بسم الله الرحمن الرحيم

Be ready

آماده باشیم

ارزیابی عملکرد لرزه ای خارج از صفحه دیوارهای غیر باربر با بازشو از جنس بلوک لیپر

استاد راهنما: آقای دکتر سید علیرضا کازرونیان

ارائه دهنده: محمد عباسی

مقطع و رشته تحصیلی: کارشناسی ارشد مهندسی عمران - زلزله

دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرکز

زمستان ۱۴۰۴

مقدمه و بیان مسئله

با وقوع زلزله‌های متعدد در ایران و سایر نقاط جهان، آسیب جدی دیوارهای غیر باربر به‌ویژه دیوارهایی با بازشو، جزء مهم ترین عوامل تهدید کننده ایمنی ساکنان بوده است.

این دیوارها با وجود نقش غیرباربر، در صورت گسیختگی می‌توانند منجر به فروریزش موضعی و خسارات جانی شوند. ضرورت شناخت رفتار لرزه‌ای و ارایه راهکارهای تقویتی برای این دیوارها مشهود است.

اهمیت و ضرورت تحقیق

تکنولوژی‌های نوین مصالح ساختمانی

توجه به مصالح جدید مانند بلوک لیپر، نیازمند تحقیق جامع برای ارزیابی مقاومت لرزه‌ای، به‌ویژه با وجود بازشوها است.

کاربرد وسیع در پروژه‌های ساختمانی

استفاده گسترده از دیوارهای غیر باربر در ساخت‌وسازهای کشور و نبود استانداردهای علمی مدون.

افزایش ایمنی و کاهش هزینه‌ها

نتایج این پژوهش می‌تواند موجب افزایش ایمنی، کاهش تلفات و کاهش هزینه‌های مقاوم‌سازی گردد.

نوآوری و جنبه‌های جدید پژوهش

پژوهش حاضر نخستین مطالعه تحلیلی جامع مبتنی‌بر آزمایش‌های عددی و تجربی بر دیوارهای غیر باربر لیپری دارای بازشو بوده است.

بررسی تأثیر ابعاد و موقعیت بازشوها

مطالعه دقیق تأثیر اندازه و محل قرارگیری بازشوها بر ظرفیت لرزه‌ای دیوارهای غیر باربر لیپری.

ارائه مدل تحلیلی نو

توسعه مدل تحلیلی جدید برای پیش‌بینی رفتار دینامیکی این دیوارها که تاکنون کمتر به آن پرداخته شده است.

اهداف و فرضیات پژوهش

اهداف اصلی

1. شناخت رفتار خارج از صفحه دیوار غیر باربر از جنس بلوک لیپر
2. ارزیابی تأثیر بازشوها بر عملکرد دیوار
3. تحلیل تأثیر ابعاد و محل بازشو
4. ارائه مدل تحلیلی برای پیش‌بینی رفتار
5. پیشنهاد اقدامات تقویتی مؤثر (استفاده از میلگرد بستر)

فرضیه‌های پژوهش

- وجود بازشو موجب تغییر در ظرفیت باربری دیوار می شود.
- بازشوها الگوی شکست دیوار را تغییر می‌دهند.
- راهکارهای مقاوم‌سازی می‌تواند نقاط ضعف ناشی از بازشو را جبران کند.

معرفی میلگرد بستر

میلگرد بستر یک عضو فلزی است که در بین رج‌های دیوار یا اصطلاحا در بند بستر دیوار با هدف مقابله با نیروی خارج از صفحه به کار گرفته می‌شود.

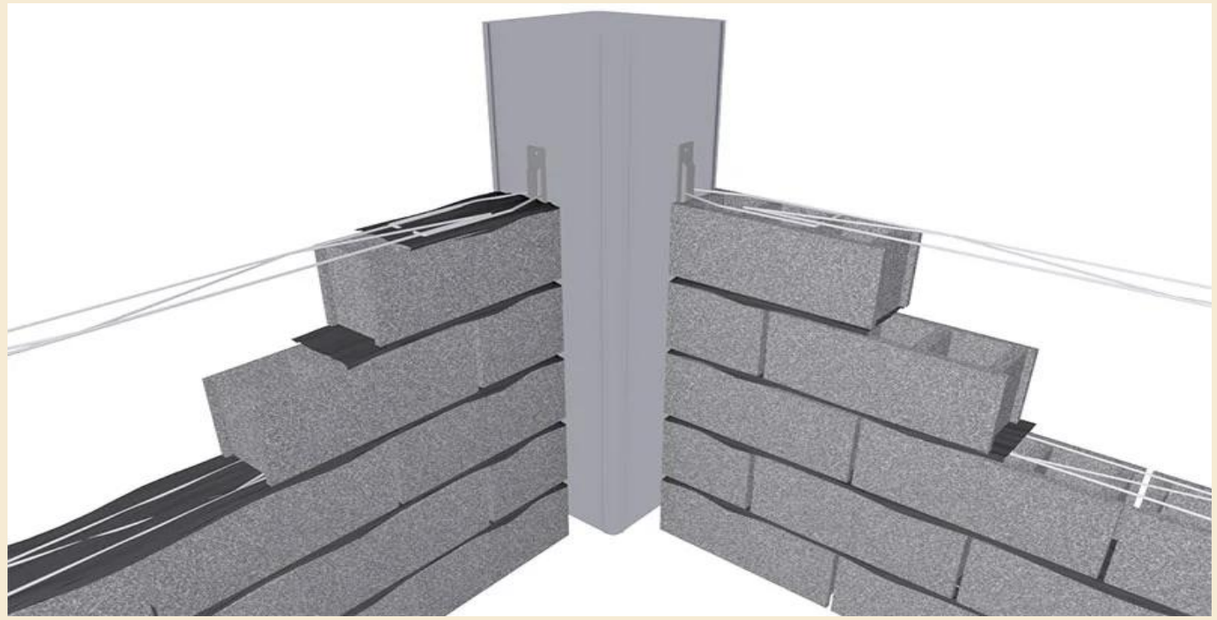
مشخصات فنی

- فولاد مورد استفاده جهت ساخت مفتول‌های این میلگرد، مطابق استاندارد ASTM A82 از نوع فولاد ضد زنگ یا فولاد گالوانیزه می باشد.

- قطر مفتول‌های آن در کمترین حالت برابر با ۴ میلی‌متر و در بیشترین مقدار برابر با ۶میلی‌متر باشد. با این حال، قطر ۴ میلی‌متر رایج‌ترین ضخامت برای تولید این میلگرد است.

- این میلگرد به روش جوشکاری از نوع جوش نقطه‌ای اتوماتیک ساخته می شود.

- حداقل تنش تسلیمی فولاد میلگرد بستر باید برابر با ۴۵۰ مگاپاسکال و حداقل تنش نهایی ۵۵۰ مگاپاسکال باشد.



کاربرد و نکات اجرایی

- تقویت و افزایش استحکام سازه‌ها در برابر نیروهای خارج از صفحه (عمود بر صفحه)

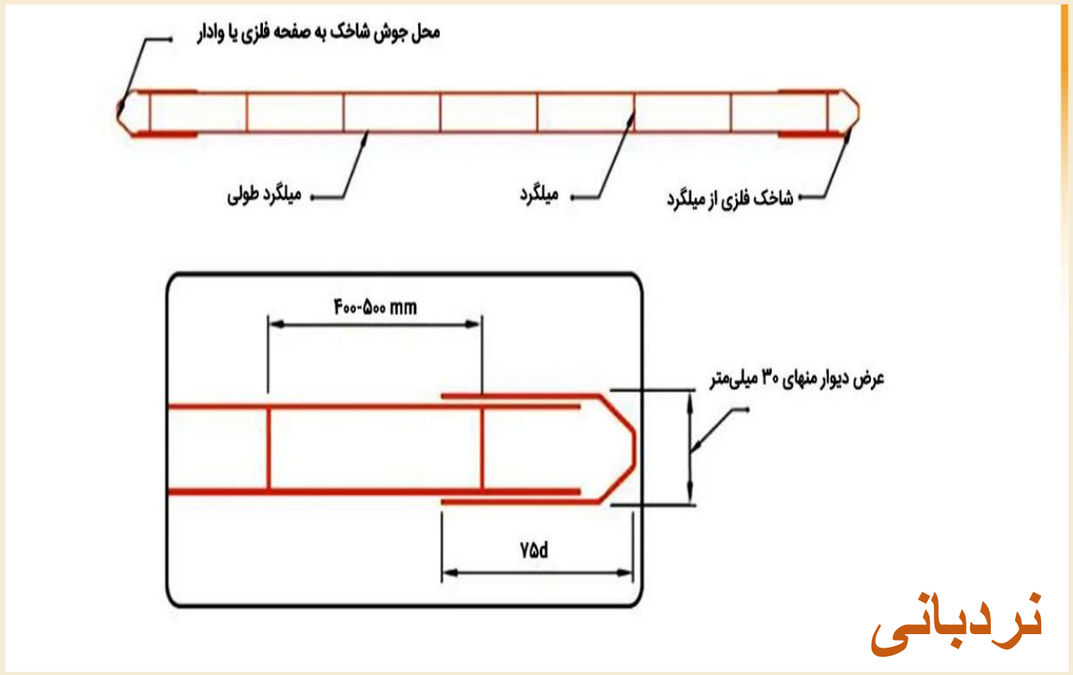
- افزایش میزان مقاومت برشی داخل صفحه دیوار

