جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

راهنمای طراحی لرزه‌ای دیوارهای بنایی غیرسازهای مسلح به میلگرد بستر (ویرایش دوم)

ضابطه شماره ۷۲۹

معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی

امور نظام فنی اجرایی مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

پیش نویس غیر قابل استناد

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایراد و اشکال نیست.

از این‌رو، از ***شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه –
مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی
Email:info@nezamfanni.ir **web: nezamfanni.ir**

پیش نویس غیر قابل استناد

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
۱ فصل ۱	۳
فصل اول- مروری بر رفتار لرزه‌ای دیوارهای بنایی	۵
۱-۱- المان‌های بنایی	۵
۱-۱-۱- عناصر تشکیل دهنده	۵
۱-۱-۲- مشخصات مکانیکی	۵
۱-۲- دیوارهای بنایی غیرمسلح	۹
۱-۲-۱- رفتار خارج از صفحه	۹
۱-۲-۲- رفتار داخل صفحه	۱۷
۱-۳- دیوارهای بنایی مسلح	۲۱
۱-۳-۱- رفتار خارج از صفحه	۲۳
۱-۳-۲- رفتار داخل صفحه	۲۵
۲ فصل ۲	۲۹
فصل دوم- دیوارهای بنایی	۳۱
۲-۱- انواع واحدهای بنایی	۳۱
۲-۲- انواع ملات‌ها	۳۱
۲-۳- مقاومت فشاری دیوارهای بنایی	۳۲
۲-۳-۱- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با واحدهای رسی	۳۲
۲-۳-۲- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با واحدهای سیمانی	۳۳
۲-۳-۳- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با واحدهای AAC	۳۴
۲-۳-۴- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با واحدهای شیشه‌ای	۳۴
۲-۴- مدول گسیختگی دیوارهای بنایی	۳۴
۲-۴-۱- مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده از واحدهای رسی	۳۵
۲-۴-۲- مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده از واحدهای سیمانی	۳۵
۲-۴-۳- مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده از واحدهای AAC	۳۵
۲-۴-۴- مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده از واحدهای شیشه‌ای	۳۶

پیش نویس غیر قابل استناد

۲-۵- مدول الاستیک ۳۶
۲-۶- ضرایب انبساط حراراتی ۳۶
۲-۷- ضریب انبساط رطوبتی ۳۶
۲-۸- ضریب جمع شدگی ۳۷
۲-۹- ضریب خزش ۳۷
۲-۱۰- مشخصات مقطع خالص و مقطع موثر ۳۷
۲-۱۱- چیدمان واحدهای بنایی ۳۹
۲-۱۲- اتصالات دیوار ۳۹
۲-۱۳- درزهای انبساط ۴۰
۳ فصل ۳ ۴۱
فصل سوم - میلگرد بستر ۴۳
۳-۱- میلگرد بستر ۴۳
۳-۲- مزایا و موارد استفاده ۴۵
۳-۳- مشخصات فنی ۴۵
۴ فصل ۴ ۴۷
فصل چهارم - تقاضاهای وارده بر دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ۴۹
۴-۱- کلیات ۴۹
۴-۲- فشار خارج از صفحه ناشی از زلزله ۴۹
۴-۳- فشار خارج از صفحه ناشی از باد ۵۰
۴-۴- فشار طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای ۵۰
۴-۴-۱- دیوارهای داخلی ۵۰
۴-۴-۲- دیوارهای پیرامونی ۵۰
۴-۵- تقاضاهای خمشی نهایی ۵۱
۴-۵-۱- دیوارهای با عملکرد یکطرفه- دهانه قائم ۵۱
۴-۵-۲- دیوارهای با عملکرد یکطرفه- دهانه افقی ۵۱
۴-۵-۳- دیوارهای با عملکرد دو طرفه ۵۲
۴-۶- اثر بازشوها ۵۸
۵ فصل ۵ ۶۱
فصل پنجم- طرح خمشی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای ۶۳

پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۱- کلیات ۶۳
۵-۱-۱- هدف ۶۳
۵-۱-۲- مقاومت مورد نیاز ۶۳
۵-۱-۳- مقاومت طراحی ۶۳
۵-۱-۴- ضریب کاهش مقاومت ۶۴
۵-۱-۵- سختی ۶۴
۵-۱-۶- مقاومت فشاری دیوار بنایی ۶۴
۵-۱-۷- مقاومت فشاری ملات ۶۴
۵-۱-۸- مقاومت فشاری دوغاب ۶۴
۵-۱-۹- مدول گسیختگی دیوارهای بنایی ۶۴
۵-۱-۱۰- مقاومت میلگرد بستر و سایر تسلیحات ۶۵
۵-۱-۱۱- واحد ۶۵
۵-۲- مقاومت خمشی دیوارهای بنایی غیرمسلح ۶۵
۵-۲-۱- فرضیات ۶۵
۵-۲-۲- مقاومت خمشی اسمی ۶۵
۵-۲-۳- مقاومت خمشی طراحی ۶۶
۵-۳- مقاومت خمشی دیوارهای بنایی مسلح ۶۶
۵-۳-۱- فرضیات ۶۶
۵-۳-۲- مقاومت خمشی اسمی ۶۷
۵-۳-۳- مقاومت خمشی طراحی ۶۹
۵-۳-۴- حداقل مقدار تسلیحات ۶۹
۵-۳-۵- حداکثر مقدار تسلیحات ۶۹
۵-۴- مقاومت خمشی دیوارهای بنایی دارای میلگرد بستر ۷۰
۵-۵- سایر الزامات ۷۰
۵-۵-۱- مسلح کردن دیوار با استفاده از میلگرد متداول ۷۰
۵-۵-۲- مسلح کردن دیوار با استفاده از میلگرد بستر ۷۰
۵-۵-۳- الزامات عمومی لرزه‌ای ۷۲
۶ فصل ۶ ۷۵
فصل ششم- الزامات اجرایی ۷۷

پیش نویس غیر قابل استناد

۶-۱- کلیات ۷۷
۶-۲- طراحی دیوارهای ساخته شده با بلوک‌های رسی، سیمانی و AAC ۷۷
۶-۲-۱- کلیات ۷۷
۶-۲-۲- حداقل ضخامت دیوار ۷۷
۶-۲-۳- طراحی مقاومتی دیوار ۷۷
۶-۳- طراحی دیوارهای ساخته شده با بلوک‌های شیشه‌ای ۷۸
۶-۳-۱- کلیات ۷۸
۶-۳-۲- دیوارهای شیشه‌ای پیرامونی ۷۸
۶-۳-۳- دیوارهای شیشه‌ای داخلی ۷۹
۶-۳-۴- ملات ۷۹
۶-۳-۵- تسلیحات ۷۹
۶-۳-۶- اتصالات ۷۹
۶-۴- طراحی اتصالات ۸۰
۶-۴-۱- اتصال دیوار به کف ۸۰
۶-۴-۲- اتصال دیوار به سقف یا تیر ۸۰
۶-۴-۳- اتصال دیوار به ستون و یا به دیوار سازه‌ای ۸۲
۶-۴-۴- اتصال دیوار به دیوار ۸۵
۷ پیوست ۱ ۹۲
پیوست ۱ - دقت روش ضرایب لنگر ۹۳
۸ پیوست ۲ ۹۵
پیوست ۲- طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای ساختمان مسکونی ۵ طبقه ۹۷
۹ پیوست ۳ ۱۱۱
۱۰ پیوست ۴ ۱۲۵
۱۱ پیوست ۵ ۱۵۱
۱۲ پیوست ۶ ۱۶۷
پیوست ۳- علائم ۱۶۹
۱۳ پیوست ۷ ۱۷۱
پیوست ۴- فهرست واژگان ۱۷۳
منابع و مراجع ۱۸۱

پیش نویس غیر قابل استناد

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۲-۱- طرح اختلاط حجمی ملات‌های نوع N و S	۳۲
جدول ۲-۲- دانه بندی ماسه مصرفی در ملات	۳۲
جدول ۲-۳- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با استفاده از واحدهای رسی (خشتی یا سفالی)	۳۳
جدول ۲-۴- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با استفاده از واحدهای سیمانی	۳۴
جدول ۲-۵- مقاومت فشاری بلوک‌های AAC	۳۴
جدول ۲-۶- مدول گسیختگی دیوارهای بنایی (بر حسب MPa یا N/mm^2)	۳۵
جدول ۴-۱- معرفی شرایط مرزی گوناگون برای دیوارهای با عملکرد دوطرفه	۵۴
جدول ۴-۲- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع A	۵۴
جدول ۴-۳- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع B	۵۴
جدول ۴-۴- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع C	۵۵
جدول ۴-۵- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع D	۵۵
جدول ۴-۶- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع E	۵۵
جدول ۴-۷- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع F	۵۶
جدول ۴-۸- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع G	۵۶
جدول ۴-۹- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع H	۵۶
جدول ۴-۱۰- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع I	۵۷
جدول ۴-۱۱- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع J	۵۷
جدول ۴-۱۲- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع K	۵۷
جدول ۴-۱۳- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع L	۵۸
جدول ۶-۱- حداکثر مساحت مجاز در دیوارهای شیشه‌ای پیرامونی	۷۹

پیش نویس غیر قابل استناد

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- تاثیر مقاومت واحد بنایی و ملات در مقاومت فشاری المان بنایی ۶

شکل ۱-۲- (الف) نقش مدول گسیختگی دیوار بنایی در تامین مقاومت خارج از صفحه تحت خمش یک طرفه قائم. (ب) نمونهای از نتایج بدست آمده برای مدول گسیختگی بر اساس تستهای انجام شده توسط Willis (2004). ۷

شکل ۱-۳- نمونه هایی از دیوارهای بنایی با عملکرد یک طرفه خمش قائم ۱۰

شکل ۱-۴- نمونه هایی از دیوارهای بنایی با عملکرد یک طرفه خمش افقی ۱۱

شکل ۱-۵- مراحل بسیج مقاومت در خمش افقی دیوار بنایی ۱۲

شکل ۱-۶- نمونه عملکرد دوطرفه دیوار و الگوی ترکها و نحوه فروریزش آن ۱۳

شکل ۱-۷- تخریب خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح در زلزله‌های امیلیا و لووله ۱۵

شکل ۱-۸- تخریب خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح در زلزله‌های منجیل و بووج ۱۵

شکل ۱-۹- تخریب خارج از صفحه میانقاب‌های بنایی غیرمسلح در زلزله‌های نورتریج و دووزه ۱۶

شکل ۱-۱۰- رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح به همراه ترک‌های ایجاد شده (Griffith et al., 2007) ۱۷

شکل ۱-۱۱- اثر ملات قائم در رفتار داخل صفحه دیوار (Maheri et al., 2011) ۱۸

شکل ۱-۱۲- تاثیر نوع ملات بر رفتار داخل صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح (ElGawady et al., 2005) ۱۹

شکل ۱-۱۳- بروز ترک‌های قطری در دیوارهای بنایی غیرمسلح در زلزله‌های منجیل و امیلیا ۲۰

شکل ۱-۱۴- خرابی داخل صفحه میانقاب‌های رسی (سفالی) غیرمسلح در زلزله‌های کوتاهیا و ونچوان ۲۰

شکل ۱-۱۵- رفتار نامناسب میانقاب بنایی غیرمسلح و فروریزش آن در حین تست شبه دینامیکی (Pujol et al., 2008) ۲۱

شکل ۱-۱۶- تست چرخه‌ای بر روی دیوار بنایی مسلح در امتداد خارج از صفحه (Mosele et al., 2008) ۲۳

شکل ۱-۱۷- فروریزش خارج از صفحه میانقاب‌های دو لایه فاقد میلگرد بستر (Vintzileou, 2013) ۲۴

شکل ۱-۱۸- حفظ پایداری خارج از صفحه میانقاب‌های تک لایه به واسطه استفاده از میلگرد بستر Vintzileou, (2013) ۲۴

شکل ۱-۱۹- مقایسه رفتار دیوارهای بنایی مسلح با مکانیزم تخریب خمشی و برشی (FEMA 307, 1998) ۲۵

پیش نویس غیر قابل استناد

شـکل ۱-۲۰- تعبیه میلگرد بستر خرپایی در جهات افقی و قائم و آماده‌سازی دیوار برای انجام تست (Haach et al., 2007) ۲۶
شکل ۱-۲۱- مقایسه رفتار درون صفحه دیوار مسلح با رفتار دیوار غیرمسلح متناظر (Haach et al., 2007) ۲۷
شکل ۲-۱- مقطع موثر و خالص دیوار ساخته شده با بلوک‌های توخالی حفره قائم و بند بستر پوسته ملات ۳۸
شکل ۲-۲- مقطع موثر و خالص دیوار ساخته شده با بلوک‌های توخالی حفره افقی و بند بستر تمام ملات ۳۸
شکل ۳-۱- میلگرد بستر خرپایی قبل از پخش کردن ملات بستر بر روی آن ۴۳
شکل ۳-۲- مشخصات هندسی میلگردهای بستر و چینش آن‌ها به عنوان میلگرد افقی در دیوار ۴۴
شکل ۳-۳- اتصال نمای بنایی به دیوارهای پیرامونی با استفاده از میلگردهای بستر ۴۴
شکل ۴-۱- دیوارهای دهانه افقی، دهانه قائم و دیوارهای با عملکرد دوطرفه ۵۲
شکل ۴-۲- تقسیم دیوار دارای بازشو به پانل‌های معادل ۵۹
شکل ۴-۳- نحوه ساختن پانل معادل دیوارهای دارای بیش از یک بازشوی پنجره ۵۹
شـکل ۵-۱- خمش افقی و قائم به همراه ضرایب کاهش مقاومت خمشی در دیوارهای بنایی دارای میلگرد بستر افقی ۶۳
شکل ۵-۲- توزیع کرنش و نیرو در مقطع دیوار بنایی با میلگرد بستر ساخته شده از واحدهای بنایی توخالی ۶۸
شکل ۵-۳- الزامات مربوط به وصله میلگردهای بستر ۷۱
شکل ۶-۱- حداقل ضخامت دیوار بر حسب شرایط مرزی ۷۸
شکل ۶-۳- اتصال کشویی دوبل نبشی برای اتصال دیوار به سقف ۸۱
شکل ۶-۴- اتصال کشویی دیوار به تیر پیرامونی با استفاده از دوبل نبشی ۸۲
شکل ۶-۵- اتصال جداشده دیوار به ستون با استفاده از قلاب با پوشش جدا کننده و قلاب آکاردئونی ۸۳
شکل ۶-۶- اتصال جداشده دیوار به قاب سازه‌ای با ناودانی و لایه جداکننده ۸۴
شکل ۶-۷- اتصال دیوار به ستون با استفاده از قلاب و گیره (Tie and Anchor) ۸۵
شکل ۶-۸- اتصال دیوار به دیوار با استفاده از پیوند بنایی (لابند) برای دیوار با بلوک حفره افقی - اتصال مفصلی ۸۷
شـکل ۶-۹- اتصـال دیوار به دیوار با اسـتفاده از پیوند بنایی (لابند) و میلگرد بسـتر برای دیوار با بلوک حفره افقی- اتصال گیردار ۸۷
شـکل ۶-۱۰- اتصال دیوار به دیوار در گوشه با استفاده از پیوند بنایی (لابند) و میلگرد بستر برای دیوار با بلوک حفره افقی ۸۸
شـکل ۶-۱۱- اتصـال دیوار به دیوار ممتد با اسـتفاده از پیوند بنایی (لابند) و میلگرد بسـتر برای دیوار با بلوک حفره افقی ۸۸
شکل ۶-۱۲- اتصال دو دیوار متعامد با استفاده از قلاب و میلگرد بستر- اتصال مفصلی ۸۹

پیش نویس غیر قابل استناد

شکل ۶-۱۳- اتصال دو دیوار متعامد با استفاده از قلاب بلند و میلگرد بستر- اتصال گیردار ۹۰
شکل ۶-۱۴- کفایت دیوار به عنوان تکیه گاه دیوار عمود بر خود و حداقل فاصله اتصال دیوار به سقف از محل اتصال دیوار به دیوار ۹۱
شکل پ-۱-۱- تصویری از محیط اپلیکیشن تحت اکسل طراحی دیوارهای بنایی غیرسازهای مطابق ضابطه ۷۲۹ ۹۳
شکل پ-۲-۱- صحت سنجی مدل آباکوس دیوار در خمش افقی (الف)چیدمان تست(2004) Willis . (ب) مقایسه منحنی نیرو-تغییر مکان اندازه گیری شده در تست و شبیه سازی شده در آباکوس. (پ). الگوی ترکهای مشاهده شده در تست و مدل آباکوس ۹۷
شکل پ-۲-۲- صحت سنجی مدل آباکوس دیوار در خمش مورب (الف)چیدمان تست(2004) Willis . (ب) مقایسه منحنی نیرو-تغییر مکان اندازه گیری شده در تست و شبیه سازی شده در آباکوس. (پ). الگوی ترکهای مشاهده شده در تست و مدل آباکوس ۹۸
شکل پ-۲-۳. سه نمونه از دیوارهای تست شده توسط Griffith et al.(2007) ۹۹
شکل پ-۲-۴. ظرفیت دیوار شماره ۱ از سه روش آزمایشگاهی، مدل المان محدود و ضابطه ۷۲۹ (بدون ضریب کاهش مقاومت). ۱۰۰
شکل پ-۲-۵. ظرفیت دیوار شماره ۲ از سه روش آزمایشگاهی، مدل المان محدود و ضابطه ۷۲۹ (بدون ضریب کاهش مقاومت). ۱۰۰
شکل پ-۲-۶. ظرفیت دیوار شماره ۳ از سه روش آزمایشگاهی، مدل المان محدود و ضابطه ۷۲۹ (بدون ضریب کاهش مقاومت). ۱۰۱
شکل پ-۲-۷. دقت آیین نامه AS 3700 و ضابطه ۷۲۹ در تخمین نتایج تستهای West et al. (1977) ۱۰۲
شکل پ-۲-۸. الگوی ترکهای دیوار SB02 دارای بازشو و لبه فوقانی آزاد و نحوه ساختن پانل معادل برای آن ۱۰۵
شکل پ-۲-۹. رفتار چهار نمونه از دیوارهای تست شده به همراه تخمین ضابطه ۷۲۹ از مقاومت نهایی آنها (خطوط توپر نتایج آزمایشگاهی، خطوط خطچین نتایج عددی و خطوط خط چین افقی نتایج ضابطه ۷۲۹ می باشند). ۱۰۶
شکل پ-۲-۱۰. الگوی ترکهای برخی از دیوارهای تست شده توسط Drysdale and Essawy (1988) و مقایسه آن با الگوی ترکهای مفروض در ضابطه ۷۲۹. ۱۰۷
شکل پ-۳-۱- (الف) سهم موثر هر لبه از نیروی خارج از صفحه وارده بر دیوار بر اساس الگوی ترکهای ۴۵ درجه. (ب) نحوه تعیین نیروهای وارده بر انکر اتصال ۱۱۲
شکل پ-۳-۲. نمونهای از انکرهای درجا ۱۱۴
شکل پ-۳-۳. انکرهای چسبی و روند اجرای آنها. ۱۱۶
شکل پ-۳-۴. انکرهای مکانیکی ۱۱۸
شکل پ-۳-۵. محلهای مجاز و غیرمجاز انکرهای مکانیکی ۱۱۸

پیش نویس غیر قابل استناد

شـکل پ-۳-۶. ظرفیت کشـشـی و برشـی برخی از میخهای بتن بر اساس تستهای انجام شده توسط شرکت سازنده ۱۱۹
شکل پ-۳-۷. نحوه تخمین برش و کشش ایجاد شده در انکرهای مختلف با یا بدون ورق سر ۱۲۰
شکل پ-۳-۸- جزئیات نعل درگاه ۱۲۲
شکل پ-۴-۱. دیوارهای درنظر گرفته شده در پیوست حاضر (ابعاد دیوار برحسب متر می باشند). ۱۲۶
شکل پ-۴-۲. جزئیات نهایی دیوار شماره ۱ ۱۳۳
شکل پ-۴-۳. شبیه سازی دیوار شماره ۱ در حالتی که فاقد میلگرد بستر باشد ۱۳۴
شـکل پ-۴-۴. شبیه سازی دیوار شماره ۱ در حالتی که دیوار مسلح به میلگرد بستر باشد (مطابق طراحی انجام شده در این پیوست) ۱۳۴
شـکل پ-۴-۵. (الف) مقایسـه رفتار دیوار شـماره ۱ با و بدون میلگرد بسـتر. (ب) تنشهای ایجاد شده در میلگردهای بستر دیوار شماره ۱ ۱۳۵
شکل پ-۴-۶. ساخت پانل معادل دیوار شماره ۲ ۱۳۶
شکل پ-۴-۷. جزئیات نهایی دیوار شماره ۲- فریم پنجره با روشهای متداول به دیوار متصل میشود. ۱۳۸
شـکل پ-۴-۸. مدل سازی و فروریزش دیوار شماره ۲ در حالت بدون میلگرد بستر(به منظور نمایش بهتر ترک ها، در تغییرشکل دیوار بزرگنمایی شده است لذا در برخی لبه ها اتصالات در شکل مشخص نیستند) ۱۳۹
شکل پ-۴-۹. مدل سازی و فروریزش دیوار شماره ۲ در حالت با میلگرد بستر- هیچ گونه اتصالی مابین میلگرد بستر و ناودانیهای اتصـال وجود ندارد (به منظور نمایش بهتر ترک ها، در تغییرشـکل دیوار بزرگنمایی شـده اسـت لذا در برخی لبه ها اتصالات در شکل مشخص نیستند) ۱۳۹
شکل پ-۴-۱۰. ساخت پانل معادل دیوار شماره ۳ ۱۴۰
شکل پ-۴-۱۱. جزئیات نهایی دیوار شماره ۳- فریم پنجره با روشهای متداول به دیوار متصل میشود. ۱۴۲
شـکل پ-۴-۱۲. نحوه فروریزش دیوار شـماره ۳ با و بدون میلگرد بستر(به منظور نمایش بهتر ترک ها در تغییرشکل دیوار بزرگنمایی شده است لذا در برخی لبه ها اتصالات در شکل مشخص نیستند) ۱۴۳
شکل پ-۴-۱۳. نحوه ساخت بازشوی معادل و پانل معادل برای دیوار شماره ۴. ۱۴۴
شکل پ-۴-۱۴. جزئیات نهایی دیوار شماره ۴- فریم پنجره با روشهای متداول به دیوار متصل میگردد ۱۴۵
شـکل پ-۴-۱۵. نحوه فروریزش دیوار شـماره ۴ با و بدون میلگرد بستر(به منظور نمایش بهتر ترک ها در تغییرشکل دیوار بزرگنمایی شده است لذا در برخی لبه ها اتصالات در شکل مشخص نیستند) ۱۴۶
شـکل پ-۴-۱۶. مقایسـه رفتار خارج از صـفحه دیوار شـماره ۴ با و بدون میلگرد بستر-منحنی ها smooth شده اند. ۱۴۷
شکل پ-۴-۱۷. تاثیر دریفت خارج از صفحه بر عملکرد دیوار-منحنی ها smooth شده اند ۱۴۸

پیش نویس غیر قابل استناد

شکل پ-۴-۱۸. تاثیر جزئیات اتصال دو دیوار عمود بر هم در رفتار خارج از صفحه آنها ۱۴۹
شکل پ-۵-۱. پلان معماری ساختمان و محل قرارگیری دیوارهای غیرسازهای ۱۵۳
شکل پ-۵-۲. نامگذاری دیوارهای غیرسازهای ساختمان ۱۵۴
شکل پ-۵-۳. روند تشکیل پانل معادل برای دیوار WX1 ۱۵۷
شکل پ-۵-۴. روند تشکیل پانل معادل برای دیوار WX2 ۱۵۷
شکل پ-۵-۵. روند تشکیل پانل دیوار WX3 ۱۵۸
شکل پ-۵-۶. روند تشکیل پانل دیوارهای WX4 و WX5 ۱۵۸
شکل پ-۵-۷. روند تشکیل پانل معادل برای دیوار WX6 ۱۵۹
شکل پ-۵-۸. روند تشکیل پانل معادل برای دیوار WX7 ۱۵۹
شکل پ-۵-۹. روند تشکیل پانل دیوار WX8 ۱۶۰
شکل پ-۵-۱۰. روند تشکیل پانل دیوار WX9 ۱۶۰
شکل پ-۵-۱۱. روند تشکیل پانل دیوار WX10 و پانلهای معادل برای دیوارهای WX11 و WX12 ۱۶۱
شکل پ-۵-۱۲. روند اتصال لبه قائم دیوارهای با ضخامت 150 mm ۱۶۳
شکل پ-۵-۱۳. جزئیات اجرایی دیوار WX1 ۱۶۵
شکل پ-۷-۱- انواع واحدهای بنایی و چسباننده‌های آن‌ها ۱۷۸
شکل پ-۷-۲- انواع چینش واحدهای بنایی- دیوارهای محصور شده و محصور نشده ۱۷۸
شکل پ-۷-۳- خمش خارج از صفحه دیوارهای بنایی با دهانه‌های قائم و افقی ۱۷۹
شکل پ-۷-۴- سطح مقطع موثر در واحدهای بنایی گوناگون با ملات بستر گوناگون ۱۷۹
شکل پ-۷-۵- دیوارهای بنایی مسلح ۱۸۰

پیش نویس غیر قابل استناد

مقدمه

استفاده از مصالح بنایی در بسیاری از کشورها، از جمله ایران، کاربرد فراوانی در ساخت و ساز داشته و به طور گسترده در دیوارهای غیرسازه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. دلیل این امر ویژگی‌های مناسب این نوع مصالح می‌باشد که در طول صدها سال گذشته کارآمدی خود را به اثبات رسانده‌اند. از جمله ویژگی‌های مثبت مصالح بنایی می‌توان به دوام، ظاهر زیبا، خصوصیات صوتی- حرارتی مناسب و ... اشاره نمود. اگرچه در سال‌های اخیر تا حدی دیوارهای غیرسازه‌ای پیش‌ساخته و پانلی نیز در کشور مورد استفاده قرار گرفته‌اند، لیکن به دلایل مختلف همچنان استفاده از مصالح بنایی، متداول‌ترین روش برای ساخت دیوارهای غیرسازه‌ای هستند. با این وجود، مصالح بنایی از منظر لرزه‌ای دو ضعف مهم نیز دارند: وزن بالا و شکل‌پذیری پایین. اگرچه با تولید آجرهای مجوف و نیز بلوک‌های سبک مشکل وزن تا حدی برطرف شده است، لیکن مشکل عدم شکل‌پذیری همچنان به قوت خود باقی مانده است و بدون استفاده از تسلیحات، مصالح بنایی موجود همچنان ترد می‌باشند.

عامل موثر دیگر در رفتار لرزه‌ای نامناسب دیوارهای بنایی، اتصال نامناسب آن‌ها به سازه اصلی می‌باشد. روش‌های اجرایی فعلی در کشور عمدتا به نحوی هستند که در حین زلزله تغییر مکان‌های جانبی سیستم باربر جانبی به دیوارهای غیرسازه‌ای منتقل شده و با توجه به ظرفیت تغییر شکلی اندک، دیوار دچار آسیب شدید داخل صفحه شده و این آسیب، دیوار را مستعد فروریزش خارج از صفحه خواهد نمود. نمونه‌های فراوانی از چنین تخریب‌هایی در زلزله‌های گذشته مشاهده شده است. بر اساس تجربیات و مطالعات گذشته لازم است دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای نه تنها باید در امتداد خارج از صفحه دارای ظرفیت کافی برای تحمل نیروهای باد و زلزله باشند، بلکه لازم است با اتصالات مناسب دیوار در امتداد داخل صفحه از سازه اصلی جدا شود.

به عنوان اولین مرجع ملی در خصوص طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به روش مقاومتی، ضابطه ۷۲۹ چندین ماه قبل از وقوع زلزله سرپل‌ذهاب توسط سازمان برنامه و بودجه کشور منتشر گردید. پس از وقوع زلزله سرپل‌ذهاب، توجه مهندسین به رفتار دیوارهای غیرسازه‌ای بیش از پیش معطوف گردید به طوری که هم اکنون کلیه مهندسین در مورد لزوم طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای اتفاق نظر دارند. پس از گذشت حدود ۳ سال از انتشار اولین نگارش ضابطه ۷۲۹، اینک دومین نگارش این ضابطه بر اساس نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی جدید و نیز آخرین تغییرات رخ داده در مراجع بین المللی، تدوین شده است. در مقایسه با نگارش قبل، نگارش جدید ضابطه ۷۲۹ دارای دقت و شفافیت بیشتری می‌باشد. دقت نگارش دوم ضابطه ۷۲۹ در تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارها با استفاده از ۷۲ نمونه آزمایشگاهی با مقیاس کامل به اثبات رسیده است که نتایج مشروح آن در انتهای ضابطه پیوست شده است. همچنین به منظور شفافیت بیشتر، روند طراحی بر اساس این ضابطه در قالب مثال‌های متعددی در انتهای ضابطه در قالب پیوست‌هایی ارائه شده است.

به همراه این ضابطه، یک اپلیکیشن طراحی تحت اکسل نیز پیوست شده است که به کمک آن طراح قادر خواهد شد بر اساس این ضابطه اقدام به طراحی سیستماتیک دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای کند.

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۱

مروری بر رفتار لرزه‌ای دیوارهای بنایی

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

۱-۱- المان‌های بنایی

۱-۱-۱- عناصر تشکیل دهنده

به طور کلی المان‌های بنایی می‌توانند به صورت دیوار، ستون و یا تیر در سازه مورد استفاده قرار گیرند. در کلیه موارد المان‌های بنایی از دو بخش واحد بنایی و ملات تشکیل می‌شوند. واحد بنایی می‌تواند به صورت آجر یا بلوک و از جنس خشت (رس خشک شده در دمای پایین)، سفال (رس پخته شده در دمای بالا)، بتن و یا شیشه باشد. ملات نیز می‌تواند از اجزای گوناگونی ساخته شده باشد که در این میان استفاده از سیمان، آهک و ماسه در ساخت ملات متدوال می‌باشد. بسته به مقاومت مورد نیاز، المان بنایی می‌تواند شامل دوغاب و یا آرماتور نیز باشد. دوغاب بتنی ریزدانه و روان است که داخل حفره‌های واحدهای بنایی را پرکرده و انسجام واحدهای بنایی را بهبود می‌بخشد. آرماتور نیز می‌تواند به صورت افقی یا قائم و محصور در دوغاب یا ملات مابین واحدهای بنایی قرار داده شود.

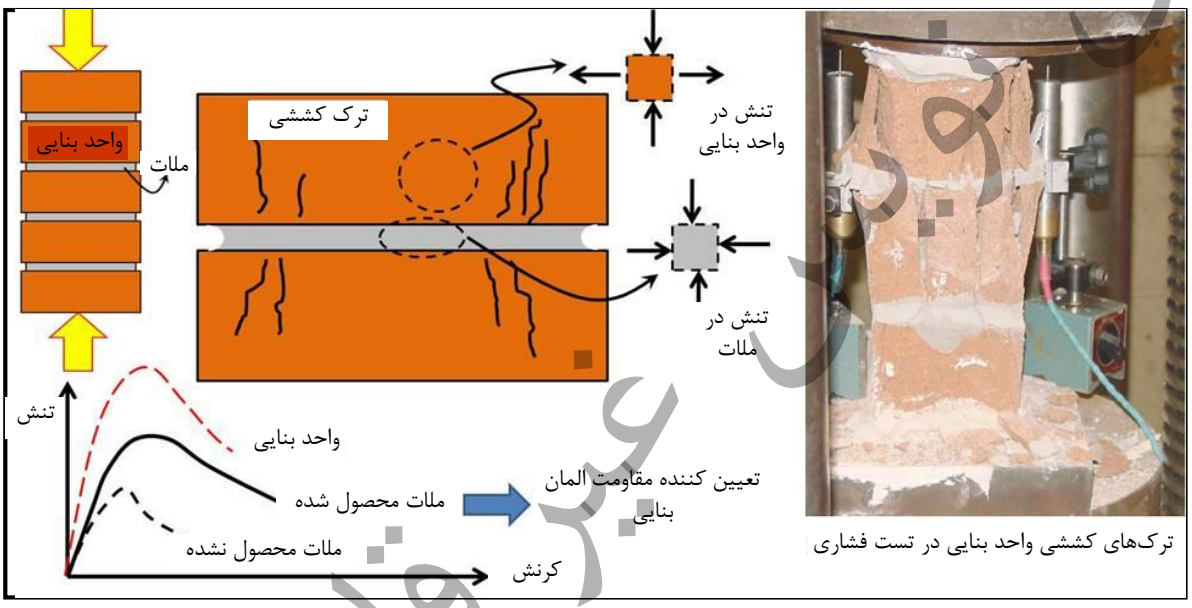
۱-۱-۲- مشخصات مکانیکی

قبل از هر چیز باید توجه داشت که یک المان بنایی (به ویژه یک دیوار بنایی) المانی ایزوتروپیک نبوده و مشخصات آن در جهات مختلف متفاوت می‌باشد. این موضوع به ویژه در طراحی خمشی دیوارهای بنایی بسیار مهم بوده و مقاومت خمشی خارج از صفحه دیوار در جهات افقی و قائم می‌تواند بسیار متفاوت باشند. البته آیین‌نامه‌های فعلی به منظور سادگی طراحی، ماهیت غیر ایزوتروپیک المان بنایی را تنها در مدول گسیختگی و مقاومت برشی آن درنظر گرفته و فرض می‌شود سایر مشخصات از جمله مقاومت فشاری و مدول الاستیک در تمام جهات یکسان باشند.

- **مقاومت فشاری:** مقاومت فشاری المان بنایی به مقاومت فشاری واحد بنایی، مقاومت فشاری ملات و نیز ضخامت ملات بستگی دارد. به بیان دیگر، مقاومت فشاری المان بنایی عددیست مابین مقاومت فشاری ملات و مقاومت فشاری واحد بنایی به گونه‌ای که بسته به نوع ملات مصرفی، مقاومت فشاری المان بنایی بین ۲۵٪ تا ۵۰٪ مقاومت فشاری واحد بنایی می‌باشد. البته در مورد واحدهای بنایی ساخته شده از بتن‌های AAC، مقاومت فشاری المان بنایی تقریبا برابر با مقاومت فشاری واحد بنایی (بلوک AAC) خواهد بود. شکل (۱-۱) به طور شماتیک یک المان بنایی تحت فشار را نشان می‌دهد. به جز در بلوک‌های AAC، مقاومت فشاری واحد بنایی بیش‌تر از مقاومت فشاری ملات بوده، لذا مقاومت فشاری کل المان بنایی توسط مقاومت فشاری ملات کنترل می‌شود. اما همان‌طور که از وضعیت تنش‌ها در واحد بنایی و ملات مشخص است، به دلیل چسبندگی موجود مابین ملات و واحد بنایی، ملات در جهت جانبی تحت محصورشدگی قرار داشته و مقاومت آن در مقایسه با حالت بدون محصورشدگی بیش‌تر خواهد بود. حداکثر میزان محصورشدگی توسط مقاومت کششی واحد بنایی کنترل می‌گردد که خود وابسته به مقاومت فشاری واحد بنایی است. در نتیجه هم مقاومت واحد بنایی و هم مقاومت و ضخامت لایه ملات در مقاومت فشاری المان بنایی موثر خواهد بود. با افزایش ضخامت ملات، اثر محصور شدگی ملات تقلیل یافته لذا مقاومت

پیش نویس غیر قابل استناد

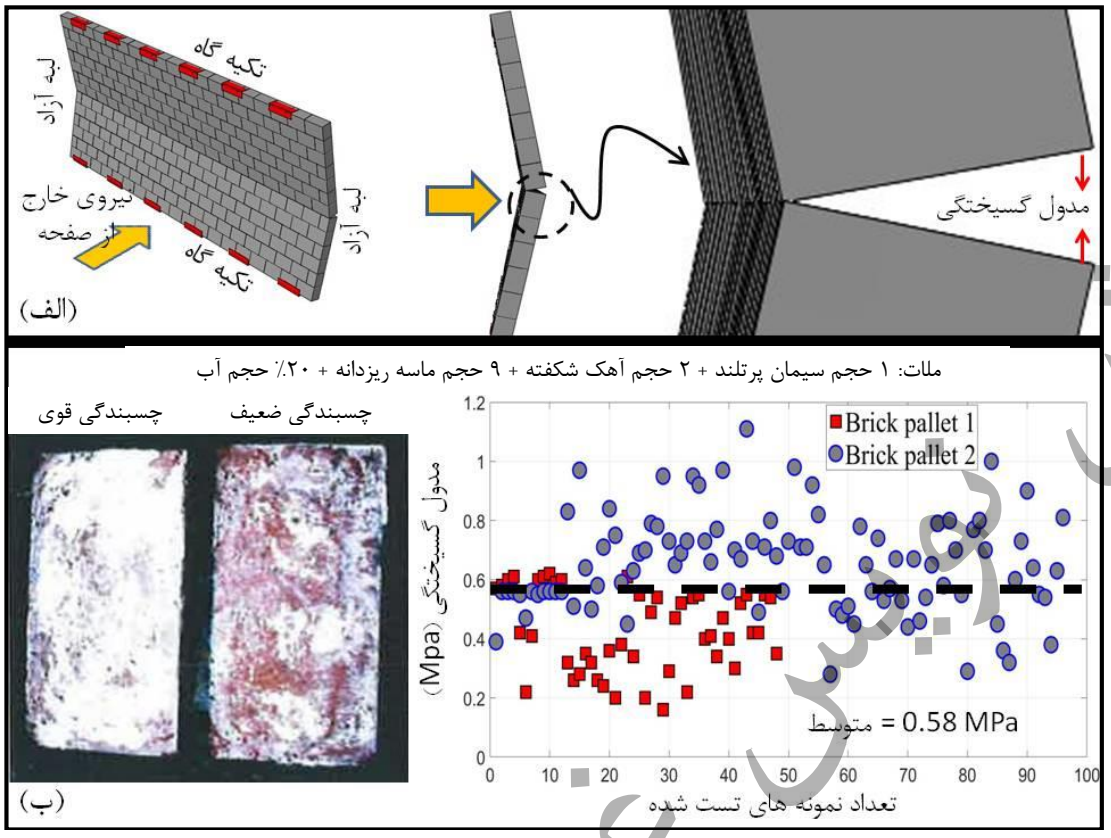
فشاری المان بنایی نیز کاهش خواهد یافت. مقاومت فشاری المان‌های بنایی (بر مبنای سطح مقطع موثر) بسته به نوع ملات و واحد بنایی به کار رفته بین ۲ تا ۳۰ مگاپاسگال می‌باشد. در مورد المان‌های بنایی ساخته شده از واحدهای رسی و یا سیمانی، مقاومت فشاری معمولا در محدوده ۱۰ تا ۲۰ مگاپاسگال است. لازم به توضیح است که برای المان‌های بنایی دو نوع مقاومت فشاری می‌توان تعریف نمود. مقاومت فشاری بر اساس سطح مقطع کل و مقاومت فشاری بر اساس سطح مقطع موثر. در این دستورالعمل منظور از مقاومت فشاری، مقاومت فشاری بر مبنای سطح مقطع موثر می‌باشد که از تقسیم نیروی فشاری حداکثر بر سطح مقطع موثر به دست می‌آید.



شکل ۱-۱- تاثیر مقاومت واحد بنایی و ملات در مقاومت فشاری المان بنایی

- **مقاومت خمشی:** مقاومت خمشی یک المان بنایی غیرمسلح توسط مدول گسیختگی المان بنایی کنترل می‌شود که این پارامتر نیز خود مستقیما به مقاومت چسبندگی ملات به واحد بنایی وابسته است. مدول گسیختگی در واقع همان مقاومت چسبندگی مابین واحد بنایی (آجر یا بلوک) و ملات می‌باشد. به عنوان مثال مقاومت یک دیوار بنایی فاقد بار محوری تحت خمش قائم مطابق شکل (۱-۲-الف) به مدول گسیختگی بستگی داشته و در این شرایط به نوعی تنش مجاز دیوار بنایی برابر مدول گسیختگی آن خواهد بود. لازم به ذکر است در صورتی که دیوار دارای بار محوری فشاری باشد، علاوه بر مدول گسیختگی، مقاومت خمشی دیوار از طریق بار محوری نیز تامین می‌شود. لیکن با توجه به جزئیات دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای (ایجاد فاصله‌ای کوچک مابین لبه فوقانی دیوار و سقف)، در روند طراحی فرض بر این است که دیوار فاقد بار محوری می‌باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۱-۲- (الف) نقش مدول گسیختگی دیوار بنایی در تامین مقاومت خارج از صفحه تحت خمش یک طرفه قائم. (ب) نمونه‌ای از نتایج بدست آمده برای مدول گسیختگی بر اساس تست‌های انجام شده توسط Willis (2004).

مدول گسیختگی به عواملی از جمله نوع ملات، میزان جذب آب واحدهای بنایی، مهارت بنا، شرایط محیطی و ... بستگی دارد. حتی در کنترل شده ترین شرایط نیز، مقاومت چسبندگی را نمی‌توان با دقت بالا تخمین زد. شکل (۱-۲-ب) نتایج آزمایشگاهی مدول گسیختگی بدست آمده از ۱۴۴ نمونه را نشان می دهد. در کلیه نمونه ها تقریبا از یک نوع ملات با طرح اختلاط یکسان استفاده شده است، لیکن آجرها از دو منبع مختلف تهیه شده اند. مطابق شکل (۱-۲-ب) در برخی از تست ها گسیختگی در خود ملات رخ داده و نه در فصل مشترک بین ملات و آجر لذا پس از تست بر روی آجر همچنان ملات چسبیده است که نشان دهنده چسبندگی قوی مابین ملات و آجر می‌باشد. در مقابل در برخی دیگر از تست ها گسیختگی در فصل مشترک بین ملات و آجر رخ داده و پس از تست تقریبا آجر فاقد ملات می‌باشد و سطح تمیزی دارد که این امر نشان از ضعیف بودن چسبندگی مابین ملات و آجر است. بر اساس نتایج مشخص است که عدم قطعیت در تخمین مدول گسیختگی بسیار بالا بوده لذا در روند تخمین مدول گسیختگی لازم است محافظه کارانه عمل شود. لازم به ذکر است آیین نامه‌های مختلف بین المللی مقادیر بسیار متفاوتی از مدول گسیختگی را توصیه نموده اند که این خود حاکی از عدم قطعیت در تخمین این پارامتر است. لیکن یکی از کامل ترین مراجع در خصوص تعیین مدول گسیختگی مصالح بنایی، آیین نامه ACI 530-13 است که مقادیر ارائه شده در این ضابطه نیز منطبق بر آن می‌باشد.

شایان ذکر است که مقاومت چسبندگی معمولا از مقاومت کششی ملات و واحد بنایی کوچک‌تر بوده و وابستگی شدیدی به نحوی ساخت دیوار دارد. به عنوان مثال ملاتی که بتواند آب خود را حفظ کند و نیز

واحدهای بنایی‌ای که جذب آب کم‌تری داشته باشند، منجر به ایجاد چسبندگی بهتری می‌شوند. برای این منظور استفاده از آهک در ملات توصیه می‌شود چراکه آهک موجب می‌شود ملات حالت خمیری پیدا کرده و آب خود را به سادگی از دست ندهد. همچنین در مورد واحدهای بنایی رسی (خشتی یا سفالی) لازم است قبل از اجرای دیوار واحد بنایی زنجاب شود (به مدت حداقل ۳۰ دقیقه داخل آب قرار گیرد) تا بدین ترتیب از میزان مکش آب توسط واحد بنایی آن کاسته شود. واحدهای بنایی سیمانی نباید زنجاب شوند چراکه در این صورت منبسط شده و پس از قرار گرفتن در دیوار و خشک شدن دچار جمع شدگی می‌شوند و می‌توانند منجر به بروز ترک در دیوار گردند. بر اساس تحقیقات انجام شده بسته به نوع ملات، نوع واحد بنایی، وجود یا عدم وجود دوغاب، جهت خمش و نیز چینش واحدهای بنایی، مدول گسیختگی المان‌های بنایی می‌تواند بین ۰/۱ تا ۲ مگاپاسگال متغیر باشد.

- **مقاومت برشی:** مقاومت برشی المان‌های بنایی به طور کلی از دو قسمت تشکیل می‌گردد. قسمت اول ناشی از چسبندگی ملات به واحد بنایی و قسمت دوم ناشی از اصطکاک مابین واحد بنایی و ملات می‌باشد. البته در صورتی که نیروی محوری فشاری مابین واحد بنایی و ملات بالا باشد، ممکن است شکست برشی در خود واحد بنایی رخ دهد که در این صورت برش به مجذور مقاومت فشاری المان بنایی وابسته خواهد بود. در صورت عدم وجود نیروی محوری، مقاومت برشی المان‌های بنایی معمولا بین ۰/۲ تا ۰/۶ مگاپاسگال می‌باشد.
- **مدول الاستیک:** معمولا مدول الاستیک المان‌های بنایی بر اساس مقاومت فشاری آن‌ها بیان می‌شود. بدین ترتیب که با ضرب عددی در مقاومت فشاری المان بنایی، مدول الاستیک آن تخمین زده می‌شود. این ضریب به نوع واحد بنایی بستگی داشته و آیین‌نامه‌های مختلف ضرایب گوناگونی را پیشنهاد داده اند. به طور معمول برای المان‌های ساخته شده از واحدهای رسی، این ضریب برابر ۷۰۰ و برای واحدهای سیمانی این ضریب برابر ۹۰۰ درنظر گرفته می‌شود. در نتیجه به عنوان مثال برای یک المان ساخته شده از بلوک‌های رسی (سفالی)، مدول الاستیک عددی بین ۴ تا ۲۱ گیگاپاسگال می‌باشد. به بیان دیگر میانگین مدول الاستیک المان‌های بنایی تقریبا نصف مدول الاستیک المان‌های بتن مسلح و تقریبا ۱۵ برابر کم‌تر از المان‌های فولادی است. اعداد فوق صرفا برای آشنایی کلی بوده و همان‌طور که گفته شد، مقدار دقیق مدول الاستیک به نوع واحد بنایی و نیز مقاومت المان بنایی (نه مقاومت واحد بنایی) بستگی دارد. لازم به ذکر است مدول الاستیک فوق مربوط به مقطع ترک نخورده می‌باشد.در خصوص مقاطع ترک خورده اعداد فوق را می‌توان در ۰/۳ ضرب نمود.
- **مدول برشی:** به طور سنتی برای کلیه المان‌های بنایی مدول برشی برابر ۴۰٪ مدول الاستیک درنظر گرفته می‌شود. البته این فرض برای المان‌های بتنی و تقریبا برای المان‌های فولادی نیز صادق است.

با توجه به اینکه دیوارهای بنایی پرکاربردترین نوع از المان‌های بنایی می‌باشند، لذا تمرکز اصلی متن حاضر بر روی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای خواهد بود.

پیش نویس بدون امضا

۱-۲- دیوارهای بنایی غیرمسلح

رفتار دیوارهای بنایی غیرمسلح در دو امتداد داخل صفحه و خارج از صفحه قابل بررسی است. اگرچه در اغلب موارد در حین زلزله دیوارهای بنایی در هر دو جهت داخل و خارج از صفحه عمل می‌کنند، لیکن تقسیم‌بندی عملکرد آن‌ها در دو امتداد مجزا منجر به درک بهتری از رفتار آن‌ها خواهد شد.

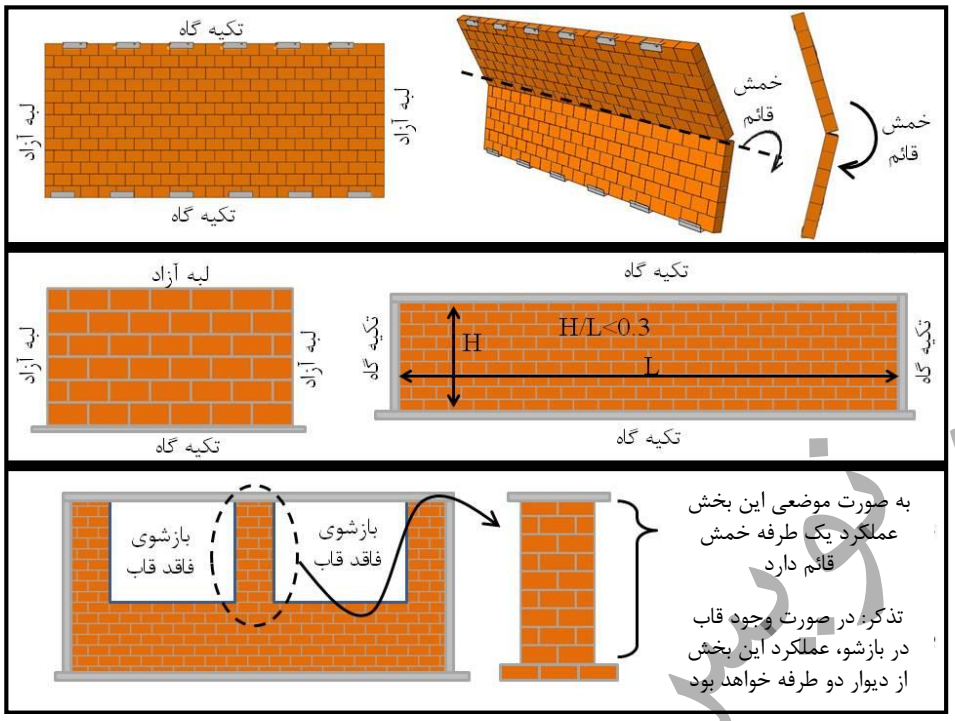
۱-۲-۱- رفتار خارج از صفحه

بسیاری از دیوارهای بنایی غیرمسلح در زلزله‌ها و آزمایشات لرزه‌ای گذشته دچار فروریزش خارج از صفحه شده‌اند.

دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای بسته به شرایط تکیه گاهی خود می‌توانند دارای رفتار خارج از صفحه یک طرفه یا دو طرفه باشند. رفتار یک طرفه نیز خود به دو دسته دهانه قائم و دهانه افقی تقسیم می‌شود. در ادامه هر یک از حالات مذکور تشریح می‌گردند.

- رفتار خارج از صفحه یک طرفه-خمش قائم: منظور از خمش قائم، خمشی است که منجر به ایجاد کشش در بند بستر دیوار می‌شود. این خمش حول محور افقی دیوار رخ داده و منجر به ترک‌های افقی در دیوار (در ملات بستر) می‌شود. این حالت در دیوارهایی رخ می دهد که تنها در دو لبه فوقانی و تحتانی خود دارای قید خارج از صفحه (تکیه گاه) می‌باشند. همچنین در صورتی که لبه فوقانی دیوار آزاد بوده و تنها لبه تحتانی دیوار دارای تکیه گاه باشد، در این حالت نیز خمش قائم یک طرفه در دیوار رخ می دهد. به علاوه در صورتی که نسبت ارتفاع دیوار به طول آن از ۰/۳ کوچکتر باشد، در روند طراحی می‌توان رفتار دیوار را صرفنظر از شرایط تکیه گاهی به صورت یکطرفه تحت خمش قائم درنظر گرفت. شکل (۱-۳) نمونه‌هایی از دیوارهای با رفتار خارج از صفحه یک طرفه تحت خمش قائم را نشان می دهد. مقاومت دیوار در این حالت به چسبندگی مابین ملات و واحدهای بنایی (مدول گسیختگی دیوار) بستگی دارد.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۱-۳- نمونه هایی از دیوارهای بنایی با عملکرد یک طرفه خمش قائم

- رفتار خارج از صفحه یک طرفه- خمش افقی: خمشی افقی خمشی است که حول محور قائم اعمال می‌شود و میل به ایجاد ترکهایی قائم (عمود بر بند بستر) در دیوار دارد. در این حالت دیوار تنها در دو لبه قائم خود دارای تکیه گاه بوده و لبه فوقانی و تحتانی آن در امتداد خارج از صفحه آزاد هستند. همچنین در صورتی که دیوار در سه یا چهار لبه دارای تکیه گاه بوده اما نسبت ارتفاع به طول دیوار بیش از ۲ باشد، عملکرد دیوار را می‌توان به صورت یک طرفه با خمش افقی درنظر گرفت. نمونه‌هایی از رفتارهای خارج از صفحه یک طرفه با خمشی افقی در شکل (۱-۴) نشان داده شده است. بر خلاف خمش قائم، در خمش افقی چیزی که در برابر خمش مقاومت می کند، مقاومت برشی ناشی از پیچش در ملات بند بستر (بند افقی) و نیز چسبندگی ملات بند قائم (در صورت وجود) به واحدهای بنایی می‌باشد. نتایج آزمایشات (Willis, 2004) نشان داده است که در مقایسه با مقاومت تامین شده توسط عملکرد برشی ملات در بند بستر، مقاومت ناشی از مدول گسیختگی ملات بند قائم مقدار کمتری بوده و اساسا این دو مقاومت هم زمان در دیوار بسیج نمی‌شوند. لذا وجود و یا عدم وجود ملات در بند قائم از نظر سازه‌ای تاثیر اندکی در مقاومت خارج از صفحه دیوار خواهد داشت. بدیهی است در صورت حضور میلگرد بستر در دیوار، عملکرد اصلی میلگرد بستر پس از عملکرد برشی ملات بند بستر رخ می دهد. ترتیب بسیج شدن مقاومت دیوار تحت خمش افقی به صورت زیر می‌باشد (شکل ۱-۵):

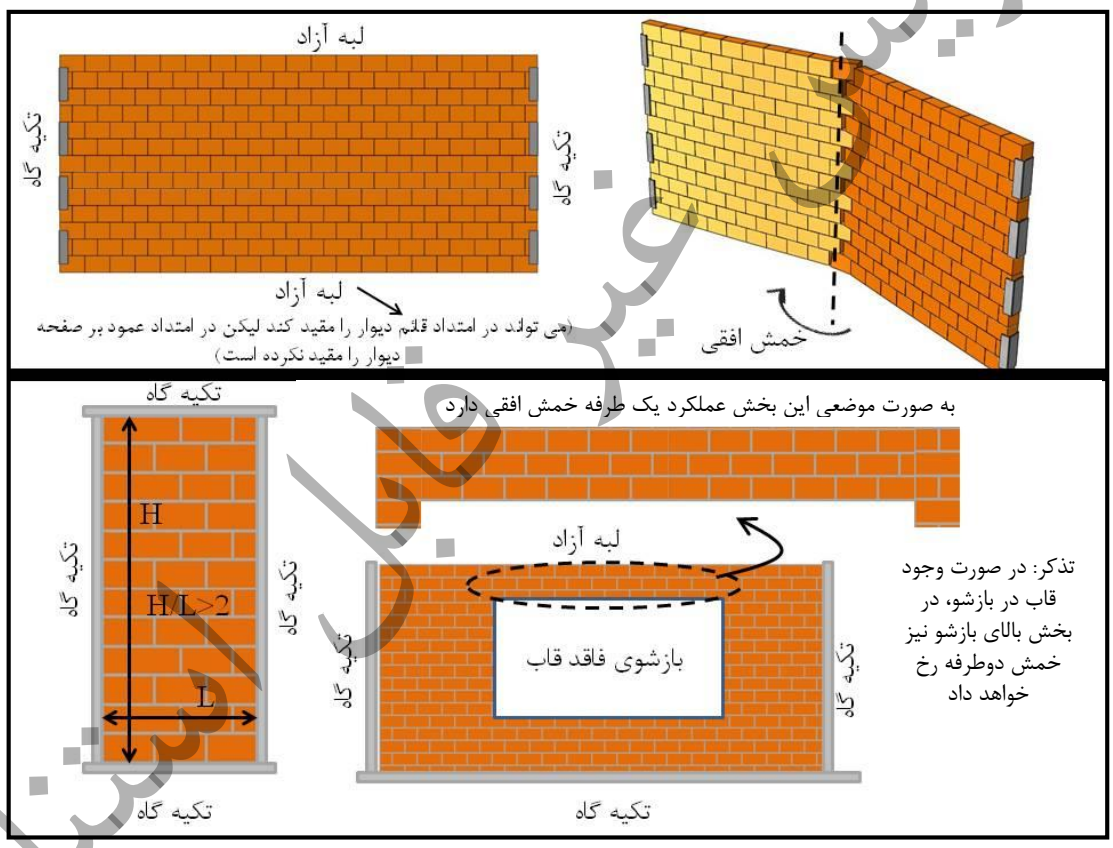
مرحله اول: رسیدن ملات موجود در بند قائم (در صورت وجود) به مدول گسیختگی خود و بروز ترک در آن

مرحله دوم: رسیدن ملات موجود در بند بستر به ظرفیت برشی ناشی از پیچش و بروز ترک در آن

پیش نویس غیر قابل استناد

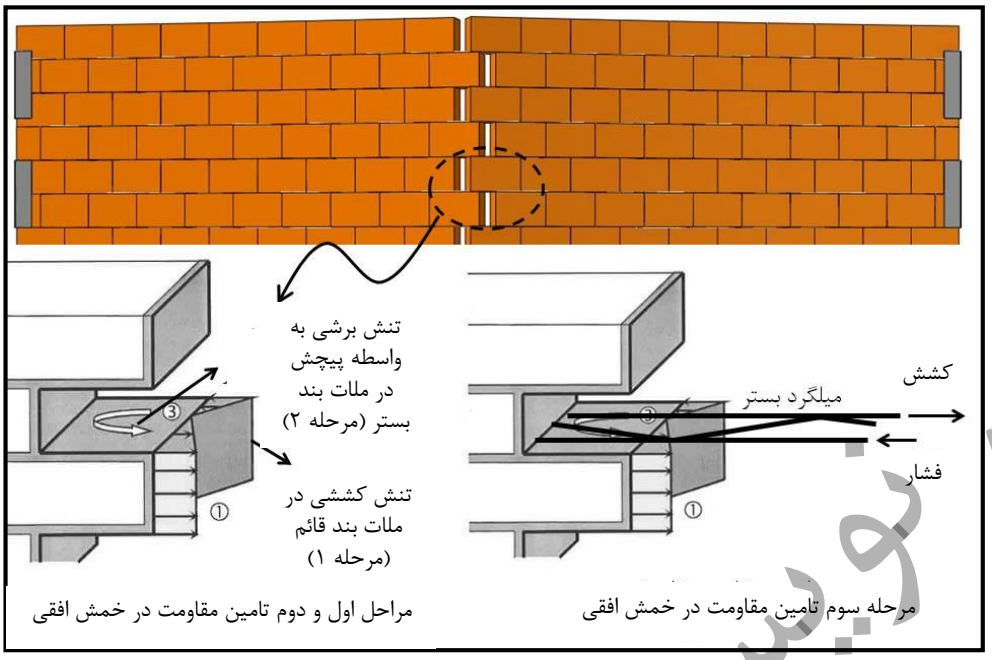
مرحله سوم: تسلیم مفتول کششی میلگرد بستر (در صورت وجود) و ایجاد فشار در وجه دیگر دیوار تا بروز گسیختگی در مفتول کششی میلگرد بستر یا جداشدگی میلگرد بستر از ملات بند بستر

لازم است تاکید شود سه مرحله فوق به صورت همزمان رخ نداده و مقاومت‌های ناشی از سه مکانیز فوق نباید مستقیما با یکدیگر جمع شوند. در دیوارهای غیرمسلح، مقاومت تحت خمش افقی برابر مقاومت تامین شده در مراحل اول و دوم می‌باشد و در دیوارهای مسلح به میلگرد بستر، مقاومت دیوار تحت خمش افقی برابر مقاومت مرحله سوم است. بنابراین در دیوارهای مسلح به میلگرد بستر، وجود ملات در بندهای قائم از نظر سازه‌ای ضرورتی ندارد. لیکن وجود ملات در بندهای قائم از سایر جنبه ها اثرات مفید دارد (عایق صوت، حرارت، عدم نفوذ رطوبت و ..). لذا وجود ملات در بندهای قائم امری قابل توصیه می‌باشد. اگرچه روند بلوک چینی در کشور به نحوی است که معمولا در بندهای قائم ملات قرار نمی‌گیرد. این روش ساخت اگرچه از نظر ضابطه ۷۲۹ قابل توصیه نیست، لیکن مردود نیز نمی‌باشد.



شکل ۱-۴- نمونه هایی از دیوارهای بنایی با عملکرد یک طرفه خمش افقی

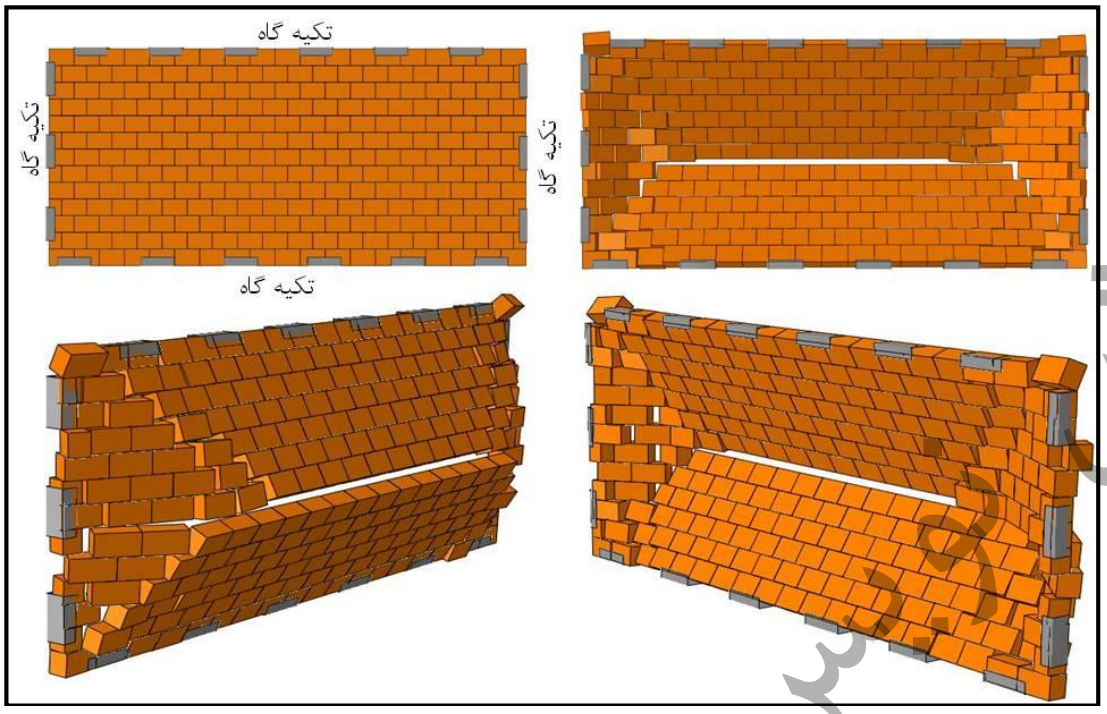
پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۱-۵- مراحل بسیج مقاومت در خمش افقی دیوار بنایی

- رفتار خارج از صفحه دوطرفه: این حالت زمانی رخ می دهد که حداقل دو لبه مجاور یکدیگر در دیوار مقید شده باشند. به عنوان مثال دیوارهایی که سه لبه و یا هر چهار لبه آن دارای تکیه‌گاه است، تحت بارهای خارج از صفحه دارای رفتاری دوطرفه خواهند بود. در اکثر موارد رفتار دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به صورت دوطرفه می‌باشد. شکل (۱-۶) نمونه‌ای از یک دیوار بنایی با عملکرد دو طرفه به همراه الگوی ترکها و نحوه فروریزش آن را نشان می دهد. با توجه به اینکه دیوار در خمش افقی و قائم دو مقاومت متفاوت دارد، لذا رفتار آن غیر ایزوتروپیک بوده و شبیه سازی رفتار چنین دیواری مستلزم استفاده از روش‌هایی است که قادر به درنظرگرفتن رفتار دوطرفه و غیرایزوتروپیک دیوار باشند. در ضابطه ۷۲۹ روند تحلیل عملکرد دوطرفه دیوار بر اساس خطوط تسلیم می‌باشد که در بخش‌های بعد بدان اشاره خواهد شد. همچنین میزان دقت این روش در تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای با استفاده از ۷۲ نمونه آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج آن در پیوست شماره ۲ ارائه شده است.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۱-۶- نمونه عملکرد دوطرفه دیوار و الگوی ترکها و نحوه فروریزش آن

مقاومت خمشی خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح به عوامل زیادی وابسته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره داشت.

- **میزان بار محوری موجود در دیوار**- به طور معمول با افزایش بار محوری دیوارهای غیرمسلح، ظرفیت خمشی خارج از صفحه دیوار افزایش خواهد یافت. به همین منظور است که در برخی موارد از دیوارهای بنایی پیش تنیده استفاده می‌شود. واضح است که افزایش بیش از حد بار محوری نیز می‌تواند مود خرابی دیوار را از کشش خمشی به فشار خمشی تغییر داده که در این صورت با افزایش بار محوری، ظرفیت خمشی خارج از صفحه دیوار کاهش می‌یابد. بحث فوق در مورد خمش دورن صفحه دیوار نیز صادق است. بار محوری وارده بر دیوارهای غیرسازه‌ای عمدتا ناشی از وزن خود دیوار بوده که در جهت اطمینان قابل صرفنظر هستند.
- **نوع ملات**- نوع و طرح اختلاط ملات مصرفی تاثیر زیادی در میزان چسبندگی ملات به واحد بنایی دارد. به طوری که در ضابطه ۷۲۹ مدول گسیختگی و متعاقبا ظرفیت خمشی دیوارهای بنایی غیر مسلح مستقیما به نوع ملات ارتباط دارند.
- **چیدمان واحدهای بنایی**- بهترین ظرفیت خمشی هنگامی به دست می‌آید که دیوار به صورت پیوند ممتد (Running bond) اجرا شده باشد. اگرچه مقاومت خمشی قائم (ترک‌ها موازی بند بستر) در پیوند ممتد و

پیش نویس غیر قابل استناد

غیرممتد تفاوت چندانی ندارند، لیکن در مقاومت خمش افقی (ترک‌ها عمود بر بند بستر) استفاده از پیوند ممتد موجب افزایش چشمگیر مقاومت خمشی خواهد شد.

- **وجود ملات قائم (کله)**- ملات قائم (Head joint) به ملات موجود مابین دو واحد بنایی مجاور یکدیگر در یک ردیف اطلاق می‌شود. تحقیقات انجام شده توسط Willis (2004) و Maheri et al. (2011) نشان داده است که وجود ملات قائم می‌تواند منجر به افزایش مقاومت و سختی خارج از صفحه دیوار گردد. نتایج مشابهی نیز توسط Nateghi and Alemi (2008) مبنی بر اثر ملات قائم مشاهده شده است.
- **نگهداری (کیورینگ) دیوار**- رفتار ملات بستر و نیز ملات قائم به نحوه نگهداری (Curing) آن‌ها بستگی شدیدی دارد. بر اساس نتایج گزارش شده توسط Maheri et al. (2011) در صورت عدم نگهداری صحیح دیوار، ظرفیت خمشی خارج از صفحه آن می‌تواند تا ۴۰٪ کاهش یابد.
- **شرایط مرزی دیوار**- بسته به شرایط مرزی دیوار، خمش خارج از صفحه می‌تواند منجر به ایجاد تنش‌های کششی قائم (عمود بر ملات بستر) و یا تنش‌های کششی افقی (موازی ملات بستر) شود. اگر دهانه دیوار به صورت قائم باشد، تنش‌های کششی عمود بر ملات بستر خواهند بود (ترک‌ها موازی بند بستر). مطالعات گذشته نشان داده‌اند که به طور کلی اگر تنش‌های کششی در امتداد موازی ملات بستر باشند، مقاومت خمشی دیوار بیش‌تر از حالتی است که تنش‌های کششی عمود بر ملات بستر هستند. این موضوع در بسیاری از آیین‌نامه نیز به صراحت بیان شده است. به علاوه در صورتی که شرایط تکیه‌گاهی دیوار به صورت گیردار باشد، میزان تنش‌های کششی وارده کاهش یافته و مقاومت خمشی خارج از صفحه دیوار افزایش پیدا می‌کند. اگرچه در خصوص دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای تامین تکیه‌گاه کاملا گیردار بسیار دشوار می‌باشد.
- **ابعاد واحد بنایی**- بر اساس تست‌های صورت گرفته مشاهده شده است که مقاومت خمشی خارج از صفحه دیوار حساسیت زیادی به هندسه واحدهای بنایی دارد. به طور کلی هر چه نسبت ارتفاع به کوچک‌ترین بعد واحد بنایی بیش‌تر باشد، مقاومت خمشی موازی ملات بستر افزایش و مقاومت خمشی عمود بر ملات بستر کاهش می‌یابد (Hamid, 1981).
- **پر کردن واحدهای بنایی با دوغاب**- پر کردن بلوک‌های بنایی توخالی با دوغاب می‌تواند مقاومت خمشی خارج از صفحه دیوار را تا سه برابر افزایش دهد (Drysdale and Hamid, 1984).

نمونه‌هایی از خرابی‌های خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح در شکل‌های (۱-۷) تا (۱-۱۰) نشان داده شده است. نمونه‌ای از تخریب خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح در زلزله‌های امیلیا و لووله در شکل (۱-۷) نشان داده شده است. الگوی ترک‌های رخ داده در این شکل نشان می‌دهد که دیوارها هم زمان تحت بارهای داخل صفحه و خارج از صفحه قرار داشته‌اند. بارهای داخل صفحه منجر به ایجاد ترک‌های قطری در دیوار شده و ترک‌های ایجاد شده منجر به کاهش مقاومت خارج از صفحه دیوار می‌گردند. این مکانیزم نهایتا منجر به فروریزش خارج از صفحه دیوار شده است.

پیش نویس غیر قابل استناد

Emilia Earthquake – Northern Italy,
May 20-2012

Lloolle Earthquake – Chile
March 3, 1985

شکل ۱-۷- تخریب خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح در زلزله‌های امیلیا و لووله

شکل (۱-۸) صدمات وارد شده بر دیوارهای بنایی (بلوک سفالی توخالی) غیرمسلح را در زلزله‌های منجیل ایران و بووج هند نشان می‌دهد.

