Archive of SID

سومین کنفرانس سالانه پژوهش های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری
The third annual conference for research in architecture,urban planning and urban management

اهمیت استفاده از میلگرد بستر در بالابردن مقاومت لرزه‌ای دیوارهای مصالح بنایی غیرسازه‌ای

غلامرضا عاطفت دوست[1]*، مرتضی شریفی[2]

1- عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد استهبان، Email: Gh_atefatdoost@iuest.ac.ir
2- عضو هیئت‌علمی دانشکده فنی و حرفه‌ای شهید باهنر شیراز، Email: M_sharifi@iauest.ac.ir

چکیده

استفاده از مصالح بنایی در بسیاری از کشورها، از جمله ایران، کاربرد فراوانی در ساخت‌وساز داشته و به طور گسترده در المان‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. دلیل این امر ویژگی‌های مناسب این نوع مصالح می‌باشد، از جمله ویژگی‌های مثبت مصالح بنایی دوام، در دسترس بودن و ارزان بودن آن است و نقاط ضعف این مصالح وزن بالا و شکل‌پذیری پایین آن می‌باشد که این امر باعث بالا رفتن احتمال آسیب‌پذیری آن در زلزله‌های مختلف می‌شود. با توجه به آسیب‌پذیری دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای هنگام زلزله و لزوم بهبود عملکرد دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای در معرض نیروهای خارج از صفحه ناشی از بارهای لرزه‌ای و باد؛ تقویت لرزه‌ای دیوارهای بنایی غیرمسلح به روش‌های مختلف موردتوجه محققان و دست‌اندرکاران حوزه ساخت‌وساز بوده است. استفاده از میلگرد بستر یکی از انواع روش‌های تقویت می‌باشد. در این مقاله ضمن بررسی ضوابط آئین‌نامه‌ای پیرامون دیوارهای بنایی غیر سازه‌ای به چگونگی طراحی خمشی میلگرد بستر جهت استفاده در دیوارهای بنایی غیر سازه‌ای پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: دیوارهای مصالح بنایی، دیوارهای غیر سازه‌ای، میلگرد بستر، آسیب‌پذیری، مقاومت لرزه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

1- مقدمه

ایران کشوری است لرزه‌خیز که بر روی کمربند لرزه‌ای آلپ – هیمالیا قرار گرفته است. کشور ما همواره در طول تاریخ شاهد زلزله‌های نیرومند بوده و همواره خسارت‌های جانی و مالی زیادی را در این پدیده طبیعی متحمل شده است. تجربه زلزله‌های گذشته در ایران بیانگر این نکته است که مهمترین عامل بروز خسارت‌های فراوان اقتصادی و تلفات انسانی، آسیب‌پذیری بالای ساختمان‌ها و تأسیسات زیربنایی می‌باشد.

بر اساس گزارش‌های منتشره از آسیب‌پذیری زلزله‌های اخیر در کشور مشاهده گردیده که حجم عظیمی از خسارت‌ها و آسیب‌ها، ناشی از خرابی دیوارها خصوصاً دیوارهای غیر سازه‌ای است که باعث ایجاد تلفات جانی و مالی زیادی می‌گردد. این امر باعث گردیده که محققان علاقه زیادی به بررسی رفتار دیوارهای غیر سازه‌ای در ساختمان‌ها داشته باشند و با طرح ایده‌ها و روش‌های مختلف بتوانند مقاومت این نوع دیوارها را بالا ببرند. ازآنجاکه زلزله‌ها همواره در هنگام وقوع به دنبال نقاط ضعف ساختمان‌ها هستند و دیوارهای غیرسازه‌ای به دلیل کم‌اهمیت قلمداد شدن توسط مجریان ساخت‌وساز می‌تواند به عنوان یکی از نقاط ضعف قلمداد گشته و باعث بالارفتن میزان آسیب‌پذیری در ساختمان گردد.

گسیختگی دیوارهای بنایی غیرمسلح به مقدار زیادی به واسطه عملکرد ملات اتصالی بین بلوک‌ها در برابر بارهای جانبی بوده که همراه با ترک‌خوردگی و خردشدگی این قسمت از مصالح بنایی می‌باشد.