- افزایش پایداری و شکل پذیری خمش خارج از صفحه دیوار

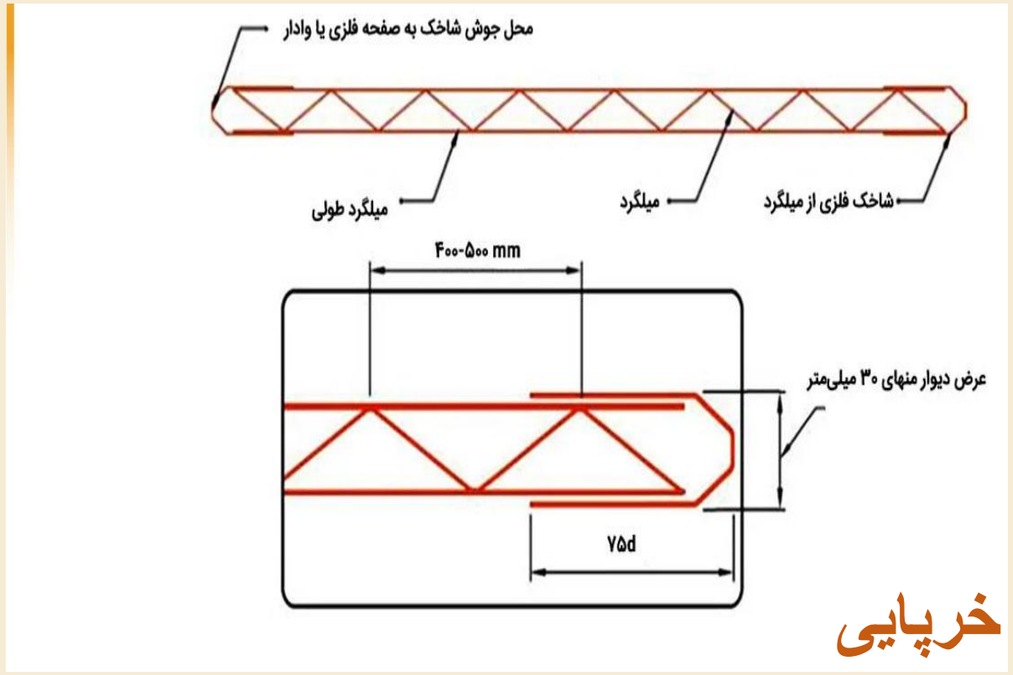
- بهبود مقاومت خمشی در دیوارهایی با کارکرد دو طرفه یا دیوارهای مجهز به بازشو

- کنترل عرض و فاصله ترک‌ها در اثر جمع شدگی و تغییرشکل‌های حرارتی

انواع میلگرد بستر



نردبانی

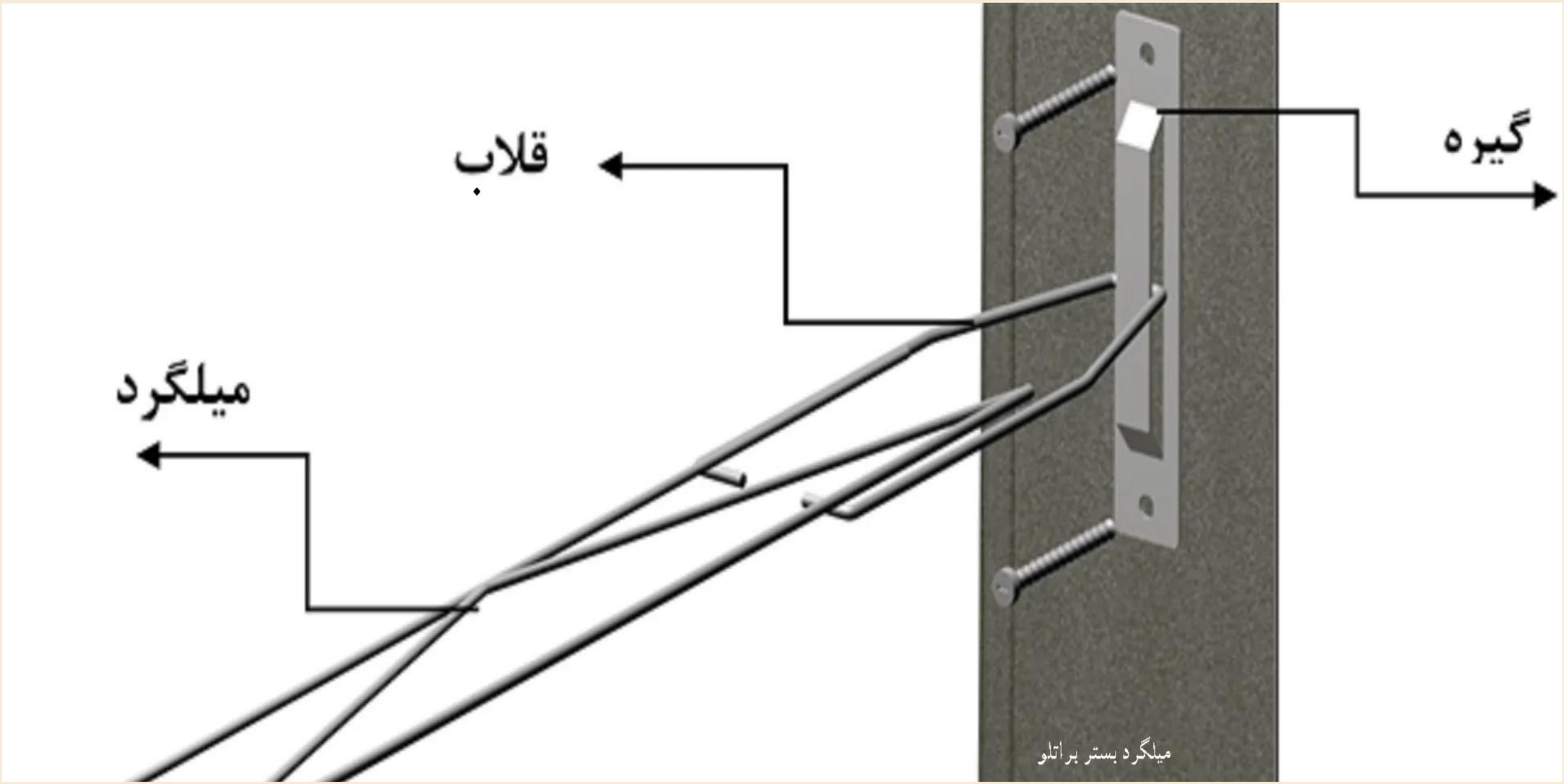


خرپایی

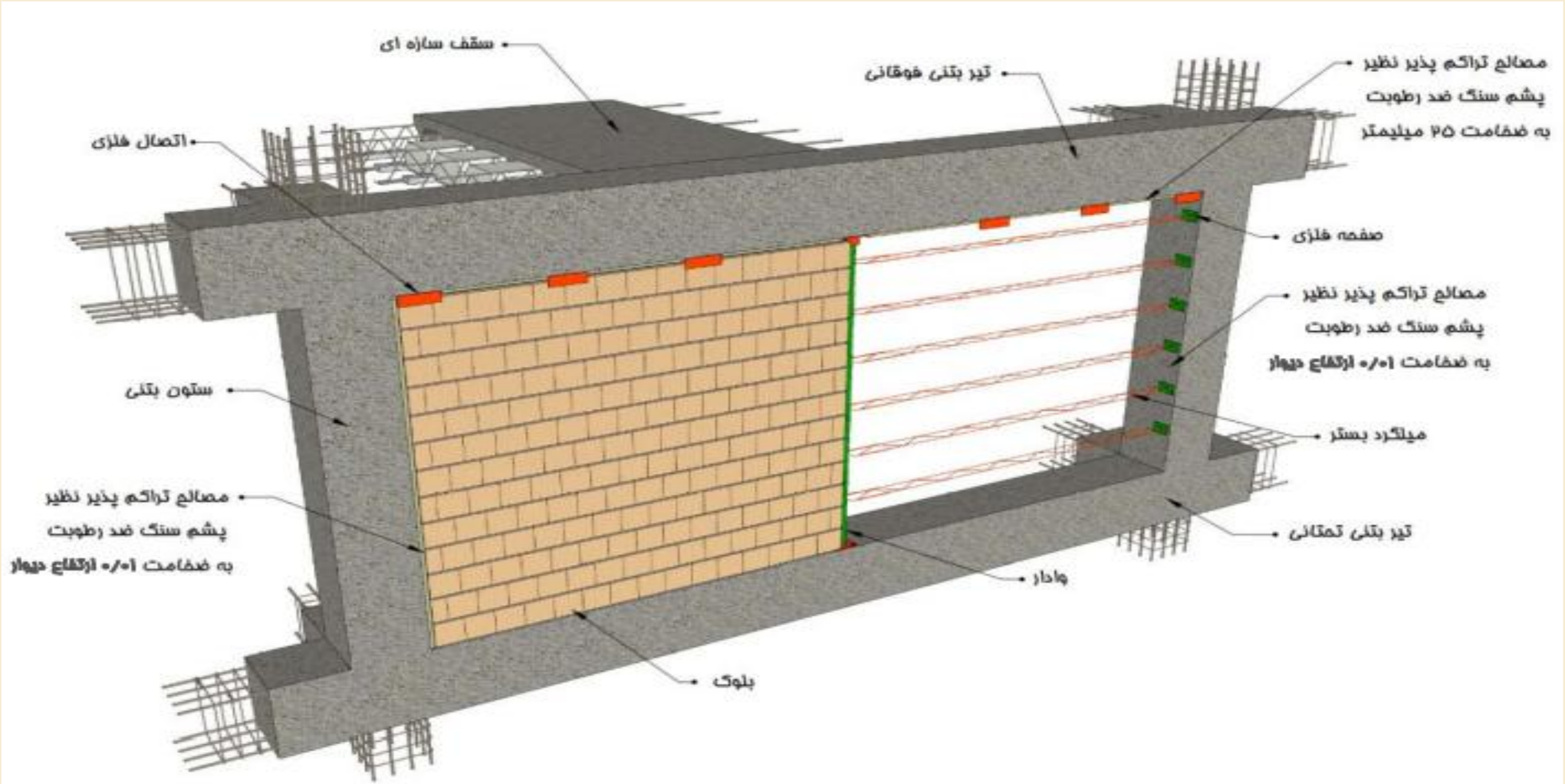
مشبک

از آنجایی که در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ تنها به دو شکل نردبانی و خرپایی اشاره شده است، لذا نوع مشبک آن در بازار عرضه نمی‌شود.

