باشد، لازم است از تسلیحات افقی در بیرون زدگی استفاده شود.

- وادارهای قائم قرار گرفته در دیوار اصلی، می توانند در فاصله ای کمتر از ۱ متر از محل بیرون زدگی قرار داده شوند (حتی اگر اتصال بیرون زدگی به دیوار اصلی به صورت هشتگیر باشد). با این وجود توصیه می شود در این موارد نیز تا جای ممکن، وادار دیوار اصلی از محل بیرون زدگی فاصله داشته باشد. بدیهی است لازم است هم زمان طول آزاد دیوار اصلی از طول بحرانی خود فراتر نرود.

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



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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۱- صحت روابط مربوط به تقاضای خارج

از صفحه دیوار

در فصل ۲ روابطی به منظور تخمین تقاضای (نیروی) خارج از صفحه وارده بر دیوار ناشی از باد و زلزله ارائه شده است. هدف از این پیوست بررسی دقت روابط ارائه شده است.

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

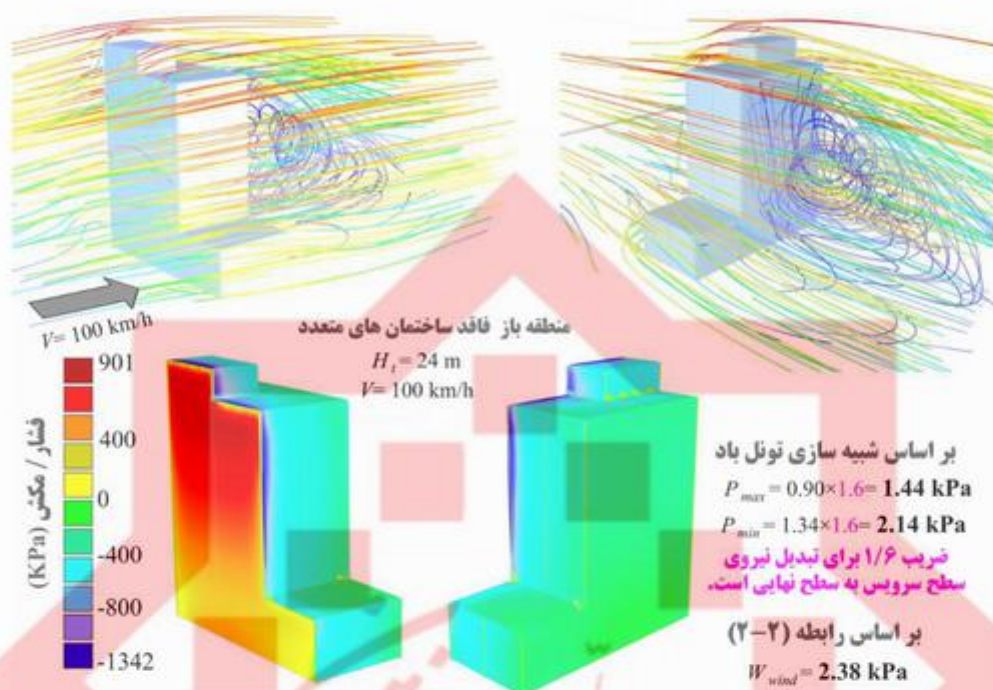
در این دستورالعمل، روابط (۱-۲) و (۲-۲) به منظور تخمین نیروی ناشی از باد ارائه شده است. این نیرو می تواند به صورت فشار خارج از صفحه و یا مکش خارج از صفحه باشد. به منظور بررسی دقت روابط ارائه شده، از شبیه سازی تونل باد استفاده شده است. این شبیه سازی بر اساس تحلیل های دینامیک سیالاتی محاسباتی^۱ انجام شده است. در کلیه شبیه سازی های انجام شده سرعت باد مبنای برابر با سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین بوده و پروفیل تغییرات سرعت باد با ارتفاع منطبق بر ضریب اثر تغییر سرعت (Ce) مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (۱۳۹۸) تعریف شده است. پروفیل شدت توربولانس نیز در ارتفاع ثابت و برابر با ۲۰٪ در نظر گرفته شده است.

در شکل (پ-۱-۱) نتایج حاصل از شبیه سازی تونل باد برای یک ساختمان ۷ طبقه به ارتفاع ۲۴ متر (از سطح زمین تا کف بام) تحت وزش بادی با سرعت مبنای ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت نشان داده شده است. فرض شده است ساختمان در منطقه ای باز و فاقد ساختمان های متعدد قرار دارد، لذا پروفیل تغییرات سرعت باد منطبق بر ضریب اثر تغییر سرعت مربوط به این حالت تنظیم شده است. لازم به ذکر است خروجی حاصل از شبیه سازی تونل باد در ضریب ۱/۶ ضرب شده است تا بدین ترتیب نیروی باد به حالت نهایی تبدیل شود. این ضریب در روابط (۱-۲) و (۲-۲) نیز مستتر است.

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

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

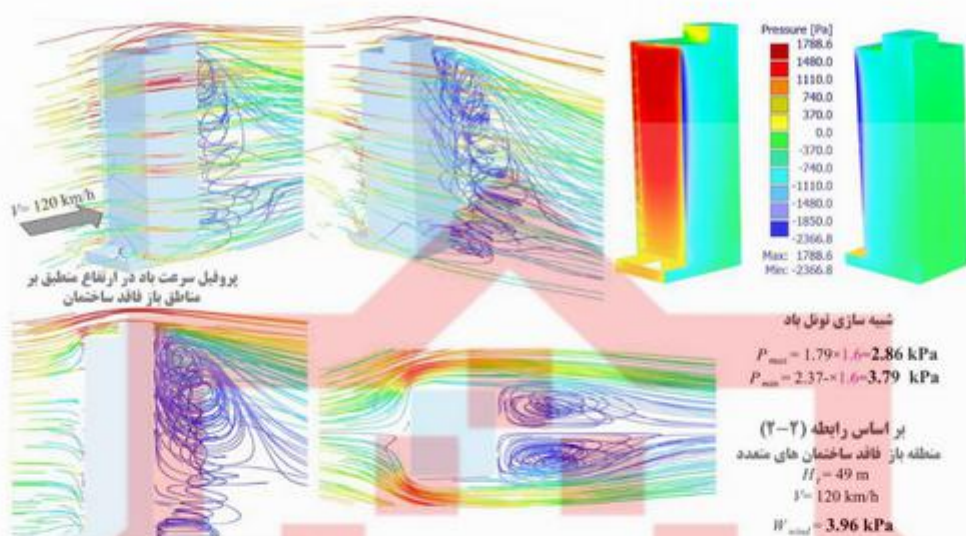
¹ Computational Fluid Dynamics (CFD)



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 منطقه‌ای باز و فاقد ساختمان‌های متعدد قرار دارد، لذا 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 دقت مناسبی نیروی باد را تخمین زده است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان

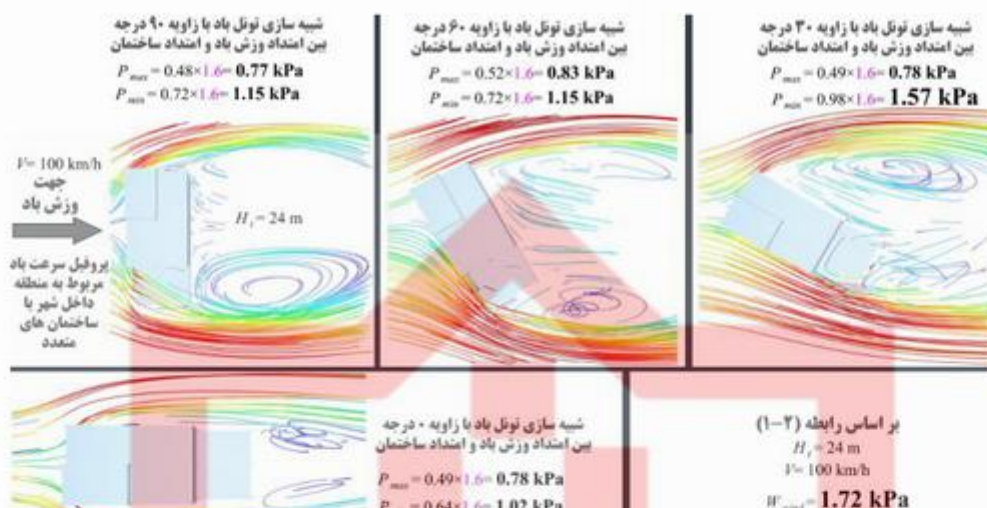


شکل پ-۲-۱ بررسی دقت رابطه (۲-۲) در تخمین فشار/ مکش ناشی از باد برای یک ساختمان ۱۴ طبقه به ارتفاع ۴۹ متر واقع در منطقه‌ای فاقد ساختمان‌های متعدد و سرعت باد مبنای ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت.

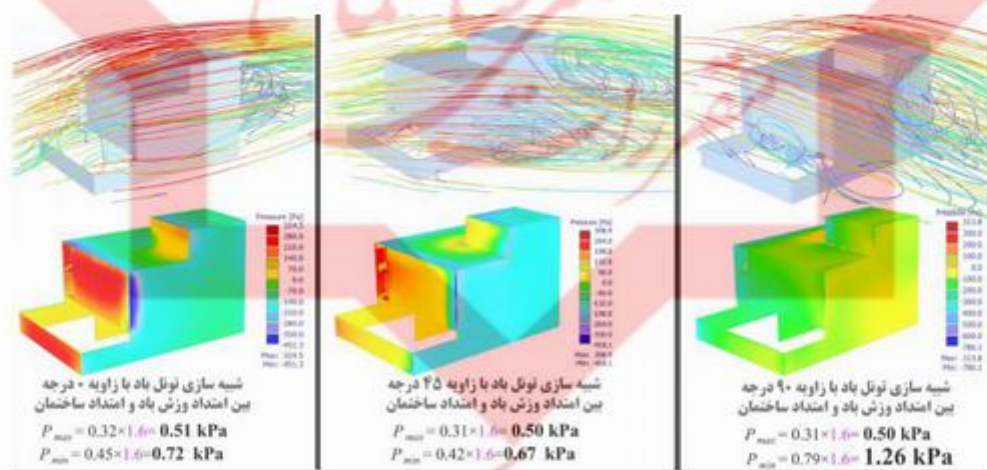
به‌منظور بررسی تأثیر زاویه وزش باد، شکل (پ-۱-۳) نتایج شبیه‌سازی تونل باد برای یک ساختمان ۷ طبقه به ارتفاع ۲۴ متر در منطقه شهری با ساختمان‌های متعدد را تحت چهار زاویه وزش باد مختلف ارائه داده است. سرعت باد مبنای ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت است. همان‌طور که در شکل (پ-۱-۳) نشان داده شده است، رابطه (۱-۲) با دقت 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 منطقه‌ای شهری با ساختمان‌های متعدد بوده و سرعت باد مبنای ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت است. همان‌طور که در شکل (پ-۱-۴) نشان داده شده است، رابطه (۱-۲) با دقت مناسب و به شکلی محافظه‌کارانه حداکثر فشار/ مکش ناشی از باد را تخمین زده است.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



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



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

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

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

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

ارتفاع سرعت مینا (km/h)	ارتفاع (m)	نوع منطقه	زاویه‌های متعدد برخورد	شبیه‌سازی تونل باد	حداکثر فشار / مکش (kPa)	ساختمان
۱۰۰	۲۴	منطقه باز فاقد ساختمان متعدد	خبر	۲/۱۴	۲/۲۸	طبقه ۷
۱۲۰	۴۹	منطقه باز فاقد ساختمان متعدد	خبر	۳/۷۹	۳/۹۶	طبقه ۱۴
۱۰۰	۲۴	منطقه شهری با ساختمان‌های متعدد	پله	۱/۵۷	۱/۷۲	طبقه ۷
۱۰۰	۱۰	منطقه شهری با ساختمان‌های متعدد	پله	۱/۲۶	۱/۳۲	طبقه ۳

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

در این دستورالعمل، رابطه (۳-۲) به منظور تخمین نیروی ناشی از زلزله ارائه شده است. این نیرو که ناشی از اینرسی دیوار است به صورت رفت و برگشتی در امتداد خارج از صفحه دیوار وارد می‌شود. به طور کلی حداکثر نیروی ناشی از زلزله وارد بر دیوار برابر است با حاصل ضرب وزن دیوار (W_p) در حداکثر شتاب خارج از صفحه وارد بر دیوار (A_{max}) که بر حسب ضریبی از شتاب ثقل (g) بیان می‌شود. نیروی حاصله به واسطه ضریب رفتار خارج از صفحه دیوار ($R=2.5$) کاهش یافته می‌یابد. در نهایت به منظور در نظر گرفتن اهمیت ساختمان، یک ضریب اهمیت (I_p) نیز در مقدار حاصله اعمال می‌گردد. بر اساس تعریف فوق و با برابر قراردادن رابطه فوق با رابطه (۳-۲) می‌توان حداکثر شتاب خارج از صفحه دیوار را که از طریق رابطه (۳-۲) تخمین زده می‌شود به صورت زیر محاسبه نمود.

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

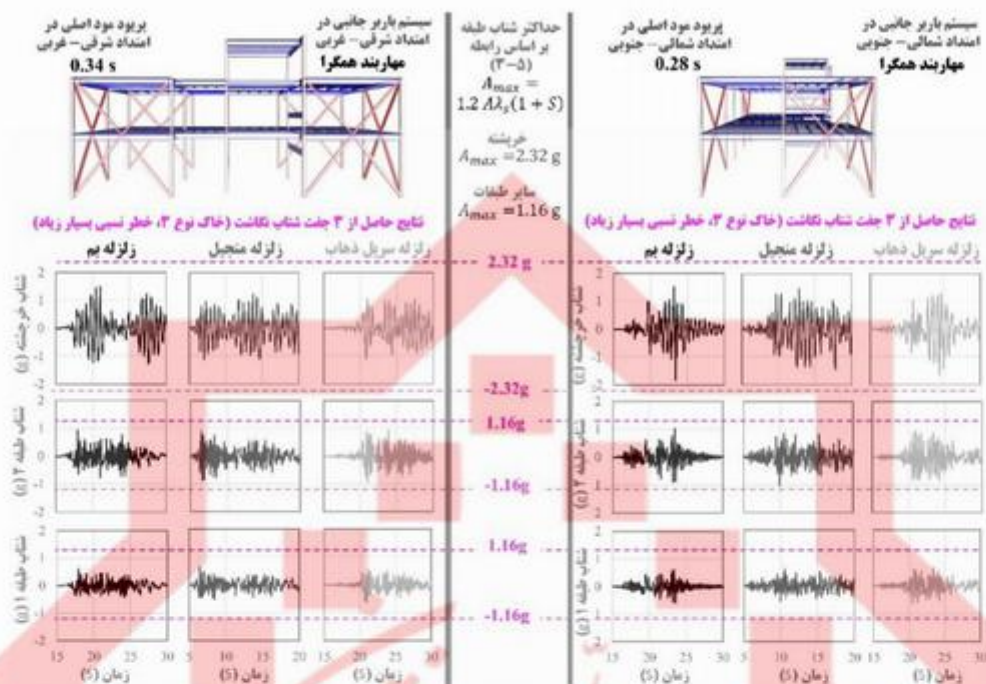
بر اساس رابطه (پ-۱-۱) حداکثر شتاب متناظر با رابطه (۳-۲) که به صورت خارج از صفحه به دیوار وارد می‌شود قابل محاسبه است. در این بخش این شتاب، با حداکثر شتاب حاصل از تحلیل‌های تاریخیچه زمانی غیرخطی بر روی ساختمان‌های مختلف مقایسه شده است.

تذکر: دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای، عمدتاً دارای پریود ارتعاش خارج از صفحه‌ای کوچک‌تر از ۰/۲ ثانیه هستند؛ لذا برای چنین پریود کوچکی، شتاب طیفی طبقه را تقریباً می‌توان 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.

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 بوده و نتایج حاصل از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی تحت زلزله‌های بم، منجیل و سرپل ذهاب در شکل (پ-۱-۵) نشان داده شده است. در هر تحلیل، هر دو مؤلفه زلزله به‌صورت هم‌زمان به سازه اعمال شده‌اند. با استفاده از روش انطباق طیفی، شتاب نگاشت‌های هر زلزله بر اساس طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ تنظیم شده‌اند. شکل (پ-۱-۵) نشان می‌دهد که شتاب حداکثر متناظر با رابطه (۲-۳) (که در رابطه (پ-۱-۱) ارائه گردید) با دقت خوبی و به شکلی محافظه‌کارانه شتاب حداکثر وارده بر دیوارهای طبقات مختلف را تخمین می‌زند.

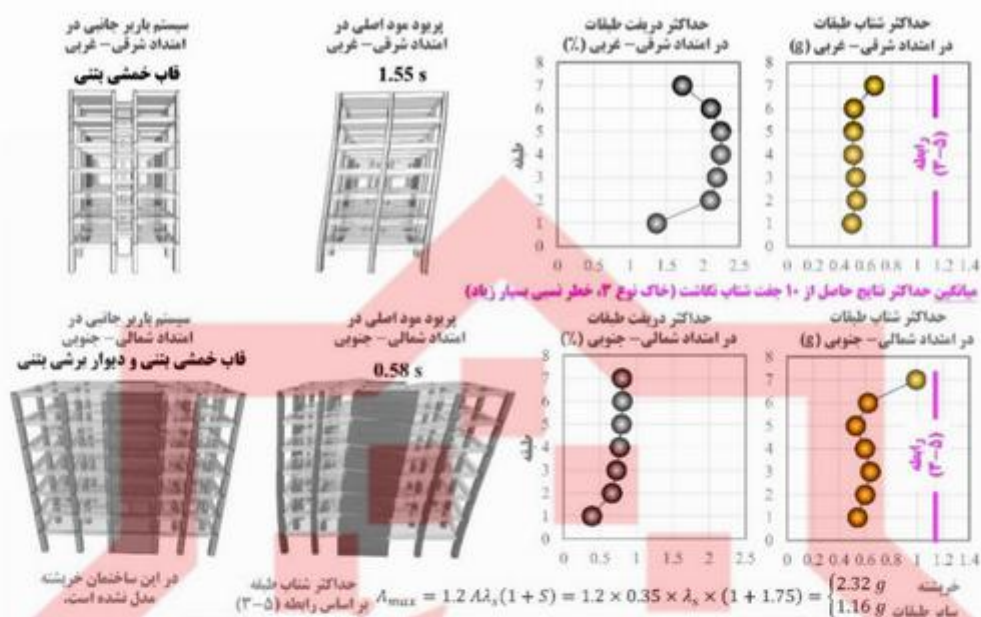
بررسی مشابهی برای ساختمانی ۷ طبقه بتنی انجام شده است. ساختمان دارای سیستم قاب خمشی بتنی در یک امتداد و سیستم دوگانه قاب خمشی بتنی و دیوار برشی بتنی در امتداد دیگر است. در این تحلیل از ۱۰ جفت شتاب‌نگاشت استفاده شده و میانگین حداکثر پاسخ‌ها در شکل (پ-۱-۶) ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که برای این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

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

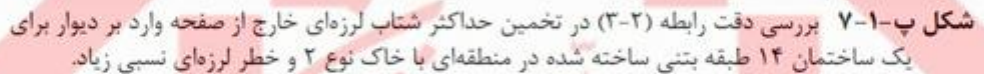
دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



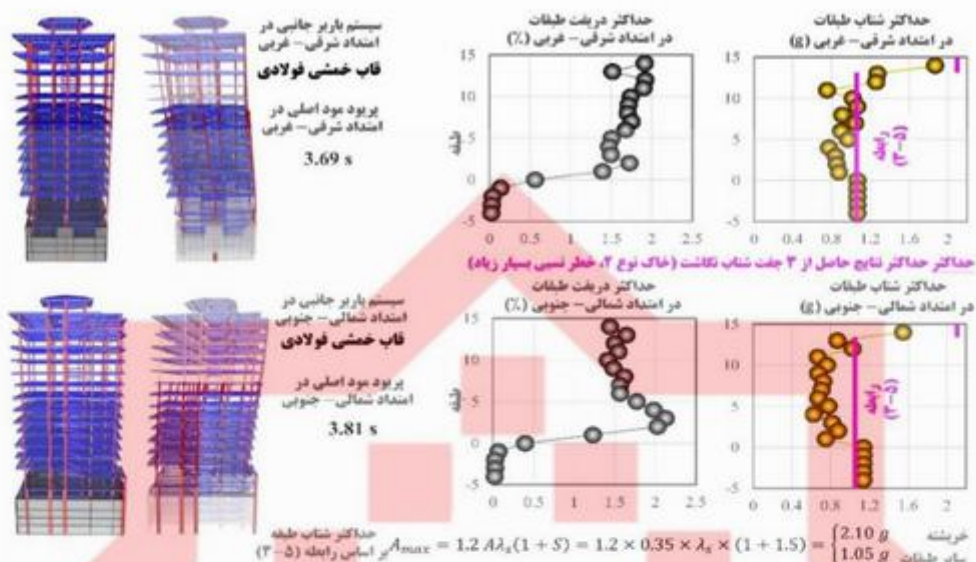
شکل پ-۱-۶ بررسی دقت رابطه (۳-۲) در تخمین حداکثر شتاب لرزه‌ای خارج از صفحه وارد بر دیوار برای یک ساختمان ۷ طبقه بتنی ساخته شده در منطقه‌ای با خاک نوع ۳ و خطر لرزه‌ای نسبی بسیار زیاد.