مصالح بنایی به دلیل وجود اتصالات ملات که صفحه ضعف آن‌ها به شمار می‌آید، خصوصیات متفاوتی در جهات مختلف دارند، لذا خواص ملات مورد استفاده در ساختمان‌های آجری به شدت روی رفتار این سازه‌ها تأثیرگذار است [1].

متأسفانه امروزه استفاده از مصالح بنایی را مختص ساختمان‌های بنایی می‌دانند درصورتی‌که حجم عظیمی از دیوارهای غیرسازه‌ای در ساختمان‌های اسکلت فلزی و بتنی از نوع مصالح بنایی می‌باشد که در این‌گونه موارد حداقل ضوابط مربوط به دیوارهای بنایی غیرمسلح هم رعایت نمی‌شود.

به کمک FRP می‌توان تا حد بسیار بالایی باعث افزایش ظرفیت باربری جانبی، افزایش بار ترک‌خوردگی، افزایش شکل‌پذیری و بهبود رفتار داخل صفحه دیوار بنایی غیرمسلح گردد [2].

استفاده از حفره جهت عبور لوله‌های تأسیساتی در دیوارهای بنایی می‌تواند تا حد بسیار بالایی باعث کاهش مقاومت دیوار گردد [3].

رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح تحت بار چرخه‌ای خارج از صفحه توسط گریفیت و همکاران ارزیابی شد [4].

بر اساس نتایج تحقیقات پوجول و همکاران مشخص گردید که میانقاب پس‌ازاینکه تحت بار درون‌صفحه خود به گسیختگی رسیده است، مقاومت خارج از صفحه آن نیز به شدت کاهش یافته و به صورت خارج از صفحه ریزش کرده است [5].

عدم پرشدن درزهای قائم دیوارهای آجری توسط ملات باعث کاهش قابل‌توجه مقاومت نهایی دیوارها می‌شود [6].

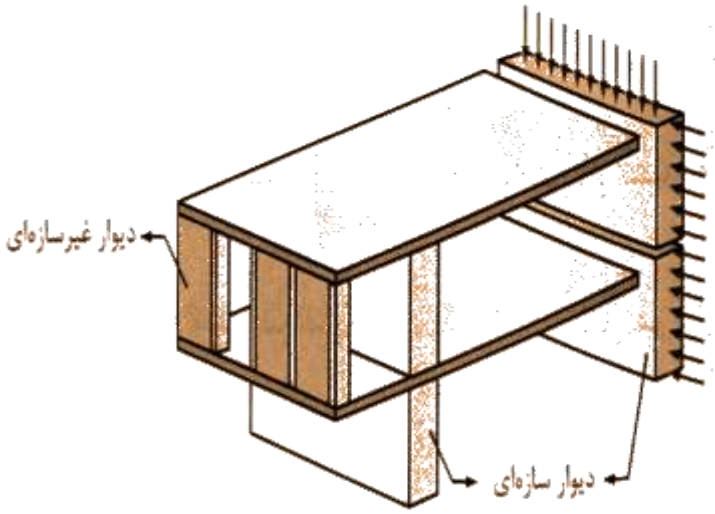
آنچه حائز اهمیت است عملکرد دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای باید در معرض نیروهای خارج از صفحه ناشی از بارهای لرزه‌ای و باد بهبود یابد؛ لازم به تأکید است تقویت لرزه‌ای دیوارهای بنایی غیرمسلح با استفاده از میلگرد بستر یکی از انواع روش‌های تقویت است.

2- دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای

منظور از دیوار غیرسازه‌ای، دیوارهای غیر باربر و جداکننده (جداگر) است که جهت فضابندی ساختمان از آن‌ها استفاده می‌شود. ضوابط اجرایی این دیوارها باید به نحوی باشد تا در صورت وقوع زلزله، باعث افزایش آسیب‌پذیری ساختمان و ساکنین نشوند. این دیوار سهمی در تحمل بارهای قائم ندارد و باید با استفاده از عناصر کمکی مطابق با ضوابط زیر، بار جانبی ناشی از وزن خود را تحمل کند. مهم‌ترین ضوابط خاص این دیوارها مطابق مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان به شرح ذیل می‌باشد [7].