Manjil Earthquake – Northern Iran,
June 21,1990

Bhuj Earthquake – India,
Jan 26,2001

شکل ۱-۸- تخریب خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح در زلزله‌های منجیل و بووج

پیش نویس غیر قابل استناد

Northridge Earthquake-USA,
June 17,1994

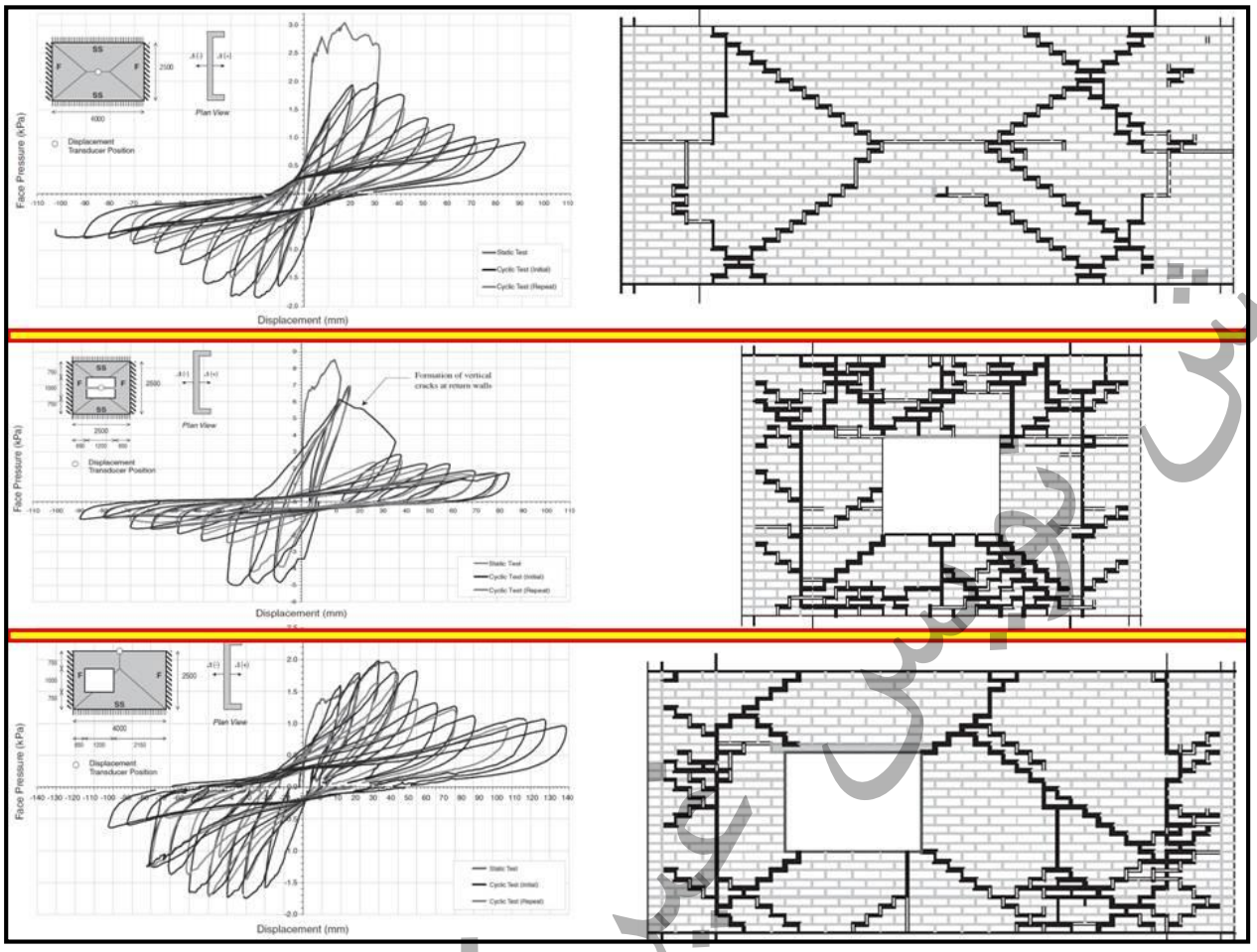
Duzce Earthquake - Turky,
Nov 12,1999

شکل ۱-۹- تخریب خارج از صفحه میانقاب‌های بنایی غیرمسلح در زلزله‌های نورتریج و دووزه

فروریزش خارج از صفحه میانقاب‌های بنایی رسی (سفالی) غیرمسلح در زلزله‌های نورتریج آمریکا و دووزه ترکیه در شکل (۱-۹) نشان داده شده است.

رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح تحت بار چرخه‌ای خارج از صفحه توسط Griffith et al. (2007) ارزیابی شده است. شکل (۱-۱۰) بخشی از نتایج به دست آمده را نشان می‌دهد. مشخص است که در تمام موارد رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح از شکل‌پذیری کمی برخوردار بوده و دارای زوال مقاومت و باریک شدگی (Pinching) شدیدی می‌باشند. بخش قابل توجهی از انرژی مستهلک شده در دیوار به واسطه اصطکاک مابین واحدهای بنایی و ملات می‌باشد. همچنین با توجه به الگوی ترک‌ها مشخص است که اغلب ترک‌ها با افق زاویه‌ای حدود ۴۵ درجه تشکیل می‌دهند.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۱-۱۰- رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح به همراه ترک‌های ایجاد شده (Griffith et al., 2007)

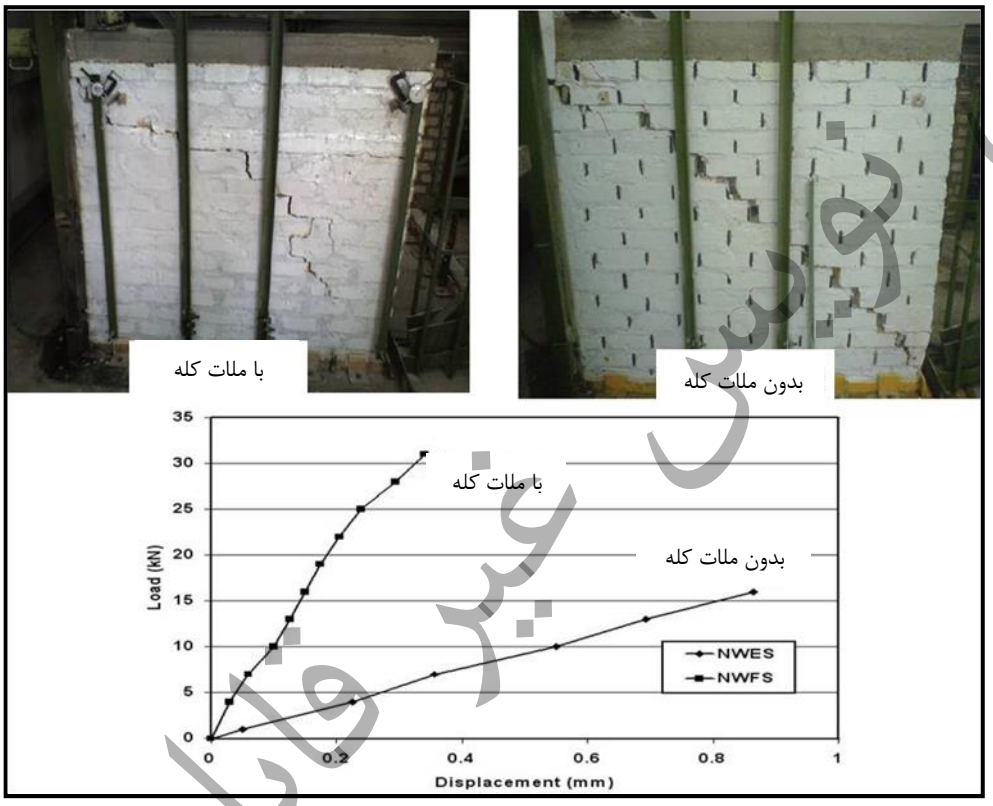
۱-۲-۲- رفتار داخل صفحه

اگرچه رفتار داخل صفحه اغلب در مورد دیوارهای برشی مطرح می‌باشد، اما مروری بر رفتار دیوارهای برشی بنایی در این بخش به رسیدن به درکی بهتر از رفتار دیوارهای بنایی کمک می‌کند. بسیاری از محققین، آیین‌نامه‌ها و مهندسین بر رفتار لرزه‌ای نامناسب دیوارهای بنایی غیرمسلح در امتداد داخل صفحه تاکید دارند. مروری بر رفتار این دیوارها در زلزله‌های گذشته و نیز در آزمایشات گوناگون موید این امر است که دیوارهای بنایی غیرمسلح دارای رفتاری غیرشکل‌پذیر و دارای زوال مقاومت و سختی بوده و به دلیل باز و بسته شدن مکرر ترک‌ها، رفتار چرخه‌ای آن‌ها دارای باریک شدگی (pinching) قابل توجهی می‌باشد. اگرچه ممکن است مود شکست دیوار از نوع مودهای نسبتا شکل‌پذیر همانند مود گهواره‌ای و یا لغزشی باشد، لیکن این مودها نیز منجر به صدمه دیدن دیوار شده و دیوار را مستعد فروریزش در امتداد خارج از صفحه می کنند.

عواملی که در رفتار داخل صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح موثرند عبارتند از:

پیش نویس غیر قابل استناد

- **ملات قائم (کله)**- همانند رفتار خارج از صفحه دیوار، رفتار داخل صفحه دیوار نیز تا حدی متاثر از وجود یا عدم وجود ملات قائم می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۱-۱۱) نشان داده شده است، بر اساس آزمایشات انجام شده توسط Maheri et al. (2011) وجود ملات قائم می‌تواند منجر به افزایش سختی و مقاومت داخل صفحه دیوارهای غیرمسلح شود. اگرچه ملات قائم می‌تواند ظرفیت تغییرشکل دیوار را کاهش دهد که این امر در مورد رفتار خارج از صفحه دیوار نیز صادق است.

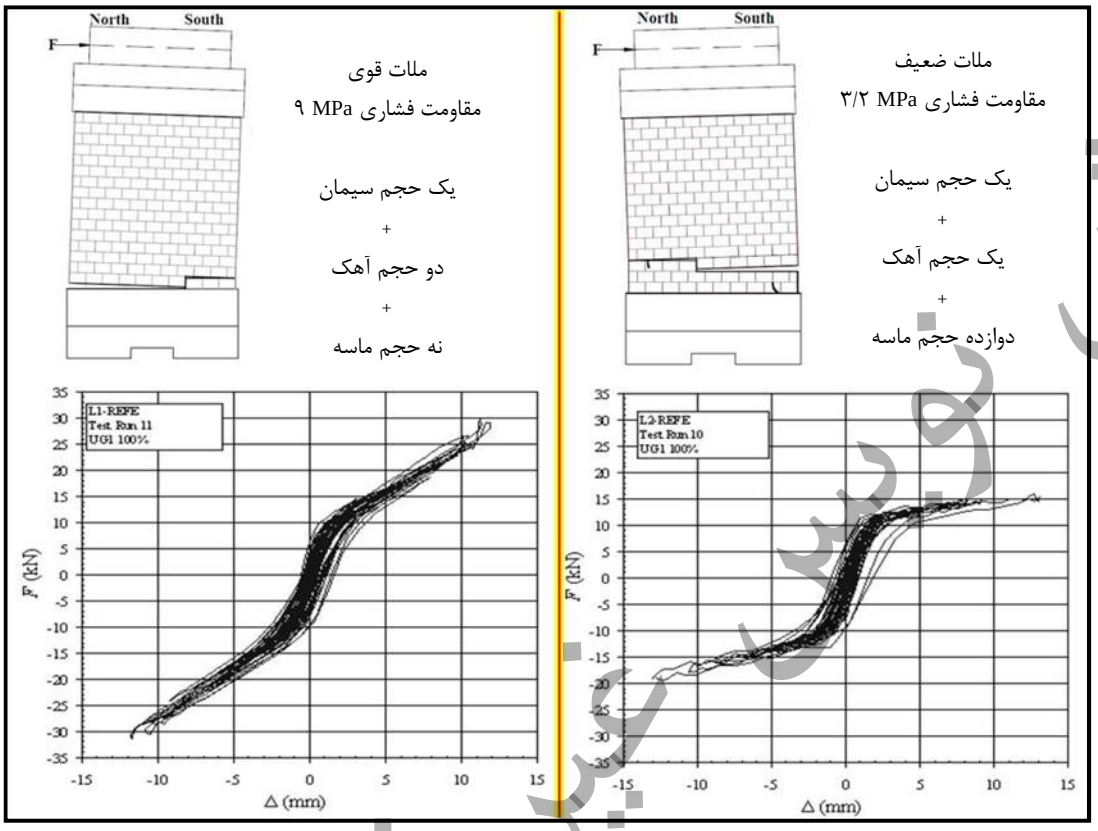


شکل ۱-۱۱- اثر ملات قائم در رفتار داخل صفحه دیوار (Maheri et al., 2011)

- **نوع ملات**- نوع و طرح اختلاط ملات مصرفی می‌تواند تاثیر به سزایی در مدول گسیختگی دیوارهای غیرمسلح و در نتیجه مقاومت داخل صفحه آن‌ها داشته باشد. این موضوع به صراحت در بسیاری از دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌ها ذکر شده است. شکل (۱-۱۲) بخشی از نتایج آزمایشات صورت گرفته توسط ElGawady et al. (2005) را نشان می‌دهد که در آن تاثیر نوع ملات در مقاومت، الگوی ترک خوردگی و نیز شکل‌پذیری دیوار به وضوح مشخص است.
- **المان‌های محصور کننده**- تجربیات و آزمایشات گذشته نشان داده‌اند که وجود المان‌های محصور کننده از جمله کلاف‌های افقی و قائم در بهبود رفتار داخل صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح تاثیر مثبتی داشته و منجر به افزایش نسبی شکل‌پذیری آن‌ها می‌شود. به عنوان نمونه بر اساس آزمایشات انجام شده توسط Gouveia and Lourenco (2007) وجود کلاف‌های افقی و قائم می‌تواند تا ۳۰٪ مقاومت جانبی و شکل‌پذیری دیوار بنایی غیرمسلح را افزایش

پیش نویس غیر قابل استناد

دهـد. اثر مثبت المان‌های محصـــور کننده در آیین‌نامه‌های ملی نیز مورد تاکید قرار گرفته اســـت (مبحث هشـــتم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۹۲)



شکل ۱-۱۲- تاثیر نوع ملات بر رفتار داخل صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح (ElGawady et al., 2005)

- **نســبت ارتفاع به طول دیوار**- هرچه نسـبت ارتفاع به طول دیوار بیش‌تر باشـد، رفتار داخل صفحه دیوار به رفتار کنترل شـونده توسط خمش نزدیک‌تر شده و در نتیجه شکل‌پذیری آن بهبود خواهد یافت. اصولا شکست برشـی از جمله مخرب ترین شـکسـت ها در دیوارهای بنایی بوده و باید از آن اجتناب شود. ارجعیت رفتارهای کنترل شـــونده توســـط خمش در دیوارهای بنایی در بســـیاری از آزمایشـــات گذشـــته به اثبات رســـیده است(Nateghi and Alemi, 2008 و Wijanto, 2007 و ASCE 41-17, 2017 و FEMA 356, 2000) به طوری که آیین‌نامه ASCE 41 و دسـتورالعمل FEMA356 معیارهای پذیرش عملکرد داخل صـفحه دیوارهای بنایی را وابسته به نسبت ارتفاع به طول دیوار می دانند.
- **میزان بار محوری**- همانند دیوارهای بتنی، در دیوارهای بنایی نیز با افزایش بار محوری شـکل‌پذیری کاهش می‌یـابد. دلیل این امر افزایش طول ناحیه فشـــاری با افزایش بار محوری اســـت. به عبارت دیگر با افزایش بار محوری فشـــاری، تار خنثی به ســـمت وســـط طول دیوار حرکت کرده که این امر منجر به افزایش کرنش‌های فشـاری در مصـالح بنایی می‌شـود. همچنین با افزایش نیروی فشاری هم مقاومت خمشی و هم مقاومت برشی دیوار افزایش خواهند یافت. همانند دیوارهای بتنی، برای دیوارهای بنایی نیز می‌توان منحنی اندرکنش ظرفیت

پیش نویس غیر قابل استناد

محوری و ظرفیت خمشی را رسم نمود که بر اساس آن اگر نیروی محوری از حد مشخصی بیش‌تر شود، با افزایش نیروی محوری فشاری، ظرفیت خمشی دیوار کاهش خواهد یافت.

Manjil Earthquake – Northern Iran,
June 21,1990

Emilia Earthquake – Northern Italy,
May 20, 2012

شکل ۱-۱۳- بروز ترک‌های قطری در دیوارهای بنایی غیرمسلح در زلزله‌های منجیل و امیلیا

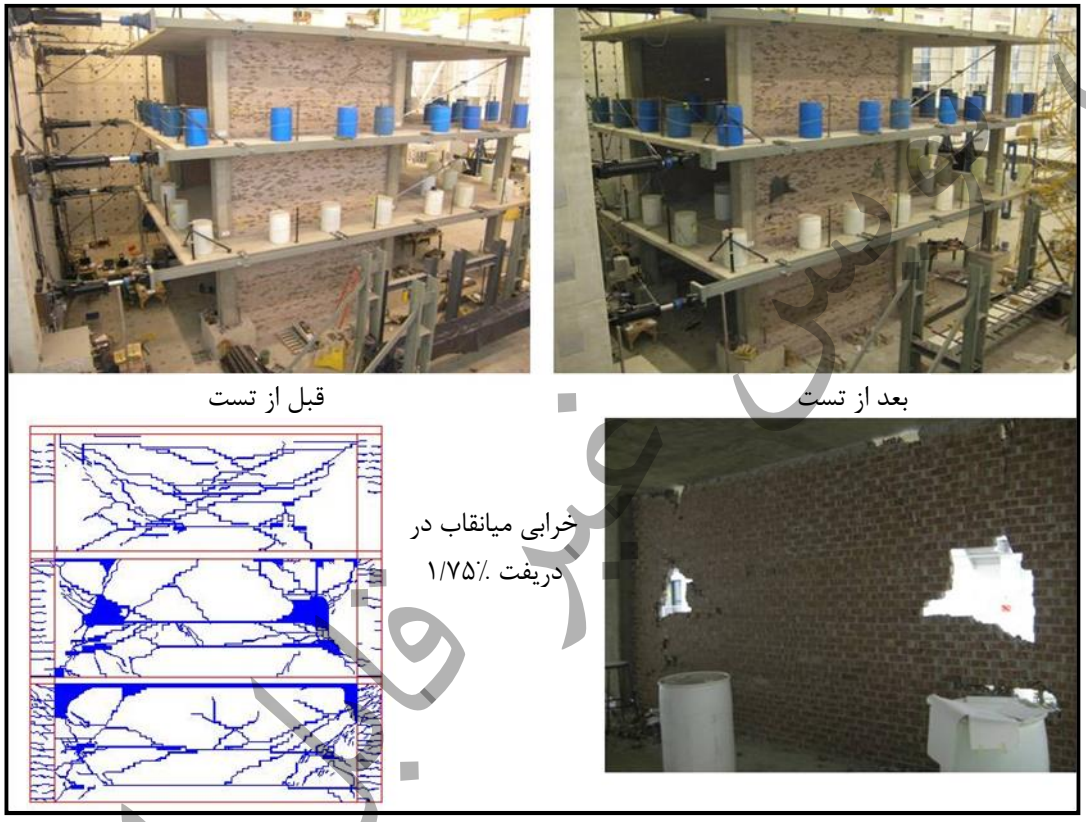
نمونه‌هایی از رفتار داخل صفحه نامناسب دیوارهای بنایی غیرمسلح در زلزله‌های منجیل ایران و امیلیای ایتالیا در شکل (۱-۱۳) نشان داده شده است. همچنین میانقاب‌های بنایی غیرمسلح نیز در زلزله‌های گذشته از خود رفتار نامناسبی نشان داده اند. شکل (۱-۱۴) نشان دهنده نمونه‌هایی از تخریب میانقاب‌های غیرمسلح ساخته شده توسط واحد بنایی سفالی توخالی در زلزله‌های کوتاهیای ترکیه و ونچوان چین می‌باشد.

Kutahya Earthquake, Turkey
May 29,2011

Wenchuan earthquake, China,
May 12, 2008

شکل ۱-۱۴- خرابی داخل صفحه میانقاب‌های رسی (سفالی) غیرمسلح در زلزله‌های کوتاهیا و ونچوان

شـکل (۱-۱۵) نتایج تسـت شبه دینامیکی انجام شده توسط Pujol et al. (2008) را نشان می‌دهد. مشخص است که میانقاب پس از این‌که تحت بار درون صـفحه خود به گسـیختگی رسـیده اسـت، مقاومت خارج از صفحه آن نیز به شدت کاهش یافته و به صـورت خارج از صـفحه ریزش کرده اسـت. چنین رفتاری در زلزله‌های گذشـته نیز مشاهده شده است. اگرچه بر اسـاس نتایج Pujol et al. (2008) در صـورتی که دریفت طبقه به قدر کافی کوچک باشـد (کم‌تر از ظرفیت تغییرشکل دیوار)، میانقاب نه تنها آسیب نخواهد دید بلکه رفتار کلی سازه را نیز بهبود خواهد داد.



شکل ۱-۱۵- رفتار نامناسب میانقاب بنایی غیرمسلح و فروریزش آن در حین تست شبه دینامیکی (Pujol et al., 2008)

به طور کلی می‌توان گفت که دیوارهای برشـی و میانقاب‌های بنایی غیرمسلح دارای سختی و مقاومت جانبی مناسبی هسـتند و ضـعف اصـلی آن‌ها عدم شکل‌پذیری کافی (منطبق بر شکل‌پذیری قاب اصلی) می‌باشد. همان‌طور که در بخش بعد اشاره شده است، این ضعف را می‌توان تا حدی با مسلح کردن دیوار تقلیل داد.

۱-۳- دیوارهای بنایی مسلح

مسـلح نمودن دیوار بنایی می‌تواند به صورت تعبیه میلگردهای بستر خرپایی یا نردبانی به صورت افقی و یا استفاده از میلگردهای آجدار در امتداد قائم یا افقی و یا ترکیبی از این روش‌ها انجام شـود. مزیت استفاده از میلگردهای بستر در آن است که میلگرد در ملات بستر مدفون شده و لازم به ریختن دوغاب نمی‌باشد. همچنین برای استفاده از میلگردهای بستر

لازم نیست واحدهای بنایی شکل خاصی داشته باشند و حتی در مورد دیوارهای ساخته شده با واحدهای بنایی توپر نیز استفاده از میلگرد بستر امکان‌پذیر است. در مقابل استفاده از میلگرد معمولی مستلزم استفاده از واحدهای بنایی سوراخ‌دار می‌باشد به طوری که برای استفاده از میلگردهای آجدار افقی، لازم است واحد بنایی فاقد جان باشد (یا جان آن شکسته شده باشد). البته در صورتی که از دیوارهای دو لایه استفاده شود، می‌توان میلگردهای آجدار را مابین دو لایه دیوار قرار داده و فضای خالی مابین دو لایه دیوار را با دوغاب پر نمود. بدیهی است که اینکار منجر به افزایش ضخامت دیوار و کاهش سرعت ساخت خواهد شد. شایان ذکر است که المان‌های بنایی را با سایر روش‌ها نظیر استفاده از صفحات پلیمر مسلح (FRP) و شبکه ها یا صفحات فولادی نیز می‌توان مسلح نمود.

همانند سازه‌های بتنی، در سازه‌های بنایی نیز دلیل اصلی استفاده میلگردهای فولادی یا میلگردهای بستر، جبران ضعف مصالح بنایی در تحمل تنش‌های کششی می‌باشد. نکته‌ای که باید در نظر داشت این است که اغلب آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌ها (ACI 530-13, 2013 و MDG-7, 2013 و Eurocode 6, 2005) در دیوارهای بنایی مسلح از مقاومت کششی مصالح بنایی صرف‌نظر کرده و فرض می‌کنند تمام کشش توسط المان فولادی تحمل خواهد شد. دلیل این امر آن است که سختی و ظرفیت کششی فولاد و مصالح بنایی بسیار متفاوت بوده و مصالح بنایی و فولاد هم‌زمان نقش باربری را ایفا نمی‌کنند. در نتیجه رفتار المان‌های بنایی مسلح تا حد زیادی مشابه رفتار المان‌های بتن مسلح می‌باشد و با فرض خطی بودن توزیع کرنش در مقطع دیوار می‌توان با یک تحلیل ممان- انحنا ظرفیت خمشی خارج از صفحه (و نیز داخل صفحه) دیوار بنایی مسلح را تخمین زد. در این خصوص کرنش نهایی المان‌های بنایی نیز بسیار مشابه بتن می‌باشد. به عوان مثال بر اساس آیین‌نامه ACI 530 کرنش نهایی فشاری برای دیوارهای رسی برابر ۰/۰۰۳۵ و برای دیوارهای AAC برابر ۰/۰۰۳ و این مقدار برای دیوارهای ساخته شده با واحدهای سیمانی برابر ۰/۰۰۲۵ می‌باشد. اهمیت مسلح کردن دیوارهای بنایی به حدی است که بسیاری از آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌ها (ACI 530-13, 2013 و MDG-7, 2013) لازم می دانند که حتی دیوارهای غیرسازه‌ای نیز در مناطق با لرزه‌خیزی بالا دارای حداقل تسلیحاتی باشند. این موضوع در ضابطه ۷۲۹ نیز وجود داشته و بر اساس این ضابطه کلیه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای باید حداقل در یک امتداد مسلح باشند.

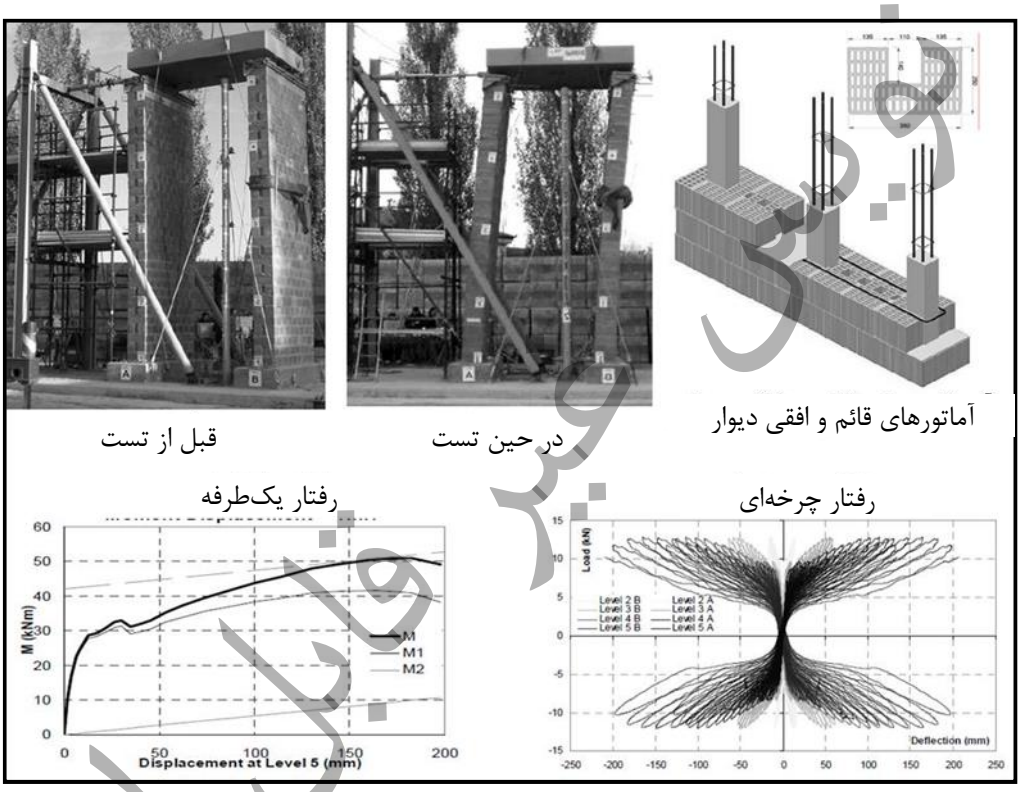
از جمله مزیت‌های دیوارهای بنایی مسلح می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

- وابستگی کم مقاومت دیوار به نوع ملات به خصوص در رفتارهای کنترل شونده توسط خمش (ACI 530-13)
- عدم وابستگی به چینش واحدهای بنایی به طوری که استفاده از پیوند ممتد و غیرممتد تاثیر چندانی در مقاومت داخل و خارج صفحه نخواهد داشت (ACI 530-13, 2013 و Haach et al., 2007). با این حال حتی در دیوارهای مسلح نیز استفاده از پیوند ممتد توصیه می‌شود.
- بهبود قابل توجه در شکل‌پذیری و قابلیت جذب انرژی دیوار (ACI 530-13, 2013 و Haach et al., 2007).
- کاهش ترک‌های ناشی از جمع شدگی و تغییرشکل‌های حرارتی (ACI 530-13, 2013 و MDG-7, 2013 و Eurocode 6, 2005).

پیش نویس غیر قابل استناد

۱-۳-۱- رفتار خارج از صفحه

اگرچه معمولا مسلح کردن دیوارهای بنایی در دیوارهای برشی به منظور بهبود عملکرد داخل صفحه دیوار انجام می‌شود، اما این کار موجب بهبود رفتار خارج از صفحه دیوار نیز خواهد شد.(2008) .Mosele et al رفتار خارج از صفحه دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های توخالی سفالی و مسلح شده با آرماتورهای قائم و افقی را مورد بررسی قرار داده‌اند. همان‌طور شکل (۱-۱۶) نشان می‌دهد، رفتار خارج از صفحه المان‌های بنایی مسلح از شکل‌پذیری خوبی برخوردار می‌باشد. به علاوه هیچ شکست تردی در آزمایشات گزارش نشده است.



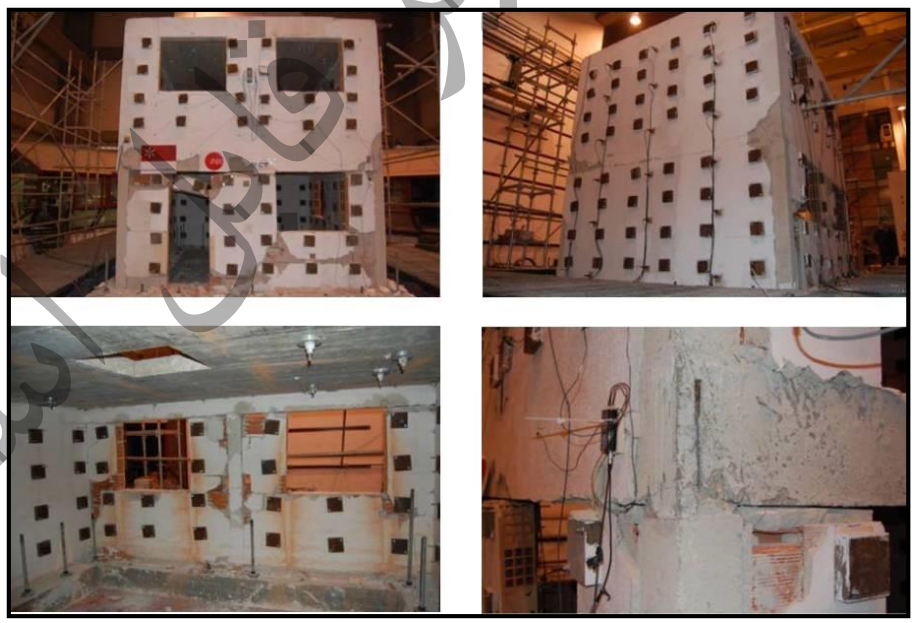
شکل ۱-۱۶- تست چرخه‌ای بر روی دیوار بنایی مسلح در امتداد خارج از صفحه (Mosele et al., 2008)

در تست‌های میز لرزه انجام شده توسط Vintzileou (2013) اثر میلگردهای بستر خرپا شکل در عملکرد میانقاب‌های بنایی مورد بررسی قرار گرفته است. همان‌طور که در شکل‌های (۱-۱۷) و (۱-۱۸) نشان داده شده است، عدم استفاده از میلگردهای بستر منجر به فروریزش خارج از صفحه میانقاب‌ها و تشکیل طبقه نرم شده است که نتیجه آن فروریزش کامل سازه می‌باشد. اما در صورت استفاده از میلگردهای بستر، میانقاب‌ها در جهت خارج از صفحه ناپایدار نشده و کل سازه (اگرچه آسیب دیده است) دچار فروریزش نشده است. حتی با وجود اینکه در شکل (۱-۱۷) دیوارهای غیرمسلح از دو لایه تشکیل شده بوده‌اند (ضخامت دو برابر)، اما عملکرد آن‌ها نسبت به دیوارهای مسلح تک لایه (شکل (۱-۱۸)) ضعیف‌تر بوده است. در هر دو شکل (۱-۱۷) و (۱-۱۸) سیستم باربر جانبی تقریبا مشابه بوده و تحت زلزله مشابهی قرار گرفته‌اند. همچنین هر دو شکل شرایط سازه پس از انجام تست را نشان می‌دهند.

پیش نویس غیر قابل استناد

شایان ذکر است که در دیوارهای بنایی غیرمسلح بروز ترک به معنای گسیختگی دیوار می‌باشد حال آنکه در دیوارهای بنایی مسلح چنین نبوده و نه تنها بروز ترک مجاز می‌باشد، بلکه اساسا کلیه تحلیل ها بر اساس مقطع ترک خورده دیوار انجام می‌شود (ACI 530-13, 2013). همچنین دیوارهای مسلح از انسجام بهتری در حین زلزله برخوردار می‌باشند.

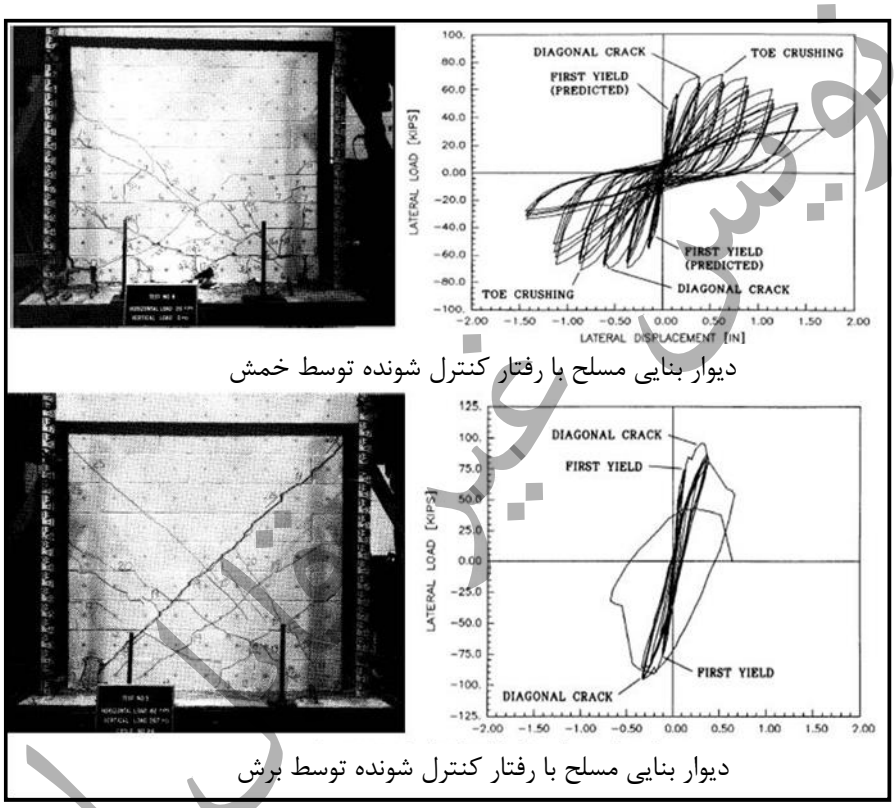
شکل ۱-۱۷- فروریزش خارج از صفحه میانقاب‌های دو لایه فاقد میلگرد بستر (Vintzileou, 2013)



شکل ۱-۱۸- حفظ پایداری خارج از صفحه میانقاب‌های تک لایه به واسطه استفاده از میلگرد بستر (Vintzileou, 2013)

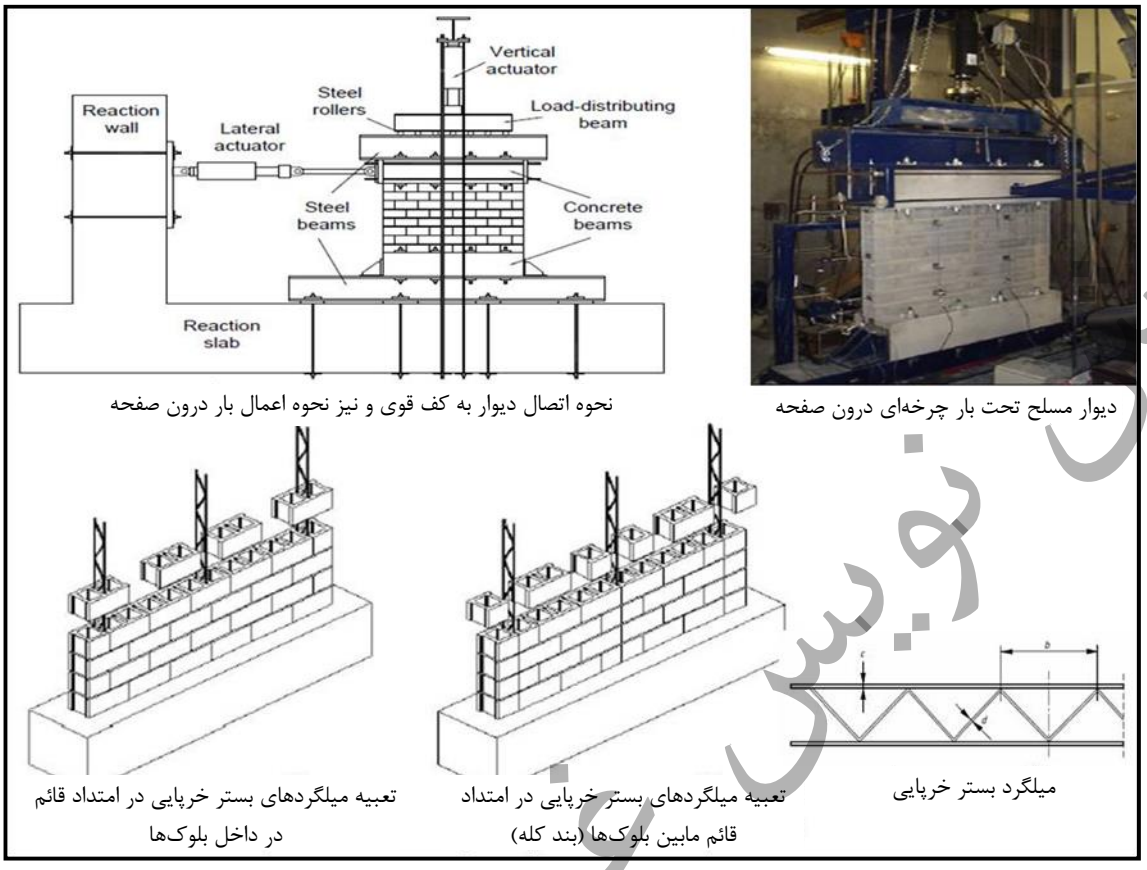
۱-۳-۲- رفتار داخل صفحه

در خصوص رفتار داخل صفحه دیوارهای بنایی مسلح تحقیقات بسیاری صورت گرفته است که خلاصه‌ای از آن را می‌توان در دستورالعمل FEMA 307 (1998) ملاحظه نمود. نمونه‌ای از رفتارهای موجود در FEMA 307 در شکل (۱-۱۹) نشان داده شده است. همانند دیوارهای بتنی، در دیوارهای بنایی نیز شکل‌پذیری و قابلیت جذب انرژی به مکانیزم خرابی دیوار وابسته بوده، به طوری که دیوارهای با مکانیزم خرابی خمشی (کنترل شونده توسط خمش) نسبت به دیوارهای با مکانیزم خرابی برشی (کنترل شونده توسط برش) از رفتار مناسب‌تری برخوردار می‌باشند.



شکل ۱-۱۹- مقایسه رفتار دیوارهای بنایی مسلح با مکانیزم تخریب خمشی و برشی (FEMA 307, 1998)

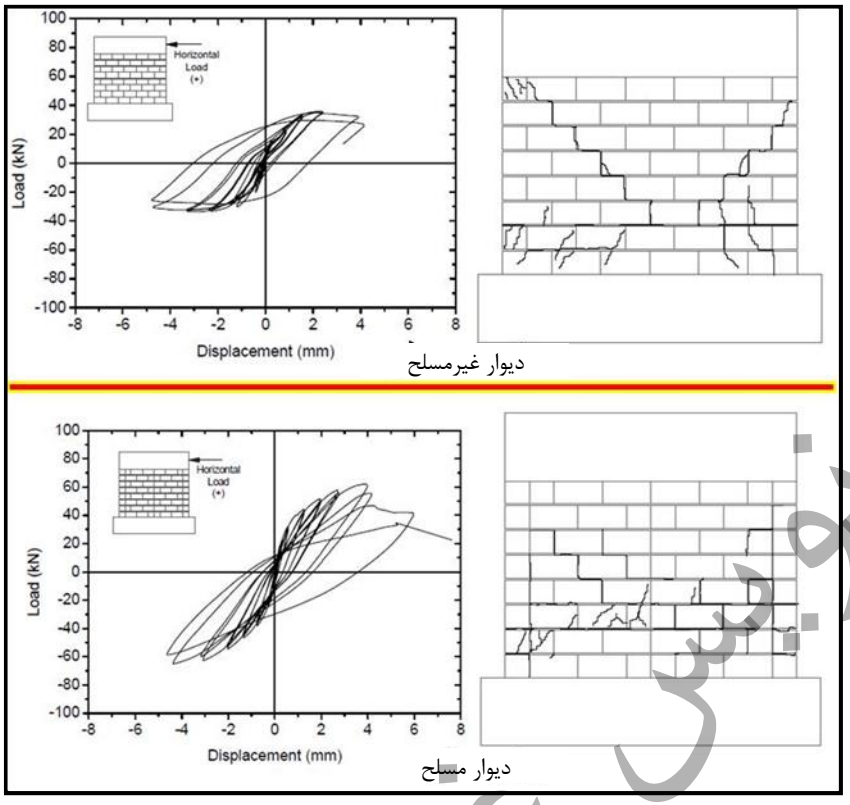
پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۱-۲۰- تعبیه میلگرد بستر خرپایی در جهات افقی و قائم و آماده‌سازی دیوار برای انجام تست (Haach et al., 2007)

در مطالعه انجام شده توسط Haach et al. (2007)، رفتار درون صفحه دیوارهای بنایی ساخته شده از بلوک سیمانی و مسلح شده توسط میلگردهای بستر خرپایی مورد ارزیابی قرار گرفته است. مطابق شکل (۱-۲۰) در این مطالعه میلگردهای بستر نه تنها در امتداد افقی در بند بستر قرار داده شده‌اند، بلکه در امتداد قائم نیز مابین بلوک‌ها (بند قائم) و نیز در داخل حفره بلوک‌ها از تسلیحات خرپایی شکل استفاده شده است. نتایج به دست آمده و مقایسه آن با دیوار غیرمسلح در شکل (۱-۲۱) نشان داده شده است. واضح است که نه تنها شکل‌پذیری دیوار افزایش یافته، بلکه ظرفیت جانبی (مقاومت) دیوار نیز افزایش قابل توجهی داشته است.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۱-۲۱- مقایسه رفتار درون صفحه دیوار مسلح با رفتار دیوار غیرمسلح متناظر (Haach et al., 2007)

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۲

دیوارهای بنایی

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

۲-۱- انواع واحدهای بنایی

راهنمای حاضر برای واحدهای بنایی رسی (خشتی یا سفالی)، سیمانی، AAC و شیشه‌ای می‌باشد. واحدهای بنایی مذکور می‌توانند توپر، سوراخ‌دار و یا توخالی باشند.

۲-۲- انواع ملات‌ها

پس از قرار دادن ملات بر روی واحد بنایی (آجر یا بلوک)، بخشی از آب ملات توسط واحد بنایی جذب می‌شود. لذا گیرش ملات به شکل کامل اتفاق نخواهد افتاد. برای به حداقل رساندن این اثر لازم است اولا ملات قابلیت نگهداری آب بالایی داشته باشد و ثانیا واحد بنایی جذب آب کمی داشته باشد. به همین دلیل لازم است واحدهای بنایی رسی یا سفالی پیش از ساخت دیوار زنجاب شوند. برای این کار می‌توان به مدت حدود نیم ساعت آجر یا بلوک را در داخل آب قرار داد. در این صورت پس از خارج کردن واحدهای بنایی از آب و پیش از قرار دادن ملات بر روی آنها باید سطح واحد بنایی خشک شده و خیس نباشد. زنجاب کردن برای واحدهای بنایی سیمانی یا بتنی یا AAC نباید انجام شود چراکه این واحدها در معرض آب منبسط می شوند و پس از قرار گرفتن در دیوار خشک شده و دچار جمع شدگی می شوند و می‌توانند منجر به ایجاد ترک در دیوار شوند. همچنین واحدهای رسی یا سفالی که جذب آب آن ها (طبق استاندارد ASTM C67) کمتر از ۰/۰۰۰۳۱ گرم در دقیقه در میلیمتر مربع می‌باشد نیاز به زنجاب شدن ندارند.

به منظور تهیه ملاتی با قابلیت حفظ آب بالا، در کارهای بنایی نمی‌توان از ملات با سیمان پرتلند به تنهایی استفاده نمود چراکه این ملات نگهداری آب کمی داشته و ملات حاصل از آن کارآیی لازم را ندارد. همچنین ملات ساخته شده از سیمان پرتلند به تنهایی جمع شدگی زیادی خواهد داشت. لذا لازم است حتما ماده چسباننده در ملات یکی از دو حالت زیر باشد:

- سیمان بنایی: در سیمان بنایی مقداری آهک وجود دارد که باعث می‌شود ملات کارآیی لازم و حفظ آب خوبی داشته باشد.
- ترکیب سیمان پرتلند و آهک شکفته (هیدراته): این نوع چسباننده بهترین عملکرد را در کارهایی بنایی خواهد داشت و در آن نسبت ترکیب سیمان به آهک نیز قابل تنظیم می‌باشد.

لازم است، مطابق جدول (۲-۱) در دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای از یکی از ملات‌های نوع N و یا S استفاده شود (براساس دسته‌بندی ASTM C270).

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول ۲-۱- طرح اختلاط حجمی ملات‌های نوع N و S

	نوع ملات	سیمان پورتلند	آهک	سیمان بنایی- ۵ مگاپاسگال	سیمان بنایی-۱۲/۵ مگاپاسگال	ماسه	میانگین مقاومت فشاری ۲۸ روزه
ملات با ترکیب سیمان پرتلند و آهک	N	۱	۱	-		۶	۵ مگاپاسگال
	S	۱	۰/۵	-		۴/۵	۱۲/۵مگاپاسگال
ملات با سیمان بنایی	N	-	-	۱	-	۳	۵ مگاپاسگال
	S	-	-	-	۱	۳	۱۲/۵مگاپاسگال

*مقدار دقیق آب بسته به میزان کارآیی لازم و شرایط محیطی تعیین می‌شود

نکته دیگری که باید در ساخت ملات بدان توجه شود بخش سنگدانه یا ماسه می‌باشد. ماسه به کار رفته در ملات با ماسه بکار رفته در بتن متفاوت است به طوری که در ملات باید از ماسه ریزدانه استفاده شود تا بدین ترتیب ملات حاصله خشن نبوده و کارآیی لازم را داشته باشد. به طور کلی حداکثر اندازه ماسه در ملات نباید از ۵ میلیمتر بیشتر باشد و توصیه می‌شود حداکثر اندازه ماسه از حدود ۳ میلیمتر تجاوز نکند. دانه بندی پیشنهادی برای ماسه به کار رفته در ملات مطابق جدول (۲-۲) می‌باشد. این جدول برگرفته از استاندارد ASTM C144 است.

جدول ۲-۲- دانه بندی ماسه مصرفی در ملات

شماره الک	اندازه سوراخ الک (mm)	حداقل و حداکثر درصد عبوری از الک	درصد عبوری از الک در حالت ایده آل
۴	۴/۷۵	٪۱۰۰	٪۱۰۰
۸	۲/۳۶	٪۱۰۰-٪۹۵	٪۹۸
۱۶	۱/۱۸	٪۱۰۰-٪۷۰	٪۸۵
۳۰	۰/۶۰	٪۷۵-٪۴۰	٪۶۰
۵۰	۰/۳۰	٪۳۵-٪۱۰	٪۲۵
۱۰۰	۰/۱۵	٪۱۵-٪۲	٪۱۰
۲۰۰	۰/۰۷	٪۵-۰	٪۳

۲-۳- مقاومت فشاری دیوارهای بنایی

برای تعیین مقاومت فشاری دیوار لازم است مطابق استاندارد ASTM C1314 بر روی منشوری از دیوار تست فشاری صورت گیرد. به جای تست فوق می‌توان از روش مقاومت واحد بنایی مطابق بندهای ۲-۳-۱ تا ۲-۳-۳ استفاده نمود.

۲-۳-۱- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با واحدهای رسی

در صورتی که هر سه شرط زیر بر قرار باشد، مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با واحدهای رسی (خشتی یا سفالی) را می‌توان بر اساس جدول (۲-۳) به دست آورد.

پیش نویس غیر قابل استناد

- از بلوک‌های استاندارد مطابق الزامات مبحث پنجم استفاده شده باشد.
- ضخامت ملات بستر از ۱۶ میلی‌متر تجاوز نکند.
- در صورت استفاده از دوغاب، مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن کم‌تر از مقاومت فشاری دیوار نباشد. همچنین مقاومت فشاری ۲۸ روزه دوغاب نباید تحت هیچ شرایطی از ۱۴ مگاپاسگال کم‌تر باشد.

لازم به توضیح است که به منظور استفاده از جدول زیر، لازم است مقاومت فشاری واحد بنایی بر اساس سطح مقطع خالص در دسترس باشد. در صورت عدم انجام محاسبات دقیق تر، می‌توان مقاومت فشاری بر اساس سطح مقطع خالص را به صورت زیر تخمین زد. منظور از سطح مقطع خالص، سطح مقطعی از دیوار است که قسمت‌های توخالی و حفره‌های واحدهای بنایی از آن کم شده باشد و منظور از سطح مقطع موثر سطح مقطعی از دیوار است که نه تنها قسمت‌های توخالی و حفره‌های واحدهای بنایی از آن کم شده باشد، بلکه قسمت‌های فاقد ملات در بند بستر نیز از آن کاسته شده باشد. تفاوت این دو سطح مقطع در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.

مقاومت فشاری بر اساس سطح مقطع خالص = مقاومت فشاری بر اساس سطح مقطع کل×(نسبت سطح توپر به سطح مقطع کل)

جدول ۲-۳- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با استفاده از واحدهای رسی (خشتی یا سفالی)

مقاومت فشاری دیوار بر اساس سطح مقطع موثر – f'_m (MPa)	مقاومت فشاری بلوک رسی بر اساس سطح مقطع خالص (MPa)	
	ملات نوع N	ملات نوع S
۷	۱۴	۱۲
۱۰	۲۹	۲۳
۱۴	۴۳	۳۴
۱۷	۵۷	۴۵
۲۱	۷۱	۵۷
۲۴	-	۶۸
۲۸	-	۷۹

۲-۳-۲- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با واحدهای سیمانی

در صورتی که هر سه شرط زیر بر قرار باشد، مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با واحدهای سیمانی را می‌توان بر اساس جدول (۲-۴) به دست آورد.

- از بلوک‌های استاندارد مطابق الزامات مبحث پنجم استفاده شده باشد.
- ضخامت ملات بستر از ۱۶ میلی‌متر تجاوز نکند.
- در صورت استفاده از دوغاب، مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن کم‌تر از مقاومت فشاری دیوار نباشد. همچنین مقاومت فشاری ۲۸ روزه دوغاب نباید تحت هیچ شرایطی از ۱۴ مگاپاسگال کم‌تر باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول ۲-۴- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با استفاده از واحدهای سیمانی

مقاومت فشاری دیوار بر اساس سطح مقطع موثر – f'_m (MPa)	مقاومت فشاری بلوک رسی بر اساس سطح مقطع خالص بلوک (MPa)	
	ملات نوع N	ملات نوع S
۹	۱۳	-
۱۰	۱۵	۱۳
۱۴	۲۱	۱۹
۱۷	۲۸	۲۶
۲۱	۳۶	۳۳

۲-۳-۳- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با واحدهای AAC

در صورت فراهم شدن سه شرط زیر، مقاومت فشاری دیوار با بلوک AAC برابر مقاومت فشاری خود بلوک AAC مطابق جدول (۲-۵) می‌باشد.

- بلوک‌ها مطابق استاندارد موجود در مبحث پنجم باشند.
- ضخامت ملات بستر از ۳ میلی‌متر تجاوز نکند.
- در صورت استفاده از دوغاب، مقاومت فشاری ۲۸ روزه دوغاب از ۱۴ مگاپاسگال کم‌تر نباشد.

مقاومت بلوک‌های AAC به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۲-۵- مقاومت فشاری بلوک‌های AAC

رده مقاومتی	حداقل مقاومت فشاری (مگاپاسگال)	محدوده جرم مخصوص خشک (کیلوگرم بر مترمکعب)
ب-ه-۱-۲	۲	۵۵۰-۳۵۰
ب-ه-۱-۴	۴	۸۵۰-۴۵۰
ب-ه-۱-۶	۶	۸۵۰-۵۵۰

استفاده از بلوک‌های AAC با مقاومت کم‌تر از ۳ مگاپاسگال در دیوارهای غیرسازه‌ای مجاز نمی‌باشد.

۲-۳-۴- مقاومت فشاری دیوارهای ساخته شده با واحدهای شیشه‌ای

طراحی دیوارهای ساخته شده با بلوک‌های شیشه‌ای به صورت تجربی بوده فلذا به شرط تامین شدن محدودیت‌های طراحی تجربی (بند ۶-۳)، به مقاومت فشاری بلوک‌های شیشه‌ای نیاز نمی‌باشد. به هر حال در صورت نیاز، مقاومت فشاری دیوارهای بلوک شیشه‌ای لازم است بر اساس داده‌های سازنده و یا نتایج تست بر روی نمونه دیوار به دست آید.

۲-۴- مدول گسیختگی دیوارهای بنایی

مقاومت خمشی المان‌های بنایی غیرمسلح از ضرب مدول مقطع موثر (اساس مقطع موثر) دیوار در مدول گسیختگی دیوار به دست می‌آید. لذا در این بخش مدول گسیختگی دیوارهای بنایی ارائه شده است.

پیش نویس غیر قابل استناد

۲-۴-۱- مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده از واحدهای رسی

مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده از واحدهای رسی بسته به چینش واحدها (پیوند ممتد یا غیرممتد) و نیز نوع ملات مصرفی و وجود یا عدم وجود دوغاب، بر اساس جدول (۲-۶) می‌باشد.

جدول ۲-۶- مدول گسیختگی دیوارهای بنایی (بر حسب MPa یا N/mm^2)

		ملات ساخته شده با ترکیب سیمان پرتلند و آهک		ملات ساخته شده با سیمان بنایی	
		ملات نوع N	ملات نوع S	ملات نوع N	ملات نوع S
در امتداد عمود بر بند بستر	واحد توپر	۰/۶۹	۰/۹۲	۰/۳۵	۰/۵۵
	واحد توخالی فاقد دوغاب	۰/۴۴	۰/۵۸	۰/۲۱	۰/۳۵
	واحد توخالی پرشده با دوغاب*	۱/۰۹	۱/۱۲	۱	۱/۰۵
در امتداد موازی بند بستر در دیوارهای با پیوند ممتد	واحد توپر	۱/۳۸	۱/۸۴	۰/۶۹	۱/۱۰
	واحد توخالی فاقد دوغاب	۰/۸۷	۱/۱۵	۰/۴۴	۰/۶۹
	واحد توخالی پرشده با دوغاب*	۱/۳۸	۱/۸۴	۰/۶۹	۱/۱۰
در امتداد موازی بند بستر در دیوارهای با پیوند غیرممتد	مقطع پرشده با دوغاب در امتداد بند بستر**	۲/۳۱	۲/۳۱	۲/۳۱	۲/۳۱
	سایر موارد	صفر	صفر	صفر	صفر

*دوغاب باید به صورت پیوسته در تمام طول یا ارتفاع دیوار ریخته شود و نباید ارتباط دوغاب ریخته شده در بولک‌ها در بندهای افقی یا قائم دیوار قطع شود. در صورتی که تنها بخشی از حفره‌ها با دوغاب پر شده باشد، می‌توان بر اساس درصد حفره‌های پر شده با دوغاب مدول گسیختگی را از درون‌یابی بین حالت فاقد دوغاب و پرشده با دوغاب به دست آورد.

** تنها بخشی از دیوار که با دوغاب در امتداد موازی بند بستر به طور پیوسته پر شده است در تحمل خمش موثر است.

۲-۴-۲- مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده از واحدهای سیمانی

مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده از واحدهای سیمانی نیز مشابه واحدهای رسی بوده و بر اساس جدول (۲-۶) قابل تخمین می‌باشد.

۲-۴-۳- مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده از واحدهای AAC

مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده از واحدهای AAC را در تمام حالات می‌توان برابر ۰/۵۵ مگاپاسگال درنظر گرفت.

پیش نویس غیر قابل استناد

۲-۴-۴- مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده از واحدهای شیشه‌ای

طراحی دیوارهای شیشه‌ای براساس روش تجربی بوده و در صورت ارضا شدن محدودیت‌های روش تجربی (بند ۶-۳)، نیازی به تخمین مدول گسیختگی دیوارهای ساخته شده با واحدهای شیشه‌ای نمی‌باشد.

۲-۵- مدول الاستیک

در غیاب انجام تست، مدول الاستیک مصالح مختلف (در شرایط ترک نخورده) به صورت زیر تخمین زده می‌شود.

- مدول الاستیک فولاد برابر ۲۰۰،۰۰۰ مگاپاسگال می‌باشد.
- مدول الاستیک دیوار با بلوک رسی برابر $E_m = 700f'_m$ می‌باشد که در آن f'_m برابر مقاومت فشاری دیوار با بلوک رسی است (بر حسب مگاپاسگال).
- مدول الاستیک دیوار با بلوک سیمانی برابر $E_m = 900f'_m$ می‌باشد که در آن f'_m برابر مقاومت فشاری دیوار با بلوک سیمانی است (بر حسب مگاپاسگال).
- مدول الاستیک دیوار با بلوک AAC برابر $E_{AAC} = 885(f'_{AAC})^{0.6}$ می‌باشد که در آن f'_{AAC} برابر مقاومت فشاری دیوار با بلوک AAC است (بر حسب مگاپاسگال).

با توجه به اینکه طراحی دیوارهای شیشه‌ای به صورت تجربی انجام می‌شود، لذا نیازی به تخمین مدول الاستیک دیوار با بلوک شیشه‌ای نمی‌باشد.

- مدول الاستیک دوغاب برابر $500f'_g$ می‌باشد که در آن f'_g مقاومت فشاری دوغاب می‌باشد.
- مدول الاستیک مقطع ترک خورده را می‌توان معادل ۰/۳ مدول الاستیک مقطع ترک نخورده درنظر گرفت.
- مدول برشی کلیه دیوارها را می‌توان برابر ۴۰٪ مدول الاستیک آن‌ها درنظر گرفت.

۲-۶- ضرایب انبساط حرارتی

ضریب انبساط حرارتی (k_t) دیوارهای گوناگون به شرح زیر است:

- برای دیوار با بلوک رسی $k_t = 7.2\times10^{-6}(mm/mm/^\circ C)$ می‌باشد.
- برای دیوار با بلوک سیمانی $k_t = 8.1\times10^{-6}(mm/mm/^\circ C)$ می‌باشد.
- برای دیوار با بلوک AAC $k_t = 8.1\times10^{-6}(mm/mm/^\circ C)$ می‌باشد.

انبساط حرارتی، تغییرشکلی بازگشت پذیر بوده و حجم دیوار می‌تواند با تغییر درجه حرارت کاهش یا افزایش پیدا کند.

۲-۷- ضریب انبساط رطوبتی

- ضریب انبساط رطوبتی دیوار با بلوک رسی برابر $k_e = 3\times10^{-4}(mm/mm)$ می‌باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد

- این ضریب را برای سایر دیوارها می‌توان برابر با صفر درنظر گرفت.

انبساط رطوبتی در بلوک‌های رسی بازگشت ناپذیر می‌باشد.

۲-۸- ضریب جمع شدگی

- ضریب جمع شدگی دیوارهای سیمانی برابر $km = 3.3\times10^{-4}(mm/mm)$ می‌باشد.
- ضریب جمع شدگی دیوارهای با بلوک رسی را می‌توان برابر صفر در نظر گرفت.
- ضریب جمع شدگی دیوارهای AAC برابر $km = 0.8\,\varepsilon cs/100$ است که در آن εcs مطابق استاندارد ASTM C1386 به دست می‌آید. با توجه به اینکه بر اساس این استاندارد و نیز مبحث پنجم، میانگین جمع شدگی انواع دیوارهای AAC برابر $2\times10^{-4}(mm/mm)$ می‌باشد، لذا در صورت عدم انجام آزمایشات دقیق‌تر، ضریب جمع شدگی دیوارهای AAC را می‌توان برابر $km = 2\times10^{-4}(mm/mm)$ درنظر گرفت.

۲-۹- ضریب خزش

با توجه به اینکه تمرکز دستورالعمل حاضر بر روی دیوارهای غیرباربر می‌باشد، از تغییرشکل‌های ناشی از خزش می‌توان صرف‌نظر نمود.

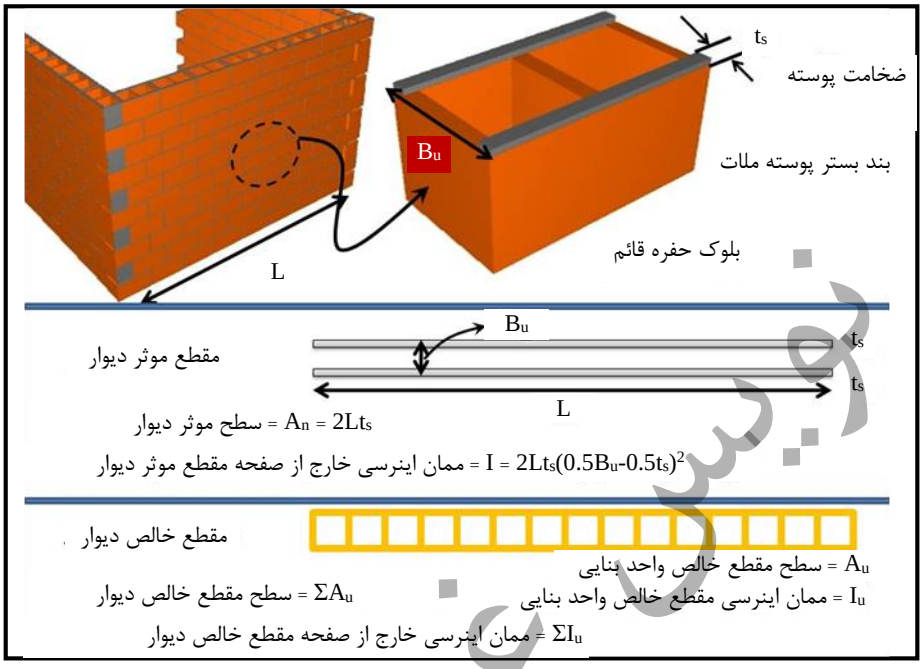
۲-۱۰- مشخصات مقطع خالص و مقطع موثر

- در محاسبات مربوط به تنش و مقاومت اسمی دیوار لازم است از مشخصات مقطع موثر دیوار استفاده شود.
- ممکن است سطح مقطع موثر دیوار در امتدادهای افقی و قائم با یکدیگر برابر نباشند. در این صورت می‌توان از سطح مقطع موثر افقی دیوار در هر دو امتداد استفاده نمود.
- برای بلوک‌های توخالی مقطع موثر را می‌توان برابر مقطعی متشکل از دو پوسته خارجی بلوک درنظر گرفت.
- برای محاسبه سختی یا لاغری دیوار (در صورت لزوم) می‌توان از مقطع خالص واحدهای بنایی دیوار استفاده نمود. برای دیوارهای غیرسازه‌ای در جهت اطمینان می‌توان مقطع خالص دیوار را برابر مقطع موثر آن درنظر گرفت. این تقریب منجر به کاهش سختی دیوار می‌شود لذا برای دیوارهای سازه‌ای مناسب نمی‌باشد.

شکل (۲-۱) نشان دهنده تفاوت مابین مقطع موثر و مقطع خالص یک دیوار ساخته شده با بلوک‌های حفره قائم و بند بستر پوسته ملات (ملات تنها در زیر پوسته‌های خارجی بلوک قرار گرفته است) می‌باشد. شایان ذکر است که از مقطع موثر به منظور محاسبه مقاومت دیوار و از مقطع خالص برای محاسبه سختی دیوار استفاده می‌شود. در صورتی که بند بستر از نوع تمام ملات باشد و جان انتهایی واحد بالایی دقیقا بر روی جان میانی واحد تحتانی قرار گیرد، تفاوتی مابین مقطع موثر و مقطع خالص وجود نخواهد داشت. با توجه به اینکه ممکن است این شرایط در عمل ایجاد نشود، لذا توصیه

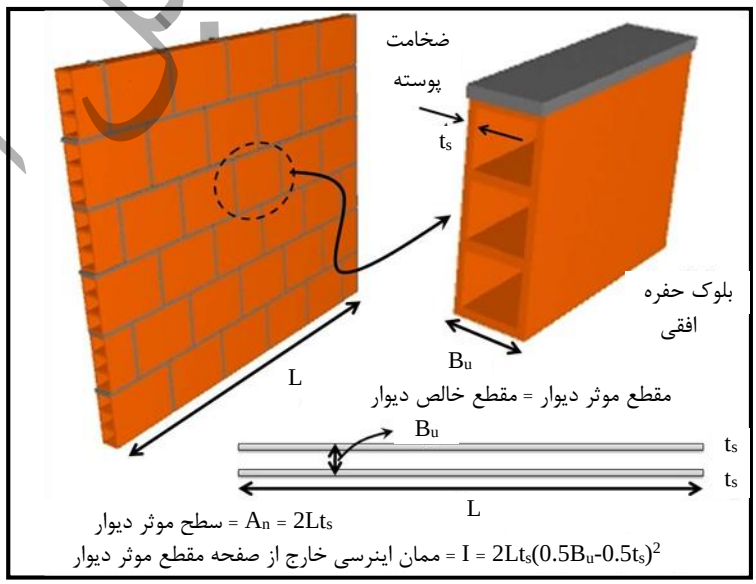
پیش نویس غیر قابل استناد

می‌شود در جهت اطمینان، سطح مقطع موثر دیوار بر اساس سطح مقطع پوسته واحدها و سطح مقطع خالص دیوار بر اساس سطح مقطع خالص واحدها به دست آیند (مطابق شکل (۲-۱)).



شکل ۲-۱- مقطع موثر و خالص دیوار ساخته شده با بلوک‌های توخالی حفره قائم و بند بستر پوسته ملات

در شکل (۲-۲) مقطع موثر و خالص یک دیوار ساخته شده با بلوک‌های حفره افقی و بند بستر تمام ملات نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است، در این حالت مقطع موثر و مقطع خالص دیوار مشابه یکدیگر می‌باشند.



شکل ۲-۲- مقطع موثر و خالص دیوار ساخته شده با بلوک‌های توخالی حفره افقی و بند بستر تمام ملات

پیش نویس غیر قابل استناد

در صـــورت عدم وجود اطلاعات دقیق و قابل اطمینان در خصـــوص ضـــخامت پوســـته‌ها و جان‌های واحدهای بنایی، می‌توان از مقادیر زیر استفاده نمود:

- برای واحدهای رسی: ضخامت پوسته برابر ۱۵ میلی‌متر و ضخامت جان برابر ۱۰ میلی‌متر
- برای واحدهای سیمانی: ضخامت پوسته برابر ۲۰ میلی‌متر و ضخامت جان برابر ۱۵ میلی‌متر
- واحدهای AAC معمولا توپر بوده و ضـخامت پوســته و جان در آن‌ها مطرح نمی‌باشـد. در صـورتی که از واحدهای AAC توخالی استفاده شود، لازم است صخامت‌های پوسته و جان به طور دقیق از سازنده گرفته شود.
- در مورد واحدهای شـیشه‌ای نیازی به دانستن ضخامت پوسته و جان نمی‌باشد چراکه طراحی این نوع دیوارها به صورت تجربی انجام می‌شود.

در مورد واحدهای بنایی توخالی، سـطح مقطع موثر و خالص ممکن اسـت در دو جهت (خمش قائم و خمشی افقی) با یکدیگر برابر نباشـند. در این صـورت می‌توان در جهت اطمینان سطح مقطع موثر را بر اساس سطح مقطع پوسته واحدها درنظر گرفته و از اثر جان واحدها صرف‌نظر نمود.

۲-۱۱- چیدمان واحدهای بنایی

لازم اسـت چیدمان بلوک‌های بنایی به صـورت پیوند ممتد انجام شـود به نحوی که فاصله افقی بندهای قائم (کله) در دو ردیف متوالی حداقل برابر یک چهارم طول واحد بنایی باشـد. در بسـیاری از موارد این فاصـله برابر نصـف طول واحد بنایی درنظر گرفته می‌شود به طوری که بندهای قائم در ردیف‌های یک درمیان با یکدیگر هم امتداد می‌شوند.