اقلام مورد نیاز جهت اجرای میلگرد بستر

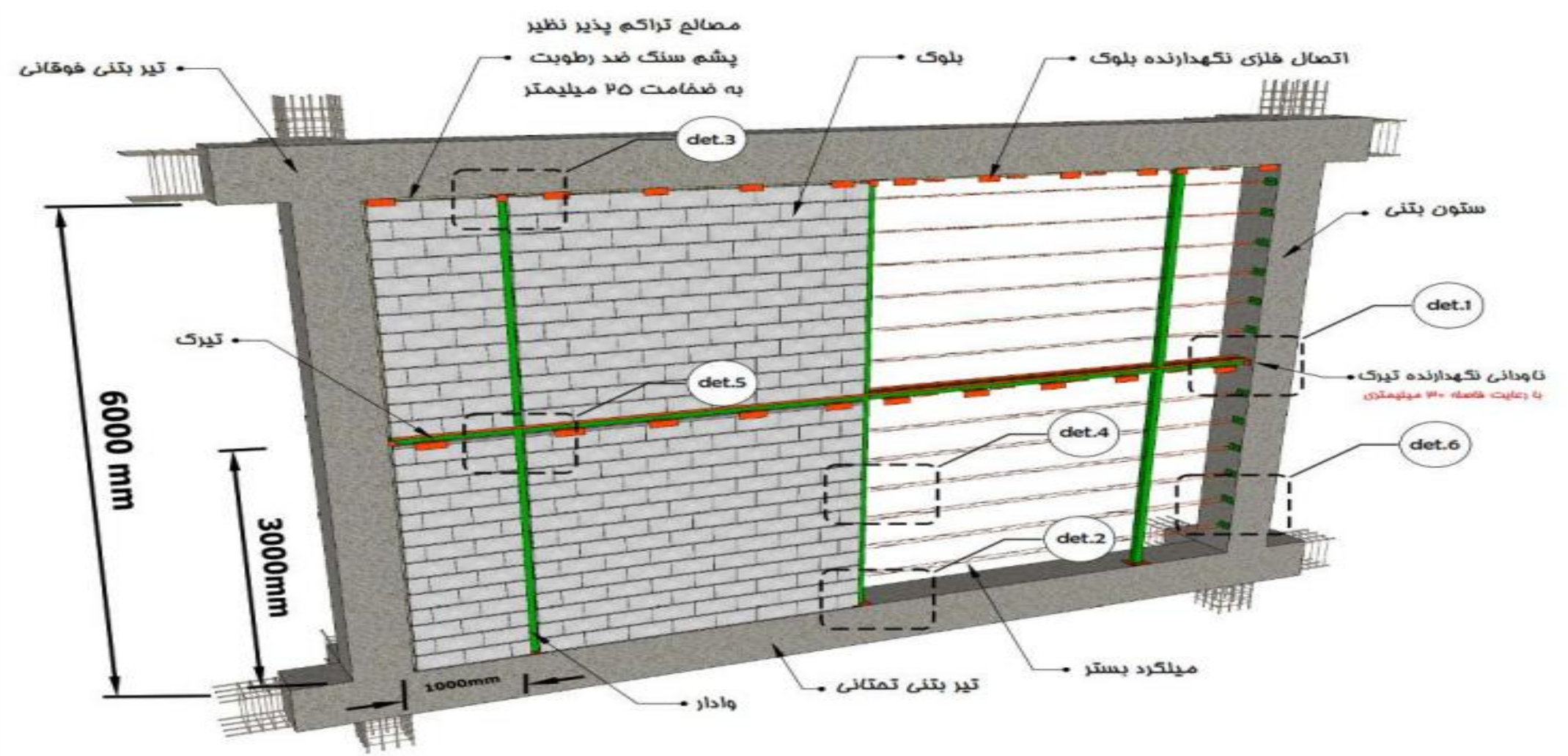


پیوست ششم آیین نامه 2800



شکل پ۶-۱- دیوار خارجی بلوکی (سفال، آجر بلوک سیمانی سبک و...) دارای ملات سیمانی مسلح شده به میلگرد بستر

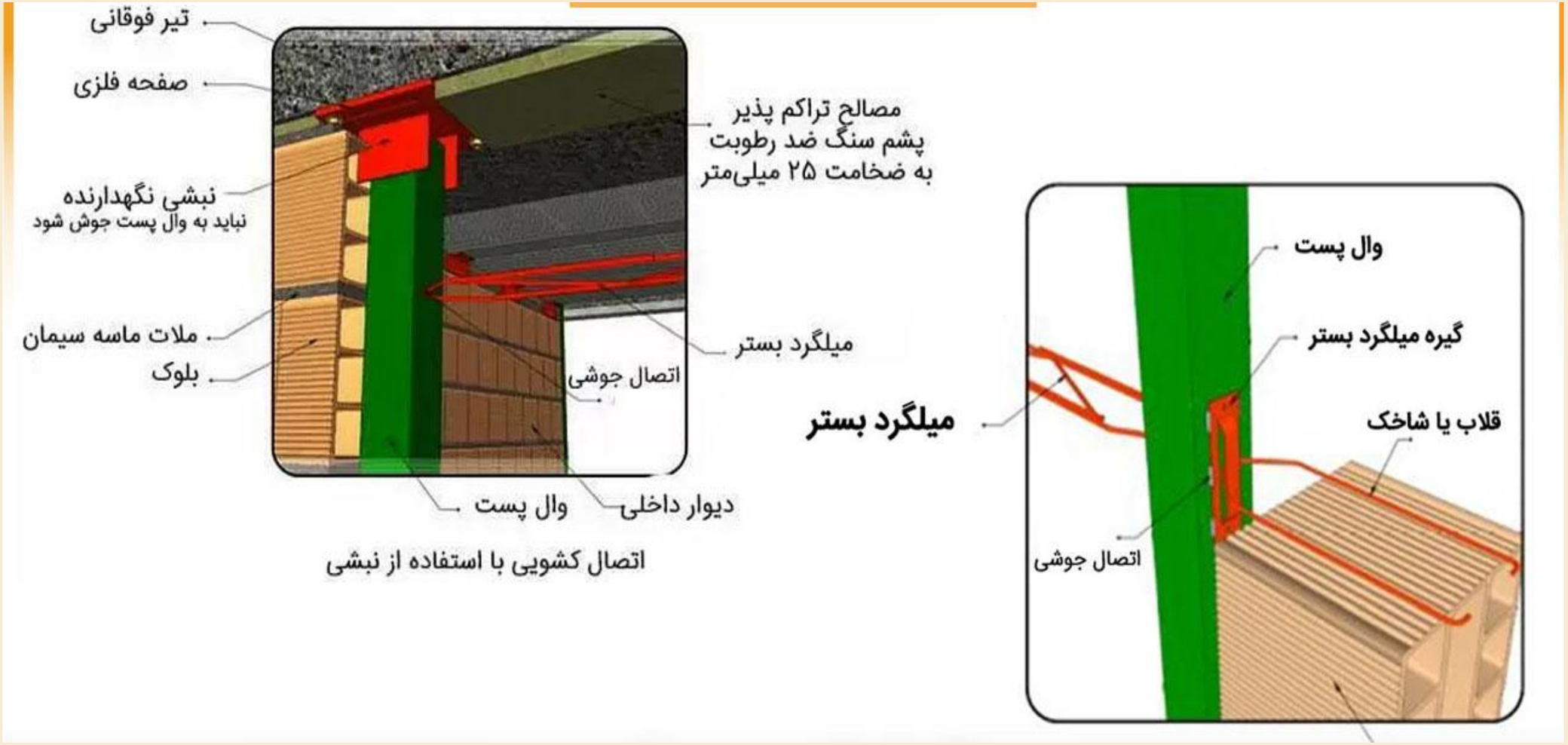
پیوست ششم آیین نامه 2800



شکل پ۶-۷- دیوارهای بلوکی با ارتفاع بیش از ۳٫۵ متر دارای تیرک و وادار (به عنوان نمونه یک دیوار با ارتفاع ۶ متری)

نکات اجرایی میلگرد بستر

مطابق مبحث ششم استاندارد ۲۸۰۰ می‌بایست در اجرای دیوارهای داخلی رج آخر دیوار یا یکی ماقبل آن با استفاده از میلگردهای بستر مسلح شود.



معرفی دیوارهای غیر باربر

نقش در ساختمان

به‌عنوان جداکننده فضاها عمل می‌کنند ولی بارهای ثقلی و جانبی را منتقل نمی‌سازند.

مزایای کاربردی

وزن پایین، سهولت جابه‌جایی و نقش کلیدی در عایق‌بندی صوتی و حرارتی

اهمیت در زلزله

اگرچه از نظر سازه‌ای باری را تحمل نمی‌کنند اما در برابر زلزله، تحت تاثیر حرکات سازه می باشند.

معرفی بازشوها و نقش آن‌ها

عبور نور، تهویه و دسترسی

بازشــوها در دیوارهــا بــه‌منظور عبــور نــور، تهویــه و دسترسی به دیگر فضاها تعبیه می‌شوند.

تمرکز تنش و کاهش مقاومت

وجود بازشو، مسیرهای محلی تمرکز تنش ایجاد می‌کند که می‌تواند کاهش قابل توجهی در مقاومت و تغییرشکل‌پذیری دیوار به دنبال داشته باشد.

اثر مستقیم بر عملکرد لرزه‌ای

ابعاد، محل و شکل بازشوها اثر مستقیم بر عملکرد لرزه‌ای دیوار دارد.

معرفی بلوک سبک لیپر

بلوک لیپر نوعی بلوک سیمانی سبک است که از مخلوط سیمان، آب، پوکه پرلیت و الیاف پلی‌پروپیلن ساخته می‌شود.

این بلوک توسط فناوری‌های نوین (ویبره و پرس هیدرولیک) تولید می‌گردد.