www.SID.ir

Archive of SID

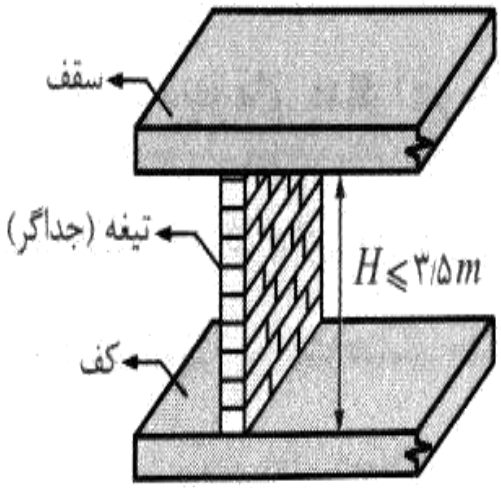


شکل1- دیوارهای سازه‌ای و غیرسازه‌ای

۱) دیوارهای جداگر منحصراً به منظور جداسازی فضاهای ساختمان به کار می‌روند. وزن این دیوارها یا مستقیماً به‌وسیله شالوده یا با واسطه کف‌ها توسط دیوارهای باربر تحمل می‌شود.

۲) برای اتصال اجزای غیرسازه‌ای به اجزای سازه‌ای طرح‌های مناسبی باید تهیه گردد که صدمات وارده به اجزای غیرسازه‌ای در اثر تغییر شکل اجزای سازه‌ای حداقل باشد.

۳) حداکثر ارتفاع مجاز دیوارهای غیرسازه‌ای و تیغه‌ها از تراز کف مجاور 3/5 متر می‌باشد. در صورت تجاوز از این حد باید با استفاده از مهارهای مناسب، پایداری بیشتری برای دیوار تأمین گردد.