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

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



به منظور بررسی بیشتر دقت رابطه (۲-۳) برای ساختمان‌های با پی‌ود بلند، ساختمانی ۱۸ طبقه با سیستم باربر جانبی قاب خمشی فولادی در هر دو امتداد در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از تحلیل تاریخیچه زمانی و غیرخطی و نتایج حاصل از رابطه (۲-۳) برای این ساختمان در شکل (پ-۱-۸) با یکدیگر مقایسه شده‌اند.



شکل پ-۸-۱ 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.

در این بررسی تنها ۳ زلزله در نظر گرفته شده و ملاک مقایسه، حداکثر شتاب حداکثر طبقات در نظر گرفته 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 می‌زد. بر اساس شکل (پ-۸-۱)، در سازه‌های با پریود بالا شتاب طبقات زیر زمین می‌تواند از طبقات روی سطح زمین بیشتر نیز باشد؛ لذا توزیع افزایشی شتاب طبقات که در آیین‌نامه‌های فعلی ارائه شده است لزوماً صحیح نمی‌باشد.

خلاصه‌ای از نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های تاریخچه زمانی و مقایسه آن‌ها با نتایج حاصل از رابطه (۲-۳) در جدول (پ-۸-۱) ارائه شده است. بر اساس نتایج می‌توان بیان داشت رابطه ارائه شده در فصل ۲ با دقتی مناسب و تا حدی به شکل محافظه‌کارانه‌ای نیروی ناشی از زلزله را تخمین می‌زند. همچنین بر اساس نتایج، توزیع شتاب حداکثر طبقات و متعاقباً نیروی وارده بر دیوارهای غیرسازه‌ای با افزایش ارتفاع لزوماً افزایش پیدا نمی‌کند و در برخی موارد شتاب حداکثر طبقه می‌تواند در طبقات تحتانی و یا حتی طبقات زیر زمین رخ دهد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

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

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



دقتر مقررات ملی و کتترل ساختمان

پیوست ۲- صحت روابط مربوط به ظرفیت خارج

از صفحه دیوار

در فصل ۳ روابطی به منظور تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ارائه شده است. هدف از این پیوست بررسی دقت روابط ارائه شده می‌باشد. لازم به ذکر است در این پیوست ظرفیت اسمی دیوار (بدون احتساب ضریب کاهش مقاومت) با ظرفیت نهایی حاصل از آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه دیوارهای مختلف مقایسه شده است. در مواردی که آزمایش‌های خارج از صفحه به صورت رفت و برگشتی بوده است، میانگین ظرفیت در هر دو امتداد مثبت و منفی به عنوان نتیجه نهایی آزمایش در نظر گرفته شده است.

پ-۲-۱- ظرفیت خمش قائم دیوار غیرمسلح

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



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

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

به ذکر است مقدار مدول گسیختگی عمود بر بند بستر ملات بسته به نوع ملات به کاررفته در رج‌های دیوار بر اساس فصل ۳ تعیین شده است.

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

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

پ-۲-۲- ظرفیت خمش افقی دیوار غیرمسلح

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

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۲-۲ آزمایش‌های انتخابی به منظور بررسی دقت روابط مربوط به ظرفیت خمش افقی دیوار غیر مسلح.

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

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

لازم به ذکر است روابط (۵-۳) و (۷-۳) ظرفیت خمش افقی دیوار غیر مسلح در ۱ متر از ارتفاع دیوار را ارائه می‌دهند، لذا به منظور تعیین ظرفیت خمش خارج از صفحه نمونه‌ها لازم است ارتفاع دیوار (H) نیز در این روابط لحاظ شود. در جدول (پ-۲-۲) مقدار متناظر با M_n برابر است با حاصل ضرب پهنای عمود بر دهانه دیوار در مقدار حاصل از روابط (۵-۳) و (۷-۳) با فرض واحد بودن ضریب کاهش مقاومت. لازم به ذکر است مقدار مدول گسیختگی موازی با بند بستر ملات بسته به نوع ملات به کار رفته در رج‌های دیوار بر اساس فصل ۳ تعیین شده است.

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

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



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

جدول پ-۲-۳ مقایسه نتایج حاصل از رابطه (۸-۳) با نتایج آزمایشگاهی (قطر مفتول طولی میلگرد بستر ۳/۶ میلی‌متر، 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 (mm ²)	M _{test} (kN.m)	M _n (kN.m)	درصد خطا
آزمایش‌های انجام شده در داخل کشور	BJR-H-3	توخالی	۱۰۰	۸۰۰	۴۰۰	۱۰/۲	۱/۲۲	۰/۷۸	۳۶
میانگین درصد خطا									
۳۶									

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

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

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

ظرفیت خمش افقی دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف در بند بستر از طریق رابطه (۳-۹) فصل ۳ 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 شده‌اند.



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

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

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

۱۷	۴۵/۶۶	۵۴/۷۳	۱۳۷	۱۲۵	۵۰۰	۵۰۰	توپر	P5-G66-V	Borri et al. (2009)
۸	۳۶/۵۳	۳۹/۷۳	۱۳۷	۶۶	۳۳۰	۴۰۰	توپر	L9-G33-V	
-۱۲	۲۱/۲۵	۱۹/۰۲	۸۵	۳۰	۹۰	۵۰۰	توپر	GF.01	
۱۶	۲۳/۱۰	۲۷/۴۷	۱۶۰	۶۰	۱۸۰	۳۸۰	توخالی	SG.01	
۲	۲۳/۱۰	۲۳/۶۸	۱۶۰	۶۰	۱۸۰	۳۸۰	توخالی	SG.02	
۵۷	۰/۳۸	۰/۸۸	۲۸/۵	۲۰۰	۸۰۰	۱۰۰	توخالی	BJM-H-1	آزمایش‌های انجام شده در داخل کشور
۵۳	۰/۳۸	۰/۸۱	۲۸/۵	۲۰۰	۸۰۰	۱۰۰	توخالی	BJM-H-2	
۵۸	۰/۳۸	۰/۹۰	۲۸/۵	۲۰۰	۸۰۰	۱۰۰	توخالی	BJM-H-3	
۲۳	میانگین درصد خطا								

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 ۳ 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 شده‌اند.

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

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

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

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

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

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

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



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

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

درصد خطا	M _n (kN.m)	M _{test} (kN.m)	T _{fu} (N/mm)	w _f * s/h	L (mm)	t (mm)	نوع واحد بنایی	نام نمونه	منبع نتایج آزمایشگاهی
-۱۴	۱/۶۶	۱/۴۶	۴۵	۱	۲۸۰	۱۳۲	توپر	MGM-11-1	Bernat-Maso et al. (2014)
-۵	۱/۶۶	۱/۵۸	۴۵	۱	۲۸۰	۱۳۲	توپر	MGM-11-2	
۱۰	۱/۶۶	۱/۸۴	۴۵	۱	۲۸۰	۱۳۲	توپر	MGM-11-3	
-۱۲	۱/۶۶	۱/۴۸	۴۵	۱	۲۸۰	۱۳۲	توپر	MGR-11-1	
-۲۴	۱/۶۶	۱/۳۴	۴۵	۱	۲۸۰	۱۳۲	توپر	MGR-11-2	
-۶	۱/۶۶	۱/۵۶	۴۵	۱	۲۸۰	۱۳۲	توپر	MGR-11-3	
-۵	۶/۴۱	۶/۰۹	۵۱/۵۵	۱	۱۲۲۰	۱۰۲	توخالی	CMU-1ply-1	Babaeidarabad and Nanni (2014)
-۱	۶/۴۱	۶/۳۵	۵۱/۵۵	۱	۱۲۲۰	۱۰۲	توخالی	CMU-1ply-2	
۸	۶/۴۱	۶/۹۹	۵۱/۵۵	۱	۱۲۲۰	۱۰۲	توخالی	CMU-1ply-3	
۲	۶/۴۱	۶/۵۷	۵۱/۵۵	۱	۱۲۲۰	۱۰۲	توپر	CL-1ply-1	
-۳	۶/۴۱	۶/۲۰	۵۱/۵۵	۱	۱۲۲۰	۱۰۲	توپر	CL-1ply-2	
۰	۶/۴۱	۶/۴۰	۵۱/۵۵	۱	۱۲۲۰	۱۰۲	توپر	CL-1ply-3	
-۲۴	۰/۷۷	۰/۶۲	۱۹/۴	۰/۵	۸۰۰	۱۰۰	توخالی	FRCM-V-1	آزمایش‌های انجام شده در داخل کشور
-۱	۰/۷۷	۰/۷۶	۱۹/۴	۰/۵	۸۰۰	۱۰۰	توخالی	FRCM-V-2	
-۱۵	۰/۷۷	۰/۶۷	۱۹/۴	۰/۵	۸۰۰	۱۰۰	توخالی	FRCM-V-3	
۱۲	۱/۴۶	۱/۶۵	۱۹/۴	۰/۳۷۵	۲۰۰۰	۱۰۰	توخالی	Field Test	
-۵	میانگین درصد خطا								

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

لازم به ذکر است رابطه (۳-۱۱) ظرفیت خمش قائم دیوار مسلح به نوارهای قائم کامپوزیت شبکه الیاف در ۱ متر از طول دیوار را ارائه می‌دهد. لذا به منظور تعیین ظرفیت خمش خارج از صفحه نمونه‌ها لازم است طول دیوار (L) نیز در این روابط لحاظ شود. در جدول (پ-۲-۶) مقدار متناظر با M_n برابر است با حاصل ضرب 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 ۳ به منظور تخمین خمش خارج از صفحه دیوار در دو امتداد قائم و افقی بررسی گردید. لیکن به طور معمول دیوارها دارای رفتاری دوطرفه بوده و خمش قائم و افقی به صورت هم‌زمان در دیوار ایجاد می‌شود؛ لذا در این دستورالعمل به منظور تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای با رفتار دوطرفه، رابطه (۳-۳) در فصل ۳ ارائه شده است. در این بخش دقت این رابطه با استفاده از نتایج آزمایشگاهی موجود بررسی شده است. مطابق شکل (پ-۲-۷) دقت رابطه (۳-۳) برای دیوارهای غیرمسلح با استفاده از آزمایش‌های خمش دوطرفه خارج از صفحه انجام شده توسط (Messalo et al. (1993), Chong (1993) و Griffith et al. (2007) بررسی شده است. نتایج حاصل از رابطه (۳-۳) و نتایج آزمایشگاهی برای دیوارهای غیرمسلح تحت خمش دوطرفه در جدول (پ-۲-۷) با یکدیگر مقایسه شده‌اند.



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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

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

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	t (mm)	L×H (m)	دارای شرایط بازشو؟	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
	Wall 2	توپر	۱۱۰	۴/۰۰ × ۲/۵۰	خیر	E	۰/۶۱, ۱/۲۲	۲/۳	۳/۵۶	-۵۴
Griffith et al. (2007)	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
۷ میانگین درصد خطا										

* 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-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-۸) با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



دیوارهای مسلح به میلگرد بستر بست شده تحت خمش دوطرفه توسط Drysdale and Essawy (1988)

دیوارهای مسلح به میلگرد بستر بست شده تحت خمش دوطرفه توسط ارشاد و خرمی آذر (۱۴۰۱)

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

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

منبع نتایج آزمایشگاهی	نام نمونه	نوع واحد بنایی	t (mm)	L×H (m)	دارای شرایط بازشو؟ مرزی	f _{r1} , f _{r2} * (MPa)	P _{test} (kPa)	P _c (kPa)	درصد خطا
Drysdale and Essawy (1988) **	WI	توخالی	۱۹۰	۳/۶ × ۲/۸	خیر	۰/۵۸, ۱/۱۵	۱۰/۲۱	۸/۵۱	۱۷
	WII	توخالی	۱۹۰	۵/۲ × ۲/۸	خیر	۰/۵۸, ۱/۱۵	۶/۸۲	۵/۸۰	۱۵
	WIII	توخالی	۱۹۰	۶/۰ × ۲/۸	خیر	۰/۵۸, ۱/۱۵	۴/۷۷	۵/۱۹	-۹
	WF	توخالی	۱۹۰	۵/۲ × ۲/۸	خیر	۰/۵۸, ۱/۱۵	۳/۹۰	۲/۹۸	۲۴
ارشاد و خرمی آذر (۱۴۰۱) ***	دیوار خارجی ۱۴/۵cm	توخالی	۱۴۵	۳/۰ × ۳/۰	خیر	۰/۲۱, ۰/۴۴	۲/۷۸	۲/۳۱	۱۷
	دیوار داخلی ۱۰cm	توخالی	۱۰۰	۳/۰ × ۳/۰	خیر	۰/۲۱, ۰/۴۴	۰/۷۸	۰/۹۹	-۲۷

۶

میانگین درصد خطا

* 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 شده‌اند.



شکل پ-۲-۹ آزمایش‌های انتخابی جهت بررسی دقت رابطه تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای مسلح به شبکه الیاف سرتاسری تحت خمش دوطرفه.

جدول پ-۲-۹ مقایسه نتایج حاصل از رابطه (۳-۳) با نتایج آزمایشگاهی برای دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف سرتاسری 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 و کنترل ساختمان

در این پیوست در مجموع ۷۱ آزمایش مختلف به منظور ارزیابی دقت روابط ارائه شده در فصل ۳ برای تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوار، مورد استفاده قرار گرفته است. بخشی از این آزمایش‌ها در داخل کشور و برخی در خارج از کشور انجام شده است. خلاصه‌ای از نتایج ارائه شده در این پیوست، در جدول

پ-۲-۱۰ ارائه شده است. درصد خطای مثبت به معنای آن است که نتایج روابط تحلیلی فصل ۳ 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 ۳، برابر با ۱ در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است به‌طور کلی رفتار سازه‌های بنایی دارای عدم قطعیت و پراکندگی بالایی بوده و درصد خطای به‌دست‌آمده در این ارزیابی نشان می‌دهد که روابط فصل ۳ برای کاربردهای مهندسی دارای دقت مناسبی بوده و به‌طور کلی در جهت اطمینان هستند.

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

رابطه	تعداد آزمایش‌ها در روند ارزیابی	متوسط درصد خطا
ظرفیت خمش قائم دیوار غیر مسلح	۱۱	۲۸
ظرفیت خمش افقی دیوار غیر مسلح	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 غیر مسلح 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 سرتاسری تحت خمش دوطرفه	۳	۱۹

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۳- ابزار محاسباتی تحت اکسل

به منظور سهولت در تخمین تقاضا و ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای و محاسبه طول بحرانی دیوار، دو ابزار محاسباتی تحت اکسل توسعه داده شده‌اند. این ابزارها بر اساس روابط ارائه شده در فصول ۲ و ۳ این دستورالعمل هستند. نمایی از محیط ابزار محاسباتی مربوط به دیوارهای مسلح به میلگردبستر و دیوارهای مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف به ترتیب 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 تسلیحات دیوار را تعریف نموده، سپس ابزار محاسباتی با استفاده از روابط فصول ۲ و ۳، تقاضا 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 وارده بر لبه‌های دیوار (که برای طراحی اتصالات قابل استفاده هستند).

تذکر ۱: بر اساس تعریف ارائه شده در بخش ۳-۲ فصل ۳، طول بحرانی دیوار برابر با طولی از دیوار است که در آن نسبت تقاضا به ظرفیت برابر با ۱ می‌شود. بدین ترتیب با تعریف مشخصات ساختمان و مشخصات دیوار، با تغییر طول دیوار می‌توان طول بحرانی آن را با استفاده از این ابزارهای محاسبه فوق بدست 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 هستند. همچنین دیوارهای بنایی می‌توانند از واحدهای بنایی توپر یا توخالی بوده و جنس واحدهای بنایی می‌تواند رسی (سفالی)، سیمانی و یا AAC باشد.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



وزارت بهداشت
و آموزش پزشکی
جمهوری اسلامی ایران

انبار محاسباتی طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه ای مسلح به میلگر دستر



جمهوری اسلامی ایران

مقدمه

این سند به منظور ارائه اطلاعات کلی در مورد طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه ای مسلح به میلگر دستر، تهیه شده است. این سند به عنوان راهنمای کلی برای طراحی و ساخت این نوع دیوارها استفاده می شود. این سند به منظور ارائه اطلاعات کلی در مورد طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه ای مسلح به میلگر دستر، تهیه شده است. این سند به عنوان راهنمای کلی برای طراحی و ساخت این نوع دیوارها استفاده می شود.

فصل اول: کلیات

این سند به منظور ارائه اطلاعات کلی در مورد طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه ای مسلح به میلگر دستر، تهیه شده است. این سند به عنوان راهنمای کلی برای طراحی و ساخت این نوع دیوارها استفاده می شود.

فصل دوم: روش طراحی

این سند به منظور ارائه اطلاعات کلی در مورد طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه ای مسلح به میلگر دستر، تهیه شده است. این سند به عنوان راهنمای کلی برای طراحی و ساخت این نوع دیوارها استفاده می شود.

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

[illegible]

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

پیوست ۴- آزمون‌های تعیین مشخصات تسلیحات

بر اساس روابط ارائه شده در فصل ۳، به منظور تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مسلح، لازم است مشخصات کششی تسلیحات برای طراح از قبل مشخص باشد؛ لذا لازم است شرکت‌های تولیدکننده میلگرد بستر و کامپوزیت‌های شبکه الیاف آزمون‌های کششی ارائه شده در این پیوست را بر روی محصولات خود انجام داده و نتایج به دست آمده را از طریق وبسایت، کاتالوگ، شبکه‌های اجتماعی و یا سایر روش‌ها منتشر نمایند به نحوی که مشخصات تسلیحات برای عموم مهندسين طراح معین باشد.

تذکر: نیازی به انجام آزمون‌های ارائه شده در این پیوست به صورت مجزا برای هر پروژه نمی‌باشد. بلکه شرکت‌های تولیدکننده میلگرد بستر و کامپوزیت شبکه الیاف باید به صورت دوره‌ای آزمون‌هایی مطابق با الزامات این پیوست بر روی محصولات خود انجام داده و نتایج آن را در اختیار مهندسين 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 بزرگتر و از ۳/۵ میلی‌متر کوچکتر باشد. در محاسبه ظرفیت خمشی خارج از صفحه دیوار مسلح به میلگرد بستر مطابق با فصل ۳، مقاومت تسلیم میلگرد بستر (f_y) مورد نیاز است. این کمیت باید بر اساس میانگین منتهای یک انحراف معیار نتایج حاصل از آزمون کششی حداقل بر روی ۵ نمونه مفتول به دست آید. مفتول‌های مورد آزمایش باید دارای نقطه جوشی باشند که مفتول عرضی را به مفتول طولی متصل می‌کند.

تذکر: بسته به نحوه تولید و نوع جوش مورد استفاده در تولید میلگرد بستر، محل جوش در مفتول‌های طولی ممکن است منجر به کاهش مقاومت کششی مفتول شود. از این رو لازم است در آزمون‌های کششی، به مفتول طولی، بخشی از مفتول عرضی نیز متصل باشد.