۲-۱۲- اتصالات دیوار

در محل تقاطع دیوارهای متقاطع لازم است حداقل یکی از شرایط زیر فراهم شود.

- دو دیوار به یکدیگر متصل نشده و به صورت مستقل از یکدیگر عمل کنند.
- دو دیوار با استفاده از میلگرد بستر و یا قلاب فولادی در فواصل مشخص (حداکثر ۴۰۰ میلی‌متر یا یک ردیف درمیان) به یکدیگر متصل شوند.
- دو دیوار به صورت لاریز اجرا شده و حداقل ۵۰٪ بلوک‌ها در محل اتصال به یکدیگر قفل شده باشند.

دیوارها نباید به صـورت صـلب به المان‌های سـازه‌ای (دیافراگم کف، تیرها، ستون‌ها، مهاربندها، دیوارهای برشی و ...) متصـل شوند. بلکه لازم است از اتصلات کشویی یا لغزشی یا منعطف استفاده شود به نحوی که تغییرشکل‌های سازه اصلی در امتداد داخل صـفحه به دیوار غیرسازه‌ای اعمال نشود. جزییات اجرایی و طراحی اتصالات کشویی در فصول ۶ و ۷ ارائه شده است.

پیش نویس غیر قابل استناد

۲-۱۳- درزهای انبساط

معمولا در سـازه‌های بنایی بزرگ به منظور جلوگیری از ترک‌های ناشـی از جمع شـدگی و تغییرشکل‌های حرارتی، از درزهای انبسـاط در دیوارهای بنایی استفاده می‌شود. با توجه به اینکه ابعاد دیوارهای غیرسازه‌ای محدود بوده و به منظور رعایت الزامات لرزه‌ای لازم اسـت کلیه دیوارها مسلح و در جهت داخل صفحه از سیستم باربر اصلی سازه جدا شوند، لذا به جز در موارد خاصـی که طراح تشـخیص دهد، تعبیه درزهای انبسـاطی برای دیوارهای غیرسازه‌ای ضرورتی ندارد. لازم به توضـیح اسـت که در صـورت تعبیه درز انبسـاطی لازم است تسلیحات دیوار در محل درز انبساط قطع شود. همچنین درز انبساط در نوع شرایط مرزی دیوار باید درنظر گرفته شود.

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۳

میلگرد بستر

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

با توجه به این که تمرکز راهنمای حاضر، تقویت دیوارهای غیرسازه‌ای با استفاده از میلگرد بستر می‌باشد، قبل از ارائه الزامات تحلیل و طراحی، توضیحاتی در خصوص انواع میلگردهای بستر، کاربردها و مزایای آن‌ها ارائه می‌شود.

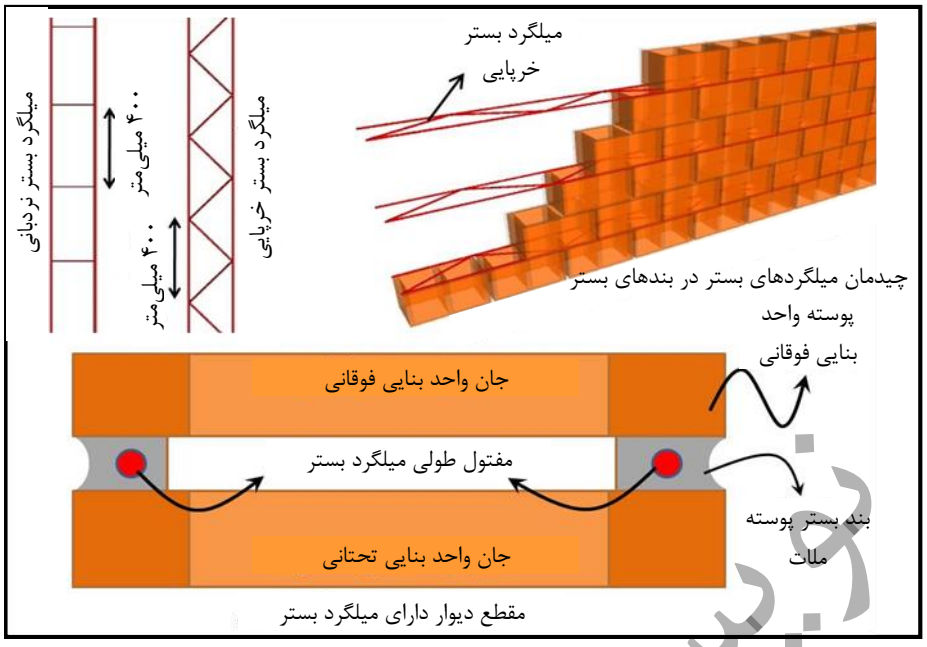
۳-۱- میلگرد بستر

میلگرد بستر، المانی فولادی است که در بند بستر (بند افقی) دیوار قرار می‌گیرد. اگرچه میلگرد بستر می‌تواند یک میلگرد آجدار معمولی باشد، لیکن معمولا میلگردهای بستر به صورت دو مفتول ساده و یا آجدار می‌باشند که توسط یک مفتول میانی به یکدیگر متصل هستند (شکل (۳-۱)).

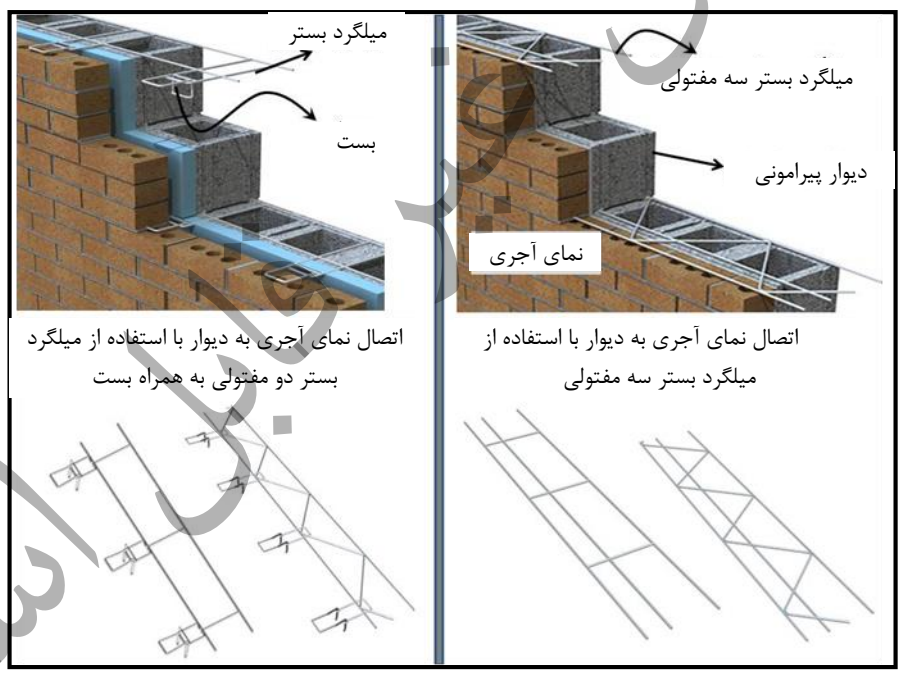
شکل ۳-۱- میلگرد بستر خرپایی قبل از پخش کردن ملات بستر بر روی آن

اگر مفتول میانی به شکل ۷ و ۸ باشد، میلگرد بستر از نوع خرپایی بوده و اگر به شکل عمود بر مفتول‌های طولی باشد، میلگرد بستر از نوع نردبانی خواهد بود (شکل ۳-۲). میلگردهای بستر خرپایی از سختی بیش‌تری برخوردار بوده و استفاده از آن نسبت به میلگردهای بستر نردبانی اولویت دارد. لازم است میلگرد بستر به شکل کامل در داخل ملات بستر مدفون شود تا از طریق ملات، پیوستگی میان میلگرد بستر و واحدهای بنایی بر قرار گردد. برشی از مقطع دیوار مسلح شده توسط میلگرد بستر در شکل (۳-۲) نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است لازم است در فواصل حداکثر برابر با ۴۰۰ ملیمتر مفتول‌های طولی میلگرد بستر به مفتول میانی متصل شوند.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۳-۲- مشخصات هندسی میلگردهای بستر و چینش آن‌ها به عنوان میلگرد افقی در دیوار



شکل ۳-۳- اتصال نمای بنایی به دیوارهای پیرامونی با استفاده از میلگردهای بستر

برای اتصال نمای آجری یا سنگی به دیوار پیرامونی نیز می‌توان از میلگردهای بستر استفاده کرد که در این صورت یکی از تدابیر نشان داده شده در شکل (۳-۳) را می‌توان اتخاذ نمود.

پیش نویس زیر نظر استاد

۳-۲- مزایا و موارد استفاده

مزایای استفاده از میلگرد بستر را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

- افزایش مقاومت خارج از صفحه دیوار
- افزایش شکل پذیری رفتار خارج از صفحه دیوار
- کنترل عرض و فواصل ترک‌های ناشی از جمع شدگی و تغییرشکل‌های حرارتی
- افزایش مقاومت برشی داخل صفحه دیوار
- افزایش انسجام دیوار در حین زلزله و کاهش احتمال فروریزش موضعی دیوار
- برقراری اتصال مکانیکی برای نمای بنایی (آجری یا سنگی)
- عدم نیاز به استفاده از واحدهای بنایی با هندسه ویژه
- عدم نیاز به تزریق دوغاب
- عدم نیاز در تغییر روند ساخت دیوار
- اتصال دیوارهای دولایه به یکدیگر
- طول وصله و طول مهاری کم به دلیل کوچک بودن قطر مفتول و ساختار شبکه‌ای میلگرد بستر
- امکان برقراری اتصال در دیوارهای متقاطع با استفاده از میلگرد بستر

لازم به توضیح است در دیوارهای با عملکرد دو طرفه و نیز دیوارهای دهانه افقی، میلگردهای بستر مستقیما باعث بهبود مقاومت خمشی خواهند شد. در مورد دیوارهای دهانه قائم اگرچه میلگردهای بستر به شکل مستقیم در مقاومت خمشی تاثیری ندارند، لیکن به واسطه بهبود عملکرد داخل صفحه دیوار و کاهش ترک‌های احتمالی، به شکل غیرمستقیم منجر به بهبود عملکرد خارج از صفحه دیوارهای دهانه قائم نیز خواهند شد. لازم به یادآوری است رفتار خارج و داخل صفحه دیوار دارای اندرکنش بوده به طوری که آسیب دیدگی درون صفحه می‌تواند منجر به کاهش مقاومت خارج از صفحه شود و بالعکس.

تاثیر مثبت میلگردهای بستر در افزایش مقاومت و شکل‌پذیری خارج از صفحه دیوار در قالب مثال‌هایی در پیوست شماره ۴ نشان داده شده است.

۳-۳- مشخصات فنی

- حداقل قطر مفتول‌ها ۳/۵ میلی‌متر و حداکثر قطر مفتول‌ها برابر ۶ میلی‌متر یا نصف ضخامت ملات بستر (هر کدام کمتر بود) می‌باشد. همچنین ضخامت ملات بستر نباید از ۱۶ میلی‌متر تجاوز کند. در اکثر موارد از میلگردهای بستر با قطر مفتول ۴ میلیمتر استفاده می‌شود.

پیش نویس غیر قابل استناد

- در مورد بلوک‌های AAC با بند بستر نازک (کم‌تر از ۳ میلی‌متر) مقطع مفتول‌های میلگرد بستر می‌تواند به صورت مستطیلی (کتابی) باشد. بدین ترتیب مفتول کاملا در ملات بستر نازک مدفون خواهد شد. در این شرایط ضخامت مفتول‌های مستطیلی نباید از نصف ضخامت ملات بستر تجاوز کند.
- فولاد مصرفی در ساخت مفتول‌ها لازم است دارای حداقل تنش تسلیم ۴۵۰ مگاپاسگال و حداقل تنش نهایی ۵۵۰ مگاپاسگال باشد. نسبت تنش نهایی به تنش تسلیم نباید کم‌تر از ۱/۲ باشد. در صورتی که تنش تسلیم از مقدار فوق کم‌تر باشد، در صورت تایید مهندس محاسب، استفاده از آن بلامانع خواهد بود به شرطی که نسبت تنش نهایی به تنش تسلیم همچنان از ۱/۲ کم‌تر نباشد.
- به منظور جلوگیری از خوردگی، لازم است میلگردهای بستر به صورت گالوانیزه تولید شده و یا دارای پوشش اپوکسی باشند.

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۴

تقاضاهای وارده بر دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

۴-۱- کلیات

در این فصل تقاضاهای وارده بر دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای شامل دیوارهای داخلی و دیوارهای پیرامونی مورد بحث قرار گرفته است. نیروهای وارده بر دیوار از جانب زلزله و باد به ترتیب در بندهای ۴-۲ و ۴-۳ به دست آمده سپس با استفاده از روش ضرایب خمش که در بند ۴-۵ معرفی شده است، تقاضاهای خمشی وارده بر دیوار تخمین زده خواهند شد. با توجه به این که رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای تنها تحت تاثیر خمش می‌باشند، لذا تاکید اصلی بر روی تقاضای خمشی بوده و از تقاضای برشی صرف‌نظر خواهد شد.

در این فصل بار لرزه‌ای وارده بر دیوارهای غیرسازه‌ای بر اساس آیین‌نامه ASCE7-16 (2016) و بار باد بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان (۱۳۸۵) به دست آمده است. با توجه به اینکه طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای در هر طبقه به طور مجزا روند زمان بری می‌باشد، لذا بارهای لرزه‌ای و باد وارده بر دیوارها در جهت اطمینان در بالاترین تراز سازه به دست آمده و کلیه دیوارها بر این مبنا طراحی خواهند شد. دیوارهای داخلی تنها برای بارهای لرزه‌ای طراحی می‌شوند، لیکن دیوارهای پیرامونی برای بحرانی‌ترین نیرو بین باد و زلزله طراحی خواهند شد.

ضرایب خمش معرفی شده در بند ۴-۴ مبتنی بر تئوری خطوط تسلیم بوده و منطبق بر آیین‌نامه Eurocode 6 (2005) می‌باشند. صحت این روش در پیوست‌های شماره ۲ و ۳ به ترتیب با استفاده از نتایج آزمایشگاهی و عددی بررسی شده است.

۴-۲- فشار خارج از صفحه ناشی از زلزله

نیروی ناشی از زلزله بر دیوارهای غیرسازه‌ای به صورت زیر می‌باشد.

$$w_{eq} = 0.48AI(1+S)w \qquad (۱-۴)$$

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

A= شتاب مبنای طرح (g)

I= ضریب اهمیت دیوار

S= پارامتر مربوط به خطرپذیری لرزه‌ای

w= وزن دیوار و قطعات و المان‌هایی که به آن متصل شده‌اند (N/m^2)

پارامترهای A و S به لرزه‌خیزی منطقه بستگی داشته و بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ به دست می‌آیند. رابطه (۴-۱) نیروی لرزه‌ای وارده بر دیوارهای آخرین طبقه می‌باشد در صورت لزوم در طبقات پایین‌تر می‌توان مقدار آن را به صورت خطی به نحوی کاهش داد که نیروی لرزه‌ای وارده بر دیوارهای تراز پایه برابر با 0.3A(1+S)IW شود. ضریب اهمیت I در مورد دیوارهای متعارف برابر ۱ می‌باشد. در خصوص دیوارهایی که از نظر ایمنی جانی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند (دیوار بیمارستان‌ها، دیوارهای دارای قفسه‌های حاوی مواد شیمیای خطرناک و ...)، این ضریب برابر ۱/۵ است.

تبصره: در خصوص دیوارهای بنایی غیرمسلح داخلی، لازم است نیروی زلزله این بند به میزان ۷۰٪ افزایش یابد.

پیش نویس غیر قابل استناد

۴-۳- فشار خارج از صفحه ناشی از باد

نیروی ناشی از باد لازم است تنها بر دیوارهای پیرامونی اعمال شود. نیروی ناشی از باد بر دیوارهای پیرامونی به صورت زیر به دست می‌آید.

در نواحی داخل شهرها و یا محل‌های دارای ساختمان‌های متعدد یا درخت‌های انبوه:

$$w_{win} = 0.11(\frac{H_t}{10})^{0.24} V^2 \qquad (۲-۴)$$

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

$$w_{win} = 0.14(\frac{H_t}{10})^{0.16} V^2 \qquad (۳-۴)$$

که

w_{win} = نیروی ناشی از باد در امتداد خارج از صفحه دیوارهای پیرامونی (N/m^2)

V= سرعت مبنای باد (km/h)

H_t= ارتفاع کل ساختمان از سطح زمین (m)

آن دسته از دیوارهای پیرامونی که پیش‌بینی می‌شود در طول عمر مفید بنا در معرض باد قرار نخواهند گرفت، لازم نیست برای نیروی باد طراحی شوند. برخلاف اجزای سازه‌ای، در خصوص دیوارهای غیرسازه‌ای نیروی ناشی از باد معمولا بزرگ‌تر از نیروی ناشی از زلزله خواهد بود.

۴-۴- فشار طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای

۴-۴-۱- دیوارهای داخلی

فشار طراحی (w_u) دیوارهای داخلی برابر نیروی لرزه‌ای آن‌ها می‌باشد.

$$w_u = w_{eq} \qquad (۴-۴)$$

در صورتی که مقطع موثر دیوار نامتقارن باشد، فشار فوق باید هم به صورت مثبت و هم به صورت منفی در امتداد عمود بر صفحه دیوار درنظر گرفته شود.

۴-۴-۲- دیوارهای پیرامونی

فشار طراحی (w_u) دیوارهای پیرامونی لازم است به صورت زیر به دست آیند.

$$\max(w_{eq}, w_{win}) = w_u \qquad (۵-۴)$$

در صورتی که مقطع موثر دیوار نامتقارن باشد، فشار فوق باید هم به صورت مثبت و هم به صورت منفی در امتداد عمود بر صفحه دیوار درنظر گرفته شود.

پیش نویس غیر قابل استناد

۴-۵- تقاضاهای خمشی نهایی

۴-۵-۱- دیوارهای با عملکرد یکطرفه- دهانه قائم

مطابق شکل (۴-۱)، در دیوارهایی که خمش به صورت یک طرفه بوده و عمدتا خمش قائم (تنش کششی عمود بر بند بستر- ترک کششی موازی بند بستر) در دیوار ایجاد می‌گردد، تقاضای خمشی نهایی (M_u) وارده بر دیوار برابر است با:

$$M_u = \alpha w_u H^2 \qquad (۶-۴)$$

که برای دهانه دو سر ساده مقدار α برابر ۰/۱۲۵ و برای دهانه دو سر گیردار مقدار آن برابر ۰/۰۸۳ می‌باشد. همچنین H برابر ارتفاع خالص دیوار مابین دو تکیه‌گاه و w_u فشاری طراحی دیوار مطابق بند ۴-۴ می‌باشد. دستیابی به اتصال کاملا گیردار در دیوارهای بنایی کار دشواری است لذا توصیه می‌شود در جهت اطمینان اتصالات دیوارهای بنایی به صورت مفصلی درنظر گرفته شود.

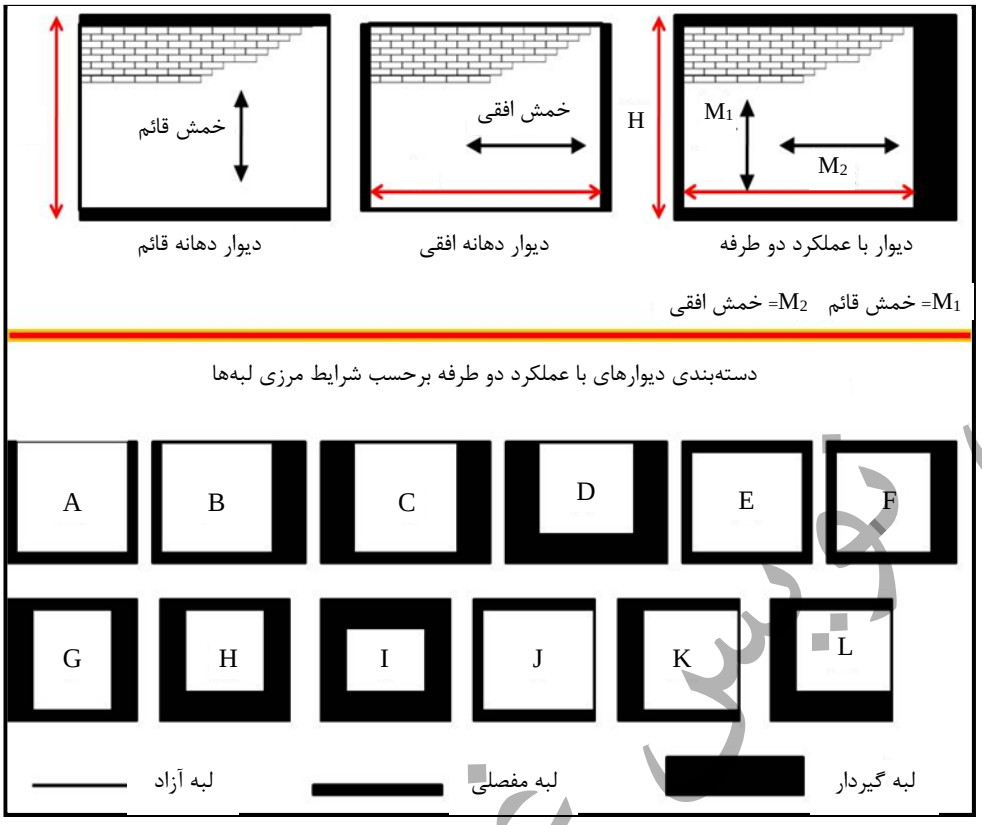
۴-۵-۲- دیوارهای با عملکرد یکطرفه- دهانه افقی

مطابق شکل (۴-۱)، در دیوارهایی که خمش به صورت یک طرفه بوده و عمدتا خمش افقی (تنش کششی موازی بند بستر- ترک کششی عمود بر بند بستر) در دیوار ایجاد می‌گردد، تقاضای خمشی نهایی وارده بر دیوار برابر است با:

$$M_u = \alpha w_u L^2 \qquad (۷-۴)$$

که برای دهانه دو سر ساده مقدار α برابر ۰/۱۲۵ و برای دهانه دو سر گیردار در صورتی که دیوار دارای میلگرد بستر باشد مقدار آن برابر ۰/۰۶۳ و در غیر این صورت ۰/۰۸۳ می‌باشد. به علاوه L برابر طول مابین دو تکیه‌گاه دیوار و w_u فشاری طراحی دیوار مطابق بند ۵-۴ می‌باشند.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۴-۱- دیوارهای دهانه افقی، دهانه قائم و دیوارهای با عملکرد دوطرفه

۴-۵-۳- دیوارهای با عملکرد دو طرفه

در بسیاری از موارد دیوارهای غیرسازه‌ای در سه یا چهار لبه خود دارای تکیه‌گاه بوده و خمش‌های افقی و قائم به طور هم زمان در آن ایجاد می‌شوند (مطابق شکل (۴-۱)). در این بخش برای تعیین تقاضای خمشی نهایی در دیوارهای با عملکرد دو طرفه از روش ضرایب خمشی استفاده شده است. این روش، روشی تقریبی و بر اساس تئوری خطوط تسلیم می‌باشد. استفاده از سایر روش‌ها، همانند روش کار مجازی و تحلیل‌های المان محدود با درنظر گرفتن شرایط غیرایزوتروپیک دیوار، نیز مجاز می‌باشد.

قبل از ارائه جزییات مربوط به روش ضرایب لنگر، بهتر است قدری در خصوص فرضیات این روش صحبت شود. تئوری خطوط تسلیم (که مبنای روش ضرایب لنگر می‌باشد) به منظور ارزیابی رفتار خارج از صفحه دیوار (یا به طور کلی یک پوسته) در حالت نهایی و ترک خورده خود استفاده می‌شود. در این تکنیک خطوط تسلیمی برای دیوار متصور شده و فرض می‌شود دیوار در امتداد این خوط ترک خورده است (صرف‌نظر از این که آیا واقعا فشار وارده بر دیوار قادر به ایجاد چنین شرایطی هست یا خیر). بدین ترتیب بسته به شرایط مرزی و هندسی، دیوار به سه یا چهار بخش تقسیم شده و با نوشتن روابط تعادل برای هر بخش لنگر ایجاده در لبه‌های هر بخش به دست می‌آید. با برابر قرار دادن این لنگرها با مقاومت خمشی دیوار، فشار خارج از صفحه‌ای که منجر به ایجاد چنین شرایطی برای دیوار شده است تخمین زده خواهد شد. در روش ضرایب خمشی، در حقیقت با داشتن مقاومت خمشی دیوار، می‌توان فشاری که منجر به رسیدن دیوار به

پیش نویس غیر قابل استناد

ظرفیت نهایی خود می‌شود را به دست آورد. سپس با مقایسه فشار به دست آمده با فشار وارده بر دیوار (ناشی از باد یا زلزله) می‌توان در خصوص کفایت طراحی دیوار اظهار نظر نمود. درخصوص کفایت دیوار، می‌توان خمش‌های ایجاد شده در دیوار را نیز ملاک عمل قرار داد و به جای مقایسه ظرفیت فشار خارج از صفحه با تقاضای فشار خارج از صفحه، ظرفیت خمشی را با تقاضای خمشی مقایسه نمود. بر این اساس از روش ضرایب خمش به جای اینکه فشار منجر به شکست دیوار به دست آید، خمشی به دست می‌آید که اگر از مقاومت خمشی دیوار تجاوز کند، دیوار ناپایدار خواهد شد. از خمش به دست آمده به عنوان تقاضای خمشی یاد می‌شود. لیکن در واقعیت خمش به دست آمده (از روابط (۴-۸) و (۴-۹)) با تقاضای خمشی ناشی از فشار وارده بر دیوار متفاوت خواهد بود. به بیان دیگر روابط (۴-۸) و (۴-۹) با این فرض می‌باشند که دیوار در آستانه فروریزش بوده و ترک‌های مربوط به خطوط تسلیم در دیوار ایجاد شده است. حال آن که اگر فشار وارده بر دیوار کم باشد، عملا ترکی در دیوار ایجاد نشده (یا به طور جزئی چند ترک در دیوار ایجاد شده است) و تقاضاهای خمشی وارده بر دیوار متفاوت از مقادیر محاسبه شده توسط روابط (۴-۸) و (۴-۹) خواهند بود. با این حال این روابط محافظه کارانه بوده و به منظور طراحی مقاومتی (نه عملکردی) مناسب می‌باشند.

با درنظر داشتن نکات فوق، تقاضای خمشی نهایی در واحد طول یا واحد ارتفاع به صورت زیر به دست می‌آیند:

$$M_{u2} = \alpha_2 w_u L^2 \qquad (۴-۸)$$

$$M_{u1} = \mu M_{u2} \qquad (۴-۹)$$

که:

M_{u2} = تقاضای خمشی افقی

M_{u1} = تقاضای خمشی قائم

L = طول دیوار

α_2 = ضریب خمش افقی مطابق جداول (۴-۲) تا (۴-۱۳)

w_u = فشار طراحی دیوار مطابق بند ۴-۴

μ = نسبت اورتوگنال که برابر است با نسبت مقاومت خمش افقی طراحی به مقاومت خمش قائم طراحی (مطابق فصل ۵)

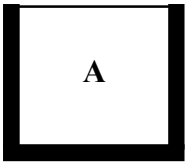
ضریب خمش افقی (α_2) به شرایط هندسی و تکیه‌گاهی دیوار وابسته می‌باشد. شرایط مرزی گوناگون در شکل (۴-۱) و نیز جدول (۴-۱) ارائه شده‌اند. شایان ذکر است که مقدار μ همواره کم‌تر از ۱ بوده و در مورد دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های توپر یا توخالی فاقد دوغاب این نسبت همواره از ۰/۵ کم‌تر می‌باشد. لذا جداول (۴-۱) تا (۴-۱۲) برای مقادیر μ بین ۰/۵۰ تا ۰/۱۰ ارائه شده‌اند. جداول کامل‌تر در اپلیکیشن تحت اکسل که یکی از پیوست‌های ضابطه است، موجود می‌باشد (پیوست شماره ۱).

پیش نویس غیر قابل استناد

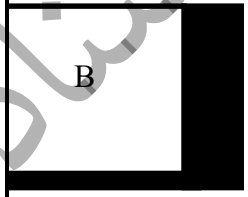
جدول ۴-۱- معرفی شرایط مرزی گوناگون برای دیوارهای با عملکرد دوطرفه

شرایط مرزی	لبه سمت راست	لبه سمت چپ	لبه تحتانی	لبه فوقانی
A	مفصلی	مفصلی	مفصلی	آزاد
B	گیردار	مفصلی	مفصلی	آزاد
C	گیردار	گیردار	مفصلی	آزاد
D	گیردار	گیردار	گیردار	آزاد
E	مفصلی	مفصلی	مفصلی	مفصلی
F	گیردار	مفصلی	مفصلی	مفصلی
G	گیردار	گیردار	مفصلی	مفصلی
H	گیردار	گیردار	گیردار	مفصلی
I	گیردار	گیردار	گیردار	گیردار
J	آزاد	مفصلی	مفصلی	مفصلی
K	آزاد	گیردار	مفصلی	مفصلی
L	آزاد	گیردار	گیردار	مفصلی

جدول ۴-۲- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع A

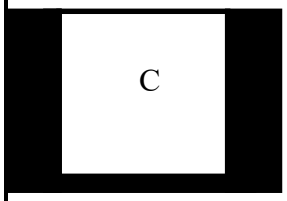
شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	۰/۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۵۶	۰/۰۷۳	۰/۰۸۳	۰/۰۹۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹۹	۰/۱۰۲
	۰/۴۰	۰/۰۴۳	۰/۰۶۱	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷	۰/۰۹۳	۰/۰۹۸	۰/۱۰۱	۰/۱۰۴
	۰/۳۵	۰/۰۴۵	۰/۰۶۴	۰/۰۸۰	۰/۰۸۹	۰/۰۹۵	۰/۱۰۰	۰/۱۰۳	۰/۱۰۵
	۰/۳۰	۰/۰۴۸	۰/۰۶۷	۰/۰۸۲	۰/۰۹۱	۰/۰۹۷	۰/۱۰۱	۰/۱۰۴	۰/۱۰۷
	۰/۲۵	۰/۰۵۰	۰/۰۷۱	۰/۰۸۵	۰/۰۹۴	۰/۰۹۹	۰/۱۰۳	۰/۱۰۶	۰/۱۰۹
	۰/۲۰	۰/۰۵۴	۰/۰۷۵	۰/۰۸۹	۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۰/۱۰۵	۰/۱۰۸	۰/۱۱۱
	۰/۱۵	۰/۰۶۰	۰/۰۸۰	۰/۰۹۳	۰/۱۰۰	۰/۱۰۴	۰/۱۰۸	۰/۱۱۰	۰/۱۱۳
	۰/۱۰	۰/۰۶۹	۰/۰۸۷	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۰۸	۰/۱۱۱	۰/۱۱۳	۰/۱۱۵

جدول ۴-۳- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع B

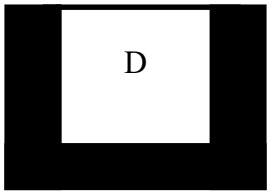
شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	۰/۵۰	۰/۰۳۱	۰/۰۴۴	۰/۰۵۵	۰/۰۶۱	۰/۰۶۶	۰/۰۶۹	۰/۰۷۱	۰/۰۷۲
	۰/۴۰	۰/۰۳۴	۰/۰۴۷	۰/۰۵۷	۰/۰۶۳	۰/۰۶۷	۰/۰۷۰	۰/۰۷۲	۰/۰۷۴
	۰/۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۹	۰/۰۵۹	۰/۰۶۵	۰/۰۶۸	۰/۰۷۱	۰/۰۷۳	۰/۰۷۴
	۰/۳۰	۰/۰۳۷	۰/۰۵۱	۰/۰۶۱	۰/۰۶۶	۰/۰۷۰	۰/۰۷۲	۰/۰۷۴	۰/۰۷۵
	۰/۲۵	۰/۰۳۹	۰/۰۵۳	۰/۰۶۲	۰/۰۶۸	۰/۰۷۱	۰/۰۷۳	۰/۰۷۵	۰/۰۷۷
	۰/۲۰	۰/۰۴۳	۰/۰۵۶	۰/۰۶۵	۰/۰۶۹	۰/۰۷۲	۰/۰۷۴	۰/۰۷۶	۰/۰۷۸
	۰/۱۵	۰/۰۴۷	۰/۰۵۹	۰/۰۶۷	۰/۰۷۱	۰/۰۷۴	۰/۰۷۶	۰/۰۷۷	۰/۰۷۹
	۰/۱۰	۰/۰۵۲	۰/۰۶۳	۰/۰۷۰	۰/۰۷۴	۰/۰۷۶	۰/۰۷۸	۰/۰۷۹	۰/۰۸۰

پیش نویس غیر قابل استناد

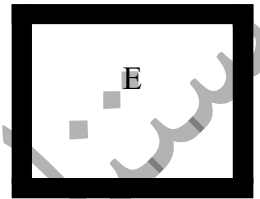
جدول ۴-۴- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع C

شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	۰/۵۰	۰/۰۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۳	۰/۰۴۷	۰/۰۵۰	۰/۰۵۲	۰/۰۵۳	۰/۰۵۴
	۰/۴۰	۰/۰۲۷	۰/۰۳۸	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۵۱	۰/۰۵۳	۰/۰۵۴	۰/۰۵۵
	۰/۳۵	۰/۰۲۹	۰/۰۳۹	۰/۰۴۵	۰/۰۴۹	۰/۰۵۲	۰/۰۵۳	۰/۰۵۴	۰/۰۵۵
	۰/۳۰	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۶	۰/۰۵۰	۰/۰۵۲	۰/۰۵۴	۰/۰۵۵	۰/۰۵۶
	۰/۲۵	۰/۰۳۲	۰/۰۴۲	۰/۰۴۸	۰/۰۵۱	۰/۰۵۳	۰/۰۵۴	۰/۰۵۶	۰/۰۵۷
	۰/۲۰	۰/۰۳۴	۰/۰۴۳	۰/۰۴۹	۰/۰۵۲	۰/۰۵۴	۰/۰۵۵	۰/۰۵۶	۰/۰۵۸
	۰/۱۵	۰/۰۳۷	۰/۰۴۶	۰/۰۵۱	۰/۰۵۳	۰/۰۵۵	۰/۰۵۶	۰/۰۵۷	۰/۰۵۹
	۰/۱۰	۰/۰۴۱	۰/۰۴۸	۰/۰۵۳	۰/۰۵۵	۰/۰۵۶	۰/۰۵۷	۰/۰۵۸	۰/۰۵۹

جدول ۴-۵- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع D

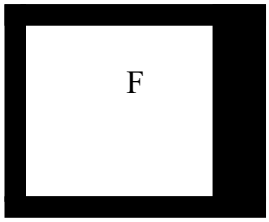
شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	۰/۵۰	۰/۰۱۸	۰/۰۲۸	۰/۰۳۷	۰/۰۴۲	۰/۰۴۵	۰/۰۴۸	۰/۰۵۰	۰/۰۵۱
	۰/۴۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹	۰/۰۵۱	۰/۰۵۲
	۰/۳۵	۰/۰۲۲	۰/۰۳۲	۰/۰۴۰	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۵۰	۰/۰۵۱	۰/۰۵۳
	۰/۳۰	۰/۰۲۳	۰/۰۳۴	۰/۰۴۱	۰/۰۴۶	۰/۰۴۹	۰/۰۵۱	۰/۰۵۲	۰/۰۵۳
	۰/۲۵	۰/۰۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۳	۰/۰۴۷	۰/۰۵۰	۰/۰۵۲	۰/۰۵۳	۰/۰۵۴
	۰/۲۰	۰/۰۲۷	۰/۰۳۸	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۵۱	۰/۰۵۳	۰/۰۵۴	۰/۰۵۵
	۰/۱۵	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۶	۰/۰۵۰	۰/۰۵۲	۰/۰۵۴	۰/۰۵۵	۰/۰۵۶
	۰/۱۰	۰/۰۳۴	۰/۰۴۳	۰/۰۴۹	۰/۰۵۲	۰/۰۵۴	۰/۰۵۵	۰/۰۵۶	۰/۰۵۷

جدول ۴-۶- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع E

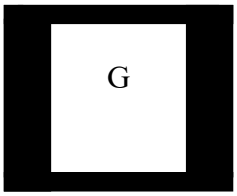
شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	۰/۵۰	۰/۰۱۴	۰/۰۲۸	۰/۰۴۴	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۰	۰/۰۸۵
	۰/۴۰	۰/۰۱۷	۰/۰۳۲	۰/۰۴۹	۰/۰۶۲	۰/۰۷۱	۰/۰۷۸	۰/۰۸۴	۰/۰۸۸
	۰/۳۵	۰/۰۱۸	۰/۰۳۵	۰/۰۵۲	۰/۰۶۴	۰/۰۷۴	۰/۰۸۱	۰/۰۸۶	۰/۰۹۰
	۰/۳۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۸	۰/۰۵۵	۰/۰۶۸	۰/۰۷۷	۰/۰۸۳	۰/۰۸۹	۰/۰۹۳
	۰/۲۵	۰/۰۲۳	۰/۰۴۲	۰/۰۵۹	۰/۰۷۱	۰/۰۸۰	۰/۰۸۷	۰/۰۹۱	۰/۰۹۶
	۰/۲۰	۰/۰۲۶	۰/۰۴۶	۰/۰۶۴	۰/۰۷۶	۰/۰۸۴	۰/۰۹۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹۹
	۰/۱۵	۰/۰۳۲	۰/۰۵۳	۰/۰۷۰	۰/۰۸۱	۰/۰۸۹	۰/۰۹۴	۰/۰۹۸	۰/۱۰۳
	۰/۱۰	۰/۰۳۹	۰/۰۶۲	۰/۰۷۸	۰/۰۸۸	۰/۰۹۵	۰/۱۰۰	۰/۱۰۳	۰/۱۰۶

پیش نویس غیر قابل استناد

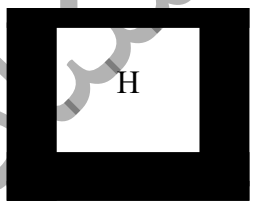
جدول ۴-۷- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع F

شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
 F	۰/۵۰	۰/۰۱۳	۰/۰۲۴	۰/۰۳۶	۰/۰۴۴	۰/۰۵۱	۰/۰۵۶	۰/۰۵۹	۰/۰۶۲
	۰/۴۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۷	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۴	۰/۰۵۸	۰/۰۶۲	۰/۰۶۴
	۰/۳۵	۰/۰۱۶	۰/۰۲۹	۰/۰۴۱	۰/۰۵۰	۰/۰۵۵	۰/۰۶۰	۰/۰۶۳	۰/۰۶۶
	۰/۳۰	۰/۰۱۸	۰/۰۳۱	۰/۰۴۴	۰/۰۵۲	۰/۰۵۷	۰/۰۶۲	۰/۰۶۵	۰/۰۶۷
	۰/۲۵	۰/۰۲۰	۰/۰۳۴	۰/۰۴۶	۰/۰۵۴	۰/۰۶۰	۰/۰۶۳	۰/۰۶۶	۰/۰۶۹
	۰/۲۰	۰/۰۲۳	۰/۰۳۷	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۲	۰/۰۶۶	۰/۰۶۸	۰/۰۷۰
	۰/۱۵	۰/۰۲۷	۰/۰۴۲	۰/۰۵۳	۰/۰۶۰	۰/۰۶۵	۰/۰۶۸	۰/۰۷۰	۰/۰۷۲
	۰/۱۰	۰/۰۳۲	۰/۰۴۸	۰/۰۵۸	۰/۰۶۴	۰/۰۶۸	۰/۰۷۱	۰/۰۷۳	۰/۰۷۴

جدول ۴-۸- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع G

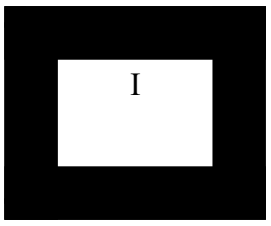
شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
 G	۰/۵۰	۰/۰۱۱	۰/۰۲۱	۰/۰۳۰	۰/۰۳۶	۰/۰۴۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸
	۰/۴۰	۰/۰۱۳	۰/۰۲۳	۰/۰۳۲	۰/۰۳۸	۰/۰۴۲	۰/۰۴۵	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹
	۰/۳۵	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۰/۰۳۳	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۵۰
	۰/۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۶	۰/۰۳۵	۰/۰۴۱	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹	۰/۰۵۱
	۰/۲۵	۰/۰۱۸	۰/۰۲۸	۰/۰۳۷	۰/۰۴۲	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۵۰	۰/۰۵۲
	۰/۲۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۹	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۵۰	۰/۰۵۲	۰/۰۵۴
	۰/۱۵	۰/۰۲۳	۰/۰۳۴	۰/۰۴۲	۰/۰۴۶	۰/۰۴۹	۰/۰۵۱	۰/۰۵۳	۰/۰۵۵
	۰/۱۰	۰/۰۲۷	۰/۰۳۸	۰/۰۴۵	۰/۰۴۹	۰/۰۵۲	۰/۰۵۳	۰/۰۵۵	۰/۰۵۷

جدول ۴-۹- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع H

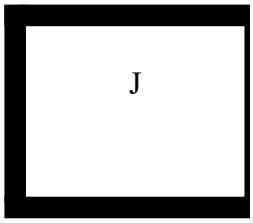
شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
 H	۰/۵۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱۷	۰/۰۲۵	۰/۰۳۲	۰/۰۳۶	۰/۰۴۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۵
	۰/۴۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۹	۰/۰۲۸	۰/۰۳۴	۰/۰۳۹	۰/۰۴۲	۰/۰۴۵	۰/۰۴۷
	۰/۳۵	۰/۰۱۱	۰/۰۲۱	۰/۰۲۹	۰/۰۳۶	۰/۰۴۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۷
	۰/۳۰	۰/۰۱۳	۰/۰۲۲	۰/۰۳۱	۰/۰۳۷	۰/۰۴۱	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹
	۰/۲۵	۰/۰۱۴	۰/۰۲۴	۰/۰۳۳	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸	۰/۰۵۱
	۰/۲۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۷	۰/۰۳۵	۰/۰۴۱	۰/۰۴۵	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹	۰/۰۵۲
	۰/۱۵	۰/۰۱۹	۰/۰۳۰	۰/۰۳۸	۰/۰۴۳	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹	۰/۰۵۱	۰/۰۵۳
	۰/۱۰	۰/۰۲۳	۰/۰۳۴	۰/۰۴۲	۰/۰۴۷	۰/۰۵۰	۰/۰۵۲	۰/۰۵۳	۰/۰۵۴

پیش نویس غیر قابل استناد

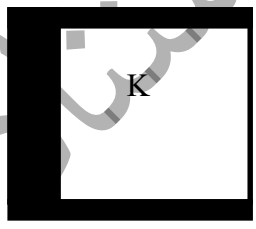
جدول ۴-۱۰- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع I

شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	۰/۵۰	۰/۰۰۷	۰/۰۱۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲۸	۰/۰۳۳	۰/۰۳۷	۰/۰۴۰	۰/۰۴۲
	۰/۴۰	۰/۰۰۸	۰/۰۱۶	۰/۰۲۴	۰/۰۳۱	۰/۰۳۵	۰/۰۳۹	۰/۰۴۲	۰/۰۴۴
	۰/۳۵	۰/۰۰۹	۰/۰۱۷	۰/۰۲۶	۰/۰۳۲	۰/۰۳۷	۰/۰۴۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۵
	۰/۳۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۹	۰/۰۲۸	۰/۰۳۴	۰/۰۳۸	۰/۰۴۲	۰/۰۴۴	۰/۰۴۶
	۰/۲۵	۰/۰۱۱	۰/۰۲۱	۰/۰۳۰	۰/۰۳۶	۰/۰۴۰	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۸
	۰/۲۰	۰/۰۱۳	۰/۰۲۳	۰/۰۳۲	۰/۰۳۸	۰/۰۴۲	۰/۰۴۵	۰/۰۴۷	۰/۰۵۰
	۰/۱۵	۰/۰۱۶	۰/۰۲۶	۰/۰۳۵	۰/۰۴۱	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹	۰/۰۵۱
	۰/۱۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۹	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۵۰	۰/۰۵۲	۰/۰۵۴

جدول ۴-۱۱- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع J

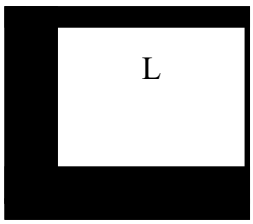
شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	۰/۵۰	۰/۰۱۸	۰/۰۴۲	۰/۰۷۷	۰/۱۱۳	۰/۱۵۳	۰/۱۹۵	۰/۲۳۷	۰/۲۸۰
	۰/۴۰	۰/۰۲۱	۰/۰۵۰	۰/۰۹۰	۰/۱۳۱	۰/۱۷۷	۰/۲۲۵	۰/۲۷۲	۰/۳۲۱
	۰/۳۵	۰/۰۲۴	۰/۰۵۵	۰/۰۹۸	۰/۱۴۴	۰/۱۹۴	۰/۲۴۴	۰/۲۹۶	۰/۳۴۷
	۰/۳۰	۰/۰۲۷	۰/۰۶۲	۰/۱۰۸	۰/۱۶۰	۰/۲۱۴	۰/۲۶۹	۰/۳۲۵	۰/۳۸۱
	۰/۲۵	۰/۰۳۲	۰/۰۷۱	۰/۱۲۲	۰/۱۸۰	۰/۲۴۰	۰/۳۰۰	۰/۳۶۲	۰/۴۲۸
	۰/۲۰	۰/۰۳۸	۰/۰۸۳	۰/۱۴۲	۰/۲۰۸	۰/۲۷۶	۰/۳۴۴	۰/۴۱۳	۰/۴۸۸
	۰/۱۵	۰/۰۴۸	۰/۱۰۰	۰/۱۷۳	۰/۲۵۰	۰/۳۲۹	۰/۴۰۸	۰/۴۸۸	۰/۵۷۰
	۰/۱۰	۰/۰۶۵	۰/۱۳۱	۰/۲۲۴	۰/۳۲۱	۰/۴۱۸	۰/۵۱۵	۰/۶۱۳	۰/۶۹۸

جدول ۴-۱۲- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع K

شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	۰/۵۰	۰/۰۱۶	۰/۰۳۵	۰/۰۶۱	۰/۰۸۵	۰/۱۰۹	۰/۱۳۰	۰/۱۴۹	۰/۱۶۷
	۰/۴۰	۰/۰۱۹	۰/۰۴۱	۰/۰۶۹	۰/۰۹۷	۰/۱۲۱	۰/۱۴۴	۰/۱۶۴	۰/۱۸۲
	۰/۳۵	۰/۰۲۱	۰/۰۴۵	۰/۰۷۵	۰/۱۰۴	۰/۱۲۹	۰/۱۵۲	۰/۱۷۳	۰/۱۹۱
	۰/۳۰	۰/۰۲۴	۰/۰۵۰	۰/۰۸۲	۰/۱۱۲	۰/۱۳۹	۰/۱۶۲	۰/۱۸۳	۰/۲۰۲
	۰/۲۵	۰/۰۲۸	۰/۰۵۶	۰/۰۹۱	۰/۱۲۳	۰/۱۵۰	۰/۱۷۴	۰/۱۹۶	۰/۲۱۷
	۰/۲۰	۰/۰۳۳	۰/۰۶۴	۰/۱۰۳	۰/۱۳۶	۰/۱۶۵	۰/۱۹۰	۰/۲۱۱	۰/۲۳۴
	۰/۱۵	۰/۰۴۰	۰/۰۷۷	۰/۱۱۹	۰/۱۵۵	۰/۱۸۴	۰/۲۱۰	۰/۲۳۱	۰/۲۵۳
	۰/۱۰	۰/۰۵۳	۰/۰۹۶	۰/۱۴۴	۰/۱۸۲	۰/۲۱۳	۰/۲۳۸	۰/۲۶۰	۰/۲۷۹

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول ۴-۱۳- ضریب خمش افقی (α_2) برای دیوار با شرایط مرزی نوع L

شرایط مرزی دیوار	μ	H/L							
		۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۷۵	۲/۰۰
	۰/۵۰	۰/۰۱۲	۰/۰۲۷	۰/۰۴۸	۰/۰۶۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۸	۰/۱۲۶	۰/۱۴۲
	۰/۴۰	۰/۰۱۴	۰/۰۳۲	۰/۰۵۵	۰/۰۷۸	۰/۱۰۰	۰/۱۲۱	۰/۱۳۹	۰/۱۵۷
	۰/۳۵	۰/۰۱۶	۰/۰۳۵	۰/۰۶۰	۰/۰۸۴	۰/۱۰۸	۰/۱۲۹	۰/۱۴۸	۰/۱۶۵
	۰/۳۰	۰/۰۱۸	۰/۰۳۹	۰/۰۶۶	۰/۰۹۲	۰/۱۱۶	۰/۱۳۸	۰/۱۵۸	۰/۱۷۶
	۰/۲۵	۰/۰۲۱	۰/۰۴۴	۰/۰۷۳	۰/۱۰۱	۰/۱۲۷	۰/۱۵۰	۰/۱۷۰	۰/۱۹۰
	۰/۲۰	۰/۰۲۵	۰/۰۵۲	۰/۰۸۴	۰/۱۱۴	۰/۱۴۱	۰/۱۶۵	۰/۱۸۵	۰/۲۰۶
	۰/۱۵	۰/۰۳۱	۰/۰۶۱	۰/۰۹۸	۰/۱۳۱	۰/۱۵۹	۰/۱۸۴	۰/۲۰۵	۰/۲۲۶
	۰/۱۰	۰/۰۴۱	۰/۰۷۸	۰/۱۲۱	۰/۱۵۶	۰/۱۸۶	۰/۲۱۲	۰/۲۳۳	۰/۲۵۲

۴-۶- اثر بازشوها

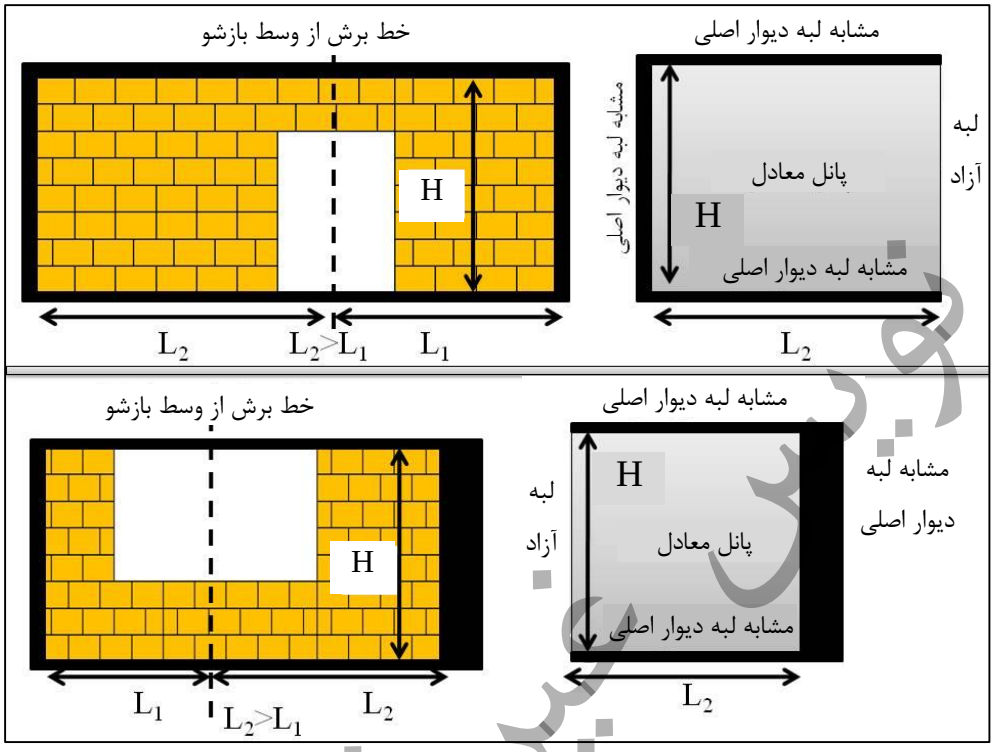
در خصوص دیوارهای با عملکرد دوطرفه دارای بازشو، روند کار مشابه دیوارهای بدون بازشو می‌باشد با این تفاوت که لازم است پانل معادلی از دیوار ساخته شود. این پانل معادل خود فاقد بازشو بوده، لیکن ابعاد و شرایط مرزی آن به نحوی می‌باشد که ظرفیت خارج از صفحه آن مشابه دیوار اصلی باشد. به عبارت دیگر انتظار می رود ظرفیت نهایی خارج از صفحه دیوار دارای بازشو و پانل معادل آن با یکدیگر برابر باشند. روش ساختن پانل معادل برای دیوارهای با بازشوهای مختلف در شکل‌های (۴-۲) و (۴-۳) ارائه شده است. مطابق شکل (۴-۲) ابتدا یک خط برش عمودی از وسط بازشو عبور داده شده و دیوار از این خط به دو قسمت تقسیم می‌شود. از بین دو پانل بدست آمده پانلی که دارای طول بزرگتر است، انتخاب می‌گردد. بدین ترتیب پانل معادل دیوار اصلی دارای بازشو ساخته می‌شود. در پانل معادل، همواره لبه‌ای که در واقع معرف خط برش وسط بازشو بوده است به صورت آزاد درنظر گرفته می‌شود.

در صورتی که مطابق شکل (۴-۳) دیوار دارای بیش از یک بازشوی پنجره باشد، به منظور ساخت پانل معادل ابتدا لازم است یک بازشوی پنجره معادل تعریف شود. بازشوی معادل حداقل بازشویی می‌باشد که تمام بازشوهای پنجره موجود در دیوار را در برگیرد. روند ساخت پانل معادل مطابق شکل (۴-۳) می‌تواند اتخاذ شود. در خصوص دیوارهای دارای بیش از یک بازشو نتایج آزمایشگاهی اندکی وجود داشته و این نوع دیوارها می‌توانند به صورت موضعی نیز دچار آسیب شوند. لذا استفاده از این نوع دیوارها (دیوار با بیش از یک بازشو) توصیه نمی‌شود. در صورتی که مابین دو بازشو دیوار دیگری بر دیوار عمود شده و به آن متصل شده باشد، در واقع دیوار با دو بازشو به دو دیوار تقسیم می‌شود که هر یک دارای یک بازشو هستند. کلیه بازشوها باید دارای فریم‌هایی باشند که این فریم ها توسط قلاب، انکر یا سایر ادوات به دیوار متصل شده‌اند.

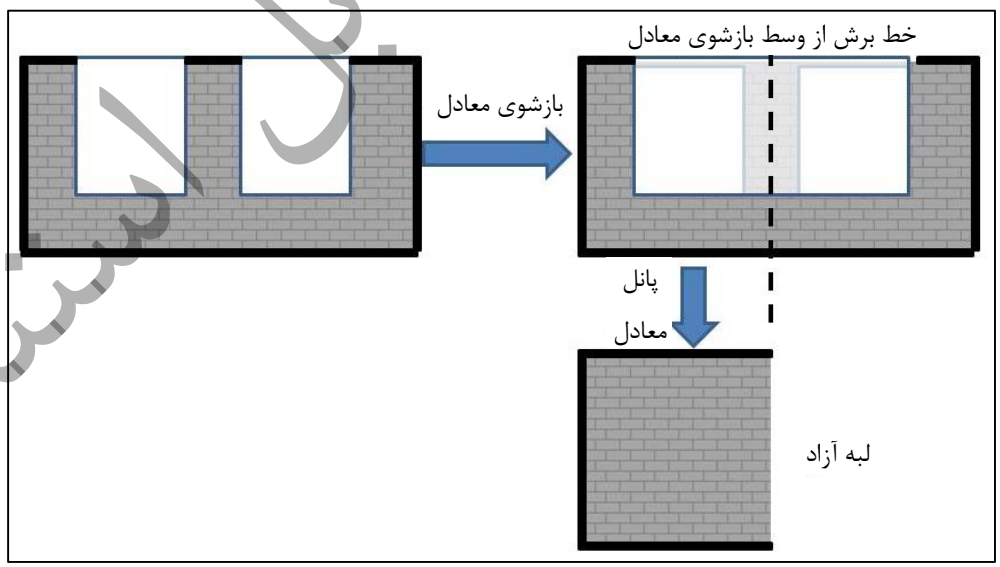
در صورتی که در یک دیوار هم بازشوی درب و هم بازشوی پنجره وجود داشته باشد (این حالت در عمل کمتر رخ می دهد)، از حضور بازشوی پنجره صرفنظر شده و تنها با فرض حضور بازشوی درب، پانل معادل مطابق شکل (۴-۲) ساخته

پیش نویس غیر قابل استناد

شده و دیوار طراحی می‌شود. نتایج آزمایشگاهی و عددی ارائه شده در پیوست‌های شماره ۲ و۳ حاکی از آن است که اثر بازشو تنها به طور محدودی منجر به کاهش ظرفیت دیوار می‌شود و در برخی موارد اثر بازشو قابل چشم پوشی است.



شکل ۴-۲- تقسیم دیوار دارای بازشو به پانل‌های معادل



شکل ۴-۳- نحوه ساختن پانل معادل دیوارهای دارای بیش از یک بازشوی پنجره

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۵

ظرفیت خمش خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۱- کلیات

۵-۱-۱- هدف

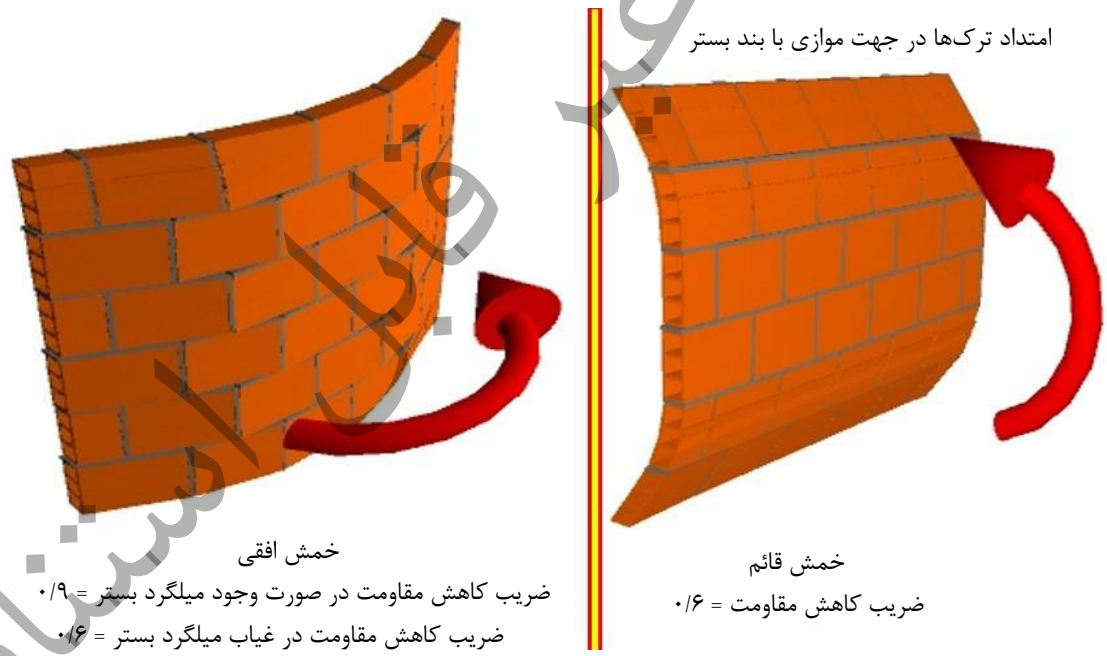
این فصل حداقل الزامات لازم به منظور طراحی مقاومتی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای را ارائه می‌دهد.

۵-۱-۲- مقاومت مورد نیاز

مقاومت مورد نیاز دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای لازم است برای تقاضاهای (بارهای) موجود در فصل ۴ تامین شوند، به طوری که مقاومت طراحی دیوار از تقاضای مورد نیاز کوچک‌تر نباشد. رفتار دیوارهای غیرسازه‌ای با ضخامت‌های متعارف (کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر) عمدتا به صورت خارج از صفحه می‌باشد، لذا به منظور طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای نیازی به کنترل برش و نیروی محوری نبوده و تنها کافیست دیوار از ظرفیت خمش خارج از صفحه کافی برخوردار باشد.

۵-۱-۳- مقاومت طراحی

مقاومت طراحی دیوار از حاصلضرب مقاومت اسمی دیوار در ضریب کاهش مقاومت (φ) به دست می‌آید.



شکل ۵-۱- خمش افقی و قائم به همراه ضرایب کاهش مقاومت خمشی در دیوارهای بنایی دارای میلگرد بستر افقی

پیش نویس غیر رایگان استاندارد

۵-۱-۴- ضریب کاهش مقاومت

در دیوارهای بنایی غیرمسلح ضریب کاهش مقاومت خمشی برابر ۰/۶ و در دیوارهای بنایی مسلح این ضریب برابر ۰/۹ می‌باشد. در صورتی که دیوار بنایی تنها دارای میلگردهای بستر در امتداد افقی باشد، ضریب کاهش مقاومت خمشی افقی برابر ۰/۹ و ضریب کاهش مقاومت خمشی قائم برابر ۰/۶ می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۵-۱) نشان داده شده است، منظور از خمش افقی خمشی است که در آن امتداد ترک‌ها عمود بر بند بستر بوده و منظور از خمش قائم خمشی است که در آن امتداد ترک‌ها موازی بند بستر باشند. بدیهی است که اگر دیوار در هر دو جهت افقی و قائم مسلح باشد، ضریب کاهش مقاومت برای خمش افقی و قائم برابر ۰/۹ خواهد بود و اگر دیوار به کلی فاقد تسلیحات باشد، ضریب کاهش مقاومت در هر دو امتداد برابر ۰/۶ می‌باشد.

۵-۱-۵- سختی

سختی دیوارهای بنایی غیرمسلح بر اساس مقطع خالص ترک نخورده به دست می‌آید. در مقابل سختی دیوارهای مسلح براساس مقطع خالص ترک خورده تخمین زده می‌شود. سختی مقطع ترک خورده را می‌توان ۰/۳ برابر سختی مقطع دیوار ترک نخورده درنظر گرفت.

۵-۱-۶- مقاومت فشاری دیوار بنایی

مقاومت فشاری بر اساس مقطع موثر (f'_m) دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های رسی و سیمانی نباید از ۷ مگاپاسگال کم‌تر و از ۲۷ مگاپاسگال بیش‌تر درنظر گرفته شود. همچنین مقاومت فشاری بر اساس مقطع موثر دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های AAC نباید از ۳ مگاپاسگال کم‌تر باشد.

۵-۱-۷- مقاومت فشاری ملات

در صورت استفاده از ملات نوع N، مقاومت فشاری ملات لازم است بیش از ۵ مگاپاسگال باشد. در صورت استفاده از ملات نوع S، مقاومت فشاری آن لازم است بیش از ۱۲/۵ مگاپاسگال باشد. علاوه بر مقاومت فشاری، لازم است طرح اختلاط ملات‌ها نیز مطابق جدول (۲-۱) باشد.

۵-۱-۸- مقاومت فشاری دوغاب

مقاومت فشاری دوغاب نباید کم‌تر از مقاومت فشاری دیوار (f'_m) بوده و در هر صورت این مقاومت نباید کم‌تر از ۱۴ مگاپاسگال باشد.

۵-۱-۹- مدول گسیختگی دیوارهای بنایی

لازم است مدول گسیختگی دیوارهای بنایی بر اساس بند ۲-۴ به دست آید.

پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۱-۱۰- مقاومت میلگرد بستر و سایر تسلیحات

مقاومت میلگرد بستر و یا سایر المان‌های فولادی لازم است برابر مقاومت تسلیم آن‌ها درنظر گرفته شود.

۵-۱-۱۱- واحد

در این فصل کلیه واحدها بر حسب N-mm می‌باشند. واحد تنش در این سیستم برابر N/mm^2 یا MPa است $(1\,MPa = 1\,N/mm^2)$.

۵-۲- مقاومت خمشی دیوارهای بنایی غیرمسلح

۵-۲-۱- فرضیات

در تعیین مقاومت خمشی دیوارهای بنایی غیرمسلح فرضیات زیر درنظر گرفته شده‌اند.

- مقطع موثر دیوار ترک نخورده باقی می‌ماند و کشش ناشی از خمش توسط واحد بنایی، ملات و دوغاب (در صورت وجود) تحمل می‌شود.
- کرنش‌ها در مقطع موثر دیوار به صورت خطی به فاصله از تار خنثی وابسته هستند.
- کشش ناشی از خمش به صورت خطی به کرنش متناظر خود وابسته است.
- دیوار فاقد نیروی محوری می‌باشد.

اگرچه دیوارهای غیرسازه‌ای در معرض وزن خود قرار داشته و مقدار کمی نیروی فشاری بر آن‌ها وارد می‌شود، لیکن عدم در نظر گرفتن این نیروی فشاری در جهت اطمینان می‌باشد. در حین زلزله به واسطه اثر مولفه قائم زلزله ممکن است بخشی از نیروی فشاری از روی دیوار به طور لحظه‌ای برداشته شود. لذا درنظر گرفتن نیروی فشاری ناشی از وزن دیوارهای غیرسازه‌ای، تصمیمی در خلاف جهت اطمینان خواهد بود. به علاوه به دلیل ناچیز بودن نیروی فشاری دیوارهای غیربابر، درنظر گرفتن آن تاثیر چندانی در نتایج نخواهد داشت.

۵-۲-۲- مقاومت خمشی اسمی

مقاومت خمشی اسمی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای و غیرمسلح (شامل دیوارهای با بلوک رسی، سیمانی و AAC) با استفاده از رابطه (۵-۱) به دست می‌آید.

$$M_n = f_r s \qquad (۱-۵)$$

که

$$s = \frac{I_g}{c'} \qquad (۲-۵)$$

M_n = مقاومت خمشی اسمی دیوار (N.mm)

پیش نویس غیر قابل استناد

f_r = مدول گسیختگی دیوار بر اساس بند ۵-۱-۹ (N/mm^2 یا MPa)

I_g= ممان اینرسی مقطع موثر ترک نخورده دیوار در جهت خارج از صفحه (mm^4)

c' = فاصله مرکز سطح مقطع موثر دیوار تا دورترین تار کششی (mm)

برای دیواری ساخته شده از بلوک‌های توخالی و فاقد دوغاب، می‌توان مقاومت خمشی اسمی در واحد طول (۱ متر از طول) یا در واحد ارتفاع (۱ متر از ارتفاع) دیوار را به صورت زیر تقریب زد.

$$M_n = \frac{1000 f_r t_s (h - t_s)^2}{h} (n.\frac{mm}{m}) \quad (۳-۵)$$

h= ضخامت دیوار (mm)

t_s= ضخامت پوسته واحدهای بنایی

در رابطه (۵-۳) از اثر جان واحدهای بنایی در اساس مقطع موثر دیوار صرف‌نظر شده است.

تبصره: در صورتی که دیوار فاقد ملات در بندهای قائم باشد، لازم است مقاومت خمش افقی دیوار غیرمسلح به میزان ۳۰٪ کاهش یابد.

۵-۲-۳- مقاومت خمشی طراحی

با ضرب مقاومت اسمی در ضریب کاهش مقاومت، مقاومت طراحی مطابق رابطه (۵-۴) به دست خواهد آمد.

$$M_d = \phi M_n \quad (۴-۵)$$

مقاومت خمشی طراحی با M_d و ضریب کاهش مقاومت با φ نشان داده شده است که مقدار آن برای دیوارهای بنایی غیرمسلح برابر ۰/۶ می‌باشد.

۵-۳- مقاومت خمشی دیوارهای بنایی مسلح

۵-۳-۱- فرضیات

در تعیین مقاومت خمشی دیوارهای بنایی مسلح فرضیات زیر درنظر گرفته می‌شوند.

- مقطع موثر دیوار ترک خورده بوده و کشش ناشی از خمش تنها توسط میلگردها (تسلیحات) تحمل می‌شود (مدول گسیختگی قسمت بنایی دیوار صفر درنظر گرفته می‌شود).
- مابین میلگرد، دوغاب، ملات و واحدهای بنایی تطابق کرنش وجود داشته و هیچ لغزشی مابین آن‌ها رخ نخواهد داد.
- حداکثر کرنش فشاری قابل قبول در دیوارهای ساخته شده از واحدهای رسی برابر ۰/۰۰۳۵، برای دیوارهای ساخته شده از واحدهای سیمانی برابر ۰/۰۰۲۵ و برای دیوارهای ساخته شده از واحدهای AAC برابر ۰/۰۰۳ می‌باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد

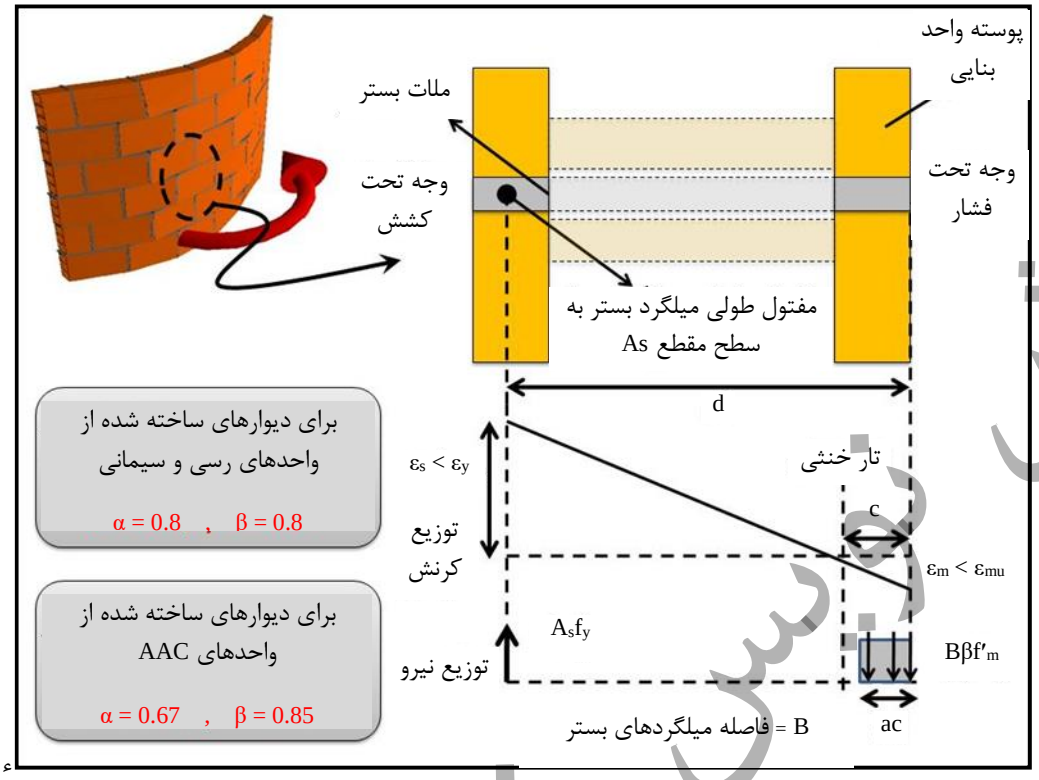
- کرنش میلگرد و مصالح بنایی به طور مستقیم و خطی به فاصله از تار خنثی وابسته است.
- تنش‌های کششی ایجاد شده در فولاد برابر مدول الاستیک فولاد و کرنش ایجاد شده در آن می‌باشد. این تنش در هر صورت نباید بیش‌تر از f_y (مقاومت تسلیم فولاد) درنظر گرفته شود.
- از تنش‌های فشاری ایجاد شده در فولاد صرف‌نظر می‌شود.
- از بلوک مستطیلی برای بیان رابطه تنش و کرنش فشاری به ترتیب زیر استفاده می‌شود.