مزایای بلوک لیپر:

- عایق حرارت و صوت
- وزن کم
- مقاومت مناسب
- سهولت نصب

ویژگی‌های فنی و اجرای دیوار از جنس بلوک سبک لیپر

40x20x10 Cm

50x20x15 Cm

40x20x20 Cm

مشخصات فنی

مقاومت فشاری: 3.4 Mpa

جرم حجمی خشک: 1500-1000 Kg/m^3

مقاومت حرارتی کل برای انواع بلوک: $0.99m^2.K/W$ الی $0.657m^2 . K/W$

افت صوتی: 45dB الی 55dB

مقاومت در برابر آتش: 240 دقیقه در دمای 1200 درجه سانتی گراد

میزان جذب آب: 212 Kg/m^3

نکات اجرایی

بندکشی کامل با ملات ماسه سیمانی

شاقول و تراز بودن دیوار

رعایت فاصله‌های اجرایی

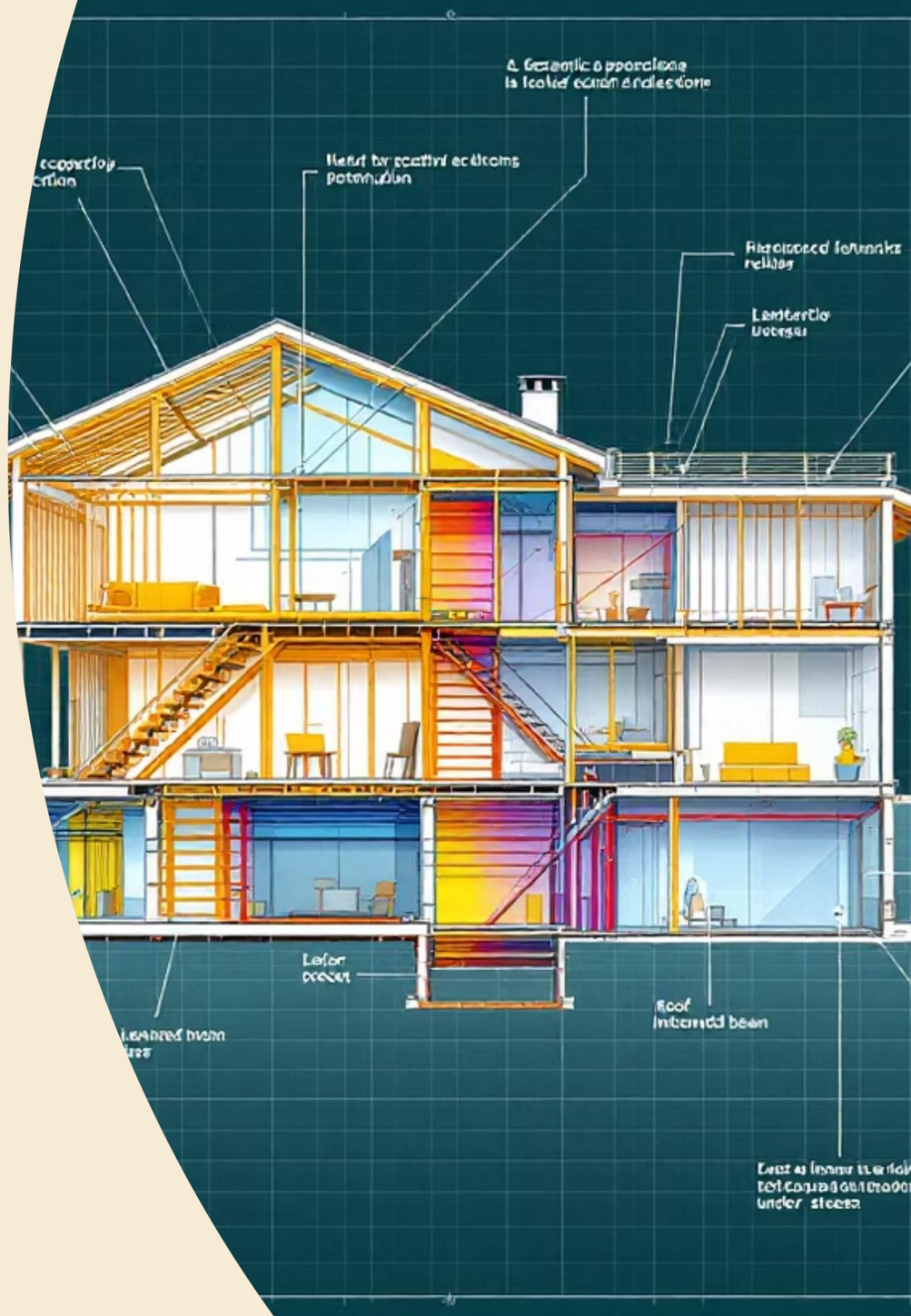
اجرای رج آخر با مصالح مناسب مانند آجر

قابلیت اجرای میلگرد بستر در راستای مقاوم سازی دیوار

مبانی نظری عملکرد لرزه‌ای دیوار

عملکرد لرزه‌ای هر دیوار به توان تحمل بارهای زلزله و حفظ کارکرد آن بستگی دارد .معیارهای اصلی ارزیابی شامل ظرفیت باربری نهایی، الگوی ترک‌خوردگی، تغییر شکل و دوام اجزاست.

دیوارهایی با ظرفیت و شکل‌پذیری بیشتر، می‌توانند تغییر شکل‌های خارج از صفحه بزرگ‌تری را بدون فروریزش تحمل نمایند.



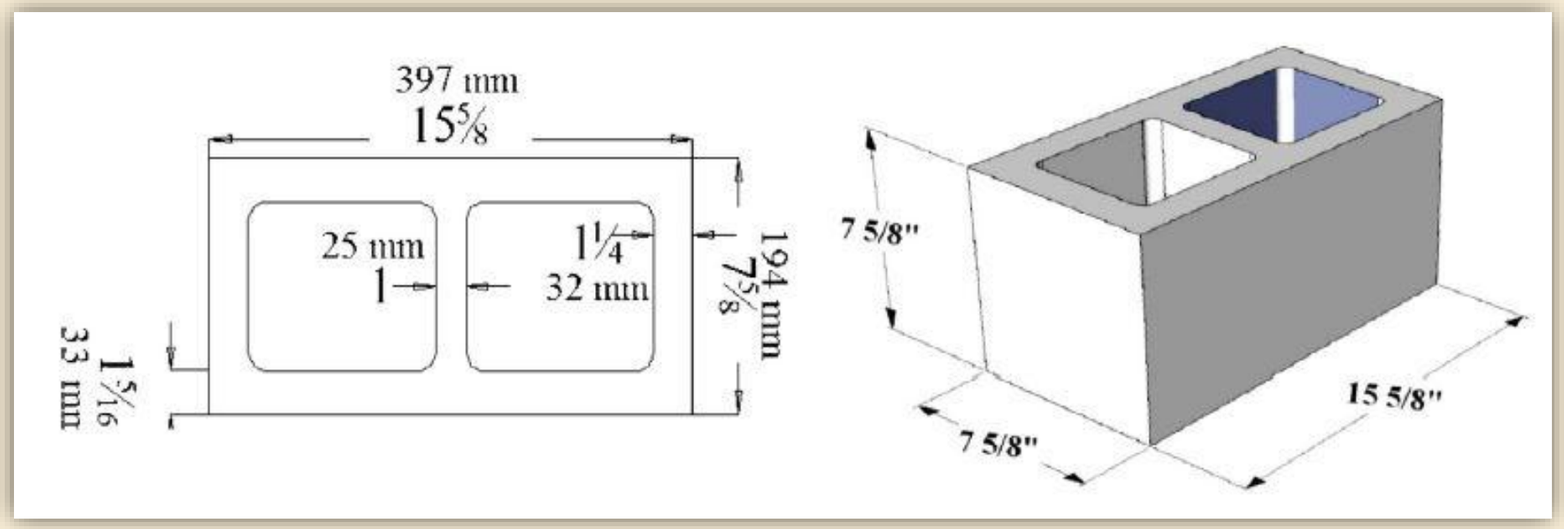
روش تحقیق و مدل‌سازی عددی-آزمایشگاهی

در این مطالعه، از شبیه‌سازی عددی (روش اجزاء محدود با نرم‌افزارهای تحلیل سازه‌ای مانند Abaqus) برای معیارسنجي داده‌های واقعی دیوار بلوک لیپر با ابعاد و شکل بازشوی مختلف استفاده شده است.

شرایط مرزی، بارگذاری خارج از صفحه و نحوه خرابی ثبت گردیده است.

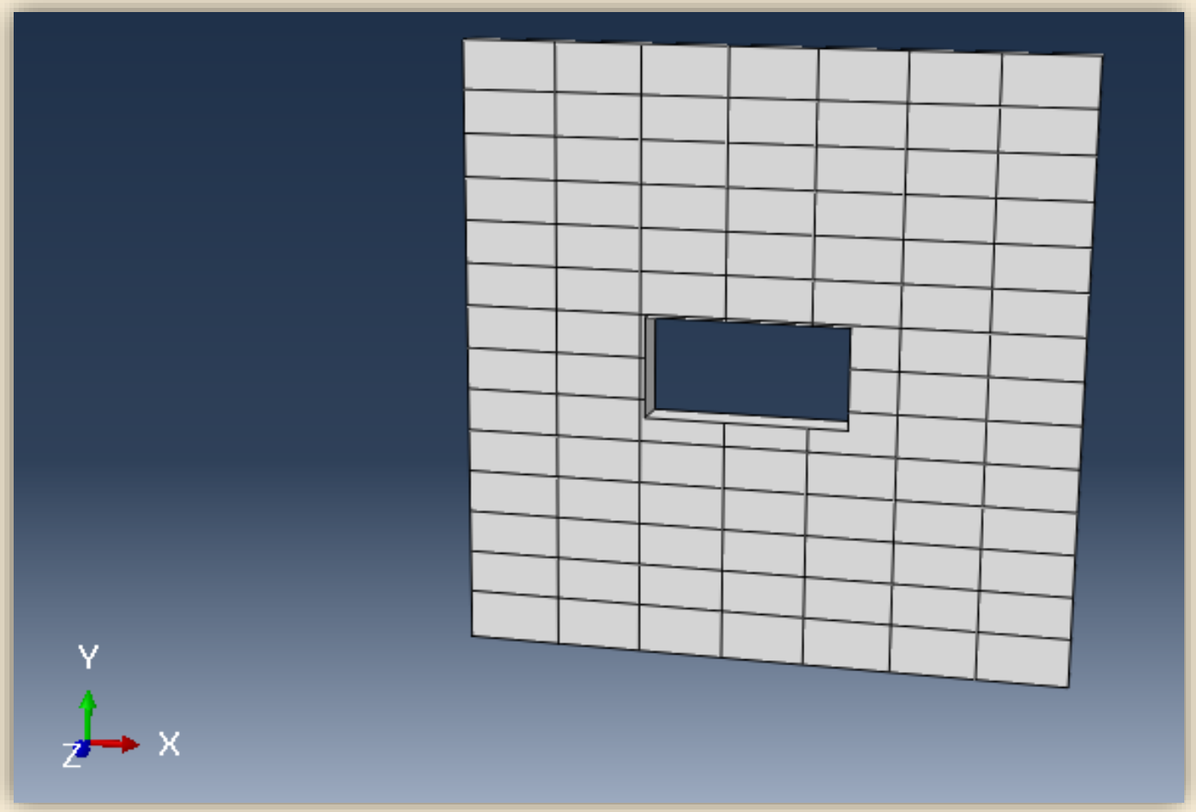
مدل‌سازی

در پژوهش حاضر از بلوک های با اندازه و ابعاد زیر استفاده شده است. دلیل انتخاب این اندازه ها، نزدیک بودن آن‌ها به اندازه واقعی می باشد.



مدل‌سازی

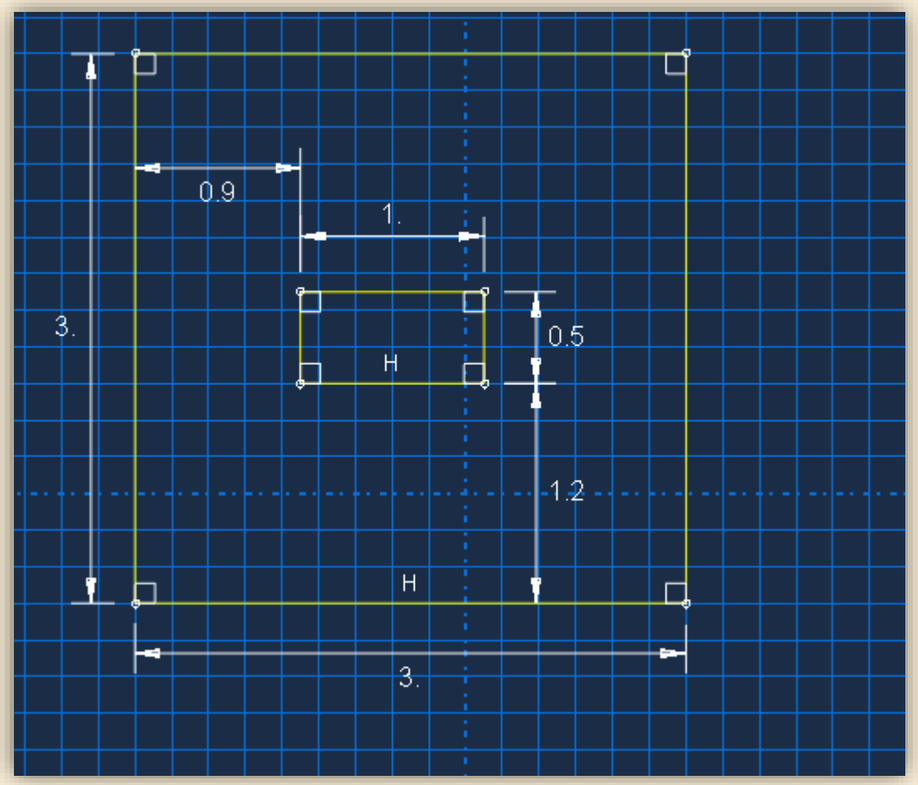
خواص مکانیکی بلوک ها مطابق شکل زیر در نظر گرفته شده است.



نتیجه‌نهایی

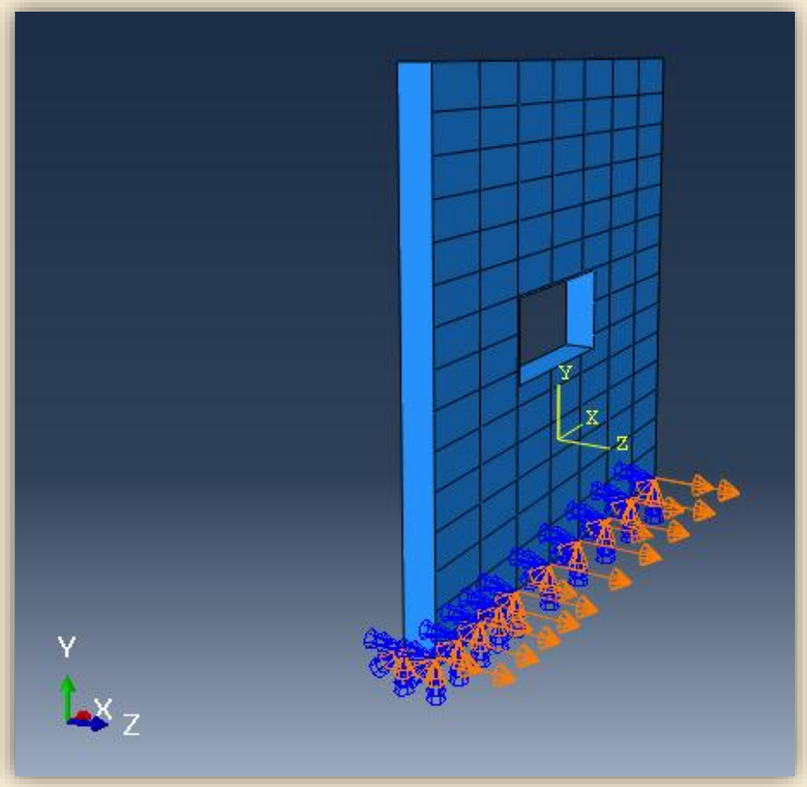
مدل‌سازی

در این پژوهش ضخامت دیوار 19.40 سانتی متر مطابق هر بلوک در نظر گرفته شده است.



مدل دوبعدی دیوار

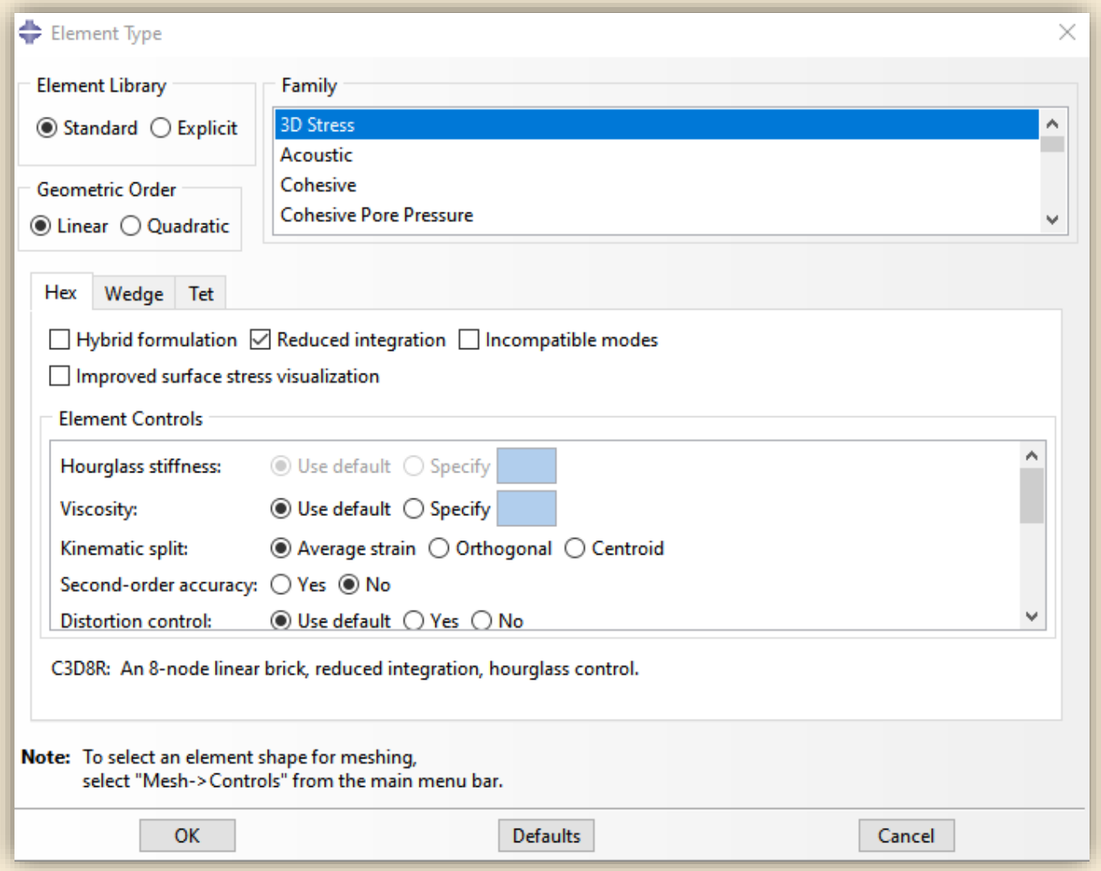
مدل‌سازی



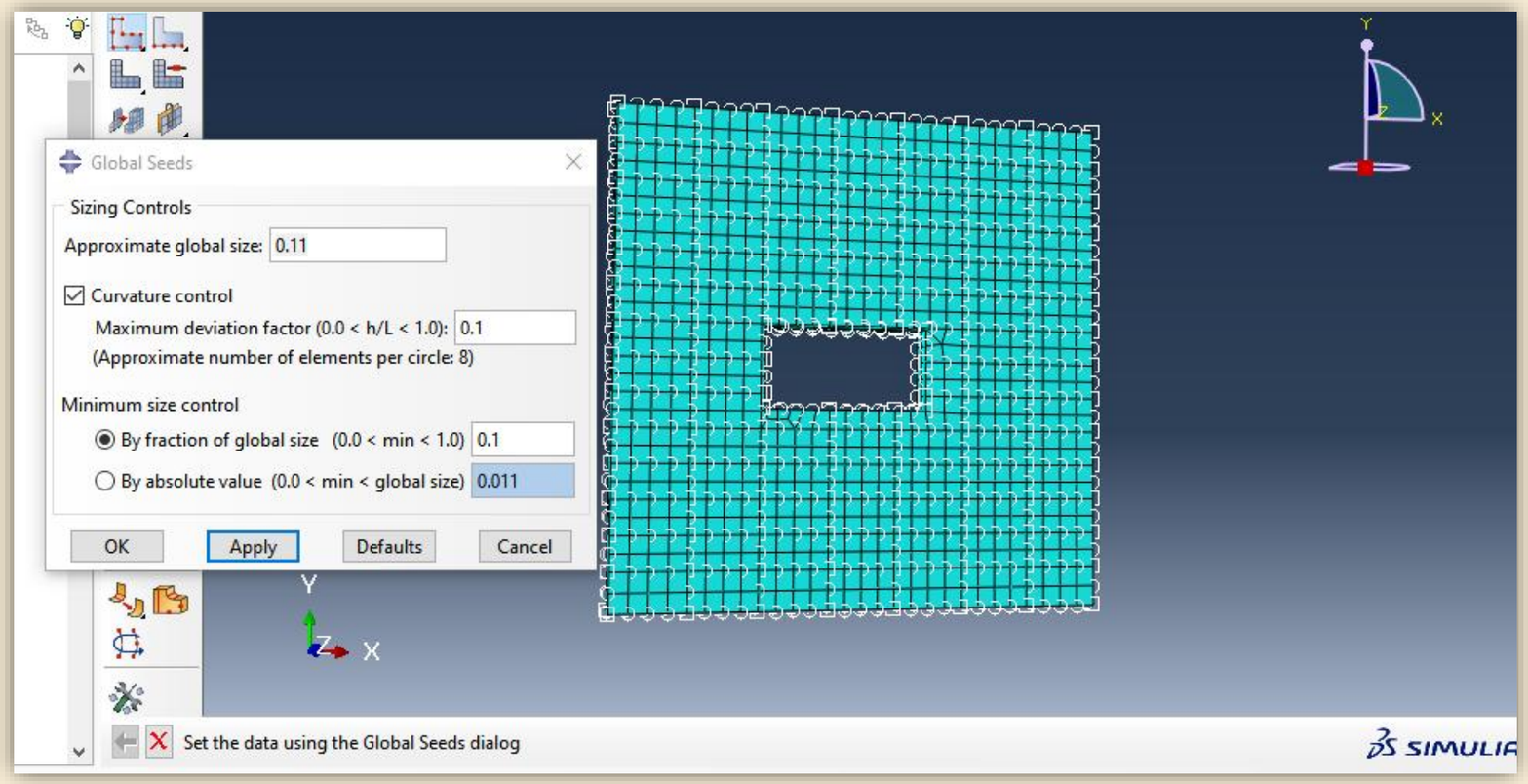
اعمال بارگزاری بر روی دیوار

مش‌بندی

در پژوهش حاضر مش دیوار از نوع C3D8R در نظر گرفته شده است.



مش‌بندی



مش‌نهایی و اندازه آن

جدول خلاصه داده‌های تحلیل (جابه‌جایی-زمان)

شاخص	مقدار جابه‌جایی ۱ (میلی‌متر)	مقدار جابه‌جایی ۲ (میلی‌متر)
حداقل	1.01	2.01
حداکثر	2.70	5.40
میانگین (تخمینی)	1.85	3.70
روند کلی	ابتدا صعودی، سپس نوسانی و کاهشی	ابتدا صعودی، سپس نوسانی و کاهشی

جابه‌جایی با شروع زمان افزایش پیدا کرده، سپس پس از رسیدن به نقطه اوج، نوسان و کاهش تدریجی داشته است.

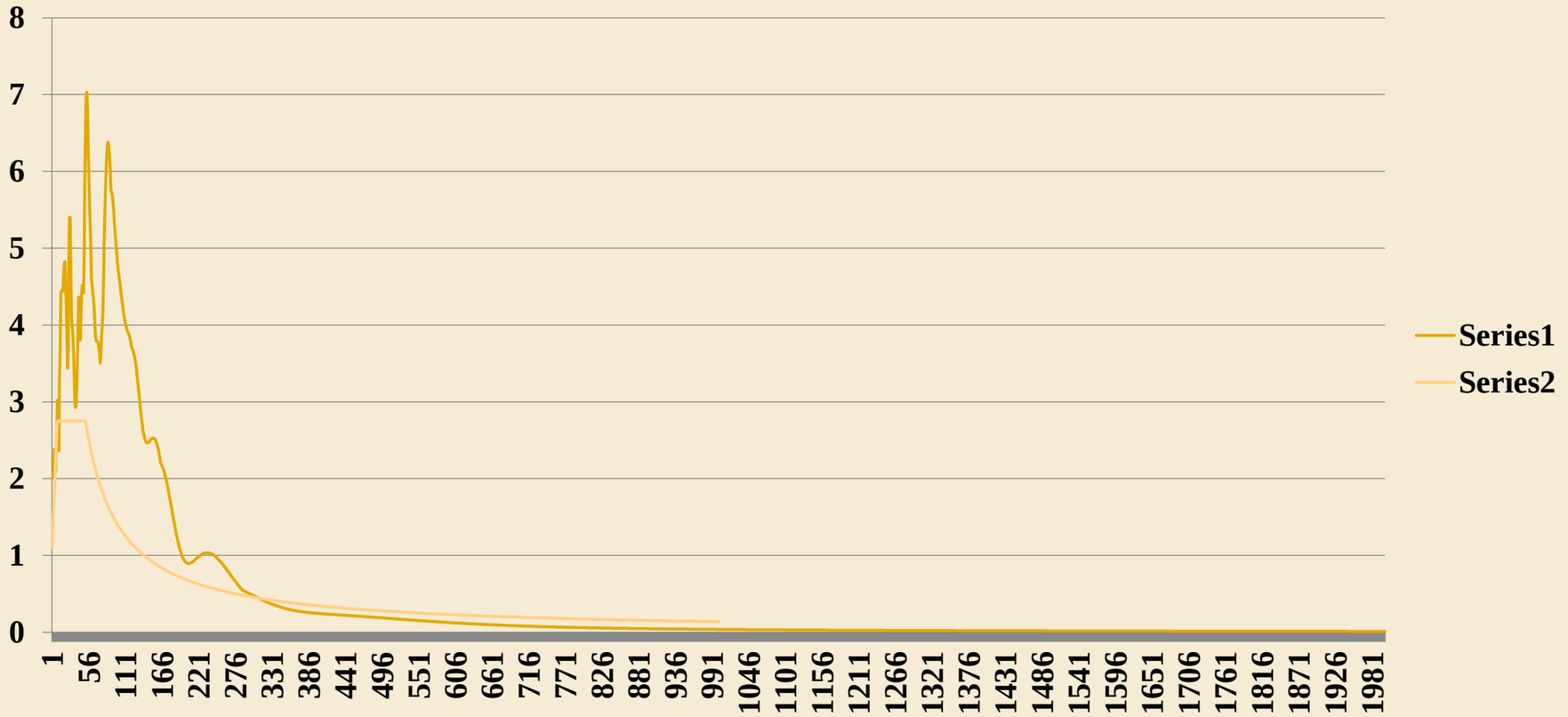
جدول خلاصه داده‌های U_1 و U_2 و δ_1

شاخص	δ_1 (تغییرمکان نسبی)	U_1	U_2
حداقل	0.47	1.75	3.50
حداکثر	0.85*	3.52	7.03
میانگین*	0.70	2.65	5.30
روند کلی	افزایش-کاهش	ابتدا صعودی تا حدود 0.53-0.54 و سپس نزولی	مانند U_1

*مقدار حداکثر U_1 و U_2 در بازه $\delta_1 \approx 0.53–0.54$ روی داده و سپس کاهش یافته است.

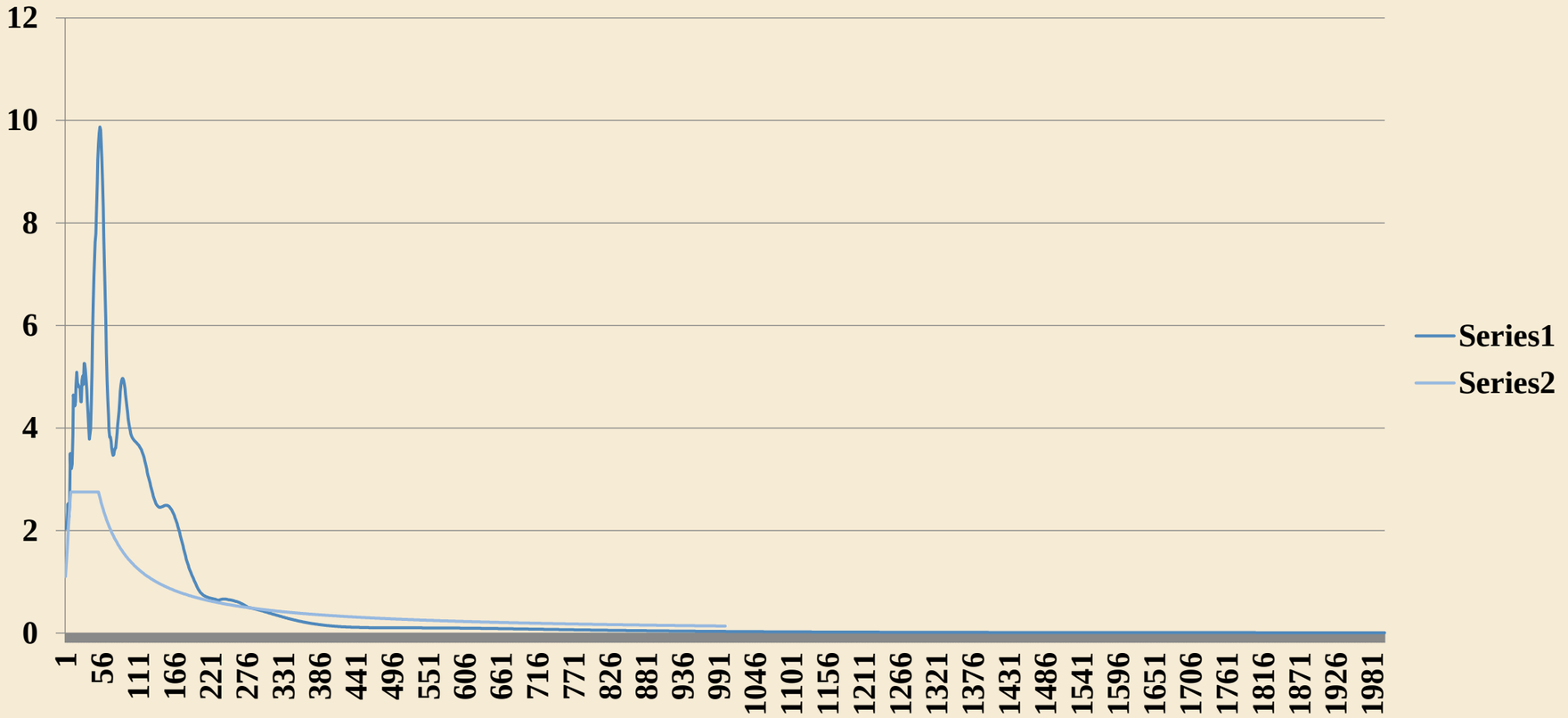
با افزایش δ_1، پارامترهای U_1 و U_2، افزایش یافته تا به اوج خود برسند و سپس با ادامه افزایش δ_1، کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده آسیب و نرم‌شدگی است.

کاهش دامنه نوسان دو نمونه مختلف در گذر زمان



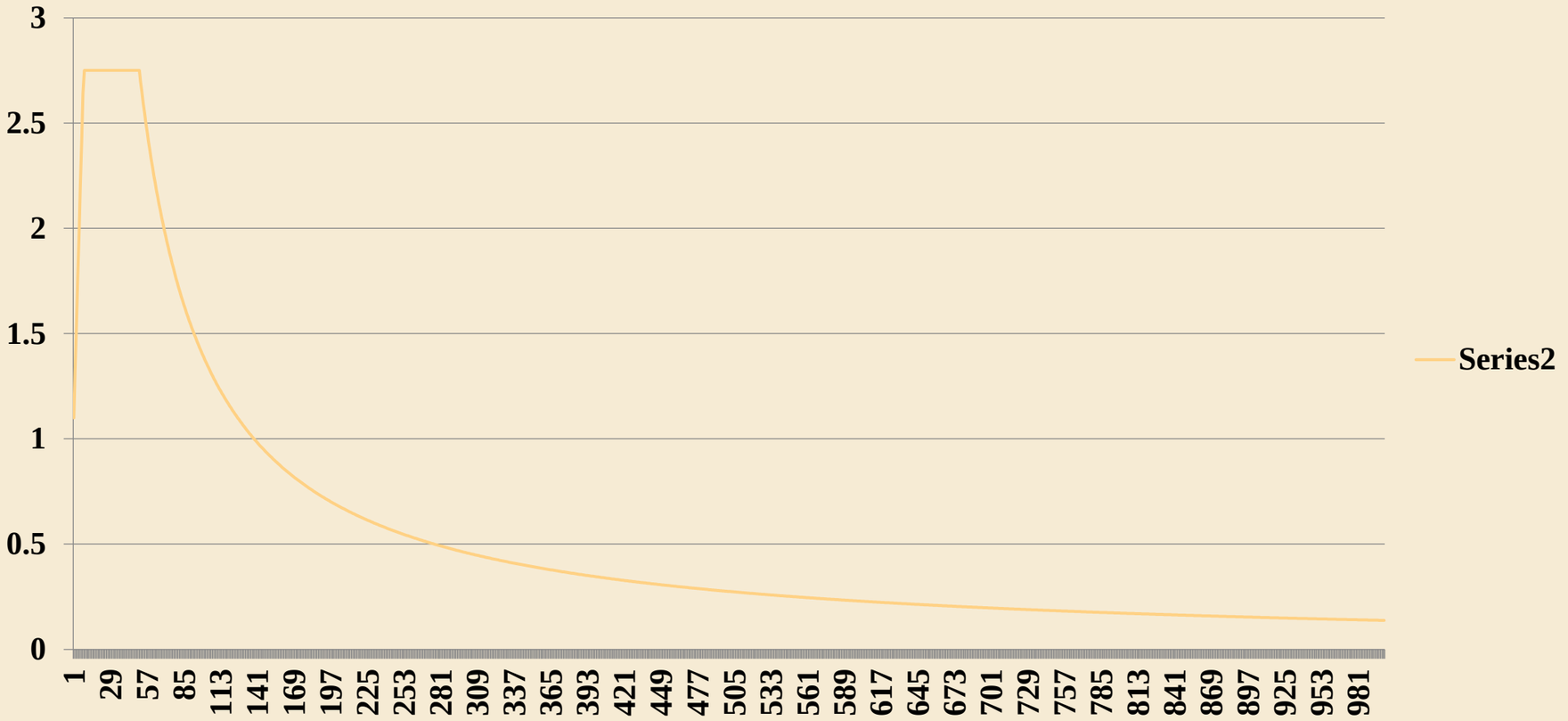
نمودار بالا کاهش بسیار سریع دامنه نوسان در دو نمونه سازه‌ای را تحت بارگذاری دینامیکی نشان می‌دهد که بیانگر وجود میرایی بالای سیستم و جذب مؤثر انرژی در ابتدای پاسخ گذرا است.

کاهش دامنه ارتعاشی دو نمونه مختلف تحت اثر میرایی



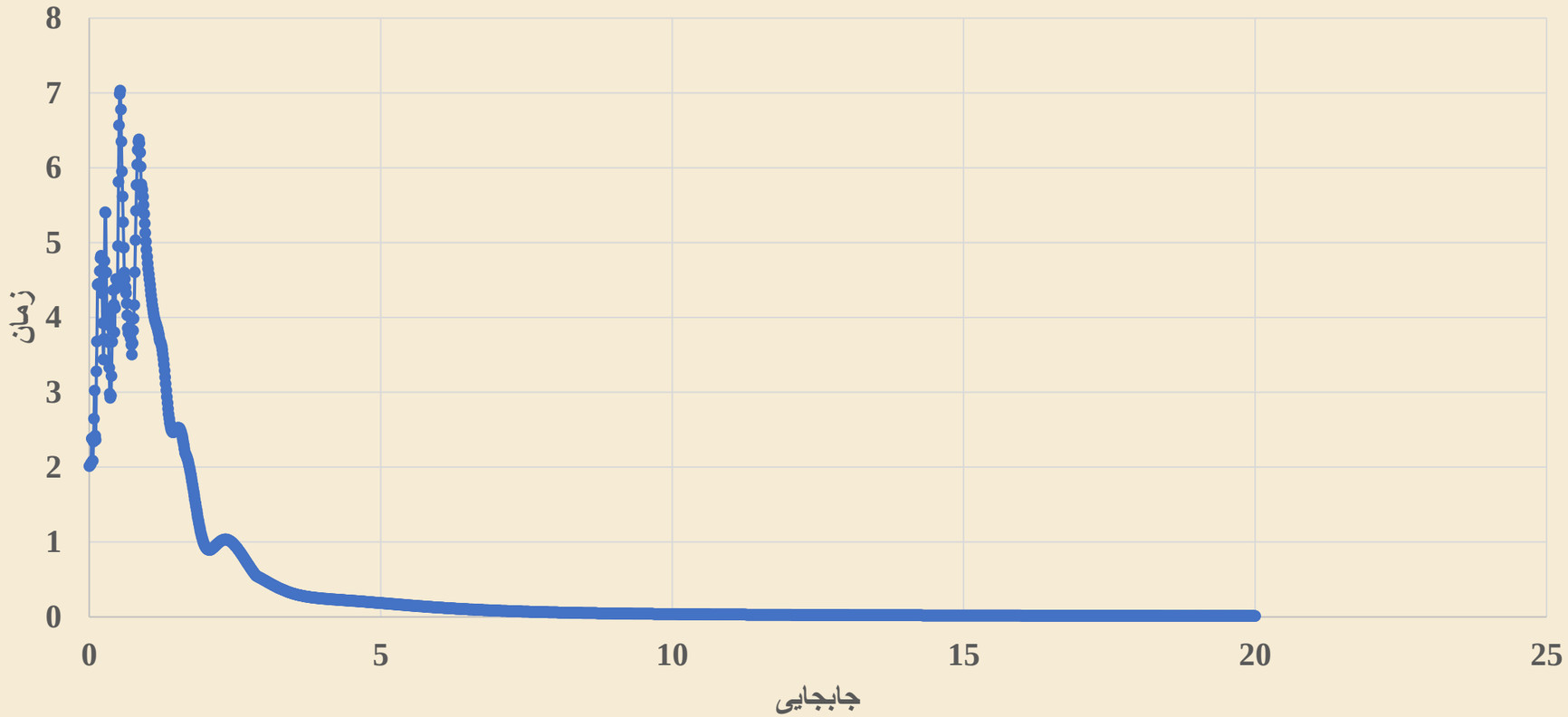
نمودار فوق کاهش سریع و موثر دامنه نوسان در دو نمونه سازه‌ای را پس از دریافت تحریک دینامیکی اولیه نشان می‌دهد که حاکی از نقش مهم میرایی در جذب و مستهلک‌کردن انرژی وارده و پایداری سیستم در زمان کوتاه است.

روند کاهش دامنه نوسانات نمونه سری دوم در گذر زمان/گام بارگذاری



نمودار فوق روند کاهش دامنه پاسخ نمونه سری دوم را تحت اثر بارگذاری دینامیکی نشان می‌دهد؛ کاهش سریع دامنه در ابتدای نمودار و نزدیک شدن آن به صفر در ادامه، نشان‌دهنده نقش کلیدی میرایی در جذب و مستهلک‌سازی انرژی و بازگشت به پایداری در سیستم است.

کاهش دامنه جابه‌جایی نمونه پس از وقوع زلزله

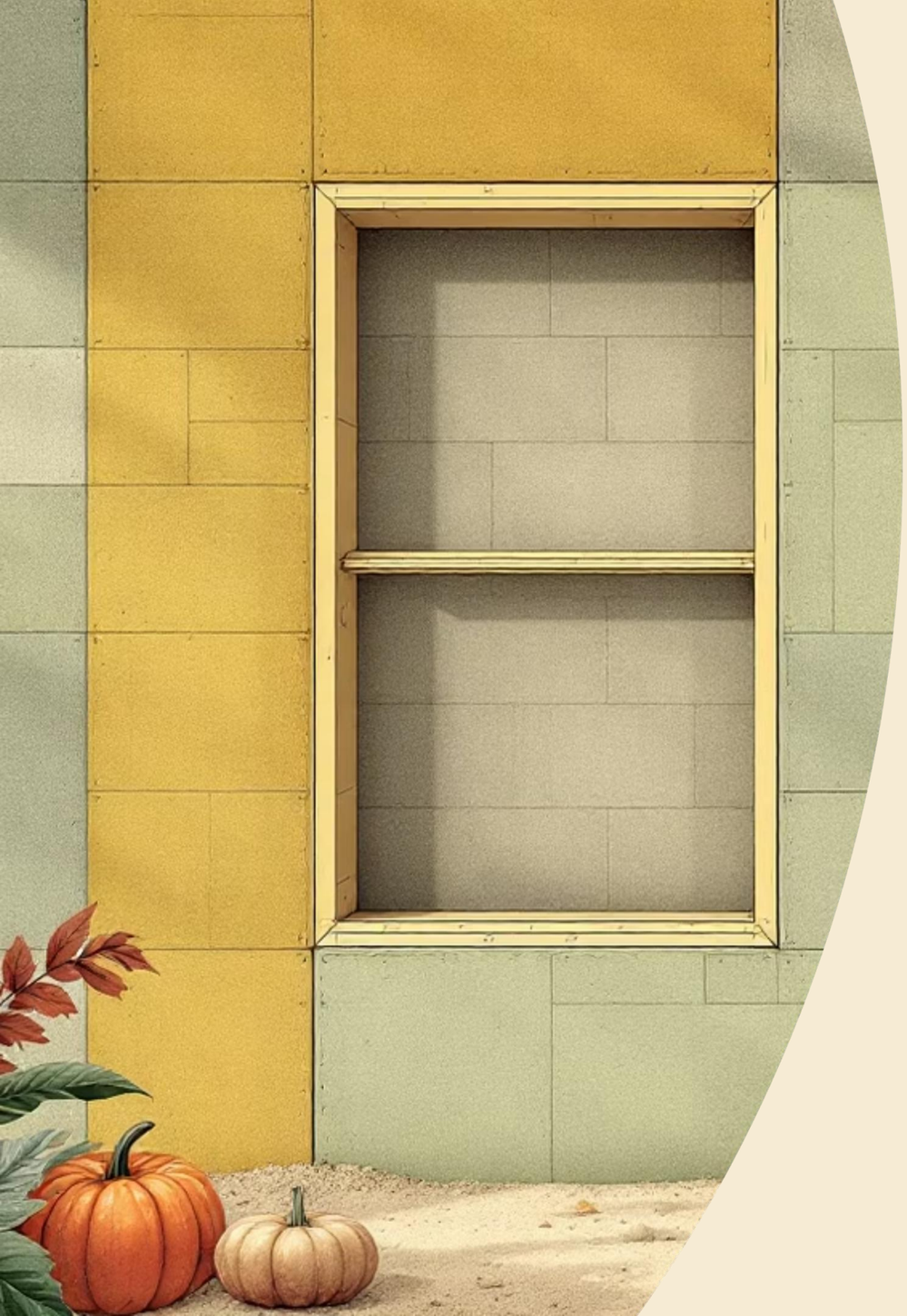


نمودار فوق، نمایش دهنده کاهش سریع دامنه جابجایی سازه پس از اثر زلزله است. نوسانات اولیه شدید به واسطه انرژِی وارده رخ داده و با دخالت میرایی، نوسانات به سرعت مستهلک و سازه به حالت تعادل پایدار می‌رسد.

نتیجه گیری و بحث

مطالعات عددی نشان داد وجود بازشو، به‌خصوص با ابعاد بزرگ یا جانمایی نزدیک لبه، الگوی شکست دیوار را کاملاً تغییر داده و ظرفیت تحمل بار لرزه‌ای کاهش می‌یابد.
به‌طور کلی، آرماتور بستر یک ابزار تقویتی برای افزایش استحکام دیوارها و سازه‌ها به هنگام زلزله است. این میلگردها با مقابله در برابر نیروی خارج از صفحه می‌تواند امکان حرکت دیوار را پس از زمین لرزه ایجاد کند. بدون شک اجرای استاندارد و دقیق این میلگردها سبب کاهش خسارت‌های جانی و مالی به هنگام زلزله می‌شود.

با درنظر گرفتن تقویت اطراف بازشو با کلاف‌بندی فلزی یا چوبی، می‌توان بخشی از این نقاط ضعف را اصلاح نمود.



پیشنهادهای بهسازی و جمع‌بندی

1 راهکارهای بهسازی

- استفاده از تسمه فولادی و کلاف‌بندی مناسب
- قرارگیری بازشو در مرکز دیوار
- محدود نمودن ابعاد بازشو
- آموزش اجرای صحیح و کنترل معیارهای اجرایی

2 پیشنهادات آینده

- بررسی عملکرد تحت سناریوهای عملی زلزله
- مدل‌سازی رفتار با سایر انواع مصالح سبک
- توسعه روش‌های نوین تقویت دیوارها

منابع

احسان دوست و زارع (۱۳۹۶) بررسی آسیب پذیری لرزه ای و راهکارهای مقاوم سازی سازه های آجری غیر مسلح (مطالعه موردی کشور ایران)

اصغری (۱۳۹۴) اثرات بار انفجار بر رفتار دیوارهای آجری

باقری و دانشجو، ف (۱۴۰۲) تاثیر استفاده از الیاف FRP بر شاخص خسارت سطوح عملکرد لرزه ای و شکل پذیری ستون های دایره ای شکل پایه پلها با استفاده از تحلیل های NSPو.IDA

بمانیان (۱۳۹۲). بررسی موقعیت مناسب بازشو با اشکال مختلف در رفتار لرزه ای دیوار برشی فولادی پیمان

ذکی بخش (۲۰۲۴) بررسی اثر خروج از محوری امتداد مهاربندهای ضربدری بر پایداری قابهای فولادی

خیرالدین و حسینی (۲۰۱۸) بررسی عملکرد لرزه ای دیوارهای برشی بتن آرمه با بازشوهای برون محور رضوانی شریف و نادری (۱۳۹۵) بررسی رفتار درون صفحه دیوارهای بنایی غیر مسلح تقویت شده توسط FRPبه روش EBR

زارعیان را رئیسی ،وانانی .. و قاسمیان م. (۱۳۹۱). بررسی عملکرد و مقایسه بلوک سبک بتنی هبلکس به عنوان جایگزین آجر

صرافی و عشقی (۱۳۹۳) مقاومت جانبی دیوارهای آجری کلاقدار

عالیزاده و و امیدی ،اشتیانی .م (۱۳۹۶) نحوه عملکرد ترکیب استفاده از جداسازی لرزه ای و بلوک برشی در پل ها.

لمکاران (۱۳۹۵) ازبار پاسخ لزهای دیوارهای شن با عملکرد گهواره ای

خیرالدین و حسینی (۲۰۱۸) بررسی عملکرد لرزه ای دیوارهای برشی بتن آرمه با بازشوهای برون محور. رضوانی شریف و نادری (۱۳۹۵) بررسی رفتار درون صفحه دیوارهای بنایی غیر مسلح تقویت شده توسط FRPبه روش EBR

زارعیان را رئیسی وانانی و قاسمیان م .(۱۳۹۱) بررسی عملکرد و مقایسه بلوک سبک بتنی هبلکس به عنوان جایگزین اجر.

قاسمی و همکاران (۱۳۹۵) ارزیابی پاسخ لرزه ای دیوارهای پیش ساخته بتنی با عملکرد گهواره ای مجهز به میراگرهای برشی

منابع

کاوه یی پوری و همکاران (۱۴۰۰) ارزیابی آزمایشگاهی رفتار چرخهای دیوار پایه در دیوار برشی کوتاه با بازشو خارج از مرکز از پیش تعیین نشده

میرید و بهفرنیا (۱۳۹۴) بررسی رفتار لرزه ای دیوارهای برشی بتن مسلح دارای بازشو تقویت شده با پوشش
های FRP

شفائی، ج، و استاد در (۱۳۹۹). بررسی تحلیلی عملکرد لرزه ای دیوارهای مصالح بنایی غیر مسلح تقویت شده با استفاده از تسمه های فولادی

Aswathi, K, B., Samih, & David Biggs (۲۰۱۶). The effect of opening size in unreinforced masonry walls under lateral loads: Computational modeling and comparison with codes.

Nikola, Flavia, & Anastasis (19). A closed-form solution for out-of-plane seismic assessment of unreinforced masonry schools in Nepal.

VY. Nikola, Fulvio (11). The impact of geometric irregularities on the in-plane seismic capacity of unreinforced masonry walls with openings.

YA. Orenla, Jamio, & Paolo (..). Laboratory evaluation of out-of-plane resistance of OSB-reinforced masonry walls.

Roderigo, Humberto, & Joss (YT). The impact of infill masonry walls on seismic assessment of non-earthquake-designed reinforced concrete frames.

Smiley, Deep, & Siwan (۲۰۱۸). The effect of earthquakes on unreinforced masonry structures with openings.

Targi, Ogaz, Baris, & Kamil (۲۰۲۲), Seismic vulnerability assessment of a masonry structure and strengthening proposal with FRP.

Yan, Gongling, Zipeng. Zhen, Yujia, & Fenglin (۲۰۲۰). Seismic performance of autoclaved aerated concrete self-insulating block walls.

با سپاس از توجه پر مهرتان

و

آرزوی سربلندی برای جامعه عزیز مهندسین