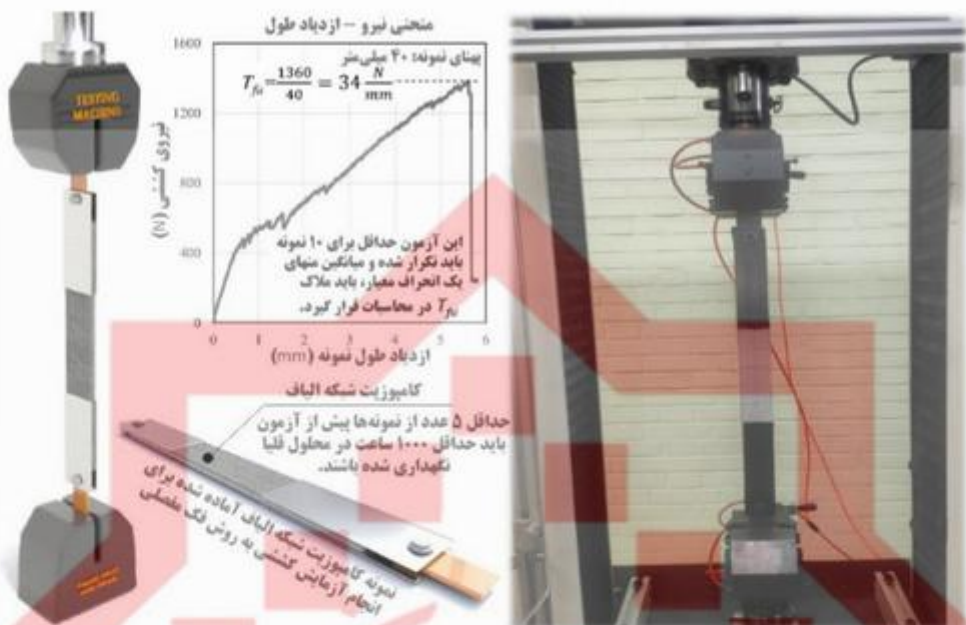
دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



شکل پ-۴-۱ نحوه انجام آزمون کششی بر روی نمونه 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 شده و استفاده از سایر ملات‌های ناهمگون در ترکیب با شبکه الیاف مجاز نمی‌باشد. در محاسبه ظرفیت خمشی خارج از صفحه دیوار مسلح به کامپوزیت شبکه الیاف مطابق با فصل ۳، 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. به منظور کنترل معیار پذیرش عملکرد درازمدت و دوام کامپوزیت‌های شبکه الیاف شیشه، از نتایج آزمون‌های کششی فوق استفاده می‌شود. برای این منظور میانگین ظرفیت کششی به دست آمده از نمونه‌های نگهداری شده در داخل محلول قلیا، نباید از ۰/۸۵ میانگین ظرفیت کششی به دست آمده از نمونه‌های نگهداری شده در محیط آزمایشگاه کوچک‌تر 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 نمونه 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 هستند و در صورت تغییر هر یک از این موارد لازم است آزمون‌های کششی ارائه شده در این بخش تکرار شده و نتایج آزمون به صورت مستقل برای جزئیات مذکور منتشر شود؛ بنابراین، در مرحله طراحی، باید از جزئیاتی برای کامپوزیت شبکه الیاف استفاده شود که پیش‌تر توسط شرکت تولیدکننده کامپوزیت شبکه الیاف، آزمایش شده و نتایج آزمون‌های آن موجود باشد.

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

تذکر ۳: در صورتی که از شبکه الیاف شیشه در ساخت کامپوزیت استفاده شده و پلاستر به کار رفته در کامپوزیت از نوع پلاستر با 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.

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

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 (ACI 434 (2016 است که مورد پذیرش (ACI 549.6R (2020 نیز می‌باشد.

مقررات ملی ساختمان

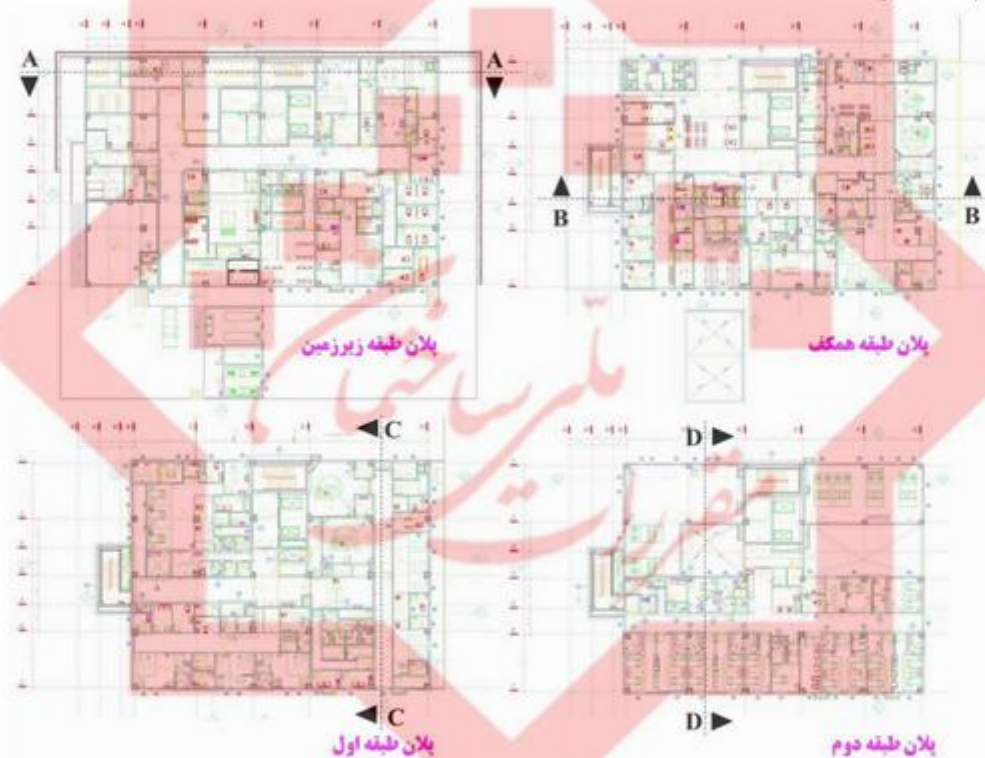
دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۵- نمونه پروژه- بیمارستان

در این پیوست، روند طراحی پروژه محور معرفی شده در فصل ۴ این دستورالعمل برای طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای یک بیمارستان و تهیه دفترچه محاسبات مربوط به آن، ارائه شده است.

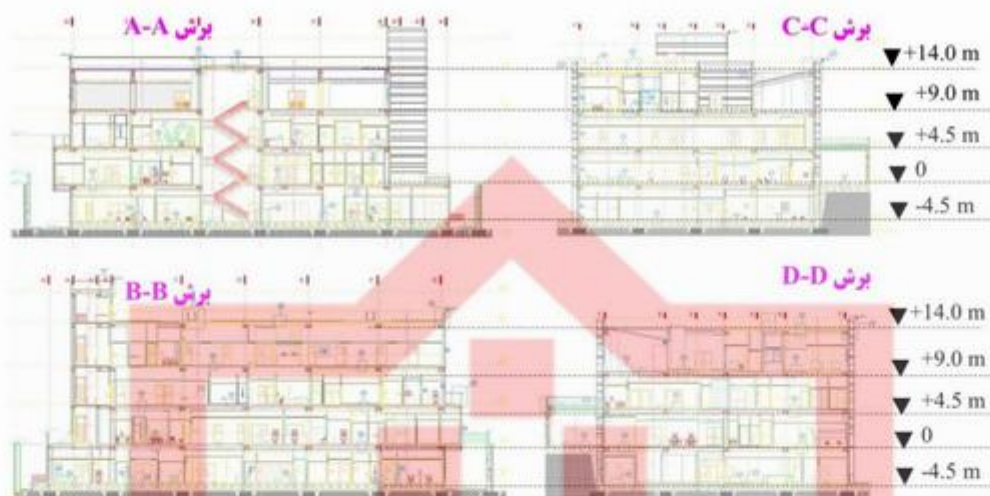
پ-۵-۱- مرحله اول: پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه

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 تسلیحات و شرایط مرزی

بر اساس هماهنگی انجام شده مابین کارفرما، مشاور 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، 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)، لیکن 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) می‌باشند.

دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای



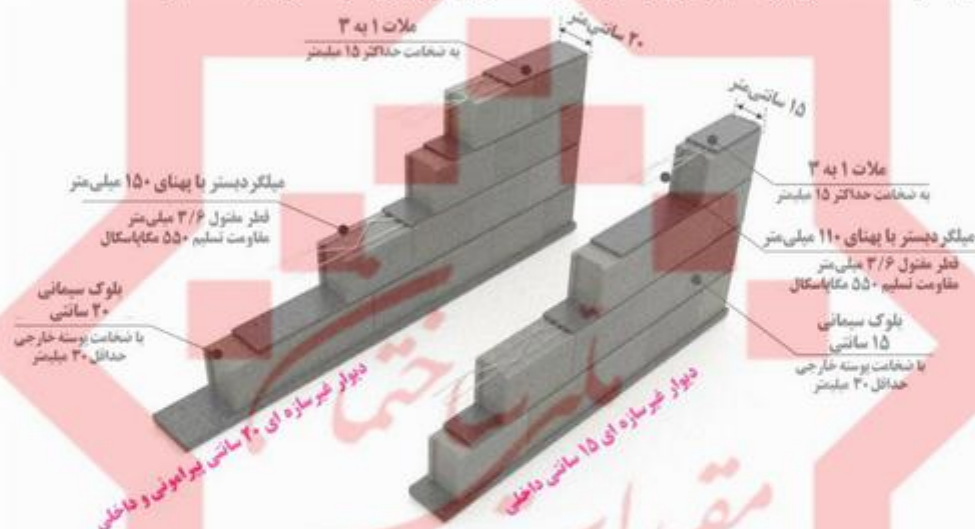
شکل پ-۳-۵ تیپ بندی دیوارهای داخلی و پیرامونی بر اساس نوع و ارتفاع دیوار

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

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

به منظور تیپ بندی دیوارها لازم است در هر تیپ، ضخامت دیوار، شرایط مرزی، میزان تسلیحات دیوار با یکدیگر یکسان بوده لیکن 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 گیرند. در این پروژه برای کلیه دیوارها، از شرایط مرزی A استفاده خواهد شد. در این شرایط مرزی نیازی به برقراری اتصال کشویی مابین لبه فوقانی دیوار و سقف نبوده و این امر روند اجرای دیوارها را تسهیل نموده و همچنین شرایط استفاده از اتصالات هشتگیر را در بسیاری

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



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

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

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

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

۱۱۰ میلی متر، قطر مفتول ۳/۶ میلی متر و مقاومت تسلیم ۵۵۰ مگاپاسکال می باشد که به صورت یک رج درمیان (فاصله میلگرد بستر حدود ۴۲۰ میلی متر) اجرا می شوند.

تیپ ۳: دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی 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 میلی متر، قطر مفتول ۳/۶ میلی متر و مقاومت تسلیم ۵۵۰ مگاپاسکال می باشد که به صورت یک رج درمیان (فاصله میلگرد بستر حدود ۴۲۰ میلی متر) اجرا می شوند.

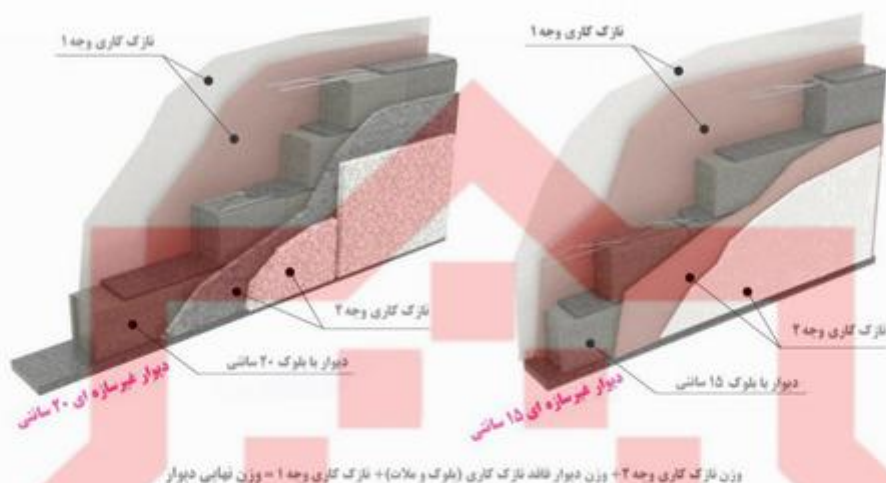
تیپ ۴: دیوارهای جان پناه ۲۰ سانتی با ارتفاع آزاد ۱/۳ متر. این تیپ دیوار مسلح به میلگرد بستر با پهنای ۱۱۰ میلی متر، قطر مفتول ۳/۶ میلی متر و مقاومت تسلیم ۵۵۰ مگاپاسکال می باشد که به صورت یک رج درمیان (فاصله میلگرد بستر حدود ۴۲۰ میلی متر) اجرا می شوند.

جدول پ-۵-۲ جزئیات تیپ بندی دیوارها

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

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

به منظور محاسبه نیروی لرزه ای وارده بر دیوارها، لازم است ابتدا وزن دیوارهای غیرسازه ای محاسبه شود. مطابق شکل (پ-۵-۵)، به طور کلی وزن دیوار شامل وزن خود دیوار به همراه نازک کاری (یا نمای) اجرا شده در دو وجه دیوار است. با توجه به کاربری ساختمان، نازک کاری های متعددی در بخش های مختلف بیمارستان انجام می شود. لذا دیوارهای غیرسازه ای مختلف در ساختمان دارای ضخامت و نازک کاری متفاوتی بوده و متعاقبا وزن دیوارهای مختلف با یکدیگر متفاوت می باشد. براساس نقشه نازک کاری ساختمان، وزن نازک کاری های مختلف بکار رفته در دیوارهای موجود در فضاهای مختلف، مطابق جدول (پ-۵-۳) می باشد.



شکل پ-۵-۵ تعیین وزن دیوارهای غیرسازه‌ای

همچنین وزن دیوارهای ساخته شده با بلوک‌های لیکا و فاقد نازک‌کاری به ترتیب زیر قابل محاسبه

است:

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{وزن دیوار پیرامونی } 20 \text{ سانتی} = 105 + 180 + 115 = 400 \text{ kg/m}^2 \approx 4000 \text{ N/m}^2$$

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

$$\text{وزن دیوار داخلی } 20 \text{ سانتی} = 115 + 180 + 115 = 410 \text{ kg/m}^2 \approx 4100 \text{ N/m}^2$$

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

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

تذکر: لازم به ذکر است بسیاری از دیوارهای موجود در هر یک از تیپ‌ها دارای وزن پایین‌تری 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 مابقی دیوارهای موجود در این تیپ دارای نازک‌کاری سبک‌تری هستند)، لیکن به منظور تسهیل در روند طراحی، در جهت اطمینان از سنگین‌ترین نازک‌کاری موجود در هر تیپ به منظور تعیین وزن و بار لرزه‌ای وارده بر کلیه دیوارهای آن تیپ استفاده می‌شود.

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

ساختمان مدنظر بیمارستانی واقع در منطقه‌ای با سرعت مبنای باد ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت و شتاب مبنای طرح برابر با ۰/۳۰ می‌باشد. با توجه به کاربری ساختمان، از منظر مبحث ششم مقررات ملی ساختمان گروه خطرپذیری ساختمان ۱ بوده (جدول ۶-۱-۱ مبحث ششم مقررات ملی) و از منظر استاندارد ۲۸۰۰، سازه دارای اهمیت بسیار زیاد می‌باشد. لذا مطابق جدول ۶-۱-۲ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ضریب اهمیت بار زلزله برابر ۱/۴ و ضریب اهمیت بار باد ۱/۲ می‌باشد. این ضرایب در تعیین نیروی خارج از صفحه وارده بر دیوارهای غیرسازه‌ای، مورد استفاده قرار خواهد گرفت. بر اساس طراحی سازه‌ای انجام شده، حداکثر نسبت دریفت واقعی (غیرالاستیک) طبقات تحت زلزله طرح (دوره بازگشت ۴۷۵ سال) معادل ۱٪ است. همچنین خاک محل احداث ساختمان بر اساس دسته‌بندی استاندارد ۲۸۰۰، خاک نوع ۲ بوده و ساختمان در محیطی نسبتاً باز و بدون ساختمان‌های متعدد واقع شده است.

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

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

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

که

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

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

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

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

متر می‌باشد.

بنابراین، تقاضای خارج از صفحه ناشی از باد معادل ۳/۱۱ کیلوپاسکال (حدود ۳۱۰ کیلوگرم بر

مترمربع) برآورد می‌شود. این تقاضا صرفاً در دیوارهای پیرامونی و جان‌پناه‌ها (دیوارهای تیپ ۱ و ۴)

اعمال می‌شود.

تقاضای ناشی از زلزله: تقاضای خارج از صفحه ناشی از زلزله با استفاده از رابطه (۳-۲) فصل ۲

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 که برای ساختمان مدنظر

مقدار آن برابر با ۰/۳۰ است.

I_p : ضریب اهمیت لرزه‌ای دیوار بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ که برای ساختمان

مدنظر مقدار آن برابر با ۱/۴ است.

K : پارامتر مربوط به خطرپذیری لرزه‌ای بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ 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 خربشته (یا طبقات با جرم و سختی بسیار کوچک‌تر 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.

تقاضای ناشی از زلزله هم بر دیوارهای داخلی و هم بر دیوارهای پیرامونی اعمال می‌شود. با استفاده

از روابط فوق، تقاضای خارج از صفحه وارده بر تیپ‌های مختلف دیوار در جدول (پ-۵-۴) ارائه شده

است.

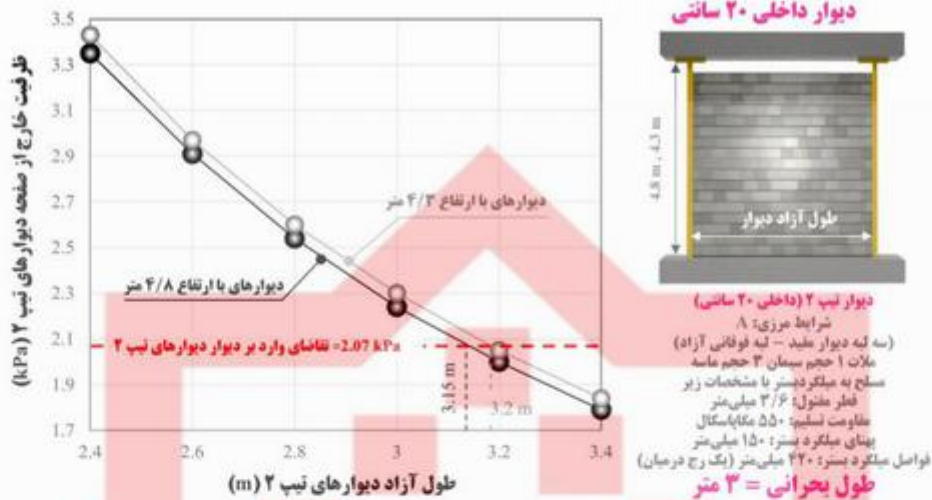
جدول پ-۵-۴ تقاضای خارج از صفحه ناشی از زلزله و باد					
تیپ دیوار	توضیحات تیپ دیوار	وزن تیپ دیوار	تقاضای ناشی از زلزله	تقاضای ناشی از باد	تقاضای نهایی طراحی
تیپ ۱	دیوار پیرامونی ۲۰ سانتی	4000 N/m ²	2.02 kPa	3.11 kPa	3.11 kPa
تیپ ۲	دیوار داخلی ۲۰ سانتی	4100 N/m ²	2.07 kPa	-	2.07 kPa
تیپ ۳	دیوار داخلی ۱۵ سانتی	3350 N/m ²	1.69 kPa	-	1.69 kPa
تیپ ۴	دیوار جان پناه ۲۰ سانتی	4000 N/m ²	2.02 kPa	3.11 kPa	3.11 kPa

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

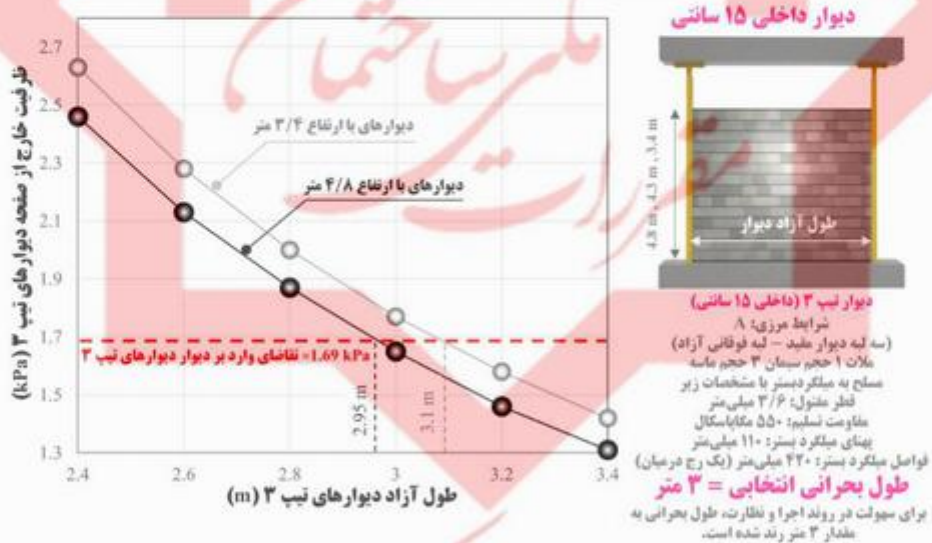
در این مرحله، با در نظر گرفتن حداکثر ارتفاع آزاد مربوط به هر تیپ، طول بحرانی مربوط به هر یک از تیپ‌های دیوار محاسبه می‌شود. برای محاسبه طول بحرانی از روش ارائه شده در بخش ۳-۲-۲ استفاده شده است. نحوه محاسبه طول بحرانی برای هر چهار تیپ دیوار در شکل‌های (پ-۵-۶) تا (پ-۵-۹) نشان داده شده است. نتیجه نهایی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



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



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



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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

جدول پ-۵-۵ طول بحرانی تپ‌های مختلف دیوار

تپ دیوار	تپ ۱	تپ ۲	تپ ۳	تپ ۴
نوع دیوار	دیوار ۲۰ سانتی پیرامونی	دیوار ۲۰ سانتی داخلی	دیوار ۱۵ سانتی داخلی	دیوار ۲۰ سانتی جان پناه
طول بحرانی انتخابی	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، لذا همواره شرط فوق در دیوارهای دارای بازشو در این پروژه برقرار است. بنابراین طول‌های بحرانی محاسبه شده در این بخش هم برای دیوارهای فاقد بازشو و هم برای دیوارهای دارای بازشو صادق است.