- برای دیوارهای ساخته شده از واحدهای رسی و سیمانی فرض می‌شود که تنش فشاری برابر $0.8\,f'm$ به طور یکنواخت در بلوک تنش مستطیلی توزیع شده است به نحوی که عمق این مستطیل برابر $0.8c$ باشد. پارامتر c عبارت است از فاصله دورترین تار فشاری تا تار خنثی.
- برای دیوارهای ساخته شده از واحدهای AAC فرض می‌شود که تنش فشاری برابر $0.85\,f'm$ به طور یکنواخت در بلوک تنش مستطیلی توزیع شده است به نحوی که عمق این مستطیل برابر $0.67c$ باشد. پارامتر c عبارت است از فاصله دورترین تار فشاری تا تار خنثی.

۵-۳-۲- مقاومت خمشی اسمی

با توجه به فرضیات اشاره شده در بند ۵-۳-۱، تعیین مقاومت خمشی اسمی دیوارهای بنایی مسلح بسیار شبیه تعیین مقاومت خمشی المان‌های بتنی می‌باشد. لذا در این بخش از ارائه جزییات بیش‌تر صرف‌نظر شده و تنها حالتی درنظر گرفته می‌شود که دیوار دارای میلگرد بستر می‌باشد. با توجه به کوچک بودن قطر مفتول‌های به کار رفته در میلگردهای بستر، در تمام موارد دیوارهای بنایی مسلح شده با میلگرد بستر دارای رفتار کنترل شونده توسط کشش می‌باشند. بدین معنی که قبل از اینکه مصالح بنایی در فشار به کرنش حداکثر خود برسند، میلگردهای بستر تسلیم خواهند شد.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۵-۲- توزیع کرنش و نیرو در مقطع دیوار بنایی با میلگرد بستر ساخته شده از واحدهای بنایی توخالی

شکل (۵-۲) نشان دهنده دیواری ساخته شده از واحدهای بنایی توخالی حفره افقی است که با میلگردهای بستر مسلح شده و تحت خمش افقی قرار دارد. توزیع کرنش و نیرو برای این دیوار در شکل نشان داده شده است. با نوشتن معادله تعادل نیرو، محل تار خنثی (c) به صورت زیر به دست خواهد آمد:

$$C = \frac{A_s f_y}{\beta f'_m a B} \qquad (۵-۵)$$

که در آن

A_s= سطح مقطع فولاد تحت کشش (در خصوص میلگرد بستر سطح مقطع یکی از مفتول‌های طولی)

B= فاصله تسلیحات از یکدیگر (در خصوص میلگرد بستر برابر فاصله میلگردهای بستر در امتداد ارتفاع دیوار می‌باشد)

تقریبا در تمام موارد، تار خنثی در داخل ضخامت پوسته قرار گرفته و مقاومت اسمی خمشی مقطع دیوار در واحد طول را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود.

$$M_n = \frac{1000 A_s f_y}{B}(d - \frac{ac}{2}) = \frac{1000 A_s f_y}{B}(d - \frac{A_s f_y}{2\beta f'_m B})(N.\frac{mm}{m}) \qquad (۶-۵)$$

لازم به ذکر است که مقاومت اسمی به دست آمده از رابطه (۵-۶) مقاومت خمشی اسمی دیوار در واحد ارتفاع (۱ متر از ارتفاع دیوار) می‌باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۳-۳- مقاومت خمشی طراحی

با ضرب مقاومت اسمی در ضریب کاهش مقاومت، مقاومت طراحی مطابق رابطه (۵-۷) به دست خواهد آمد.

$$M_d = \phi M_n \qquad (۵-۷)$$

مقاومت خمشی طراحی با M_d و ضریب کاهش مقاومت با φ نشان داده شده است که مقدار آن برای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مسلح برابر ۰/۹ می‌باشد.

۵-۳-۴- حداقل مقدار تسلیحات

حداقل مقدار تسلیحات موجود در دیوارهای بنایی باید به نحوی باشد که مقاومت خمش افقی اسمی دیوار از ۱/۳ برابر مقاومت خمش افقی ترک خوردگی دیوار کم‌تر نباشد. این محدودیت به منظور جلوگیری از فروریزش ترد درنظر گرفته شده است. به بیان دیگر لازم است رابطه زیر برقرار شود.

$$M_n > 1.3M_{cr} \qquad (۵-۸)$$

M_{cr}= لنگر خمشی ترک خوردگی دیوار که مقدار آن برابر مقاومت خمش اسمی دیوار متناظر غیرمسلح می‌باشد. این لنگر در امتدادی محاسبه می‌شود که تسلیحات در آن امتداد قرار گرفته است.

در مورد دیوارهای ساخته شده با واحدهای بنایی توخالی، رابطه (۵-۸) را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد.

$$M_n > \frac{1300 f_r t_s (h - t_s)^2}{h} \qquad (۵-۹)$$

در رابطه فوق لازم است مقاومت اسمی دیوار بر حسب N.mm/m در رابطه قرار داده شود.

در هیچ حالتی فاصله میلگردهای بستر از یکدیگر نباید از ۵۰۰ میلیمتر تجاوز کند.

۵-۳-۵- حداکثر مقدار تسلیحات

مقدار تسلیحات دیوار لازم است به نحوی باشد که رفتار خارج از صفحه دیوار به صورت کنترل شونده توسط کشش باقی بماند. به عبارت دیگر حداکثر مقدار تسلیحات باید به نحوی باشد که در لحظه‌ای که کرنش فشاری مصالح بنایی به مقدار حداکثر قابل استفاده خود (ε_{mu}) می‌رسد، کرنش کششی میلگردها حداقل به مقدار یک و نیم برابر کرنش تسلیم ($1.5\varepsilon_y$) رسیده باشد. برای این منظور حداکثر درصد آرماتور کششی لازم است به مقدار زیر محدود شود.

$$\rho_{max} = \frac{0.65 f'_m \left(\frac{\varepsilon_{mu}}{1.5\varepsilon_y + \varepsilon_{mu}}\right)}{f_y} \qquad (۵-۱۰)$$

در مورد میلگردهای بستر تنها یکی از مفتول‌های طولی باید در محاسبه درصد آرماتور درنظر گرفته شود. در مورد دیوارهای مسلح شده با میلگرد بستر، رابطه(۵-۱۰) همواره برقرار خواهد بود.

پیش نویس غیر قابل استناد

۵-۴- مقاومت خمشی دیوارهای بنایی دارای میلگرد بستر

در خصوص دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای که در جهت افقی دارای میلگردهای بستر می‌باشند، لازم است ظرفیت خمشی قائم آن‌ها مطابق بند ۵-۲ و ظرفیت خمشی افقی آن‌ها مطابق بند ۵-۳ مشخص شود.

۵-۵- سایر الزامات

۵-۵-۱- مسلح کردن دیوار با استفاده از میلگرد متداول

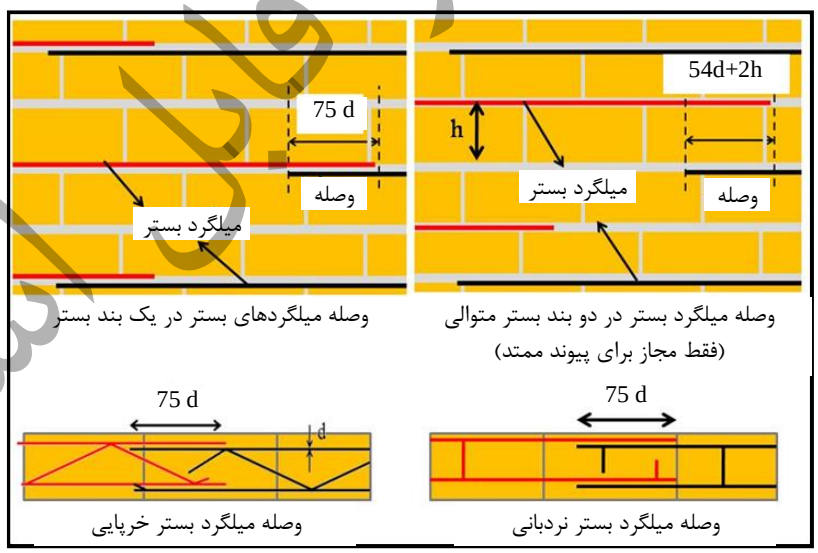
- مسلح کردن دیوار توسط میلگردهای متداول تنها به واسطه قرار دادن میلگرد داخل حفره‌های واحدهای بنایی و پر کردن حفره با دوغاب میسر است. قرار دادن میلگرد متداول در بند بستر دیوار مجاز نبوده و امکان انطباق کرنشی در آن وجود نخواهد داشت.
- استفاده از میلگرد با قطر بیش از ۳۶ میلی‌متر مجاز نمی‌باشد. همچنین قطر میلگرد نباید از نصف کوچک‌ترین بعد حفره‌ای که میلگرد در آن قرار دارد، تجاوز کند.
- دو وصله مجاور یکدیگر لازم است حداقل فاصله‌ای برابر ۲۵ میلی‌متر داشته باشد. در هر صورت این فاصله نباید بیش از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.
- لازم است مابین میلگرد و جدار داخلی حفره به میزان حداقل ۱۰ میلی‌متر (یا حداکثر قطر سنگدانه‌های دوغاب) فضای خالی وجود داشته باشد.
- حداقل پوشش لازم برای میلگردهایی که تحت سیکل‌های ترشدگی و خشک‌شدگی قرار دارد برابر ۳۰ میلی‌متر (برای میلگردهای با قطر کم‌تر از ۱۶ میلی‌متر) و ۵۰ میلی‌متر (برای میلگردهای با قطر بیش از ۱۶ میلی‌متر) می‌باشد.
- در صورتی که میلگرد تحت سیکل‌های رطوبتی قرار نداشته باشد، حداقل پوشش لازم برابر ۳۰ میلی‌متر می‌باشد. این پوشش توسط ملات، دوغاب، واحد بنایی و یا ترکیبی از آن‌ها تامین می‌شود.

۵-۵-۲- مسلح کردن دیوار با استفاده از میلگرد بستر

- در مورد میلگردهای بستر مصرفی در دیوارهای ساخته شده با واحدهای رسی یا سیمانی، حداقل قطر مفتول مصرفی ۳/۵ میلی‌متر و حداکثر قطر آن ۶ میلیمتر یا نصف ضخامت بند بستر (هر کدام کمتر بود) می‌باشد.
- میلگردهای بستر لازم است از نوع گالوانیزه بوده و در صورتی که دیوار تحت سیکل‌های رطوبتی قرار داشته باشند، حداقل پوشش آن‌ها برابر ۱۵ میلی‌متر و در غیر این صورت حداقل پوشش برابر ۱۰ میلی‌مترمی‌باشد. این پوشش توسط ملات بستر تامین خواهد شد. به بیان دیگر پهنای میلگردهای بستر لازم است از هر طرف حداقل به میزان پوشش مورد نیاز کوچک‌تر از ضخامت دیوار باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد

- حداقل پوشش مورد نیاز برای میلگرد بستر در شرایطی که دیوار در معرض خاک یا هوا قرار ندارد ۱۰ میلی‌متر و در غیر این صورت ۱۵ میلی‌متر می‌باشد.
- حداقل طول همپوشانی در محل وصله میلگردهای بستر ۷۵ برابر قطر مفتول می‌باشد. در صورتی که مطابق شکل (۵-۳) میلگردهای وصله شده در دو بند بستر متوالی قرار داشته باشند، لازم است حداقل طول وصله ۵۴ برابر قطر مفتول به علاوه ۲ برابر فاصله دو بند بستر در نظر گرفته شود.
- در محل وصله دو میلگرد بستر، برش مفتول میانی (مفتول ۷ و ۸) بلامانع می‌باشد.
- وصله دو میلگرد بستر متوالی نباید در یک امتداد باشد (شکل (۵-۳)).
- برای سهولت در قرار دادن میلگرد بستر و نیز فراهم شدن پوشش لازم، باید عرض میلگرد بستر حداقل ۳۰ میلی‌متر کم‌تر از ضخامت دیوار اتخاذ شود.
- میلگرد بستر لازم است در محل درزهای دیوار (درزهای جداکننده، حرارتی و انقطاع) قطع شود به طوری که دیوار بتواند آزادانه در محل درز تغییرشکل دهد.
- حداکثر فاصله میلگردهای بستر ۵۰۰ میلی‌متر و یا یک ردیف درمیان (هر کدام که بیش‌تر بود) می‌باشد.
- لازم است در دو ردیف بالای بازشوها میلگرد بستر قرار داده شود (صرفنظر از اینکه از نظر مقاومتی نیاز باشد یا خیر)
- میلگردهای بستر باید عاری از هرگونه روغن، گرد و خاک و یا سایر پوشش‌هایی باشند که ممکن است اثر مخربی در چسبندگی فولاد و ملات داشته باشد.



شکل ۵-۳- الزامات مربوط به وصله میلگردهای بستر

- میلگرد بستر بهتر است قبل از پخش ملات بر روی واحدهای بنایی قرار داده شده و سپس ملات بر روی آن و واحدهای بنایی پخش شود. به دلیل سطح نامنظم واحدهای بنایی، ملات کاملا اطراف میلگرد بستر را پر کرده و پیوند آن را با واحدهای بنایی برقرار خواهد نمود. قرار دادن میلگرد بستر بر روی ملات بستر و فشار دادن آن در

پیش نویس غیر قابل استناد

داخل ملات روند مناسبی نبوده و منجر به ایجاد فضای خالی مابین میلگرد بستر و ملات خواهد شد. همچنین قرار دادن میلگرد بستر مابین دو لایه نازک ملات نیز روش مناسبی نمی‌باشد چراکه لایه‌های نازک به سرعت آب خود را از دست داده و چسبندگی خوبی مابین دو لایه ملات و واحدهای بنایی ایجاد نخواهد شد.

- سایر وسایل فولادی که به منظور اتصالات دیوار استفاده می‌شوند (بست‌ها، قلاب‌ها و ...) لازم است گالوانیزه باشند یا به طرق دیگر در برابر خوردگی از مقاومت کافی برخوردار باشند.

۵-۵-۳- الزامات عمومی لرزه‌ای

- دیوارهای غیرسازه‌ای داخلی و پیرامونی باید در امتداد داخل صفحه خود از سازه اصلی جدا شوند به طوری که دریفت طبقات در امتداد داخل صفحه به دیوار منتقل نشود.
- در صورتی که دریفت غیرالاستیک طبقه (در امتداد صفحه دیوار) در زلزله طرح از ۰/۰۰۳ تجاوز نکند، اتصال مستقیم دیوارهای غیرسازه‌ای به سازه اصلی بلامانع است.
- دیوارهای غیرسازه‌ای لازم است در جهت افقی و یا در جهت قائم (نه هر دو) دارای حداقل تسلیحات به صورت زیر باشند:
  - دیوار درجهت افقی دارای حداقل میلگرد بستر خرپایی یا نردبانی با قطر مفتول ۳/۵ میلی‌متر باشد به طوری که میلگردهای بستر در فواصلی حداکثر برابر ۵۰۰ میلی‌متر یا دو ردیف (هر کدام بیشتر بود) در ارتفاع دیوار توزیع شده باشند.
  - تعبیه میلگرد قائم به قطر حداقل ۱۳ میلی‌متر و توزیع آن در هر ۱۲۰۰ میلی‌متر از طول دیوار. لازم است در محدوده ۴۰۰ میلی‌متری انتهایی دیوار نیز میلگرد قائم تعبیه گردد. به جای میلگرد می‌توان از میلگرد بستر قائم نیز استفاده شود به شرطی که نسبت آرماتور آن معادل نسبت آرماتور فوق باشد.
- برای دیوارهای ساخته شده از بلوک AAC تعبیه میلگرد حداقل ضرورت ندارد مگر اینکه محاسبات وجود تسلیحات را لازم بداند.
- در دیوارهایی که دهانه آن‌ها صرفا به صورت افقی است لازم است از میلگرد بستر حداقل و در دیوارهایی که دهانه آن‌ها صرفا به صورت قائم است، باید از آرماتور حداقل قائم استفاده شود. در صورتی که دیوار دارای عملکرد دوطرفه باشد (وجود تکیه‌گاه در سه یا چهار لبه دیوار)، استفاده از هریک از آرماتورهای حداقل قائم یا افقی مجاز می‌باشد.
- دیوارهای با عملکرد دوطرفه دارای درجه نامعینی بالایی بوده و رفتار لرزه‌ای مناسب تری در مقایسه با دیوارهای یکطرفه دارند. لذا حتی المقدور باید از استفاده از دیوارهای با عملکرد یکطرفه پرهیز شود.
- در دیوارهایی که دارای بیش از یک بازشو در طول آزاد خود هستند، کلیه بازشوها باید دارای قاب باشند به طوری که قاب بازشو با استفاده از قلاب، بست، انکر و سایر ادوات به دیوار متصل شده باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد

- متصـل کردن میلگردهای بستر به قاب بازشوها بلامانع بوده لیکن میلگردهای بستر نباید به سازه اصلی متصل شوند. به بیان دیگر در لبه انتهایی دیوار، میلگردهای بستر نیز قطع می‌گردند.

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

فصل ۶

الزامات اجرایی

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

۶-۱- کلیات

لازم اســت دیوارهای غیرســازه‌ای نه تنها معیارهای مقاومتی را در حالت نهایی خود ارضــا کنند بلکه ســایر معیارهای بهره‌برداری را نیز فراهم آورند. معیارهایی همچون:

- اعمال محدودیت در تغییرشکل و لرزش دیوار در جهت خارج از صفحه
- مقاومت در برابر نفوذ رطوبت
- مقاومت در برابر انتقال صوت و حرارت
- مقاومت در برابر آتش

اگرچه تمرکز اصلی در دستورالعمل حاضر معیارهای مقاومتی می‌باشد، لیکن در این بخش با اعمال محدودیت بر روی ضــخامت دیوار، ســایر معیارهای عملکردی نیز به صــورت غیر مســتقیم مدنظر قرار خواهد گرفت. این معیارها منطبق بر الزامات موجود در Eurocode 6 می‌باشند.

۶-۲- طراحی دیوارهای ساخته شده با بلوک‌های رسی، سیمانی و AAC

۶-۲-۱- کلیات

برای طراحی دیوارهای غیرســازه‌ای ســاخته شــده از بلوک‌های رســی، سیمانی و یا AAC، علاوه بر الزامات این بخش، رعایت بندهای موجود در فصل ۲ نیز الزامی می‌باشد.

۶-۲-۲- حداقل ضخامت دیوار

- بســته به شرایط مرزی و ابعاد دیوار، حداقل ضخامت دیوار بر اساس منحنی‌های شکل (۶-۱) به دست می‌آیند. در این بخش لازم است کلیه لبه‌های دیوار که دارای تکیه‌گاه هستند به صورت مفصلی در نظر گرفته شوند.
- ضخامت دیوارهای داخلی و خارجی تحت هیچ شرایطی نباید به ترتیب کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر و ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

۶-۲-۳- طراحی مقاومتی دیوار

در کلیه دیوارهای داخلی و پیرامونی لازم است ظرفیت خمشی طراحی بزرگ‌تر از تقاضای خمشی نهایی باشد.

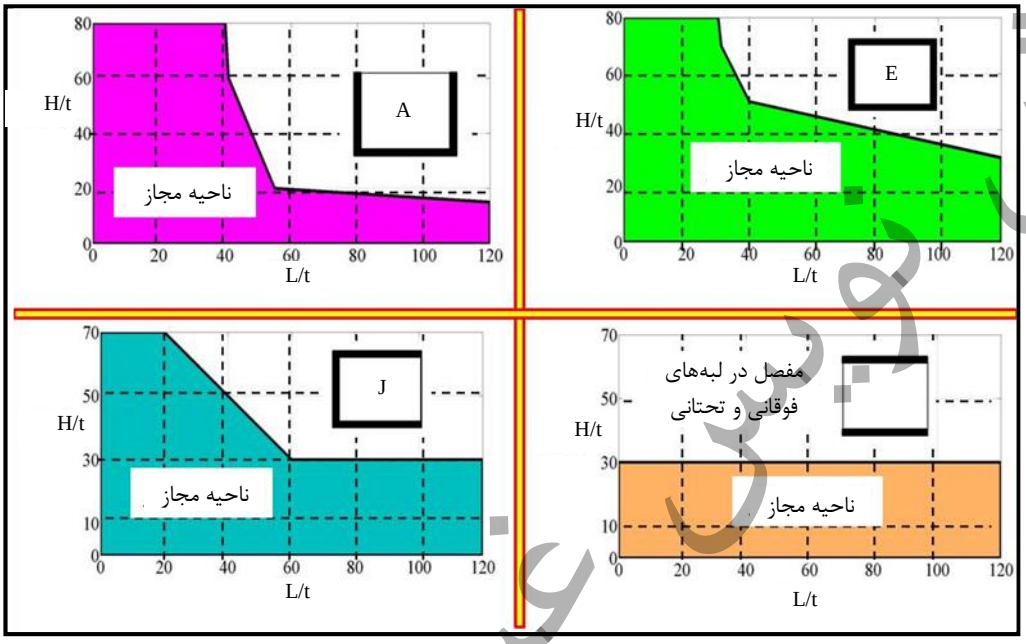
$$M_d > Mu \qquad (۶-۱)$$

M_d = ظرفیت خمشی طراحی مطابق فصل ۵

Mu = تقاضای خمشی نهایی مطابق فصل ۴

پیش نویس غیر قابل استناد

در مورد دیوارهای با عملکرد دو طرفه لازم است ظرفیت خمشی قائم و افقی از تقاضای طراحی قائم و افقی بیش‌تر باشد. به عنوان روشی جایگزین می‌توان فشار خارج از صفحه متناظر با فروریزش دیوار را بدست آورده و آن را با فشار خارج از صفحه وارده بر دیوار مقایسه نمود. اپلیکیشن تحت اکسل طراحی دیوار که پیوست این ضابطه است از این روش به منظور کنترل کفایت دیوار استفاده می‌کند.



شکل ۶-۱- حداقل ضخامت دیوار بر حسب شرایط مرزی

۶-۳- طراحی دیوارهای ساخته شده با بلوک‌های شیشه‌ای

۶-۳-۱- کلیات

- طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای ساخته شده با بلوک‌های شیشه‌ای به صورت تجربی صورت گرفته و در آن نیازی به دانستن مقاومت فشاری و یا مدول گسیختگی دیوار نمی‌باشد. به علاوه نیازی به بارگذاری و تحلیل دیوار نبوده و صرفا لازم است الزامات این بخش در خصوص دیوارهای شیشه‌ای رعایت گردند.
- بلوک‌های شیشه‌ای می‌توانند به صورت توخالی و یا توپر باشند و ضخامت آن‌ها نباید از ۷۵ میلی‌متر کم‌تر باشد.
- در صورتی که سازنده بلوک‌های شیشه‌ای روند طراحی تایید شده (توسط مرجع ذیصلاح) خاص خود را داشته باشد، می‌توان به جای این دستورالعمل از روند پیشنهادی سازنده بلوک‌های شیشه‌ای استفاده نمود.

۶-۳-۲- دیوارهای شیشه‌ای پیرامونی

- ضخامت بلوک‌های شیشه‌ای در دیوارهای پیرامونی نباید کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد

- بسته به فشار طراحی عمود بر دیوار، مساحت دیوار پیرامونی شیشه‌ای باید کوچک‌تر از مقادیر موجود در جدول (۶-۱) باشد.
- طول و ارتفاع دیوار لازم است به ترتیب کم‌تر از ۷/۵ متر و ۶ متر باشند.

جدول ۶-۱- حداکثر مساحت مجاز در دیوارهای شیشه‌ای پیرامونی

w_u (kPa)	حداکثر مساحت دیوار (m^2)
۱	۱۸/۵
۱/۵	۱۳/۰
۲	۱۰
۲/۵	۸/۵
۳	۸

۶-۳-۳- دیوارهای شیشه‌ای داخلی

- ضخامت بلوک‌های شیشه‌ای نباید کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر باشد.
- مساحت دیوار شیشه‌ای نباید از ۹/۵ مترمربع بیش‌تر شود. همچنین طول و ارتفاع دیوار شیشه‌ای داخلی باید به ترتیب کم‌تر از ۴/۶ متر و ۳ متر باشند.
- در صورتی که از بلوک‌های شیشه‌ای با ضخامت ۱۰۰ میلی‌متر یا بیش‌تر استفاده شود، می‌توان حداکثر مساحت مجاز دیوار را مطابق جدول (۶-۱) به‌دست آورد. در این صورت طول و ارتفاع دیوار لازم است به ترتیب کم‌تر از ۷/۵ متر و ۶ متر باشند.

۶-۳-۴- ملات

ملات مصرفی در دیواهای شیشه‌ای لازم است از نوع N یا S باشد.

۶-۳-۵- تسلیحات

- دیوارهای شیشه‌ای لازم است دارای میلگرد بستر باشند.
- قطر مفتول میلگرد بستر در دیوارهای شیشه‌ای حداقل ۳/۵ میلی‌متر می‌باشد.
- لازم است فاصله میلگردهای بستر در امتداد ارتفاع دیوار از ۴۵۰ میلی‌متر تجاوز نکند.
- طول وصله میلگردهای بستر در دیوارهای شیشه‌ای حداقل برابر ۱۵۰ میلی‌متر می‌باشد.
- بلافاصله در دو ردیف بالا و دو ردیف پایین بازشوها لازم است میلگرد بستر تعبیه شود.

۶-۳-۶- اتصالات

اتصالات دیوارهای شیشه‌ای مشابه سایر دیوارها و مطابق بند ۶-۴ می‌باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد

۶-۴- طراحی اتصالات

۶-۴-۱- اتصال دیوار به کف

به منظور حصول اتصال مناسب مابین دیوار و کف لازم است قبل از ریختن اولین ملات بستر، سطح کف عاری از هرگونه آلودگی و گردوخاک باشد. همچنین به منظور جلوگیری از مکش آب ملات، کف بتنی باید مرطوب باشد. از ریختن اولین لایه ملات بر روی سطوح کاملا صاف و آیینه‌ای باید اجتناب شود. در اینگونه موارد توصیه می‌شود با قلم و چکش سطح کف را از حالت آیینه‌ای خارج نمود.

در محاسبات لازم است اتصال دیوارهای غیرسازه‌ای داخلی و پیرامونی به کف به صورت مفصلی درنظر گرفته شود. چراکه معمولا در ساخت دیوارهای غیرسازه‌ای به دلیل عدم استفاده از مهار (درحین ساخت دیوار)، چسبندگی اولین لایه ملات به کف آسیب خواهد دید. این آسیب می‌تواند به دلیل جمع شدگی و یا بارهای تصادفی وارده بر دیوار در حین ساخت اتفاق افتد. ضخامت اولین لایه ملات می‌تواند از ۶ میلی‌متر تا ۲۵ میلی‌متر در طول دیوار تغییر داده شود به نحوی که اولین ردیف (رج) دیوار به صورت کاملا تراز بر روی ملات قرار گیرد. در صورتی که اولین لایه ملات در سرتاسر طول دیوار اجرا شده باشد، نیازی به کنترل نیروی برشی وارده بر اتصال نبوده و ظرفیت برشی اتصال همواره بزرگ‌تر از تقاضاهای وارده خواهد بود.

۶-۴-۲- اتصال دیوار به سقف یا تیر

اتصال دیوار به سقف یا تیر سقف لازم است از دوران لبه فوقانی دیوار جلوگیری نکند. بدین ترتیب ظرفیت تغییر شکلی دیوار در جهت عمود بر صفحه بیش‌تر شده و به واسطه دریفت طبقه (در امتداد عمود بر صفحه دیوار)، مفصل پلاستیک در بالای دیوار تشکیل نخواهد شد. لازم است دیوار غیرسازه‌ای متاثر از تغییرمکان قائم سقف نبوده و به دلیل خیز سقف تحت بارهای ثقلی یا تغییرشکل آن در حین زلزله، هیچ نوع بار محوری بر دیوار تحمیل نشود. لذا لبه فوقانی دیوار نباید به طور مستقیم به سقف متصل شده و لازم است حداقل به میزان ۲۰ میلیمتر از سقف یا تیر سقف فاصله داشته و در این فضا لایه‌ای جدا کننده مابین آن‌ها قرار گیرد. لایه جدا کننده باید نه تنها منعطف باشد بلکه از نظر انتقال صوت و حرارت نیز مشخصات مناسبی داشته باشد. استفاده از پشم سنگ و یا پشم شیشه بدین منظور مناسب است. پشم سنگ نسبت به پشم شیشه ارجعیت دارد. شایان ذکر است که صفحات پلی استایرن منبسط شده (یونولیت) به قدر کافی نرم نبوده و برای استفاده به عنوان لایه جداکننده مناسب نمی‌باشند.

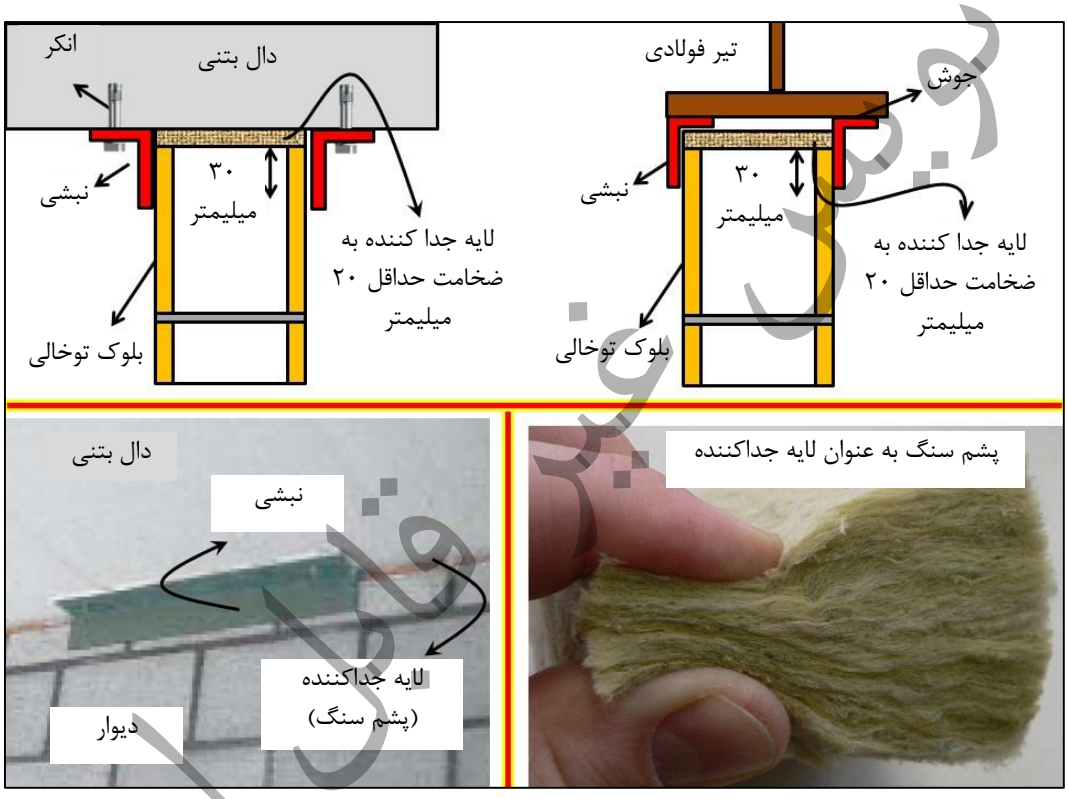
اتصال دیوار به سقف باید تنها در جهت عمود بر صفحه برای دیوار قید ایجاد کرده و در جهت داخل صفحه دیوار به صورت لغزشی یا کشویی یا منعطف (بدون قید) باشد. نمونه‌هایی از اتصال دیوار به سقف در شکل‌های (۶-۳) و (۶-۴) نشان داده شده است. در این ضابطه برای اتصال دیوار به سقف استفاده از دوبل نبشی پیشنهاد شده است لیکن استفاده

پیش نویس غیر قابل استناد

از سـایر قطعات اتصـال به شـرطی که الزامات این ضـابطه را تامین کنند، بلامانع اسـت. لازم به توضیح است که منظور از نبشی لزوما پروفیل استاندارد نبشی نبوده و می‌تواند ورق خم شده به شکل نبشی نیز باشد.

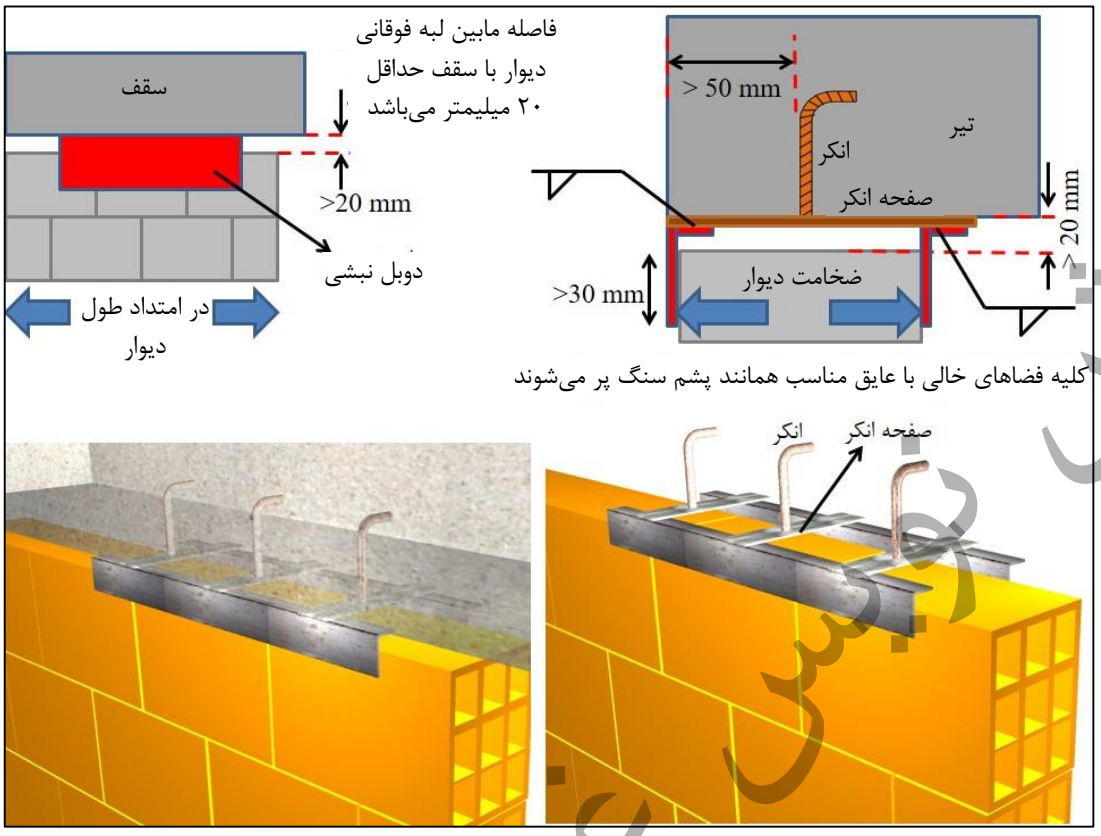
عرض بال نبشـــی باید به نحوی باشـــد که حداقل ۳۰ میلی‌متر آن با دیوار در تماس باشـــد. با توجه به اینکه حداقل ضـخامت لایه جداکننده (در اتصـال دیوار به سـقف) ۲۰ میلی‌متر اسـت، لذا عرض بال نبشـی نباید از ۵۰ میلی‌متر کم‌تر باشد.

طراحی اتصـالات دیوار شامل طراحی قطعات اتصال (نبشی‌ها) و متصل کننده‌ها (انکرها)ی آن می‌باشد که جزئیات آن در پیوست شماره ۳ ارائه شده است.



شکل ۶-۳- اتصال کشویی دوبل نبشی برای اتصال دیوار به سقف

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۶-۴- اتصال کشویی دیوار به تیر پیرامونی با استفاده از دوبل نبشی

۶-۴-۳- اتصال دیوار به ستون و یا به دیوار سازه‌ای

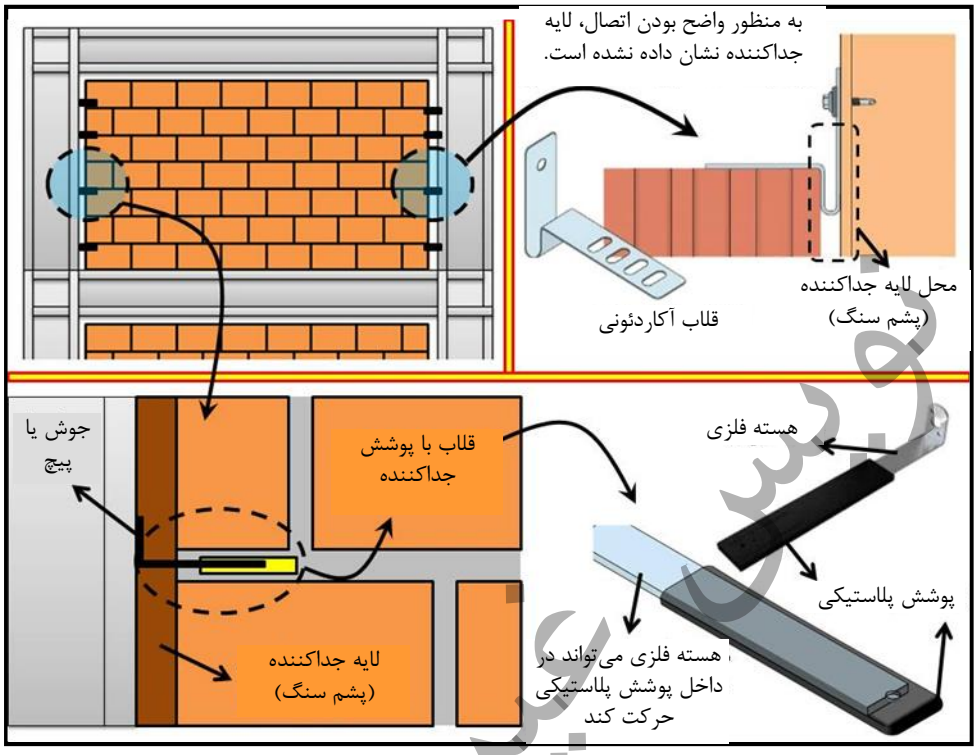
در صورتی که دریفت غیرالاستیک طبقه‌ای از ۰/۰۰۳ بیش‌تر باشد، لازم است کلیه دیوارهای غیرباربر داخلی و پیرامونی از سیستم باربر جانبی سازه جدا شوند. طریقه جداکردن دیوار از تیرهای سقف یا دال بتنی سقف در بند ۶-۴-۲ بیان شد، فلذا در این بند به سه روش جداسازی دیوار از ستون یا دیوارهای سازه‌ای اشاره می‌شود (شکل‌های (۶-۵) و (۶-۶)). کلیه اتصالات نشان داده شده در این بند برای امتداد خارج از صفحه دیوار حکم تکیه‌گاه مفصلی را دارند. لازم است فاصله مابین دیوار و ستون به اندازه حداکثر دریفت غیرالاستیک طبقه در زلزله طرح (دوره بازگشت ۴۷۵ سال) اتخاذ گردیده و این فاصله با لایه جداکننده نرمی همانند پشم سنگ پر شود. برای سازه‌های متعارف، معمولا فاصله لازم مابین دیوار و ستون بین ۲۰ تا ۶۰ میلی‌متر می‌باشد.

تبصره: به منظور محاسبه فاصله مابین دیوار و ستون یا دیوار سازه‌ای می‌توان به میزان ۰/۰۰۳ از دریفت غیرالاستیک طبقه کاست.

اتصال دیوار به ستون باید به نحوی باشد که اتصال هیچ قیدی در برابر تغییرشکل داخل صفحه دیوار فراهم نکند. بدین ترتیب در هنگام زلزله، جابجایی سیستم باربر جانبی تقاضای اضافه‌ای را بر دیوار اعمال نخواهد کرد. در عین حال لازم است اتصال قادر به تحمل نیروهای خارج از صفحه دیوار باشد. دو نوع اتصال با استفاده از قلاب با پوشش جدا کننده

پیش نویس غیر قابل استناد

و قلاب آکاردئونی در شـکل (۶-۵) نشـان داده شده است. در هر دو اتصال دیوار در جهت داخل صفحه از قاب جدا شده و در عین حال قلاب‌ها قادر به تحمل نیروهای خارج از صفحه دیوار می‌باشند.

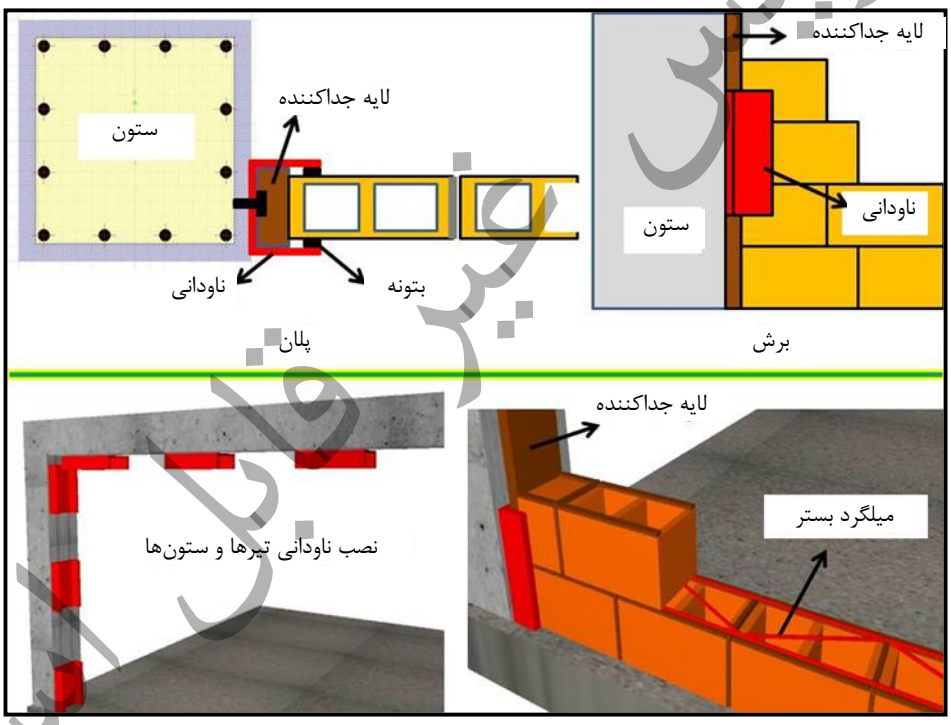


شکل ۶-۵- اتصال جداشده دیوار به ستون با استفاده از قلاب با پوشش جدا کننده و قلاب آکاردئونی

- **اتصـال جدا شـده با قلاب با پوشـش جدا کننده:** این قلاب از یک هسته فلزی از جنس فولاد گالوانیزه و یک پوشش پلاستیکی از جنس PVC تشکیل شده و در هنگام چیدن واحدهای بنایی در بند بستر قرار داده می‌شود به طوری که طول مدفون شده آن حداقل ۲۰۰ میلی‌متر باشد. سپس انتهای دیگر قلاب به ستون با استفاده از انکر یا جوش مهار می‌شـود. قلاب‌های با پوشـش جدا کننده در ابعاد و ظرفیت‌های متفاوتی سـاخته و تولید می‌شـوند اما در بسـیاری از موارد از قلاب‌های با ضـخامت ۲ میلی‌متر و پهنای ۲۵ میلی‌متر اسـتفاده می‌شـود. بدیهی اسـت که هسـته فلزی نباید تا انتها داخل پوشـش پلاسـتیکی رفته باشـد و لازم اسـت حداقل به اندازه ضـخامت لایه جداکننده بین انتهای هسته فلزی و پوشش پلاستیکی فاصله وجود داشته باشد تا در حین زلزله هسـته فلزی بتواند آزادانه در هر دو جهت در داخل پوشش پلاستیکی بلغزد. تعداد قلاب‌ها بر اساس برش سهم لبه و ظرفیت‌های اعلام شـده توسـط سازنده به دست می‌آید. به منظور تخمین ظرفیت اسمی قلاب در صورت عدم وجود نتایج آزمایشـگاهی، اسـتفاده از روش‌های عددی معتبر قابل قبول می‌باشـد. ضریب کاهش مقاومت اتصال را می‌توان برابر ۰/۵ درنظر گرفت.

پیش نویس غیر قابل استناد

- **اتصال جدا شده با قلاب آکاردئونی:** مطابق شکل (۶-۵) قلاب آکاردئونی به واسطه شکل هندسی خود در برابر بارهای داخل صفحه کاملا انعطاف پذیر بوده و نیروی بسیار ناچیزی را در امتداد داخل صفحه به دیوار وارد می‌کند. این قلاب از جنس فولاد گالوانیزه بوده و از طریق بند بستر، دیوار را به ستون متصل می‌کند. یکی از ایرادات این اتصال این است که در حین زلزله قلاب آکاردئونی دچار تغییر شکل‌های پلاستیک شدیدی شده و ممکن است در سیکل‌های پایانی زلزله دچار خستگی کم چرخه شده و نهایتا گسیخته شود. لذا لازم است پس از زلزله حتما وضعیت آن‌ها بررسی گردد. این قلاب‌ها نیز معمولا دارای ضخامت ۲ میلی‌متر بوده و پهنای آن‌ها ۲۵ میلی‌متر می‌باشد. ضمن اینکه لازم است حداقل به میزان ۱۰۰ میلی‌متر در داخل ملات بستر مدفون شوند. تعداد قلاب‌ها بر اساس برش سهم لبه و ظرفیت‌های اعلام شده توسط سازنده به دست می‌آید. استفاده از روش‌های عددی معتبر در تخمین ظرفیت اسمی اتصال بلامانع است. ضریب کاهش مقاومت برای این نوع اتصال نیز برابر ۰/۵ درنظر گرفته شود.



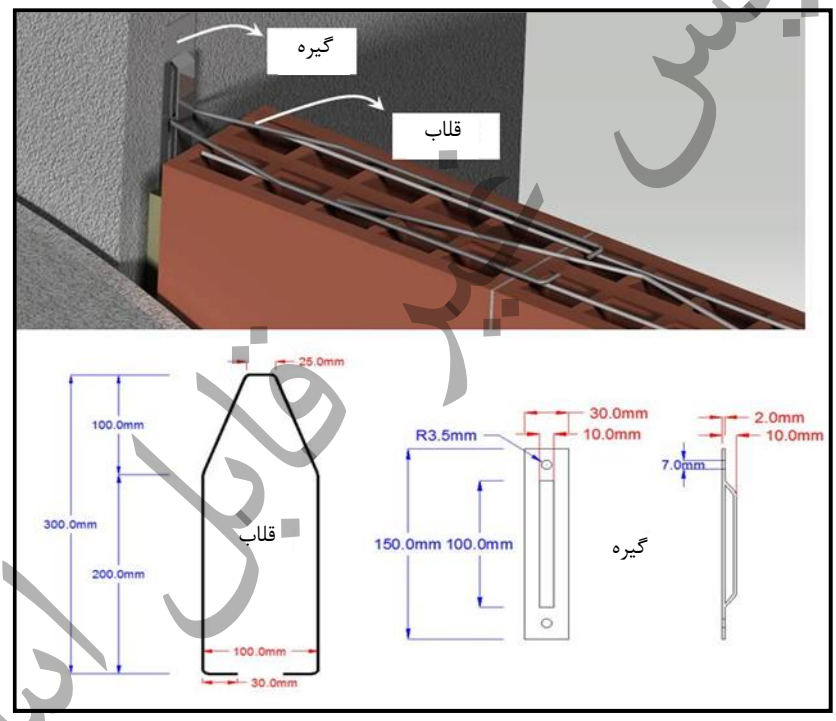
شکل ۶-۶- اتصال جداشده دیوار به قاب سازه‌ای با ناودانی و لایه جداکننده

- **اتصال جداشده با دوبل نبشی و یا ناودانی:** همان‌طور که شکل (۶-۶) نشان می‌دهد، فراهم نمودن اتصال جداشده دیوار به ستون با استفاده از لایه جداکننده (پشم سنگ) و دو عدد نبشی یا یک عدد ناودانی نیز امکان‌پذیر است. این اتصال مشابه اتصال جداشده دیوار به سقف می‌باشد با این تفاوت که امتداد لبه مقید شده دیوار در این حالت به صورت قائم می‌باشد. ناودانی یا نبشی می‌تواند به صورت ممتد یا منقطع باشند و باید به نحوی طراحی شوند که بتوانند برش سهم لبه دیوار را به ستون منتقل کنند (بر اساس سطح بارگیر لبه دیوار). لازم است عرض بال نبشی یا ناودانی به قدری باشد که در بدترین شرایط حداقل ۳۰ میلی‌متر از دیوار در

پیش نویس غیر قابل استناد

داخل ناودانی یا مابین دو نبشـــی قرار گیرد. در این صـــورت حداقل عرض بال نبشـــی یا ناودانی برابر دو برابر ضـخامت لایه جداکننده به علاوه ۳۰ میلی‌متر می‌باشـد. لازم به توضـیح اسـت که اتصـال پیشـنهادی دیوار به سـتون در این ضـابطه اسـتفاده از ناودانی یا دوبل نبشـی می‌باشد. جزئیات بیشتر در خصوص طراحی این نوع اتصال و متصل کننده‌های آن در پیوست شماره ۳ ارائه شده است.

- **اتصـال قلاب و گیره:** در صورتی که دریفت غیرالاستیک طبقه از ۰/۰۰۸ کم‌تر باشد، می‌توان مطابق شکل (۶-۷) از قلاب و گیره به منظور اتصـال دیوارهای غیرباربر داخلی و پیرامونی به سـتون‌ها اسـتفاده نمود. لازم است قلاب و گیره هر دو از جنس فولاد گالوانیزه باشـند به نحوی که ضخامت ورق مصرفی در گیره حداقل ۲ میلی‌متر و قطر مفتول مصـرفی در قلاب حداقل ۳/۵ میلی‌متر باشد. ظرفیت اسمی اتصال قلاب و گیره توسط شرکت‌های سازنده ارائه شـده و همچنین اسـتفاده از روش‌های عددی معتبر نیز بلامانع می‌باشـد. ضـریب کاهش مقاومت برای این اتصال برابر ۰/۵ است.



شکل ۶-۷- اتصال دیوار به ستون با استفاده از قلاب و گیره (Tie and Anchor)

۶-۴-۴- اتصال دیوار به دیوار

روش‌های مختلف اتصال دیوار به دیوار در این بخش ارائه شده است.

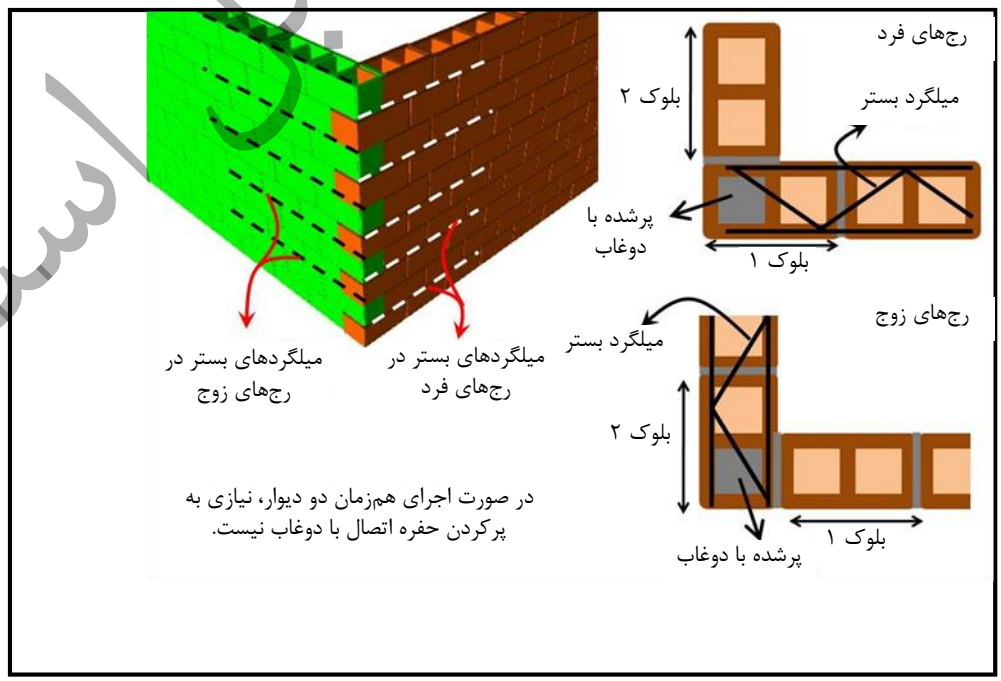
- اتصال با استفاده از پیوند بنایی (لابند واحدهای بنایی)-بلوک‌های حفره قائم

مطابق شـکل (۶-۸) در صـورتی که هر دو دیوار از واحدهای بنایی حفره قائم سـاخته شده و از پیوند بنایی به صورت لابند به منظور اتصـال دیوار به دیوار اسـتفاده شود، دو دیوار باید به صورت هم‌زمان ساخته شوند. در غیر این صورت لازم

پیش نویس غیر قابل استناد

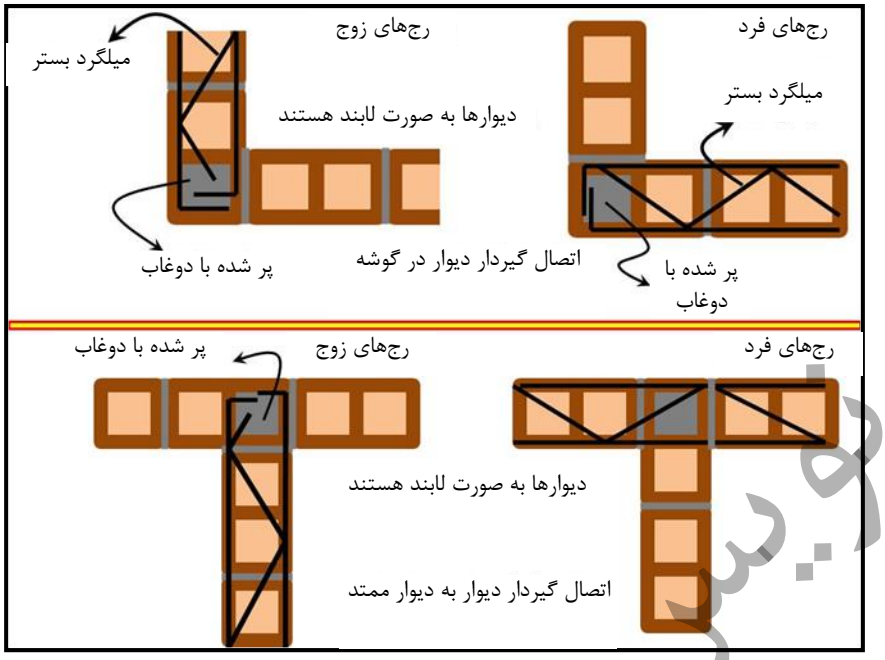
است حفره اتصال با دوغاب پر شود. دوغاب موجود در بلوک‌های مختلف باید یکپارچه باشند. این اتصال به صورت مفصلی عمل خواهد نمود. شایان ذکر است که اگر در این نوع اتصال دو دیوار به صورت هم‌زمان ساخته نشوند، در محل اتصال، ملات بستر نمی‌تواند به صورت مناسب (تحت فشار) اجرا شود. لذا لازم است برای تامین پیوستگی از دوغاب استفاده نمود. دوغاب مذکور باید به شکل پیوسته در آخرین حفره بلوک ریخته شود به شکلی که دوغاب در رج‌ها مختلف دیوار با یکدیگر پیوسته باشند. در این اتصال لازم است میلگردهای بستر دو دیوار تا داخل انتهای دیوار به شکل مستقیم امتداد یابند. در صورتی که دو دیوار همزمان ساخته شده و از دوغاب استفاده نشده باشد، باید انتهای مفتول‌های طولی میلگرد بستر به صورت ۹۰ درجه خم شوند. طول قسمت خم شده باید حداقل به اندازه نصف پهنای میلگرد بستر باشد. در صورتی که حفره اتصال با دوغاب پر شده باشد، نیازی به خم ۹۰ درجه در میلگردهای بستر نخواهد بود. همچنین برای سهولت در تعبیه میلگردهای بستر، میلگردهای بستر دو دیوار می‌توانند در رج‌های متوالی قرار گیرند (در صورتی که بر اساس طراحی نیاز به وجود میلگرد بستر در تمام رج‌های دیوار نباشد).

برای اتصال دیوار عمود بر دیوار ممتد نیز می‌توان از روش فوق استفاده نمود که در این صورت اتصال حاصله برای دیوار قطع شده به صورت مفصلی بوده اما برای دیوار ممتد به صورت گیردار می‌باشد (به شرطی که میلگردهای بستر دیوار ممتد به صورت پیوسته در محل اتصال ادامه یافته و قطع نشوند). شایان ذکر است که اگر انتهای مفتول‌های طولی میلگرد بستر به صورت خم ۹۰ درجه تبدیل شده و حفره پیوند نیز با دوغاب پر شود، می‌توان اتصال با استفاده از پیوند بنایی را از حالت مفصلی به گیردار تبدیل نمود. جزییات مربوطه در شکل (۶-۹) نشان داده شده است. در این صورت نیازی به اجرای هم‌زمان دیوارها نمی‌باشد. تحت هر شرایطی، در محل اتصال دو دیوار باید بندهای قائم دارای ملات باشند.



پیش نویس غیر قابل استناد

شکل ۶-۸- اتصال دیوار به دیوار با استفاده از پیوند بنایی (لابند) برای دیوار با بلوک حفره افقی - اتصال مفصلی

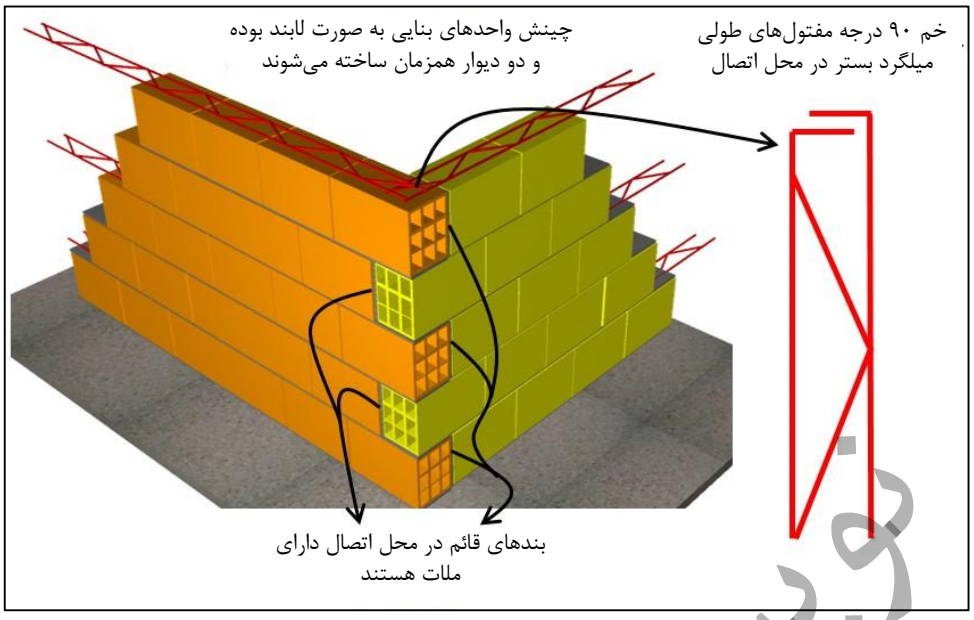


شکل ۶-۹- اتصال دیوار به دیوار با استفاده از پیوند بنایی (لابند) و میلگرد بستر برای دیوار با بلوک حفره افقی- اتصال گیردار

- اتصال با استفاده از پیوند بنایی (لابند واحدهای بنایی)-بلوک‌های حفره افقی

در کشـــور اســـتفاده از بلوک‌های حفره افقی (بلوک‌هایی که حفره‌های آنها در امتداد افقی قرار دارند) بســـیار متداول اســت. در این بلوک ها امکان تزریق دوغاب در امتداد لبه دیوار میسر نبوده و باید حتما دو دیوار به شکل همزمان با پیوند لابند ســاخته شــوند. مطابق شــکل (۶-۱۰) لازم است انتهای میلگردهای بستر نیز دارای خم ۹۰ درجه بوده به طوری که قسمت خم شده از نصف پهنای میلگرد بستر کمتر نباشد.

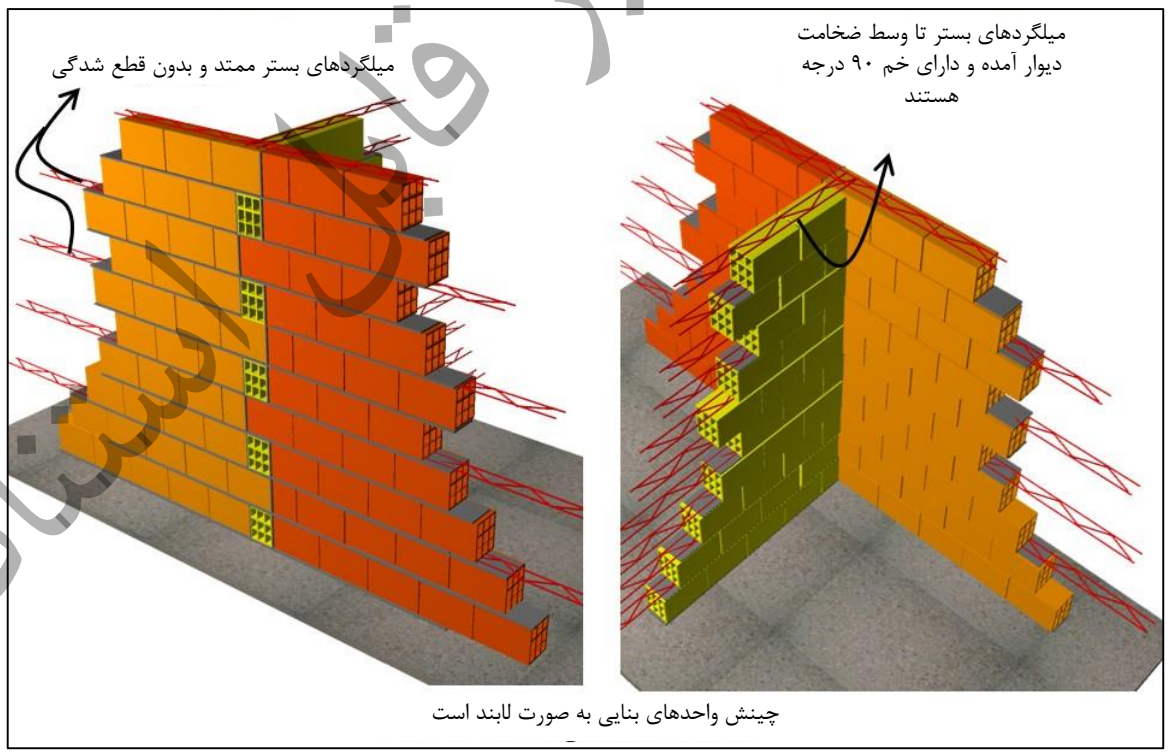
پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۶-۱۰- اتصال دیوار به دیوار در گوشه با استفاده از پیوند بنایی (لابند) و میلگرد بستر برای دیوار با بلوک حفره افقی

لازم است اتصال بدست آمده به صورت یک اتصال مفصلی در طراحی دیوار درنظر گرفته شود.

شکل (۶-۱۱) نحوه اتصال دیوار به یک دیوار ممتد را نشان می‌دهد. لازم است در طراحی دیوار، لبه دیوار ممتد در محل اتصال به شکل گیردار و این لبه برای دیوار عمود بر دیوار ممتد به صورت مفصلی درنظر گرفته شود.



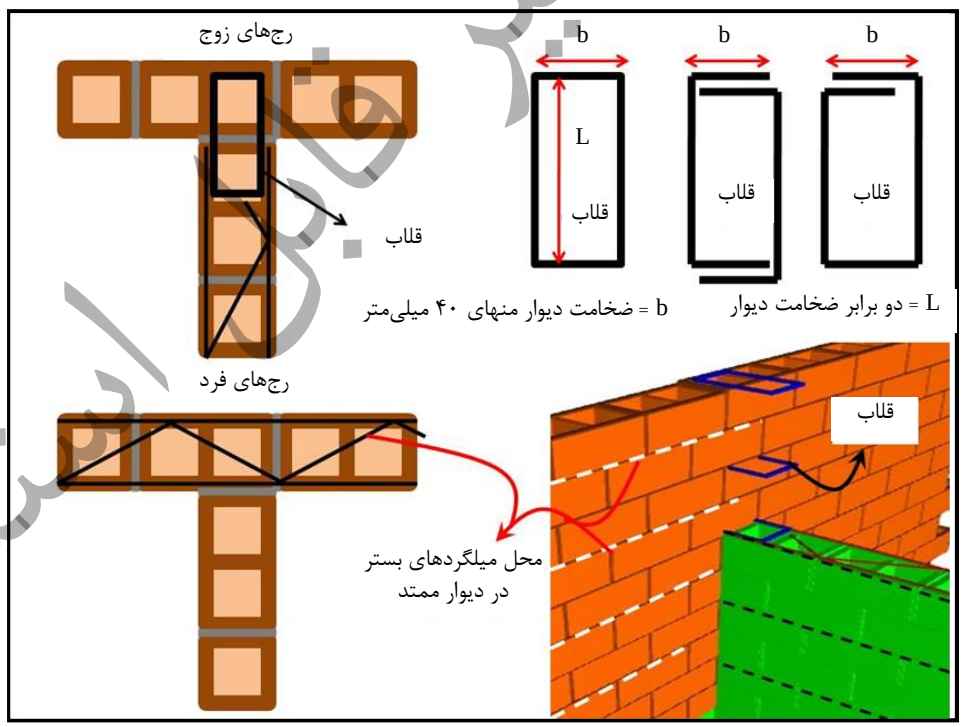
شکل ۶-۱۱- اتصال دیوار به دیوار ممتد با استفاده از پیوند بنایی (لابند) و میلگرد بستر برای دیوار با بلوک حفره افقی

پیش نویس غیر قابل استناد

- اتصال با استفاده از قلاب و میلگرد بستر

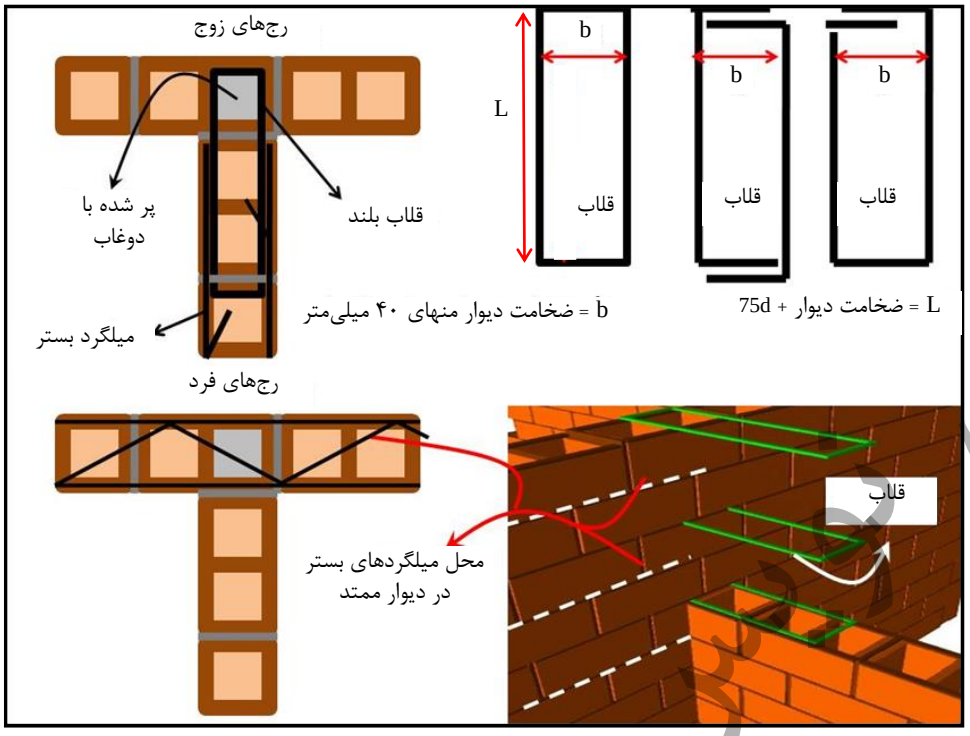
در صـورت عدم استفاده از چینش لابند، می‌توان اتصال دو دیوار را با استفاده از قلاب‌های فولادی بر قرار نمود (مطابق شـکل (۶-۱۲)). در این صـورت چه دو دیوار به صورت هم‌زمان اجرا شوند و چه به صورت جدا، حفره‌های اتصال که قلاب نیز در محل آن‌ها قرار می‌گیرد لازم نیست با دوغاب پر شوند. اگرچه استفاده از دوغاب در محل اتصال همواره قابل توصیه بوده و به انسـجام اتصال کمک خواهد نمود. اتصال حاصله برای دیوار قطع شده به صورت مفصلی می‌باشد. دیوار ممتد در محل قطع دو دیوار، به شـرطی که میلگردهای بسـتر آن قطع نشوند، دارای اتصالی گیردار خواهد بود. قطر مفتول قلاب‌ها نباید کم‌تر از قطر مفتول طولی میلگردهای بسـتر بوده و فاصـله قلاب‌ها نیز در ارتفاع دیوار برابر فاصـله میلگردهای بستر می‌باشد.