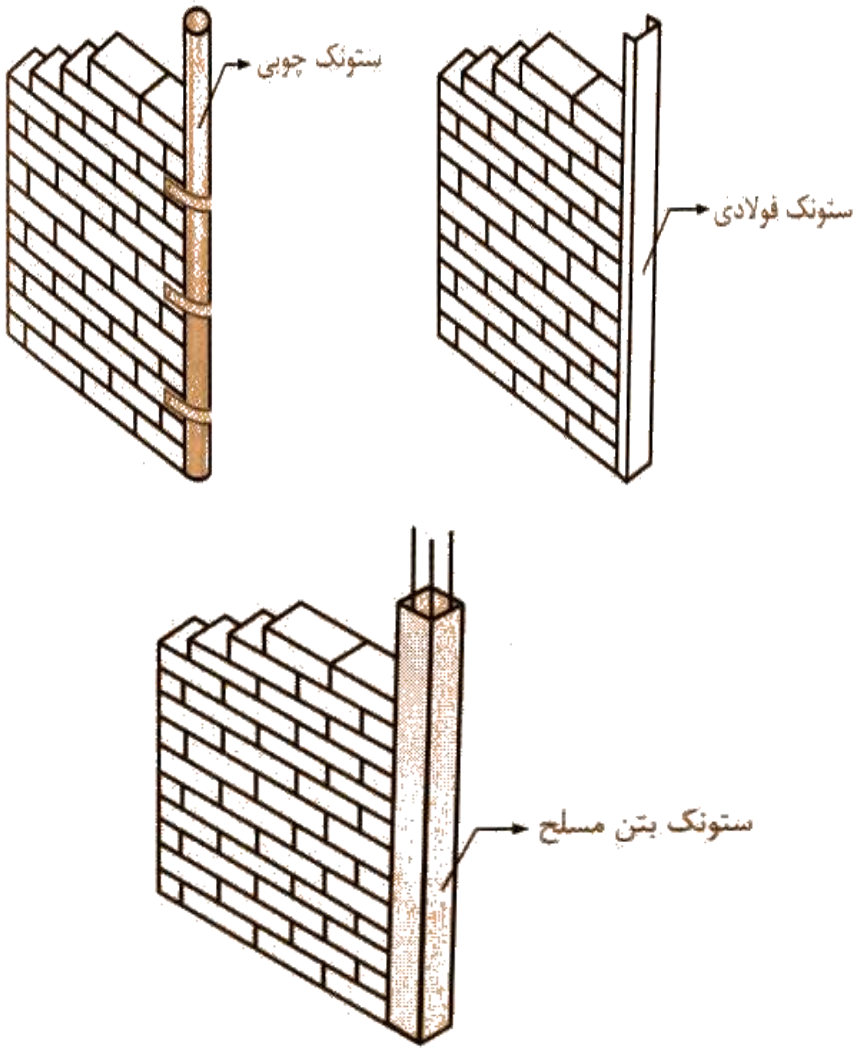


شکل2- حداکثر ارتفاع مجاز دیوارهای غیرسازه‌ای

۴) لبه قائم تیغه‌ها نباید آزاد باشد. این لبه باید به یک تیغه و یا یک دیوار عمود بر آن یکی از اجزای سازه و یا عنصر قائم (همانند یک ستونک) که به همین منظور از فولاد (ناودانی نمره ۶ یا نیمرخ فولادی معادل آن)، بتن آرمه و یا چوب ساخته شده است با اتصال کافی تکیه داشته باشد. چنانچه طول تیغه پشت‌بند کمتر از 1/5 متر باشد لبه آن می‌تواند آزاد باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



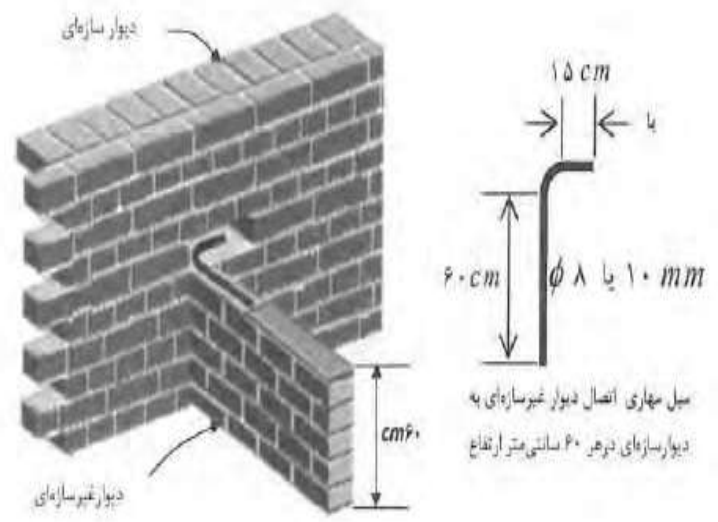
شکل3- مهار تیغه‌ها

۵) درصورتی‌که دیوار سازه‌ای و تیغه متکی به آن به طور همزمان و یا به صورت لاریز و یا به صورت هشت‌گیر چیده شوند، اتصال تیغه به دیوار کافی تلقی می‌گردد ولی چنانچه تیغه بعد از احداث دیوار و بدون اتصال به آن ساخته شود باید در محل تقاطع به نحو مناسبی به دیوار متصل و محکم گردد. در غیر این صورت لبه کناری تیغه آزاد تلقی شده و باید عنصر قائم در این لبه تعبیه گردد. دو تیغه عمود بر هم باید با یکدیگر قفل و بست شوند.

هشت‌گیر را می‌توان منحصراً برای اتصال دیوارهای غیرسازه‌ای بکار گرفت. مشروط بر آنکه درزهای بالا و پایین آجرچینی بعدی در محل هشت‌گیر کاملاً با ملات پر شود. برای درگیر کردن دیوار غیر سازه‌ای به دیوار سازه‌ای می‌توان از میل‌های مهاری مطابق شکل4 استفاده کرد.

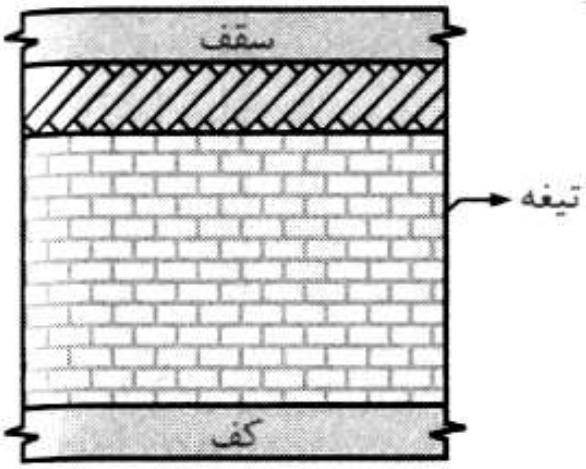
www.SID.ir

Archive of SID



شکل4- نحوه قفل و بست دیوار غیرسازه‌ای به دیوار سازه‌ای [8].

۶) تیغه‌هایی که در تمام ارتفاع طبقه ادامه دارند باید کاملاً به زیر پوشش سقف مهار شوند؛ یعنی رج آخر دیوار با فشار و ملات کافی یا روش‌های مناسب دیگر در زیر سقف مهار شوند.



شکل5- اجرای رج آخر دیوارهای غیرسازه‌ای

برای اتصال مناسب جداگرها به زیر سقف دو پارامتر اهمیت دارد: اول استفاده از پسوند مناسب در فضای بین رج آخر دیوار تا زیر سقف و دوم استفاده از ملات مناسب با ضخامت حداقل که مقاومت و چسبانندگی لازم به همراه کمترین خزش (افت) را داشته باشد. راهکارهای اجرایی زیر جهت کاهش نشست (افت) دیوار و نمایان شدن ترک در بالای دیوار توصیه می‌شود.

الف) معمولاً به علت نامشخص‌بودن فضای باقی‌مانده و ایجاد بندهای افقی بزرگ در صورت اجرای همان پیوندها توصیه می‌شود از هره‌چینی آجرها ترجیحاً با زاویه ۴۵ درجه استفاده شود.

www.SID.ir

Archive of SID

ب) عموماً به علت زیاد بودن ضخامت ملات بیش‌ازحد مجاز و سرعت بالای دیوارچینی، خزش و افت زیادی در روزهای بعد و پس از خودگیری دیوار ملاحظه می‌شود. برای کاهش این عارضه، بهتر است اجرای رج آخر (هره‌چینی) با فاصله زمانی یک روزه انجام شود تا زمان کافی برای افت اولیه دیوار وجود داشته باشد. البته در این حالت با اجرای تمهیداتی باید پایداری دیوار در برابر نیروهای خارج از صفحه احتمالی تأمین شود.

ج) در صورت استفاده از ملات ماسه و سیمان در اجرای رج آخر به علت ضخامت زیاد آن، قطعاً با افت شدیدی مواجه خواهد شد؛ لذا توصیه می‌شود از ملات گچ یا گچ‌وخاک به صورت غوطه‌ای (آجرچینی به روشی که تمام سطوح اتصال آجر توسط ملات پوشیده می‌شود و فضای خالی در سطوح اتصال آن باقی نماند) در رج آخر استفاده شود [9].

3- میلگرد بستر

میلگرد بستر پیش‌ساخته برای دیوارهای بنایی باید دارای حداقل یک سیم عرضی با قطر حدود 3 میلی‌متر برای هر 0/2 مترمربع از مساحت دیوار باشد. فاصله عمودی میلگرد بستر نباید بیش از ۴۰ سانتی‌متر باشد. سیم‌های طولی باید کاملاً در ملات بند افقی خوابانده شوند. میلگردهای بستر باید همه جداره‌ها را در برگیرند. درجایی که فضای بین جداره‌های پیوند داده‌شده کاملاً با دوغاب یا ملات پُر و سفت شده باشد، باید از ضوابط مربوط به تنش‌های مجاز و سایر شرایط ذی‌ربط که برای دیوارهای بنایی (معمولی) بکار برده شود استفاده کرد اما اگر این فضا پُر نشده باشد، ضوابط مربوط به تنش‌های مجاز، شرایط تکیه‌گاه جانبی، ضخامت (منهای حفره)، ارتفاع و شرایط بست دیوارهای دوجداره را ارضا کند [7].

بست‌ها یا میلگردهای بستر باید با ملاتی که حداقل ضخامتش 16 میلی‌متر است، در برابر هوازدگی، پوشش داده شوند. ضخامت ملات دوغابی یا ملات بین واحدهای بنایی و میلگرد بستر نباید کمتر از 6 میلی‌متر باشد. در مواردی که از پیچ‌ها یا میلگرد با قطر 6 میلی‌متر یا کمتر استفاده می‌شود، می‌توان آن‌ها را در بندهای افقی که حداقل ضخامت آن‌ها دو برابر ضخامت میلگرد یا پیچ است جایگذاری کرد [7].

میلگرد بستر، المانی فولادی است که در بند بستر دیوار قرار می‌گیرد. اگرچه میلگرد بستر می‌تواند یک میلگرد آجدار معمولی باشد، لیکن معمولاً میلگردهای بستر به صورت دو مفتول ساده و یا آجدار می‌باشند که توسط یک مفتول میانی به یکدیگر متصل هستند (شکل6).

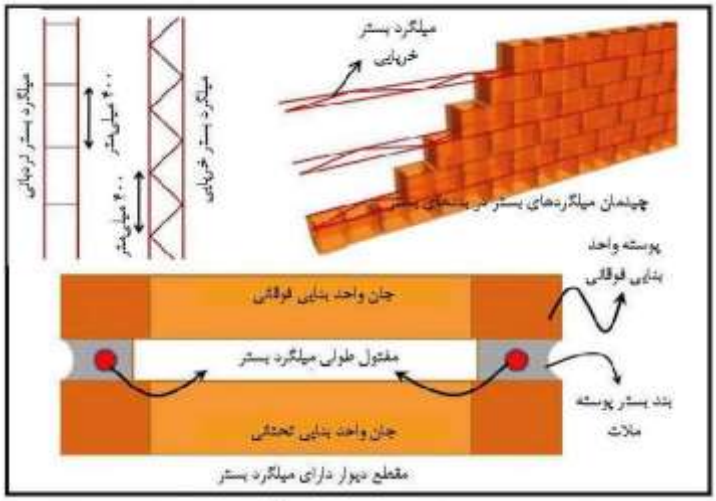
شکل6- میلگرد بستر خرپایی قبل از پخش کردن ملات بستر بر روی آن

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 (شکل7). 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،

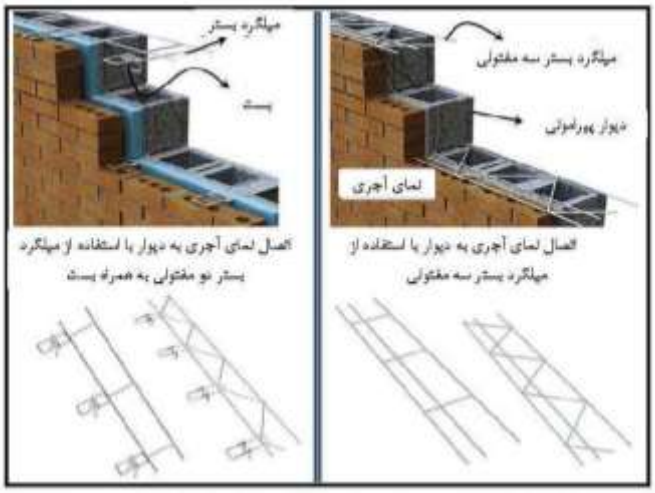
www.SID.ir

Archive of SID

پیوستگی میان میلگرد بستر و واحدهای بنایی برقرار گردد. برشی از مقطع دیوار مسلح شده توسط میلگرد بستر در شکل7 نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است لازم است در فواصل حداکثر برابر با ۴۰۰ میلی‌متر مفتول‌های طولی میلگرد بستر به مفتول میانی متصل شوند [10].



شکل7- مشخصات هندسی میلگردهای بستر و چینش آن‌ها به عنوان میلگرد افقی در دیوار [10].



شکل8- اتصال نمای بنایی به دیوارهای پیرامونی با استفاده از میلگردهای بستر [10].

4- مقاومت خمشی دیوارهای بنایی دارای میلگرد بستر

در خصوص دیوارهای بنایی غیر سازه‌ای که در جهت افقی دارای میلگردهای بستر می‌باشند، ظرفیت خمشی به دو صورت زیر به دست می‌آیند:

4-1- ظرفیت خمشی قائم

مقاومت خمشی اسمی دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای (شامل دیوارهای با بلوک رسمی، سیمانی و AAC) با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID

$$M_n = f_r s$$

M_n: مقاومت خمشی اسمی دیوار (N.mm)

f_r: مدول گسیختگی دیوار (N/mm^2 یا MPa)

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

C': فاصله مرکز سطح مقطع مؤثر دیوار تا دورترین تار کششی (mm)

s: نسبت I_g به C'

با ضرب مقاومت اسمی در ضریب کاهش مقاومت، مقاومت طراحی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$M_d = \emptyset M_n$$

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

2-4- ظرفیت خمشی افقی

پارامتر c عبارت است از فاصله دورترین تار فشاری تا تار خنثی.

$$C = \frac{A_s f_y}{\beta f'_m a B}$$

که در آن

As، سطح مقطع فولاد تحت کششی (در خصوصی 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)

تقریباً 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.

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

توجه داشته باشید که مقاومت اسمی به‌دست‌آمده از رابطه بالا مقاومت خمشی اسمی دیوار در واحد طول (یک متر از ارتفاع دیوار) است.

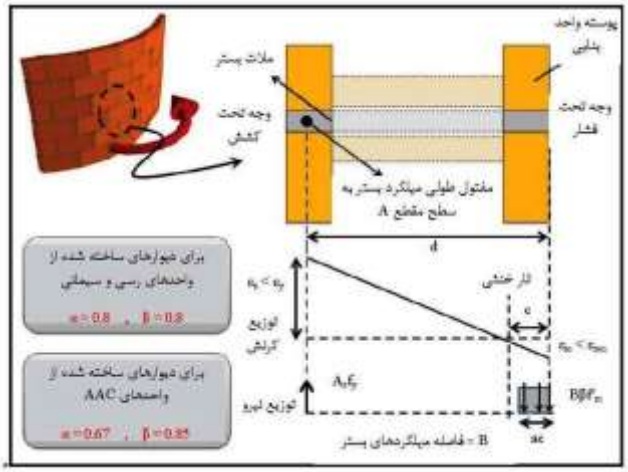
با ضرب مقاومت اسمی در ضریب کاهش مقاومت، مقاومت طراحی مطابق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$M_d = \emptyset M_n$$

مقاومت خمشی طراحی با M_d و ضریب کاهش مقاومت با $\emptyset$ نشان داده شده است که مقدار آن برای دیوارهای بنایی غیرمسلح برابر 0/9 است [10].

www.SID.ir

Archive of SID



شکل9- توزیع کرنش و نیرو در مقطع دیوار بنایی با میلگرد بستر ساخته‌شده از واحدهای بنایی توخالی [10].

5- نتیجه‌گیری

با استفاده از میلگرد بستر می‌توان:

1- عرض و فواصل ترک‌های ناشی از جمع شدگی و تغییر شکل‌های حرارتی را کنترل کرد؛

2- مقاومت و شکل‌پذیری خمش خارج از صفحه دیوار را افزایش داد؛

3- مقاومت برشی داخل صفحه دیوار را افزایش داد؛

4- انسجام دیوار در حین زلزله و جلوگیری از فرو ریزش خارج از صفحه را افزایش داد؛

5- شکل‌پذیری دیوار را بهبود بخشید؛

6- اتصال مکانیکی برای نمای بنایی (آجری یا سنگی) ایجاد کرد.

6- منابع

[1] عثمان زاده، ف.، رافضی، ب.، آهنی، ا.، موسوی، م. بررسی تأثیر خصوصیات ملات بر روی عملکرد لرزه‌ای دیوار بنایی به صورت عددی، اولین کنفرانس ملی بهسازی و مقاوم‌سازی بافت‌های شهری در مجاورت گسل‌های فعال، تبریز، ایران،1391.

[2] خیرالدین، ع.، ثقفی، م.، صفاخواه، س. بررسی رفتار غیرخطی دیوار آجری غیرمسلح تقویت‌شده با پوشش FRP، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، مشهد، ایران، 1389.

[3] شریفی، م.، افضلی، ع.، بهمنی شوریجه، م. بررسی عددی تأثیر حفره‌ها و مجاری در مقاومت دیوارهای آجری، ششمین همایش مقررات ملی ساختمان، شیراز، ایران، 1393.

[4] 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.

[5] 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.

www.SID.ir

Archive of SID

[6] 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.

[7] مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث هشتم، طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی، ویـرایش دوم (1392)، وزارت راه و شهرسـازی، معاونت مسکن و ساختمان.

[8] استاندار شماره 2800، آیین‌نامه طراحی ساختمان در برابر زلزله، ویرایش چهارم (1393)، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

[9] فرشچی، ه. ساختمان‌های مصالح بنایی، از ضوابط تا کاربرد، انتشارات فرشچی، تهران، 1394.

[10] راهنمای طراحی لرزه‌ای دیوارهای بنایی غیرسازه‌ای مسلح به میلگرد بستر، ضابطه شماره 729، سازمان برنامه و بودجه کشـور، معاونـت فنی و توسعه امور زیربنایی، 1395.

www.SID.ir