تذکر ۲: شکل‌های (پ-۵-۶) الی (پ-۵-۹) صرفاً به منظور شفاف سازی بیشتر مفهوم طول بحرانی ارائه شده‌اند. در تهیه دفترچه محاسبات برای پروژه‌های واقعی نیازی به ارائه چنین جزئیاتی نبوده و

کافی است طولی از دیوار که منجر به نسبت تقاضا 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. بر اساس این دستورالعمل ارتفاع آزاد دیوار در تعیین طول بحرانی لحاظ شده لذا به وادار افقی نیاز نبوده و تنها وادارهای قائم مورد نیاز است. 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 بوده و نباید از اتصال هشتگیر استفاده شود.

الزامات اجرایی (پس از مشورت با کارفرما، مشاور 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 نعل درگاه بالای بازشو اتخاذ شده است چراکه در صورتی که اطراف بازشو وادار وجود داشته باشد، اتصال نعل درگاه به وادار می‌تواند به صورت گیردار بوده و این امر سبب کاهش لنگر خمشی و خیز نعل درگاه 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 ساب فریم بازشو است.
- برای اتصال دیوارهای داخلی 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 نشده و در این موارد مناسب‌تر است از اتصال هشتگیر استفاده نشود.

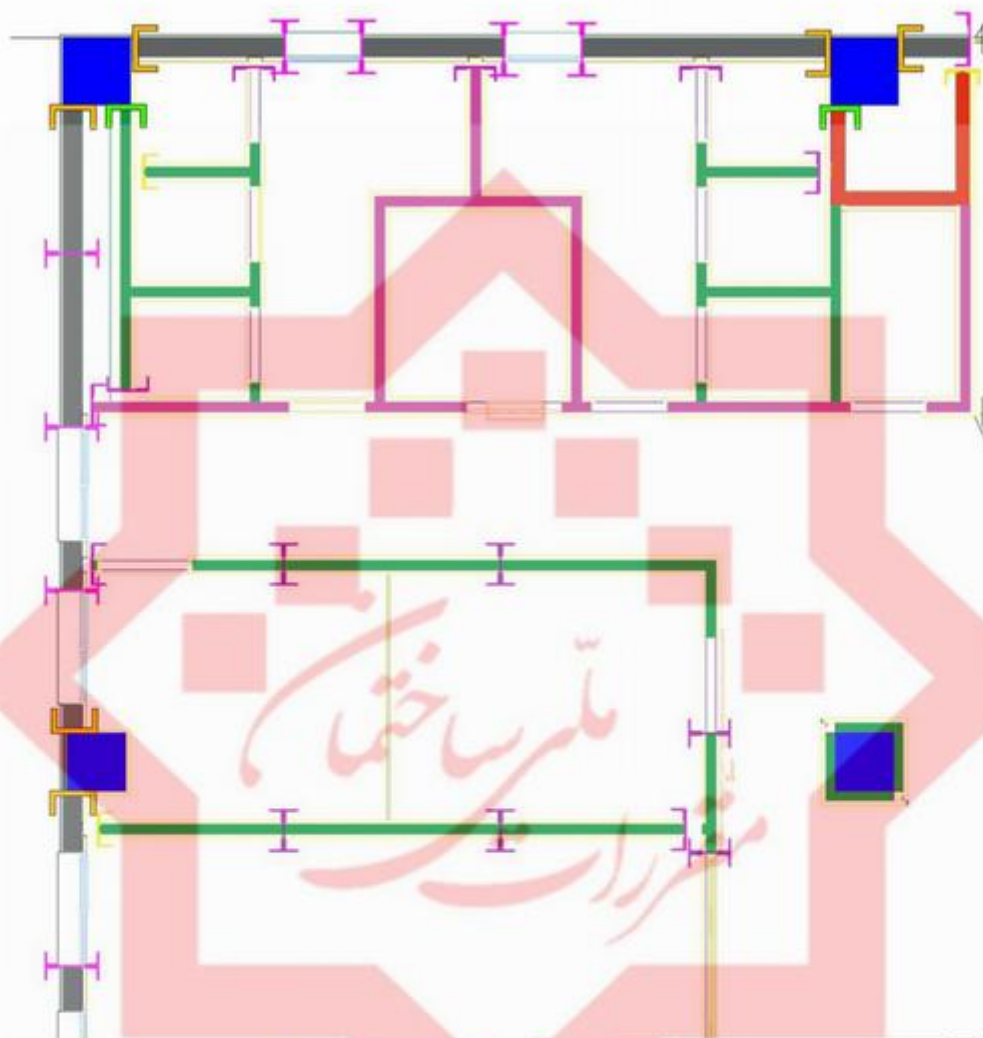
- برای اتصال دیوارهای با دو ضخامت مختلف (مثلاً اتصال دیوار ۱۵ سانتی به دیوار ۲۰ سانتی) از اتصال جداسازی شده استفاده می‌شود. علت این امر آن است که ممکن است بلوک‌های با ضخامت غیریکسان، دارای ارتفاع غیریکسانی نیز باشند. ارتفاع غیریکسان منجر به دشواری در اجرای اتصال هشتگیر خواهد شد. همچنین استفاده از اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده نیازمند استفاده از وادارهای قائم لبه‌ای بوده و وجود این وادارهای قائم روند شاقول کردن دیوارها و ساب فریم بازشوها را تسهیل خواهند نمود.

تذکر: الزامات فنی ارائه شده بخشی از الزامات این دستورالعمل بوده و اجرای آن بر اساس این دستورالعمل الزامی است. لیکن، الزامات اجرایی ارائه شده بخشی از الزامات این دستورالعمل نبوده و تنها در این پروژه خاص بر اساس نظر کارفرما، مشاور و مجری تعیین شده‌اند. اگرچه این الزامات اجرایی برای بسیاری از پروژه‌ها قابل توصیه هستند، لیکن رعایت تمامی آن‌ها بر اساس این دستورالعمل الزامی نیست.

در پلان معماری طبقات لازم است تیپ بندی دیوارها مشخص شده و با در نظر 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.

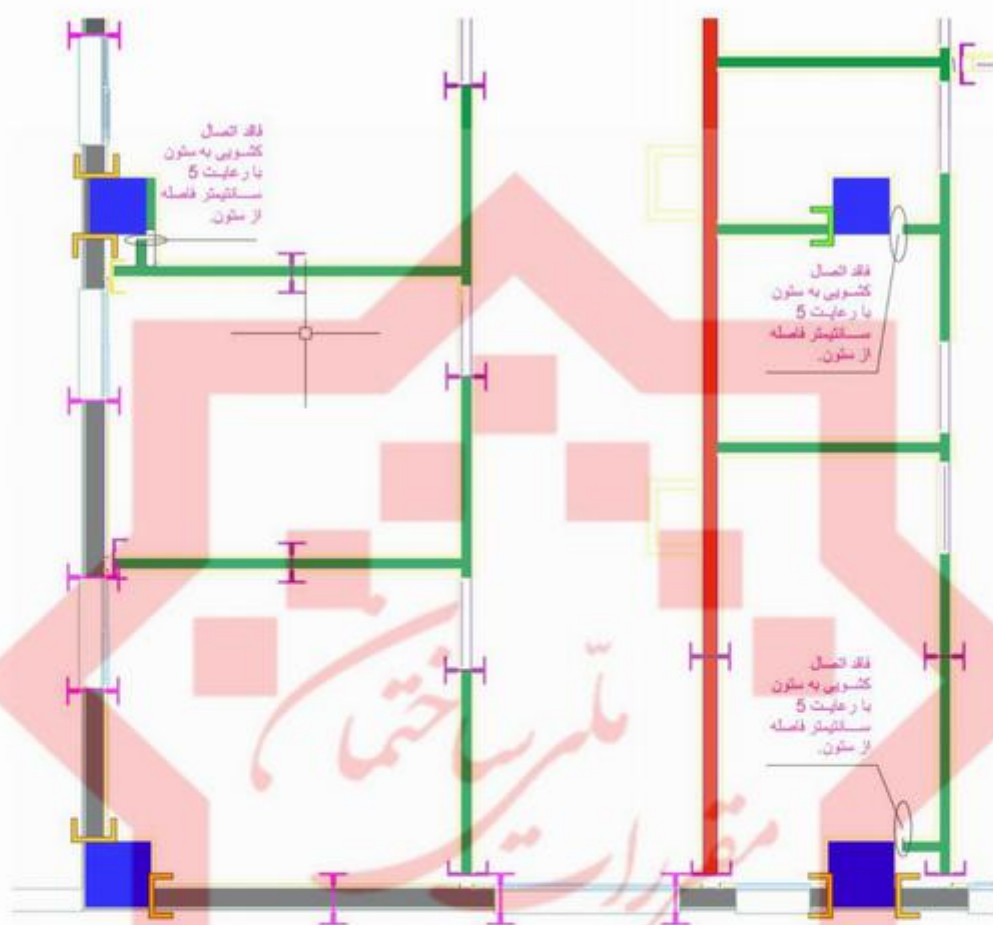
بر اساس ملاحظات اجرایی، تصمیم گرفته شده است که وادارها با استفاده از نبشی‌های نمره ۶ ساخته شوند. لذا در این بخش کنترل کفایت مقطع وادار ساخته شده از ۴ نبشی نمره ۶ به عنوان وادارهای قائم میانی انجام شده است. بحرانی‌ترین حالت بارگذاری برای وادارهای قائم برای دیوارهای پیرامونی رخ می‌دهد که دارای طول بحرانی ۲/۵ متر هستند. 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 شده لذا برای آن‌ها نیز ساخت وادار با استفاده از نبشی نمره ۶ پاسخگوی نیروهای وارده 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 اند و لازم است با جوش گوشه به بعد حداقل ۶ میلی‌متر به نبشی‌های وادار مطابق شکل (پ-۵-۱۵) جوش شوند.

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان



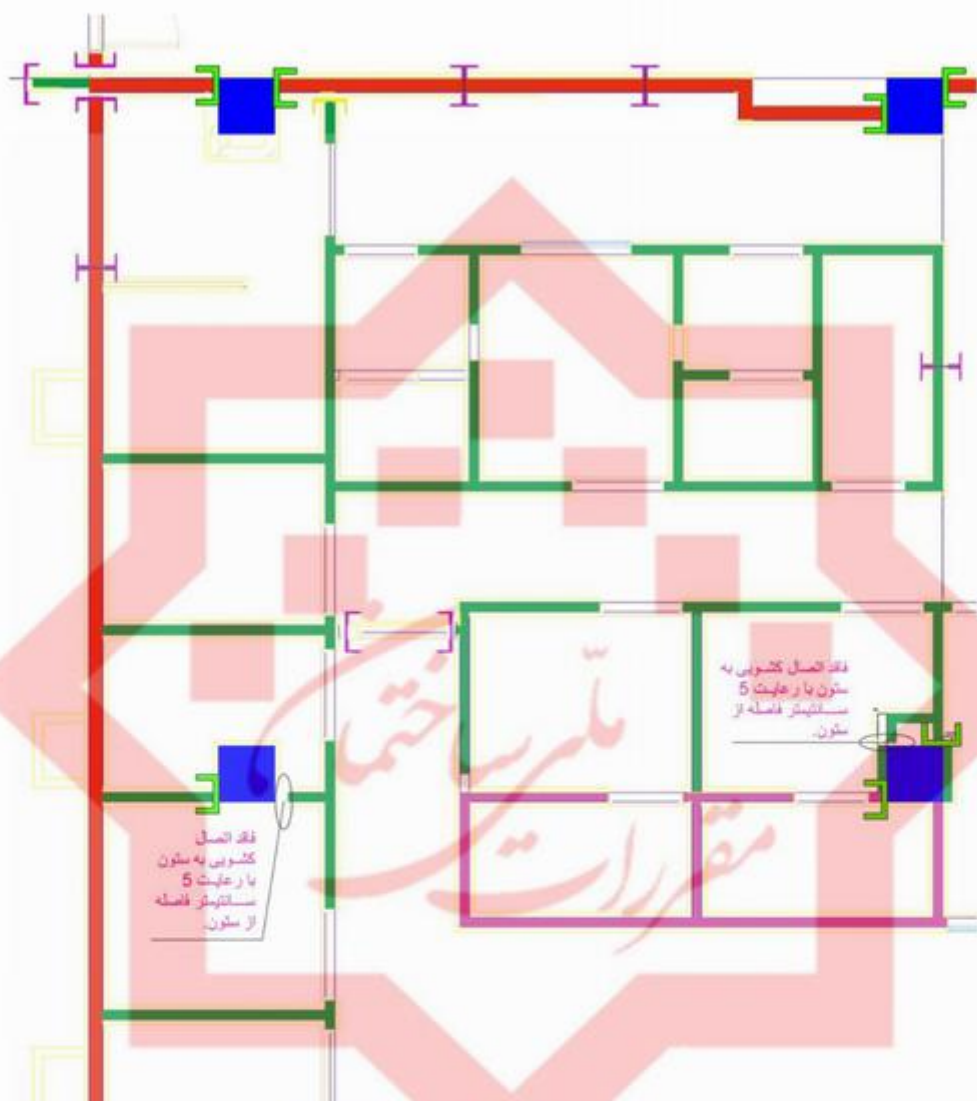
دیوارهای پیرامونی ۲۰ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیب ۱)	چهار نشی نفره ۶ برای دیوار ۲۰ سانتی
دیوارهای داخلی ۲۰ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیب ۲)	دو نشی نفره ۶ برای دیوار ۲۰ سانتی
دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیب ۳)	چهار نشی نفره ۶ برای دیوار ۱۵ سانتی
دیوارهای آتش داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیب ۳)	دو نشی نفره ۶ برای دیوار ۱۵ سانتی
دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد ندارند (تیب ۴)	چهار نشی نفره ۶ (تا سقف سئون) (تا سقف ویزه نزدیک سئون)
دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد ندارند (تیب ۴)	دو نشی نفره ۶ (تا سقف سئون) (تا سقف ویزه نزدیک سئون)
بر اساس طول بحرانی محاسبه شده برای پروژه:	
طول آزاد در دیوارهای پیرامونی نباید از ۲/۵ متر بیشتر باشد.	اتصال کشویی برای دیوار ۲۰ سانتی - ورق ۳ میل - پهنای بال ۱۳ سانتی متر
طول آزاد در کلبه دیوارهای داخلی نباید از ۳ متر بیشتر باشد.	اتصال کشویی برای دیوار ۱۵ سانتی - ورق ۳ میل - پهنای بال ۱۳ سانتی متر
طول آزاد در کلبه جان پناهها نباید از ۳ متر بیشتر باشد.	

شکل پ-۵-۱۰ تیپ بندی دیوارها، جانمایی و ادارهای قائم و اتصالات کشویی در بخشی از پلان



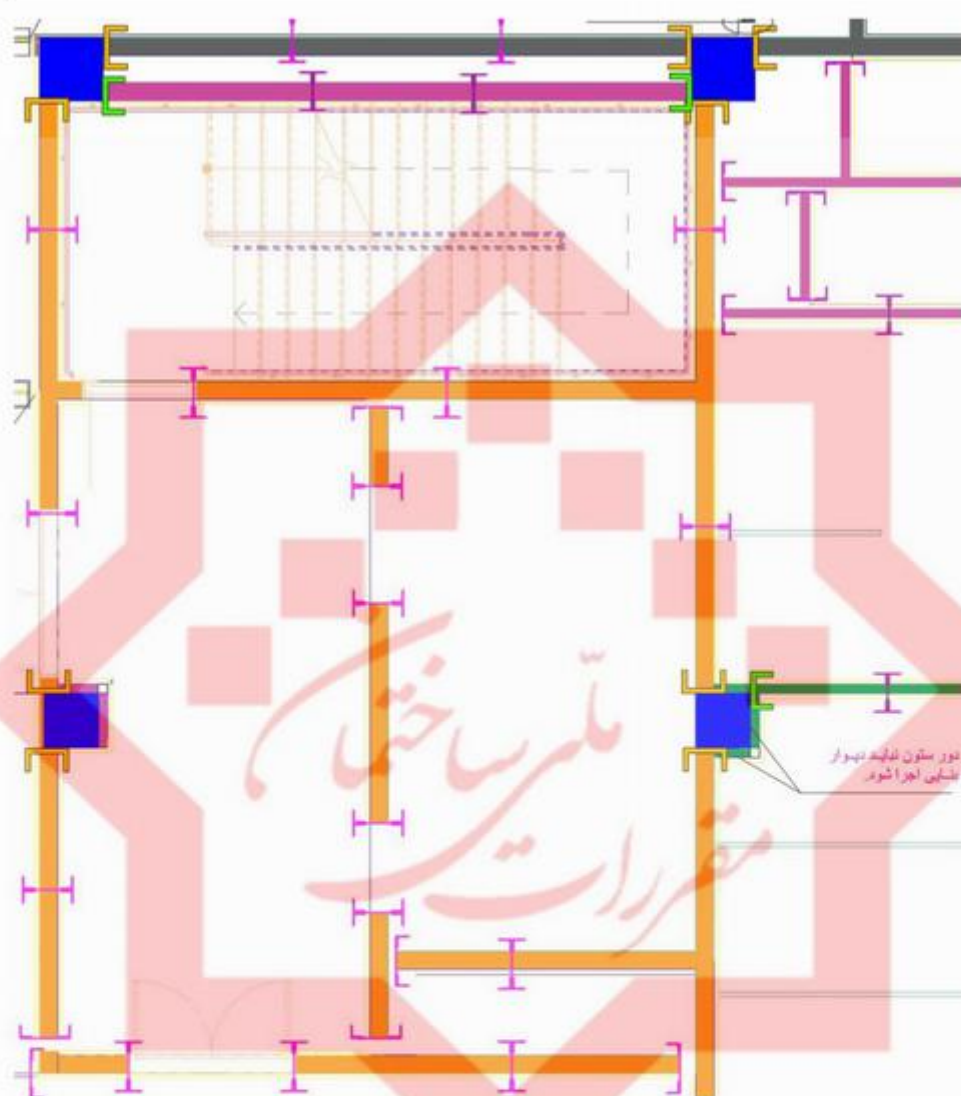
دیوارهای پیرامونی ۲۰ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیب ۱)	چهار نبشی نمره ۶ برای دیوار ۲۰ سانتی
دیوارهای داخلی ۲۰ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیب ۲)	دو نبشی نمره ۶ برای دیوار ۲۰ سانتی
دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیب ۳)	چهار نبشی نمره ۶ برای دیوار ۱۵ سانتی
دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد ندارند (تیب ۳)	دو نبشی نمره ۶ برای دیوار ۱۵ سانتی
دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد ندارند (تیب ۳)	چهار نبشی نمره ۶ نزدیک ستون (با تغییر ویژه نزدیک ستون)
	دو نبشی نمره ۶ نزدیک ستون (با تغییر ویژه نزدیک ستون)
بر اساس طول بحرانی محاسبه شده برای پروژه:	
طول آزاد در دیوارهای پیرامونی نباید از ۲/۵ متر بیشتر باشد.	اتصال کشویی برای دیوار ۲۰ سانتی - ورق ۳ میل - پهنای بال ۱۳ سانتی متر
طول آزاد در کلیه دیوارهای داخلی نباید از ۳ متر بیشتر باشد.	اتصال کشویی برای دیوار ۱۵ سانتی - ورق ۳ میل - پهنای بال ۱۳ سانتی متر
طول آزاد در کلیه جان پناهها نباید از ۳ متر بیشتر باشد.	

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



دیوارهای پیرامونی ۲۰ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تپ ۱)	چهار لیش نمره ۶ برای دیوار ۲۰ سانتی
دیوارهای داخلی ۲۰ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تپ ۲)	دو لیش نمره ۶ برای دیوار ۲۰ سانتی
دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تپ ۳)	چهار لیش نمره ۶ برای دیوار ۱۵ سانتی
دیوارهای آتشی داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تپ ۴)	دو لیش نمره ۶ برای دیوار ۱۵ سانتی
دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد ندارند (تپ ۵)	چهار لیش نمره ۶ نزدیک ستون (با اندازه ویژه نزدیک ستون)
	دو لیش نمره ۶ نزدیک ستون (با اندازه ویژه نزدیک ستون)
بر اساس طول بحرانی محاسبه شده برای پروژه:	
طول آزاد در دیوارهای پیرامونی نباید از ۲/۵ متر بیشتر باشد.	اتصال کشویی برای دیوار ۲۰ سانتی - ورق ۳ میل - پهنای پال ۱۳ سانتی متر
طول آزاد در کلیه دیوارهای داخلی نباید از ۳ متر بیشتر باشد.	اتصال کشویی برای دیوار ۱۵ سانتی - ورق ۳ میل - پهنای پال ۱۳ سانتی متر
طول آزاد در کلیه جان‌پناه‌ها نباید از ۳ متر بیشتر باشد.	