در صـورتی که حفره اتصـال از دوغاب پر شـده و طول قلاب حداقل برابر ضـخامت دیوار به علاوه ۷۵ برابر قطر مفتول میلگرد بسـتر باشـد، اتصال حاصله برای دیوار قطع شده را نیز می‌توان به صورت گیردار درنظر گرفت. جزییات این اتصال در شکل (۶-۱۳) نشان داده شده است.



شکل ۶-۱۲- اتصال دو دیوار متعامد با استفاده از قلاب و میلگرد بستر- اتصال مفصلی

پیش نویس غیر قابل استناد



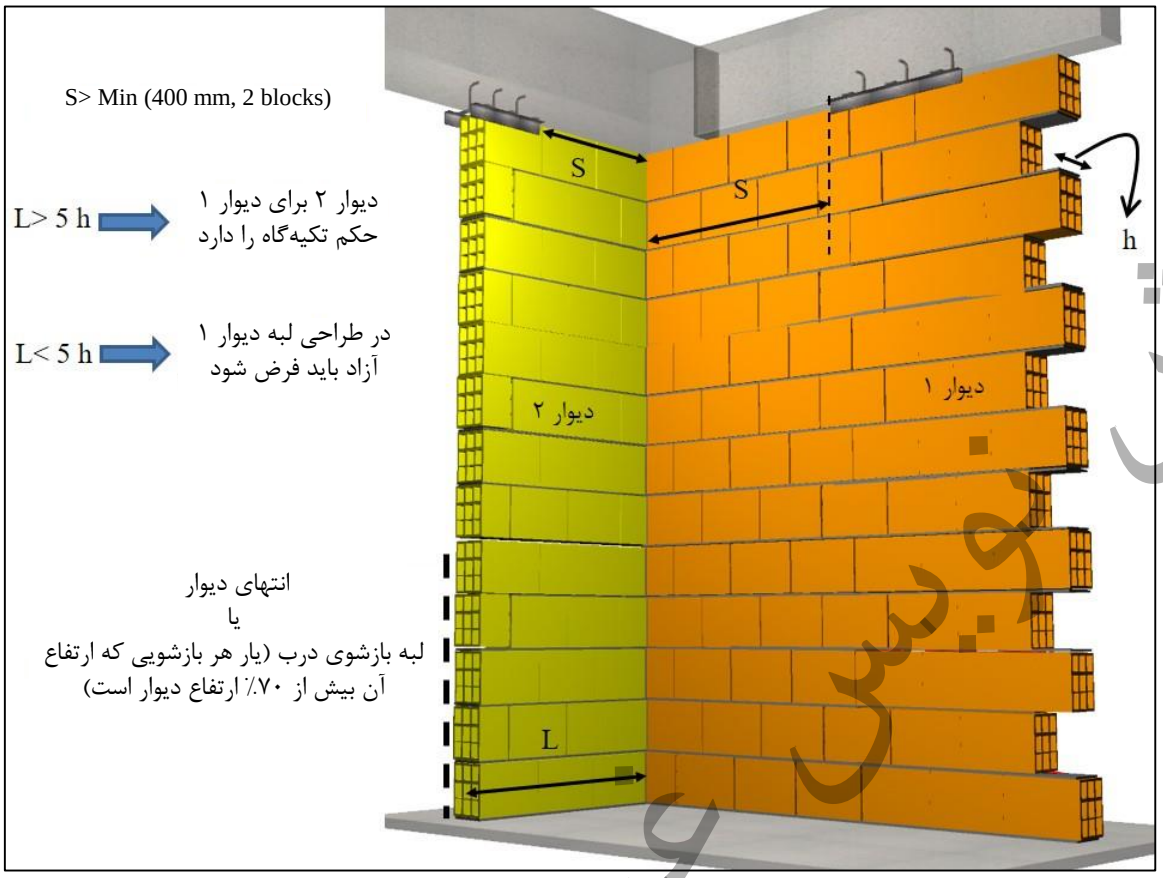
شکل ۶-۱۳- اتصال دو دیوار متعامد با استفاده از قلاب بلند و میلگرد بستر- اتصال گیردار

-کفایت دیوار برای ایفای نقش تکیه گاه برای دیوار عمود برخود

تنهـا دیوارهایی را می‌توان به صـــورت تکیه گاه (برای دیوارهای عمود شـــده) در نظر گرفت که طول آن‌ها از ۵ برابر ضـخامت دیوار عمود شده کمتر نباشد. در غیر این صورت دیوار سختی لازم برای ایفای نقش تکیه گاهی برای دیوار عمود را نخواهد داشت. این امر در شکل (۶-۱۴) نشان داده شده است. در تعیین کفایت نقش تکیه گاهی دیوار، طول دیوارهای دارای بازشو با ارتفاع بیش از ۷۰٪ ارتفاع کل دیوار، برابر فاصله بین اتصال دیوار به دیوار و لبه بازشو می‌باشد.

تبصـره: از سایر المان‌های فولادی، بتنی یا کامپوزیت می‌توان به عنوان تکیه‌گاه برای دیوار استفاده نمود به شرطی که سختی آنها در امتداد خارج از صفحه دیوار برابر سختی داخل صفحه یک دیوار بنایی فرضی به طول ۵ برابر ضخامت دیوار و با ضـخامتی برابر با ضـخامت دیوار باشـد. در هنگام محاسبه سختی داخل صفحه دیوار فرضی، می‌توان بالای آن را آزاد درنظر گرفت. اتصـــالات این اجزای تکیه گاهی باید به نحوی باشـــد که در جهت داخل صـــفحه دریفت طبقه را به دیوار منتقل نکنند.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل ۶-۱۴- کفایت دیوار به عنوان تکیه گاه دیوار عمود بر خود و حداقل فاصله اتصال دیوار به سقف از محل اتصال دیوار به دیوار

- اتصال دیوار به سقف در محل اتصال دو دیوار

در خصوص اتصال دو دیوار به یکدیگر، لازم است اولین قطعه اتصال به منظور اتصال لبه فوقانی دیوار به سقف به قدر کافی از محل اتصال دو دیوار به یکدیگر فاصله داشته باشد. این فاصله حداقل به میزان ۴۰۰ میلیمتر یا دو بلوک (هر کدام کمتر بود) از محل اتصال دو دیوار می‌باشد. این امر در بهبود ظرفیت تغییرشکلی دیوار تحت دریفت‌های خارج از صفحه موثر خواهد بود. تاثیر دریفت خارج از صفحه بر عملکرد دو دیوار متصل به یکدیگر در پیوست ۴ بررسی شده است.

پیش نویس غیر قابل استناد

پیوست ۱

اپلیکیشن تحت اکسل طراحی دیوار

پیش نویس غیر قابل استناد

به منظور تسهیل در روند طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای، اپلیکیشنی تحت اکسل تهیه شده است که با استفاده از آن طراح می‌تواند به سادگی اقدام به طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مطابق با این ضابطه نماید. صحت نتایج اپلیکیشن در پیوست ۲ با استفاده از نتایج آزمایشگاهی و در پیوست ۴ با استفاده از نتایج عددی و محاسبات دستی به اثبات رسیده است. شکل (پ-۱-۱) تصویری از محیط اپلیکیشن را نشان می دهد. ورودی‌های اپلیکیشن در جدول (پ-۱-۱) آورده شده‌اند.

خروجی‌های اپلیکیشن شامل موارد زیر می شوند:

- مقاومت خمش قائم دیوار (ظرفیت قائم)
- مقاومت خمش افقی دیوار (ظرفیت افقی)
- فشار خارج از صفحه نهایی دیوار (آستانه فروریزش)
- مقدار فشار خارج از صفحه وارده بر دیوار ناشی از باد یا زلزله
- کفایت مقدار میلگرد بستر حداقل
- نسبت تقاضا به ظرفیت دیوار (در صورتی که این نسبت کمتر از ۱ باشد، دیوار مورد تایید است)
- نیروهای ایجاد شده در تکیه گاه‌های دیوار (به منظور طراحی اتصالات دیوار)

شکل پ-۱-۱- تصویری از محیط اپلیکیشن تحت اکسل طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مطابق ضابطه ۷۲۹

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول (پ-۱-۱) ورودی‌های اپلیکیشن طراحی دیوار

ورودی ها	توضیح
ارتفاع سازه	برای محاسبه نیروی وارده بر دیوار ناشی از باد
شتاب مبنای زلزله (A)	برای محاسبه نیروی وارده بر دیوار ناشی از زلزله
خطرپذیری لرزه‌ای (S)	برای محاسبه نیروی وارده بر دیوار ناشی از زلزله
سرعت مبنای باد	برای محاسبه نیروی وارده بر دیوار ناشی از باد
میزان باز بودن اطراف ساختمان	برای محاسبه نیروی وارده بر دیوار ناشی از باد
دیوار داخلی است یا پیرامونی؟	دیوار داخلی فقط برای زلزله و دیوار پیرامونی هم برای باد و هم برای زلزله طراحی می‌شود.
ضریب اهمیت دیوار	ضریبی که در نیروی لرزه‌ای وارده بر دیوار ضرب می‌شود.
جنس واحد بنایی	آجرها یا بلوک ها می‌توانند سفالی (رسی) یا سیمانی یا AAC باشند.
نوع واحد بنایی	واحد بنایی می‌تواند توپر (یا سوراخ دار)، توخالی و یا توخالی نیمه پرشده با دوغاب باشد.
ضخامت دیوار	بدون درنظر گرفتن نازک کاری و یا سیمان کاری
وزن دیوار	شامل وزن ناشی از نازک کاری، نما و یا سایر قطعات متصل به دیوار
ارتفاع پانل دیوار	در خصوص دیوارهای دارای بازشو، ارتفاع پانل معادل باید وارد شود.
طول پانل دیوار	در خصوص دیوارهای دارای بازشو، طول پانل معادل باید وارد شود.
نوع ملات	نوع ملات می‌توان از نوع N یا S و با استفاده از سیمان بنایی یا ترکیب سیمان پرتلند و آهک باشد. برای بلوک‌های AAC ملات مخصوص AAC استفاده می‌شود.
وجود ملات در بندهای قائم؟	عدم وجود ملات در بندهای قائم به میزان ۳۰٪ خمش افقی دیوار غیرمسلح را کاهش می دهد.
ضخامت پوسته	این مقدار ضخامت پوسته واحدهای بنایی توخالی (بلوک) است که تنها مختص دیوارهای ساخته شده با واحدهای بنایی توخالی یا پر شده با دوغاب است.
مجهز به میلگرد بستر؟	طبق ضابطه ۷۲۹ کلیه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به جز دیوارهای AAC باید حتما مسلح باشند. با این وجود در اپلیکشن قابلیت طراحی دیوارهای غیرسلح نیز وجود دارد.
قطر مفتول طولی میلگرد بستر	
فواصل میلگردهای بستر	منظور فاصله در امتداد ارتفاع دیوار می‌باشد. این فاصله تنها می‌تواند ضریبی از ارتفاع واحدهای بنایی باشد.
پهنای میلگرد بستر	پهنای میلگرد بستر باید حداقل به میزان ۳۰ میلیمتر کمتر از ضخامت دیوار باشد.
مقاومت تسلیم فولاد میلگرد بستر	
شرایط تکیه گاهی دیوار	بسته به شرایط تکیه گاهی دیوار (یا پانل معادل دیوار)، یکی از ۱۲ حالت موجود در ضابطه ۷۲۹ انتخاب می‌شود.

پیش نویس غیر قابل استناد

پیوست ۲

صحت سنجی ضابطه با استفاده از نتایج آزمایشگاهی

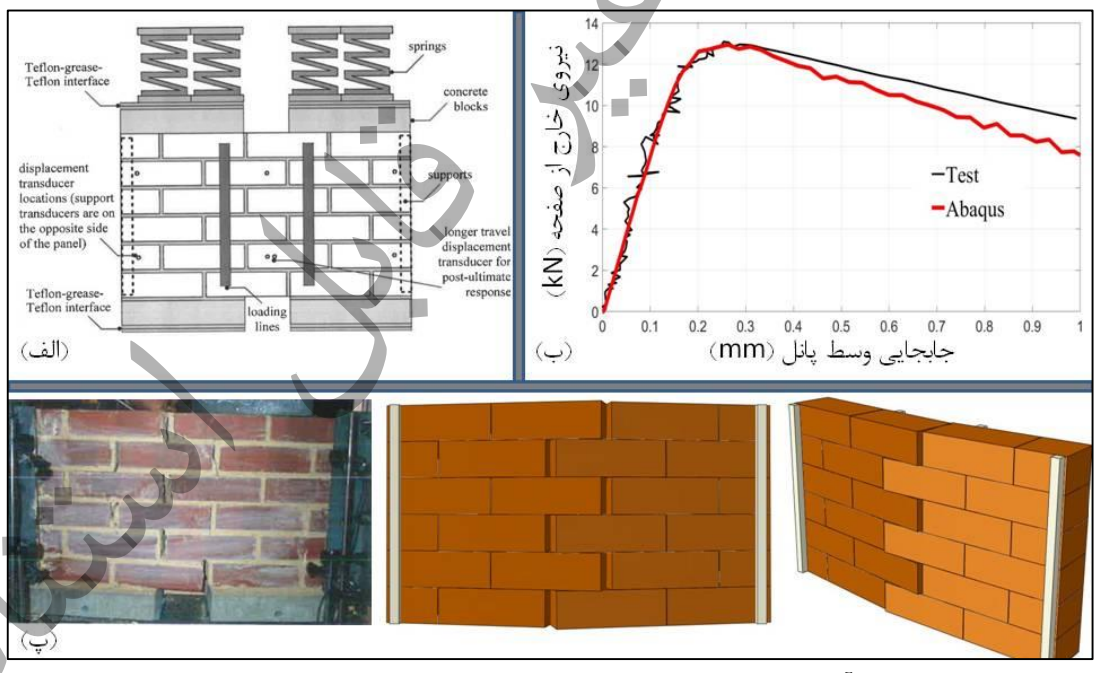
پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

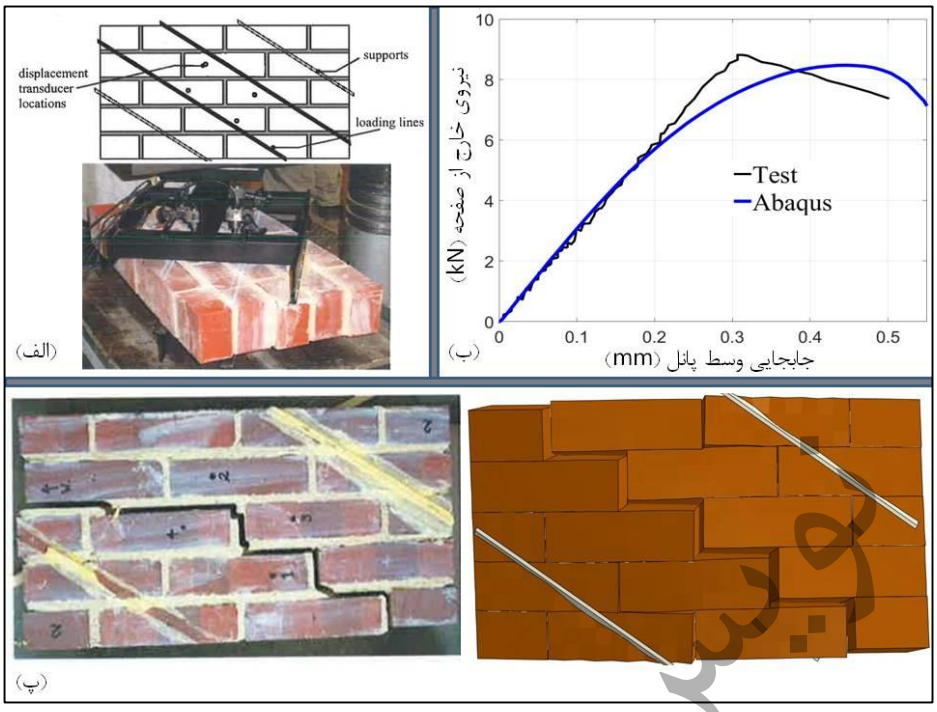
در این پیوست با درنظر گرفتن نتایج آزمایشگاهی ۷۲ دیوار با مقیاس کامل، میزان دقت ضابطه ۷۲۹ در تخمین ظرفیت خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای بررسی شده است. دیوارهای درنظر گرفته شده به منظور صحت سنجی طیف وسیعی از دیوارها (دیوارهای ساخته شده با آجرهای توپر، سوراخ دار و توخالی، دیوارهای با و بدون بازشو، دیوارهای با و بدون میلگرد بستر، دیوارهای با شرایط مرزی مختلف) را شامل می‌شوند. میانگین خطای ضابطه ۷۲۹ در تخمین ظرفیت نهایی خارج از صفحه دیوار ۲۰٪ بدست آمده است که با توجه به عدم قطعیت‌های موجود در المان ها بنایی، دقت قابل قبولی به حساب می‌آید. کلیه تخمین‌های بدست آمده از ضابطه ۷۲۹ بدون درنظر گرفتن ضرایب کاهش مقاومت می باشند. با توجه به اینکه در پیوست ۴ از تحلیل‌های المان محدود نیز به منظور شبیه‌سازی رفتار دیوار استفاده خواهد شد، لذا در این پیوست ، صحت نتایج تحلیل‌های المان محدود نیز با نتایج آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

پ-۲-۱- مقایسه با تست‌های Willis (2004)

برخی از شبیه‌سازی رفتار دیوار علاوه بر روش موجود در ضابطه ۷۲۹ با استفاده از مدل‌های المان محدود در نرم افزار آباکوس نیز انجام شده است. لذا لازم است علاوه بر صحت سنجی روش موجود در ضابطه ۷۲۹، صحت نتایج مدلهای المان محدود نیز بررسی شود. شکل‌های (پ-۲-۱) و (پ-۲-۲) نتایج حاصل از مدل آباکوس را با نتایج آزمایشگاهی به ترتیب برای رفتار خمش افقی و خمش مورب (خمش افقی و قائم) یک پانل بنایی مقایسه می‌کنند.



شکل پ-۲-۱- صحت سنجی مدل آباکوس دیوار در خمش افقی (الف)چیدمان تست(2004) Willis . (ب) مقایسه منحنی نیرو-تغییر مکان اندازه گیری شده در تست و شبیه سازی شده در آباکوس. (پ). الگوی ترکهای مشاهده شده در تست و مدل آباکوس



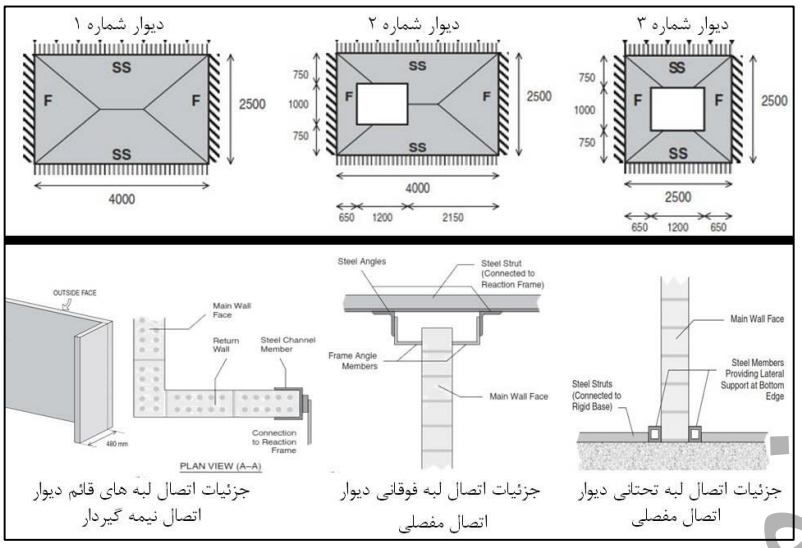
شکل پ-۲-۲- صحت سنجی مدل آباکوس دیوار در خمش مورب (الف)چیدمان تست(2004) Willis . (ب) مقایسه منحنی نیرو-تغییر مکان اندازه گیری شده در تست و شبیه سازی شده در آباکوس. (پ). الگوی ترکهای مشاهده شده در تست و مدل آباکوس

مشخص است که مدل المان محدود می‌تواند با دقت قابل قبولی رفتار خارج از صفحه دیوار را شبیه‌سازی کند. لیکن این روش زمان بر و پر هزینه بوده و برای استفاده در طراحی‌های روزمره مهندسی مناسب نیست. لذا لازم است طراح قادر به شبیه سازی رفتار دیوار به شکل ساده‌تری باشد. برای پاسخ به این نیاز روش‌های ساده شده‌ای از جمله روش خطوط تسلیم توسعه داده شده اند که ضابطه ۷۲۹ نیز از همین روش به منظور طراحی دیوارهای با عملکرد دو طرفه استفاده می‌کند. در ادامه دقت ضابطه ۷۲۹ در تخمین ظرفیت خمش خارج از صفحه دیوارهای بنایی بررسی شده است. بسیاری از نتایج حاصل از ضابطه ۷۲۹ با استفاده از اپلیکیشن تحت اکسل معرفی شده در پیوست ۱ بدست آمده اند.

پ-۲-۲- مقایسه با تست‌های Griffith et al. (2007)

رفتار دیوارهای بنایی غیرمسلح با و بدون بازشو توسط Griffith et al.(2007) به شکل آزمایشگاهی بررسی شده است. در این بخش یک دیوار بدون بازشو و دو دیوار با بازشو مطابق شکل (پ-۲-۳) مدنظر قرار گرفته و نتایج حاصل از ضابطه ۷۲۹ و نیز مدل المان محدود با نتایج تست‌های Griffith et al.(2007) مقایسه شده‌اند. لبه‌های قائم دیوار دارای اتصالات نیمه گیردار می‌باشند که این امر از طریق وجود دو دیوار عمود بر دیوار اصلی ایجاد شده است. طبق Griffith et al.(2007) این اتصال از نظر دورانی لبه دیوار را به طور کامل مقید نمی کند و تنها اجازه می دهد ظرفیت خمشی دیوار در لبه‌های قائم نیز بسیج شوند. در تخمین ظرفیت دیوار با استفاده از روش ضابطه ۷۲۹، لبه‌های قائم دیوار مفصلی درنظر گرفته شده‌اند. هر سه دیوار فاقد بار محوری هستند. ضخامت دیوارها ۱۱۰ میلیمتر بوده و با استفاده از آجرهای رسی سوراخ دار به ابعاد ۲۳۰ در ۱۱۰ در ۷۶ میلیمتر ساخته شده‌اند. در این نوع آجرها، سوراخ ها سطح کمی از سطح آجر را تشکیل میدهند (کمتر از ۳۵٪) و در محاسبات آجرها توپر درنظر گرفته می‌شوند.

پیش نویس غیر قابل استناد



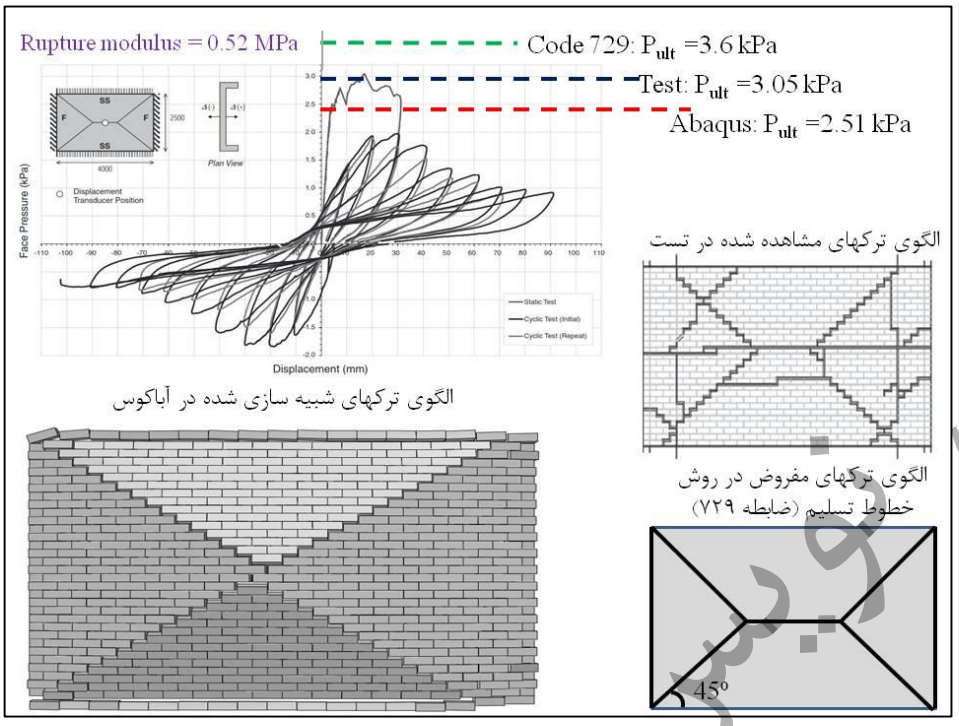
شکل پ-۲-۳. سه نمونه از دیوارهای تست شده توسط Griffith et al.(2007)

شکل (پ-۲-۴) نتایج حاصل از دیوار شماره ۱ را از سه روش مختلف نشان می دهد. لازم به ذکر است که نتایج بدست آمده از ضابطه ۷۲۹ بدون درنظر گرفتن ضریب کاهش مقاومت (۰/۶) گزارش شده‌اند. نتایج دو دیوار دیگر در شکل‌های (پ-۲-۵) و (پ-۲-۶) ارائه شده‌اند. فشارهای خارج از صفحه متناظر با ظرفیت نهایی (آستانه فروریزش) دیوارهای درنظر گرفته شده در جدول (پ-۲-۱) ارائه شده‌اند. بر اساس نتایج می‌توان اظهار داشت که ضابطه ۷۲۹ و نیز مدلهای المان محدود می‌توانند با دقت مناسبی مقاومت نهایی خارج از صفحه دیوار را تخمین بزنند. باید توجه داشت که عدم قطعیت مشخصات مصالح به ویژه مدول گسیختگی در مصالح بنایی نسبت به سایر مصالح بسیار بالاتر است لذا محدوده خطایی در حدود کمتر از ۳۰٪ برای تخمین مقاومت نهایی مصالح بنایی بسیار دقت مناسبی است.

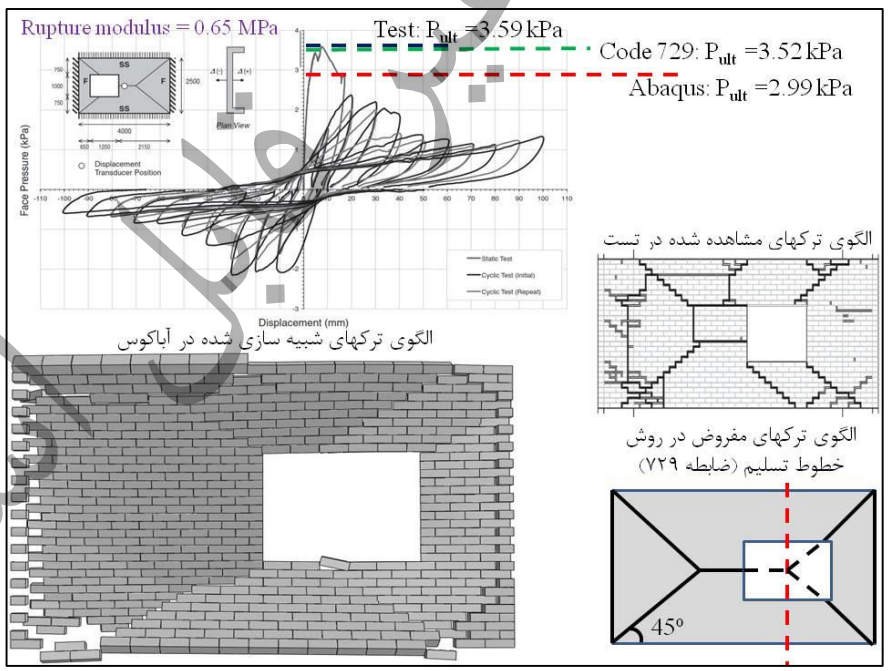
جدول پ-۲-۱- فشار نهایی سه دیوار درنظر گرفته شده در این بخش بر اساس روش‌های مختلف

شماره دیوار	تست	مدل آباکوس	ضابطه ۷۲۹
۱	3.04 kPa	2.51 kPa	3.67 kPa
۲	3.59 kPa	2.99 kPa	3.52 kPa
۳	8.50 kPa	6.67 kPa	6.53 kPa

پیش نویس غیر قابل استناد

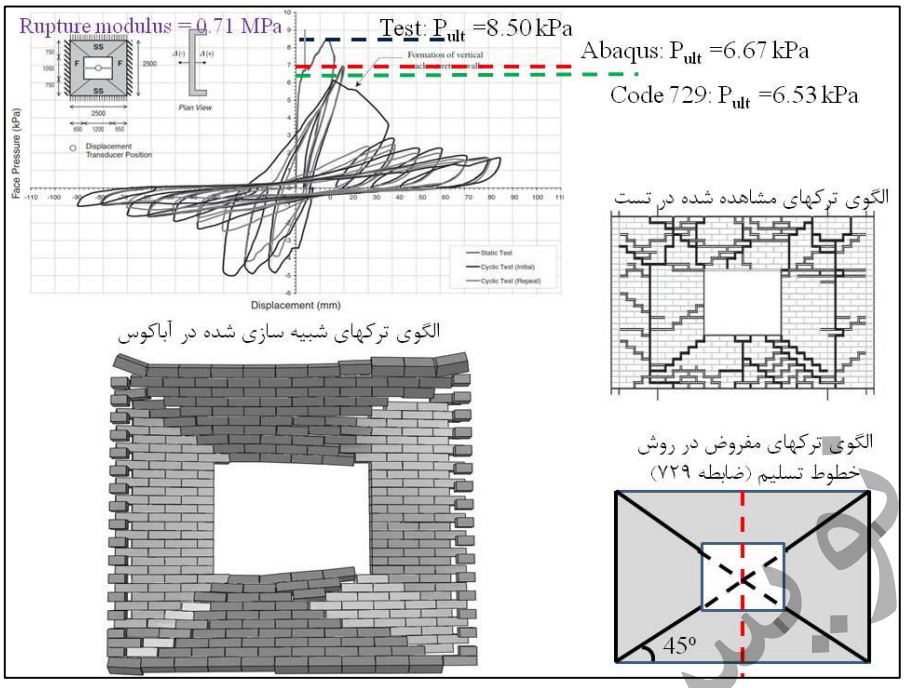


شکل پ-۲-۴. ظرفیت دیوار شماره ۱ از سه روش آزمایشگاهی، مدل المان محدود و ضابطه ۷۲۹ (بدون ضریب کاهش مقاومت).



شکل پ-۲-۵. ظرفیت دیوار شماره ۲ از سه روش آزمایشگاهی، مدل المان محدود و ضابطه ۷۲۹ (بدون ضریب کاهش مقاومت).

پیش نویس غیرقابل استناد



شکل پ-۲-۶. ظرفیت دیوار شماره ۳ از سه روش آزمایشگاهی، مدل المان محدود و ضابطه ۷۲۹ (بدون ضریب کاهش مقاومت).

در ادامه نتایج حاصل از ضابطه۷۲۹ با تعداد بسیار زیادی از تست‌های گذشته مقایسه شده است.

پ-۲-۳- مقایسه با تست‌های West et al. (1977)

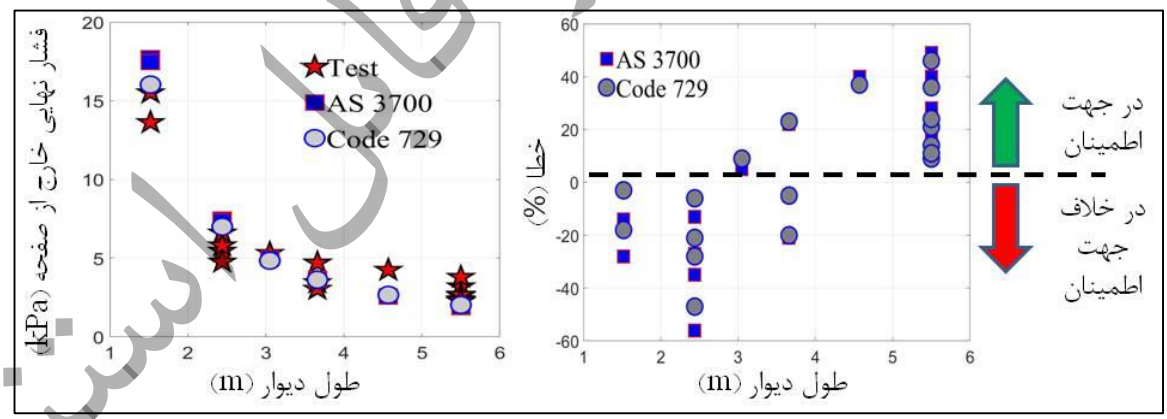
تعداد ۱۸ عدد دیوار بنایی غیرمسلح با مقیاس کامل توسط West et al. (1977) مورد آزمایش قرار گرفته و ظرفیت خمش خارج از صفحه آنها بدست آمده است. کلیه دیوارهای تست شده رفتاری دو طرفه داشته به این نحو که لبه تحتانی دارای اتصال مفصلی، لبه فوقانی آزاد و لبه‌های قائم دارای اتصال نیمه گیردار بوده اند. ظرفیت آزمایشگاهی دیوار به همراه تخمین ضابطه ۷۲۹ از ظرفیت دیوار در جدول (پ-۲-۲) نشان داده شده است. به منظور مقایسه، نتایج تخمین آیین نامه استرالیا (AS 3700, 2001) که از روش کار مجازی استفاده می کند نیز در جدول (پ-۲-۲) ارائه شده است. نتایج آزمایشگاهی و نیز نتایج آیین نامه استرالیا توسط Willis (2004) جمع آوری شده اند. در کلیه دیوارهای تست شده مدول گسیختگی دیوار بنایی بین 0.71 MPa تا 0.73 MPa گزارش شده است. در تخمین صورت گرفته در این بخش این مقدار برای کلیه دیوارها برابر 0.72 MPa فرض شده است. لازم به توضیح است کلیه دیوارهای تست شده از آجر توپر بوده و فاقد بازشو می باشند. همچنین در تمام دیوارهای تست شده، ضخامت دیوار 103 mm است.

با توجه به این که لبه‌های قائم دیوارها به صورت نیمه گیردار می باشند، لذا در تخمین فشار نهایی دیوار طبق ضابطه ۷۲۹ یک بار لبه‌های قائم دیوار به شکل مفصل (شرایط مرزی A) و یک بار لبه‌های قائم دیوار به شکل گیردار (شرایط مرزی C) درنظر گرفته شده و میانگین نتایج این دو حالت در جدول (پ-۲-۲) ارائه شده اند. مجددا تاکید می‌شود در نتایج حاصل از آیین‌نامه‌ها، ضرایب کاهش مقاومت لحاظ نمی‌شود تا بدین ترتیب مقایسه منطقی‌تری با نتایج آزمایشگاهی صورت گیرد. مشخص است که ضابطه ۷۲۹ تا حدی بهتر از آیین نامه مصالح بنایی استرالیا (AS 3700) قادر است ظرفیت نهایی دیوار را تخمین بزند. نتایج بدست آمده در شکل (پ-۲-۷) نیز نمایش داده شده اند.

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول (پ-۲-۲). فشار نهایی خارج از صفحه ۱۸ نمونه دیوار با ارتفاع ۲/۶ متر و ضخامت ۱۰۳ میلیمتر و طول‌های متفاوت

			مقاومت (kPa)		درصد خطای مطلق	
شماره	طول (m)	تست	AS 3700	ضابطه ۷۲۹	AS 3700	**ضابطه ۷۲۹**
1	5.5	3.18	1.92	2.03	36	**40**
2	5.5	3.79	1.92	2.03	46	**49**
3	4.57	4.24	2.56	2.67	37	**40**
4	3.66	4.7	3.68	3.63	23	**22**
5	3.05	5.31	5.02	4.84	9	**5**
6	2.44	6.6	7.44	7	6	**13**
7	1.52	15.51	17.71	16.03	3	**14**
8	5.5	2.37	1.89	2.03	14	**20**
9	2.44	5.45	7.34	7	28	**35**
10	1.52	13.62	17.47	16.03	18	**28**
11	5.5	2.59	1.92	2.03	21	**26**
12	3.66	3.03	3.68	3.63	20	**21**
13	2.44	4.76	7.44	7	47	**56**
14	5.5	2.24	1.89	2.03	9	**16**
15	3.66	3.45	3.63	3.63	5	**5**
16	2.44	5.79	7.34	7	21	**27**
17	5.5	2.66	1.92	2.03	24	**28**
18	5.5	2.28	1.92	2.03	11	**16**
میانگین خطا					26%	**21%**



شکل پ-۲-۷. دقت آیین نامه AS 3700 و ضابطه ۷۲۹ در تخمین نتایج تست‌های West et al. (1977)

شکل (پ-۲-۷) نشان می دهد روش خطوط تسلیم (ضابطه ۷۲۹) و همچنین روش کار مجازی (آیین نامه AS 3700) در دیوارهای با طول کم (نسبت H/L بزرگتر از ۱) مقاومت دیوار را قدری بیشتر از مقدار واقعی تخمین می زنند. این پدیده پیشتر نیز توسط Chong (1993) نیز مشاهده شده بود. البته با توجه به اینکه اغلب دیوارهای غیرسازه‌ای دارای نسبت

پیش نویس غیر قابل استناد

H/L کوچکتر از ۱ بوده و نیز ضرایب اطمینان قابل توجهی در آیین نامه ها لحاظ می گردد، این امر منجر به نگرانی نخواهد بود.

پ-۲-۴- مقایسه با تست‌های Lawrence (1983)

تعداد ۳۲ دیوار تمام مقیاس غیرمسلح توسط Lawrence (1983) مورد تست خارج از صفحه قرار گرفته است. دیوارهای تست شده همگی فاقد بازشو لیکن دارای شرایط مرزی مختلفی بوده اند. جزئیات دیوارهای تست شده به همراه نتایج آزمایشگاهی و نتایج حاصل از ضابطه ۷۲۹ در جدول (پ-۲-۳) ارائه شده اند. ضخامت کلیه دیوارها ۱۱۰ میلیمتر بوده است. لازم به توضیح است که Lawrence مقادیر بسیار بالایی برای مدول گسیختگی دیوارهای تست شده گزارش کرده است. با این وجود، مقادیر ذکر شده توسط Lawrence نمی‌تواند معرف مدول گسیختگی کل دیوار باشد، لذا در این بخش مدول گسیختگی برابر حداکثر مقدار مطابق ضابطه ۷۲۹ (0.92 MPa) درنظر گرفته شده است.

نتایج حاکی از قابلیت اطمینان ضابطه ۷۲۹ در تخمین فشار خارج از صفحه نهایی (آستانه فروریزش) دیوارهای تست شده با هندسه و شرایط مرزی متفاوت، می‌باشد.

جدول (پ-۲-۳). فشار نهایی خارج از صفحه ۳۲ نمونه دیوار به ضخامت ۱۱۰ میلیمتر

شماره دیوار	طول (m)	ارتفاع (m)	شرایط مرزی*	فشار نهایی دیوار (kPa)		خطا (٪)
				تست	ضابطه ۷۲۹	
1	6	3	I	8	7.4	**8**
2	6	3	I	8.1	7.4	**9**
3	6	3	E	3.2	3.7	**15**
4	6	3	G	5.5	4.9	**11**
5	6	3	A	1.7	1.8	**8**
6	2.5	2.5	E	8.6	10.4	**21**
7	2.5	2.5	I	12.1	21.2	**75**
8	2.5	2.5	G	20	16.5	**18**
9	2.5	2.5	A	7.8	7.2	**8**
10	2.5	2.5	C	14	12.6	**10**
11	3.75	2.5	A	3.4	4	**16**
12	3.75	2.5	E	4.9	6.9	**41**
13	3.75	2.5	G	6.7	9.9	**47**
14	3.75	2.5	I	11.6	13.8	**19**
15	3.75	2.5	C	4	6.6	**64**
16	5	2.5	E	4.7	5.3	**13**
17	5	2.5	I	9.9	10.6	**7**
18	5	2.5	G	6.4	7.1	**10**
19	5	2.5	C	3.9	4.2	**9**
20	5	2.5	A	2.7	2.7	**2**
21	6	2.5	E	3.1	4.8	**53**
22	6	2.5	A	2.3	2.1	**8**
23	6	2.5	C	3.5	3.4	**3**
24	6	2.5	G	4.7	6.3	**33**
25	6	2.5	I	6.9	9.5	**38**

پیش نویس غیر قابل استناد

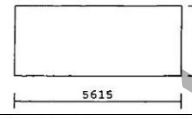
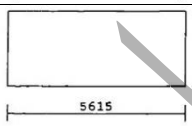
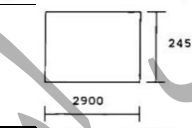
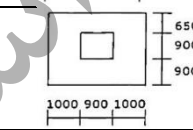
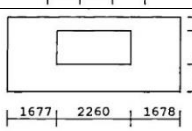
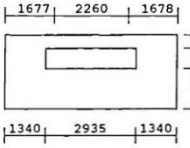
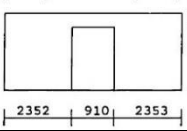
26	6	3	E	3.5	3.7	**5**
27	6	3	I	4.7	7.4	**57**
28	6	3	G	3.9	4.9	**26**
29	6	3	C	2.5	3	**18**
30	6	3	A	1.9	1.8	**4**
31	2.5	2.5	I	24	21.2	**12**
32	2.5	2.5	G	18.8	16.5	**12**
					میانگین خطا	**21%**

* شرایط مرزی مطابق تعریف موجود در ضابطه ۷۲۹

پ-۲-۵- مقایسه با تست‌های Chong (1993)

دیوارهای بنایی غیرمسلح دارای بازشو توسط Chong (1993) به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته اند. ۷ دیوار مختلف در این بخش مورد بررسی قرار گرفته است. مشخصات دیوارهای تست شده به همراه نتایج حاصله در جدول (پ-۲-۴) نشان داده شده اند.

جدول (پ-۲-۴). فشار نهایی خارج از صفحه ۷ نمونه دیوار به ضخامت ۱۰۲ میلیمتر

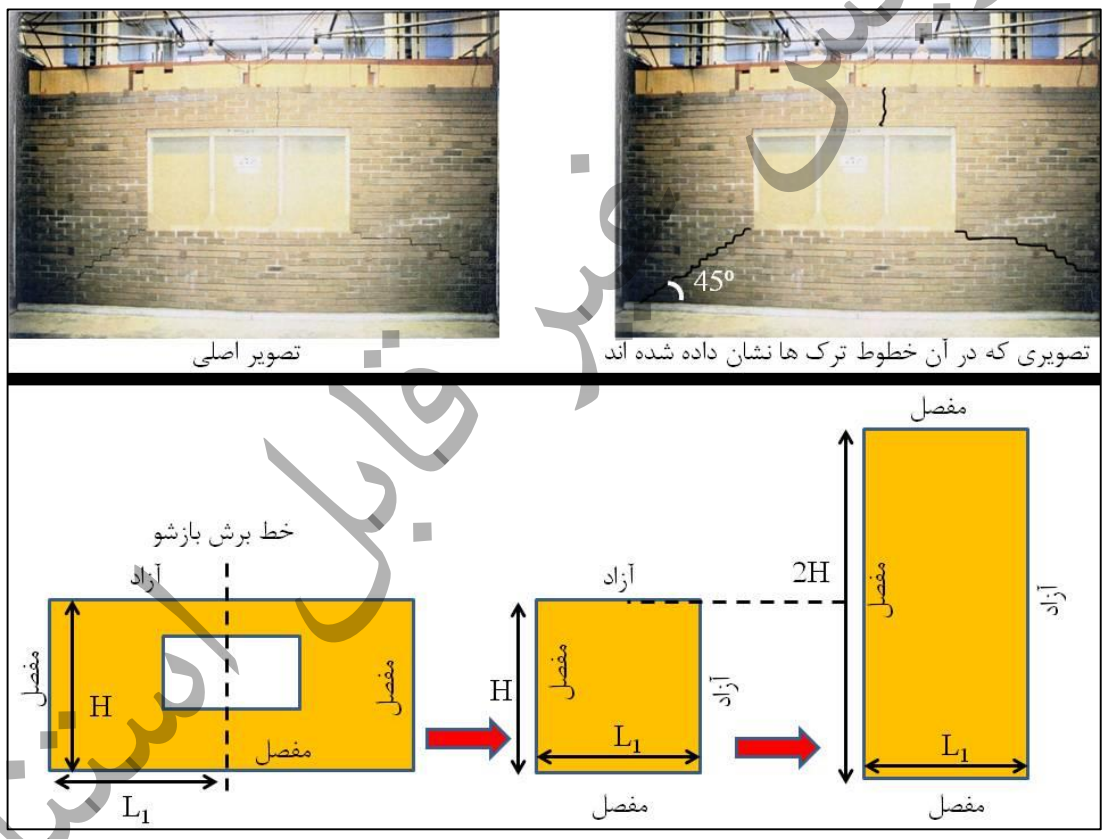
نام نمونه	ابعاد دیوار (mm)	شرایط تکیه گاهی لبه‌های دیوار			فشار نهایی دیوار (kPa)		خطای مطلق (٪)
		قائم	تحتانی*	فوقانی	تست	ضابطه ۷۲۹	
SB01		مفصلی	گیردار	آزاد	2.8	2.1	25
SB05		مفصلی	مفصلی	آزاد	2.7	2.1	22
SB06		مفصلی	گیردار	مفصلی	7.5	7.9	5
SB07		مفصلی	گیردار	مفصلی	5.5	6.8	24
SB02		مفصلی	گیردار	آزاد	2.4	1.7	29
SB03		مفصلی	گیردار	آزاد	2.3	1.7	26
SB04		مفصلی	گیردار	آزاد	2.2	1.7	23

پیش نویس زیر فایل استاندارد

میانگین خطا	**22%**

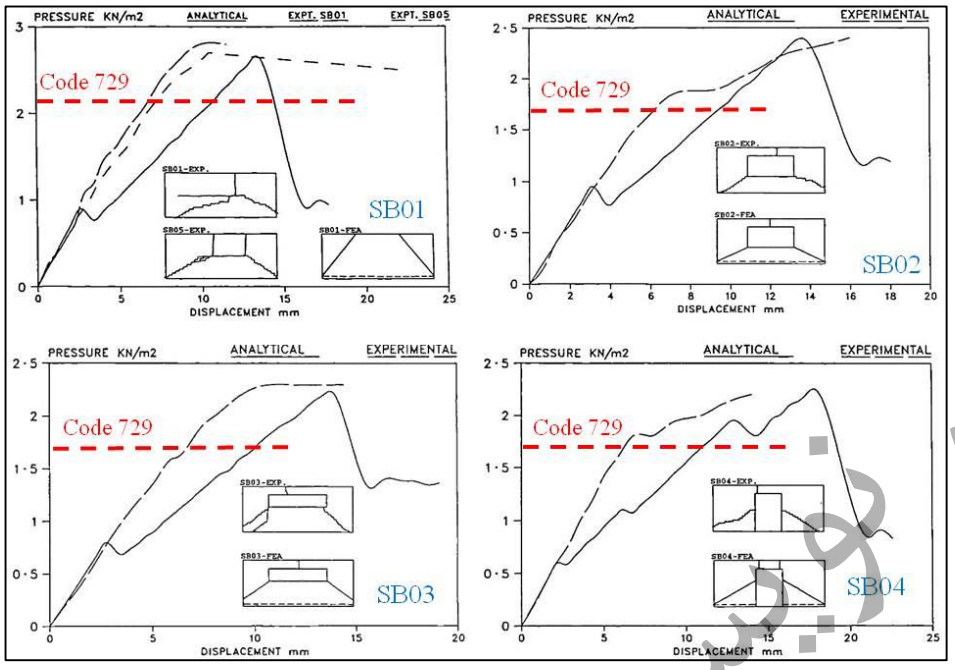
** در تخمین فشار نهایی با استفاده از ضابطه ۷۲۹، اتصال لبه تحتانی دیوار مفصلی فرض شده است*

مدول گسیختگی (در امتداد عمود بر بند بستر) دیوارها برابر 0.96 MPa گزارش شده است که اندکی بیش از حداکثر مدول گسیختگی مطابق ضابطه ۷۲۹ می‌باشد. در تخمین فشار نهایی دیوار از حداکثر مقدار ضابطه ۷۲۹ (0.92 MPa) برای مدول گسیختگی در امتداد عمود بر بند بستر استفاده شده است. همچنین در تخمین‌های انجام شده در تمامی موارد اتصال لبه تحتانی دیوارها به صورت مفصلی درنظر گرفته شده است چراکه مقایسه بین نتایج دیوارهای SB01 و SB05 نشان می دهد که عملا در تست ها شرایط گیرداری کامل برای لبه تحتانی دیوار محقق نشده است. شکل (پ-۲-۸) ترک‌های ایجاد شده در نمونه SB02 و نیز نحوه تشکیل پانل معادل طبق ضابطه ۷۲۹ برای این دیوار را نشان می دهد. لازم به یادآوری است هدف از ساخت پانل معادل، ایجاد پانلی فاقد بازشو اما با ظرفیت نهایی معادل دیوار دارای بازشو می‌باشد. همچنین در پانل معادل باید شرایط مرزی پانل منطبق بر یکی از شرایط مرزی موجود در ضابطه ۷۲۹ باشد. شکل (پ-۲-۹) منحنی نیرو-تغییرمکان چهار نمونه از دیوارهای تست شده را نشان می دهد.



شکل پ-۲-۸. الگوی ترکهای دیوار SB02 دارای بازشو و لبه فوقانی آزاد و نحوه ساختن پانل معادل برای آن

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۲-۹. رفتار چهار نمونه از دیوارهای تست شده به همراه تخمین ضابطه ۷۲۹ از مقاومت نهایی آنها (خطوط توپر نتایج آزمایشگاهی، خطوط خط‌چین نتایج عددی و خطوط خط چین افقی نتایج ضابطه ۷۲۹ می باشند).

پ-۲-۶- مقایسه با تست‌های Drysdale and Essawy (1988)

تست‌های خارج از صفحه بر روی دیوارهای فاقد بازشو با مقیاس کامل توسط Drysdale and Essawy (1988) انجام شده است. نمونه ها از جنس بلوکهای توخالی سیمانی بوده و به صورت یک رج درمیان مسلح به میلگرد بستر خرپایی می‌باشند. دیوارها فاقد بار محوری بوده و در شرایط مرزی مختلف تست شده‌اند. ملات به کار رفته در دیوارها از نوع S ساخته شده با ترکیب سیمان پرتلند و آهک با طرح اختلاط زیر می‌باشد:

۱ حجم سیمان+۰/۲۱ حجم آهک+۴/۲۴ حجم ماسه+۰/۹ حجم آب

ضخامت کلیه دیوارها ۱۹۰ میلیمتر است. نتایج آزمایشگاهی و نیز تخمین صورت گرفته توسط ضابطه ۷۲۹ در جدول (پ-۲-۵) با یکدیگر مقایسه شده اند. نتایج حاصله حاکی از آن است که ضابطه ۷۲۹ در خصوص دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های توخالی و مسلح به میلگرد بستر نیز با دقت مناسبی ظرفیت نهایی دیوار را تخمین می زند.

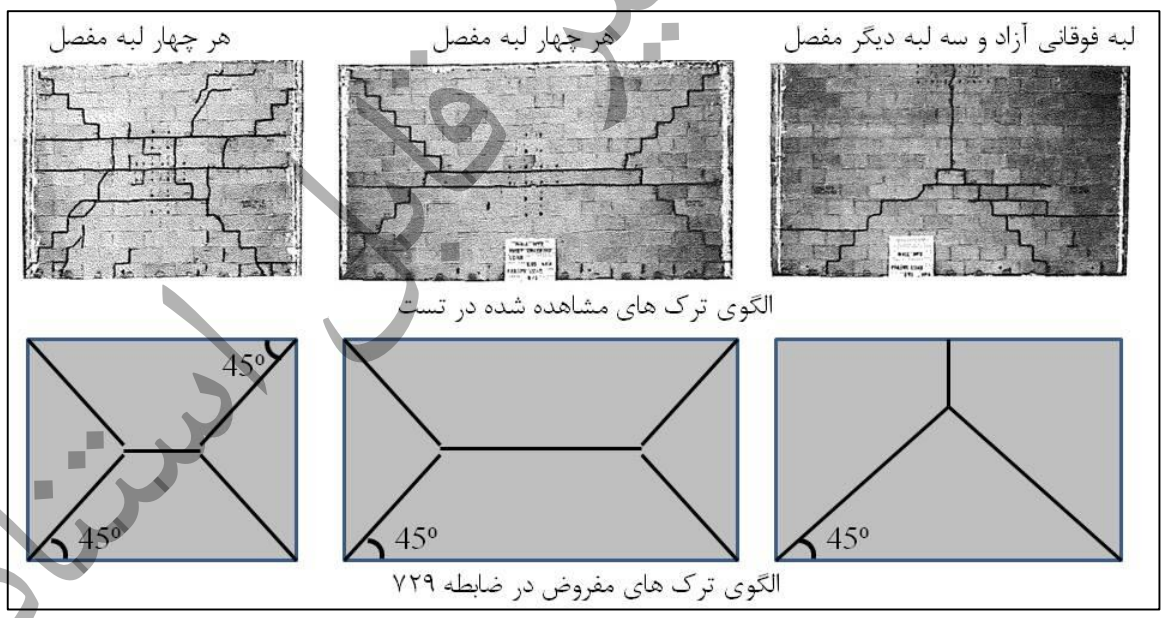
الگوی ترکهای مشاهده شده در دیوارها نیز در شکل (پ-۲-۱۰) نشان داده شده است.

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول (پ-۲-۵). فشار نهایی خارج از صفحه ۱۲ نمونه دیوار با ضخامت ۱۹۰ میلیمتر و مسلح به میلگرد بستر

شماره دیوار	شرایط مرزی	ارتفاع (m)	طول (m)	فشار نهایی (kPa)		
				تست	ضابطه ۷۲۹	خطای مطلق (٪)
1	E	2.8	3.4	11	8.5	**23**
2	E	2.8	3.4	10.9	8.5	**22**
3	E	2.8	3.4	8.63	8.5	**2**
4	E	2.8	5	6.67	5.9	**12**
5	E	2.8	5	6.73	5.9	**12**
6	E	2.8	5	7.06	5.9	**16**
7	E	2.8	5.8	5.3	5.25	**1**
8	E	2.8	5.8	4.3	5.25	**22**
9	E	2.8	5.8	4.7	5.25	**12**
10	A	2.8	5.2	3.97	2.98	**25**
11	A	2.8	5.2	3.79	2.98	**21**
12	A	2.8	5.2	3.95	2.98	**24**
					میانگین خطا	**16%**

شرط مرزی E: هر چهار لبه دیوار مفصلی است- شرط مرزی A: لبه فوقانی دیوار آزاد بوده و سه لبه دیگر مفصلی است.



شکل پ-۲-۱۰. الگوی ترک‌های برخی از دیوارهای تست شده توسط Drysdale and Essawy (1988) و مقایسه آن با الگوی ترکهای مفروض در ضابطه ۷۲۹.

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

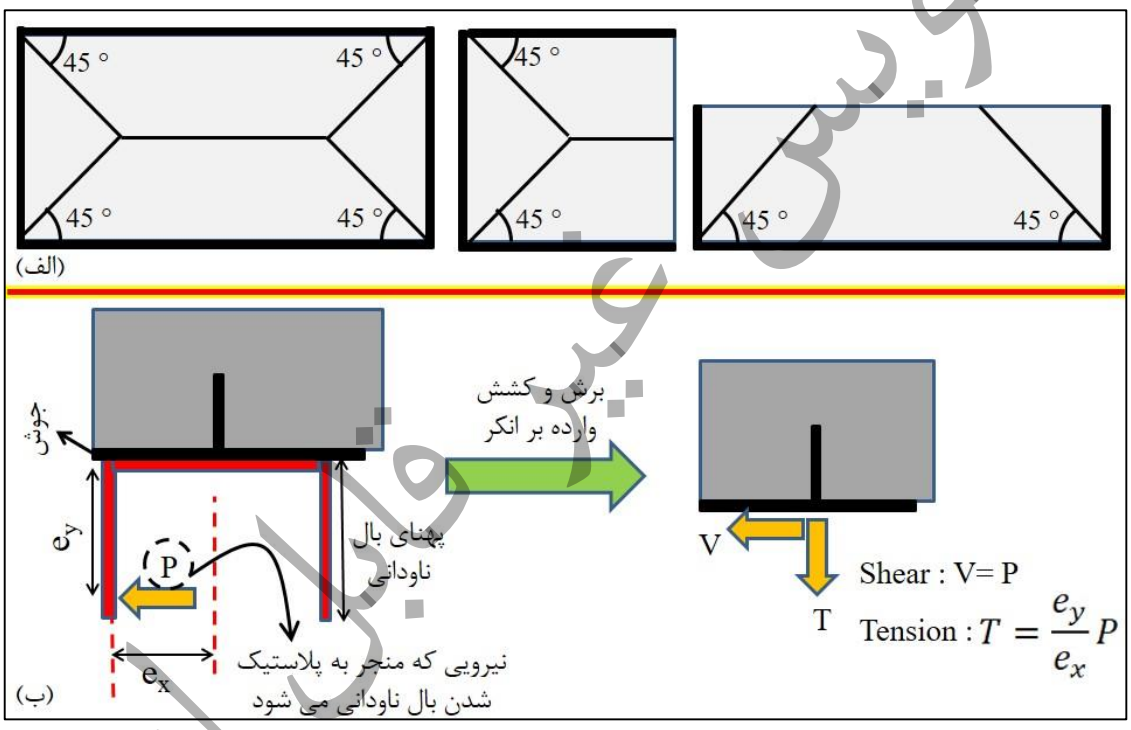
پیش نویس غیر قابل استناد

پیوست ۳

اتصلات، انرک‌ها و نعل درگاه‌ها

پ-۳-۱- اتصالات

اتصالات کشویی معرفی شده در این ضابطه باید به نحوی طراحی شوند که قادر به انتقال نیروهای وارده بر دیوار به تیکه‌گاه‌های دیوار باشند. برای این منظور لازم است ابتدا سهم هریک از لبه‌های دیوار از فشار خارج از صفحه دیوار مشخص گردد. برای این منظور مطابق شکل (پ-۳-۱-الف) از الگوی ترک‌های ۴۵ درجه استفاده شده و بدین ترتیب دیوار به سه یا چهار بخش تقسیم می‌شود. با ضرب مساحت هر بخش در فشار خارج از صفحه دیوار، برش تکیه گاهی لبه‌های دیوار مشخص می‌شوند. دقت این روش در تخمین عکس العمل‌های تکیه گاهی دیوار در پیوست ۴ بررسی شده است. پس از تعیین نیروی سهم هر لبه، با استفاده از اصول مهندسی، اتصالات لبه به نحوی طراحی می‌شوند که ظرفیت اتصال از تقاضای وارده بر آن کمتر نباشد.



شکل پ-۳-۱- (الف) سهم موثر هر لبه از نیروی خارج از صفحه وارده بر دیوار بر اساس الگوی ترک‌های ۴۵ درجه. (ب) نحوه تعیین نیروهای وارده بر انکر اتصال

در این ضابطه، قطعات پیشنهادی اتصال شامل ناودانی و دوبل نبشی هستند. ناودانی و دوبل نبشی‌های استفاده شده در اتصالات لازم نیست پروفیل‌های استاندارد باشند، بلکه بهتر است از ورق‌های نازک گالوانیزه خم شده با ضخامتی بین ۲ تا ۳ میلیمتر ساخته شده باشند. استفاده از ورق با ضخامت کمتر از ۲ میلیمتر مجاز نمی‌باشد. در قیاب انجم محاسبات دقیق‌تر، ظرفیت هر متر از اتصالات ناودانی یا دوبل نبشی را می‌توان مطابق جدول (پ-۳-۱) درنظر گرفت. این جدول بر اساس طول بال ناودانی یا نبشی و ضخامت ورق بال تهیه شده است. این قطعات (ناودانی یا دوبل نبشی) می‌توانند به

صورت غیر ممتد یا ممتد به ستون و یا سقف متصل شوند. استفاده از قطعات ناودانی برای اتصال دیوار به سقف توصیه نمی‌شود چراکه می‌تواند منجر به مشکلات اجرایی در چیدن آخرین ردیف دیوار شود. در صورتی که قطعات اتصال به صورت غیرممتد باشند، فاصله آزاد بین دو قطعه نباید از ۱ متر تجاوز کند.

با داشتن نیروی تکیه گاهی در لبه‌های دیوار، با استفاده از جدول (پ-۳-۱) طول مورد نیاز قطعات اتصال در هر لبه از دیوار را می‌توان محاسبه نمود.

جدول (پ-۳-۱) ظرفیت اتصالات کشویی ناودانی یا دوبل نبشی در یک متر طول

ضخامت ورق بال (mm)	پهنای ورق بال (mm)	مقاومت (kN)	ضخامت ورق بال (mm)	پهنای ورق بال (mm)	مقاومت (kN)
2	50	2.9	3	50	6.5
2	75	1.9	3	75	4.3
2	100	1.4	3	100	3.2
2	125	1.2	3	125	2.6
2	150	1.0	3	150	2.2
2	200	0.7	3	200	1.6
2	250	0.6	3	250	1.3
2	300	0.5	3	300	1.1

پ-۳-۲- انکرها

در سازه‌های بتنی قطعات اتصال معمولا با استفاده از انکر به بتن متصل می گردند. انکر می‌تواند به صورت مستقیم یا غیرمستقیم (جوش یا رزوه و مهره) به قطعات اتصال متصل گردد.

در خصوص قطعات اتصالی که از طریق جوش یا انکر به سازه متصل هستند، لازم است جوش یا انکرها به شکل ظرفیتی طراحی شوند. بدین معنی که جوش یا انکرها مستقل از نیروهای وارده بر دیوار و برای ظرفیت نهایی قطعات اتصال طراحی می‌شوند. نحوه تعیین نیروهای وارده بر انکر برای یک اتصال کشویی ناودانی در شکل (پ-۳-۱-ب) نشان داده شده است. طراحی جوش و یا انکرها مطابق آیین‌نامه‌های معتبر انجام می‌گیرد. در خصوص انکرها شرایط زیر باید لحاظ شود.

محل انکرهای اتصالات باید دو شرط زیر را داشته باشند:

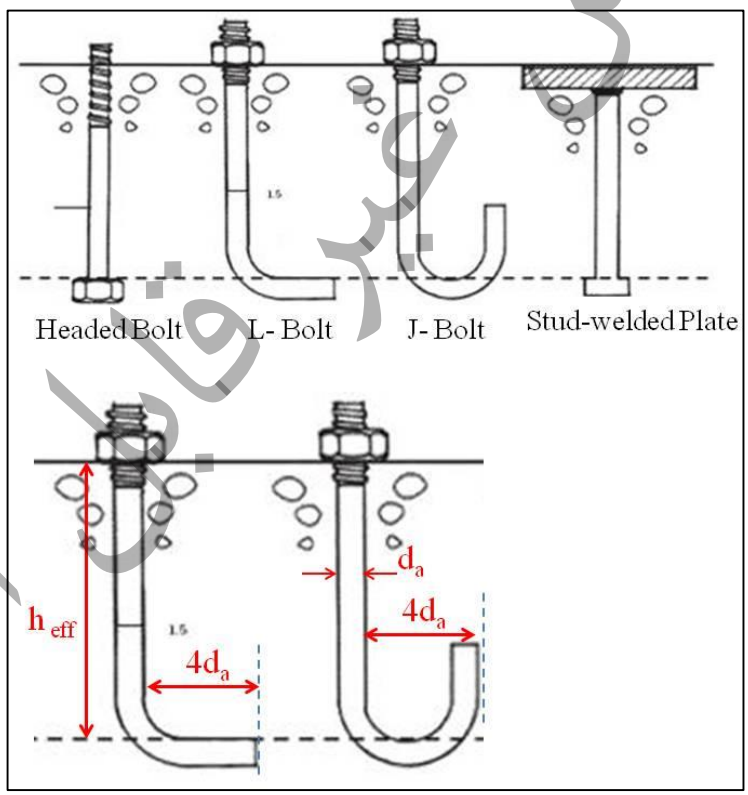
- حداقل به میزان ۵۰ میلیمتر از لبه تیر یا ستون یا دیوار برشی فاصله داشته باشند.
- در صورتی که انکرها در نواحی مفاصل پلاستیک تیر یا ستون یا دیوار برشی قرار گرفته باشند، لازم است در محاسبه ظرفیت انکر به اندازه ضخامت کاور بتن از عمق نفوذ انکر کاسته شود. محدوده مفصل پلاستیک برای تیرها و ستون ها دو برابر عمق مقطع از بر اتصال می‌باشد. با توجه به عمق نفوذ اندک انکرهای مکانیکی

پیش نویس غیر قابل استناد

(رول بولت، میخ بتن، پیچ بتن، بولت‌های اندرکات و منبسط شونده و ...)، استفاده از انکرهای مکانیکی در محل تشکیل مفاصل پلاستیک مجاز نمی‌باشد. در این نواحی لازم است از انکرهای درجا و یا چسبی با عمق نفوذ کافی استفاده شود.

به طور کلی انکرها هم می‌توانند قبل از بتن ریزی سازه در قفس آرماتورها قرار گرفته شوند (Cast-in anchors) و هم می‌توانند پس از اجرا و سفت شدن بتن به بتن متصل شوند (Post-installed anchors). در ادامه انکرهای مختلف تشریح شده اند:

- **انکرهای درجا:** مطابق شکل (پ-۳-۲) این انکرها می‌توانند به صورت گل میخ و یا بولت‌های L شکل یا J شکل باشند.
- خصوصیت این انکرها آن است که قبل از بتن ریزی سازه باید در قفس آرماتوربندی و در محل مناسب خود قرار گیرند.



شکل پ-۳-۲. نمونه‌ای از انکرهای درجا

طراحی این انکرها براساس آیین نامه‌های مختلفی از جمله آیین نامه ACI 318 قابل انجام است. در قیاب محاسبات دقیق تر، ظرفیت کششی و برشی برخی از انکرهای L شکل و J شکل در جدول (پ-۳-۲) ارائه شده است. مقادیر ارائه شده بر

پیش نویس غیرقابل استناد

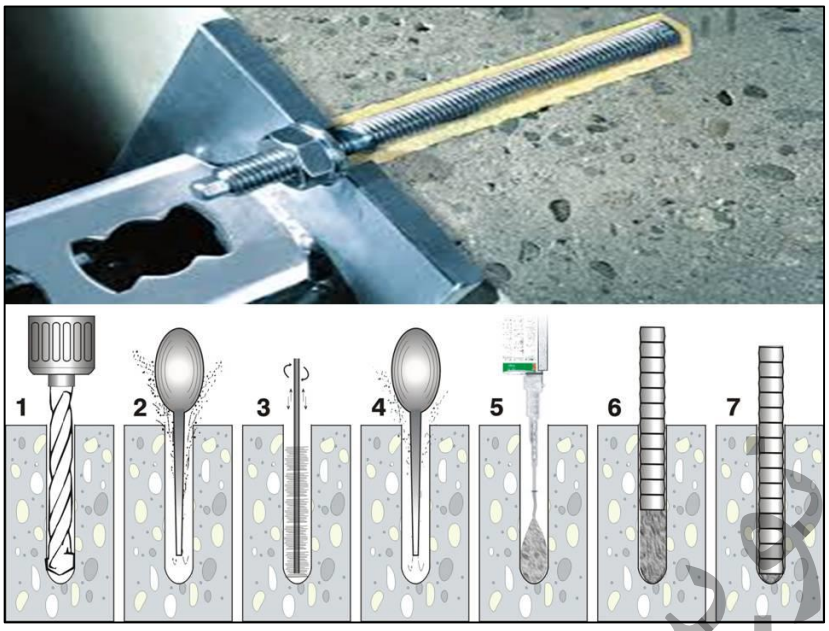
اساس فصل ۱۷ آیین نامه ACI 318-14 به صورت محافظه کارانه و برای بتن ترک خورده بدست آمده اند و در آن ها ضرایب کاهش مقاومت نیز لحاظ شده است.

جدول (پ-۳-۲) نمونه ظرفیت‌های انکرهای L شکل و J شکل- مقاومت فولاد 400 MPa درنظر گرفته شده و بتن به صورت ترک خورده فرض شده است- کمترین فاصله انکر تا لبه بتن با Ca1 و قطر و عمق موثر انکر به ترتیب با da و heff نشان داده شده است.