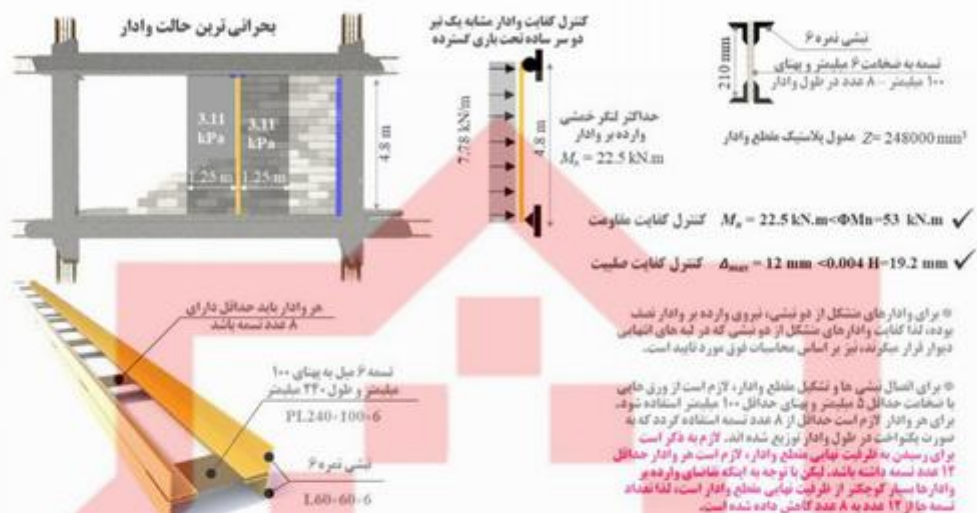
شکل پ-۵-۱۲ تیپ‌بندی دیوارها، جانمایی وادارهای قائم و اتصالات کشویی در بخشی از پلان



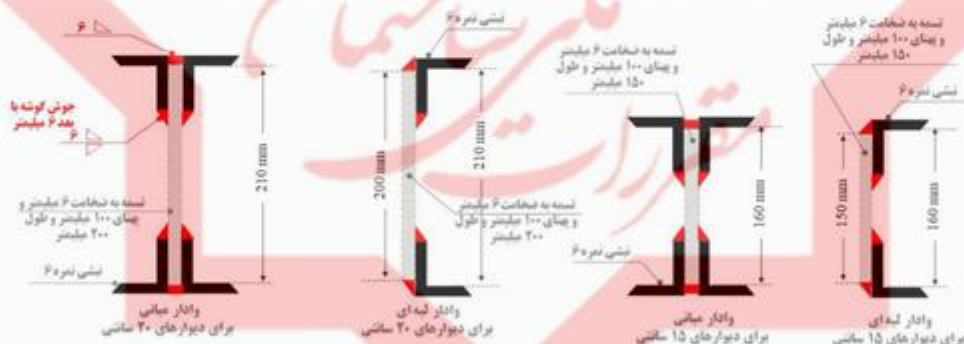
نور ستون نباید دیوار
تکلیف اجرا شود

- | | |
|---|--|
| دیوارهای پیرامونی ۲۰ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیپ ۱) | چهار نیشی نموده ۶ برای دیوار ۲۰ سانتی |
| دیوارهای داخلی ۲۰ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیپ ۲) | دو نیشی نموده ۶ برای دیوار ۲۰ سانتی |
| دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیپ ۳) | چهار نیشی نموده ۶ برای دیوار ۱۵ سانتی |
| دیوارهای آتشی داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد دارند (تیپ ۴) | دو نیشی نموده ۶ برای دیوار ۱۵ سانتی |
| دیوارهای داخلی ۱۵ سانتی که تا زیر سقف امتداد ندارند (تیپ ۵) | چهار نیشی نموده ۶ برای دیوار ۱۵ سانتی |
| بر اساس طول بحرانی محاسبه شده برای پروژه: | |
| طول آزاد در دیوارهای پیرامونی نباید از ۲/۵ متر بیشتر باشد. | انصال کشویی برای دیوار ۲۰ سانتی - ورق ۳ میل - پهنای بال ۱۳ سانتی متر |
| طول آزاد در کلبه دیوارهای داخلی نباید از ۳ متر بیشتر باشد. | انصال کشویی برای دیوار ۱۵ سانتی - ورق ۳ میل - پهنای بال ۱۳ سانتی متر |
| طول آزاد در کلبه جان‌بندها نباید از ۳ متر بیشتر باشد. | |

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



شکل پ-۵-۱۴ کنترل کفایت مقطع و ادارہا



در کلیه واحدها، سهم های ۶ میلیارد ریالی، به تعداد حداقل ۸ عدد در طول واحد به طور یکنواخت توزیع شده و به نیتی ها مطابق جزئیات فوق جوش داده شده و تعداد سهم ها، مستثنی از ارتفاع واحد بوده و در واحدهای گوناگون، نباید تعداد سهم ها، کاهش یابد.



برای **ادارهای جدید**، نویسه **در ۱۰ سانت فوقانی** و **ادار** که داخل انزال کشویی قرار میگیرد، مطابق شکل عرض مال و ادار الفزایش داده شود. این کار به منظور اطمینان بیشتر به منظور جلوگیری از خارج شدن و ادار از داخل کشویی انزال انجام می شود.

شکل ب-۵-۱۵ جزئیات مقطع وادارها

پ-۵-۸- مرحله هشتم: طراحی اتصالات

پ-۵-۸-۱- اتصال دیوار به کف

اتصال دیوار به کف صرفاً از طریق اولین لایه ملات برقرار شده و نیاز به تدابیر دیگری نمی باشد. علاوه بر آن، پس از کف سازی، بخشی از قسمت تحتانی دیوار در داخل کف سازی مدفون شده و سبب افزایش ظرفیت برشی اتصال دیوار به کف خواهد شد. در صورتی که دیوار مستقیم بر کف فولادی اجرا شود، لازم است تمهیداتی برای انتقال برش در پای دیوار انجام شود. برای این منظور هر دو وجه دیوار می تواند با استفاده از تسمه یا نبشی مقید شود. این تسمه یا نبشی به کف فولادی جوش می شود.

پ-۵-۸-۲- اتصال دیوار به سقف

در این پروژه کلیه دیوارهای داخلی و پیرامونی به نحوی طراحی شده‌اند که فاقد نیاز به اتصال کشویی به سقف هستند. در خصوص دیوارهایی که تا زیر سقف امتداد دارند، لازم است فاصله‌ای به اندازه حداقل ۳ سانتی متر (برابر با حداکثر خیز دراز مدت سقف) مابین لبه فوقانی دیوار تا زیر سقف یا زیر تیر برقرار باشد. این فضا توسط پشم سنگ یا سایر مصالح منعطف و عایق باید پر شود. شکل (پ-۵-۱۶) جزئیات لبه فوقانی دیوار در مجاورت زیر سقف را نشان می دهد.

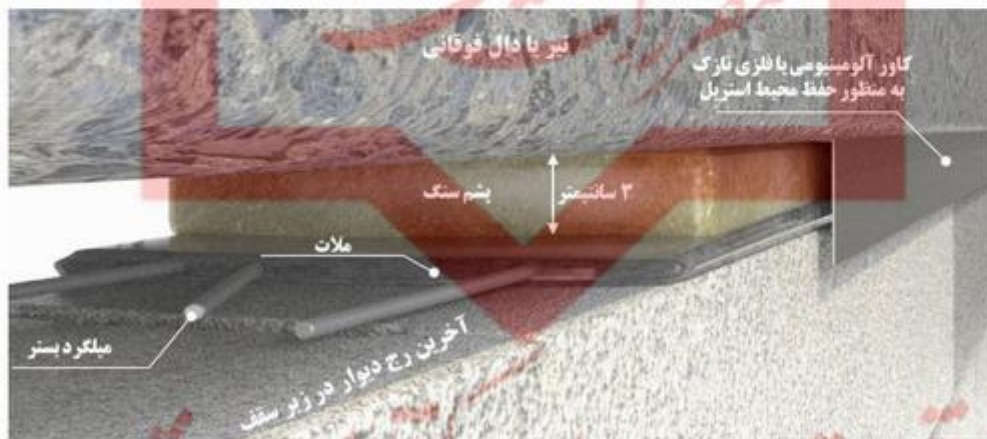
تذکره ۱: اتصالات کشویی لبه فوقانی دیوار به سقف می تواند منجر به بروز آسیب به اتصالات هشتگیر دیوار شود. لذا در اجرا نباید مابین لبه فوقانی دیوار و سقف اتصالات کشویی برقرار شود. این کار لزوماً در جهت اطمینان نخواهد بود.

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

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



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



شکل پ-۵-۱۷ اجرای ملاط و میله گرد بستر در آخرین رج دیوار در زیر سقف

پ-۵-۸-۳- اتصال دیوار به ستون

در مواردی که دیوار به ستون متصل می‌شود، لازم است اولاً اتصال به صورتی کشویی اجرا شده و دوماً حداقل به میزان G مابین لبه قائم دیوار و ستون درز جداسازی وجود داشته باشد. بر اساس این دستورالعمل، حداقل فاصله جداسازی مورد نیاز بین دیوار و ستون برابر است با:

$$G = 1.4 \times (0.01 - 0.003) H_w = 1.4 \times 0.007 \times 4.8 = 0.047 \text{ m} = 47 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

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

به منظور حفاظت از محیط استریل، اتصالات کشویی دیوار به ستون به صورت سرتاسری طراحی شده اند. 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 ۴ نیز استفاده نمود. در این بخش اتصال کشویی به دو صورت استفاده از ناودانی و استفاده از دوپل نبشی در نظر گرفته شده است که بسته به شرایط اجرا، از هر یک از دو روش می‌توان استفاده نمود. به منظور برقراری اتصال مابین اتصالات کشویی و ستون بتنی، از رول بولت استفاده می‌شود. ظرفیت کششی و برشی رول بولت‌های مختلف پیش‌تر در جدول (۴-۲) فصل ۴ ارائه شده است.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



لنگر خمشی وارد بر ۱ متر از بال اتصال کشویی $M = 3.9 \times 0.09 = 0.35 \text{ kN.m/m}$ ضخامت مورد نیاز ورق $f_y = 240 \text{ MPa}$ یا فرضی $t = \sqrt{\frac{4M}{0.9f_y \times 1m}} \approx 3 \text{ mm}$

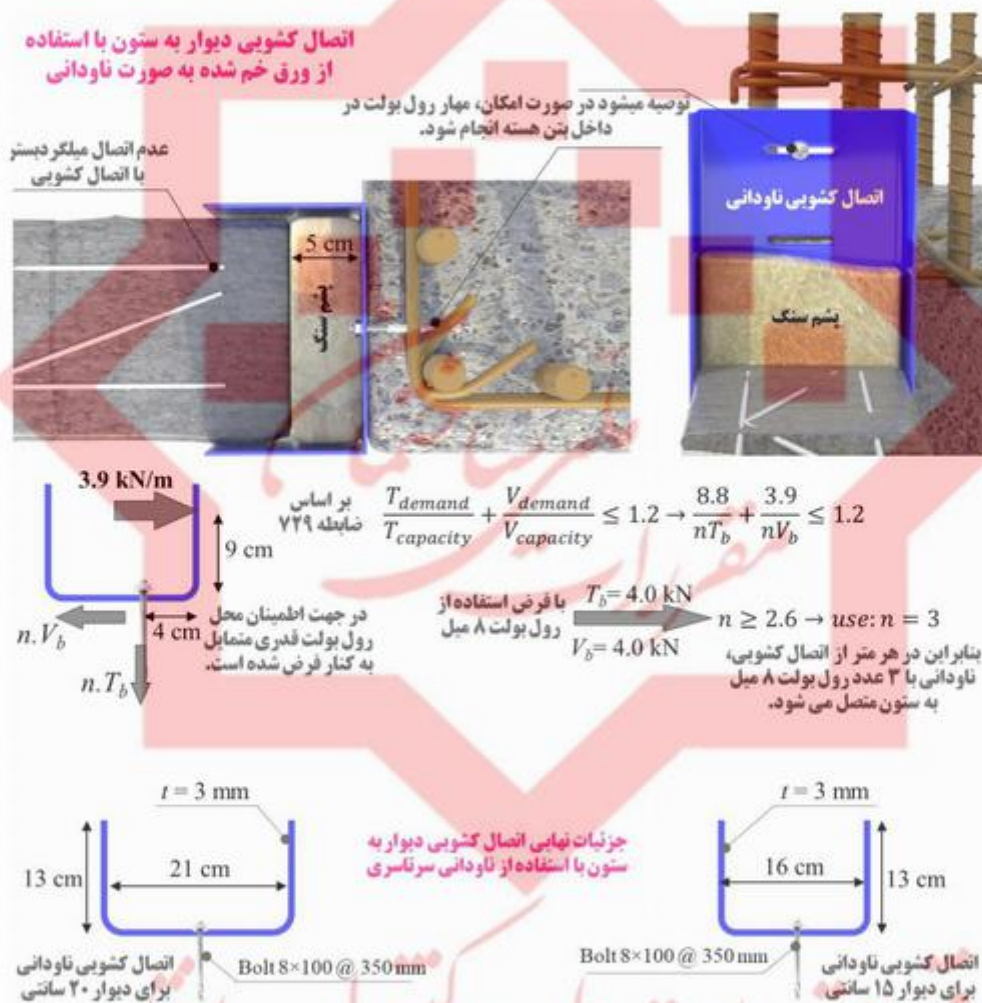
شکل پ-۵-۱۸ جزئیات و محاسبه حداقل پهنای و ضخامت بال مورد نیاز برای اتصالات کشویی دیوار به ستون

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

تذکره ۱: اتصالات و تعداد رول بولت های مورد نیاز می توانند بر اساس جدول (۴-۴) نیز انتخاب شوند. لازم به ذکر است این جدول قدری محافظه کارانه بوده و در صورت طراحی اتصال به صورت اختصاصی برای پروژه (مشابه روند ارائه شده در این پیوست)، معمولاً تعداد رول بولت های کمتری مورد نیاز خواهد بود.

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

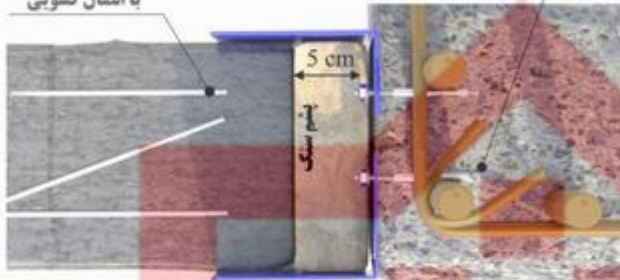
تذکر ۳: در صورتی که تراکم آرماتورهای طولی ستون اجازه ندهد از رول بولت با طول کلی ۱۰۰ میلی‌متر استفاده شود، می‌توان از رول بولت‌هایی به طول ۸۰ میلی‌متر استفاده نمود. استفاده از رول بولت‌های کوتاه تر توصیه نمی‌شود.



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

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

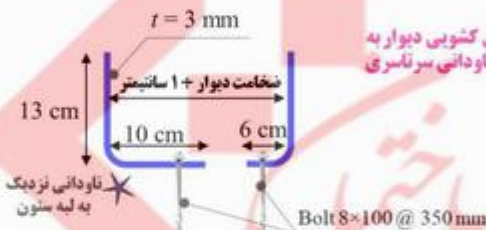
عدم اتصال میلگر دیستر
با اتصال کشویی



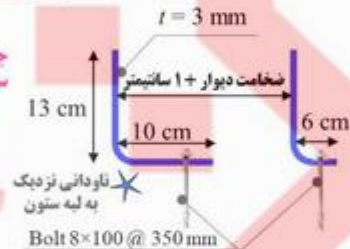
توصیه میشود در صورت امکان، چهار رول بولت در داخل بتن هسته انجام شود.



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



جزئیات نهایی اتصال کشویی دیوار به ستون با استفاده از ناودانی سرتاسری



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

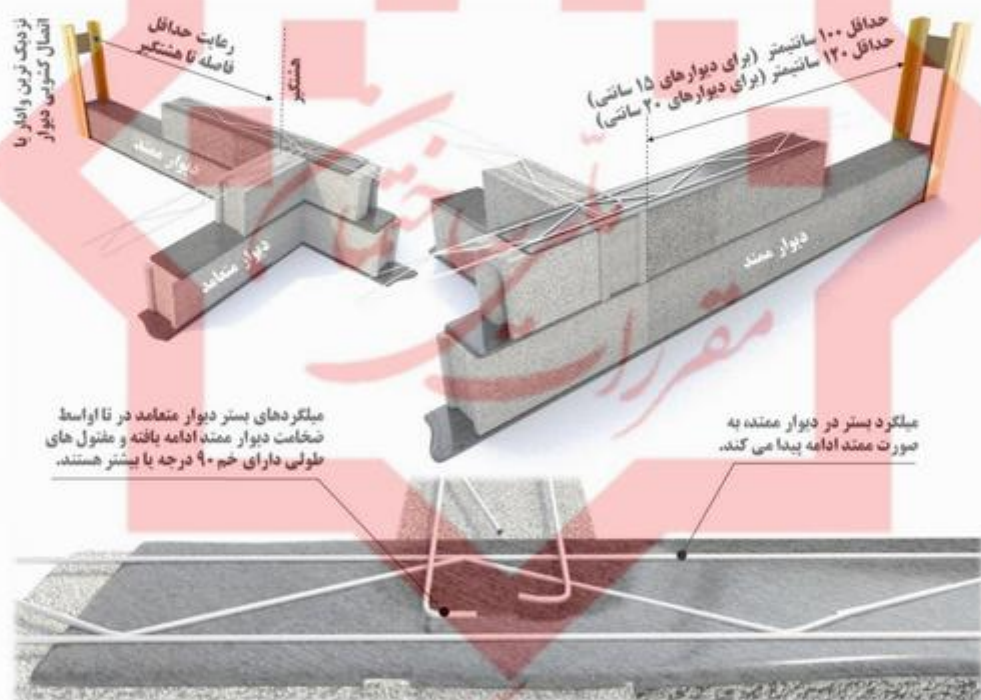
بر اساس طراحی صورت گرفته، جزئیات اتصالات کشویی دیوار به ستون در جدول (پ-۵-۶) خلاصه شده است.

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

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

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 از وادارهای قائم دیوار و یا اتصالات کشویی دیوار فاصله لازم را داشته باشد. بر اساس دستورالعمل حاصل، این فاصله حداقل ۱۰۰ سانتی‌متر باید در نظر 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 در نظر گرفته شده در این پروژه، در اکثر موارد، اتصالات هشتگیر برای دیوارهای ۱۵ سانتی‌متری داخلی مورد استفاده قرار گرفته است).



رعایت حداقل فاصله وادار تا محل هشتگیر به منظور کاهش تنش‌های ایجاد شده (تنشی از تغییر شکل خارج از صفحه وادار) در محل هشتگیر، می‌باشد.

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

تذکره ۱: در خصوص ساب فریم‌های باز شو که اتصالی به سقف ندارند، نیازی به رعایت فاصله مابین هشتگیر با ساب فریم نمی‌باشد.

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

تذکر ۳: در صورتی که دیوار در امتداد خود دارای دو ارتفاع متفاوت باشد، لازم است تغییر ارتفاع دیوار به صورت پله کانی مطابق شکل (پ-۵-۲۲) انجام شده 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

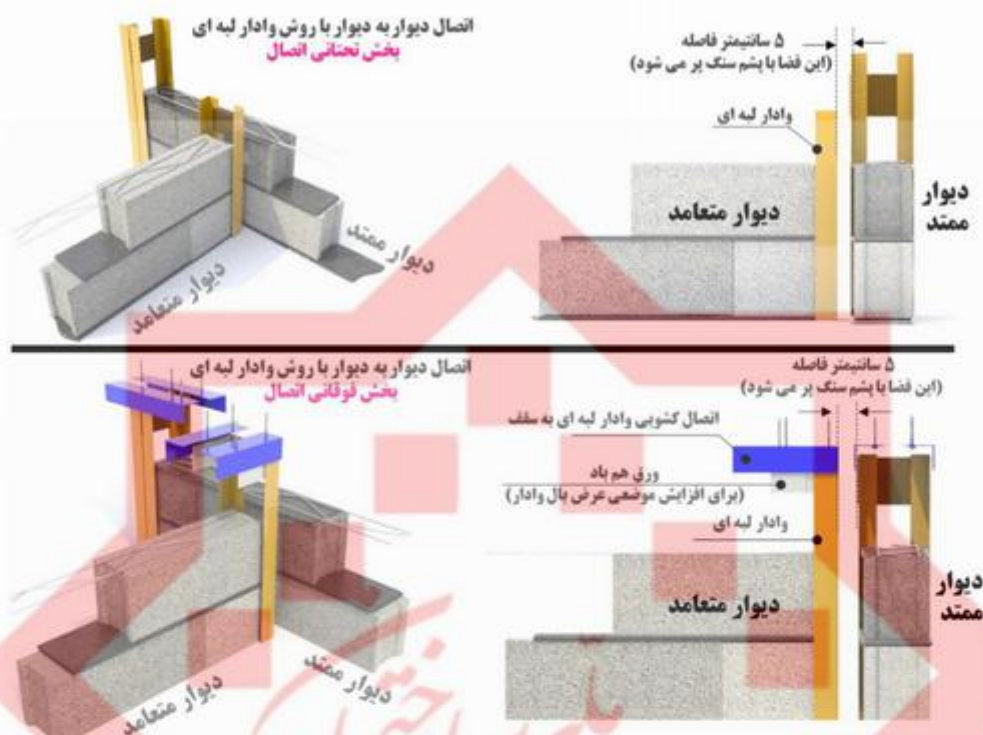
پ-۵-۸-۵- اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده

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.

لازم به ذکر 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 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 سانتی به دیوار ۲۰ سانتی (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.



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 نسبت به جداره دیوار ممتد فاصله داشته باشد. مطابق شکل (پ-۵-۲۳) این فاصله در محل اتصال کشویی وادار لبه‌ای نیز لازم است رعایت شود (به دلیل جلوگیری از برخورد اتصال کشویی وادار لبه‌ای با دیوار ممتد در صورتی که لبه فوقانی دیوار ممتد هم تراز با اتصال کشویی وادار لبه‌ای دیوار متعامد 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 هستند. بر اساس نیروی وارد بر اتصالات وادار، طراحی اتصالات کشویی وادارها در شکل (پ-۵-۲۵) ارائه شده است. بر اساس طراحی انجام شده، جزئیات اتصالات کشویی وادارها در جدول (پ-۵-۷) ارائه شده است.

تذکره ۱: مطابق شکل (پ-۵-۲۵)، لبه فوقانی وادار قائم باید حداقل ۳۰ میلی‌متر از زیر سقف فاصله داشته باشد.

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

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

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

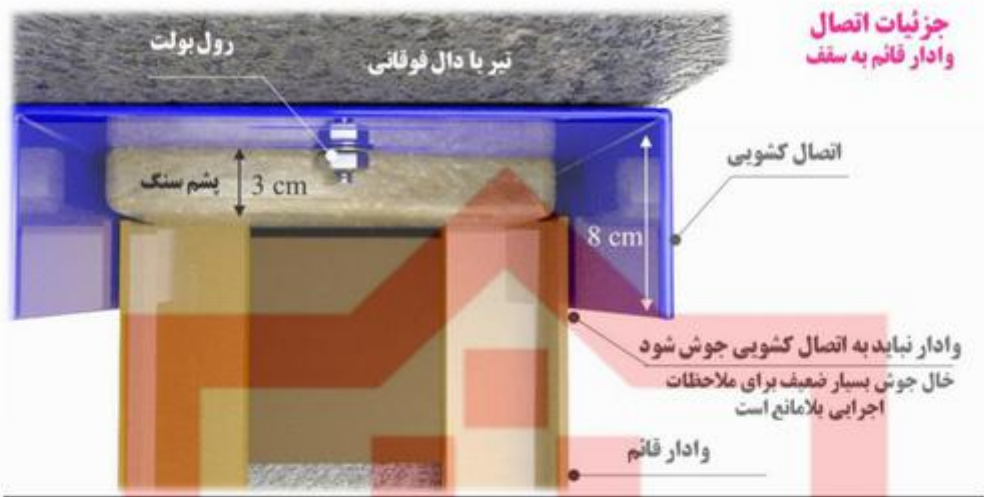
رول بولت	فاصله داخل به داخل بال‌ها	طول اتصال کشویی	ضخامت ورق خم شده	
4× Bolt 12×100		400 mm	6 mm	دیوار ۲۰ سانتی
3× Bolt 12×100	5mm بیش از	400 mm	6 mm	وادر میانی دیوار ۱۵ سانتی
2× Bolt 12×100	عمق مقطع وادار مربوطه	200 mm	6 mm	دیوار ۲۰ سانتی
2× Bolt 12×100		200 mm	6 mm	وادر لبه ای دیوار ۱۵ سانتی

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



محاسبه طول و ضخامت مورد نیاز اتصالات کشویی



محاسبه تعداد رول بولت مورد نیاز در اتصالات کشویی



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

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

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

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

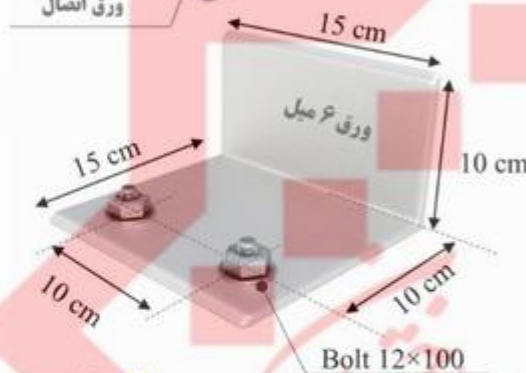
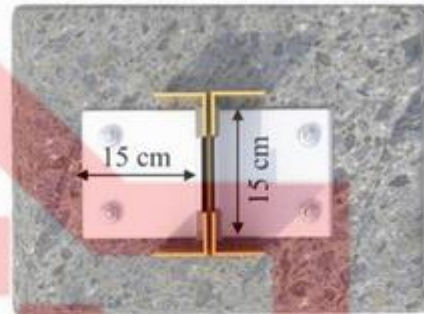
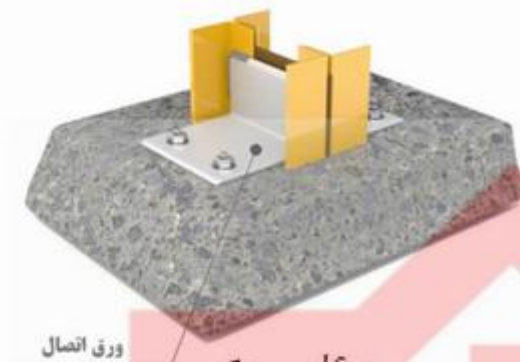
پ-۵-۸-۶- اتصال وادار به کف

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

کنترل و اعتبار
مقررات

دقر مقررات ملی و کنترل ساختمان

جزئیات اتصال وادر 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 کششی در رول بولت ها خواهد شد.

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



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

ناشی از نیروی خارج از صفحه دیوار

ناشی از دریخت خارج از صفحه وارده بر وادر

با فرض استفاده از رول بولت ۱۲ میل

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

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

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

کنترل کفایت رول بولت ها:

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

پ-۵-۹- مرحله نهم: طراحی نعل درگاه و ساب فریم

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

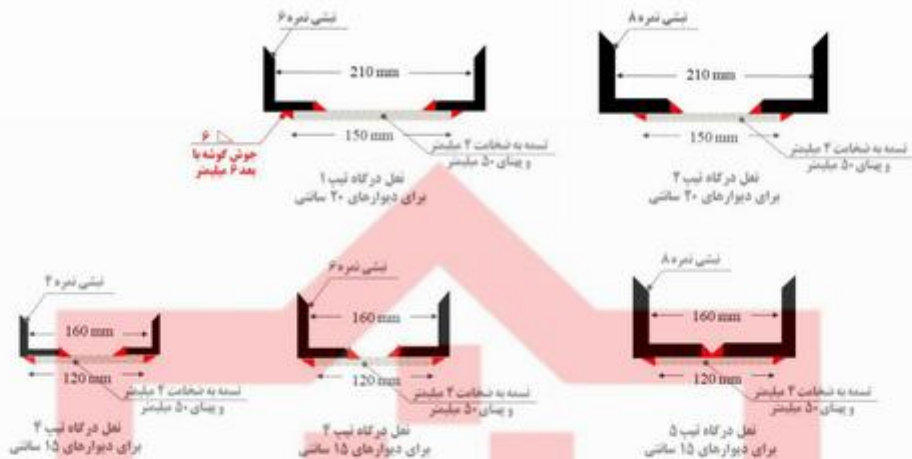
جدول پ-۵-۱۰ تیپ بندی نعل درگاه‌ها برای دیوارهای ۱۵ سانتی داخلی که تا زیر سقف امتداد دارند.

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

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

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

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



در کلیه نعل درگاه ها، نسمه ها باید در اواسط جداگر ۴۰ سانتی در طول نعل درگاه توزیع شوند. تعداد نسمه های نعل درگاه در هیچ حالتی نباید کمتر از ۴ عدد باشد.

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

د قمر مقررات ملی و کنترول ساختمان



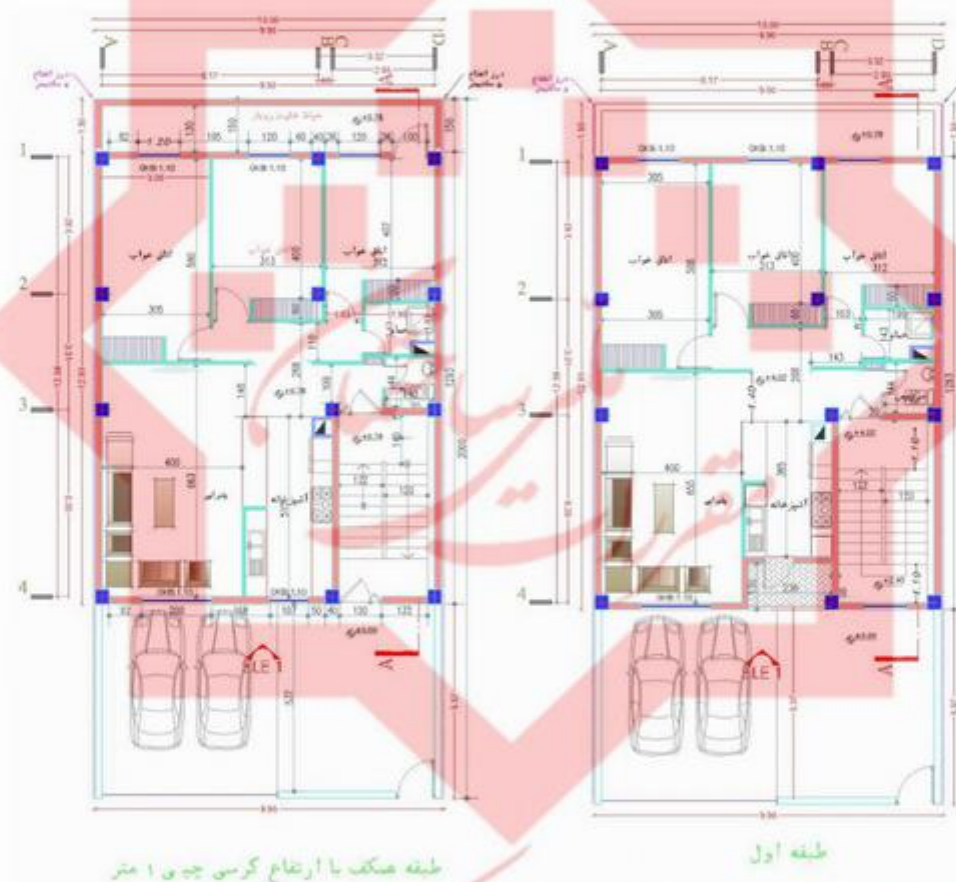
دقتر مقررات ملی و کتترل ساختمان

پیوست ۶- نمونه پروژه-ساختمان مسکونی

در این پیوست، روند طراحی پروژه محور معرفی شده در فصل ۴ این دستورالعمل برای طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای یک ساختمان مسکونی دو طبقه ارائه شده است.

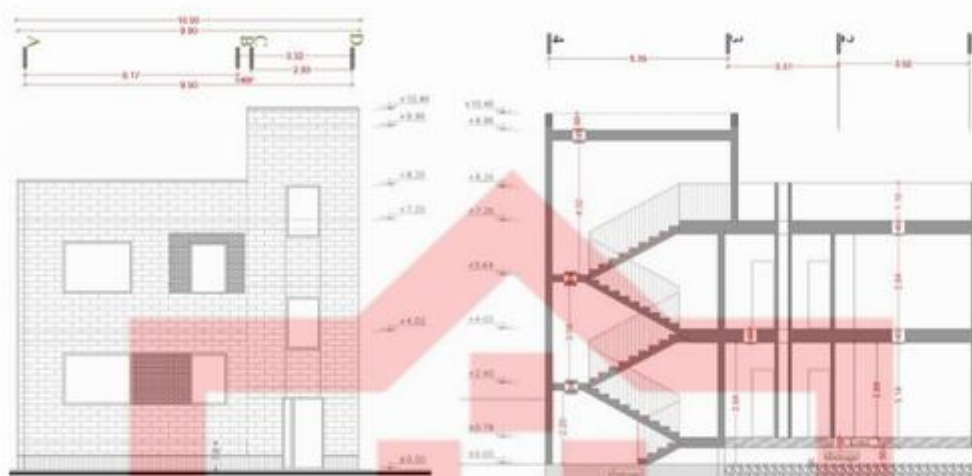
پ-۶-۱- مرحله اول: پلان معماری و جانمایی دیوارها در طبقه

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

دکتر مقرر است ملی و کنترل ساختمان



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

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

بر اساس هماهنگی انجام شده مابین کارفرما، مشاور و مجری پروژه، از بلوک‌های سیمانی توخالی به منظور ساخت کلیه دیوارهای غیرسازه‌ای داخلی و پیرامونی ساختمان استفاده خواهد شد. کلیه دیوارهای پیرامونی دارای ضخامت ۱۵ سانتی‌متر و کلیه دیوارهای داخلی دارای ضخامت ۱۰ سانتی‌متر هستند. 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 می‌باشند.

شکل (پ-۲-۶) بخشی از پلان معماری طبقه همکف را نشان می‌دهد که در آن دیوارهای مختلف با رنگ‌های متفاوت نشان داده شده‌اند. 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 شده و برای کلیه دیوارهای داخلی از کامپوزیت شبکه الیاف به صورت نوارهای افقی استفاده شده است. تسلیحات در نظر گرفته شده برای دیوارهای مختلف در شکل (پ-۲-۶) نشان داده شده‌اند. شایان ذکر است در تعیین نوع و میزان تسلیحات لازم است به الزامات فنی، اجرایی و اقتصادی توجه شود. اگرچه تسلیحات بیشتر می‌تواند سبب کاهش تعداد وادارهای مورد نیاز گردد، لیکن خود تسلیحات دیوار نیز هزینه مربوط به خود را دارند و استفاده از تسلیحات به شدت سنگین، لزوماً منجر به طرح بهینه نمی‌شود. از طرف دیگر نوع تسلیحات بهینه به شرایط مرزی دیوار نیز وابسته است. به عنوان مثال در صورتی که لبه فوقانی دیوار آزاد باشد، بهتر است از تسلیحات افقی (تسلیحاتی که منجر به افزایش ظرفیت خمشی افقی دیوار می‌شود) استفاده گردد. لذا در این پروژه برای دیوارهای داخلی که دارای لبه فوقانی آزاد هستند، از نوارهای افقی (و نه قائم) کامپوزیت شبکه الیاف استفاده شده است.

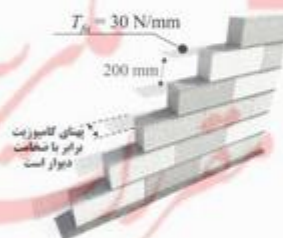
در مقایسه با بسیاری از دیوارهای داخلی، معمولاً دیوارهای پیرامونی تقاضای خارج از صفحه بزرگتری را تجربه می‌کنند، لذا به منظور کاهش تعداد وادارهای قائم در دیوارهای پیرامونی و متعاقباً کاهش پل‌های حرارتی، شرایط مرزی دیوارهای پیرامونی از نوع E در نظر گرفته شده و بدین ترتیب لبه فوقانی دیوارهای پیرامونی دارای اتصال کشویی به سقف خواهند بود (با رعایت فاصله جداسازی ۳ سانتی‌متر از زیر سقف). بدیهی است این موضوع در خصوص دیوارهای جان‌پناه صدق نکرده و دیوارهای جان‌پناه دارای لبه فوقانی آزاد و شرایط مرزی از نوع A هستند. در مقایسه با دیوارهای پیرامونی، دیوارهای داخلی معمولاً تقاضای کوچکتری را تجربه خواهند نمود (به علت وزن کمتر و عدم قرارگیری 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. بدین ترتیب کلیه دیوارهای داخلی فاقد اتصال کشویی به سقف بوده و دارای لبه فوقانی آزاد هستند (با رعایت فاصله جداسازی ۳ سانتی‌متر از زیر سقف). تسلیحات در نظر گرفته شده برای تیپ‌های مختلف دیوار در شکل‌های (پ-۶-۳) و (پ-۶-۴) ارائه شده‌اند. همچنین ارتفاع دیوارهای مختلف در جدول (پ-۶-۱) ارائه شده‌اند.



دیوار ۱۵ سانتی پیرامونی دارای اتصال کشویی به سقف
صلح به کامپوزیت شبکه آلیاف در بند بستن BLM-30-200

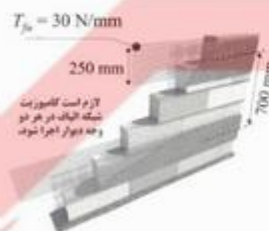
دیوار ۱۵ سانتی داخلی فاقد اتصال کشویی به سقف صلح به
نوارهای افقی کامپوزیت شبکه آلیاف HNL30-250@700

دیوار ۱۰ سانتی داخلی فاقد اتصال کشویی به سقف صلح به
نوارهای افقی کامپوزیت شبکه آلیاف HNL30-250@700



BJM30-200

ظرفیت کششی حداقل برابر با
30 N/mm
فواصل نوارهای کامپوزیت در
ارتفاع دیوار برابر با ۲۰۰ میلی‌متر
(قرارگیری در تمام رزها)

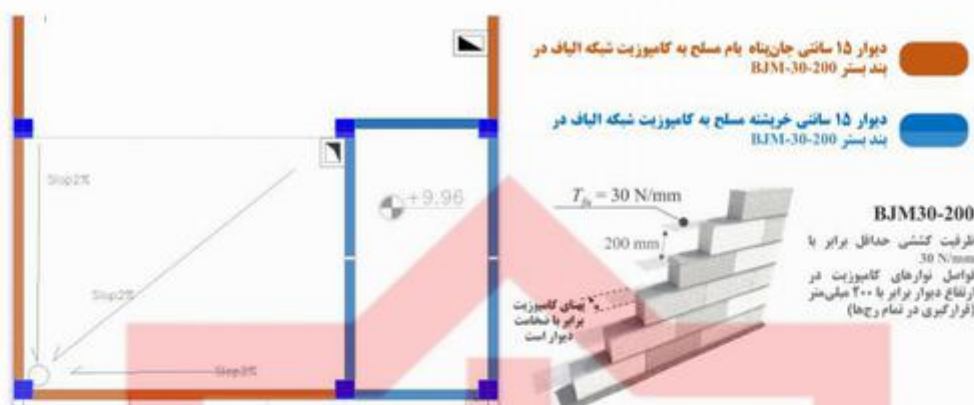


HM30-250@700

ظرفیت کششی حداقل برابر با
30 N/mm
پهنای نوارهای کامپوزیت برابر با
۲۵۰ میلی‌متر
فواصل مرکز به مرکز نوارهای
کامپوزیت برابر با ۷۰۰ میلی‌متر

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

دقت مقررات ملی و کسرل ساختمان



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

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

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

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 سانتی 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 30 N/mm بوده و در تمام رجاها (فواصل 200 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 سانتی با حداکثر ارتفاع آزاد ۲/۸۵ متر و فاقد اتصال کشویی به سقف (با رعایت فاصله ۳ سانتی‌متر تا زیر سقف). این تیپ دیوار مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف از نوع HM30-250@700 می‌باشد. به این معنی که ظرفیت کششی کامپوزیت حداقل 30 N/mm

بوده و عرض نوارهای کامپوزیت نیز 250 mm می‌باشند که به فواصل مرکز به مرکز 700 mm به صورت افقی در ارتفاع دیوار توزیع می‌شوند.

تیپ ۳: دیوارهای داخلی ۱۰ سانتی با حداکثر ارتفاع آزاد ۲/۸۵ متر و فاقد اتصال کشویی به سقف (با رعایت فاصله ۳ سانتی متر تا زیر سقف). مشابه دیوار تیپ ۲. این تیپ دیوار نیز مسلح به نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف از نوع HM30-250@700 می‌باشد.

تیپ ۴: دیوارهای جانبی پناه ۱۵ سانتی 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 سانتی خرپشته با حداکثر ارتفاع آزاد ۲/۴ متر و دارای اتصال کشویی به سقف (با رعایت فاصله ۳ سانتی متر 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 جزئیات تیپ بندی دیوارها

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

BJM30-200: کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر با ظرفیت کششی 30 N/mm و فواصل 200 mm (تمام رج ها)
 HM30-250@700: نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف با ظرفیت کششی 30 N/mm. پهنای نوار 250 mm و فواصل مرکز به مرکز 700 mm در امتداد ارتفاع دیوار

با توجه به آن که دیوارهای تیپ ۱، ۴ و ۵ در تمام رج های 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 بوده و در ساخت این دیوارها از ملات ماسه و سیمان معمولی به نسبت حجمی ۱ به ۳ استفاده می‌شود.