مشخصات L-bolt یا J-bolt	بتن با مقاومت فشاری 20 MPa		بتن با مقاومت فشاری 30 MPa	
	ظرفیت کششی (kN)	ظرفیت برشی (kN)	ظرفیت کششی (kN)	ظرفیت برشی (kN)
d_a = 12 mm c_{a1}= 50 mm h_{eff}= 100 mm	7.2	4.7	10.9	5.7
d_a = 10 mm c_{a1}= 50 mm h_{eff}= 100 mm	5	4.4	7.6	5.4
d_a = 8 mm c_{a1}= 50 mm h_{eff}= 50 mm	3.2	4.2	4.8	5.1
d_a = 6 mm c_{a1}= 50 mm h_{eff}= 100 mm	1.8	3.8	2.7	4.7

- **انکرهای چسبی:** انکرهای چسبی می‌تواند یک آرماتور یا بلوت مستقیم باشد که با چسب به بتن متصل می‌شود. مطابق شکل (پ-۳-۳) ابتدا بتن سوراخ شده به طوری که قطر سوراخ از ۱/۵ برابر قطر انکر تجاوز نکند. سپس سوراخ تمیز شده و چسب مخصوص داخل آن ریخته می‌شود و در نهایت انکر در داخل سوراخ قرار می گیرد. بدیهی است تنها پس از گیرش نهایی چسب، انکر قابلیت تحمل نیرو دارد. ظرفیت قابل تحمل این انکر بر اساس آیین نامه‌های مربوطه همانند فصل ۱۷ آیین نامه ACI 318-14 قابل تخمین می‌باشد. در قیاب محاسبات دقیق تر، جدول (پ-۳-۳) ظرفیت برخی از انکرهای چسبی را بر اساس ACI 318-14 ارائه می دهد.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۳-۳. انکرهای چسبی و روند اجرای آنها.

جدول (پ-۳-۳) نمونه ظرفیت‌های انکرهای چسبی- مقاومت فولاد 400 MPa درنظر گرفته شده و بتن به صورت ترک خورده فرض شده است- کمترین فاصله انکر تا لبه بتن با Ca1 و قطر و عمق موثر انکر به ترتیب با da و heff نشان داده شده است- مقاومت چسبندگی چسب برابر کمترین مقدار ACI 318 و برابر 1.4 MPa درنظر گرفته شده است.

مشخصات انکر چسبی	بتن با مقاومت فشاری 20 MPa		بتن با مقاومت فشاری 30 MPa	
	ظرفیت کششی (kN)	ظرفیت برشی (kN)	ظرفیت کششی (kN)	ظرفیت برشی (kN)
d_a = 12 mm c_{a1}= 50 mm h_{eff}= 100 mm	2.4	2.4	2.4	2.4
d_a = 10 mm c_{a1}= 50 mm h_{eff}= 100 mm	2.0	2.0	2.0	2.0
d_a = 8 mm c_{a1}= 50 mm h_{eff}= 100 mm	1.6	1.6	1.6	1.6
d_a = 6 mm c_{a1}= 50 mm h_{eff}= 100 mm	1.2	1.2	1.2	1.2

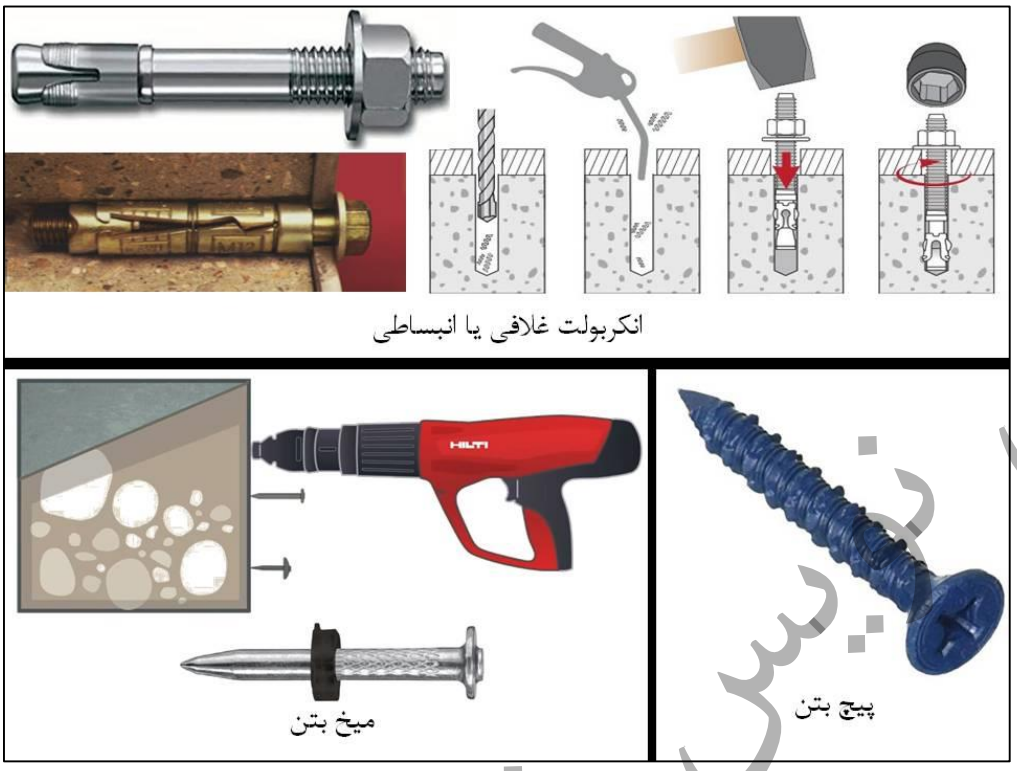
- **انکرهای مکانیکی:** انکرهای مکانیکی طیف وسیعی از انواع رول بولت‌ها، میخ‌های بتن و پیچ‌های بتن را شامل می شوند. شکل (پ-۳-۴) برخی از انکرهای مکانیکی را نشان می‌دهد. به دلیل تنوع بسیار بالا، ظرفیت طراحی این انکرها معمولا به شکل صریح توسط آیین نامه‌ها مشخص نشده است. با این وجود استفاده از آن‌ها توسط آیین نامه ها رد نشده و تنها در مواردی محدود شده است. بر اساس ضابطه ۷۲۹، استفاده از این

پیش نویس قابل استناد

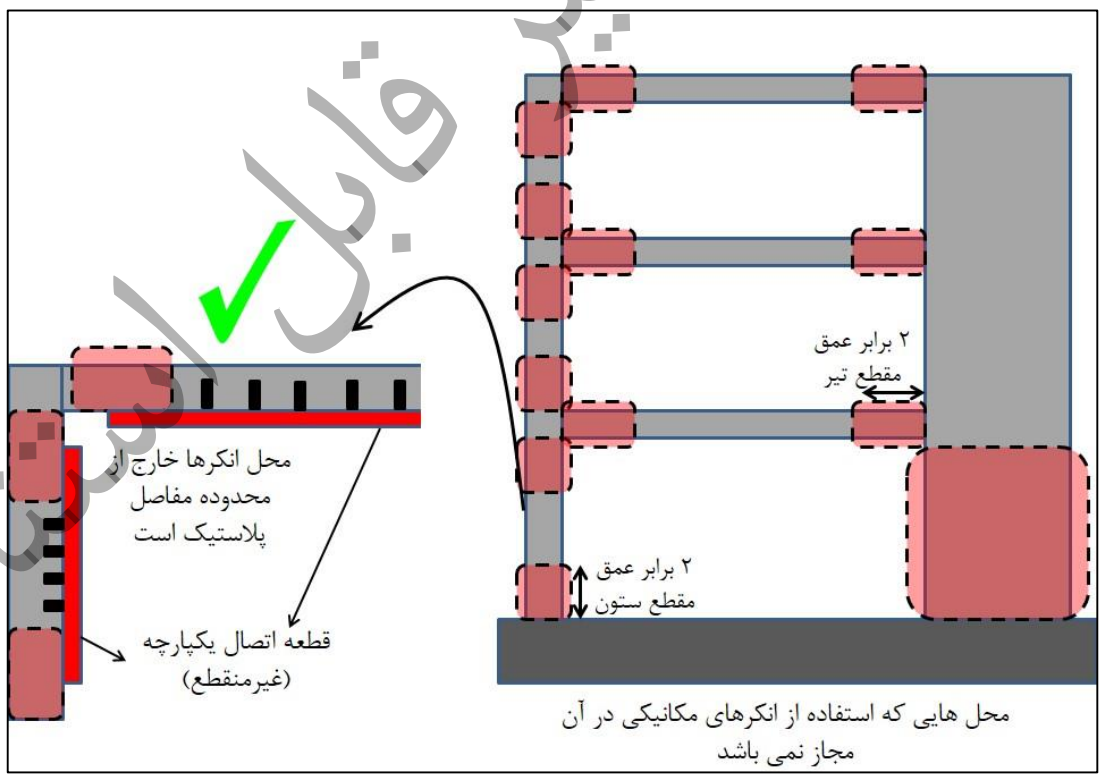
انکرها در نواحی مفاصل پلاستیک تیر یا ستون یا دیوار برشی مجاز نمی‌باشد. دلیل این محدودیت آن است که این قطعات معمولا طول نفوذ کمی داشته (کمتر از ضخامت بتن کاور) و در صورتی که در بتنی که احتمال ترک خوردگی آن بالا است (محل تشکیل مفاصل پلاستیک) استفاده شوند، می‌توانند از جای خود خارج شوند. قسمت‌های خارج از نواحی مفاصل پلاستیک و تیرچه‌های سقف و دال سقف در حین زلزله عمدتا به شکل الاستیک باقی مانده و انتظار بروز ترکهای شدید در آنها وجود ندارد. طول مفاصل پلاستیک در تیرها و ستون ها دو برابر عمق مقطع باید درنظر گرفته شود. برای دیوارهای برشی لاغر (کنترل شونده توسط خمش) طول مفصل پلاستیک برابر کل ارتفاع طبقه اول می‌تواند درنظر گرفته شود. لذا در سایر طبقات انتظار می رود رفتار دیوار برشی لاغر تقریبا الاستیک باشد و استفاده از انکرهای مکانیکی در سایر طبقات دیوار برشی بلامانع است. در خصوص دیوارهای کنترل شونده توسط برش (دیوارهای برشی با طول زیاد) انتظار می رود رفتاری الاستیک از خود نشان دهند. لذا در این دیوارها در تمام طبقات استفاده از انکرهای مکانیکی بلامانع است. شکل (پ-۳-۵) محل‌های غیرمجاز برای انکرهای مکانیکی را نشان می دهد. لازم به توضیح است خود قطعات اتصال می‌توانند تا این نواحی ادامه داشته باشند، لیکن انکر آنها باید خارج از این نواحی باشد. توصیه می‌شود از استفاده از انکرهای مکانیکی با عمق نفوذ کمتر از ۳۰ میلیمتر پرهیز شود.

در صورت استفاده از انکرهای مکانیکی، ظرفیت‌های برشی و کششی آنها بر اساس تست‌های انجام شده توسط شرکت‌های سازنده مشخص می گردد. نمونه‌ای از ظرفیت‌های کششی و برشی میخ‌های بتن در شکل (پ-۳-۶) نشان داده شده است. ظرفیت برشی و کششی میخ‌های بتنی (که معمولا با تفنگ میخ کوب نصب می شوند) تحت هیچ شرایطی نباید از 0.4 kN بیشتر درنظر گرفته شوند.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۳-۴. انکرهای مکانیکی



شکل پ-۳-۵. محل‌های مجاز و غیرمجاز انکرهای مکانیکی

پیش نویس غیر قابل استناد

Performance Data PRODUCT INFORMATION Powers FASTENERS

PERFORMANCE DATA

Allowable Load Capacities for Powder Actuated Fasteners in Normal-Weight Concrete[1,2,3,4,5]

Pin Description	Minimum Embedment Depth h_v in. (mm)	Minimum Concrete Compressive Strength (f'c)											
		2,000psi		2,500psi		3,000psi		4,000psi		4,500psi		5,000psi	
		Tension lbs. (kN)	Shear lbs. (kN)	Tension lbs. (kN)	Shear lbs. (kN)	Tension lbs. (kN)	Shear lbs. (kN)	Tension lbs. (kN)	Shear lbs. (kN)	Tension lbs. (kN)	Shear lbs. (kN)	Tension lbs. (kN)	Shear lbs. (kN)
Ballistic Point Pin(0.150" Shank)	5/8 (15.9)	45 (0.2)	75 (0.3)	-	-	75 (0.3)	100 (0.4)	75 (0.3)	100 (0.4)	-	-	75 (0.3)	100 (0.4)
	3/4 (19.1)	60 (0.3)	95 (0.4)	-	-	85 (0.4)	120 (0.5)	85 (0.4)	125 (0.6)	-	-	90 (0.4)	130 (0.6)
Ballistic Point Pin (0.181"/0.150" Shank)	1 (25.4)	85 (0.4)	140 (0.6)	-	-	95 (0.4)	150 (0.7)	105 (0.5)	170 (0.8)	-	-	110 (0.5)	190 (0.8)
	1-1/4 (31.8)	100 (0.4)	185 (0.8)	-	-	140 (0.6)	185 (0.8)	175 (0.8)	210 (0.9)	-	-	205 (0.9)	240 (1.1)
	1-1/2 (38.1)	115 (0.5)	225 (1)	-	-	185 (0.8)	225 (1)	240 (1.1)	255 (1.1)	-	-	295 (1.3)	280 (1.2)
0.300" Head Drive Pin 8mm Head Drive Pin 1/4"-20 Threaded Stud (0.145" Shank)	5/8 (15.9)	25 (0.1)	45 (0.2)	-	-	60 (0.3)	95 (0.4)	45 (0.2)	95 (0.4)	-	-	25 (0.1)	95 (0.4)
	3/4 (19.1)	60 (0.3)	95 (0.4)	-	-	95 (0.4)	125 (0.6)	95 (0.4)	125 (0.6)	-	-	100 (0.4)	125 (0.6)
	1 (25.4)	100 (0.4)	140 (0.6)	-	-	130 (0.6)	155 (0.7)	155 (0.7)	155 (0.7)	-	-	180 (0.8)	200 (0.9)
	1-1/4 (31.8)	110 (0.5)	155 (0.7)	-	-	155 (0.7)	165 (0.7)	195 (0.9)	165 (0.7)	-	-	235 (1)	200 (0.9)
	1 1/2 (38.1)	115 (0.5)	175 (0.8)	-	-	180 (0.8)	175 (0.8)	235 (1)	175 (0.8)	-	-	290 (1.3)	200 (0.9)

شکل پ-۳-۶. ظرفیت کششی و برشی برخی از میخ‌های بتن بر اساس تست‌های انجام شده توسط شرکت سازنده

مطابق ضابطه ۷۲۹ انکرها باید به نحوی طراحی شوند که ظرفیتشان از ظرفیت نهایی پلاستیک قطعات اتصال کمتر نباشد. ظرفیت نهایی پلاستیک قطعات اتصال ارائه شده در جدول(پ-۳-۱) را می‌توان ۲ برابر مقادیر ارائه شده در جدول درنظر گرفت. لازم به توضیح است مطابق شکل (پ-۳-۷) انکرها به شکل همزمان تحت نیروهای کششی و برشی هستند. مطابق آیین نامه ACI 318-14 تعداد انکرها و مشخصات آنها باید به نحوی باشد که رابطه زیر برآورده شود.

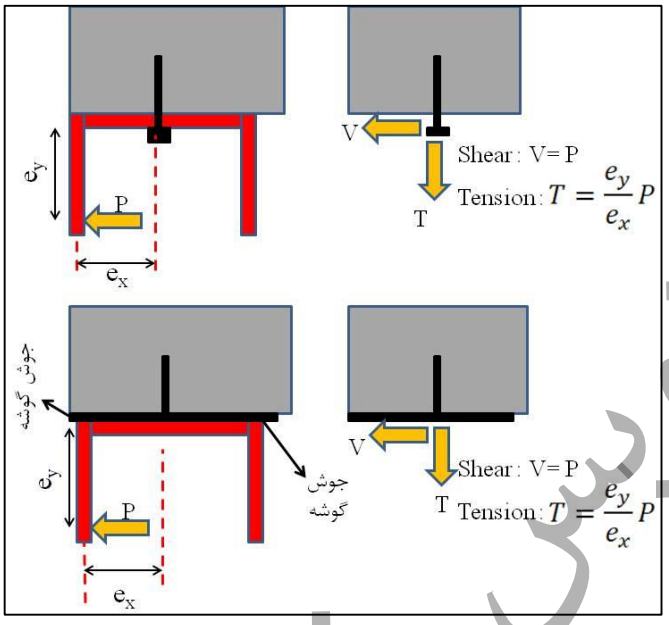
$$\frac{T_{\text{demand}}}{T_{\text{capacity}}} + \frac{V_{\text{demand}}}{V_{\text{capacity}}} \leq 1.2 \qquad \text{(پ-۳-۱)}$$

تقاضای کششی (T_{demand}) و تقاضای برشی (V_{demand}) مطابق شکل (پ-۳-۷) و با توجه به ۲ برابر ظرفیت قطعات اتصال (جدول پ-۳-۱) بدست می آیند. همچنین ظرفیت برشی ($V_{capacity}$) و ظرفیت کششی ($T_{capacity}$) انکر بر اساس ضوابط آیین نامه ACI 318 و یا نتایج تست‌های شرکت‌های سازنده بدست می آید. در قیاب محاسبات دقیق تر، می‌توان از مقادیر ارائه شده در جداول (پ-۳-۲) و (پ-۳-۳) استفاده نمود.

تعداد انکرهای L شکل یا J شکل مورد نیاز برای برخی از قطعات اتصال پرکاربرد در جدول (پ-۳-۴) ارائه شده است. جدول (پ-۳-۵) به طور مشابه تعداد انکرهای چسبی مورد نیاز قطعات اتصال مختلف را نشان می‌دهد. در قیاب محاسبات دقیق تر، می‌توان تعداد انکرهای مورد نیاز را بر اساس جداول (پ-۳-۴) و (پ-۳-۵) انتخاب نمود. با توجه به اینکه تعداد انکرهای مورد نیاز در یک متر از طول اتصال ارائه شده‌اند، برای قطعات اتصال با طولی به جز یک متر لازم است این اعداد در طول قطعه اتصال ضرب شوند. به همین دلیل تعداد انکرهای ارائه شده در مواردی به صورت اعشاری هستند تا بدین ترتیب عمل رند کردن پس از ضرب تعداد انکر مورد نیاز در طول قطعه اتصال انجام شود. همچنین در مواردی که تعداد انکرها مشخص نشده است، تعداد انکرهای مورد نیاز بیش از ۵ عدد در یک متر شده است و منجر به اثرات گروه انکر می شوند. ظرفیت‌های انکرهای ارائه شده در جداول این پیوست با این فرض است که فواصل انکرها به حد کافی زیاد است به

پیش نویس غیر قابل استناد

طوری که اثرات گروه انکر قابل چشم پوشی می‌باشد. فواصل انکرها از یکدیگر نباید کمتر از ۱۵۰ میلیمتر یا ۵ برابر قطر انکر (هر کدام بیشتر باشد) درنظر گرفته شود.



شکل پ-۳-۷. نحوه تخمین برش و کشش ایجاد شده در انکرهای مختلف با یا بدون ورق سر

جدول (پ-۳-۴) تعداد انکرهای L شکل و J شکل مورد نیاز در یک متر از طول قطعات اتصال مختلف

		بتن با مقاومت 20 MPa		بتن با مقاومت 30 MPa	
ضخامت ورق بال (mm)	پهنای ورق بال (mm)	d_a=6 mm h_{eff}=100 mm	d_a=8 mm h_{eff}=100 mm	d_a=6 mm h_{eff}=100 mm	d_a=8 mm h_{eff}=100 mm
2	50	۴ عدد	۳ عدد	۳ عدد	۲ عدد
2	75	۳/۵ عدد	۲/۵ عدد	۲/۵ عدد	۲ عدد
2	100	۳/۵ عدد	۲ عدد	۲/۵ عدد	۱/۵ عدد
2	125	۳/۵ عدد	۲ عدد	۲/۵ عدد	۱/۵ عدد
3	50	-	-	-	۴/۵ عدد
3	75	-	-	-	۳/۵ عدد
3	100	-	۴/۵ عدد	-	۳/۵ عدد
3	125	-	۴/۵ عدد	-	۳ عدد

پیش نویس غیرقابل استناد

جدول (پ-۳-۵) تعداد انکرهای چسبی مورد نیاز در یک متر از طول قطعات اتصال مختلف

ضخامت ورق بال (mm)	پهنای ورق بال (mm)	بتن با مقاومت 20 MPa تا 30 MPa	
		d_a=8 mm h_{eff}=100 mm	d_a=12 mm h_{eff}=100 mm
2	50	-	۴ عدد
2	75	-	۳/۵ عدد
2	100	۴/۵ عدد	۳ عدد
2	125	۴/۵ عدد	۳ عدد
3	50	-	-
3	75	-	-
3	100	-	-
3	125	-	-

پ-۳-۳- نعل‌درگاه

در صورتی که بازشو تا سقف ادامه نداشته باشد، لازم است در بالای بازشوهای بنایی از نعل درگاه استفاده شود. در خصوص دیوارهای مسلح به میلگرد بستر خود دیوار به تنهایی قادر به حفظ پایداری خود خواهد بود. لیکن این اتفاق پس از گیرش ملات رخ خواهد داد. لذا لازم است در ساعت و روزهای اولیه، وزن دیوار در بالای بازشو توسط نعل درگاه تحمل شود. نعل درگاه می‌تواند بتن مسلح (پیش ساخته یا درجا) و یا فولادی باشد. توجه شود که استفاده از نعل درگاه بتنی در صورتی که عمق مقطع آن برابر ارتفاع واحدهای بنایی نباشد می‌تواند نظم واحدهای بنایی را برهم زند. برای جلوگیری از این حالت می‌توان ارتفاع مقطع نعل درگاه بتنی را برابر ارتفاع واحدهای بنایی درنظر گرفت.

طبق ضابطه ۷۲۹ نعل درگاه باید چهار شرط زیر را داشته باشد:

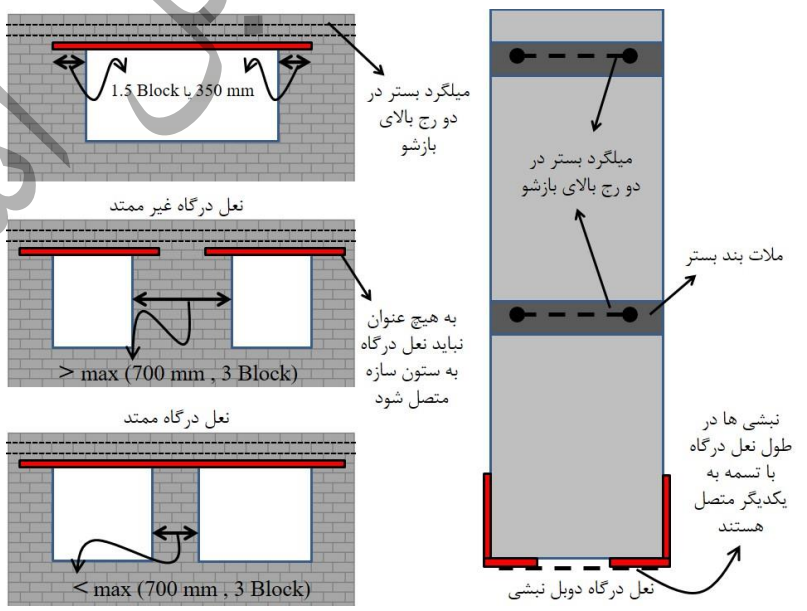
- پهنای نعل درگاه از ضخامت دیوار کمتر نباشد
- طول نشیمن نعل درگاه از هر طرف باید حداقل ۳۵ سانتیمتر یا یک ونیم بلوک (هر کدام بیشتر بود) باشد
- مقاومت نعل درگاه برای تحمل وزن دیوار بالای آن کافی باشد. این وزن به صورت گسترده و یکنواخت بر روی نعل درگاه اعمال می‌شود و استفاده از توزیع مثلثی (عملکرد قوسی) برای بارگذاری نعل درگاه مجاز نمی‌باشد. نعل درگاه به صورت یک تیر دو سر ساده باید درنظر گرفته شود.
- سختی نعل درگاه باید به نحوی باشد که حداکثر خیز وسط دهانه از 1/600 طول دهانه آن تجاوز نکند. نعل درگاه به صورت یک تیر دو سر ساده باید درنظر گرفته شود. معمولا این معیار از معیار مقاومت بحرانی تر بوده و مقطع نعل درگاه بر اساس سختی مورد نیاز آن طراحی می‌شود.

پیش نویس غیر قابل استناد

صرفنظر از محاسبات، لازم است در اولین و دومین رج بالای نعل درگاه میلگرد بستر قرار داده شود. در قیاب محاسبات دقیق تر، می‌توان از مقاطع موجود در جدول (پ-۳-۶) برای نعل درگاه‌های فولادی دوبل نبشی استفاده نمود. جزئیات نعل درگاه در شکل (پ-۳-۸) نشان داده شده است.

جدول (پ-۳-۶). پروفیل‌های پیشنهادی برای نعل درگاه در حالات مختلف

طول آزاد نعل درگاه (m) / بار وارده بر نعل درگاه (kN/m)	1	1.5	2	2.5	3
0.5	2 L30x30x3	2 L50x50x4	2 L60x60x4	2 L70x70x5	2 L80x40x5
0.6	2 L30x30x3	2 L50x50x4	2 L60x60x4	2 L70x70x5	2 L100x50x6
0.7	2 L30x30x3	2 L50x50x4	2 L60x60x4	2 L70x70x5	2 L100x50x6
0.8	2 L40x40x3	2 L50x50x4	2 L60x60x4	2 L80x40x5	2 L100x50x6
0.9	2 L40x40x3	2 L50x50x4	2 L70x70x5	2 L80x40x5	2 L100x50x6
1	2 L40x40x3	2 L50x50x4	2 L70x70x5	2 L80x40x5	2 L100x50x6
1.1	2 L40x40x3	2 L50x50x4	2 L70x70x5	2 L100x50x6	2 L100x50x6
1.2	2 L40x40x3	2 L60x60x4	2 L70x70x5	2 L100x50x6	2 L100x50x6
1.3	2 L40x40x3	2 L60x60x4	2 L70x70x5	2 L100x50x6	2 L120x60x8
1.4	2 L40x40x3	2 L60x60x4	2 L70x70x5	2 L100x50x6	2 L120x60x8
1.5	2 L40x40x3	2 L60x60x4	2 L70x70x5	2 L100x50x6	2 L120x60x8
1.75	2 L40x40x3	2 L60x60x4	2 L80x40x5	2 L100x50x6	2 L120x60x8
2	2 L50x50x4	2 L60x60x4	2 L80x40x5	2 L100x50x6	2 L120x60x8



شکل پ-۳-۸- جزئیات نعل درگاه

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

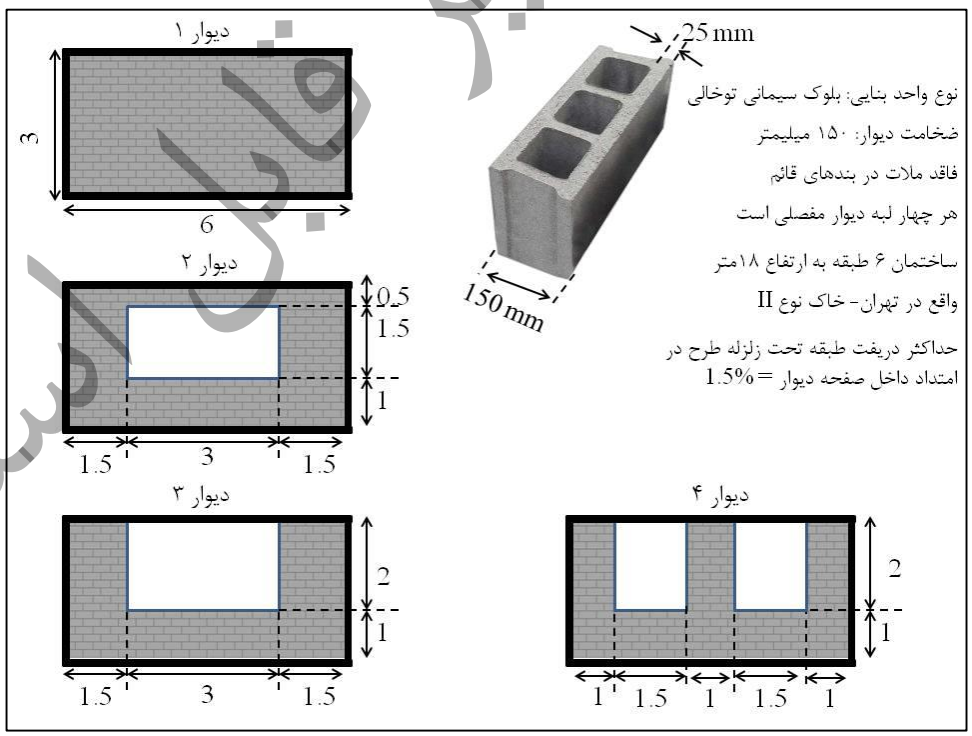
پیش نویس غیر قابل استناد

پیوست ۴

مثال‌های مشروح

در پیوست حاضر در قالب ۴ مثال مطابق شکل (پ-۴-۱)، روند طراحی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مطابق ضابطه ۷۲۹ به طور مشروح ارائه شده است. همچنین دیوارهای طراحی شده در این بخش به صورت مدلهای المان محدود در نرم افزار Abaqus شبیه سازی شده اند. بدین ترتیب می‌توان دید بهتری از رفتار دیوارهای طراحی شده مطابق ضابطه ۷۲۹ بدست آورد. فرمت ارائه و روند طراحی دیوارهای این بخش بسیار جامع می باشند و در دفترچه محاسبات‌های متداول نیازی به ارائه چنین سطحی از جزئیات نخواهد بود. روند طراحی مناسب برای ارائه در دفترچه محاسبات برای کارهای متداول مهندسی در پیوست ۵ ارائه شده است. این پیوست برای آن دسته از مهندسین ارائه شده است که مایلند دید جامع تری در خصوص رفتار دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای کسب کنند.

دیوارهای مدنظر در این پیوست همگی پیرامونی بوده و ضخامت آنها (بدون درنظر گرفتن سیمان کاری و نازک کاری) برابر 150 mm می‌باشد. لازم به ذکر است در ضابطه ۷۲۹ در جهت اطمینان تاثیر نازک کاری و یا سیمان کاری بر روی مقاومت دیوار درنظر گرفته نمی‌شود. کلیه دیوارهای شکل (پ-۴-۱) از بلوکهای سیمانی ساخته شده‌اند. دیوارها مربوط به یک ساختمان مسکونی ۶ طبقه به ارتفاع 18 m واقع در شهر تهران می باشند که خاک منطقه نیز نوع II است. وزن دیوار به همراه نازک کاری و نما برابر 200 kg/m^2 (معادل 2000 N/m^2) است. یکی از اهداف این پیوست بررسی تاثیر بازشوهای مختلف در ظرفیت خارج از صفحه دیوار می‌باشد.



شکل پ-۴-۱. دیوارهای درنظر گرفته شده در پیوست حاضر (ابعاد دیوار برحسب متر می باشند).

پیش نویس غیر قابل استناد

پ-۴-۱- طراحی دیوار شماره ۱

مرحله ۱: تعیین تقاضا (نیرو)ی وارده بر دیوار:

مطابق ضابطه ۷۲۹ با توجه به اینکه دیوار مدنظر پیرامونی می‌باشد لازم است نیروی ناشی از باد و زلزله بدست آمده و حداکثر مابین آن دو ملاک طراحی قرار گیرد. در تعیین نیروی زلزله ضریب اهمیت دیوار برابر ۱ (ساختمان مسکونی) و در تعیین نیروی باد فرض شده است که محیط اطراف ساختمان با تراکم بالا می‌باشد.

نیروی زلزله:

$$W_{\text{eq}} = 0.48\text{AI}(1+\text{S})\text{W} = 0.48 \times 0.35 \times 1 \times (1+1.5) \times 2000 = 840\ (\frac{N}{m^2}) \approx 84(\frac{kg}{m^2})$$

نیروی باد:

$$W_{\text{win}} = 0.11\left(\frac{\text{H}_\text{t}}{10}\right)^{0.24} \text{V}^2 = 0.11 \times \left(\frac{18}{10}\right)^{0.24} 100^2 = 1266\ \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) \approx 127(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2})$$

با مشاهده نیروهای فوق مشخص است که نیروی باد حاکم بوده و دیوار باید قادر به تحمل نیروی باد باشد. معمولا برای دیوارهای پیرامونی با وزن دیوار متعارف، نیروی باد حاکم می‌شود.

بر اساس نتایج اپلیکیشن تحت اکسل (پیوست۱) نیز نیروی زلزله و باد مشابه مقادیر فوق بدست می آید.

مرحله ۲: تعیین ظرفیت دیوار:

فرض می‌شود، در کارگاه شرایط مناسب جهت کنترل طرح اختلاط ملات وجود نداشته، لذا ضعیف ترین ملات (ملات نوع N با سیمان بنایی) در این مثال درنظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه واحدهای بنایی توخالی بوده و از ملات نوع N با سیمان بنایی برای ساخت دیوار استفاده شده است، مطابق ضابطه ۷۲۹ مدول گسیختگی در امتداد عمود بر بند بستر برابر 0.21 MPa و در امتداد موازی با بند بستر برابر 0.44 MPa بدست می آید. با توجه به ضابطه ۷۲۹، می‌توان ظرفیت خمشی دیوارهای ساخته شده از بلوک (واحد بنایی توخالی) را به شکل زیر بدست آورد.

مقاومت اسمی خمش قائم:

$$M_{n1} = \frac{1000 f_r t_s (h-t_s)^2}{h}\ \left(N.\frac{mm}{m}\right) = \frac{1000\times0.21\times25\times(150-25)^2}{150} \times 10^{-3} = 547\ (N.\frac{m}{m})$$

مقاومت طراحی خمش قائم:

$$M_{d1} = \emptyset M_{n1} = 0.6 \times 547 = 328\ (N.\frac{m}{m})$$

مقدار به دست آمده خمش طراحی در امتداد قائم برای یک متر از طول دیوار می‌باشد. یادآور می‌شود خمش قائم خمشی است که منجر به ایجاد ترک‌های افقی در دیوار شده و در صورتی که دیوار تنها دارای تکیه گاه در لبه فوقانی و تحتانی خود باشد، تنها خمش قائم را تجربه خواهد نمود.

بر اساس نتایج اپلیکیشن نیزظرفیت طراحی خمش قائم دیوار دقیقا برابر مقدار فوق بدست می آید.

پیش نویس غیر قابل استناد

مقاومت اسمی خمش افقی خود دیوار (غیرمسلح):

$$M_{n2-unreinf} = \frac{1000 f_r t_s (h-t_s)^2}{h} \left(N.\frac{mm}{m}\right) = \frac{1000\times 0.44\times 25\times (150-25)^2}{150} \times 10^{-3} = 1146\ (N.\frac{m}{m})$$

با توجه به اینکه دیوار فاقد ملات در بندهای قائم خود می‌باشد، لازم است مقدار فوق به میزان ۳۰٪ کاهش یابد. در نتیجه:

$$M_{n2-unreinf} = 0.7 \times 1146 = 802\ (N.\frac{m}{m})$$

مقاومت طراحی خمش افقی خود دیوار (غیرمسلح):

$$M_{d2-unrienf} = \emptyset M_{n2-unreinf} = 0.6 \times 802 = 481\ (N.\frac{m}{m})$$

مقدار به دست آمده خمش طراحی در امتداد افقی برای یک متر از ارتفاع دیوار است در حالتی که دیوار فاقد میلگرد بستر باشد. یادآور می‌شود خمش افقی خمشی است که منجر به ایجاد ترک‌های قائم در دیوار شده و در صورتی که دیوار تنها دارای تکیه گاه در لبه‌های قائم خود باشد، تنها خمش افقی را تجربه خواهد کرد.

بر اساس نتایج اپلیکیشن نیزظرفیت طراحی خمش افقی خود دیوار (غیرمسلح) دقیقا برابر مقدار فوق بدست می آید.

مقاومت اسمی خمش افقی دیوار مسلح:

به عنوان سعی اول فرض می‌شود میلگردهای بستر به صورت یک رج درمیان در دیوار قرار داده شده اند، لذا فاصله آنها B=400mm می‌باشد (ارتفاع بلوک ها 200 mm است). قطر مفتول‌های میلگرد بستر 4 mm بوده (مساحت هر مفتول 12.56 mm^2) و مقاومت تسلیم آن 470 MPa (معادل 4700 kg/cm^2) می‌باشد.

$$M_{n2-reinf} = \frac{1000\, A_s f_y}{B}\left(d - \frac{A_s f_y}{2\beta f'_m B}\right)\left(N.\frac{mm}{m}\right) = \frac{1000 \times 12.56 \times 470}{400}\left(102.5 - \frac{12.56\times 470}{2\times 0.8\times 10\times 400}\right)\times 10^{-3} = 1499\ (N.\frac{m}{m})$$

در رابطه فوق d برابر فاصله مفتول کششی میلگرد بستر تا دورترین تار فشاری مقطع است. در صورتی که میلگرد بستر در وسط پهنای دیوار قرار داده شود، مقدار d برابر خواهد بود با نصف ضخامت دیوار به اضافه نصف پهنای میلگرد بستر. همچنین مقاومت خمش افقی دیوار مسلح به مقدار مقاومت فشاری مصالح بنایی وابستگی کمی دارد و در قیاب نتایج آزمایشگاهی، می‌توان مقاومت فشاری مصالح بنایی را f'_m=10 MPa در نظر گرفت. این مقدار برای بلوک‌های AAC برابر 2 MPa می‌تواند درنظر گرفته شود (در قیاب نتایج آزمایشگاهی).

مقاومت طراحی خمش افقی دیوار مسلح:

$$M_{d2-rienf} = \emptyset M_{n2-reinf} = 0.9 \times 1499 = 1349\ (N.\frac{m}{m})$$

مقدار به دست آمده خمش طراحی در امتداد افقی برای یک متر از ارتفاع دیوار در حالتی است که دیوار دارای میلگرد بستر باشد.

بر اساس نتایج اپلیکیشن نیزظرفیت طراحی خمش افقی دیوار مسلح به میلگرد بستر دقیقا برابر مقدار فوق بدست می آید.

پیش نویس غیر قابل استناد

طبق ضابطه ۷۲۹، مقدار حداقل میلگرد بستر باید به نحوی باشد که :

$M_{n2-rienf} > 1.3M_{n2-unrienf}$

رابطه فوق در این مثال برقرار است. در صورتی که رابطه فوق برقرار نباشد، اپلیکیشن تحت اکسل طراحی دیوار به کاربر اخطار داده و طراح باید نسبت به افزایش مقدار میلگرد بستر (یا احیانا کاهش مقاومت دیوار غیرمسلح) اقدام کند.

تعیین فشار خارج از صفحه متناظر با فروریزش دیوار:

در این مرحله ابتدا نسبت اورتوگونال به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\mu = \frac{M_{d1}}{M_{d2}} = \frac{328}{1349} = 0.24$$

مقدار این نسبت همواره کوچکتر از 1 و در اغلب موارد کمتر از 0.5 می‌باشد.

سپس نسبت ارتفاع به طول دیوار محاسبه می‌شود. برای اینکه دیوار عملکرد دو طرفه داشته باشد این نسبت باید بین 0.3 تا 2 باشد.

$$\frac{H}{L} = \frac{3}{6} = 0.5$$

در مرحله بعد با داشتن دو پارامتر فوق و نیز با توجه به شرایط تکیه گاهی دیوار، از روی جداول موجود در ضابطه ۷۲۹، ضریب خمش افقی (α_2) بدست می آید. دیوار مدنظر دارای شرایط تکیه گاهی از نوع E می‌باشد (چهار لبه مفصل)، لذا از روی جدول مربوطه خواهیم داشت:

α_2=0.042

مطابق ضابطه ۷۲۹، خمش افقی تحت فشار خارج از صفحه w_u به صورت زیر بدست می آیند،

$M_{u2} = \alpha_2 w_u L^2$

لذا می‌توان با قرار دادن ظرفیت خمش طراحی افقی دیوار در رابطه فوق، فشار آستانه فروریزش دیوار را تخمین زد.

$$w_{ult} = \frac{M_{d2}}{\alpha_2 L^2} = \frac{1349}{0.042\times 6^2} = 892\ \left(\frac{N}{m^2}\right) = 0.892\ kPa \approx 89.2\ \left(\frac{kg}{m^2}\right)$$

بر اساس نتایج اپلیکیشن نیزظرفیت فشار آستانه فروریزش دقیقا برابر مقدار فوق بدست می آید.

لازم به یادآوری است که در تعیین فشار فوق ضرایب کاهش مقاومت لحاظ شده است، لذا این فشار در واقعیت فشار آستانه فروریزش نیست لیکن در پیوست حاضر از این اصطلاح استفاده شده است.

مرحله ۳: مقایسه تقاضا با ظرفیت

بدیهی است برای اینکه دیوار قادر به تحمل بارهای وارده باشد، باید ظرفیت آن بیشتر از تقاضای وارده باشد. لذا نسبت تقاضا به ظرفیت بدست آمده و در صورتی که این نسبت کمتر از ۱ باشد، دیوار قادر به تحمل بارهای وارده می‌باشد و در غیراین صورت دیوار باید تقویت گردد.

براساس مرحله ۱ مقدار تقاضا برابر 1.266 kPa بدست آمد (این مقدار فشار خارج از صفحه وارده بر دیوار است)

بر اساس مرحله ۲ مقدار ظرفیت برابر 0.892 kPa بدست آمد (این مقدار مقاومت خارج از صفحه دیوار است)

پیش نویس غیر قابل استناد

در نتیجه نسبت تقاضا به ظرفیت برابر 1.42 می‌باشد.

بر اساس نتایج اپلیکیشن نیزنسبت تقاضا به ظرفیت دیوار دقیقا برابر مقدار فوق بدست می آید.

با توجه به اینکه این مقدار بزرگتر از ۱ است، لذا دیوار باید تقویت گردد.

تقویت دیوار با روش‌های مختلفی قابل انجام است. که این روش ها در زیر فهرست شده اند.

- کاهش فواصل میلگرد بستر: این روش یکی از ساده ترین روشهای بهبود مقاومت دیوار است. در مثال فوق در صورتی که فاصله میلگردهای بستر از 400 mm (یک رج درمیان) به 200 mm (قرار دادن میلگرد بستر در تمام رج ها) کاهش یابد، نسبت تقاضا به ظرفیت برابر 0.97 شده فلذا دیوار جوابگوی بارهای وارده خواهد بود.
- افزایش پهنای میلگرد بستر: این روش همواره امکان پذیر نمی‌باشد چراکه اولا لازم است پهنای میلگرد بستر حداقل 30 mm کمتر از ضخامت دیوار باشد، ثانیا تولید کنندگان میلگردهای بستر این محصول را تنها در چندین پهنای مشخص تولید می کنند. در این مثال در صورتی که پهنای میلگرد بستر از ۵۵ میلیمتر به ۱۱۰ میلیمتر افزایش یابد (با فرض قرار داشتن میلگردهای بستر به صورت یک رج در میان)، نسبت تقاضا به ظرفیت برابر 1.22 بدست می آید که همچنان بیشتر از ۱ است.
- افزایش قطر مفتول‌های میلگرد بستر: این روش نیز ممکن است همواره امکان پذیر نباشد چراکه تولید کنندگان میلگرد بستر از مفتول‌هایی با قطر مشخص برای تولید محصول استفاده می‌کنند.
- بهبود ملات مصرفی: در صورتی که شرایط نظارت در کارگاه و هنگام ساخت ملات محیا باشد، می‌توان در طراحی دیوار، از ملات بهتری استفاده نمود. این روش یکی از موثرترین روش‌ها به منظور بهبود مقاومت خارج از صفحه دیوار است لیکن نیازمند نظارتی در سطحی بالاتر از سطوح متداول است. به عنوان مثال اگر به جای ملات نوع N از ملات نوع S استفاده شود (ساخته شده با سیمان بنایی)، با میلگرد بستر با پهنای 55 mm و فواصل 400 mm (یک رج درمیان)، نسبت تقاضا به ظرفیت از مقدار 1.42 به مقدار 1.07 کاهش می یابد که البته همچنان بزرگتر از ۱ است. حال اگر از ملات نوع N ساخته شده با سیمان پرتلند و آهک استفاده شود، نسبت تقاضا به ظرفیت برابر 0.94 می‌شود. بهبود ملات یکی از موثرترین روش ها به منظور تقویت دیوارهای بنایی می‌باشد، لیکن باید درنظر داشت بهبود کیفیت ملات نیازمند نظارت دقیق از مراحل ساخت ملات دارد. در صورتی که طراح پیش‌بینی کند چنین شرایطی در هنگام ساخت وجود نخواهد داشت، اکیدا توصیه می‌شود از درنظر گرفتن ملات‌های با کیفیت در مرحله طراحی صرفنظر شود.
- تغییر شرایط مرزی دیوار: یکی دیگر از روشهای تقویت دیوار تغییر تکیه گاه‌های مفصلی به تکیه گاه‌های گیردار می‌باشد. اگرچه این روش از نظر تئوری امکان پذیر است لیکن از منظر اجرایی ممکن است با مشکلاتی همراه باشد و در بسیاری از موارد این کار امکان پذیر نمی‌باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد

- تزریق دوغاب: این روش تنها مربوط به دیوارهای ساخته شده با بلوک بوده و معمولا در دیوارهای با ابعاد متداول لزومی به استفاده از این روش نمی‌باشد. تزریق دوغاب منجر به افزایش مدول گسیختگی دیوار می‌گردد که مقدار افزایش در ضابطه ۷۲۹ موجود می‌باشد. باید توجه داشت شرط افزایش مدول گسیختگی آن است که دوغاب به صورت یکسره و ممتد در تمام طول یا ارتفاع دیوار ریخته شود که این امر مستلزم استفاده از بلوکهایی با شکل خاص است.
- افزایش ضخامت دیوار: این روش به عنوان آخرین روش پیشنهاد می‌شود. بدین معنی که در صورتی که هیچ‌یک از روش‌های فوق جوابگوی تقاضای وارده نباشند، باید نسبت به افزایش ضخامت دیوار اقدام شود. این روش تنها در دیوارهای با طول و ارتفاع بسیار بالا مورد نیاز است و در اکثر پروژه ها نیاز به افزایش ضخامت دیوار نخواهد بود. توجه شود، افزایش ضخامت دیوار منجر به افزایش وزن آن و نیز افزایش بار مرده سازه و فشار لرزه‌ای وارده بر دیوار خواهد شد که این اثرات باید در محاسبات لحاظ شوند.

در این مثال، تصمیم نهایی مبنی بر کاهش فاصله میلگردهای بستر می‌باشد. لذا لازم است میلگردهای بستر در تمام رج‌های دیوار قرار داده شوند. بدین ترتیب نسبت تقاضا به ظرفیت دیوار 0.97 خواهد بود.

مرحله ۴: طراحی اتصالات دیوار

جزئیات نهایی دیوار شماره ۱ در شکل (پ-۴-۲) نشان داده شده است. در ضابطه ۷۲۹ نیروهای عکس العملی که در لبه‌های دیوار ایجاد می‌شود به منظور طراحی اتصالات دیوار مورد استفاده قرار می‌گیرند. مطابق شکل (پ-۴-۳) عکس العمل تکیه گاهی که یک نیروی برشی در امتداد خارج از صفحه دیوار می‌باشد، بر اساس الگوی ترک‌های مفروض برای دیوار بدست می آید. بدین ترتیب دیوار به چند بخش تقسیم می‌شود که بار روی هر بخش سهم عکس العمل تکیه گاه مربوط به آن بخش خواهد بود. مطابق شکل (پ-۴-۳) مساحت سهم لبه افقی سمت چپ برابر $2.25\ m^2$ می‌باشد لذا با ضرب این مساحت در فشار طراحی وارده بر دیوار (در این مثال ناشی از باد) عکس العمل لبه سمت چپ برابر است با:

عکس العمل تکیه گاهی لبه سمت چپ دیوار $= 2.25\ (m^2) \times (1.27\ kPa) = 2.86\ kN \approx 286\ kg$

به همین ترتیب عکس العمل تکیه گاهی لبه فوقانی دیوار نیز بدست می آید:

عکس العمل تکیه گاهی لبه فوقانی دیوار $= 6.75\ (m^2) \times (1.27\ kPa) = 8.57\ kN \approx 857 kg$

با توجه به تقارن، عکس العمل لبه سمت راست دیوار نیز برابر 2.86 kN و عکس العمل لبه تحتانی دیوار برابر 8.57 kN است.

بر اساس نتایج اپلیکیشن نیز عکس العمل‌های تکیه گاهی دیوار دقیقا برابر مقادیر فوق بدست می آید.

در صورتی که لبه تحتانی دیوار مفصلی فرض شده باشد (پیشنهاد می‌شود همواره چنین فرضی درنظر گرفته شود و از گیردار فرض کردن لبه‌های دیوار پرهیز شود)، عکس العمل لبه تحتانی دیوار توسط ملات موجود مابین اولین رج دیوار و کف تامین می‌شود و نیازی به کنترل ندارد چرا که همواره ظرفیت برشی تامین شده در لبه تحتانی برای تحمل بارهای وارده کافی می‌باشد. لذا تنها لازم است اتصالات لبه فوقانی و دو لبه جانبی دیوار طراحی گردند. بر این اساس مطابق ضابطه ۷۲۹ از اتصالات کشویی استفاده می‌شود. برای اتصال دیوار به سقف ازدوبل نبشی و برای اتصال دیوار به ستون از ناودانی

پیش نویس غیرقابل استناد

استفاده می گردد. مجددا تاکید می‌شود منظور از نبشی و ناودانی پروفیل‌های استاندارد نبوده بلکه ورق‌های فولادی گالوانیزه‌ای (با ضخامت بین 2 mm تا 3 mm) می‌باشد که به شکل نبشی یا ناودانی خم شده‌اند.

دوبل نبشی اتصال دیوار به سقف: با توجه به اینکه لازم است حداقل 20 mm بین لبه فوقانی دیوار و سقف فاصله باشد و نیز بال نبشی باید حداقل به میزان 30 mm با دیوار در تماس باشد، لذا پهنای بال نبشی حداقل 50 mm خواهد بود. همچنین در صورتی که ضخامت بال 2 mm باشد، مقاومت یک متر طول از دوبل نبشی ها مطابق جدول (پ-۳-۱) برابر 2.9 kN می‌باشد. با توجه به اینکه نیروی تکیه گاهی لبه فوقانی دیوار برابر 8.57 kN است، لذا حداقل طول لازم برای دوبل نبشی ها برابر 2.96 m بدست می آید.

تصمیم گرفته می‌شود از ۵ عدد دوبل نبشی با طول 0.6 m استفاده شود.

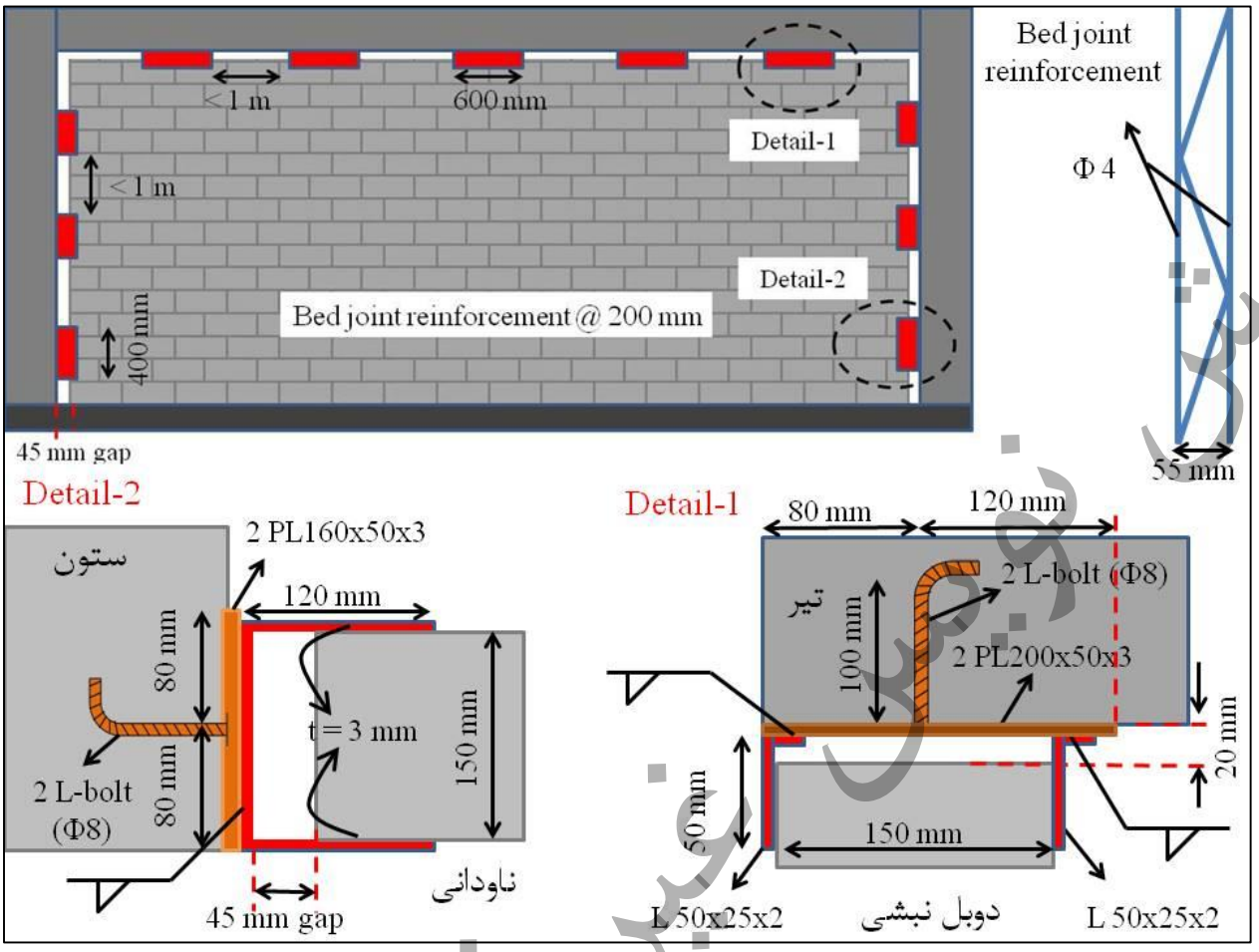
با فرض اینکه انکرهای اتصال پیش از بتن ریزی سازه در قفس آرماتورها قرار خواهند گرفت، از انکرهای L- شکل با قطر 8 mm و عمق نفوذ موثر 100 mm استفاده می‌شود. اگر مقاومت بتن سازه 20 MPa فرض شود، مطابق جدول (پ-۳-۴) برای هر متر از اتصال فوق (پهنای بال 50 mm و ضخامت 2 mm) به ۳ عدد انکر نیاز است. از آنجایی که طول هر یک از دوبل نبشی ها 1 m نبوده بلکه 0.6 m می‌باشد، لذا برای هر یک از قطعات دوبل نبشی به ۲ عدد انکر نیاز خواهد بود. لازم به ذکر است در صورتی که انکرها در محل تشکیل مفاصل پلاستیک باشند، باید به مقدار ضخامت بتن کاور به عمق نفوذ آن‌ها اضافه شود.

ناودانی اتصال دیوار به ستون: با توجه به اینکه دریفت طبقه 1.5% بوده و ارتفاع دیوار نیز 3 m می‌باشد، لذا دریفت طبقه (جابجایی نسبی طبقه) برابر 45 mm بدست می آید. پهنای بال ناودانی باید حداقل دو برابر دریفت طبقه به علاوه 30 mm باشد. لذا پهنای بال ناودانی برابر 120 mm انتخاب می‌شود. اگر ضخامت بال 2 mm درنظر گرفته شود، از جدول (پ-۳-۱) مقاومت ناودانی به ازای هر متر طول برابر 1.25 kN بدست می آید. عکس العمل تکیه گاهی در لبه قائم دیوار برابر 2.86 kN بوده است، لذا در لبه‌های قائم دیوار باید اتصالات کشویی ناودانی به طول حداقل 2.29 m قرار داده شود. این مقدار طول زیادی بوده و بسیاری از سطح دیوار را می پوشاند. در صورت استفاده از این اتصال عملا لازم است یک اتصال پیوسته و غیرمنقطع در لبه دیوار قرار گیرد. در مواردی که از اتصالات غیرمنقطع استفاده می‌شود، بخشی از لبه دیوار که فاقد اتصال است نباید دارای طولی بیش از 1 m باشد. در صورتی که بخواهیم از اتصالات غیرپیوسته و منقطع استفاده نماییم باید برای ناودانی از ضخامت ورق 3 mm استفاده شود، در این صورت طبقه جدول (پ-۳-۱) مقاومت هر متر طول ناودانی 2.7 kN بدست می آید و کل طول لازم برای ناودانی برابر 1.06 m خواهد بود. برای اتصال از سه عدد ناودانی (پهنای بال 120 mm و ضخامت بال 3mm) به طول 0.4 m استفاده می‌شود.

اگر برای قطعات ناودانی اتصال دیوار به ستون نیز از انکرهای درجای L-شکل به قطر 8 mm و عمق نفوذ 100 mm استفاده شود، مطابق جدول (پ-۳-۴) برای هر متر از اتصال ناودانی (عرض ورق 120 mm و ضخامت 3 mm) به ۴/۵ عدد انکر نیاز است. از آنجایی که هر یک از قطعات ناودانی اتصال دارای طول 0.4 m هستند، لذا برای هر یک از قطعات به ۲ عدد انکر نیاز است.

جزئیات نهایی دیوار شماره ۱ در شکل (پ-۴-۲) نشان داده شده است.

پیش نویس غیر قابل استناد



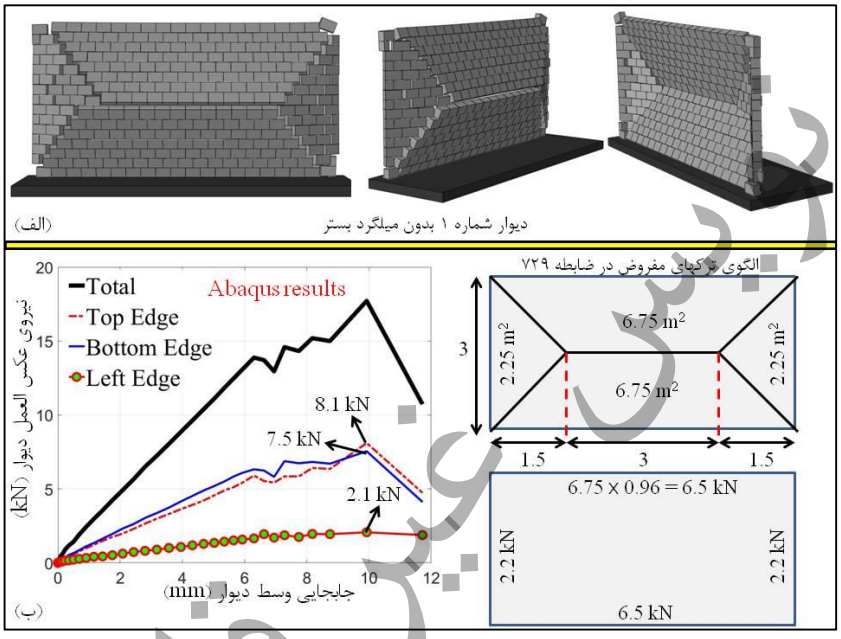
شکل پ-۴-۲. جزئیات نهایی دیوار شماره ۱

بررسی صحت طراحی دیوار شماره ۱ با استفاده از شبیه سازی المان محدود

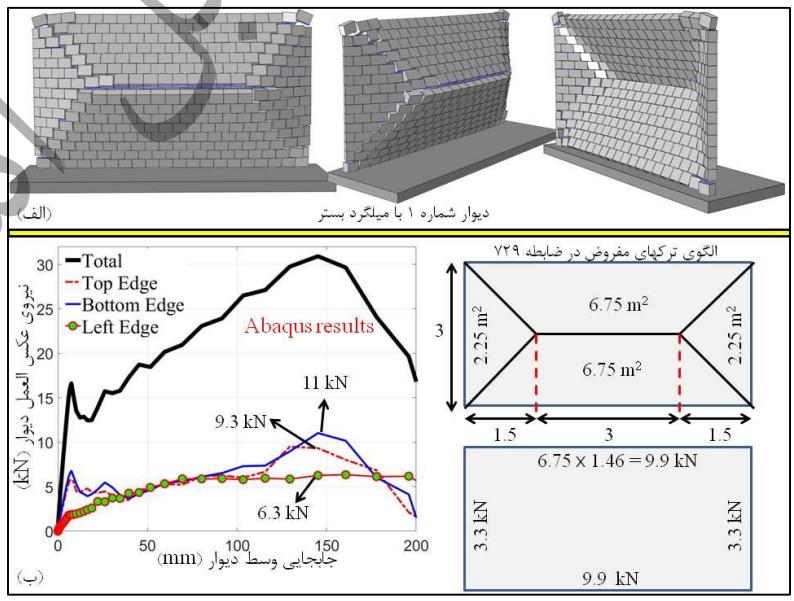
رفتار دیوار طراحی شده براساس ضابطه ۷۲۹، در نرم افزار آباکوس در دوحالت با و بدون میلگرد بستر شبیه سازی شده است. نتایج در جدول (پ-۴-۱) و شکل‌های (پ-۴-۳) و (پ-۴-۴) ارائه شده اند. نتایج حاکی از تاثیر مثبت میلگرد بستر در بهبود مقاومت نهایی و نیز شکل پذیری خارج از صفحه دیوار می‌باشند. شکل (پ-۴-۴) به خوبی نشان می دهد در مرحله اول بارگذاری، میلگردهای بستر تاثیر چندانی ندارند. لیکن پس از ترک خوردن دیوار ، نقش اصلی میلگردهای بستر در تامین مقاومت شروع می‌شود که این امر منطبق بر فلسفه طراحی دیوارهای مسلح در ضابطه۷۲۹ است. شکل (پ-۴-۵) رفتار دیوار با و بدون میلگرد بستر را با یکدیگر مقایسه می‌کند. همچنین در این شکل تنش‌های ایجاد شده در میلگردهای بستر نشان داده شده اند. واضح است بیشترین تنش ها در محل ترک‌های دیوار هستند چراکه در این محل ها میلگردهای بستر سعی در بسته نگه داشتن ترک ها دارند. لذا بیشترین تنشهای وارده بر میلگرد بستر نه در وسط دیوار و نه در گوشه‌های دیوار، بلکه در محل ترک‌های قطری دیوار خواهند بود.

جدول (پ-۴-۱). فشارنهایی دیوار و عکس العمل‌های تکیه گاهی متناظر با فشار نهایی دیوار شماره ۱

	فشار نهایی دیوار بدون ضریب کاهش مقاومت (kPa)		عکس العمل تکیه گاهی لبه فوقانی (kN)		عکس العمل تکیه گاهی لبه قائم سمت چپ (kN)	
	ضابطه ۷۲۹	Abaqus	ضابطه ۷۲۹	Abaqus	ضابطه ۷۲۹	Abaqus
دیوار فاقد میلگرد بستر	0.96	0.98	6.5	8.1	2.2	2.1
دیوار دارای میلگرد بستر (در تمام رجهای دیوار)	1.46	1.72	9.9	9.3	3.3	3.2

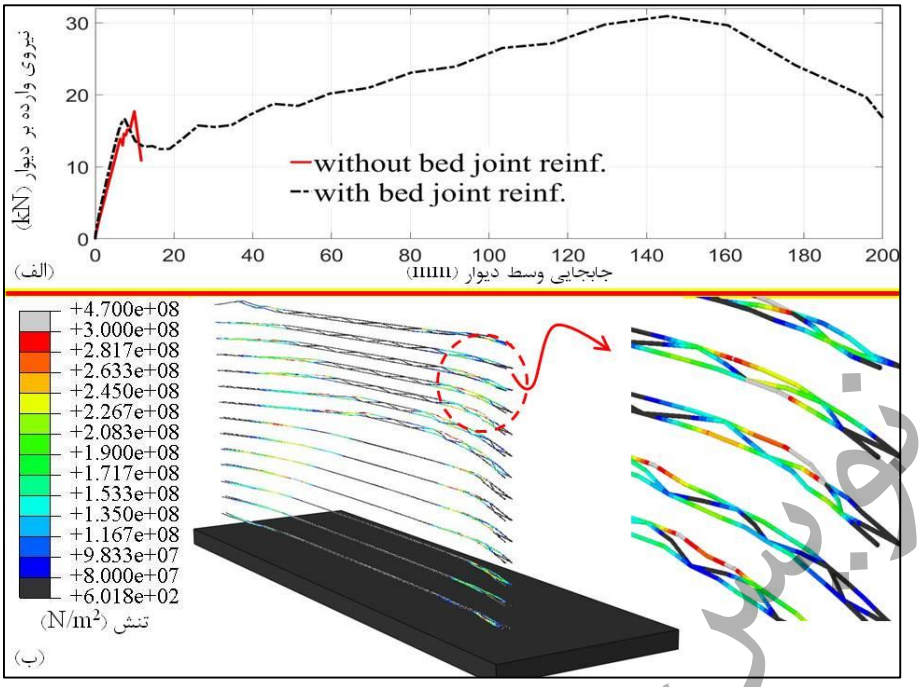


شکل پ-۴-۳. شبیه سازی دیوار شماره ۱ در حالتی که فاقد میلگرد بستر باشد



شکل پ-۴-۴. شبیه سازی دیوار شماره ۱ در حالتی که دیوار مسلح به میلگرد بستر باشد (مطابق طراحی انجام شده در این پیوست)

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۴-۵. (الف) مقایسه رفتار دیوار شماره ۱ با و بدون میلگرد بستر. (ب) تنش‌های ایجاد شده در میلگردهای بستر دیوار شماره ۱

پ-۴-۲- طراحی دیوار شماره ۲

روند طراحی بر اساس ضابطه ۷۲۹ برای دیوار شماره ۱ به طور مفصل تشریح شد. در مثال‌های پیش‌رو از اپلیکیشن تحت اکسل معرفی شده در پیوست ۱ برای طراحی دیوار استفاده شده است.

مرحله ۱: تعیین تقاضا (نیرو)ی وارده بر دیوار:

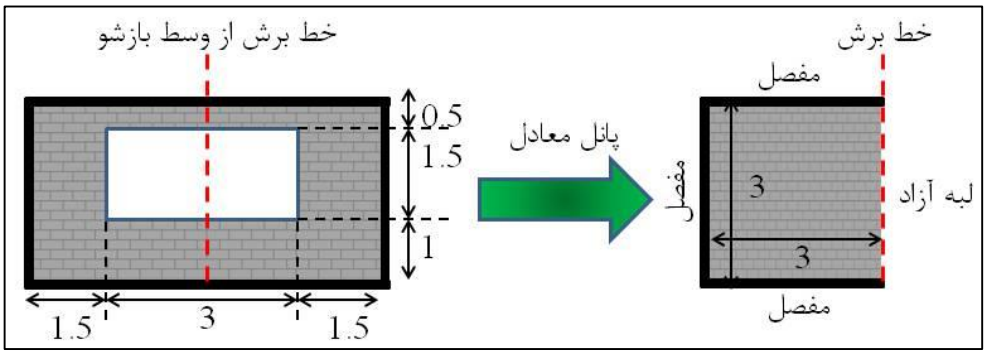
براساس ضابطه ۷۲۹، در طراحی دیوارهای دارای بازشو، به واسطه وجود بازشو، نیروی وارده بر دیوار کاهش نمی یابد. لذا نیروی طراحی دیوار شماره ۲ مشابه دیوار شماره ۱ بوده و ناشی از بار باد می‌باشد.

تقاضا = $1.27\ kN/m^2$

مرحله ۲: تعیین ظرفیت دیوار:

همانند دیوار شماره ۱ برای دیوار شماره ۲ نیز از ملات نوع N ساخته شده از سیمان بنایی استفاده می‌شود. همچنین با توجه به اینکه دیوار دارای بازشو است، لازم است پانل معادل دیوار ساخته شود. این کار در شکل (پ-۴-۶) انجام شده است. پانل معادل دارای شرایط مرزی از نوع J (یکی از لبه‌های قائم آزاد و مابقی لبه‌ها مفصل) طبق دسته بندی ضابطه ۷۲۹ است. حال کافیست با اپلیکیشن طراحی به جای دیوار اصلی، پانل معادل طراحی شود. یعنی باید دیواری با طول 3 m و ارتفاع 3 m دارای شرایط مرزی از نوع J طراحی گردد.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۴-۶. ساخت پانل معادل دیوار شماره ۲

ضخامت دیوار 150 mm و بندهای قائم فاقد ملات هستند. همچنین بلوک ها توخالی و فاقد دوغاب می‌باشند. ضخامت پوسته بلوک ها 25 mm بوده و مقاومت تسلیم فولاد میلگرد بستر 470 MPa است.

در زمان نگارش این ضابطه تنها میلگردهای بستر با پهنای 55 mm و 110 mm با قطر مفتول 4 mm در بازار ایران موجود بوده، لذا از سایز دیگری برای میلگردهای بستر استفاده نشده است. اکیدا توصیه می‌شود مهندس طراح قبل از اقدام به طراحی دیوار، از تولید کنندگان میلگرد بستر جزئیات میلگردهای بستر تولیدی را استعلام نماید.

نتایج ظرفیت دیوار برای میلگردهای بستر مختلف در ادامه آورده شده است.

مرحله ۳: مقایسه تقاضا با ظرفیت

مقدار میلگرد بستر مورد نیازی به نحوی انتخاب می‌گردد که اولا نسبت تقاضا به ظرفیت کمتر از ۱ بوده و ثانیا میلگرد بستر حداقل فراهم شده باشد. هر دو پارامتر فوق توسط اپلیکیشن گزارش می شوند. جدول (پ-۴-۲) نتایج مربوط به طرح‌های مختلف را نشان می‌دهد. در هیچ یک از طرح ها نوع ملات تغییر داده نشده و تمرکز تنها بر تغییر جزیئات میلگردهای بستر بوده است.

با کمی اغماض می‌توان طرح ۴ را پذیرفت. با این وجود در صورتی که به جای ملات نوع N از ملات نوع S استفاده شود (با سیمان بنایی)، نسبت تقاضا به ظرفیت در طرح ۴ به مقدار 0.78 کاهش می یابد. با توجه به عدم قطعیت‌های بسیار زیاد موجود و نیز ضرایب کاهش مقاومت شدیدی که در روند طراحی لحاظ شده است، نسبت‌های تقاضا به ظرفیت بین 1 تا 1.1 نیز می‌توانند با اغماض مورد پذیرش قرار گیرند.

جدول (پ-۴-۲) نتایج طرح‌های مختلف برای دیوار شماره ۲ با ملات نوع N ساخته شده با سیمان بنایی

	قطر مفتول میلگرد بستر	پهنای میلگرد بستر	فواصل میلگرد بستر	ظرفیت (kPa)	تقاضا (kPa)	نسبت تقاضا به ظرفیت	میلگرد بستر حداقل
طرح ۱	4 mm	55 mm	400 mm	0.83	1.27	1.52	برآورده شده
طرح ۲	4 mm	55 mm	200 mm	1.07	1.27	1.19	برآورده شده
طرح ۳	4 mm	110 mm	400 mm	0.92	1.27	1.38	برآورده شده
طرح ۴	4 mm	110 mm	200 mm	1.18	1.27	1.07	برآورده شده

پیش نویس غیر قابل استناد

مرحله ۴: طراحی اتصالات دیوار

در خصوص دیوارهای دارای بازشو، عکس العمل‌های تکیه گاهی که توسط اپلیکیشن گزارش می‌شود مربوط به پانل معادل دیوار است و نه خود دیوار اصلی. لذا لازم است متناسب با طول لبه‌های دیوار اصلی و پانل معادل آن، برش تکیه گاهی برای دیوار اصلی اصلاح شود. این کار در جدول (پ-۴-۳) انجام شده است. لبه فوقانی در پانل معادل طولی معادل نصف طول لبه فوقانی در دیوار اصلی را دارد، لذا برش تکیه گاهی لبه فوقانی در دیوار اصلی ۲ برابر مقدار متناظر در پانل معادل می‌باشد که توسط اپلیکیشن گزارش شده است. همین موضوع در خصوص لبه تحتانی نیز صادق است. در مقابل طول لبه قائم پانل معادل و دیوار اصلی برابر هستند، لذا برش تکیه گاهی لبه قائم سمت چپ دیوار اصلی برابر مقدار متناظر در پانل معادل خواهد بود. با توجه به تقارن، برش تکیه گاهی لبه قائم سمت راست دیوار اصلی نیز برابر مقدار آن در لبه سمت چپ می‌باشد.

همانطور که در جدول (پ-۴-۳) ارائه شده است، برش‌های تکیه گاهی بسیار نزدیک به برش‌های تکیه گاهی دیوار فاقد بازشو (دیوار شماره ۱) هستند، لذا برای قطعات اتصال دیوار شماره ۲ نیز می‌توان از جزئیات بدست آمده برای دیوار شماره ۱ استفاده نمود. متعاقبا جزئیات بدست آمده برای انکرها در دیوار شماره ۱، برای دیوار شماره ۲ نیز قابل استفاده می باشند.

جزئیات نهایی دیوار شماره ۲ در شکل (پ-۴-۷) نشان داده شده است. در مقایسه با دیوار مشابه بدون بازشو (دیوار شماره ۱)، اثر بازشو تنها منجر به افزایش پهنای میلگردهای بستر از 55 mm در دیوار شماره ۱ به 110 mm در دیوار شماره ۲ شده است.

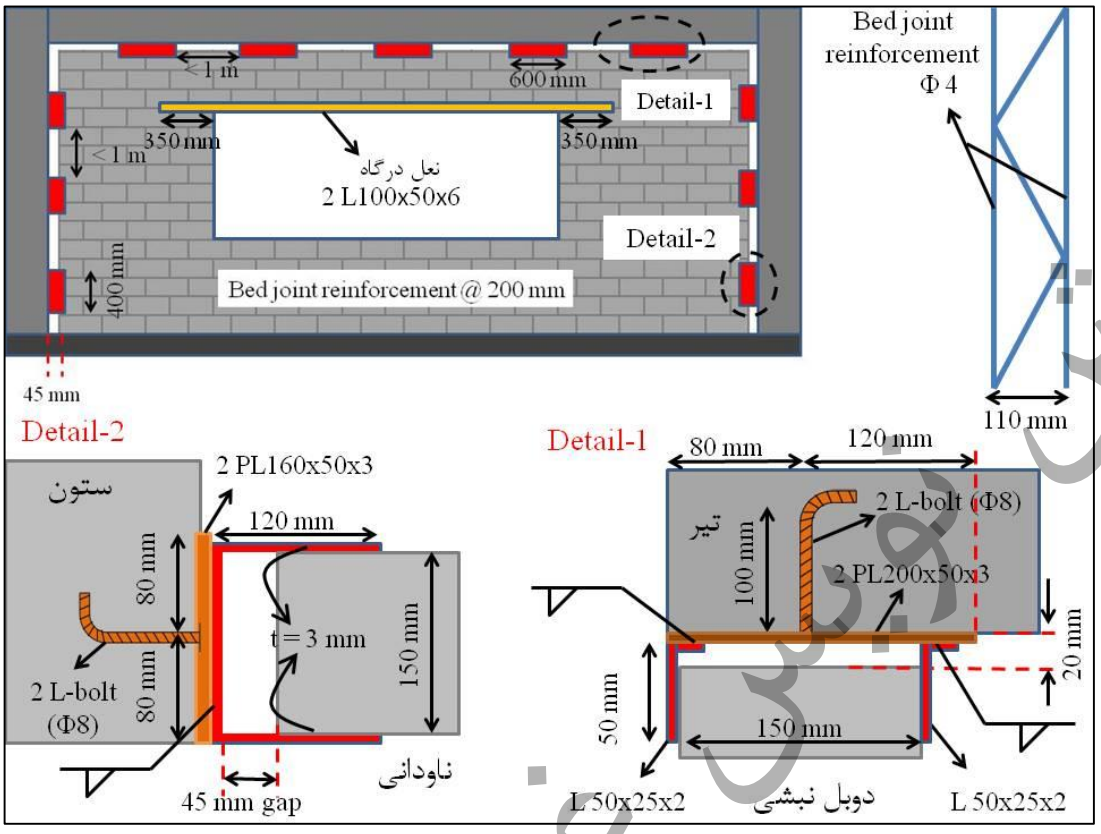
جدول (پ-۴-۳). عکس العمل‌های تکیه گاهی دیوار شماره ۲

	برش تکیه گاهی (kN)		
	برای پانل معادل	برای دیوار اصلی	قطعات اتصال
لبه فوقانی	4.28	8.56	5x(L50x25x2 & L50x25x2) each with L=600 mm
لبه تحتانی	4.28	8.56	-
لبه قائم سمت چپ	2.85	2.85	3x(U120x150x3) each with L=400 mm
لبه قائم سمت راست	0	2.85	3x(U120x150x3) each with L=400 mm

طراحی نعل درگاه: وزن دیوار (به همراه نازک کاری) $2kN/m^2$ (معادل $200\ kg/m^2$) است و پهنای دیوار بالای بازشو 0.5 m می‌باشد. لذا باری که به نعل درگاه وارد می‌شود برابر 1 kN/m بدست می آید. با توجه به اینکه طول بازشو 3 m است، از جدول (پ-۳-۶) دو نبشی L100x50x6 برای نعل درگاه کافی خواهد بود.

لازم به توضیح است که اتصال فریم پنجره به دیوار به صورت متداول با استفاده از قلاب، رول بولت یا سایر ادوات انجام میشود. استفاده از بازشو بدون فریم مجاز نمی‌باشد.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۴-۷. جزئیات نهایی دیوار شماره ۲- فریم پنجره با روش‌های متداول به دیوار متصل می‌شود.

بررسی صحت طراحی دیوار شماره ۲ با استفاده از شبیه سازی المان محدود

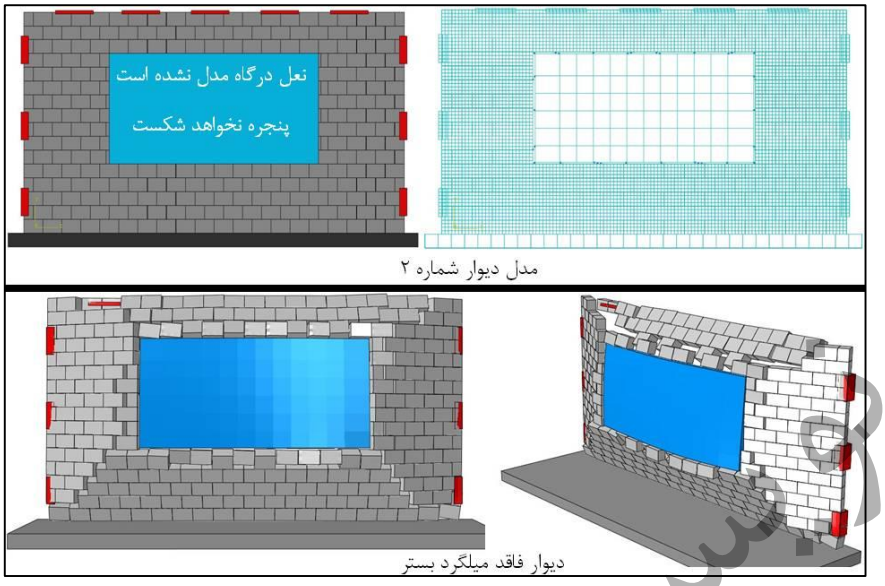
برای دیوار شماره ۲ نیز مقاومت نهایی دیوار بر اساس مدل آباکوس و ضابطه ۷۲۹ در جدول (پ-۴-۴) مقایسه شده‌اند. همچنین صرفا به منظور مقایسه، نتایج برای حالتی که از میلگرد بستر در دیوار استفاده نشده باشد نیز در جدول ارائه شده است. نتایج نشان می دهند که میلگرد بستر تاثیر قابل توجهی بر ظرفیت نهایی دیوار دارد. ضمن اینکه در حالت استفاده از میلگرد بستر ضریب کاهش مقاومت فشار نهایی دیوار نیز از 0.6 به 0.9 افزایش می‌یابد که خود به طور مضاعف منجر به بهبود قابلیت اطمینان دیوار خواهد شد. نحوه مدل سازی و فروریزش دیوار شماره ۲ در دو حالت بدون میلگرد بستر و با میلگرد بستر به ترتیب در شکل‌های (پ-۴-۸) و (پ-۴-۹) نشان داده شده است. بدیهی است هیچ گونه اتصالی مابین ناودانی‌های اتصال و میلگردبستر نباید وجود داشته باشد و صرفا میلگردهای بستر باید تا لبه قائم دیوار امتداد یافته و قطع شوند.

جدول (پ-۴-۴). فشارنهایی دیوار و عکس العمل‌های تکیه گاهی متناظر با فشار نهایی دیوار۲

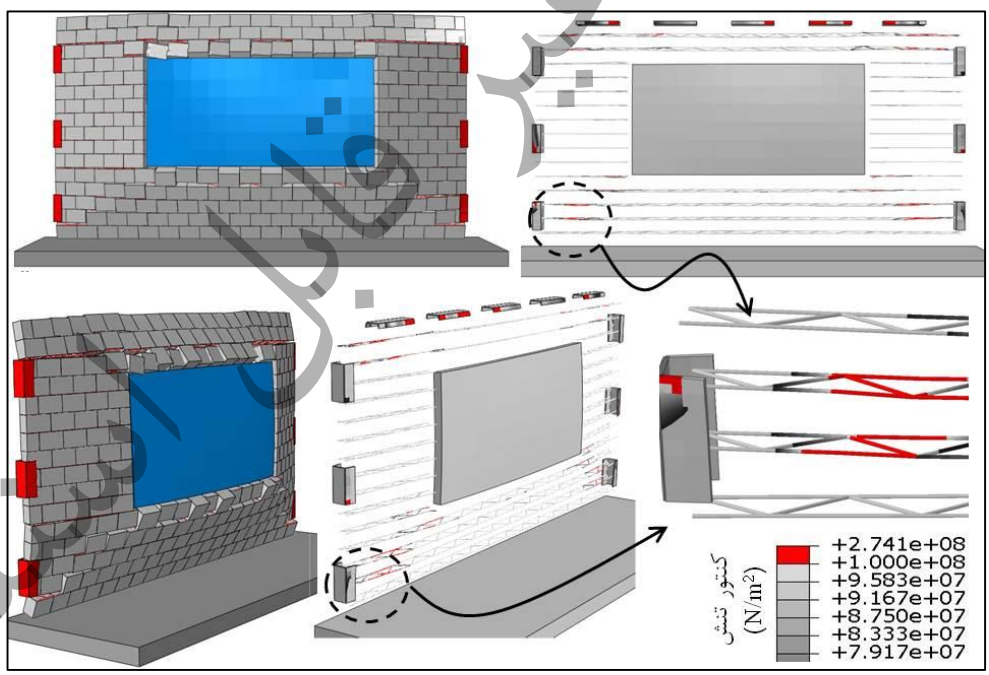
	فشار نهایی دیوار بدون ضریب کاهش مقاومت (kPa)		عکس العمل تکیه گاهی لبه فوقانی (kN)		عکس العمل تکیه گاهی لبه قائم سمت چپ (kN)	
	ضابطه ۷۲۹	Abaqus	ضابطه ۷۲۹	Abaqus	ضابطه ۷۲۹	Abaqus
دیوار فاقد میلگرد بستر	0.97	0.88	6.5	7	2.2	2.4
دیوار دارای میلگرد بستر	1.31	1.28	8.8	7.7	2.9	2.7

پیش نویس غیر قابل استناد

(در تمام رجهای دیوار)



شکل پ-۴-۸. مدل سازی و فروریزش دیوار شماره ۲ در حالت بدون میلگرد بستر(به منظور نمایش بهتر ترک ها، در تغییرشکل دیوار بزرگنمایی شده است لذا در برخی لبه ها اتصالات در شکل مشخص نیستند)



شکل پ-۴-۹. مدل سازی و فروریزش دیوار شماره ۲ در حالت با میلگرد بستر- هیچ گونه اتصالی مابین میلگرد بستر و ناودانی‌های اتصال وجود ندارد (به منظور نمایش بهتر ترک ها، در تغییرشکل دیوار بزرگنمایی شده است لذا در برخی لبه ها اتصالات در شکل مشخص نیستند)

پیش نویس غیر قابل استناد

پ-۴-۳- طراحی دیوار شماره ۳

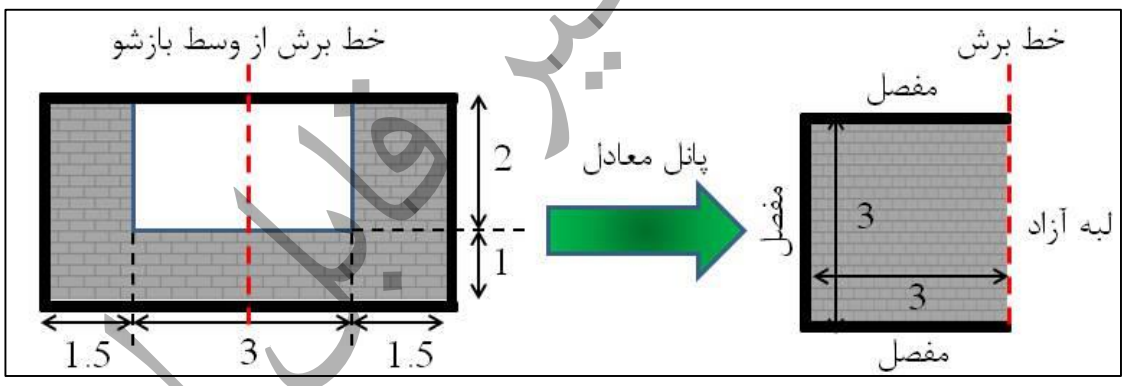
مرحله ۱: تعیین تقاضا (نیرو)ی وارده بر دیوار:

در دیوار شماره ۳ نیز بار وارده بر دیوار در امتداد خارج از صفحه برابر مقدار متناظر در دیوارهای شماره ۱ و ۲ است. به بیان دیگر بر اساس فرضیات موجود در ضابطه ۷۲۹، هندسه بازشو و اساسا وجود و یا عدم وجود بازشو تاثیری در بار وارده بر دیوار نخواهد داشت.

تقاضا = 1.27 kN/m^2

مرحله ۲: تعیین ظرفیت دیوار:

تفاوت دیوار شماره ۳ و دیوار شماره ۲ تنها در قسمت بالای بازشو می‌باشد. به بیان دیگر در دیوار شماره ۳، بازشو تا تمام ارتفاع دیوار امتداد یافته است. نحوه ساخت پانل معادل برای دیوار شماره ۳ در شکل (پ-۴-۱۰) نشان داده شده است. مشخص است که پانل معادل دیوار شماره ۳ دقیقا مشابه پانل معادل دیوار شماره ۲ می‌باشد. لذا بر اساس ضابطه ۷۲۹، ظرفیت نهایی این دو دیوار با یکدیگر برابر خواهد بود (در صورتی که سایر پارامترها نیز از جمله مقدار میلگرد بستر، نوع ملات مصرفی و ... یکسان باشند). لذا برای این دیوار نیز مطابق دیوار شماره ۲ از میلگردهای بستری با پهنای 110 mm و قطر مفتول 4 mm در تمام رج‌های دیوار استفاده می‌شود.



شکل پ-۴-۱۰. ساخت پانل معادل دیوار شماره ۳

مرحله ۳: مقایسه تقاضا با ظرفیت

برای دیوار شماره ۳ نیز نسبت تقاضا به ظرفیت مشابه دیوار شماره ۲ برابر 1.07 خواهد بود که با کمی اغماض پذیرفته می‌شود.

مرحله ۴: طراحی اتصالات دیوار

همانطور که پیش تر در مورد دیوار شماره ۲ بیان گردید، در دیوارهای دارای بازشو، عکس العمل‌های تکیه گاهی که توسط اپلیکیشن تحت اکسل گزارش می‌شود مربوط به پانل معادل دیوار است و نه خود دیوار اصلی. در این دیوار، طول دیوار

پیش نویس غیر قابل استناد

واقعی 6 m می‌باشد در صورتی که طول پانل معادل تنها 3 m است. در نتیجه برش‌های تکیه گاهی لبه‌های فوقانی و تحتانی دیوار که توسط اپلیکیشن گزارش شده است، مربوط به 3 m از طول دیوار هستند و برای کل دیوار این مقادیر باید ۲ برابر شوند. توجه شود نیمی از اتصالات لازم در لبه فوقانی دیوار در واقع اتصالات مربوط به فریم پنجره می باشند. فریم پنجره نیز مشابه دیوار به صورت کشویی باید به سقف متصل گردد. به عبارت دیگر، دریفت طبقه از طرف فریم پنجره نباید به دیوار منتقل گردد. در صورتی که فریم پنجره تنها به دیوارها مهار شده و به سقف هیچ نوع اتصالی نداشته باشد، لازم است کل اتصالات لبه فوقانی دیوار در بخش بنایی قرار داده شوند. در این مثال از این روش استفاده شده است. بدیهی است این دیوار به نعل درگاه نیاز ندارد.

جدول (پ-۴-۵) برش‌های تکیه گاهی و نیز قطعات اتصالات دیوار را ارائه کرده است.

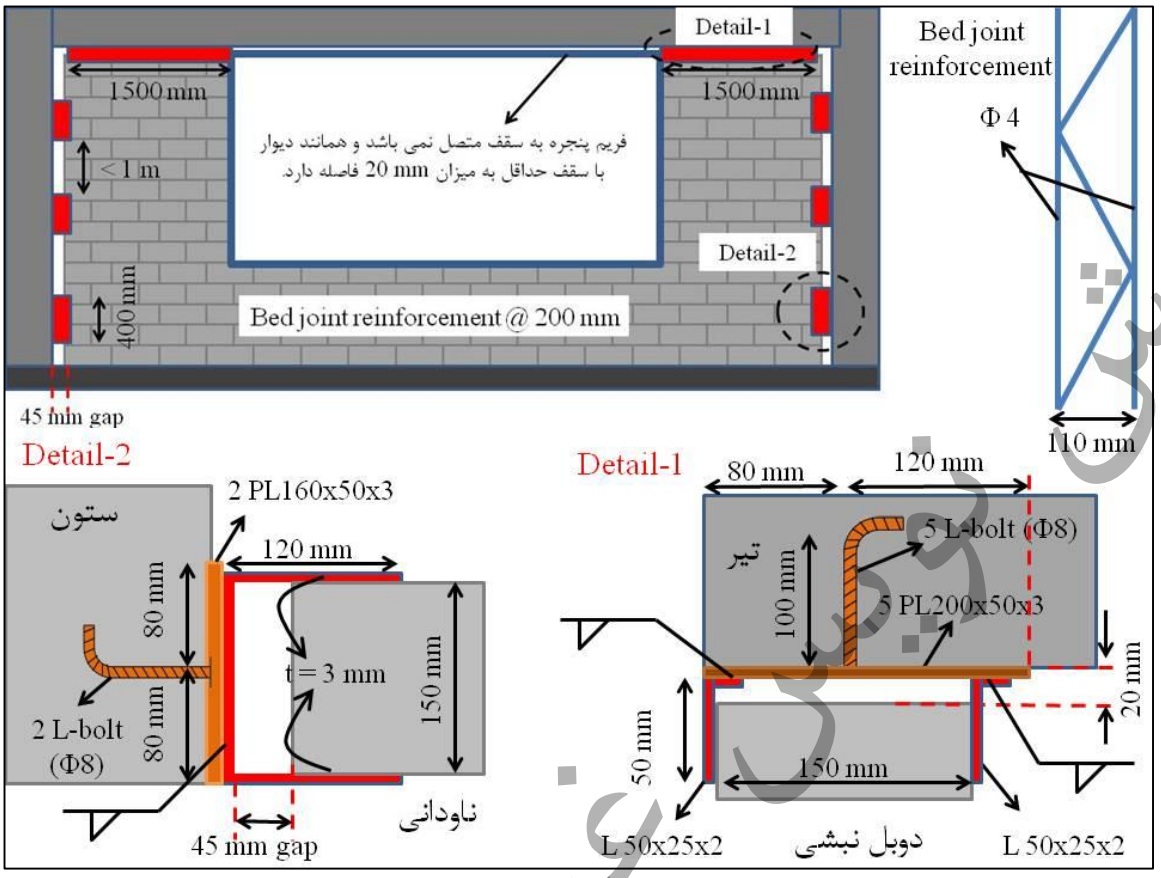
با توجه به اینکه اتصالات لبه‌های قائم دیوار مشابه دیوارهای شماره ۱ و ۲ می باشند، لذا انکرهای آنها نیز مشابه خواهند بود. برای انکرهای اتصال دیوار به تیر سقف مطابق جدول (پ-۳-۴) با فرض مقاومت بتن 20 MPa (پهنای ورق 50 mm و ضخامت 2 mm) به ۳ عدد انکر L- شکل به قطر 8 mm نیاز است (در هر متر از طول اتصال). با توجه به اینکه اتصال دیوار به سقف از دوبل نبشی با طول 1.5 m می‌باشد لذا برای هر یک از دوبل نبشی ها به ۴/۵ عدد انکر یا به عبارتی به ۵ عدد انکر L-شکل به قطر 8 mm و عمق نفوذ 100 mm نیاز است. در صورتی که مقاومت بتن سازه 30 MPa می بود، برای این اتصال تنها به ۳ عدد انکر L- شکل نیاز داشتیم.

جزئیات نهایی دیوار شماره ۳ در شکل (پ-۴-۱۱) نشان داده شده است.

جدول (پ-۴-۵). عکس العمل‌های تکیه گاهی دیوار شماره ۳

	برش تکیه گاهی (kN)		
	برای پانل معادل	برای دیوار اصلی	قطعات اتصال
لبه فوقانی	4.28	8.56	2x(L50x25x2 & L50x25x2) each with L=1500 mm
لبه تحتانی	4.28	8.56	-
لبه قائم سمت چپ	2.85	2.85	3x(U120x150x3) each with L=400 mm
لبه قائم سمت راست	0	2.85	3x(U120x150x3) each with L=400 mm

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۴-۱۱. جزئیات نهایی دیوار شماره ۳- فریم پنجره با روش‌های متداول به دیوار متصل می‌شود.

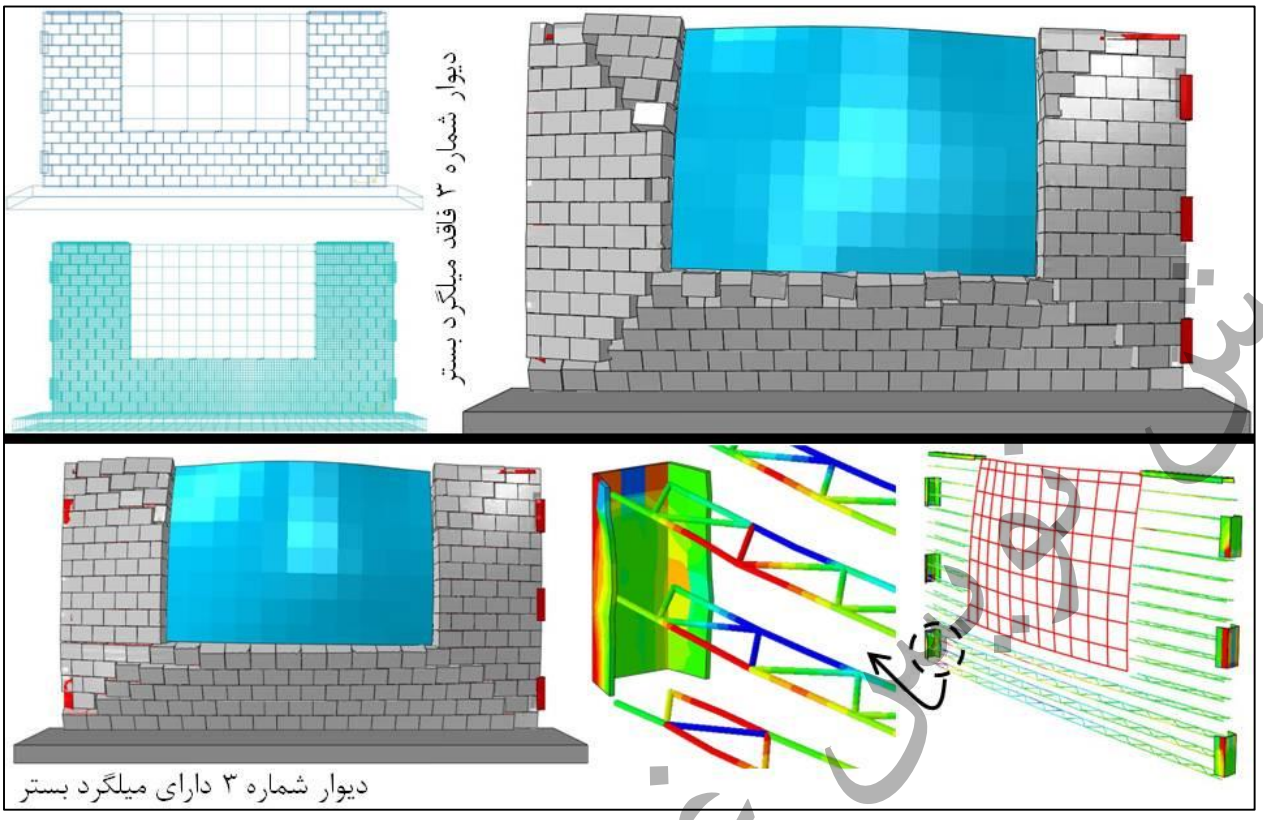
بررسی صحت طراحی دیوار شماره ۳ با استفاده از شبیه سازی المان محدود

دیوار شماره ۳ نیز به صورت المان محدود مدل شده و رفتار خارج از صفحه آن بررسی شده است. همچنین برای مقایسه، رفتار این دیوار در حالت بدون میلگرد بستر نیز در تحلیل‌های جداگانه‌ای بررسی شده است. نتایج در جدول (پ-۴-۶) و شکل (پ-۴-۱۲) نشان داده شده است.

جدول (پ-۴-۶). فشارنهایی دیوار و عکس العمل‌های تکیه گاهی متناظر با فشار نهایی دیوار شماره ۳

	فشار نهایی دیوار بدون ضریب کاهش مقاومت (kPa)		عکس العمل تکیه گاهی لبه فوقانی (kN)		عکس العمل تکیه گاهی لبه قائم سمت چپ (kN)	
	ضابطه ۷۲۹	Abaqus	ضابطه ۷۲۹	Abaqus	ضابطه ۷۲۹	Abaqus
دیوار فاقد میلگرد بستر	0.97	0.89	6.5	6.5	2.2	2.7
دیوار دارای میلگرد بستر (در تمام رجهای دیوار)	1.31	1.38	8.8	9.5	2.9	3.5

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۴-۱۲. نحوه فروریزش دیوار شماره ۳ با و بدون میلگرد بستر(به منظور نمایش بهتر ترک ها در تغییرشکل دیوار بزرگنمایی شده است لذا در برخی لبه ها اتصالات در شکل مشخص نیستند)

پ-۴-۴- طراحی دیوار شماره ۴

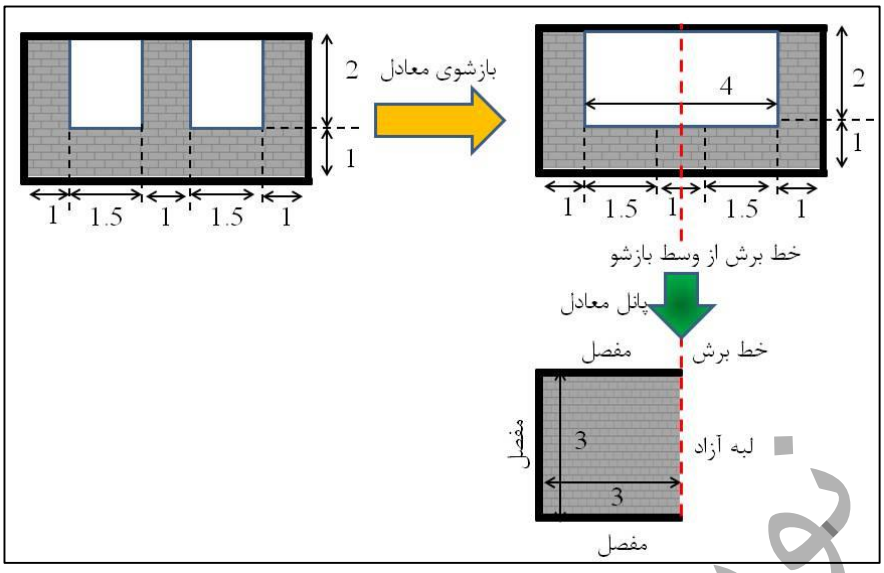
مرحله ۱: تعیین تقاضا (نیرو)ی وارده بر دیوار:

مشابه دیوارهای شماره ۱ و ۲ و۳، تقاضای وارده بر دیوار $1.27\ kN/m^2$ می‌باشد.

مرحله ۲: تعیین ظرفیت دیوار:

با توجه به اینکه دیوار شماره ۴ دارای دو بازشو در طول آزاد خود است، لذا مطابق ضابطه ۷۲۹ ابتدا یک بازشوی معادل برای دیوار تعریف شده، سپس پانل معادل ساخته می‌شود. این کار در شکل (پ-۴-۱۳) انجام شده است. مشاهده می‌شود که پانل معادل بدست آمده دارای شرایط مرزی از نوع J (سه طرف مفصل و یک لبه قائم آزاد) و ارتفاع و طول 3 m می‌باشد. لذا از نظر ضابطه ۷۲۹ دیوار شماره ۴ نیز مشابه دیوارهای شماره ۳ و ۲ است و می‌توان از جزئیات بدست آمده برای آن دیوارها، در دیوار شماره ۴ نیز استفاده نمود. درنتیجه برای این دیوار نیز مطابق دیوارهای شماره ۲ و ۳ از میلگردهای بستری با پهنای 110 mm و قطر مفتول 4 mm در تمام رج‌های دیوار استفاده می‌شود.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۴-۱۳. نحوه ساخت بازشوی معادل و پانل معادل برای دیوار شماره ۴.

مرحله ۳: مقایسه تقاضا با ظرفیت

همانند دیوارهای شماره ۲ و ۳، در دیوار شماره ۴ نیز نسبت تقاضا به ظرفیت برابر 1.07 است که با کمی اغماض پذیرفته می‌شود.

مرحله ۴: طراحی اتصالات دیوار

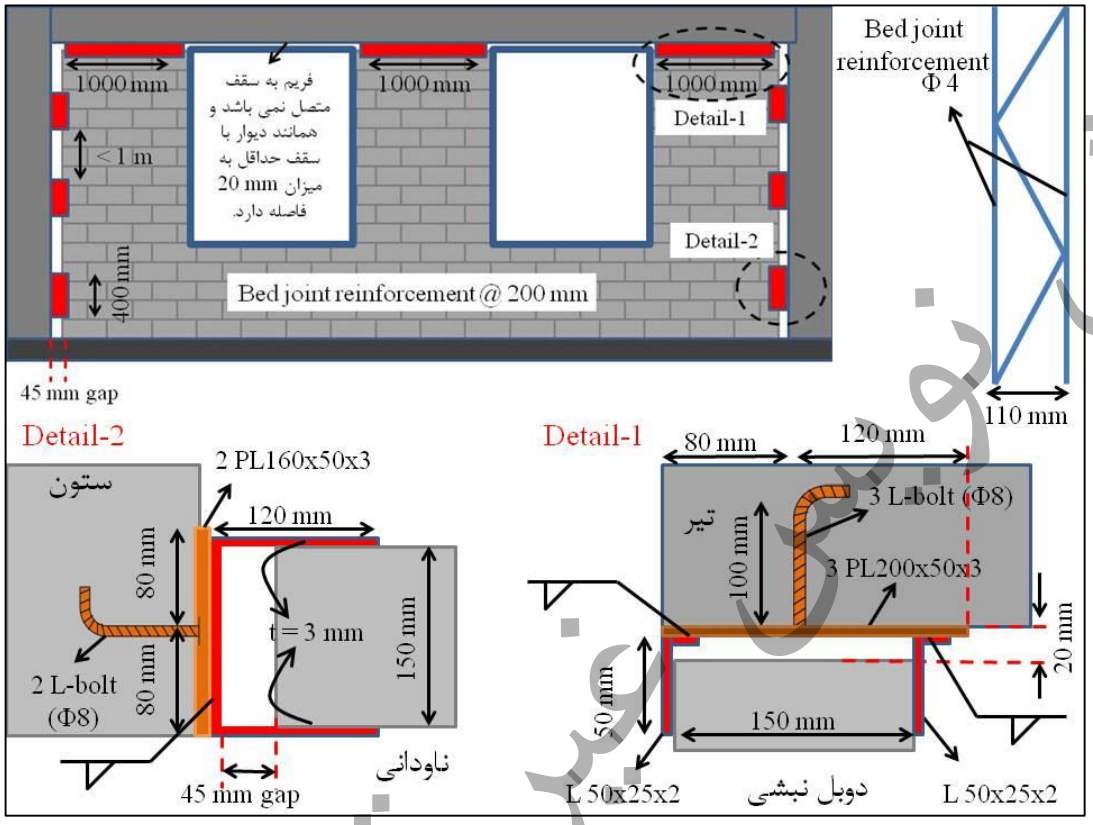
از اپلیکیشن مقادیر برش تکیه گاهی برای دیوار شماره ۴ بدست می آید. از آنجایی که پانل معادل این دیوار و دیوارهای شماره ۲ و ۳ یکسان بوده و تقاضای وارده بر هر دو دیوار نیز یکسان است، لذا برش‌های تکیه گاهی آنها نیز با یکدیگر برابر هستند. تنها تفاوت در این است که برای لبه فوقانی در دیوار شماره ۴ از سه عدد دوبل نبشی که هر یک دارای طول 1 m هستند استفاده می‌شود. انکرهای مورد نیاز برای اتصالات ناودانی لبه‌های قائم دیوار مشابه دیوارهای ۲ و ۳ بوده و برای لبه فوقانی دیوار (با فرض مقاومت بتن 20 MPa) مطابق جدول (پ-۳-۴) باید از ۳ عدد انکر L-شکل با قطر 8 mm و عمق نفوذ 100 mm در هر متر از اتصال استفاده نمود (پهنای بال اتصال 50 mm و ضخامت آن 2 mm است). از آنجایی که طول هر یک از قطعات اتصال لبه فوقانی نیز 1 m می‌باشد، لذا برای هر قطعه اتصال از ۳ عدد انکر استفاده می‌شود. در صورتی که مقاومت بتن تیر 30 MPa می بود، برای این اتصال تنها ۲ عدد انکر کافی می‌بود. جزئیات نهایی دیوار شماره ۴ در شکل (پ-۴-۱۴) نشان داده شده است.

جدول (پ-۴-۷). عکس العمل‌های تکیه گاهی دیوار شماره ۳

	برش تکیه گاهی (kN)		
	برای پانل معادل	برای دیوار اصلی	قطعات اتصال
لبه فوقانی	4.28	8.56	3x(L50x25x2 & L50x25x2) each with L=1000 mm
لبه تحتانی	4.28	8.56	-
لبه قائم سمت چپ	2.85	2.85	3x(U120x150x3) each with L=400 mm
لبه قائم سمت راست	0	2.85	3x(U120x150x3)

پیش نویس غیر قابل استناد

each with L=400 mm



شکل پ-۴-۱۴. جزئیات نهایی دیوار شماره ۴- فریم پنجره با روش‌های متداول به دیوار متصل می‌گردد

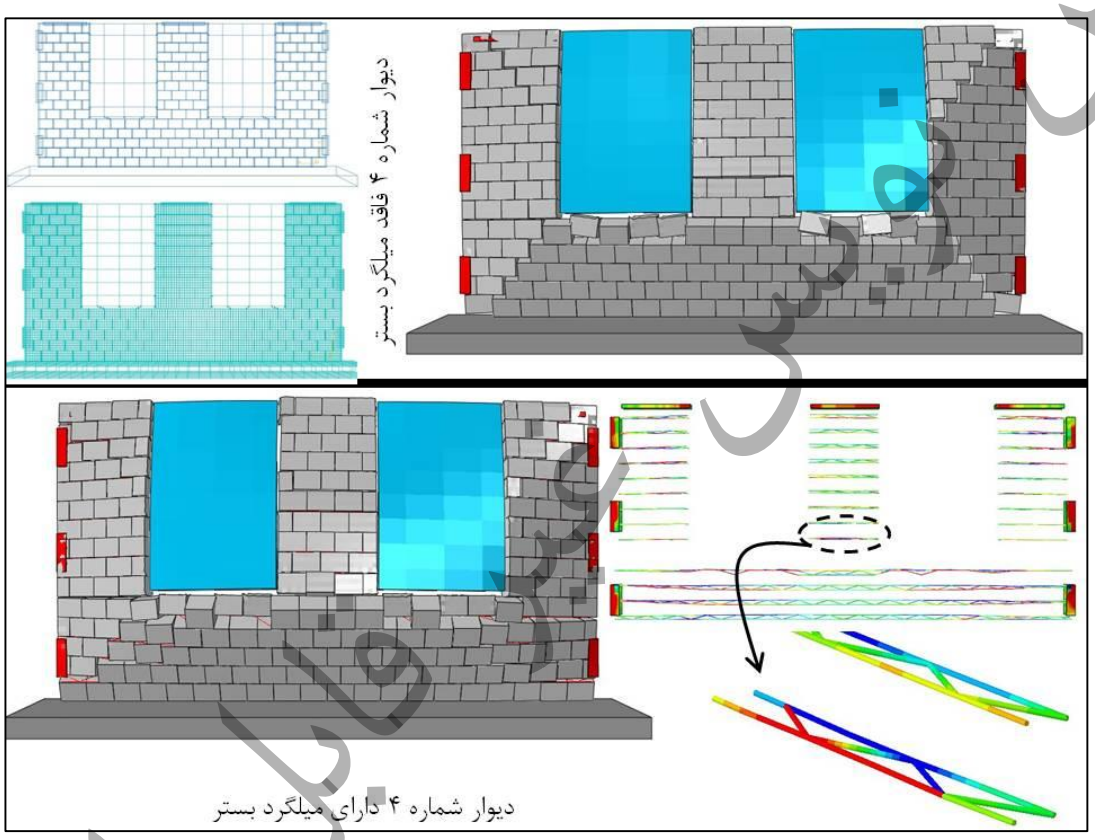
بررسی صحت طراحی دیوار شماره ۴ با استفاده از شبیه سازی المان محدود

مشابه سه دیوار قبلی، دیوار شماره ۴ نیز به صورت المان محدود مدل شده است تا بدین ترتیب دید روشن تری از چگونگی رفتار آن بدست آید. همچنین برای مقایسه، رفتار دیوار در دو حالت با و بدون میلگرد بستر بررسی شده است. نتایج در جدول (پ-۴-۸) و شکل (پ-۴-۱۵) نشان داده شده است. براساس شکل (پ-۴-۱۵) حتی در بخش بنایی مابین دو بازشو، تنش‌های قابل توجهی در میلگردهای بستر ایجاد شده است. با وجود اینکه این قسمت از دیوار طول کمی دارد، ولی به واسطه اتصال فریم بازشو به دیوار، در این قسمت از دیوار (مابین دو بازشو) نیز تا حدی خمش افقی رخ می دهد. به همین دلیل است که استفاده از بازشوهای فاقد فریم متصل شده به دیوار، مجاز نمی‌باشد. چراکه حضور فریم در بازشو منجر به بهبود توزیع تقاضا بر روی دیوار شده و از بروز فروریزش موضعی در دیوار جلوگیری می‌کند. تاثیر حضور میلگردهای بستر در بهبود رفتار خارج از صفحه دیوار شماره ۴ در شکل (پ-۴-۱۶) به شکل واضح تری نشان داده شده است.

پیش نویس غیر قابل استناد

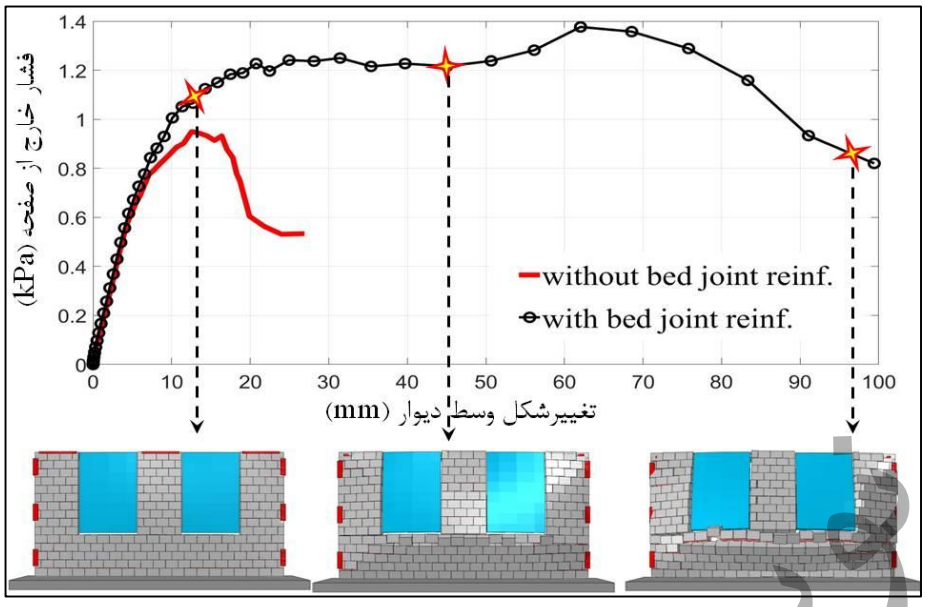
جدول (پ-۴-۸). فشارنهایی دیوار و عکس العمل‌های تکیه گاهی متناظر با فشار نهایی دیوار شماره ۴

	فشار نهایی دیوار بدون ضریب کاهش مقاومت (kPa)		عکس العمل تکیه گاهی لبه فوقانی (kN)		عکس العمل تکیه گاهی لبه قائم سمت چپ (kN)	
	ضابطه ۷۲۹	Abaqus	ضابطه ۷۲۹	Abaqus	ضابطه ۷۲۹	Abaqus
دیوار فاقد میلگرد بستر	0.97	0.95	6.5	7.2	2.2	2.7
دیوار دارای میلگرد بستر (در تمام رجهای دیوار)	1.31	1.38	8.8	8.9	2.9	4



شکل پ-۴-۱۵. نحوه فروریزش دیوار شماره ۴ با و بدون میلگرد بستر(به منظور نمایش بهتر ترک ها در تغییرشکل دیوار بزرگنمایی شده است لذا در برخی لبه ها اتصالات در شکل مشخص نیستند)

پیش نویس غیرقابل استناد

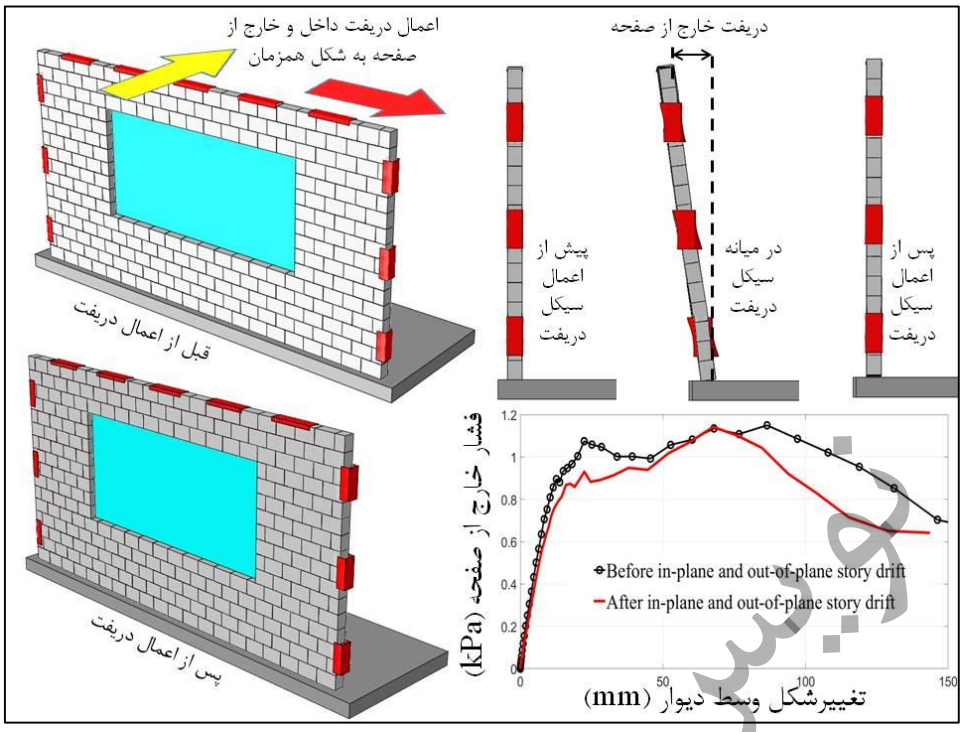


شکل پ-۴-۱۶. مقایسه رفتار خارج از صفحه دیوار شماره ۴ با و بدون میلگرد بستر-منحنی ها smooth شده اند.

پ-۴-۵- اثر دریفت خارج از صفحه بر ظرفیت دیوار

در این قسمت در خصوص تاثیر دریفت خارج از صفحه بر ظرفیت خمش خارج از صفحه دیوار بحث شده است. همانطور که پیشتر بدان اشاره گردید، اتصالات دیوار به سازه به نحوی می‌باشد که دریفت سازه در امتداد داخل صفحه به دیوار منتقل نگردد. لیکن این اتصالات دریفت سازه در امتداد خارج از صفحه دیوار را به دیوار منتقل می‌کنند. پرسش اینجاست که آیا دریفت خارج از صفحه برای دیوار مخرب نیست؟ این بحث در دو حالت برای دیوار شماره ۲ بررسی شده است. بر روی این دیوار نیم سیکل دریفت داخل و خارج از صفحه به شکل هم زمان اعمال شده و سپس فشاری خارج از صفحه به صورت افزایشی به دیوار اعمال شده است تا دیوار فرو بریزد. مقدار دریفت اعمالی در هر دو امتداد برابر 1.5% معادل 45 mm بوده است. مطابق شکل (پ-۴-۱۷)، نتایج نشان می دهد اعمال دریفت خارج از صفحه مقدار اندکی منجر به کاهش ظرفیت مقاومتی و شکل پذیری دیوار می‌گردد. لیکن این مقدار بسیار ناچیز بوده و قابل صرفنظر می‌باشد. شایان ذکر است که این نتایج برای دیوار دارای میلگرد بستر است. با توجه به اینکه کلیه دیوارها طبق ضابطه ۷۲۹ باید مسلح به میلگرد بستر باشند، تاثیر دریفت خارج از صفحه بر دیوارهای غیرمسلح بررسی نشده است. لیکن انتظار می رود برای دیوارهای غیرمسلح دریفت خارج از صفحه تاثیر مخرب تری داشته و لزوما قابل صرفنظر نباشد.

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۴-۱۷. تاثیر دریفت خارج از صفحه بر عملکرد دیوار-منحنی ها smooth شده اند

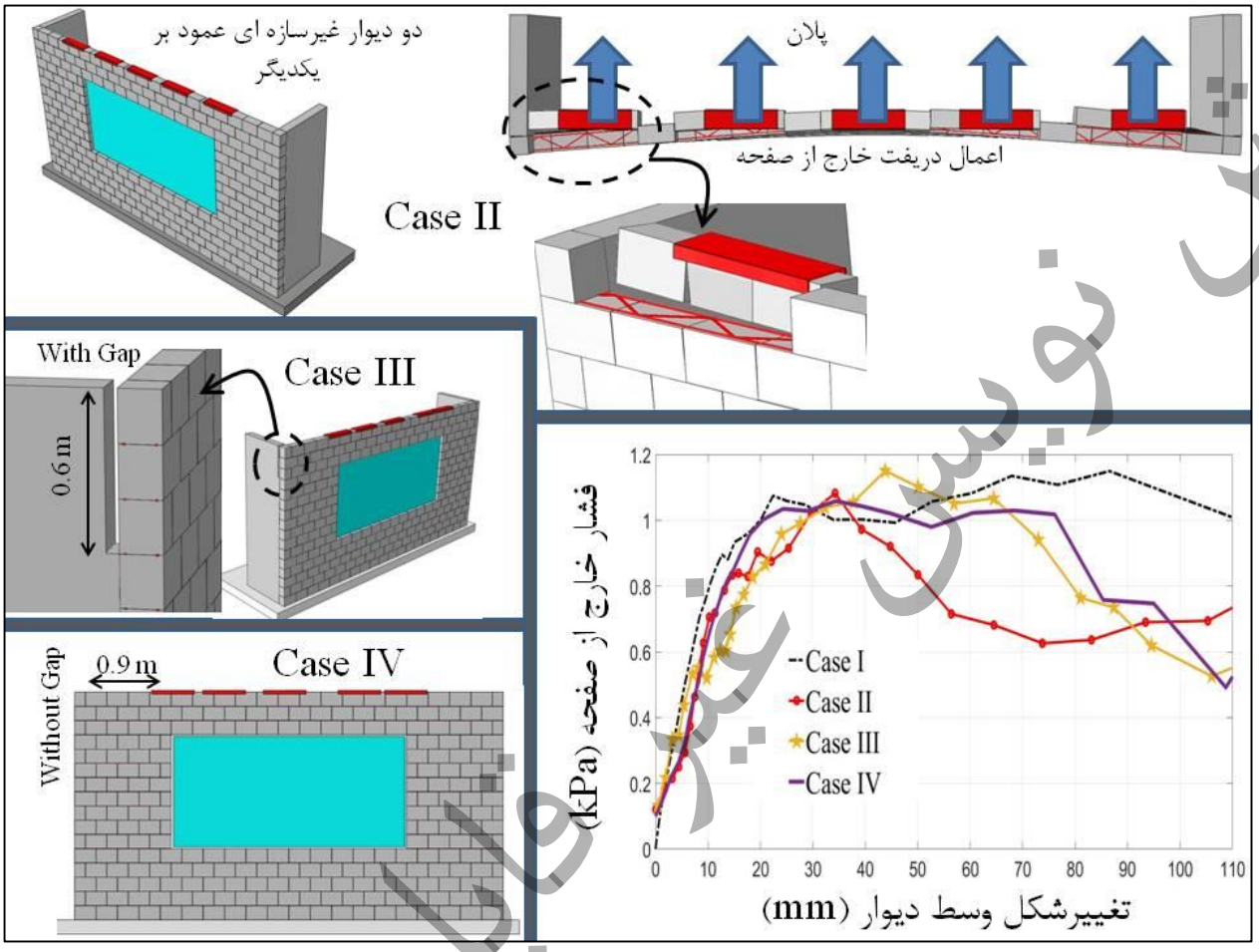
پ-۴-۶- اثر دریفت خارج از صفحه در محل اتصال دو دیوار غیرسازه‌ای عمود بر یکدیگر

در بسیاری از موارد دو دیوار غیرسازه‌ای بر یکدیگر عمود شده یا دیواری بر یک دیوار ممتد عمود می‌گردد. در این نوع اتصال، هنگامی که دیوار تحت دریفت خارج از صفحه قرار میگیرد، لبه‌ای از آن که به دیوار دیگر متصل است، به شکل هماهنگ با مابقی دیوار حرکت نخواهد کرد چراکه دیوار عمود، حرکت این لبه را مقید می کند. این امر می‌تواند منجر به ایجاد آسیب به شکل موضعی در لبه فوقانی یا قائم دیوار شود. این پدیده در شکل (پ-۴-۱۸) نشان داده شده است. در این بخش میزان اهمیت این پدیده بررسی شده است.

مطابق نتایج نشان داده شده در شکل (پ-۴-۱۸)، اگرچه ظرفیت دیوار و نیز شکل پذیری آن اندکی کاهش می یابد، لیکن اثر این پدیده قابل صرفنظر می‌باشد. برای بهبود عملکرد دیوار می‌توان در بخش فوقانی لبه قائمی که دو دیوار به یکدیگر عمود شده‌اند، فاصله‌ای به مقدار دریفت طبقه ایجاد نمود (حالت III در شکل). راهکار دیگر افزایش فاصله اتصال لبه فوقانی دیوار به سقف نسبت به محل تقاطع دو دیوار می‌باشد (حالت IV در شکل). در شکل (پ-۴-۱۸) حالت I ظرفیت دیوار بدون درنظر گرفتن دریفت خارج از صفحه را نشان می دهد. در حالت II بدون هیچ تغییری در نحوه اتصال دو دیوار، اثر دریفت خارج از صفحه بر ظرفیت دیوار نشان داده شده است. حالات III و IV نیز دو راهکار برای کاهش اثر منفی ناشی از وجود دیوار عمود را بررسی نموده است. مشخص است که راهکارهای پیشنهادی اگرچه تا حدی منجر به بهبود شکل پذیری دیوار می شوند، لیکن اعمال آنها از نظر اجرایی دشواری‌هایی به همراه داشته و نیز اثرشان چندان

پیش نویس غیر قابل استناد

چشمگیر نمی‌باشد. لذا برای دیوارهای متعامد تنها افزایش فاصله اتصال دیوار به سقف نسبت به دیوار عمود (حالت IV) قابل توصیه می‌باشد.



شکل پ-۴-۱۸. تاثیر جزئیات اتصال دو دیوار عمود بر هم در رفتار خارج از صفحه آنها

پ-۴-۷- جمع بندی مثال‌های مشروح

در پیوست حاضر، ۴ دیوار مختلف مورد بررسی قرار گرفته شد. نتایج بدست آمده از این بخش در جدول (پ-۴-۹) خلاصه شده است. همچنین نتایج اصلی به این شرح می باشند:

- اگرچه وجود بازشو منجر به کاهش مقاومت خارج از صفحه دیوار می‌گردد. لیکن تاثیر آن چندان چشمگیر نبوده به طوری که ممکن است حتی بتوان در مواردی اثر بازشو در ظرفیت خارج از صفحه دیوار را نادیده گرفت. این موضوع با نتایج آزمایشگاهی نیز انطباق دارد. با این وجود طبق ضابطه ۷۲۹ اثر بازشو لازم است درنظر گرفته شود.
- هندسه بازشو (در محدوده بررسی شده در این بخش) تاثیر چندانی در ظرفیت خارج از صفحه دیوار ندارد.

پیش نویس غیرقابل استناد

- تخمین مقاومت خارج از صفحه دیوار بر اساس ضابطه ۷۲۹ مطابقت خوبی با نتایج تحلیل‌های المان محدود دارد.
- حضور میلگرد بستر منجر به افزایش قابل توجه در مقاومت و به ویژه شکل پذیری خارج از صفحه دیوار می گردد.
- اثرات دریفت خارج از صفحه دیوار در حالات مختلف بررسی گردید و مشخص شد، دریفت خارج از صفحه اگرچه تا حدی تاثیر منفی بر ظرفیت و شکل‌پذیری دیوار دارد، لیکن تاثیر آن قابل صرفنظر می‌باشد.

جدول (پ-۴-۹) خلاصه نتایج بدست آمده بر اساس فشار نهایی خارج از صفحه دیوارها بر حسب kPa

بدون میلگرد بستر			با میلگرد بستر*	
جزئیات دیوار	ضابطه ۷۲۹	Abaqus	ضابطه ۷۲۹	Abaqus
دیوار شماره ۱	0.96	0.98	1.46	1.72
دیوار شماره ۲	0.97	0.88	1.31	1.28
دیوار شماره ۳	0.97	0.89	1.31	1.38
دیوار شماره ۴	0.97	0.95	1.31	1.38

**میلگردهای بستر در تمام رج‌های دیوار قرار داده شده اند. در دیوار بدون بازشو پهنای میلگرد بستر 55 mm و در سایر موارد 110 mm است.*

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

پیوست ۵

طراحی دیوارهای غیرسازه‌ای یک پروژه مسکونی

در بخش قبل مثالهایی مشروح در خصوص طراحی دیوارهای پیرامونی با بازشوهای مختلف ارائه گردید. لیکن برای طراحی-های متداول نیاز به ارائه انبوهی از اطلاعات (مشابه بخش قبل) در دفترچه محاسبات نمی‌باشد. در این بخش تمام دیوارهای غیرسازه‌ای یک ساختمان مسکونی طراحی شده و با فرمتی مناسب برای قرار گرفتن در دفترچه محاسبات ارائه شده اند. برای طراحی دیوار در کارهای مهندسی نیازی به محاسبات دستی نبوده و می‌توان با استفاده از اپلیکیشن مخصوص طراحی دیوار، این کار را انجام داد. صحت نتایج اپلیکیشن در بخش‌های قبل با نتایج آزمایشگاهی، المان محدود و محاسبات دستی طبق ضابطه ۷۲۹ به تایید رسیده است.

دیوارهای غیرسازه‌ای ساختمان نشان داده شده در شکل (پ-۵-۱) در این بخش بر اساس اطلاعات زیر طراحی شده اند.

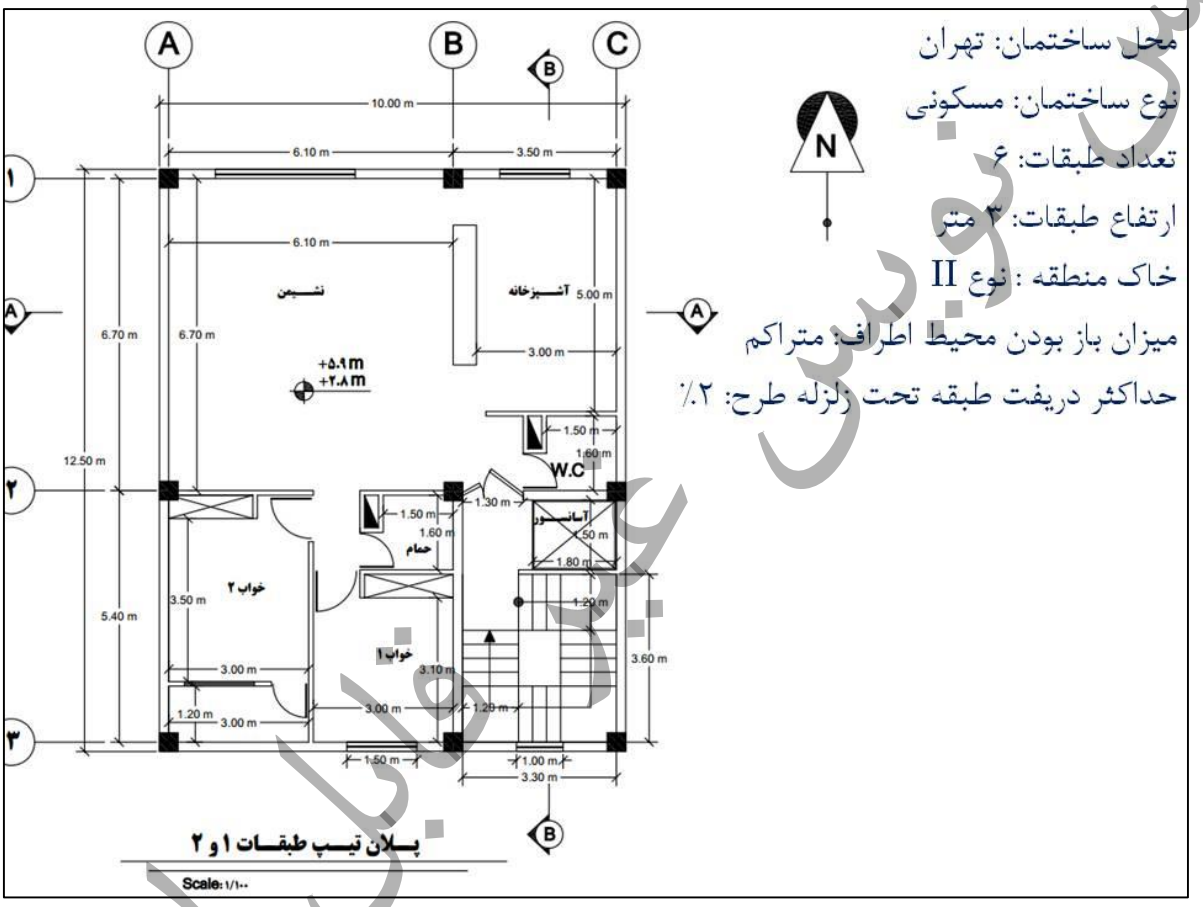
فرضیات طراحی

- دستورالعمل مورد استفاده: ضابطه ۷۲۹
- روند طراحی: با استفاده از اپلیکیشن تحت اکسل ضمیمه ضابطه ۷۲۹
- وزن دیوارهای پیرامونی و جداکننده واحدها 2500 N/m^2 (معادل 250 kg/m^2) و وزن دیوارهای داخلی 1500 N/m^2 (معادل 150 kg/m^2) درنظر گرفته شده است.
- نوع واحدهای بنایی: بلوک‌های سفالی با ضخامت پوسته حداقل 15 mm
- ضخامت دیوارهای پیرامونی و دیوارهای جداکننده واحدها 150 mm و ضخامت مابقی دیوارهای داخلی 100 mm می‌باشد.
- دیوارها بر مبنای بارهای وارده بر دیوارهای آخرین طبقه از ساختمان طراحی شده اند. لذا در جهت اطمینان جزئیات دیوارها در تمام طبقات یکسان درنظر گرفته می‌شود.
- ملات مصرفی از نوع s ساخته شده با سیمان بنایی می‌باشد (۱ حجم سیمان بنایی با مقاومت فشاری حداقل 12.5 MPa و ۳ حجم ماسه با دانه بندی مطابق ضابطه ۷۲۹)
- کلیه بلوک‌های سفالی قبل از استفاده زنجاب شده اند (داخل آب به مدت حداقل ۳۰ دقیقه قرار گرفته اند).
- در جهت اطمینان در مواردی که طول دیوار به شکل آکس به آکس ستون مشخص شده است، از مقدار آکس به آکس ستون به عنوان طول دیوار استفاده می‌شود.
- ارتفاع خالص کلیه دیوارها برابر 2.8 m درنظر گرفته شده است (0.2 m از ارتفاع طبقه مربوط به دال کف فرض شده است).
- در جهت اطمینان کلیه لبه‌های دیوار که دارای تکیه گاه می باشند، به صورت مفصلی درنظر گرفته شده اند. بدیهی است لبه‌های آزاد دیوار به صورت آزاد درنظر گرفته می‌شوند.
- با توجه به روند بلوک چینی متداول در کشور، فرض می‌شود بندهای قائم خالی از ملات باشند.
- میلگردهای بستر تحت نام BJR-X-XX نامگذاری شده‌اند که در آن X قطر مفتول طولی میلگرد بستر بر حسب میلیمتر و XX پهنای میلگرد بستر بر حسب میلمتر است. به عنوان مثال BJR-4-55 به معنی میلگرد

پیش نویس غیر قابل استناد

بستری با قطر مفتول 4 mm و پهنای 55 mm است و BJR-4-110 به معنی میلگرد بستری با قطر مفتول 4 mm و پهنای 110 mm است.

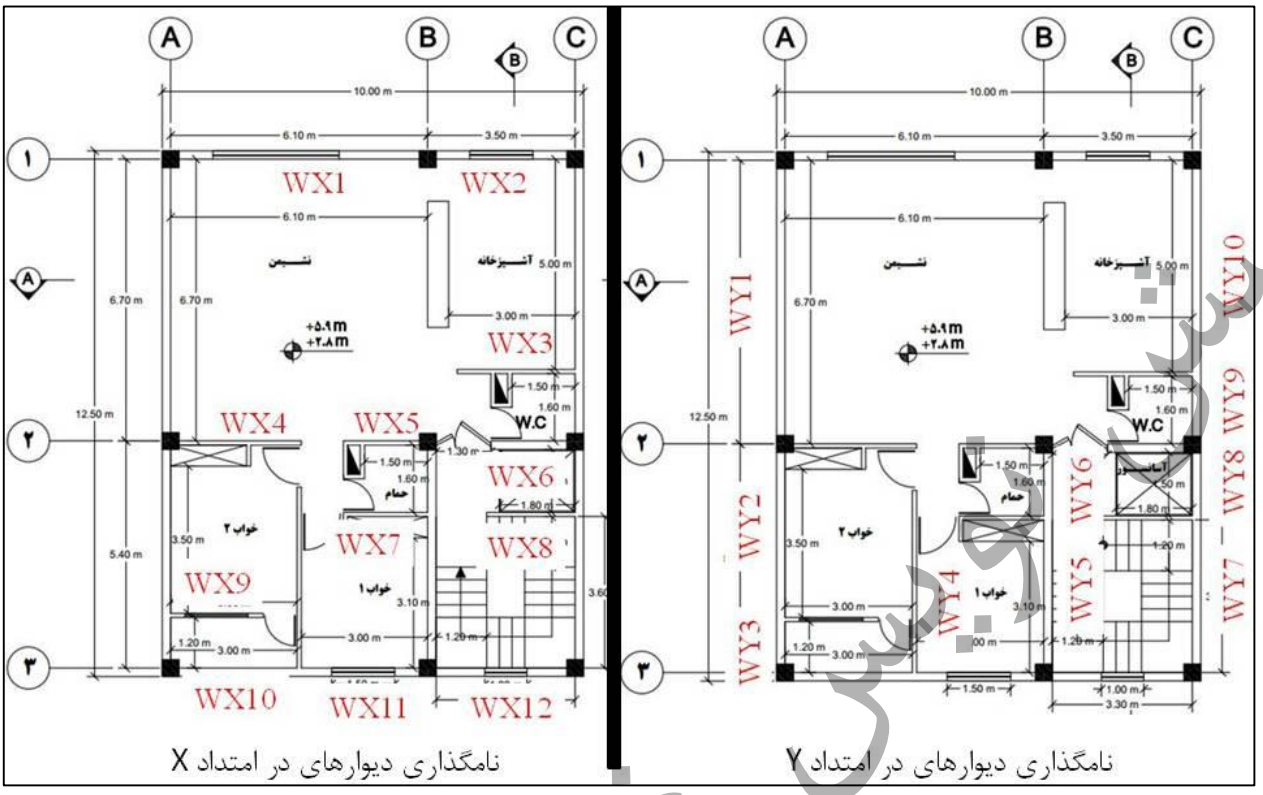
- مهندس طراح موظف است قبل از طراحی از موجود بودن میلگردهای بستر در بازار اطمینان حاصل کند. چراکه میلگردهای بستر تنها با ابعاد مشخصی تولید می شوند.



شکل پ-۵-۱. پلان معماری ساختمان و محل قرارگیری دیوارهای غیرسازه‌ای

به منظور تسهیل در روند ارائه نتایج، دیوارهای در امتداد x تحت نام WX و دیوارهای در امتداد y تحت نام WY مطابق شکل (پ-۵-۲) نام گذاری شده اند.

پیش نویس غیرقابل استناد



شکل پ-۵-۲. نامگذاری دیوارهای غیرسازه‌ای ساختمان

طراحی توسط اپلیکیشن تحت اکسل پیوست ضابطه ۷۲۹ انجام شده است. ورودی‌های اپلیکیشن در جدول (پ-۵-۱) ارائه شده اند. نتایج طراحی دیوارهای امتداد X و نیز نتایج طراحی اتصالات آنها به ترتیب در جداول (پ-۵-۲) و (پ-۵-۳) ارائه شده است. روند بدست آوردن پانل معادل برای کلیه دیوارهای امتداد X در شکل‌های (پ-۵-۳) تا (پ-۵-۱۱) نشان داده شده است.

جدول (پ-۵-۱). ورودی‌های اپلیکیشن تحت اکسل

ورودی ها	مقدار/ نوع
ارتفاع سازه	18 m
شتاب مبنای زلزله (A)	0.35
خطرپذیری لرزه‌ای (S)	1.5
سرعت مبنای باد	100
میزان باز بودن اطراف ساختمان	محیط متراکم
دیوار داخلی است یا پیرامونی؟	بسته به نوع دیوار "پیرامونی" یا "داخلی"
ضریب اهمیت دیوار	1
جنس واحد بنایی	سفالی
نوع واحد بنایی	توخالی
ضخامت دیوار	بسته به نوع دیوار 100 mm یا 150 mm
وزن دیوار	بسته به نوع دیوار 2500 N/m^2 یا 1500 N/m^2
ارتفاع پانل دیوار	2.8 m

پیش‌نویس غیرقابل استناد

طول پانل دیوار	بسته به نوع دیوار (در خصوص دیوارهای دارای بازشو، طول پانل معادل وارد می گردد)
نوع ملات	از نوع N ساخته شده با سیمان بنایی با مقاومت فشاری حداقل 12.5 MPa
وجود ملات در بندهای قائم؟	خیر
ضخامت پوسته	15 mm
مجهز به میلگرد بستر؟	بله
قطر مفتول طولی میلگرد بستر	4 mm
فواصل میلگردهای بستر	بسته به نوع دیوار با ضرایبی از ارتفاع بلوک ها (در این مثال 200 mm یا 400 mm)
پهنای میلگرد بستر	55 mm یا 110 mm
مقاومت تسلیم فولاد میلگرد بستر	450 MPa
شرایط تکیه گاهی دیوار	بسته به نوع دیوار (در اغلب موارد E یا J)

جدول (پ-۵-۲). طراحی دیوارهای در امتداد X

نام	نوع	شرایط مرزی	طول دیوار/ پانل معادل (m)	ضخامت (mm)	نوع میلگرد بستر	فواصل میلگرد بستر (mm)	تقاضا (kPa)	ظرفیت (kPa)	نسبت تقاضا به ظرفیت
WX1	پیرامونی	J	3.75	150	BJR-4-110	200	1.27	1.16	1.09
WX2	پیرامونی	J	1.75	150	BJR-4-110	400	1.27	1.60	0.79
WX3	داخلی	J	2.75	100	BJR-4-55	400	0.63	0.69	0.92
WX4	داخلی	J	3.1	100	BJR-4-55	400	0.63	0.62	1.01
WX5	داخلی	E	2	100	BJR-4-55	400	0.63	2.89	0.22
WX6	داخلی	J	2.65	150	BJR-4-110	400	1.05	1.18	0.89
WX7	داخلی	J	2.1	100	BJR-4-55	400	0.63	0.83	0.76
WX8	داخلی	J	2.1	100	BJR-4-55	400	0.63	0.83	0.76
WX9	پیرامونی	J	2.55	150	BJR-4-110	400	1.27	1.22	1.04
WX10	پیرامونی	A*	3	150	BJR-4-110	400	1.27	3.38	0.37
WX11	پیرامونی	J	1.5	150	BJR-4-110	400	1.27	1.82	0.70
WX12	پیرامونی	J	1.65	150	BJR-4-110	400	1.27	1.69	0.75

** دیوار WX10 در واقع جان پناه بالکن بوده و ارتفاع آن 1 m می‌باشد.*

در جدول (پ-۵-۳) طراحی اتصالات دیوارهای امتداد X ارائه شده است. در این جدول نیروی تکیه گاهی لبه فوقانی دیوار اصلی نسبت به پانل معادل به میزان نسبت طول دیوار واقعی به طول پانل معادل آن افزایش می یابد. بدیهی است در دیوارهای فاقد بازشو این دو مقدار برابر هستند. همچنین طول و جزئیات دوبل نبشی ها و ناودانی ها بر اساس جدول (پ-۳-۱) بدست آمده اند.

دریفت حداکثر در بحرانی ترین طبقه برابر ۲٪ است. لذا در جهت اطمینان برای سایر طبقات نیز دریفت ۲٪ درنظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است که دریفت تخمینی بر اساس تحلیل‌های خطی (استاتیکی یا طیفی) بدست آمده است و می‌تواند کاملا با دریفت‌های واقعی متفاوت باشد. طبق ضابطه ۷۲۹ به میزان 0.3% دریفت مجاز است به دیوار اعمل شود. در نتیجه میزان فاصله مابین دیوارها و ستون‌های سازه بر اساس دریفت 1.7% و ارتفاع دیوار 2.8 m برابر 48 mm می‌شود. اتصال دیوار به ستون ها با استفاده از ناودانی‌هایی با پهنای بال 125 mm (۲ برابر دریفت به علاوه 30 mm) و ضخامت 2 mm تامین شده اند.

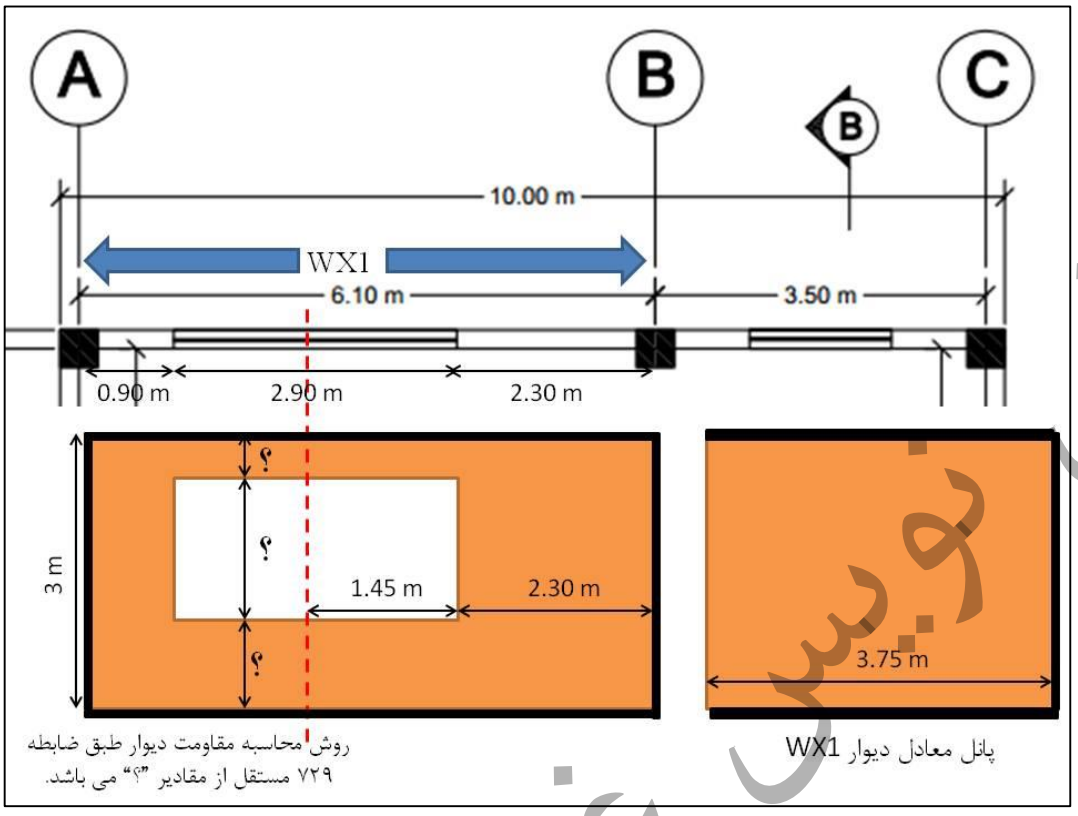
پیش نویس غیر قابل استناد

جدول (پ-۵-۳). اتصالات دیوارهای در امتداد X

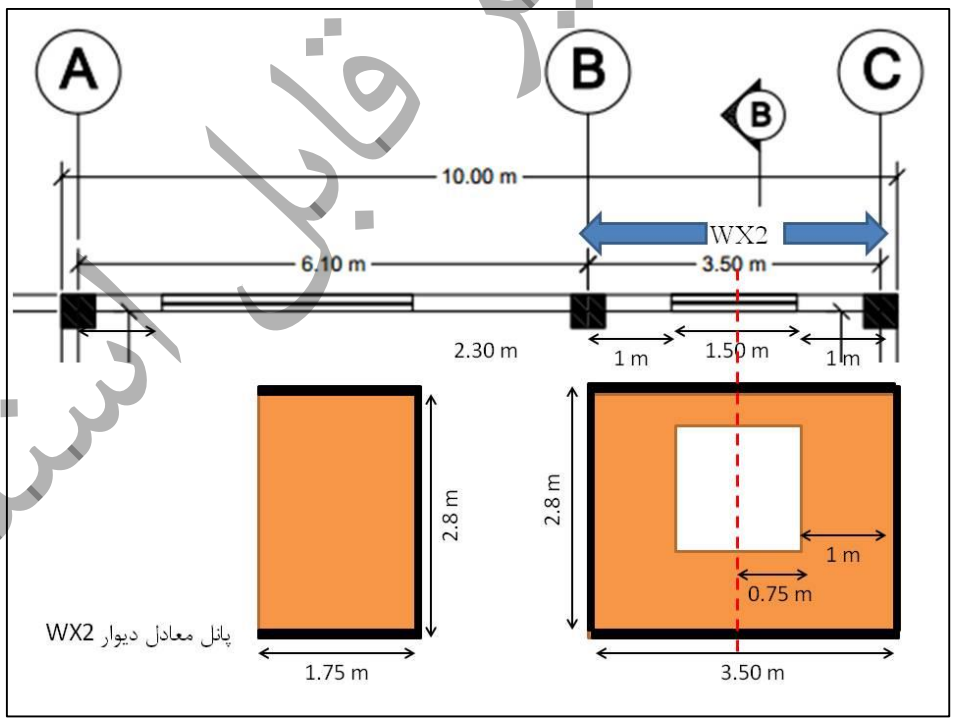
نام	نیروی تکیه گاهی پانل/پانل معادل (kN)		نیروی تکیه گاهی دیوار واقعی (kN)		اتصالات لبه فوقانی	اتصالات لبه قائم*
	لبه فوقانی	لبه قائم	لبه فوقانی	لبه قائم		
WX1	5.4	2.5	8.8	2.5	5x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WX2	1.9	2.5	3.8	2.5	3x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WX3	1.8	1.2	1.8	1.2	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	-
WX4	2.1	1.2	2.1	1.2	2x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x100x2) Each with L= 400 mm
WX5	0.6	1.1	0.6	1.1	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x100x2) Each with L= 400 mm
WX6	2.9	2.1	3.6	2.1	2x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WX7	1.2	1.2	1.7	1.2	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	-
WX8	1.2	1.2	1.2	1.2	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	-
WX9	3.3	2.5	3.9	2.5	3x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	-
WX10	-	0.6	-	0.6	-	1x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WX11	1.4	2.5	2.8	2.5	2x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WX12	1.7	2.5	3.4	2.5	2x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm

**اتصالات مربوط به لبه قائم تنها برای لبه قائمی که به ستون سازه یا دیوار برشی سازه متصل است کاربرد داشته و لبه‌های قائمی که به دیوار غیرسازه‌ای دیگری متصل هستند به اتصالات فلزی نیاز نداشته و دو دیوار مطابق جزئیات تیپ موجود در ضابطه ۷۲۹ به یکدیگر متصل می شوند.*

پیش نویس غیر قابل استناد

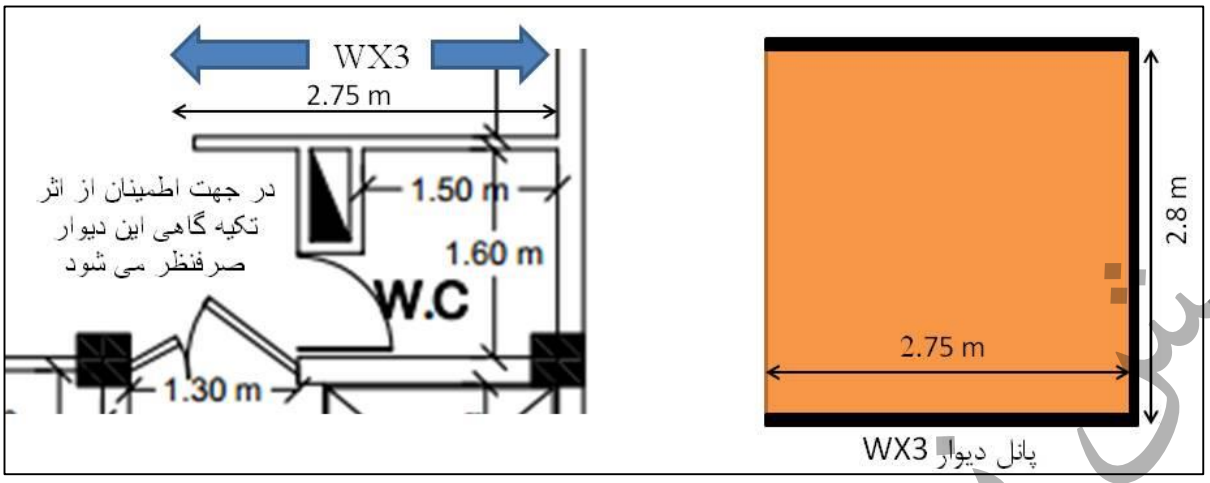


شکل پ-۵-۳. روند تشکیل پانل معادل برای دیوار WX1

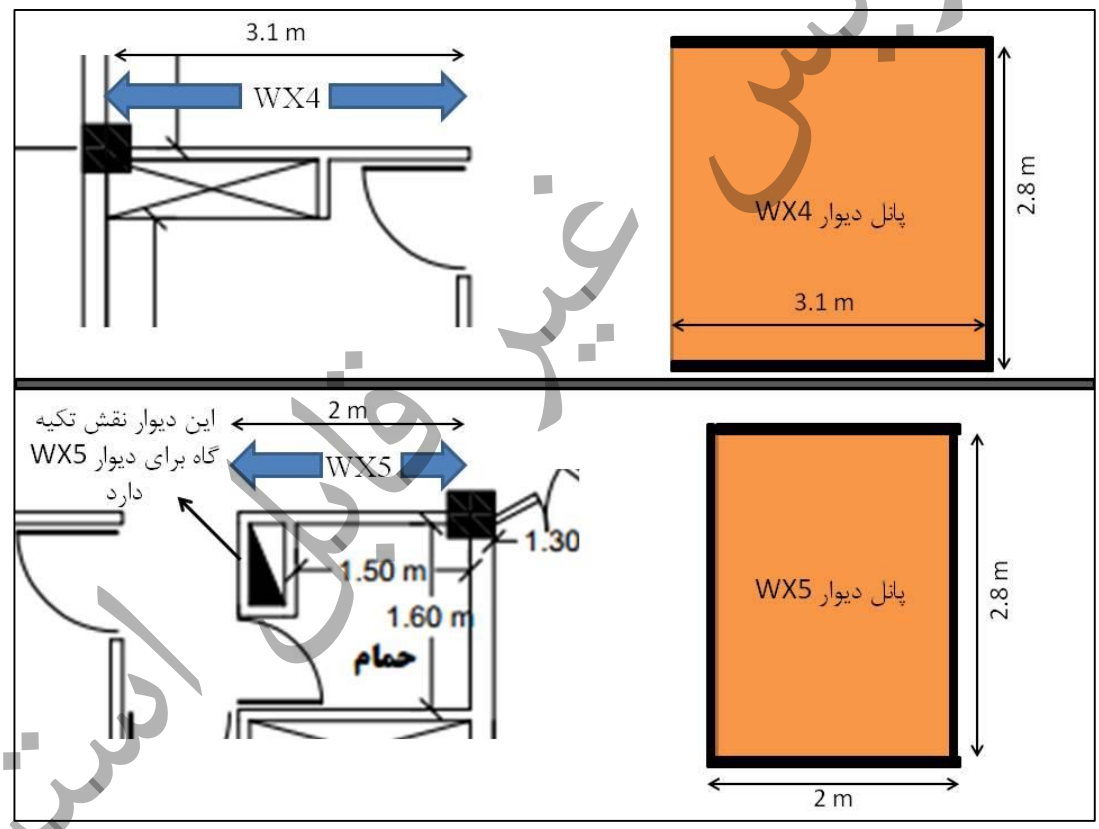


شکل پ-۵-۴. روند تشکیل پانل معادل برای دیوار WX2

پیش نویس غیر قابل استناد

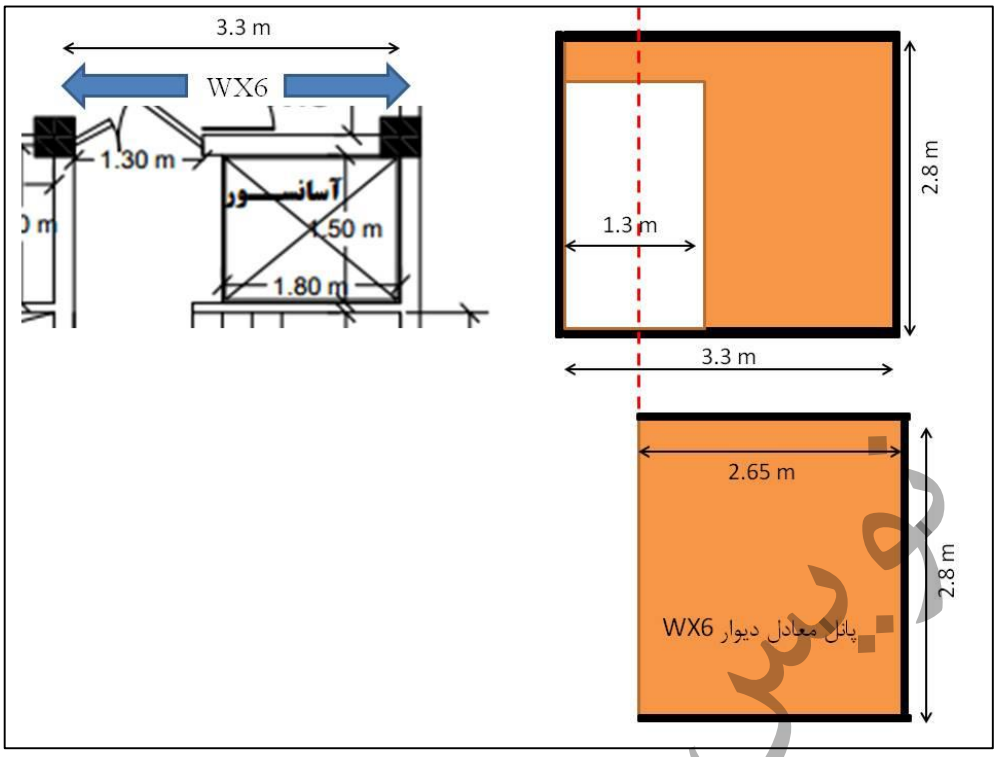


شکل پ-۵-۵. روند تشکیل پانل دیوار WX3

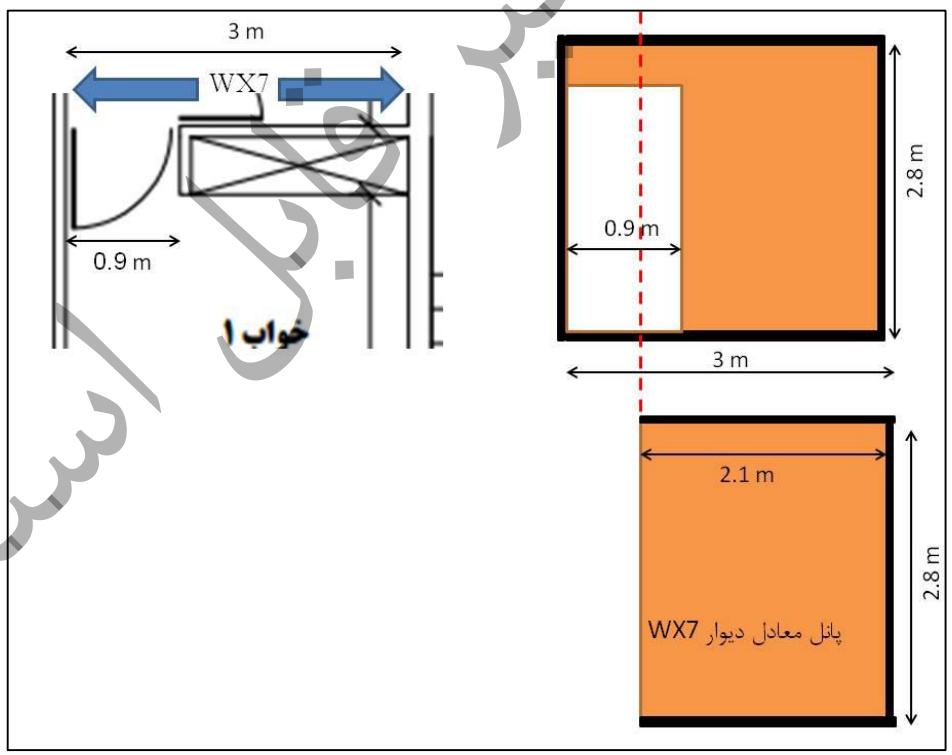


شکل پ-۵-۶. روند تشکیل پانل دیوارهای WX4 و WX5

پیش نویس غیر قابل استناد

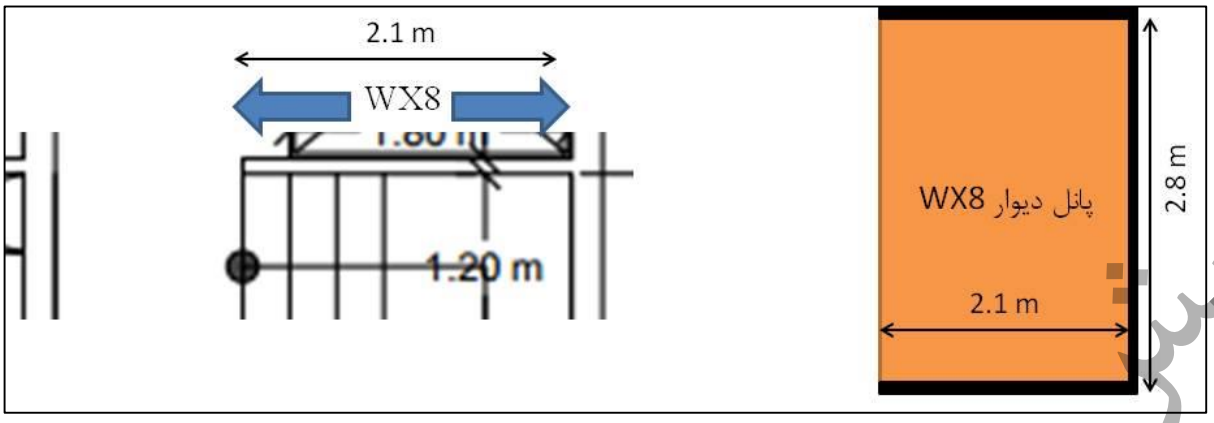


شکل پ-۵-۷. روند تشکیل پانل معادل برای دیوار WX6

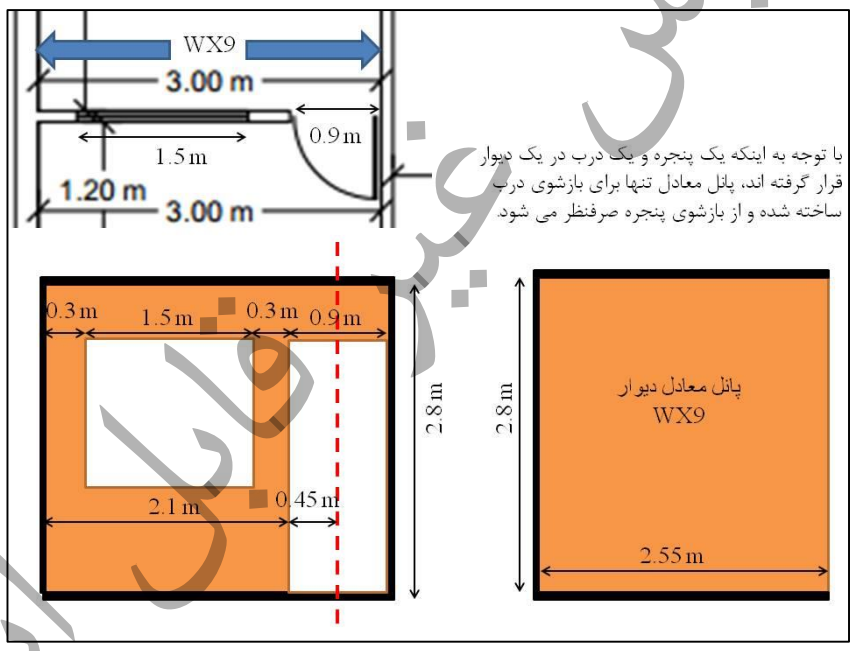


شکل پ-۵-۸. روند تشکیل پانل معادل برای دیوار WX7

پیش نویس غیر قابل استناد

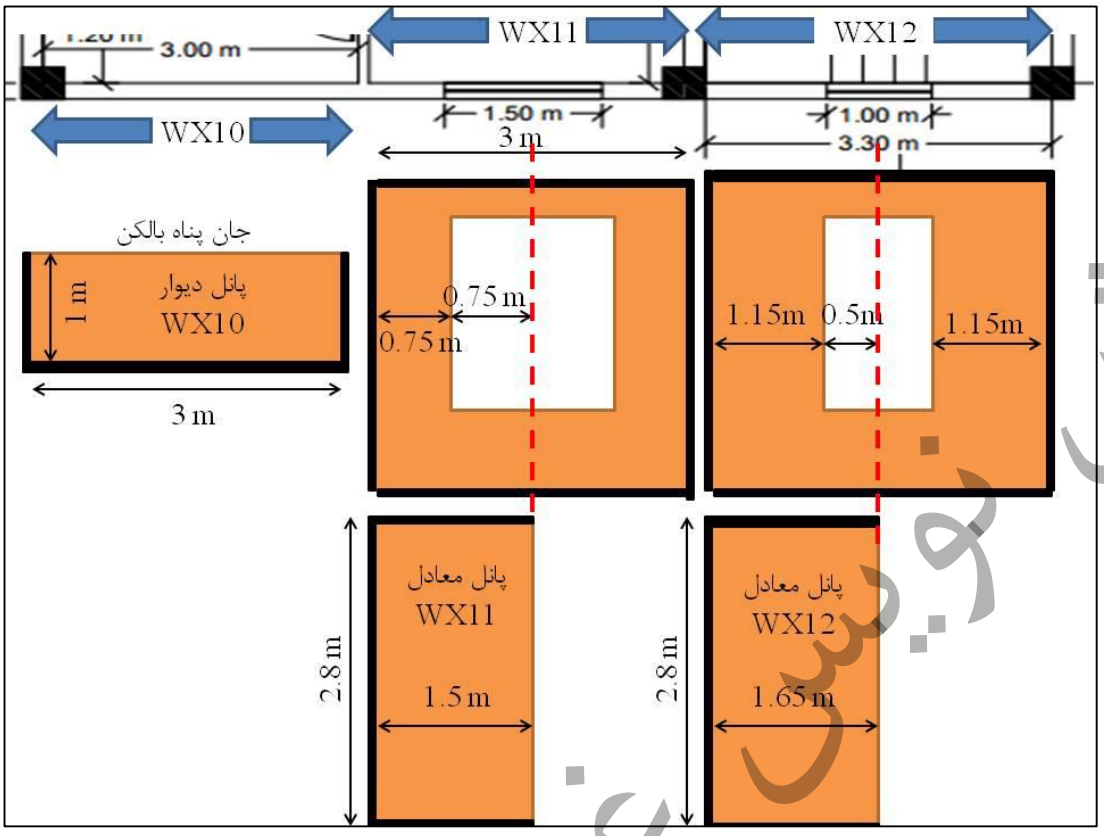


شکل پ-۵-۹. روند تشکیل پانل دیوار WX8



شکل پ-۵-۱۰. روند تشکیل پانل دیوار WX9

پیش نویس غیرقابل استناد



شکل پ-۵-۱۱. روند تشکیل پانل دیوار WX10 و پانل‌های معادل برای دیوارهای WX11 و WX12

مشابه دیوارهای امتداد X، نتایج طراحی دیوارهای امتداد Y به همراه طراحی اتصالات مربوطه در جداول (پ-۵-۴) و (پ-۵-۵) ارائه شده است.

جدول (پ-۵-۴). طراحی دیوارهای در امتداد Y

نام	نوع	شرایط مرزی	طول دیوار/ پانل معادل (m)	ضخامت (mm)	نوع میلگرد بستر	فواصل میلگرد بستر (mm)	تقاضا (kPa)	ظرفیت (kPa)	نسبت تقاضا به ظرفیت
WY1	پیرامونی	E	6.7	150	BJR-4-110	200	1.27	1.49	0.85
WY2	پیرامونی	E	3.5	150	BJR-4-110	400	1.27	2.15	0.59
WY3	پیرامونی	E	1.4	150	BJR-4-110	400	1.27	8.67	0.15
WY4	داخلی	J	4.9	100	BJR-4-55	200	0.63	0.57	1.09
WY5	داخلی	E	3.7	150	BJR-4-110	400	1.05	2.00	0.53
WY6	داخلی	E	1.6	150	BJR-4-110	400	1.05	6.99	0.15
WY7	پیرامونی	E	3.7	150	BJR-4-110	400	1.27	2.00	0.63
WY8	پیرامونی	E	1.6	150	BJR-4-110	400	1.27	6.99	0.18
WY9	پیرامونی	E	1.6	150	BJR-4-110	400	1.27	6.99	0.18
WY10	پیرامونی	E	5.1	150	BJR-4-110	400	1.27	1.39	0.91

پیش نویس غیر قابل استناد

جدول (پ-۵-۳). اتصالات دیوارهای در امتداد Y

نام	نیروی تکیه گاهی پانل/پانل معادل (kN)		نیروی تکیه گاهی دیوار واقعی (kN)		اتصالات لبه فوقانی	اتصالات لبه قائم*
	لبه فوقانی	لبه قائم	لبه فوقانی	لبه قائم		
WY1	9.4	2.5	9.4	2.5	6x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WY2	3.7	2.5	3.7	2.5	3x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WY3	0.6	1.9	0.6	1.9	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WY4	3.7	1.2	4.2	1.2	3x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	-
WY5	3.4	2.1	3.4	2.1	2x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WY6	0.7	1.7	0.7	1.7	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WY7	4.1	2.5	4.1	2.5	3x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WY8	0.8	2	0.8	2	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WY9	0.8	2	0.8	2	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WY10	6.6	2.5	6.6	2.5	4x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm

**اتصالات مربوط به لبه قائم تنها برای لبه قائمی که به ستون سازه یا دیوار برشی سازه متصل است کاربرد داشته و لبه‌های قائمی که به دیوار غیرسازه‌ای دیگری متصل هستند به اتصالات فلزی نیاز نداشته و دو دیوار مطابق جزئیات تیپ موجود در ضابطه ۷۲۹ به یکدیگر متصل می شوند.*

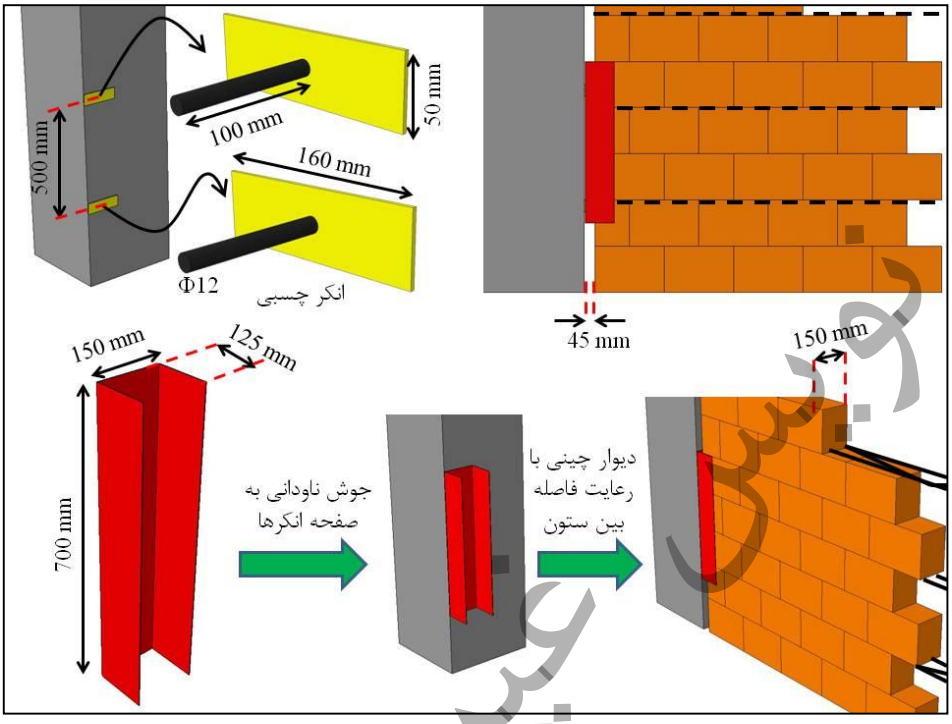
در صورتی که سازه فولادی باشد، قطعات اتصال به ستون و تیر جوش می شوند. طول جوش لازم بر اساس مبحث دهم مقررات ملی قابل تعیین می‌باشد. در صورتی که سازه بتنی باشد و یا در خصوص قطعاتی که به دال سقف یا تیرچه‌های سقف متصل می شوند، لازم است از انکر به منظور اتصال قطعات اتصال به سازه استفاده شود. فرض می‌شود از قبل انکرها در سازه تعبیه نشده اند. لذا از انکرهای چسبی برای این منظور استفاده می‌شود. طراحی انکرهای چسبی مطابق جدول (پ-۳-۵) انجام شده است. تعداد انکرهای مورد نیاز برای هر یک از قطعات اتصال، در جدول (پ-۵-۴) موجود می‌باشد.

جدول (پ-۵-۴). انکرهای چسبی اتصالات

ضخامت دیوار	اتصالات لبه فوقانی دیوار		اتصالات لبه قائم دیوار	
	قطعه اتصال	انکر چسبی	قطعه اتصال	انکر چسبی
150 mm	(L50x25x2 & L50x25x2) L=600 mm	3 Φ12-h_{eff}=100mm 3 PL 200x50x3	(U125x150x2) L= 700 mm	2 Φ12-h_{eff}=100mm 2 PL 160x50x3
100 mm	(L50x25x2 & L50x25x2) L=600 mm	3 Φ12-h_{eff}=100mm 3 PL 200x50x3	(U125x100x2) L= 700 mm	2 Φ12-h_{eff}=100mm 2 PL 110x50x3

به عنوان نمونه روند ساخت اتصال لبه افقی یکی از دیوارهای با ضخامت 150 mm در شکل (پ-۵-۱۲) نشان داده شده است. با توجه به تعداد زیاد دیوارهای غیرسازه‌ای در ساختمان، ارائه نقشه برای تک تک دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای پیشنهاد نمی‌شود و توصیه می‌شود به جای نقشه، نتایج طراحی در قالب جداولی مطابق جدول (پ-۵-۵) ارائه شوند. نتایج بر حسب

نام دیوار ارائه شده است، در نتیجه لازم است نام گذاری دیوارها در قالب نقشه مطابق شکل (پ-۵-۲) ارائه شود. اگرچه ارائه جزئیات تمام دیوارها به صورت نقشه پیشنهاد نمی‌شود، لیکن ارائه نقشه اجرایی برای یک یا دو دیوار به عنوان نمونه می‌تواند به مجری کمک کند. نمونه چنین نقشه‌ای برای دیوار WX1 در شکل (پ-۵-۱۳) نشان داده شده است.



شکل پ-۵-۱۲. روند اتصال لبه قائم دیوارهای با ضخامت 150 mm

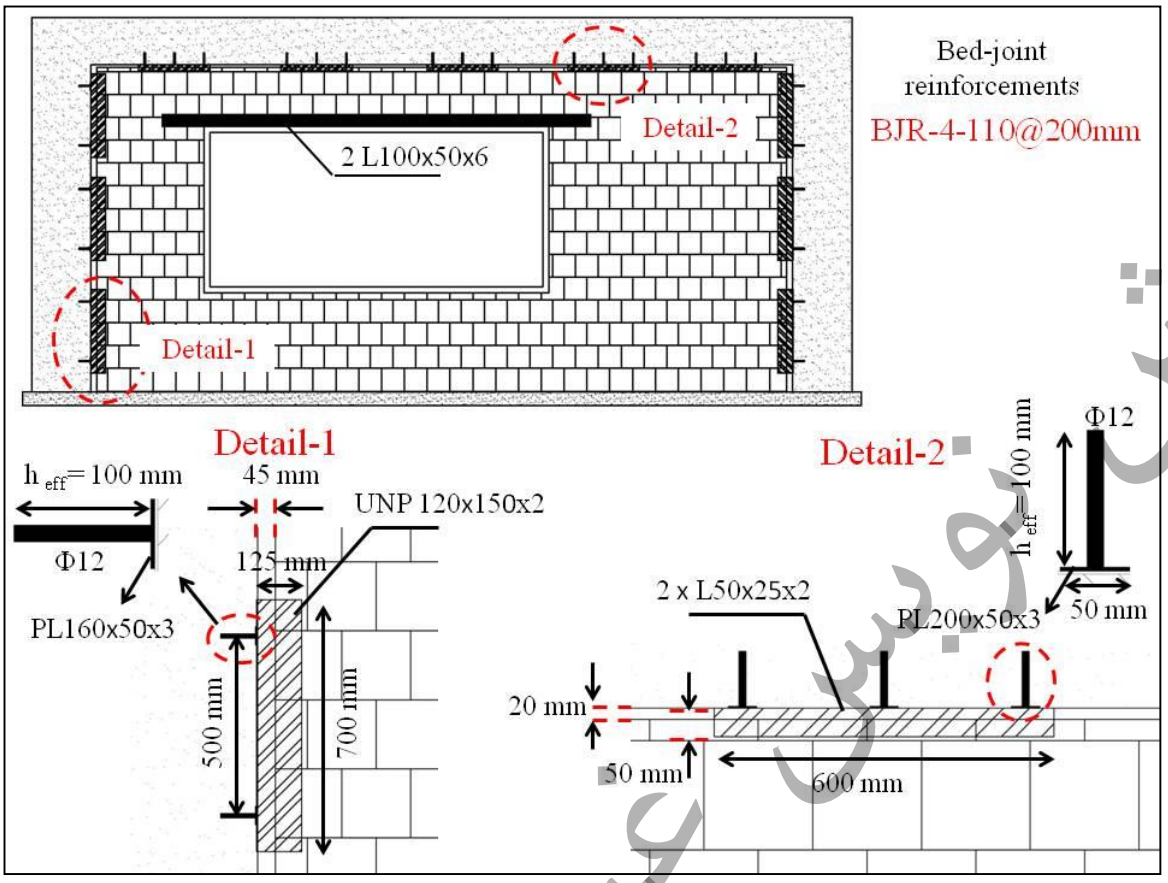
جدول (پ-۵-۵) جزئیات دیوارهای طراحی شده

	ضخامت (mm)	میلگرد بستر	فواصل میلگرد بستر (mm)	اتصال لبه فوقانی	اتصال لبه قائم
دیوارهای امتداد X					
WX1	150	BJR-4-110	200	5x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WX2	150	BJR-4-110	400	3x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WX3	100	BJR-4-55	400	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	-
WX4	100	BJR-4-55	400	2x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x100x2) Each with L= 400 mm
WX5	100	BJR-4-55	400	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x100x2) Each with L= 400 mm
WX6	150	BJR-4-110	400	2x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm
WX7	100	BJR-4-55	400	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	-
WX8	100	BJR-4-55	400	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	-
WX9	150	BJR-4-110	400	3x(L50x25x2 & L50x25x2)	-

پیش نویس غیر قابل استناد

	Each with L=600 mm				
1x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	-	400	BJR-4-110	150	WX10
3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	2x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	400	BJR-4-110	150	WX11
3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	2x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	400	BJR-4-110	150	WX12
دیوارهای امتداد Y					
3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	6x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	200	BJR-4-110	150	WY1
3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	3x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	400	BJR-4-110	150	WY2
3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	400	BJR-4-110	150	WY3
-	3x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	200	BJR-4-55	100	WY4
3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	2x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	400	BJR-4-110	150	WY5
3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	400	BJR-4-110	150	WY6
3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	3x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	400	BJR-4-110	150	WY7
3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	400	BJR-4-110	150	WY8
3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	1x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	400	BJR-4-110	150	WY9
3x (U125x150x2) Each with L= 700 mm	4x(L50x25x2 & L50x25x2) Each with L=600 mm	400	BJR-4-110	150	WY10

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۵-۱۳. جزئیات اجرایی دیوار WX1

بازشوها در این پروژه تا سقف ادامه نیافته و فاصله مابین لبه بالایی بازشو ها تا سقف 0.5 m می‌باشد. لذا لازم است در بازشوها از نعل درگاه استفاده گردد. در این پروژه مطابق جدول (پ-۳-۶) مقطع نعل درگاه‌ها انتخاب شده است. نتایج در جدول (پ-۵-۶) ارائه شده است.

جدول (پ-۵-۶) مقطع نعل درگاه مورد نیاز در بالای بازشوها

نام دیوار	دهانه بازشو (m)	بار روی نعل درگاه (kN/m)	مقطع نعل درگاه
WX1	2.9	1.25	2L100x50x6
WX2	1.5	1.25	2L60X60X4
WX6	1.3	1.25	2L60X60X4
WX7	0.9	0.75	2L30X30X3
WX9	1.5	1.25	2L60X60X4
WX11	1.5	1.25	2L60X60X4
WX12	1	1.25	2L40X40X3
WY4	0.9	0.75	2L30X30X3

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیوست ۶

علائم

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

A	نسبت شتاب مبنای طرح
A_s	سطح مقطع فولاد کششی
B	فاصله میلگردهای بستر در امتداد ارتفاع دیوار
C	محل تار خنثی
c'	فاصله مرکز سطح مقطع موثر دیوار تا دورترین تار کششی
E_m	مدول الاستیک دیوار بنایی
E_{AAC}	مدول الاستیک دیوار با بلوک AAC
f'_{AAC}	مقاومت فشاری دیوار AAC
f'_g	مقاومت فشاری دوغاب
f'_m	مقاومت فشاری دیوار بر اساس سطح مقطع موثر
f_r	مدول گسیختگی دیوار
f_y	مقاومت تسلیم میلگرد
H	ارتفاع خالص دیوار مابین دو تکیه‌گاه
H_t	ارتفاع ساختمان از سطح زمین
h	ضخامت دیوار
I	ضریب اهمیت دیوار
I_g	ممان اینرسی مقطع موثر ترک نخورده دیوار
k_e	ضریب انبساط رطوبتی دیوار
k_m	ضریب جمع شدگی دیوار
k_t	ضریب انبساط حرارتی دیوار
L	طول دیوار
M_{cr}	لنگر خمشی ترک خوردگی دیوار
M_d	مقاومت خمش خارج از صفحه طراحی دیوار
M_n	مقاومت خمش خارج از صفحه اسمی دیوار
M_u	تقاضای خمش خارج از صفحه نهایی وارده بر دیوار
M_{u2}	تقاضای خمش افقی خارج از صفحه دیوار
M_{u1}	تقاضای خمش قائم خارج از صفحه دیوار
s	پارامتر مربوط به خطرپذیری لرزه‌ای
t_s	ضخامت پوسته واحدهای بنایی

پیش نویس غیر قابل استناد

V	سرعت مبنای باد مطابق مبحث ششم مقررات ملی
W	وزن دیوار و قطعات و المان‌هایی که به آن متصل شده‌اند
W_{eq}	فشار لرزه‌ای عمود بر صفحه دیوار در واحد سطح
w_u	فشار خارج از صفحه طراحی دیوار
w_{win}	نیروی ناشی از باد در جهت عمود بر دیوارهای پیرامونی
α_2	ضریب خمش افقی
ε_{mu}	حداکثر کرنش فشاری قابل استفاده در مصالح بنایی
ε_y	کرنش تسلیم فولاد
μ	نسبت اورتوگنال
ρ_{max}	درصدر تسلیحات حداکثر
ϕ	ضریب کاهش مقاومت

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیوست ۷

فهرست واژگان

پیش نویس غیر قابل استناد

xxxxxxx

پیش نویس غیر قابل استناد

فهرست واژگان به ترتیب حروف الفبای فارسی

المان بنایی:

عضوی سازه‌ای یا غیرسازه‌ای است که از ترکیب واحدهای بنایی (آجر یا بلوک) و ملات تشکیل می‌گردد.

بستر تمام ملات:

بند بستری که در آن ملات در تمام سطح مقطع خالص واحد بنایی پخش شده باشد.

بستر پوسته ملات:

بند بستری که در آن ملات تنها بر روی و یا در امتداد دو پوسته خارجی واحد بنایی پخش شده باشد.

بند بستر (افقی):

سطحی افقی مابین دو واحد بنایی در دو ردیف (رج) متوالی.

بند کله (قائم):

سطحی قائم مابین دو واحد بنایی مجاور و هم ردیف.

پوسته:

به دیواره خارجی واحد بنایی توخالی اطلاق می‌شود.

پیوند ممتد:

چیدمانی متداول برای واحدهای بنایی که در آن فاصله بندهای کله در دو ردیف متوالی هم امتداد نبوده و حداقل یک چهارم طول واحد بنایی باشد.

تنگ:

میلگردی U شکل، یا مستطیلی که برای مقاومت در برابر برش و پیچش استفاده می‌شود. از دیگر کاربردهای تنگ می‌توان به محصور کردن هسته بتن و نیز مهار آرماتورهای طولی اشاره کرد.

جان:

به دیواره داخلی واحد بنایی اطلاق می‌شود که معمولا بر پوسته واحد بنایی عمود است.

پیش نویس غیر قابل استناد

دوغاب:

نوعی بتن روان است متشکل از سنگدانه، سیمان و سایر چسباننده‌ها و افزودنی‌ها که معمولا در داخل مصالح بنایی توخالی ریخته می‌شود به طوری که مقاومت و پیوستگی المان بنایی تقویت شود. نقش دیگر دوغاب ایجاد پیوستگی مابین میلگرد و واحد بنایی در المان‌های بنایی مسلح می‌باشد.

دیوار:

المانی قائم که طول آن بیش‌تر از شش برابر ضخامتش باشد.

دیوار با عملکرد دوطرفه:

دیواری که در سه و یا هر چهار لبه خود دارای تکیه‌گاه بوده و خمش در هر دو جهت افقی و قائم در آن ایجاد می‌شود.

دیوار بنایی غیرمسلح:

دیواری است که در آن تنها از واحدهای بنایی، ملات و دوغاب برای تحمل بارهای وارده استفاده شده باشد. در صورتی که دیوار بنایی مسلح باشد اما در محاسبات از اثر آن صرف‌نظر شده باشد، دیوار همچنان تحت عنوان غیرمسلح شناخته می‌شود.

دیوار بنایی مسلح:

دیواری است که در آن از میلگردهای فولادی در امتداد قائم یا افقی استفاده شده است. لازم است در این صورت میلگردهای فولادی توسط دوغاب یا ملات به واحدهای بنایی متصل شوند.

دیوار جداشده:

دیواری که از عناصر باربر اصلی سازه به نحوی جدا شده است که تغییرشکل‌های سازه اصلی تحت بارهای ثقلی و جانبی، تقاضای اضافه‌ای را بر دیوار تحمیل نکند.

دیوار دهانه افقی:

دیواری است که دهانه خمشی خارج از صفحه آن در امتداد افقی بوده و تکیه‌گاه‌های اصلی آن در دو لبه انتهایی دیوار و به صورت قائم باشند.

پیش نویس غیر قابل استناد

دیوار دهانه قائم:

دیواری است که دهانه خمشی خارج از صفحه آن در امتداد قائم بوده و تکیه‌گاه‌های اصلی دیوار در لبه‌های فوقانی و تحتانی دیوار به صورت افقی باشند.

دیوار غیرسازه‌ای:

دیواری است که به جز وزن خود و نیروهای اینرسی ناشی از خود بار دیگری را تحمل نمی‌کند. در مورد دیوارهای پیرامونی لازم است دیوار غیرسازه‌ای فشار باد عمود بر خود را نیز تحمل کند.

دیوار محصور شده:

دیواری بنایی که توسط کلاف‌های افقی و قائم محصور شده باشد. کلاف‌های افقی و قائم می‌توانند از جنس بتن مسلح باشند و یا توسط مسلح کردن واحدهای بنایی مرزی با آرماتور و دوغاب ساخته شده باشند.

دیوار میانقاب:

دیواری که توسط قاب فولادی یا بتنی محصور شده و در باربری جانبی قاب مشارکت قابل توجهی دارد.

سطح مقطع خالص:

مساحت کل مقطع واحد بنایی منهای مساحت سوراخ‌ها و حفره‌هایی که فاقد دوغاب هستند. معمولا این سطح تنها در امتداد موازی بند بستر محاسبه می‌شود.

سطح مقطع کل:

کل سطح مقطع المان بنایی صرف‌نظر از اینکه واحد توپر است یا توخالی. معمولا این سطح تنها در امتداد موازی بند بستر محاسبه می‌شود.

سطح مقطع موثر:

عبارت است از سطح مقطع بخشی از بند بستر که از اشتراک سطح ملات و دوغاب با واحد بنایی به دست آمده باشد. به بیان دیگر سطح مقطع موثر بخشی از سطح مقطع خالص است که توسط ملات پوشانده شده است و اگر سطحی که با ملات پوشانده شده بیش‌تر از سطح مقطع خالص واحد بنایی باشد، سطح مقطع موثر برابر سطح مقطع خالص خواهد بود. معمولا این سطح تنها در امتداد موازی بند بستر محاسبه می‌شود.

پیش نویس غیر قابل استناد

کلاف:

بخشی از دیوار بنایی که توسط آرماتورهای طولی و خاموت (تنگ) به شکل مخصوصی مسلح شده باشد. کلاف می‌تواند در امتداد افقی یا قائم بوده و از بتن یا بلوک پرشده با دوغاب ساخته شده باشد. کلاف موجب تقویت دیوار بنایی و بهبود انسجام آن در هنگام زلزله می‌شود.

ملات:

مخلوطی از ماسه، سیمان، آهک و یا سایر چسباننده‌ها که پس از مدتی سفت و سخت می‌شود. در مواردی همانند واحدهای بنایی AAC، ملات می‌تواند از ترکیبات پلیمیری نیز ساخته شده باشد.

ملات بستر:

لایه افقی ملات که در بند بستر قرار داده می‌شود.

ملات کله (قائم):

لایه عمودی ملات که در بند کله قرار داده می‌شود.

میلگرد بستر:

میلگرد بستر محصولی تولید شده در کارخانه (پیش ساخته) می‌باشد که از یک جفت مفتول طولی که توسط مفتول‌های عرضی تشکیل یک شبکه خرپایی و یا نردبانی را می‌دهند تشکیل می‌گردد. مفتول‌های عرضی و طولی در محل تلاقی توسط جوش نقطه‌ای به یکدیگر متصل هستند. میلگرد بستر معمولا در بند بستر قرار گرفته و در ملات بستر مدفون می‌شود. اگرچه در مواردی می‌توان از آن به عنوان میلگرد قائم نیز استفاده نمود.

واحد بنایی:

از کنار هم قرار دادن واحدهای بنایی و چسباندن آن‌ها با ملات، یک المان بنایی ساخته می‌شود. واحد بنایی می‌تواند به صورت آجر یا بلوک در شکل و ابعاد و جنس‌های مختلف ساخته شده باشد.

واحد بنایی توپر:

واحد بنایی‌ای که یا فاقد سوراخ باشد، یا حجم سوراخ‌های آن کم‌تر از ۲۵٪ حجم کل واحد باشد. واحدهای توخالی‌ای که قسمت‌های توخالی آن‌ها توسط دوغاب پر شده باشد نیز واحد بنایی توپر تلقی می‌شوند.

پیش نویس غیر قابل استناد

واحد بنایی توخالی:

واحد بنایی‌ای است که دارای یک یا چند سوراخ باشد به طوری که حجم سوراخ‌ها بین ۳۵٪ تا ۷۰٪ حجم کل واحد باشد.

واحد بنایی حفره افقی:

واحدی (آجر یا بلوک) توخالی که پس از قرار گرفتن در دیوار، امتداد حفره‌های آن موازی بند بستر می‌باشد. از این واحدها معمولا تنها در ساخت دیوارهای غیرسازه‌ای استفاده می‌شود. معمولا در چنین چینشی نمی‌توان داخل حفره‌ها را با دوغاب پر نمود.

واحد بنایی حفره قائم:

واحدی (آجر یا بلوک) توخالی که پس از قرار گرفتن در دیوار، امتداد حفره‌های آن عمود بر بند بستر می‌باشد. از این واحدها هم در ساخت دیوارهای سازه‌ای و هم در ساخت دیوارهای غیرسازه‌ای استفاده می‌شود.

واحد بنایی رسی (سفالی):

آجر یا بلوکی است که از رس پخته شده در دمای بالا ساخته شده باشد.

واحد بنایی سوراخ دار:

واحد بنایی‌ای که دارای یک یا چند سوراخ باشد به طوری که حجم سوراخ‌ها بین ۲۵٪ تا ۳۵٪ حجم کل واحد باشد.

واحد بنایی سیمانی (بتنی):

آجر یا بلوکی است که از ترکیب سنگدانه، سیمان و در صورت نیاز سایر افزودنی ها ساخته شده و تحت واکنش هیدراسیون سفت و سخت شده باشد.

واحد بنایی شیشه‌ای:

بلوک توپر و یا توخالی از جنس شیشه مات و یا شفاف می‌باشد که عمدتا در ساخت دیوارهای غیرسازه‌ای کاربرد دارد.

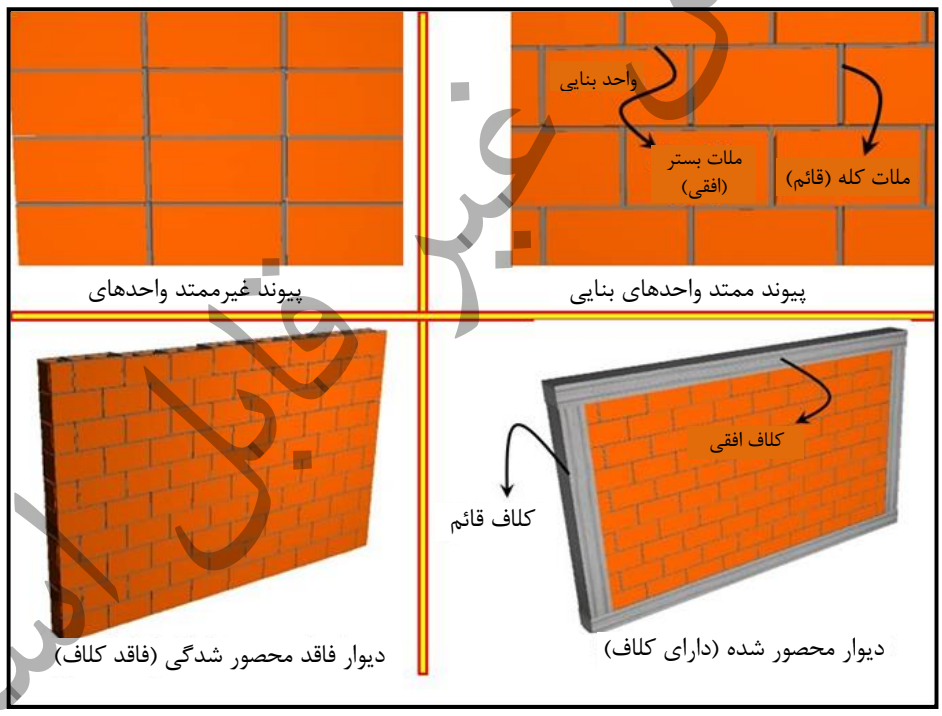
واحد بنایی AAC:

واژه AAC مخفف عبارت "Autoclaved aerated concrete" می‌باشد. بتن AAC بتنی فوق سبک با مقاومت اندکی می‌باشد که مشخصات حراراتی و صوتی خوبی از خود نشان می‌دهد. به بلوک‌هایی که از بتن AAC ساخته می‌شوند واحد بنایی AAC گفته می‌شود.

برخی از تعاریف ارائه شده در اشکال (پ-۷-۱) تا (پ-۷-۵) نشان داده شده‌اند.

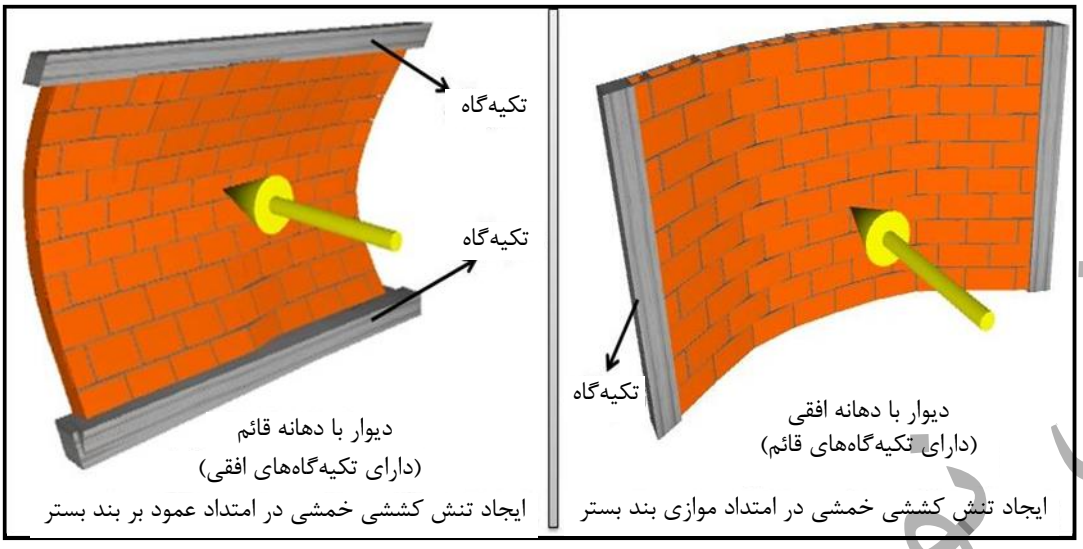
پیش نویس غیر قابل استناد

شکل پ-۷-۱- انواع واحدهای بنایی و چسباننده‌های آن‌ها

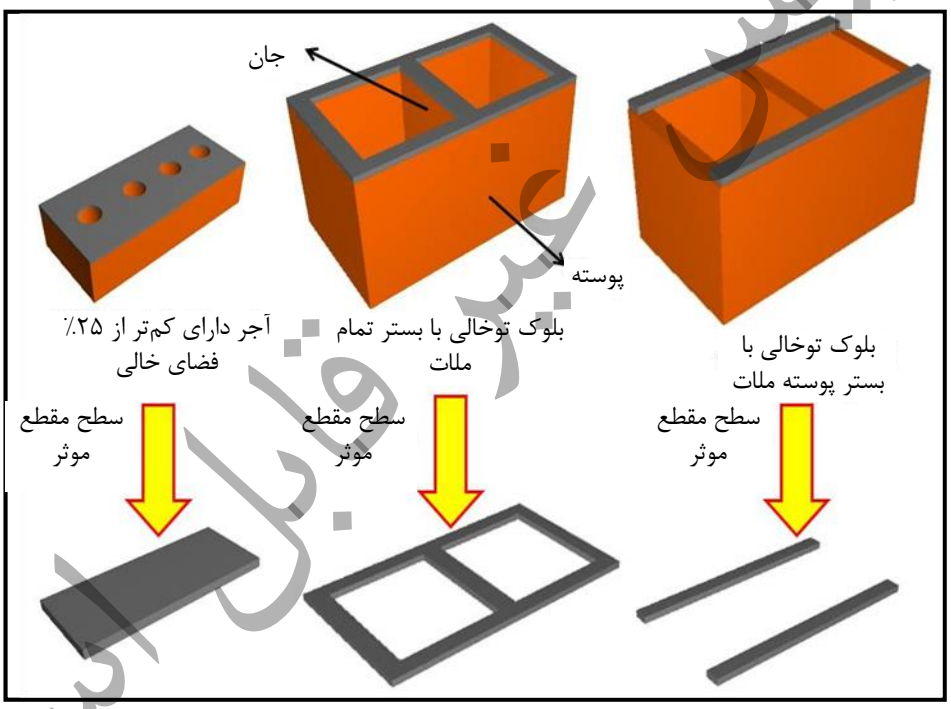


شکل پ-۷-۲- انواع چینش واحدهای بنایی- دیوارهای محصور شده و محصور نشده

پیش نویس غیر قابل استناد

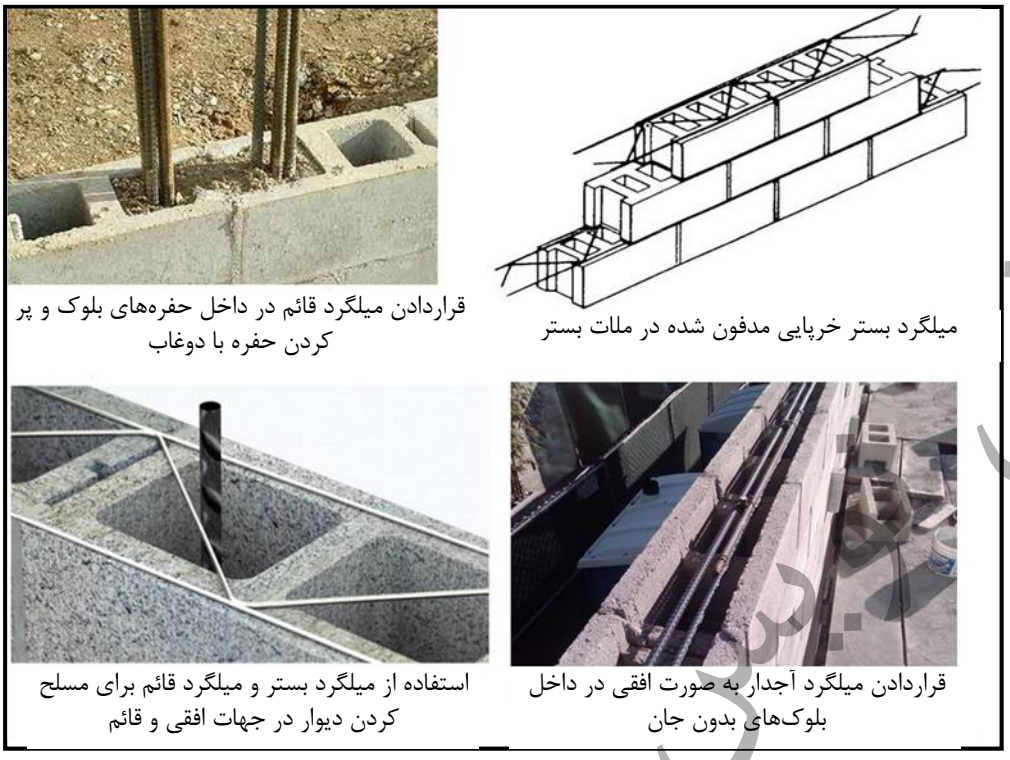


شکل پ-۷-۳- خمش خارج از صفحه دیوارهای بنایی با دهانه‌های قائم و افقی



شکل پ-۷-۴- سطح مقطع موثر در واحدهای بنایی گوناگون با ملات بستر گوناگون

پیش نویس غیر قابل استناد



شکل پ-۷-۵- دیوارهای بنایی مسلح

پیش نویس غیر قابل استناد

منابع و مراجع

مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث پنجم- مصالح و فرآورده‌های ساختمانی – ویرایش چهارم (۱۳۹۲)، وزارت راه و شهرسازی، معاونت مسکن و ساختمان.

مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث ششم- بارهای وارد بر ساختمان – ویرایش دوم (۱۳۸۵)، وزارت راه و شهرسازی، معاونت مسکن و ساختمان.

مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث هشتم- طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی – ویرایش دوم (۱۳۹۲)، وزارت راه و شهرسازی، معاونت مسکن و ساختمان.

ACI 318-14, (2014), Building code requirements for structural concrete, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

ACI 530-13, (2013), Building code requirements and specification for masonry structures, American concrete institute, Farmington Hills, Michigan.

AS 3700 (2001), AS 3700-2001: Masonry structures, Standards Australia, Sydney, 2001.

ASCE 41-17, (2017), Seismic evaluation and retrofit of existing buildings, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.

ASCE 7-16 (2016), Minimum design loads for buildings and other structures, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.

Calvi GM, Bolognini D, (2001),"Seismic response of reinforced concrete frames infilled with weakly reinforced masonry panels," Journal of Earthquake Engineering, 5(2); 153-185.

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.

Drysdale RG, Hamid AA, (1984), "Effect of grouting on the flexural tensile strength of concrete block masonry," TMS Journal, Vol. 3, No. 2, pp. T-1, T-9, The Masonry Society, Boulder, Colorado.

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.

ElGawady MA, Lestuzzi P, Badoux M, (2005), "Performance of masonry walls under in-plane seismic loading," TMS Journal: 85-104.

Eurocode 6, (2005), Design of masonry structures- Part 1-1: general rules for reinforced and unreinforced masonry structures, CEN –European Committee for Standardization, Brussels.

Eurocode 8, (1995), Design provisions for earthquake resistance of structures- Part 1-3: General rules-Specific rules for various materials and elements, CEN- European Cimmittee for Standardization, Bruxelles.

FEMA 307, (1998), Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings, Technical Resources, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

FEMA 356, (2000), Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

Gouveia JP, Lourenco PB, (2007), "Masonry shear walls subjected to cyclic loading: influence of confinement and horizontal reinforcement," 10th North American Masonry Conference, St. Louis, Missouri.

پیش نویس غیر قابل استناد

Griffith MC, Vaculik J, Lam, NTK, Wilson J, Lumantarna E, (2007), "Cyclic testing of unreinforced masonry walls in two-way bending," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 36: 801-821.
Haach VG, Vasconcelos G, Lourenco PB, (2007), "Cyclic behavior of truss type reinforced concrete masonry walls," 7° Congresso De Sismologia E Engenharia Sismica, Porto, Portugal.
Hamid AA, (1981), "Effect of aspect ratio of the unit on the flexural tensile strength of brick masonry," TMS Journal, Vol. 1, No. 1, The Masonry Society, Boulder, Colorado.
Hendry AW, Sinha BP, Davies SR, (1987), Load bearing brickwork design, second edition, Ellis Horwood, Chichester, England.
Lawrence, S.J. (1983), Behaviour of brick masonry walls under lateral loading, PhD Thesis, The University of New South Wales.
Maheri MR, Najafgholipour MA, Rajabi AR, (2011), "The influence of mortar head joints on the in-plane and out-of-plane seismic strength of brick masonry walls," IJST, Transactions of Civil and Environmental Engineering, Vol. 35, No. C1: 63-79.
MDG-7, (2013), Masonry designers' guide, Seventh edition, The masonry society, Boulder, Colorado.
Mosele F, Porto FD, Modena C, (2008), "Out-of-plane cyclic testing of tall reinforced masonry walls," The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
Nateghi F, Alemi F, (2008), "Experimental study on seismic behavior of typical Iranian URM brick walls," The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
Pujol S, Benavent-Climent A, Rodriguez ME, Smith-Pardo JP, (2008), "Masonry infill walls: an effective alternative for seismic strengthening of low-rise reinforced concrete building structures," The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
Vintzileou E, (2013), Assessment of innovative solutions for non-load bearing masonry enclosures, Final report, Seismic Engineering Research Infrastructures for European Synergies (SERIES), Project No. 227887.
West, H.W.H., Hodgkinson, H.R. and Haseltine, B.A., (1977), "The resistance of brickwork to lateral loading-Part 1: Experimental methods and results of tests on small specimens and full sized walls", The Structural Engineer, The Journal of the Institute of Structural Engineers, Vol. 55, No. 10; 411-421.
Wijanto LS, (2007), Seismic assessment of unreinforced masonry walls, PhD dissertation, University of Canterbury, New Zealand.
Willis, C.R., (2004), "Design of unreinforced masonry walls for out-of-plane loading", PhD Thesis, School of Civil and Environmental Engineering, The University of Adelaide, Adelaide, Australia.

پیش نویس غیر قابل استناد

پیش نویس غیر قابل استناد

این ضابطه

روندی گام به گام و مشخص برای طراحی و اجرای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای و نیز اتصالات آن‌ها را ارائه می‌کند. در طول سالیان اخیر پیشرفت‌های قابل توجهی در خصوص طراحی لرزه‌ای المان‌های سازه‌ای صورت گرفته است. به لطف مطالعات و تجربیات حاصل از زلزله‌های گذشته، امروزه به درک بهتری از رفتار لرزه‌ای سازه‌های گوناگون دست یافته‌ایم. بسیاری از یافته‌های فوق تحت بندها و الزاماتی خاص وارد آیین‌نامه‌های لرزه‌ای شده‌اند و بسیاری نیز به زودی به این آیین‌نامه‌ها افزوده خواهند شد. لیکن همچنان تمرکز اصلی مهندسین بر روی المان‌های سازه‌ای بوده و در خصوص المان‌های غیرسازه‌ای توجه کافی وجود ندارد. این درحالی است که در ساخت و سازهای مدرن بخش قابل توجهی از هزینه‌ها به المان‌ها و اجزای غیرسازه‌ای اختصاص دارد. اگرچه بسیاری از آیین‌نامه‌های لرزه‌ای بر لزوم طراحی اجزای غیرسازه‌ای و اتصالات آن‌ها تاکید دارند، لیکن تاکنون روند مشخصی برای این منظور تعیین نشده است. این نشریه به منظور بهبود عملکرد دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای به ویژه در حین زلزله تهیه شده است. انتظار می‌رود با رعایت ضوابط مندرج در این راهنما، شاهد بهبود رفتار دیوارهای غیرسازه‌ای در زلزله‌های آینده باشیم.

پیش نویس غیر قابل استناد