تذکره: دیوارهای خرپشته اگرچه تا حد زیادی مشابه دیوارهای پیرامونی هستند، لیکن نیروی زلزله آن‌ها دو برابر بزرگتر از سایر دیوارهای پیرامونی بوده (رجوع به بخش ۲-۳) و انتظار می‌رود طول بحرانی آن‌ها به طور قابل توجهی کوچکتر از سایر دیوارهای پیرامونی باشد. لذا در این پروژه، دیوارهای خرپشته در تیپ جداگانه ای طبقه بندی شده اند.

تذکره ۲: طراحی دیوارهای محوطه و دیوارهای حیاط خلوت روباز در این پیوست ارائه نشده 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" استفاده شود.

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

به منظور محاسبه نیروی لرزه‌ای وارده 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:

$$\text{وزن دیوار } ۱۰ \text{ سانتی فاقد نازک‌کاری} = 0.10 \times 900 = 90 \text{ kg/m}^2$$

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

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

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

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

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

دو گچ پرداختی باشد. بدین ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۱ به صورت زیر محاسبه می‌شود.

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

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

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

در خصوص دیوارهای تیپ ۳ (دیوارهای داخلی ۱۰ سانتی)، 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. بدین ترتیب وزن نهایی دیوارهای تیپ ۳ جهت طراحی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

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

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

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

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

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

تذکر: لازم به ذکر است برخی از دیوارهای موجود در هر یک از تیپ‌ها دارای وزن پایین‌تری نسبت به مقادیر فوق هستند (به عنوان مثال تنها برخی از دیوارهای موجود در تیپ ۳، دارای کاشی در یکی از وجوه خود بوده و مابقی دیوارهای موجود در این تیپ دارای نازک‌کاری سبک‌تری هستند)، لیکن به منظور تسهیل در روند طراحی، در جهت اطمینان از سنگین‌ترین نازک‌کاری موجود در هر تیپ به منظور تعیین وزن و بار لرزه‌ای وارده 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 است. با توجه به کاربری ساختمان، از منظر مبحث ششم مقررات ملی گروه خطرپذیری ساختمان ۳ بوده (جدول ۶-۱-۱ مبحث ششم مقررات ملی) و از منظر استاندارد ۲۸۰۰، سازه دارای اهمیت متوسط می‌باشد. لذا مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ضریب اهمیت بار زلزله و باد هر دو برابر با ۱ می‌باشند. این ضرایب در تعیین نیروی خارج از صفحه وارده بر دیوارهای غیرسازه‌ای، مورد استفاده قرار خواهد گرفت. بر اساس طراحی سازه‌ای انجام شده، حداکثر نسبت دریافت واقعی (غیرالاستیک) طبقات تحت زلزله طرح (دوره بازگشت ۴۷۵ سال) معادل ۱/۱۵٪ می‌باشد. به علاوه ساختمان در محیط شهری با تراکم نسبتاً بالا واقع شده است.

پ-۶-۵- مرحله پنجم: تخمین تقاضای 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 تقاضای 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 ۲ در تخمین تقاضای وارده بر دیوار استفاده می‌کند. ورودی‌های مورد نیاز برای دیوارهای تیپ ۱ (دیوارهای پیرامونی ۱۵ سانتی) در شکل‌های (پ-۶-۵) الی (پ-۶-۷) ارائه شده است. لازم به ذکر است، مطابق بخش ۲-۱ در محاسبه تقاضای ناشی از باد برای مناطق شهری متراکم، ارتفاع ساختمان نباید کمتر از ۱۲ متر در نظر گرفته شود. با توجه به اینکه ارتفاع ساختمان در این پروژه کمتر از ۱۲ متر است، لذا در ابزار محاسباتی تحت اکسل، ارتفاع ساختمان برابر با ۱۲ متر در نظر گرفته شده است.



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

جدول پ-۶-۴ 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 ۱۵ سانتی	2800 N/m ²	1.29 kPa	1.40 kPa	1.40 kPa
تیپ ۲	دیوار داخلی ۱۵ سانتی	3400 N/m ²	1.57 kPa	-	1.57 kPa
تیپ ۳	دیوار داخلی ۱۰ سانتی	2350 N/m ²	1.09 kPa	-	1.09 kPa
تیپ ۴	دیوار جان پناه ۱۵ سانتی	3000 N/m ²	1.39 kPa	1.40 kPa	1.40 kPa
تیپ ۵	دیوار خرپشته ۱۵ سانتی	3400 N/m ²	3.14 kPa	1.40 kPa	3.14 kPa

تذکر: در ابزار محاسباتی تحت اکسل، ضریب اصلاح شتاب خرپشته (۵) برابر ۱ است. لذا به منظور محاسبه تقاضا 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 در نظر گرفتن حداکثر ارتفاع آزاد، نوع و میزان تسلیحات، شرایط مرزی و تقاضای 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 انجام می‌شود. در این روش، 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 در نظر گرفته شده که مطابق شکل (پ-۶-۶) این طول منجر به نسبت تقاضا به ظرفیتی برابر با ۰/۹۹ شده است. بنابراین طول بحرانی برای دیوارهای تیپ ۱ در این پروژه برابر با ۶ متر می‌باشد. با روندی مشابه، طول بحرانی برای سایر تیپ‌های دیوار نیز محاسبه شده و در جدول (پ-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 سانتی پیرامونی	دیوار ۱۵ سانتی داخلی	دیوار ۱۰ سانتی داخلی	دیوار ۱۵ سانتی جان پناه	دیوار ۱۵ سانتی 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 تپ ۱، ۴ و ۵ نوع ملات دیوار (که در واقع پلاستر کامپوزیت است) می‌تواند معادل ملات ماسه، سیمان و آهک (ملات با بیشترین چسبندگی) در نظر گرفته شود (به تذکر ۲ بخش ۳-۱-۳ مراجعه شود). در محاسبه طول بحرانی دیوارهای تپ 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 شده‌اند که رطوبت ملات دیوارها حداقل در سه روز نخست مطابق بند ۴-۱۰-۴ حفظ شوند.

تذکر ۴: در محاسبه طول بحرانی، در جهت اطمینان فرض شده است که بندهای قائم دیوار فاقد ملات باشند.

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 درب اتاق‌های خواب) نیازی به کاهش طول بحرانی نیست. لازم به ذکر است در بالای درب اتاق‌های خواب بازشوی کوچکی به منظور عبور کانال کولر قرار می‌گیرد که این امر سبب می‌شود ارتفاع دیوار بالای درب کوچکتر 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 بوده و یا بازشو از نوع درب ورودی ساختمان، درب ورودی واحد و یا درب سرویس می‌باشد (درب‌های فاقد کانال کولر در قسمت فوقانی درب)، نیازی 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 می‌گیرد.

تذکر ۶: در دیوار تیپ ۴ (جان‌پناه)، طول بحرانی به نحوی بدست آمده است که نسبت تقاضا به ظرفیت تقریباً برابر با ۰/۷۵ بیشتر باشد (و نه ۱). این محافظه کاری به دلیل آن است که بر روی لبه جان‌پناه احتمال اعمال بارهای تصادفی متمرکز 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. بر اساس این دستورالعمل ارتفاع آزاد دیوار در تعیین طول بحرانی لحاظ شده لذا به وادار افقی نیاز نبوده و تنها وادارهای قائم مورد نیاز است. 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 و 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 می‌تواند کمتر از ۱ متر تا محل هشتگیر باشد. در این صورت دیوار کوتاه‌تر، یک بیرون‌زدگی از دیوار اصلی محسوب می‌شود.

الزامات اجرایی (پس از مشورت با کارفرما، مشاور 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 نشده و در این موارد مناسب‌تر است از اتصال هشتگیر استفاده نشود. در برخی از پروژه‌ها امکان اجرای هم‌زمان دیوارهای داخلی و پیرامونی محیا بوده و در این موارد می‌توان از اتصال هشتگیر استفاده نمود.
- برای اتصال دیوارهای با دو ضخامت مختلف (مثلاً اتصال دیوار ۱۵ سانتی به دیوار ۱۰ سانتی) از اتصال جداسازی شده استفاده می‌شود. علت این امر آن است که ممکن است بلوک‌های با

ضخامت غیر یکسان، دارای ارتفاع غیر یکسانی نیز باشند. ارتفاع غیر یکسان منجر به دشواری در اجرای اتصال هشتگیر خواهد شد.

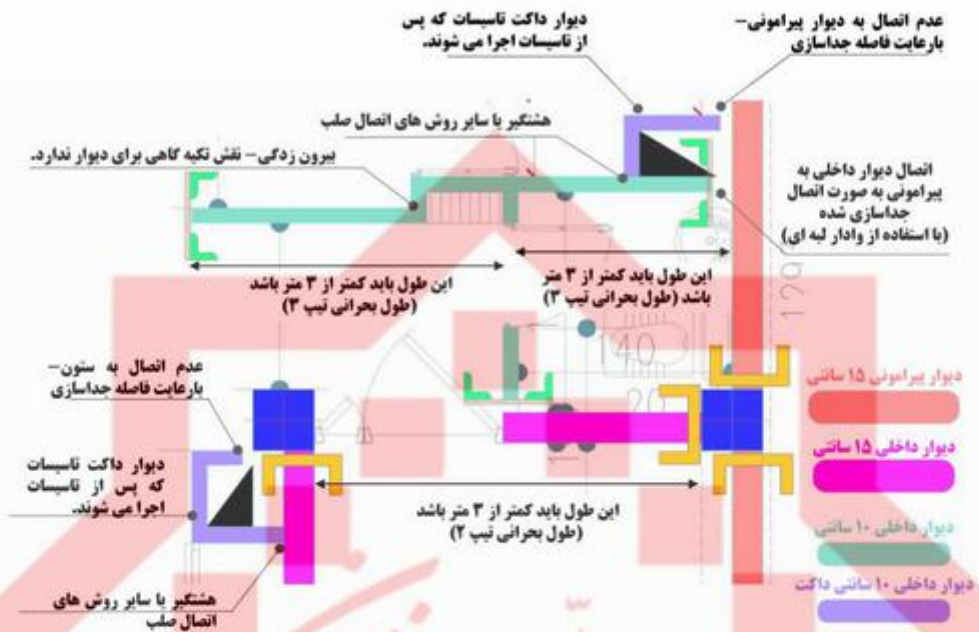
تذکر ۱: الزامات فنی ارائه شده بخشی از الزامات این دستورالعمل بوده و اجرای آن بر اساس این دستورالعمل الزامی است. لیکن، الزامات اجرایی ارائه شده بخشی از الزامات این دستورالعمل نبوده و تنها در این پروژه خاص بر اساس نظر کارفرما، مشاور و مجری تعیین شده‌اند. اگرچه این الزامات اجرایی برای بسیاری از پروژه‌ها قابل توصیه هستند، لیکن رعایت تمامی آن‌ها بر اساس این دستورالعمل الزامی نیست.

تذکر ۲: در متن حاضر جزئیات مربوط به طراحی دیوار محوطه حیاط و نیز دیوار حیاط خلوت روباز ارائه نشده است. این نوع دیوارها (دیوار، کلاف دیوار و شالوده دیوار) لازم است مطابق دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه طراحی شوند.

جانمایی و ادارهای قائم در طبقات در شکل‌های (پ-۶-۸) الی (پ-۶-۱۰) ارائه شده است. به منظور ارائه جزئیاتی بیشتر در خصوص دیوارهای اطراف داکت تاسیسات، دیوارهای دارای بیرون زدگی و 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.



شکل پ-۶-۸ تیب‌بندی دیوارها، جانمایی و ادارهای قائم و اتصالات کشویی در طبقه همکف



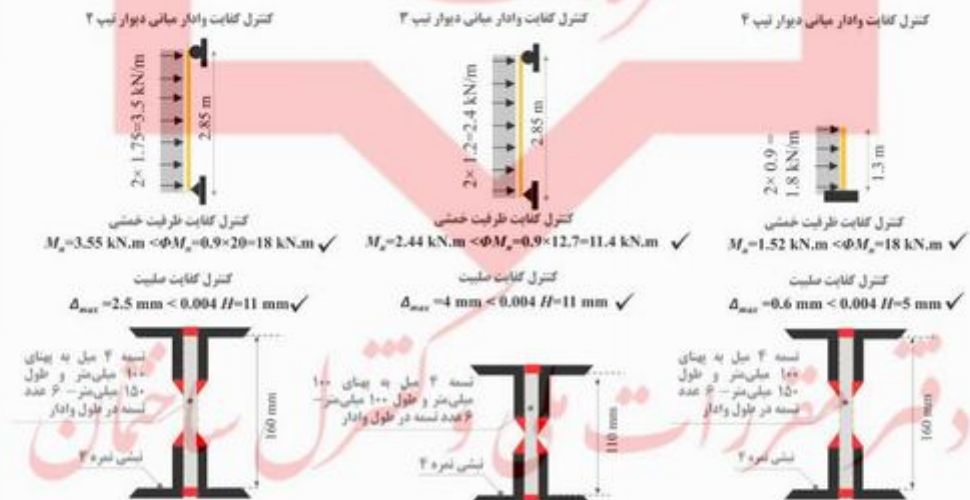
شکل پ-۱۱ جزئیاتی در خصوص دیوارهای اطراف داکت تاسیسات و دیوارهای دارای بیرون زدگی

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

جدول پ-۶-۶ عکس العمل تکیه‌گاهی در لبه فوقانی و قائم تیپ‌های مختلف دیوار

تیپ دیوار	توضیحات تیپ دیوار	طول بحرانی	نیروی تکیه‌گاهی لبه فوقانی کل نیرو	نیروی تکیه‌گاهی لبه فوقانی نیرو در ۱ متر از طول دیوار	نیروی تکیه‌گاهی لبه قائم کل نیرو	نیروی تکیه‌گاهی لبه قائم نیرو در ۱ متر از ارتفاع دیوار
تیپ ۱	دیوار پیرامونی ۱۵ سانتی	6.0 m	9.15 kN	1.50 kN/m	2.85 kN	1.00 kN/m
تیپ ۲	دیوار داخلی ۱۵ سانتی	3.0 m	0	0	4.95 kN	1.75 kN/m
تیپ ۳	دیوار داخلی ۱۰ سانتی	3.0 m	0	0	3.40 kN	1.20 kN/m
تیپ ۴	دیوار جان پناه ۱۵ سانتی	4.0 m	0	0	1.20 kN	0.90 kN/m
تیپ ۵	دیوار خرپشته ۱۵ سانتی	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 نمود. کفایت مقطع در نظر گرفته شده برای وادارهای قائم برای دیوارهای تیپ ۲ و ۳ و ۴ در شکل (پ-۶-۱۳) بررسی شده است. در صورتی که کنترل برای دیوارهای تیپ ۱ و ۵ نیز انجام شود، مشخص می‌گردد مقطع انتخابی برای وادار، کفایت لازم را دارا می‌باشد. در خصوص وادارهای لبه‌ای حداکثر تقاضای وارده، نصف حداکثر تقاضای وارد بر وادارهای میانی است. لذا به شکل خودکار، کفایت وادارهای لبه‌ای نیز تضمین شده است.



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

تذکر: در خصوص وادارهای لبه‌ای لازم است در قسمت فوقانی وادار، پهنای وادار به صورت موضعی افزایش یابد. این کار با استفاده از ورق هم باد مطابق شکل (۴-۱۲) انجام شده و تضمین می‌کند 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 بر روی کف بتنی اجرا می‌شوند، اتصال دیوار به کف صرفاً از طریق اولین لایه ملات برقرار شده و نیاز به تدابیر دیگری نمی‌باشد.

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) تقاضای وارده بر اتصالات کشویی دیوار به سقف در دیوار تیپ ۱ برابر با 1.5 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 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 طراحی شده و جزئیات و ظرفیت آن‌ها 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 $0.4 \times 4.3 = 1.7 \text{ kN}$ خواهد بود. بنابراین برای دیوارهای تیپ ۱ (دیوارهای پیرامونی) کافی است در هر متر از لبه فوقانی دیوار اتصال کشویی نوع ۱ به طول 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) تقاضای وارده بر اتصالات کشویی دیوار به سقف در دیوار تیپ ۵ برابر با 2.25 kN/m است. یعنی در صورتی که در هر متر از لبه فوقانی دیوار از یک

اتصال کشویی استفاده شده باشد، لازم است این اتصال کشویی دارای ظرفیتی حداقل برابر با 2.25 kN باشد. به منظور سهولت، در این پروژه از جدول (۳-۴) به منظور 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 $0.55 \times 4.3 = 2.4$ 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 (۳-۴)، 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.

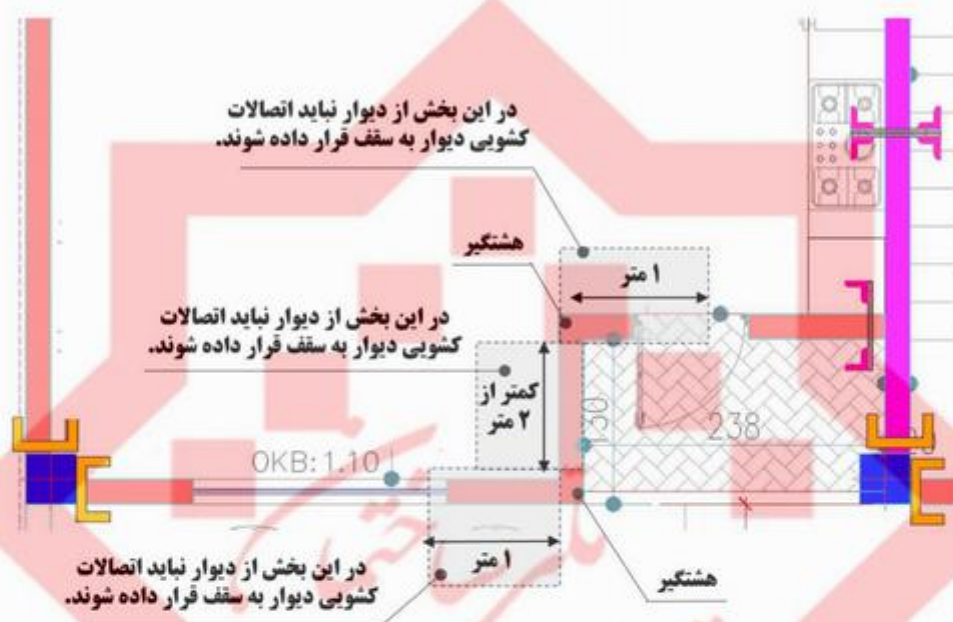
جدول پ-۶-۷ جزئیات اتصالات کشویی دیوار به سقف

جزئیات اتصال کشویی دیوار به سقف					توضیحات	تیپ دیوار
تیپ دیوار	تیپ دیوار	فاصل 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 (۳-۴)
تیپ ۵	دیوار خرپشته	1 m	0.55 m	60 mm	2 mm	۲ عدد رول بولت سایز ۶ مطابق جدول (۳-۴)

تذکره ۱: صرف‌نظر از وجود یا عدم وجود اتصال کشویی، لازم است فاصله جداسازی مابین لبه فوقانی دیوار و زیر سقف رعایت شود. در این پروژه این فاصله برابر با ۳۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است.

تذکره ۲: اتصالات کشویی دیوار به سقف لازم است 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، نیازی به رعایت فاصله مذکور نمی‌باشد. در این شرایط دیوار بلندتر می‌تواند دارای اتصال کشویی به

سقف در فاصله نزدیک به محل هشتگیر بوده لیکن لازم است دیوار کوتاه (بیرون‌زدگی دیوار بلندتر) لازم است فاقد اتصال کشویی به سقف باشد (در این پروژه چنین شرایطی وجود ندارد).



شکل پ-۶-۱۴ لزوم رعایت حداقل فاصله ۱ متری مابین 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 اجرا شده و دوماً حداقل به میزان G مابین لبه قائم دیوار و ستون درز جداسازی وجود داشته باشد. بر اساس این دستورالعمل، حداقل فاصله جداسازی مورد نیاز بین دیوار و ستون برابر است با:

$$G = I_p(\delta_m - 0.003)H_w = 1.0 \times (0.015 - 0.003) \times 2850 = 34 \text{ mm} \approx 40 \text{ mm}$$

لذا در این پروژه فاصله جداسازی مابین دیوار و ستون برابر با ۴۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است در خصوص دیوارهای جان‌پناه، فاصله مورد نیاز برای جداسازی مابین جان‌پناه و ستون‌های غیرطره‌ای (مثل ستون خریشته) برابر با ۲۰ mm می‌تواند در نظر گرفته شود (به علت ارتفاع کمتر دیوار جان‌پناه). در خصوص ستون‌های طره‌ای که از کف بام امتداد یافته‌اند، نیازی به رعایت جداسازی مابین 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) به منظور 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 هستند و تفاوت آن‌ها در فاصله جداسازی (G) است که برای اتصال نوع ۱ $G=30\text{mm}$ و برای اتصال نوع ۲ $G=50\text{mm}$ است. در پروژه مدنظر $G=40\text{mm}$ بدست 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 بدست خواهد آمد. با ۳ عدد رول بولت سایز ۶ (برای یک متر از طول قطعه اتصال).

برای دیوار تیپ ۱: مطابق جدول (پ-۶-۶) کل تقاضای وارده 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 بوده و فاصله جداسازی مابین دیوار و ستون ۴۰ میلی‌متر است. بنابراین، پهنای بال ورق اتصال لازم است $2G+30\text{mm}=110\text{mm}$ 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 تقاضای وارده بر اتصالات کشویی دیوار به ستون در دیوار تیپ ۲ برابر با ۴.۹۵ kN است. اتصال کشویی مدنظر دارای ظرفیت ۳ kN در یک متر از طول خود است. بر این اساس، مجموع طول قطعات اتصال در لبه قائم دیوار تیپ ۲ حداقل باید ۱۶۵ سانتی‌متر باشد. لذا می‌توان از ۴ عدد قطعه اتصالی هر یک به طول ۴۰ سانتی‌متر استفاده نمود. ضخامت ورق قطعه اتصال ۲ میلی‌متر بوده و فاصله جداسازی مابین دیوار و ستون ۴۰ میلی‌متر است. بنابراین، پهنای بال ورق اتصال لازم است $2G+30\text{mm}=110\text{mm}$ 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 تقاضای وارده بر اتصالات کشویی دیوار به ستون در دیوار تیپ ۳ برابر با ۳.۴۰ kN است. اتصال کشویی مدنظر دارای ظرفیت ۳ kN در یک متر از طول خود است. بر این اساس، مجموع طول قطعات اتصال در لبه قائم دیوار لازم است 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 بوده و فاصله جداسازی مابین دیوار و ستون ۴۰ میلی‌متر است. بنابراین، پهنای بال ورق اتصال لازم است $2G+30\text{mm}=110\text{ mm}$ 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 1.20 kN است. دیوارهای تیپ ۴ در واقع دیوارهای جان‌پناه هستند. در دیوارهای جان‌پناه نیازی به رعایت فاصله جداسازی (G) مابین جان‌پناه و ستون‌ها و وادارهای طره‌ای نمی‌باشد. لیکن در محل اتصال جان‌پناه به ستون‌های خرپشته لازم است فاصله جداسازی به مقدار $G=20\text{mm}$ رعایت شود. بنابراین در جهت اطمینان می‌توان برای کلیه اتصالات کشویی جان‌پناه، عرض بال مورد نیاز را برابر با $2G+30=70\text{ mm}$ در نظر گرفت. با این وجود استفاده از عرض بال ۱۱۰ میلی‌متر (که برای سایر دیوارها بدست آمده است) نیز بلامانع بوده 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 3.6 kN است. در اتصالات جان‌پناه در این پروژه حداکثر فاصله جداسازی ۲۰ میلی‌متر است، لذا استفاده از ظرفیت فوق در جهت اطمینان خواهد بود. بر این اساس مجموع طول قطعات اتصال در لبه قائم دیوار تیپ ۴ (جان‌پناه) لازم است حداقل برابر با ۳۳ سانتی‌متر باشد. لذا از یک قطعه اتصال به طول ۴۰ سانتی‌متر می‌توان استفاده نمود. توصیه می‌شود این قطعه اتصال در بخش فوقانی از لبه قائم جان‌پناه قرار گیرد. همانطور که ذکر شد، پهنای بال اتصال می‌تواند ۷۰ میلی‌متر باشد، لیکن به دلیل سهولت در روند اجرا و نظارت، پهنای بال اتصالات لبه قائم جان‌پناه برابر با پهنای بال اتصالات کشویی در لبه قائم سایر دیوارها و برابر با ۱۱۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است. جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون برای دیوارهای تیپ ۴ در جدول (پ-۶-۸) نیز ارائه شده است.

برای دیوار تیپ ۵: مطابق جدول (پ-۶-۶) کل تقاضای وارده بر اتصالات کشویی دیوار به ستون در دیوار تیپ ۵ برابر با 4.5 kN است. اتصال کشویی مدنظر دارای ظرفیت 3 kN در یک متر از طول خود است. بنابراین کل طول اتصال کشویی مورد نیاز در لبه قائم دیوارهای تیپ ۵ برابر با $1/5$ متر می‌باشد. لذا می‌توان از سه قطعه اتصال هر یک به طول ۵۰ سانتی‌متر استفاده نمود. لیکن 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 سانتی متر استفاده می شود. ضخامت ورق قطعه اتصال ۲ میلی متر بوده و فاصله جداسازی مابین دیوار و ستون ۴۰ میلی متر است. بنابراین، پهنای بال ورق اتصال لازم است $2G+30\text{mm}=110\text{ mm}$ باشد. جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون برای دیوارهای تیپ ۵ در جدول (پ-۶-۸) نیز ارائه شده است.

جدول پ-۶-۸ جزئیات اتصالات کشویی دیوار به ستون

جزئیات اتصال کشویی دیوار به ستون				توضیحات	
تیپ دیوار	تیپ دیوار	تعداد	طول قطعه اتصال	پهنای ورق بال	ضخامت ورق
تیپ ۱	دیوارهای پیرامونی	۳ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm
تیپ ۲	دیوار داخلی ۱۵ سانتی	۴ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm
تیپ ۳	دیوار داخلی ۱۰ سانتی	۳ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm
تیپ ۴	دیوار جان پناه	۱ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm
تیپ ۵	دیوار خرپشته	۴ عدد	0.4 m	110 mm	2 mm

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 تسلیحات افقی دیوار در محل هشتگیر مطابق شکل های (۴-۱۵) و (۴-۱۶) باشند.

تذکره ۱: 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، یک بیرون‌زدگی برای دیوار اصلی محسوب شده و وادارهای قرار گرفته در دیوار اصلی و یا اتصالات کشویی دیوار اصلی می‌توانند در فاصله‌ای کمتر از ۱ متری از محل بیرون‌زدگی دیوار باشند. در محل بیرون‌زدگی دیوار نباید از وادار قائم و یا اتصال کشویی (به سقف یا ستون) استفاده شود.

تذکره ۲: بر اساس تعریف ارائه شده در تذکره ۱، کلیه دیوارهای اطراف داکات تاسیسات، به دیوار اصلی هشتگیر شده و یک بیرون‌زدگی برای دیوار اصلی محسوب می‌شوند.

تذکره ۳: شکل‌های (پ-۶-۱۱) و (پ-۶-۱۲) نمونه‌هایی از روند قابل قبول در طراحی دیوارهای دارای بیرون‌زدگی را نشان می‌دهند.

تذکره ۴: در صورتی که طول آزاد بیرون‌زدگی کمتر از ۷۰ سانتی‌متر باشد، قسمت بیرون‌زده می‌توان غیرمسلح باشد. با این وجود توصیه می‌شود حتی المقدور در محل هشتگیر از تسلیحات افقی استفاده شود حتی برای بیرون‌زدگی دیوار.

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 شده است. 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. لازم به ذکر است در اتصال دیوار به دیوار به صورت جداسازی شده لازم است مابین وادار لبه‌ای اتصال و دیوار ممتد پشت وادار، فاصله جداسازی به اندازه G رعایت شود. در پروژه مدنظر $G=40\text{ mm}$ است.

پ-۶-۸-۶- اتصال وادار به سقف

نیروی وارد بر اتصالات فوقانی وادارهای میانی در 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 (چراکه در وادار میانی نیرو از دو لبه قائم موجود در دو سمت وادار اعمال می‌شود)، سپس مقدار حاصل را در طول وادار ضرب کرده و مقدار حاصل را بر عدد ۲ تقسیم نمود. بر اساس روند فوق، عکس العمل تکیه‌گاهی 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	$2 \times 1.00 = 2.0$ kN/m	2.85 m	2.9 kN
وادارهای میانی دیوار تیپ ۲	$2 \times 1.75 = 3.5$ kN/m	2.85 m	5.0 kN
وادارهای میانی دیوار تیپ ۳	$2 \times 1.20 = 2.4$ kN/m	2.85 m	3.4 kN
وادارهای میانی دیوار تیپ ۴	$2 \times 0.90 = 1.8$ kN/m	1.3 m	0 (وادار طره‌ای)
وادارهای میانی دیوار تیپ ۵	$2 \times 1.85 = 3.7$ kN/m	2.4 m	4.45 kN

تذکر ۱: لبه فوقانی وادار قائم باید حداقل ۳۰ میلی‌متر از زیر سقف فاصله داشته باشد. همچنین اتصال کشویی لازم است حداقل به میزان ۳۰ میلی‌متر وادار را در برگیرد. بر این اساس، پهنای پال 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 تحت هیچ شرایطی نباید کمتر از ۲ عدد باشد).

پ-۶-۸-۶ اتصال وادار به کف

به منظور 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 هستند.

پ-۶-۹- مرحله نهم: طراحی نعل درگاه و ساب فریم

بر اساس نقشه‌های معماری، ارتفاع درب‌ها ۲۲۰ سانتی‌متر بوده و ارتفاع پنجره‌ها نیز ۱۵۰ سانتی‌متر است (با ارتفاع دست انداز ۱۱۰ سانتی‌متری). از طرفی ارتفاع دیوارها ۲۸۵ سانتی‌متر است. بنابراین ارتفاع دیوار بر روی نعل درگاه درب‌ها برابر با ۶۵ سانتی‌متر و ارتفاع دیوار روی نعل درگاه پنجره‌ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. در بالای درب‌های اتاق خواب کانال‌های کولر قرار دارد که در جهت اطمینان از کاهش بار روی نعل درگاه به واسطه وجود بازشوی کانال کولر صرف‌نظر می‌شود.

وزن تیپ‌های مختلف دیوار در جدول (پ-۶-۴) ارائه شده است. با ضرب وزن دیوار در ارتفاع دیوار در بالای نعل درگاه، بار گسترده خطی وارده بر نعل درگاه قابل محاسبه خواهد بود. مقدار حاصل در جدول (پ-۶-۱۰) ارائه شده است. لازم به ذکر است با توجه به ارتفاع کم دیوار روی نعل درگاه، تقریباً تمام وزن دیوار بر روی نعل درگاه وارد شده و توزیع بار روی نعل درگاه به صورت مستطیلی در نظر گرفته شده است و نه مثلثی (برای جزئیات بیشتر به شکل (۴-۲۱) مراجعه شود).

روند طراحی نعل درگاه در بخش ۴-۹ ارائه شده است. بر این اساس، نعل درگاه لازم است اولاً دارای ظرفیت خمشی کافی برای تحمل بار گسترده ناشی از وزن دیوار بالای بازشو بوده و دوماً خیز نعل درگاه بر اثر این بار گسترده، کمتر از یک شش‌صدم عرض بازشو باشد. در بسیاری از موارد، معیار کنترل خیز، تعیین کننده مقطع مورد نیاز برای نعل درگاه است. مقطع طراحی شده برای نعل درگاه در بازشوهای مختلف در جدول (پ-۶-۱۰) ارائه شده است. در جهت اطمینان کلیه نعل درگاه‌ها به صورت تیرهایی دو سر مفصل طراحی شده‌اند.

جدول پ-۶-۱۰ بار گسترده و مقطع طراحی شده برای نعل درگاه‌ها

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

تذکر ۱: اتصال نعل درگاه به وادار و ساب فریم مطابق جزئیات ارائه شده در بخش ۴-۹ می‌باشد.

تذکر ۴: در مواردی که طول نشیمن کافی برای نعل درگاه وجود ندارد، لازم است در محل بازشو از ساب فریم استفاده شده و نعل درگاه به ساب فریم متصل شود. جزئیات این اتصال در بخش ۴-۹ ارائه شده است. مقطع ساب فریم می تواند مشابه مقطع وادارهای لبه ای باشد. اتصال ساب فریم به کف نیز می تواند مشابه اتصال وادارهای قائم به کف در نظر گرفته شود.



مجلس مقررات

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

پیوست ۷- ابهامات طراحی و ایرادات اجرایی

متداول

پ-۷-۱- ابهامات متداول در روند طراحی

در این بخش برخی از ابهامات طراحی متداول ذکر شده و در خصوص 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 است. بر اساس پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، طول آزاد دیوار نمی‌تواند از ۴ متر بیشتر در نظر گرفته شود. 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 دستورالعمل و ضابطه ۷۲۹، 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 وارده بر دیوار، نوع و میزان تسلیحات استفاده شده در دیوار، ممکن است برای دیوارهایی با طول آزاد کمتر از ۴ متر نیز به وادار قائم نیاز باشد. این موضوع با ضابطه ۷۲۹ و نشریه 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. بنابراین، بر اساس دستورالعمل حاضر، طول آزاد دیوار نباید از طول بحرانی دیوار بیشتر باشد. طول بحرانی مقدار ثابتی نداشته و به تقاضا و ظرفیت خارج از صفحه دیوار وابسته است که می‌تواند بزرگتر و یا کوچکتر از ۴ متر باشد.

دسر مقررات ملی و کنترل ساختمان

آیا در صورتی که در رج فوقانی میلگردبستر قرار داشته باشد، نیازی 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 دستورالعمل حاضر، هم بر اساس پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ و هم بر اساس ضابطه ۷۲۹ مجاز می‌باشد. لیکن بر اساس هر سه مرجع فوق، صرفاً اجرای میلگرد بستر در رج فوقانی دیوار به تنهایی برای این امر کافی نیست. مطابق پیوست ششم 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 خمشی افقی یک طرفه، دیوار دارای ظرفیت خارج از صفحه کافی باشد. شرط دوم بسیار سختگیرانه بوده و تنها در دیوارهای با طول بسیار کم قابل برآورده شدن است. لذا بر اساس پیوست ششم، 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 دستورالعمل حاضر و نیز ضابطه ۷۲۹ 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. طبق دستورالعمل حاضر و ضابطه ۷۲۹ الزامی به قرار دادن میلگردبستر در آخرین رج وجود ندارد. اگرچه این کار برای دیوارهایی که فاقد اتصال به سقف هستند همواره قابل توصیه است. بنابراین، بر اساس دستورالعمل حاضر، عدم برقراری اتصال کشویی بین لبه فوقانی دیوار با سقف مجاز بوده و در این صورت در روند محاسبه ظرفیت خارج از صفحه و طول بحرانی دیوار، لازم است 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 حال حاضر، در پیوست ششم از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ استفاده از هشتگیر غیرمجاز نیست. لیکن 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. قراردادن وادار قائم در محل اتصال دو دیوار به یکدیگر و یا استفاده از بست‌های ارتجاعی از جمله روش‌های اتصال جداسازی شده دو دیوار به یکدیگر هستند. لذا در حال حاضر، پیوست ششم استاندارد

۲۸۰۰ روش هشتگیر را غیرمجاز ندانسته است. همچنین در ضابطه ۷۲۹ نیز با رعایت شرایطی استفاده از هشتگیر مجاز است.

بر اساس این دستورالعمل، استفاده از اتصال هشتگیر تحت شرایطی مجاز بوده و روش قابل توصیه نیز می‌باشد. شرط پذیرش اتصال هشتگیر در این دستورالعمل آن است که اولاً هر دو دیوار در محل هشتگیر دارای تسلیحات افقی (میلگردبستر، کامپوزیت شبکه الیاف بند بستر، نوارهای افقی کامپوزیت شبکه الیاف یا کامپوزیت شبکه الیاف سرتاسری) باشد و دوماً محل نزدیک‌ترین اتصال کشویی و 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 کوتاهی با طول کمتر از ۲۵٪ ارتفاع دیوار) الزامی نیست.

آیا فواصل میلگردهای بستر در ارتفاع دیوار ۱ متر باید باشد؟

بر اساس پیوست ششم از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، حداکثر فواصل میلگردهای بستر در ارتفاع دیوار، ۱ متر است. این به معنای آن نیست که فواصل میلگردهای بستر همواره ۱ متر باید در نظر گرفته شود. بسته به محاسبات، این فواصل می‌تواند متغیر باشد. بر اساس این دستورالعمل و ضابطه ۷۲۹، فواصل میلگردهای بستر نباید از ۵۰۰ میلی‌متر بیشتر در نظر گرفته شود. همچنین جداول موجود در نشریه ۸۱۹ نیز با فرض فواصل میلگرد بستر ۵۰۰ میلی‌متر تهیه شده‌اند. در هر صورت فواصل میلگردبستر بر اساس هر سه منبع فوق باید بر اساس محاسبات تعیین شوند. بنابراین، بر اساس دستورالعمل حاضر، فواصل میلگردهای بستر باید بر اساس محاسبات تعیین شده و تحت هیچ شرایطی نباید بیش از ۵۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. در اکثر موارد متداول، لازم است میلگردهای بستر به صورت یک رج در میان در دیوار اجرا شوند.

پ-۷-۲- ایرادات اجرایی متداول

در این بخش برخی از ایرادات اجرایی متداول ذکر شده و در خصوص آن‌ها شفافسازی صورت گرفته است.

مقررات ملی و کنترل ساختمان



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



شکل پ-۷-۲ ایراد متداول مربوط به عدم جداسازی مابین تیر و دیوار.



بر اساس دستورالعمل حاضر و نیز ضابطه ۷۲۹، میلگرد بستر نباید به اتصال کشویی متصل شود. این کار سبب انتقال دررفت به دیوار از طریق میلگرد بستر می شود. میلگرد بستر به منظور تسلیح دیوار استفاده شده و برای دیوار حکم تیرچه یا تیر فرعی ندارد.

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



عدم اجرای نعل درگاه
(فریم باز شو نمی تواند نقش نعل درگاه را ایفا کند)

بر خلاف جزئیات ارائه شده در این تصویر، نعل درگاه
نباید به نحوی اجرا شود که خود سبب انتقال دررفت
داخل صفحه به دیوار شود.

شکل پ-۷-۴ ایرادات متداول مربوط به نعل درگاه باز شوها.

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان



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

کنترل و نظارت
مقررات

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

مراجع

آیین‌نامه بتن ایران (آبا) (۱۴۰۰)، جلد دوم - مصالح و اجرا، سازمان برنامه و بودجه کشور، تهران، ایران.

ارشاد ل. و خرمی آذر م. (۱۴۰۱)، 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.

پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ (۱۳۹۸)، طراحی لرزه‌ای و اجرای اجزای غیرسازه‌ای معماری، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران.

ضابطه ۷۲۹ (۱۳۹۵)، 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.

ضابطه ۷۱۴ (۱۴۰۱)، دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان‌ها (بازنگری اول)، سازمان برنامه و بودجه کشور، تهران، ایران.

ضابطه ۸۱۹ (۱۳۹۷)، راهنمای طراحی سازه‌ای و جزئیات اجرایی دیوارهای غیرسازه‌ای، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران.

مبحث ششم مقررات ملی 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.

دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای بنایی محوطه، دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان، وزارت راه و شهرسازی، تهران، ایران، ۱۴۰۳.

ACI 549.6R (2020), Guide to design and construction of externally bonded fabric-reinforced cementitious matrix (FRCM) and steel-reinforced grout (SRG) systems for repair and strengthening masonry structures, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.

AC 434 (2016), Acceptance criteria for masonry and concrete strengthening using fabric-reinforced cementitious matrix (FRCM) and steel reinforced grout (SRG) composite systems, International Code Council-Evaluation Service (ICC-ES).

Babaeidarabad S, Nanni A, (2014), "URM walls strengthened with fabric-reinforced cementitious matrix (FRCM) subjected to in-plane and out-of-plane load", the 7th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering, Vancouver, Canada.

Bernat-Maso E, Escring C, Aranha CA, Gil L, (2014), "Experimental assessment of textile reinforced sprayed mortar strengthening system for brickwork wallettes", *Construction Building Material*, 50: 226-236.

Borri A, Castori G, Grazini A, (2009), "Retrofitting of masonry building with reinforced masonry ring-beam", *Construction and Building Materials*, 23, 1892-1901.

Brown RH, Melander J, (2001), "Flexural bond strength of masonry parallel to the bed joint", 9th Canadian Masonry Symposium.

Chong, V.L. (1993), "The behavior of laterally loaded masonry panels with openings", PhD Thesis, School of Civil and Structural Engineering, University of Plymouth, Plymouth, UK.

De Risi MT, Furtado A, Rodrigues H, Melo J, Verderame GM, Arede A, et al. (2020), "Experimental analysis of strengthening solutions for the out-of-plane collapse of masonry infills in RC structures through textile reinforced mortars", *Engineering Structures*, 207, 110203.

Drysdale, R.G. and Essawy, A.S., (1988), "Out-of-plane bending of concrete block walls", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 114, No. 1; 121-133.

Griffith, M.C., Vaculik, J., Lam, N.T.K., Wilson, J. and Lumantarna, E. (2007), "Cyclic testing of unreinforced masonry walls in two-way bending", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 36(6); 801-821.

Messalo 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.

دقت مقررات ملی و کنترل ساختمان



Ministry of Roads & Urban Development
Housing & construction deputy



Bureau of National Construction
Code & Building Control

Specifications for Design and Construction of Nonstructural Masonry Walls

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان