

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان بتن سبک اتوکلاو شده



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

## دستورالعمل طراحی و اجرای دیوارهای ساخته شده از بلوک های بتن هوادار اتوکلاو شده AAC

مجری:

نادر خواجه احمد عطاری

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

بخش مهندسی سازه



مجری پروژه

دکتر نادر خواجه‌احمد عطاری

اعضاء کمیته تدوین (کارشناسان مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

- ۱- دکتر نادر خواجه‌احمد عطاری
- ۲- دکتر مژده زرگران
- ۳- دکتر عاطفه جهان‌محمدی
- ۴- مهندس محمدرضا بیات
- ۵- مهندس کیان خلیلی جهرمی
- ۶- مهندس مجتبی شابدین
- ۷- مهندس لیلا کاتبی

اعضاء کمیته راهبردی فنی (نمایندگان انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان بتن سبک اتوکلاوشده)

- ۱- عبدالرحیم محمدی، دبیر انجمن
- ۲- مهندس صمد صومی، مسئول کمیته فنی

با همکاری نمایندگان شرکت‌های تولیدکننده عضو انجمن





## فهرست مطالب

۱	فصل اول: کلیات
۱-۱	۱- مقدمه
۲-۱	۲- دامنه کاربرد
۳-۱	۳- مصالح مورد استفاده در بلوک AAC
۴-۱	۴- ملات اصلاح شده پلیمری
۵-۱	۵- حمل و نگهداری
۱-۵-۱	۱-۵- تخلیه‌ی بلوک‌ها
۲-۵-۱	۲-۵- انبار و نگهداری
۷	فصل دوم: ماده چسباننده و الزامات آن
۱-۲	۱- مقدمه
۲-۲	۲- الزامات ملات اصلاح شده پلیمری
۱-۲-۲	۱-۲-۲- الزامات مواد سیمانی و سنگدانه
۲-۲-۲	۲-۲-۲- الزامات آب مورد استفاده
۳-۲-۲	۳-۲-۲- الزامات مواد افزودنی
۴-۲-۲	۴-۲-۲- الزامات ملات و آزمایش‌های لازم
۳-۲	۳- مقاومت گسیختگی کششی
۱۳	فصل سوم: بارهای وارد بر دیوار AAC و معیارهای پذیرش آن‌ها
۱-۳	۱- مقدمه
۱-۱-۳	۱-۱-۳- سطوح کاربری ساختمان
۲-۱-۳	۲-۱-۳- سطوح عملکرد ساختمان
۳-۱-۳	۳-۱-۳- سطح خطر لرزه‌ای
۴-۱-۳	۴-۱-۳- ضریب عملکرد دیوار غیر سازه ای
۵-۱-۳	۵-۱-۳- ملاحظات کلی
۲-۳	۲- بار ثقلی
۳-۳	۳- بارها و اثرات ناشی از زلزله
۱-۳-۳	۱-۳-۳- محاسبه نیروها و تغییر شکل‌های وارد به دیوار
۲-۳-۳	۲-۳-۳- معیارهای پذیرش، ضوابط و الزامات لرزه‌ای دیوار AAC
۴-۳	۴- بار باد وارده بر دیوارهای خارجی ساخته شده از بلوک AAC
۱-۴-۳	۱-۴-۳- فشار یا مکش ناشی از باد بر سطح دیوار
۲-۴-۳	۲-۴-۳- معیار پذیرش دیوار خارجی برای بار باد
۳-۴-۳	۳-۴-۳- روابط تبدیل بیشینه سرعت باد لحظه ای به سرعت باد طراحی مبحث ۶
۵-۳	۵- ارزیابی دیوارهای خارجی ساختمان در مقابل بارهای ضربه‌ای
۱-۵-۳	۱-۵-۳- مقدمه
۲-۵-۳	۲-۵-۳- آزمون ضربه
۳-۵-۳	۳-۵-۳- گروه بندی عملکردی دیوار خارجی و نما برای تعیین انرژی ضربه
۴-۵-۳	۴-۵-۳- موقعیت ضربات روی دیوار

۳۴	-----	۵-۳-۵- معیار پذیرش
۳۵	-----	۳-۶- بار انفجار
۳۵	-----	۳-۷- نحوه اعمال بارها و ترکیبات بارگذاری
۳۶	-----	۳-۷-۱- ترکیب بار برای کنترل تکیه‌گاه اجزاء نما
۳۷	-----	۳-۸- یک نمونه مثال برای محاسبه بار زلزله وارده بر تیغه‌های AAC
۳۷	-----	۳-۸-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازه‌های
۳۷	-----	۳-۸-۲- تعیین سطح عملکرد
۳۸	-----	۳-۸-۳- تعیین پارامترهای طیف طرح
۳۸	-----	۳-۸-۴- ارزیابی سطح عملکرد ایمنی جانی برای زلزله «سطح خطر-۱»

#### فصل چهارم: جزییات و دیتایل‌های اجرایی ----- ۴۱

۴۱	-----	۴-۱- مقدمه
۴۱	-----	۴-۲- اتصالات
۴۱	-----	۴-۲-۱- اتصال دیوار به ستون بتن آرمه و فولادی
۴۵	-----	۴-۲-۲- اتصال دیوار به دیوار
۴۷	-----	۴-۲-۳- اتصال دیوار به زیر سقف
۴۸	-----	۴-۲-۴- اتصال به وال‌پست‌ها
۴۹	-----	۴-۲-۵- اجرای نعل درگاه و نصب پنجره
۴۹	-----	۴-۲-۶- اتصال وال‌پست‌های نگهدارنده دیوارهای AAC به قاب

#### فصل پنجم: جزئیات نصب نما ----- ۵۳

۵۳	-----	۵-۱- مقدمه
۵۳	-----	۵-۲- اجرای نمای سنگی
۵۳	-----	۵-۲-۱- انواع سنگ‌های نما
۵۴	-----	۵-۲-۲- ویژگی‌ها و مشخصات فنی سنگ نما
۵۴	-----	۵-۲-۳- انواع مهار نمای سنگی
۵۴	-----	۵-۲-۴- انواع مهار در نمای سنگی چسبانده شده
۵۸	-----	۵-۲-۵- جزئیات مهار در نمای سنگی مهار شده
۵۸	-----	۵-۳- اجرای نمای آجری
۵۹	-----	۵-۳-۱- نماهای مهار شده
۶۰	-----	۵-۳-۲- نمای چسبانده شده
۶۱	-----	۵-۳-۳- الزامات کلی اجرایی
۶۶	-----	۵-۳-۴- مشخصات نمای بنایی آجری متصل به دیوار بتنی یا بلوکی
۷۱	-----	۵-۴- اجرای نمای سیمانی
۷۱	-----	۵-۴-۱- مشخصات ملات سیمانی برای نما
۷۱	-----	۵-۴-۲- اجرای نما بر روی سطوح AAC
۷۲	-----	۵-۵- اجرای نمای سرامیک

#### پیوست اول: ارزیابی عملکرد لرزه‌ای با استفاده از آزمایشات میز لرزان ----- ۷۵

۷۵	-----	۷۵-۱- مقدمه
۷۵	-----	۷۵-۱-۲- جزئیات برنامه آزمایشگاهی
۷۵	-----	۷۵-۱-۲-۱- ساختمان نمونه



۷۶	پ ۱-۲-۲ اجزاء قاب ساختمانی
۷۷	پ ۱-۲-۳ دیوارهای پرکننده
۸۶	پ ۱-۲-۴ اتصال دیوارها به قاب
۹۰	پ ۱-۲-۵ رکوردهای زلزله اعمالی بر روی سازه
۹۱	پ ۱-۳ مشاهدات آزمایشگاهی
۹۵	پ ۱-۴ نتایج آزمایشگاهی
۹۵	پ ۱-۴-۱ اطلاعات ورودی
۱۰۰	پ ۱-۴-۲ تغییرمکان های پاسخ
۱۲۰	پ ۱-۴-۳ مقایسه تغییرات پیوند سازه در جهت دارای دیوار میانقایی

### پیوست دوم: ارزیابی عملکرد سازه‌ای تحت اثر بارهای خارج از صفحه ----- ۱۲۹

۱۲۹	پ ۱-۲ مقدمه
۱۲۹	پ ۲-۲ رفتار خمشی خارج از صفحه
۱۳۰	پ ۲-۳ ارزیابی رفتار دیوارها در برابر ضربه
۱۳۱	پ ۲-۳-۱ گروه بندی عملکردی
۱۳۲	پ ۲-۳-۲ تعیین انرژی ضربه
۱۳۳	پ ۲-۴ انجام آزمون خمش و ضربه بر روی دیوارهای جداکننده AAC
۱۳۳	پ ۲-۴-۱ تست خمش بلوک AAC با ابعاد $۱۵ \times ۲۵ \times ۶۰$ سانتی متر بدون الیاف شیشه
۱۳۵	پ ۲-۴-۲ تست خمش بلوک AAC با ابعاد $۱۵ \times ۲۵ \times ۶۰$ سانتی متر با الیاف شیشه
۱۴۰	پ ۲-۴-۳ تست خمش بلوک AAC با ابعاد $۲۰ \times ۲۰ \times ۶۰$ سانتی متر بدون الیاف شیشه
۱۴۱	پ ۲-۴-۴ تست خمش بلوک AAC با ابعاد $۲۰ \times ۲۰ \times ۶۰$ سانتی متر بدون الیاف شیشه
۱۴۴	پ ۲-۴-۵ تست ضربه بر روی دیوار با بلوک AAC با ابعاد $۱۰ \times ۲۰ \times ۶۰$ سانتی متر بدون الیاف شیشه



## فصل اول: کلیات

### ۱-۱- مقدمه

با گسترش صنعت ساختمان، استفاده از مصالح سبک و مقاوم در تولید اجزاء پرکننده سازه‌ای و غیرسازه‌ای مورد توجه قرار گرفته است. در همین راستا، فناوری بتن‌های هوادار اتوکلاو شده یا بتن‌های گازی که با علامت اختصاری AAC شناخته می‌شود، معرفی شد. فارغ از فرآیند تولید که سرعت و سهولت قابل ملاحظه‌ای را به همراه دارد، مجموعه‌ای از ویژگی‌های فیزیک ساختمان، این قطعات را در زمره پرکاربردترین اجزاء متداول قرار می‌دهد. همین مسئله سبب شده است تا بهره‌گیری از این قطعات در اجزاء غیرسازه‌ای باربر و غیرباربر مورد توجه قرار گیرد.

بلوک‌های AAC از جمله قطعاتی هستند که وسعت کاربرد آنها به شدت در حال توسعه است. علاوه بر این، مشخصه‌های این بلوک‌ها در سازگاری با شرایط زیست محیطی، پایداری و دوام، وزن کم و ویژگی‌های عملکردی به عنوان عایق حرارت، حریق و صوت، این قطعات را به عنوان جایگزین مناسبی برای مصالح متداول مورد استفاده در سازه‌های ساختمانی تبدیل می‌نماید. ضمناً، قابلیت تهیه این بلوک‌ها در فرم‌های متفاوت، سهولت برشکاری در این قطعات و همچنین، نصب ساده آنها با استفاده از دستورالعمل‌های موجود، بر میزان این محبوبیت می‌افزاید.

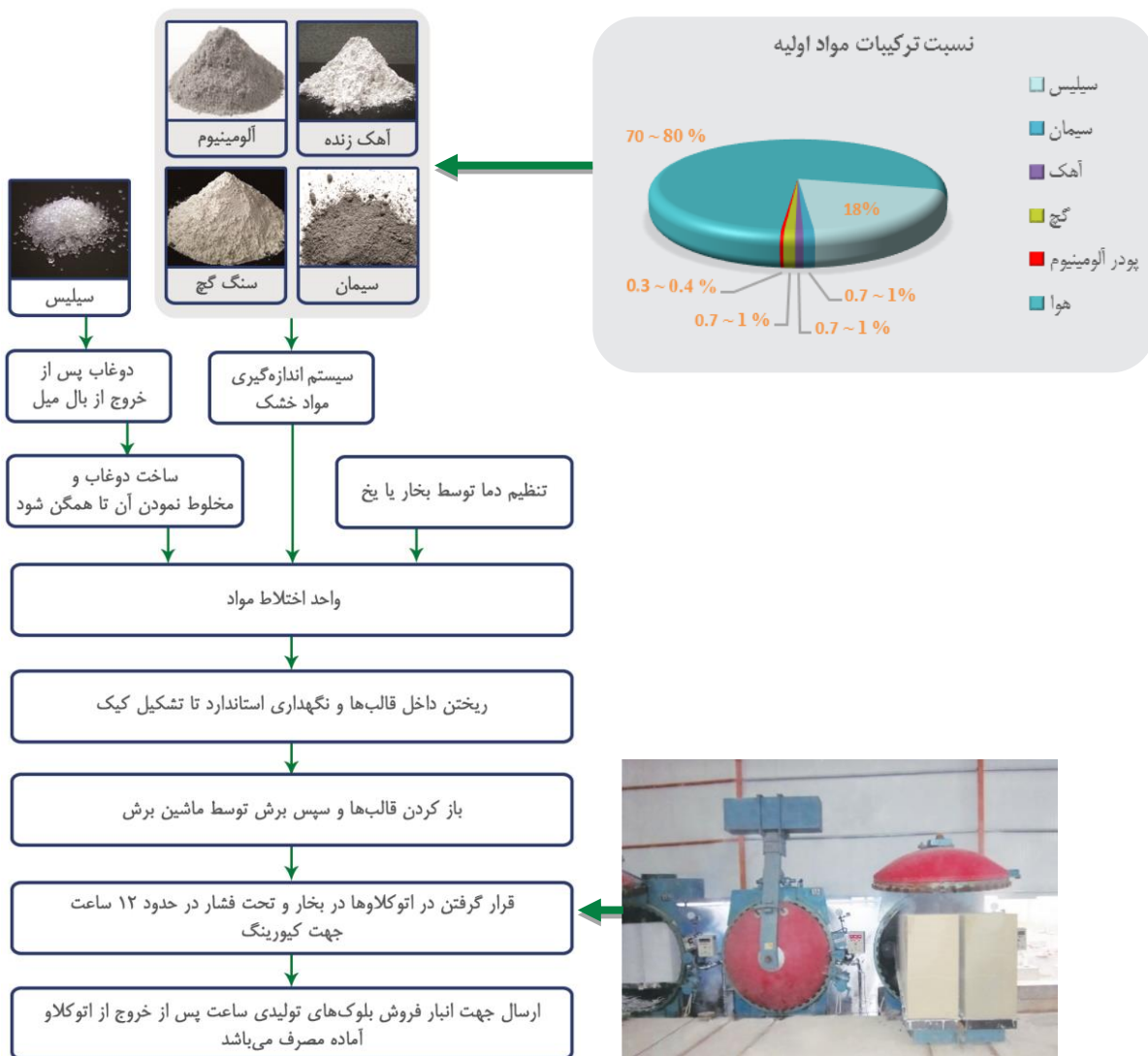
این در حالیست که این بلوک مانند سایر انواع بلوک در صورت عدم رعایت تمهیدات مناسب در برابر ضربه و تغییرشکل‌های زیاد آسیب پذیر می‌باشند. امکان آسیب دیدن دیوارهای ساخته شده با این نوع بلوک در صورت عدم رعایت ضوابط و استانداردهای لازمه در حین فرآیند حمل و نگهداری، اجرا و یا تحت اثر بارهای حین ساخت، وجود دارد. در این دستورالعمل نحوه طراحی و کاربرد قطعات بلوکی AAC بیان شده است.

### ۱-۲- دامنه کاربرد

دیوارهای ساخته شده از بلوک‌های AAC می‌تواند به عنوان دیوارهای تیغه و دیوارهای پیرامونی مورد استفاده قرار گیرد. دیوارهای پیرامونی تحت اثر بار باد و زلزله قرار داشته و باید برای اثر بارهای ضربه پاسخگو باشند در حالیکه دیوارهای تیغه، از اثر زلزله تاثیر می‌پذیرند و باید برای بار ضربه کوچکتری پاسخگو باشند. بر همین اساس، ضوابط مربوط به طراحی و اجرای این دیوارها متفاوت می‌باشد. که در این دستورالعمل به آن اشاره شده است.

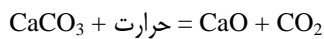
### ۱-۳- مصالح مورد استفاده در بلوک AAC

بلوک‌های AAC ساخته شده از سیلیس، سیمان، گچ، آهک، پودر آلومینیوم و آب می‌باشند که حاصل ترکیب این مصالح وجود میلیون‌ها سلول ریز هوا است که ویژگی سبک وزنی و عایق حرارتی بودن بلوک را به دنبال دارد.

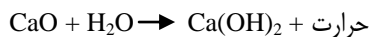


شکل (۱-۱) فرآیند تولید بلوک‌های AAC

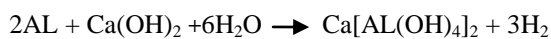
تبدیل سنگ آهک به آهک زنده:



واکنش آهک زنده با آب و تشکیل آهک هیدراته:



واکنش آهک هیدراته با پودر آلومینیوم:



عامل تخلخل: 6H

عامل مقاومت بتن: هیدرات شدن سیلیکات کلسیم



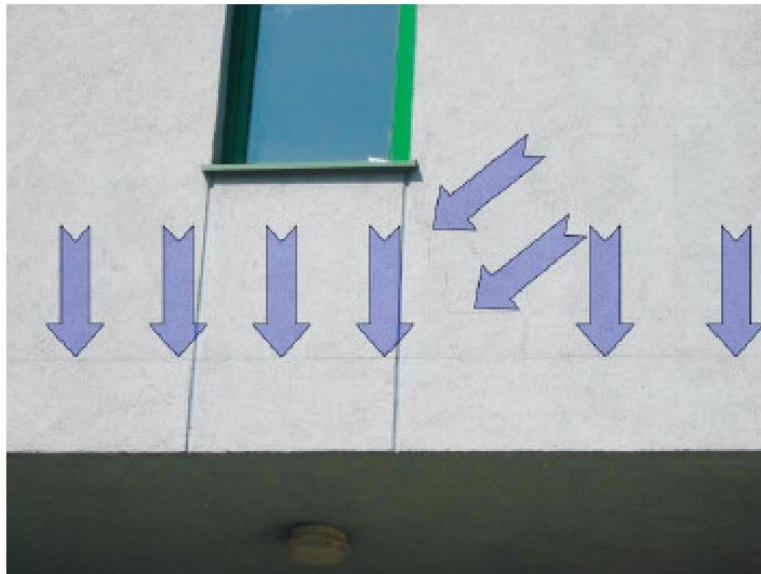
$$m > 2, n > 6$$

### ۱-۴- ملات اصلاح شده پلیمری

دو نوع متداول ملات شامل ملات پایه سیمانی و ملات آهکی وجود دارد. در برخی موارد به ملات پایه آهکی، مقداری سیمان افزوده می‌شود تا استحکام آن افزایش یابد و گیرش آن تسریع شود. استفاده از ملات پایه سیمانی در مواردی که دستیابی به مقاومت نهایی



بالاتری مورد نیاز است، توصیه می شود. امروزه در صنعت ساختمان ملات آهکی، سیمانی یا سیمان لایه نازک در دسترس است. در چنین موقعیت هایی انتخاب درست ملات برای انواع مختلف مصالح بنایی بسیار مهم است. ملات های لایه نازک اصلاح شده پلیمری، نوع خاصی از ملات های واحدهای بنایی هستند که برای بلوک های AAC نیز مورد استفاده قرار می گیرند. کاهش ضخامت ملات به ۱ تا ۳ میلی متر در مقایسه با زمانی که از ملات با ضخامت ۱۰ تا ۱۵ میلی متر استفاده می شود یکی از ویژگی های این نوع ملات ها است. از طرف دیگر، به هر حال درز نازک سبب می شود بسیاری از جنبه های مثبت درز ضخیم از جمله خاصیت لایی بودن و زهکش بودن آن از بین برود. اگر ملات لایه نازک بر پایه سیمان و با استحکام بالا (عموماً بالای ۱۰ MPa) باشد، سبب ناسازگاری و ترک خوردن آسان دیوار به ویژه در ناحیه زیر پنجره ها و مکان هایی که درز بین مصالح با خواص فیزیکی متفاوت وجود دارد می شود.



شکل (۱-۲) ترک در محل درز پنجره ها

ملاک اساسی در انتخاب ملات باید چسبندگی آن به واحد بنایی مورد نظر و خواص الاستیکی آن باشد. هرچه مدول الاستیسیته ملات و واحد بنایی به هم نزدیکتر باشد، همکاری بهتر و در نتیجه پارامترهای مکانیکی بهتری بدست می آید. در برخی استانداردها اساس انتخاب ملات ها دوام آنهاست. در برخی دیگر یک پارامتر بسیار مهم ملات سخت شده، چسبندگی آن به زمینه است. استفاده از ملات با دوام و مقاوم به یخ زدن ولی با چسبندگی نامناسب نمی تواند تضمین کننده دوام یک ساختمان با بلوک AAC باشد. بنابراین در زمان انتخاب ملات باید به چسبندگی ملات توجه ویژه ای شود. ارزیابی چسبندگی ملات به زمینه شامل سه جنبه است: وسعت چسبندگی که بیانگر سطح تماس بین ملات و بلوک AAC است، دوام که بیانگر مدت زمان ماندگاری چسبندگی موثر بین ملات و واحد بنایی است و استحکام که امروزه بر اساس استحکام برشی محل اتصال واحدهای بنایی تخمین زده می شود. هرچه ملات سفت تر شود، استحکام، مقاومت به یخ بندان و مقاومت به نفوذ آب بیشتر شده اما دوام ساختار بنایی کاهش می یابد. در ساختارهای بنایی لازم نیست ملات همانند بتن، متراکم، سخت، صلب، و غیر قابل نفوذ نسبت به آب باشد. این خواص چندان مفید نیستند و در برخی موارد ممکن است مضر نیز باشند. گواه این امر مشاهده ساختمان هایی است که پس از گذشت مدت زمان کمی از بهره برداری نیازمند کار بازسازی هستند.

ملات در لابلای درزهای افقی و قائم واحد بنایی استفاده می شود و بنابه خاصیت جذب آب واحد بنایی می تواند آب را از ملات به سمت خود بکشد و لذا آب کافی در ملات باقی نمی ماند تا بتواند یک پیوند مناسب با سطح برقرار کند. این امر به خصوص در بلوک های AAC و ملات سیمانی یا سیمان آهکی با ضخامت ۱۰ میلی متر و ۱۵ میلی متر مشهودتر است. سرعت از دست دادن آب توسط ملات، سبب

کاهش کارایی و در نتیجه افت کیفیت اتصال ملات می‌شود. همچنین استفاده از مواد هوازا در ملات برای افزایش دوام در برابر یخبندان سبب کاهش چسبندگی ملات و در نتیجه فرسایش بنا می‌شود.

برای هر نوع واحد بنایی، خواص ملات باید با دقت انتخاب شود. زمانی که اجزای ملات انتخاب می‌شوند باید به این نکته توجه داشت که ملات به جز چسباندن قطعات به یکدیگر وظایف دیگری نیز دارد. قابلیت جذب آب واحد بنایی به طور خاص مهم است چراکه رفتار مناسب ملات را تخمین می‌زند.

توصیه می‌شود در حین اجرای دیوارهای ساخته‌شده از واحدهای AAC، علاوه بر اجرای ملات در درزهای افقی بین دو ردیف بلوک AAC، اجرای ملات در درزهای قائم نیز به جهت حفظ یکپارچگی قطعات و پرشدن فاصله خالی بین دو قطعه مورد توجه قرار گیرد.

### ۱-۵-۱- حمل و نگهداری

جهت حمل بلوک‌ها از چرخ دستی یا وسایل مکانیکی مناسب و متناسب با ابعاد و شرایط کارگاه استفاده شود. در هنگام حمل با دست توصیه می‌شود، تعداد قطعات با توجه به وزن آن‌ها انتخاب شود، به گونه‌ای که در هنگام حمل و جابجایی، امکان سقوط قطعات به حداقل کاهش یابد.

### ۱-۵-۱- تخلیه‌ی بلوک‌ها

در هنگام استفاده از وسایل مکانیکی برای بلند کردن پالت‌ها، باید ظرفیت دستگاه کنترل شود. به جهت جلوگیری از آسیب دیدگی در هنگام تخلیه با جرثقیل یا تاورکربن توصیه می‌شود یک قاب فلزی در قسمت بالای پالت قرار گرفته شود تا فشار طناب سبب شکستگی بلوک نگردد. پالت‌های حاوی بلوک باید در نزدیک‌ترین محل به جای نصب تخلیه شوند تا راندمان کار افزایش یابد و تعداد دفعات جابجایی به حداقل کاهش یابد. جابجایی‌های مکرر احتمال آسیب دیدن بلوک‌ها را بالا می‌برد. پیش از تخلیه در طبقات و بر روی سقف‌ها می‌بایست هماهنگی‌های لازم با مهندس سازه انجام گیرد.



شکل (۱-۳) حمل پالت‌های انتقال بلوک‌های AAC

### ۱-۵-۲- انبار و نگهداری

کلیه بلوک‌ها بهتر است در جای خشک و سرپوشیده نگهداری شوند. باید تمهیدات لازم برای جلوگیری از آسیب دیدن بلوک‌ها به خصوص سطوح و لبه‌ها اجرا شود.





باید توجه شود تا پانل‌ها مستقیماً روی زمین سخت و مسلح نگهداری شوند. حداکثر تعداد پالت‌ها یا بندیل‌های حاوی بلوک یا پانل که می‌تواند روی هم قرار گیرد باید به ۲ محدود شود. مهندس ناظر در خصوص محل نگهداری و چیدمان پالت‌ها باید نظارت داشته باشد. به منظور ایجاد یک سطح هموار و مسطح برای انبار کردن پالت‌ها می‌توان از وسایل و روش‌های مناسب مانند آسفالت، کفپوش بتنی، سازه‌های موقت، چهار تراش چوبی و ... استفاده کرد.



شکل (۴-۱) حمل پالت‌های انتقال بلوک‌های AAC



## فصل دوم: ماده چسباننده و الزامات آن

### ۲-۱- مقدمه

عموماً ساختمان‌ها پس از تاسیس و در حین بهره‌برداری به دلیل نشست یا تاثیرات آب و هوایی و حرارتی در معرض تغییر شکل و جابجایی قرار می‌گیرند. آسیب‌پذیری ساختمان در اثر این عوامل به پارامترهای متعددی بستگی دارد که یکی از عمده‌ترین پارامترها، نوع و خواص ملات استفاده شده است. ملاتی که خواص آن به خوبی با واحد بنایی سازگار است به طور موثری از آسیب به دیوار جلوگیری می‌کند. از طرف دیگر ملاتی که خواص آن با مصالح بنایی سازگار نیست ممکن است فرایند آسیب به دیوار را شدت بخشد. استفاده از مصالح بنایی نوین به ویژه بلوک‌های AAC، نشان می‌دهد که ملات باید بسیار با دقت انتخاب شود زیرا در بسیاری حالات استفاده از یک نوع ملات، نتایج منفی به دنبال دارد.

ملات اصلاح شده پلیمری مخلوطی از یک چسباننده (آلی یا غیرآلی)، پلیمر، پرکننده و آب است که در اثر واکنش‌های شیمیایی یا فیزیکی با چسباننده سخت می‌شود. در برخی متون، ملات نقش بیشتری از چسباننده دو واحد بنایی دارد. این امر به ویژه در دو دهه اخیر با ورود افزودنی‌های شیمیایی مختلف به ملات به سرعت افزایش داشته است.

انتخاب ملات بر اساس طبیعت کار و نوع واحد بنایی استفاده شده، عواقب وسیعی دارد. زمانی که ملات می‌خواهد انتخاب شود، تمامی جنبه‌های مرتبط با ساختمانی که طراحی شده است باید مورد توجه قرار گیرد و بین خواص فیزیکی مکانیکی مورد نیاز و جنبه‌های اقتصادی، توازنی برقرار شود.

### ۲-۲- الزامات ملات اصلاح شده پلیمری

این الزامات درخصوص ملات‌های اصلاح شده پلیمری قابل استفاده در ساخت و سازهای تقویت شده و تقویت نشده AAC است. استفاده از ملات با مقاومت فشاری بالاتر، زمانیکه استفاده از ملات با مقاومت فشاری پایینتر توصیه شده است، مجاز نیست.

### ۲-۲-۱- الزامات مواد سیمانی و سنگدانه

الزامات مواد و مصالح مورد استفاده در ساخت ملات اصلاح شده پلیمری شامل مواد سیمانی و سنگدانه باید مطابق با استاندارد ملی ایران باشد.

### ۲-۲-۲- الزامات آب مورد استفاده

آب مورد استفاده باید تمیز و فاقد هرگونه روغن، اسید، قلیایی، نمک، مواد آلی و موادی باشد که سبب آسیب رساندن به ملات یا فلز به کار رفته در ساخت و ساز شود.

### ۲-۲-۳- الزامات مواد افزودنی

استفاده از مواد افزودنی در ملات مجاز نیست مگر اینکه در طرح اختلاط لحاظ شده باشد. میزان کلر محلول ماده افزودنی نباید از ۰/۰۰۹٪ کل محتوای کلر ملات بیشتر باشد. ماده افزودنی نباید سبب آسیب به ملات، فلز استفاده شده و واحدهای بنایی شود. در بیشینه مقدار توصیه شده استفاده از پلیمر در تهیه ملات، میزان کلر محلول پلیمر نباید از ۰/۰۰۹٪ کل محتوای کلر ملات بیشتر باشد. پلیمر مورد استفاده نباید سبب آسیب به ملات، فلز استفاده شده و واحدهای بنایی شود. زمانی که از کلرید کلسیم به عنوان تسریع کننده در ساخت ملات استفاده شود مقدار آن نباید از ۱٪ وزنی سیمان بنایی بیشتر شود. **نکته** - در صورتی که از کلرید کلسیم استفاده شود در مصرف آن باید احتیاط نمود چراکه اثرات زیانباری بر فلزات و نازک کاری دیوار ممکن است ایجاد کند.

### ۲-۲-۴- الزامات ملات و آزمایش‌های لازم

ویژگی‌های ملات‌های آماده در استاندارد ملی ایران شماره ۷۰۶-۲ آورده شده است. همچنین در استانداردهای بین‌المللی ضوابط و الزامات ملات‌های لایه نازک آورده شده است. از این استانداردها می‌توان در موارد زیر برای ملات اصلاح شده پلیمری استفاده نمود.

- در ملات تازه، عمر کارایی، مقدار کلرید، میزان هواي موجود، چگالی و زمان تصحیح باید مشخص شود. برای ملات‌های سخت شده مقاومت فشاری، چسبندگی و چگالی باید گزارش شود.
- در این ملات میزان کلرید، نباید بیشتر از ۰/۱ درصد وزنی خشک ملات باشد. همچنین لازم است موارد زیر جز مشخصات ملات مورد بررسی قرار گیرد:
- نسبت اجزای متشکل و ارتباط با مقاومت یا رده، جذب آب، نفوذپذیری بخار آب، ضریب هدایت حرارتی، دوام، حداکثر اندازه سنگدانه، زمان تصحیح و میزان مواد آلی
- \* ملات‌های بنایی دارای  $1/0 \leq$  (کوچکتر یا مساوی) درصد وزنی یا حجمی مواد آلی (هر کدام که بیشتر است) که به طور یکنواخت پخش شده است، بدون نیاز به آزمون، در دسته A1 واکنش در برابر آتش دسته‌بندی می‌شود.
- \* ملات‌های بنایی دارای  $1/0 >$  (بزرگتر) درصد وزنی یا حجمی مواد آلی (هر کدام که بیشتر است) که به طور یکنواخت پخش شده است، باید مطابق بند ۳-۱۳ استاندارد ۷۰۶-۲ دسته‌بندی شده و دسته مناسب واکنش در برابر آتش اظهار شود.
- برای ملات‌های طراحی شده، مقاومت فشاری باید توسط تولیدکننده اظهار شود. تولیدکننده ممکن است رده مقاومت فشاری را مطابق جدول ۲-۱ اظهار کند که در آن مقاومت فشاری با علامت "M" و حداقل رده مربوط نیز به دنبال آن برحسب نیوتن بر میلی‌متر مربع مشخص شده است. چنانچه میزان آهک هوایی (محاسبه شده براساس هیدروکسید کلسیم)، موجود در ملات برابر یا بیشتر از ۵۰ درصد مقدار کل جرم چسباننده باشد، باید اظهار شود.

جدول (۲-۱) مقاومت فشاری ملات

رده	M5	M10	M15
مقاومت فشاری - حداقل (نیوتن بر میلی‌متر مربع)	۵	۱۰	۱۵

هنگامی که ملات از یک محموله نمونه‌برداری شده و مورد آزمون قرار می‌گیرد، خصوصیات آن نباید کمتر از خصوصیات اظهار شده باشد.

- برای ملات‌های طراحی شده، مورد استفاده در اجزایی که برای آنها انتظارات سازه‌ای وجود دارد، مقاومت چسبندگی ملات باید در ارتباط با قطعه بنایی براساس مقاومت برشی‌اولیه مشخصه اظهار شود.



- هنگامی که هیچگونه اظهاری بر مبنای آزمون، انجام نمی‌شود مقاومت برشی اولیه مشخصه ملات طراحی شده در ارتباط با بلوک AAC، باید  $0/3$  نیوتن بر میلی‌متر مربع باشد.

ملات تهیه شده باید الزامات جدول (۲-۲) را برآورده کند.

جدول (۲-۲) الزامات ملات اصلاح شده پلیمری

نسبت سنگدانه	بیشینه میزان هوا %	نگهداشت آب دقیقه %	متوسط مقاومت فشاری ۲۸ روزه (MPa)	نوع ملات
نباید کمتر از $2\frac{1}{4}$ و بیشتر از $3\frac{1}{2}$ حجم مواد سیمانی باشد	۱۸	۷۵	۱۷	M
	۱۸	۷۵	۱۲	N
	*۲۰	۷۵	۵	S
	*۲۰	۷۵	۲	O

- \* زمانی که از تقویت کننده سازه‌ای در AAC استفاده می‌شود، حداکثر هوای موجود نباید از ۱۸٪ فراتر رود.
- \* در ملات سیمانی بدون هوا عموماً مقدار هوای مجاز زیر ۸٪ است.

مقادیر مقاومت فشاری بدست آمده از آزمون در محل ملات‌های اصلاح شده بیانگر مقاومت فشاری ملات آزمون شده در آزمایشگاه یا ملات دیوار نیست. خواص فیزیکی نمونه ملات آزمون شده در محل نباید برای برآورده شدن الزامات این دستورالعمل و معیاری برای رد یا پذیرش ملات باشد. چرا که مقدار آب استفاده شده در ساخت ملات در آزمایشگاه کمتر از مقدار آب استفاده شده در ساخت ملات در محل است. آب استفاده شده در آزمایشگاه برای حالتی است که میزان روانی روی میز جریان  $110 \pm 5$ ٪ شود. اما در عمل و در محل برای ایجاد کارایی لازم و جبران مکش AAC لازم است مقدار آب بیشتر انتخاب شود. مقادیر مقاومت فشاری بدست آمده در آزمایشگاه مطابق جدول ۱ با لحاظ شدن این کاهش مقاومت در اثر افزودن آب در ملات ساخته شده در محل است. به طور معمول میزان جریان ملات در محل بین ۱۳۰ تا ۱۵۰٪ است. هیچ‌گونه تغییری در مقدار مواد تشکیل دهنده ملاتی که خصوصیات آن تایید شده به غیر از تغییر میزان آب مجاز نیست.

**تبصره-** در صورت تغییر مقدار مواد متشکله ملات، آزمون‌های کنترل کیفی باید مجدداً برای ملات با ترکیب درصد(های) جدید انجام شود.

سنگدانه مورد استفاده در ساخت ملات آزمایشگاهی باید خشک (Oven Dry) و همدمای درجه حرارت آزمایشگاه باشد. مقدار سنگدانه ۱۴۴۰ گرم و مواد سیمانی با توجه به طرح اختلاط تعیین می‌شود. میزان آب مورد نیاز تا حدی است که روانی ۱۱۰٪ فراهم شود.

درصد هوای موجود در ملات اصلاح شده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$D = \frac{(W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + V_w)}{\frac{W_1}{P_1} + \frac{W_2}{P_2} + \frac{W_3}{P_3} + \frac{W_4}{P_4} + V_w}$$

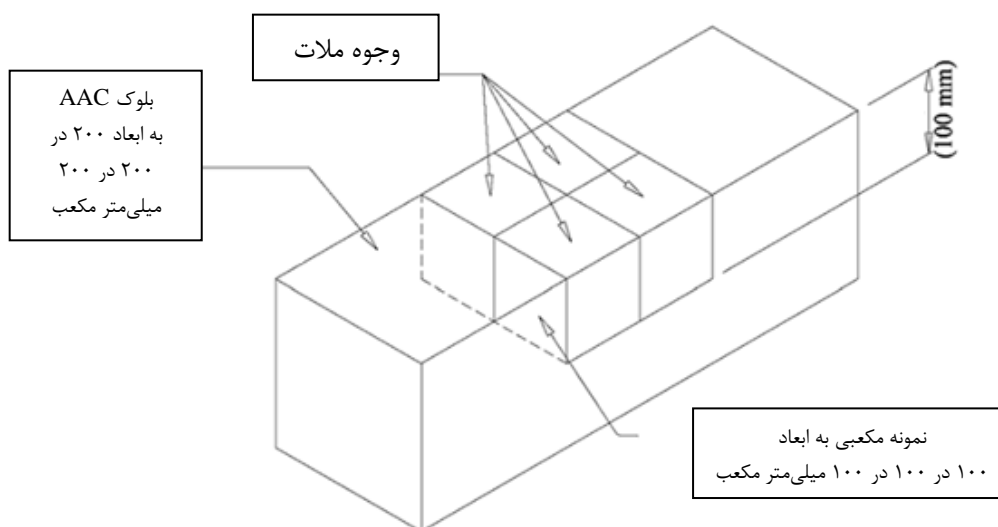
$$A = 100 - \frac{W_m}{4D}$$

$D$  دانسیته ملات بدون هوا  $\text{gr}/\text{cm}^3$   
 $W1$  تا  $W3$  وزن مواد سیمانی استفاده شده  $\text{gr}$   
 $W4$  وزن سنگدانه خشک  $\text{gr}$   
 $V_w$  حجم آب استفاده شده  $\text{mlit}$   
 $P1$  تا  $P3$  دانسیته مواد سیمانی استفاده شده  $\text{gr}/\text{cm}^3$   
 $P4$  دانسیته سنگدانه خشک  $\text{gr}/\text{cm}^3$   
 $A$  حجم هوا %  
 $W_m$  وزن ۴۰۰ میلی لیتر از ملات ( $\text{gr}$ )

بلافاصله پس اندازه گیری میزان روانی و توزین ۴۰۰ میلی لیتر از ملات، ملات به ظرف مخلوط کن برگردانده شده و برای ۱۵ دقیقه دیگر همزده شود. باید توجه داشت زمان اختلاط، اندازه گیری روانی، میزان هوا و شروع قالب گیری باید حداکثر در طول ۸ دقیقه انجام شود.

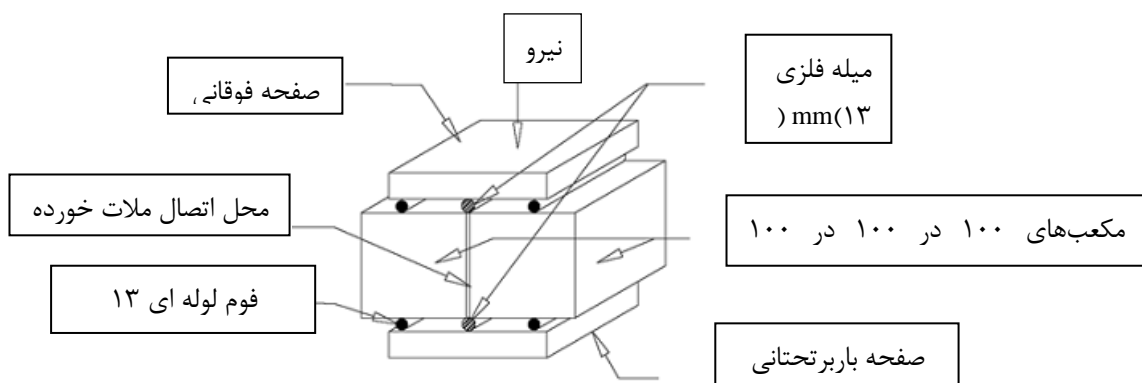
### ۲-۳ مقاومت گسیختگی کششی

نمونه ملات و بلوک AAC مورد استفاده برای آزمون باید به گونه ای انتخاب شود که نماینده ملات و بلوک مورد استفاده در پروژه باشد. آزمون ها روی ۵ جفت از نمونه انجام می شود. هر جفت از آزمون باید از یک بلوک کامل مطابق شکل زیر بریده شود. ابعاد بلوک بریده شده باید  $(\pm 6 \text{ mm})$  ۱۰۰ در ۱۰۰ در ۱۰۰ میلی متر مکعب و عاری از هر گونه گرد و غبار باشد.



شکل (۱-۲) نحوه تهیه آزمون

هر جفت آزمون به نحوی تهیه شود که وجه ملات خور سمتی باشد که برش داده نمی شود. ملات با ضخامت ۲ تا ۳ میلی متر روی سطح اعمال شده و دو جفت بعدی به نحوی روی ملات قرار گیرند که وجه برش نخورده بالا، در تماس با ملات قرار گیرد. نمونه ها کمی با دست فشار داده شوند و یک سطح صاف و یکنواخت در طول محل اتصال باید بوجود آید. در دمای ۲۴ درجه سانتیگراد و رطوبت ۸۰٪، حداقل به مدت ۲۸ روز یا زمانی که سازنده ملات مشخص کرده است نمونه ها عمل آوری شود. میله های فلزی به طول ۱۰۰ میلی متر در بالا و پایین نمونه مطابق شکل زیر چسبانده شود. نیروی فشاری تا اعمال گسیختگی وارد شود.



شکل (۲-۲) آزمون مقاومت گسیختگی کششی

مقدار مجاز گسیختگی کششی با توجه به رده مقاومتی بلوک AAC از رابطه زیر بدست آمده و در جدول زیر نشان داده شده است.

$$f_{tAAC} = 0.2 \sqrt{f'_{AAC}}$$

جدول (۳-۲) حداقل مقاومت گسیختگی کششی آزمون

حدافل مقاومت گسیختگی کششی نمونه (MPa) $f_{tAAC}$	مقاومت فشاری مشخصه AAC (MPa) $f'_{AAC}$	رده مقاومتی AAC
۰/۲۸	۲	AAC2
۰/۳۴	۳	AAC3
۰/۴۰	۴	AAC4
۰/۴۹	۶	AAC6





## فصل سوم: بارهای وارد بر دیوار AAC و معیارهای پذیرش آنها

### ۳-۱-۱- مقدمه

در این فصل انواع بارهای وارد بر دیوارهای غیر باربر ساخته شده از بلوک AAC شامل بار ثقلی، زلزله، باد و اثرات ضربه تعریف و ضوابط موجود در تعیین بار، نحوه ترکیب و معیارهای ارزیابی و پذیرش آن ارائه می‌شود. برای طراحی دیوارهای غیر سازه ای ابتدا باید سطوح عملکردی ساختمان مشخص شود

### ۳-۱-۱-۱- سطوح کاربری ساختمان

سطوح عملکردی ساختمان را می‌توان از روی سطح کاربری ساختمان تعیین کرد. سازه‌ها به لحاظ سطوح کاربری در ۴ سطح I تا IV طبقه‌بندی می‌گردند. سطوح کاربری سطح I، ساختمان‌هایی را دربر می‌گیرد که خرابی آنها، خطر کمی برای جان انسان‌ها ایجاد می‌کند. بالاترین سطح کاربری، یا سطح IV، ساختمان‌هایی را دربر می‌گیرد که ضروری و حیاتی هستند. جدول ۳-۱ طبقه‌بندی سطوح کاربری ساختمان‌های مختلف را ارائه می‌نماید.

### ۳-۱-۲- سطوح عملکرد ساختمان

سطوح عملکرد ساختمان شامل دو سطح عملکرد به شرح زیر است:

۳-۱-۲-۱- **سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه:** در این سطح عملکرد ساختمان در اثر بارهای خارجی حداکثر می‌تواند دچار آسیب جزئی شود، به گونه‌ای که در حین زلزله و پس از آن راه‌های دسترسی و فرار مانند درها، راهروها، پله‌ها و آسانسورها مختل نشده و استفاده بی‌وقفه از ساختمان میسر باشد. در این سطح عملکرد، خسارات ناشی از خرابی دیوارهای غیر باربر باید بسیار کم باشد. سطح عملکرد دیوارهای غیر باربر در سازه‌های با سطح کاربری IV قابلیت استفاده بی‌وقفه است.

۳-۱-۲-۲- **سطح عملکرد ایمنی جانی:** در این سطح خرابی در اثر بارهای خارجی نباید خطر جدی برای جان ساکنین به وجود آید. در این سطح عملکرد، علیرغم خرابی‌های قابل توجه و هزینه‌بر دیوارها، احتمال جداشدگی و سقوط این اجزاء به داخل یا خارج ساختمان نباید وجود داشته باشد. سطح عملکرد دیوارهای غیر سازه ای در سازه‌های با سطح کاربری II , III سطح عملکرد ایمنی جانی است. دیوارهای ساختمانی واقع در سطح کاربری I با توجه به نوع کاربرد آنها نیاز به طرح لرزه ای ندارد.

جدول (۱-۳) طبقه‌بندی ساختمان‌ها با توجه به نوع سطوح کاربری

ردیف	کاربری ساختمان	طبقه‌بندی سطوح کاربری
۱	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که خرابی در آنها خطر کمی برای جان انسان ایجاد می‌کند. این ساختمان‌ها شامل موارد زیر می‌شوند: ◀ سازه‌ها و ساختمان‌های مربوط به کشاورزی ◀ سازه‌ها و ساختمان‌های موقت ◀ انبارهای کوچک	I
۲	- ساختمانهای مسکونی - ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در طبقه‌بندی کاربری I، III و IV ذکر نشده‌اند. همچنین نیروگاه‌های فرعی که منشأ تأمین برق شبکه نیرو نیستند، نیز شامل این دسته می‌شوند.	II
۳	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که خرابی آنها خطر قابل توجهی را برای جان انسان ایجاد کند، یا خرابی آنها باعث ایجاد ضربه اقتصادی قابل ملاحظه‌ای گردد، و یا باعث اختلال در زندگی روزانه شهروندان شود. این ساختمان‌ها شامل موارد زیر می‌شوند: ◀ محل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر زیر یک سقف ◀ ساختمانهای دارای مهد کودک با ظرفیت بیش از ۱۵۰ نفر ◀ مدارس ابتدایی و راهنمایی با ظرفیت بیش از ۲۵۰ نفر و دبیرستان‌ها و آموزشگاه‌های بزرگسالان با ظرفیت بیش از ۵۰۰ نفر ◀ درمانگاه‌های با بیش از ۵۰ نفر بیمار که دارای تجهیزات جراحی و اورژانس نمی‌باشند. ◀ بازداشتگاه‌ها و زندان‌ها ◀ ایستگاه‌های تولید برق (پست‌های برق) ◀ مراکز مخابراتی ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در طبقه‌بندی کاربری IV قرار ندارند ولی مواد سمی و یا منفجره درون آنها به اندازه‌ای باشد، که در صورت آزاد شدن برای عموم خطرناک باشد.	III
۴	ساختمان‌ها و سازه‌هایی که تأسیسات ضروری و حیاتی محسوب می‌شوند شامل موارد زیر می‌شوند: ◀ بیمارستان‌ها و مراکز درمانی با امکانات جراحی و اورژانس ◀ ایستگاه‌های آتش‌نشانی، پلیس، نجات، آمبولانس و گاراژهای وسایل نقلیه اورژانسی ◀ پناهگاه‌های مواقع اضطراری ◀ تأسیسات مربوط به آمادگی و واکنش در مواقع اضطراری ◀ پست‌های برق و امکانات عمومی مورد نیاز برای بازسازی و واکنش در مواقع اضطراری ◀ سازه‌های فرعی لازم برای ادامه فعالیت سازه‌ها و ساختمان‌های طبقه‌بندی کاربری IV ◀ برج مراقبت و کنترل هوایی و ... ◀ انبارهای آب و ایستگاه‌های پمپاژ آب مورد نیاز برای خاموش کردن آتش (اطفاء حریق) ◀ ساختمان‌ها و سازه‌های لازم برای دفاع ملی ◀ ساختمان‌ها و سازه‌هایی که در آن مواد بسیار سمی و یا مواد منفجره به مقداری که خطری برای عموم تلقی گردد، نگهداری می‌شود.	IV

### ۳-۱-۳- سطح خطر لرزه‌ای

سطح خطر لرزه‌ای مورد نیاز برای طراحی دیوارهای غیر سازه‌ای، سطح خطر-۱ «زلزله طرح» می‌باشد که این سطح خطر براساس ۱۰٪ احتمال فراگذشت در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان که معادل دوره بازگشت ۴۷۵ سال است، تعیین می‌شود. بدین منظور می‌توان از طیف طرح ارتجاعی استاندارد ۲۸۰۰ ایران (A.B) با توجه به مقادیر ارائه شده در آیین نامه طراحی سازه‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) استفاده نمود.



### ۳-۱-۴- ضریب عملکرد دیوار غیر سازه ای

ضریب عملکرد دیوار در سازه هایی که سطح عملکرد موردنظر آنها قابلیت استفاده بی وقفه می باشد، برابر  $I_p = 1.5$  و ضریب عملکرد دیوار در سازه هایی که سطح عملکرد آنها ایمنی جانی است، برابر  $I_p = 1$  در نظر گرفته می شود.

### ۳-۱-۵- ملاحظات کلی

لازم است دیوارهای غیر سازه ای AAC مانند سایر انواع دیوارهای غیر سازه ای بسته به نوع قرارگیری آن، در مقابل بارهای وارده ناشی از فشار و مکش باد و نیروها و جابجایی های زلزله و بارهای ناشی از ضربه مهار شوند.

در طراحی دیوارهای AAC در برابر بارهای وارده سه عامل به شرح زیر باید مورد بررسی و کنترل قرار گیرد:

- اتصال دیوار به تکیه گاه باید قادر به تحمل نیروهای خارج از صفحه وارده به دیوار ناشی از بار باد، زلزله و اثرات ضربه باشد.
- دیوار باید در راستای داخل صفحه از سازه جدا شود.
- دیوار باید قادر به تحمل جابه جایی نسبی<sup>۱</sup> و تغییرشکل های تعریف شده در این دستورالعمل باشد.

قیود مورد نیاز برای مهار دیوار AAC براساس اندازه و وزن قطعات آن تعیین می شود. در انتخاب و نصب قیود نکات زیر باید رعایت شود:

- مهار نصب شده برای دیوار با مهار نصب شده برای سیستم های دیگر تداخل پیدا نکند.
- در صورت نیاز به سوراخ کردن سقف یا در مواردی که تجهیزات دیگری در مسیر انتقال بار مهار قرار داشته باشند، باید تمهیدات ویژه ای در نظر گرفته شود.
- انتهای مهار لرزهای همواره باید به قطعه ای متصل باشد که مقاومت کافی در برابر بار طراحی ناشی از بارهای زلزله، باد و ضربه را داشته باشد.
- اتصال قطعات از طریق پیچ کردن، جوش یا سایر اتصالات باید صورت گیرد و نباید بر روی مقاومت اصطکاکی ناشی از بلوک حساب نمود.

### ۳-۲- بار ثقلی

بارهای ثقلی وارد بر دیوار شامل وزن دیوار، نما یا پوشش متصل به آن است که بر اساس مبحث ششم مقررات ملی باید محاسبه شوند. تاثیر بارهای ثقلی ناشی از نما و پوشش های متصل بر دیوار بر روی تغییر شکل های دیوار ساخته شده از بلوک AAC باید مورد محاسبه قرار گیرد. همچنین تاثیر این بار بخصوص در دهانه های بزرگ بر روی خیز های سقف باید مورد توجه قرار گیرد. برای تحمل مناسب بار ثقلی توسط دیوار ساخته شده از بلوک AAC و عدم ایجاد ترک در آن باید بین دیوار و سقف به اندازه خیز دراز مدت محتمل در سقف فاصله وجود داشته باشد. حداقل این فاصله برابر با ۲ سانتی متر باید در نظر گرفته شود.

### ۳-۳- بارها و اثرات ناشی از زلزله

دیوار های غیر سازه ای علاوه بر اینکه باید برای نیروهای اینرسی ناشی از شتاب وارده بر خود قطعه، پایدار بمانند، در حین حال، حساس به جابجایی های نسبی نیز می باشند. این اجزاء باید علاوه بر نیروهای طراحی لرزه ای طبق بند (۳-۱-۳)، برای تغییرشکل ناشی از جابجایی نسبی جانبی طبقات در زلزله نیز طبق بند (۳-۱-۳) کنترل شوند.

<sup>1</sup> Drift

نیاز به ارزیابی لرزه‌های دیوارهای AAC و نمای متصل به آن بسته به داخلی یا خارجی بودن دیوار و انواع مختلف نما متصل به آن در جدول (۲-۳) ارائه شده است. لازم به ذکر است ترازهای لرزه‌خیزی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد مورد استفاده در جدول (۲-۳) مطابق تقسیم‌بندی آیین نامه طراحی سازه‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) می‌باشد. در صورتیکه دیوار نیاز به ارزیابی لرزه‌ای داشته باشد باید خود و اتصالاتش برای نیروهای محاسبه شده در بند ۳-۳-۱-۱ و جابجایی نسبی محاسبه شده در بند ۳-۳-۱-۲ کنترل شود.

جدول (۲-۳) ملزومات طراحی لرزه‌های دیوارهای غیر سازه‌ای و نمای متصل به آن

حساسیت	روش ارزیابی	سطح عملکرد			نوع جزء
		لرزه‌خیزی متوسط و کم	لرزه‌خیزی خیلی زیاد و زیاد	قابلیت استفاده بی‌وقفه	
		ایمنی جانی	ایمنی جانی		
<b>۱- دیوار AAC</b>					
ت	F/D	-	+	+	۱-۱- دیوار خارجی
ت	F/D	-	-	+	۲-۱- پارتیشن داخلی
<b>۲- نماهای خارجی متصل به دیوار AAC</b>					
۱-۲- نمای آجری یا سنگی					
ت	F/D	+	+	+	- نمای چسبانده شده
ت	F/D	-	+	+	- نمای مهارشده
ت	F/D	-	+	+	۲-۲- نمای سرامیک
ت	F/D	+	+	+	۳-۲- اندود سیمانی
<b>۳- نمای داخلی</b>					
ت	F/D	-	+	+	۱-۳- پوشش گچی

+ : کنترل لرزه‌ای لازم است.

- : کنترل لرزه‌ای لازم نیست

### ۳-۳-۱- محاسبه نیروها و تغییرشکل‌های وارد به دیوار

#### ۳-۳-۱-۱- نیروی افقی وارد به دیوار

نیروی افقی زلزله وارده به دیوار مطابق رابطه (۳-۱) محاسبه می‌شود.

$$F_p = \frac{0.4 a_p A B_S W_p I_p}{R_p} \left( 1 + 2 \frac{x}{h} \right) \quad (۳-۱)$$

نیروی افقی زلزله وارد بر دیوار لازم نیست بزرگتر از مقدار زیر اختیار گردد:

$$F_p = 1.6 A B_S W_p I_p \quad (۳-۲)$$

همین‌طور نیروی افقی زلزله وارد بر دیوار نباید کمتر از مقدار زیر شود:

$$F_p = 0.3 A B_S W_p I_p \quad (۳-۳)$$

که در این روابط:



$F_p$ : نیروی لرزه‌ای افقی طراحی وارده بر دیوار که در مرکز ثقل آن وارد می‌شود.

$I_p$ : ضریب عملکرد بر اساس ضوابط بند ۳-۱-۱ می باشد

$A$ : شتاب مبنای طرح براساس بند ۳-۱-۳

$B_s$ : ضریب بازتاب برای پیوندهای کوتاه (در محدوده ۰/۲ تا ۰/۳) که با توجه به نوع خاک براساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران تعیین می‌شود.

$a_p$ : ضریب تشدید اجزاء، این ضریب معیاری است برای سنجش مقدار نزدیک بودن پیوند طبیعی ساختمان و دیوار. هرچه پیوند طبیعی ساختمان و دیوار به هم نزدیک‌تر باشند،  $a_p$  بزرگتر خواهد بود. برعکس، هر اندازه پیوند طبیعی دیوار و سازه از هم فاصله داشته باشند،  $a_p$  کوچکتر خواهد بود. مقادیر این ضریب برای انواع مختلف دیوار و اجزای متصل به آن در جدول (۳-۳) ارائه شده است.

$W_p$ : وزن بهره‌برداری دیوار است که برابر با مجموع وزن نما و پوشش دیوار، خود دیوار و اتصالات آن می‌باشد.

$R_p$ : ضریب اصلاح پاسخ (ضریب رفتار) که بین ۱/۵ تا ۲/۵ بوده و براساس داخلی یا خارجی بودن دیوار متغیر است. این ضریب معیاری برای سنجش میزان شکل‌پذیری و شکنندگی دیوار و متعلقات آن است. مقادیر  $R_p$  برای دیوارهای مختلف و اجزای متصل به آن در جدول (۳-۳) مشخص شده است.

$X$ : ارتفاع نصب اتصالات دیوار در ساختمان نسبت به تراز پایه ساختمان.

$h$ : ارتفاع بام ساختمان که از تراز پایه ساختمان اندازه‌گیری می‌شود.

ضریب  $\left(1 + 2 \frac{X}{h}\right)$  نمایانگر این است که پاسخ کف و طبقه‌ای که دیوار در آن قرار دارد با افزایش ارتفاع از سطح تراز پایه تشدید شده و افزایش می‌یابد.

نیروی افقی زلزله باید به صورت مستقل به دیوار، اعمال شود. این نیرو باید همراه با بارهای مرده و سرویس مورد انتظار به دیوار اعمال شده و به صورتی باشد که بیشترین تنش را در تکیه‌گاه‌ها و مهارهای آنها ایجاد کند به جای محاسبه نیرو از رابطه (۳-۱) می‌توان شتاب را در هر تراز با روش تحلیل طیفی بیان شده در استاندارد ۲۸۰۰ بدست آورد. نیروهای زلزله در این حالت از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_p = \frac{1.5 a_i a_p W_p}{R_p} A \quad (۴-۳)$$

که در آن  $a_i$  مقدار شتاب در تراز  $i$  بدست آمده از تحلیل طیفی و  $A_x$  فاکتور بزرگنمایی پیچشی حاصل از رابطه زیر می‌باشد.

$$A_x = \left( \frac{\delta_{\max}}{1.2 \delta_{\text{avg}}} \right)^2 \quad (۵-۳)$$

که در آن :

$\delta_{\max}$ : بیشترین تغییر مکان در تراز  $x$  که با فرض  $A_x = I$  محاسبه شده است.

$\delta_{\text{avg}}$ : متوسط مقادیر تغییر مکان در نقاط انتهایی سازه در تراز  $x$  که با فرض  $A_x = I$  محاسبه شده است.

لازم به یادآوری است که فاکتور بزرگنمایی پیچش نباید کمتر از ۱ منظور شده و در ضمن لازم نیست بیش از ۳ در نظر گرفته شود.

در محاسبه  $F_p$  به این روش نیز، حد بالا و پائین حاصل از روابط ۳-۳ و ۲-۳ برقرار است.

### ۳-۳-۱-۲- محاسبه تغییر مکان

مقادیر تغییر مکان نسبی ناشی از زلزله  $(D_p)$  باید براساس روابط این بند محاسبه گردند. با توجه به اینکه دیوار، دو سقف واقع در ترازهای

$X$  و  $Y$  در یک ساختمان یا سیستم سازه‌ای را به هم متصل می نماید، باید از رابطه (۶-۳) استفاده شود.

$$D_p = 1.5(\delta_{xA} - \delta_{yA}) \quad (۶-۳)$$

در محاسبه تفاوت تغییر مکان طبقه در رابطه بالا می‌توان با استفاده از روش طیفی معرفی شده در استاندارد ۲۸۰۰ تغییر مکان هر طبقه برای هر مود را محاسبه و ترکیب نمود.

در این حالت نیاز نیست  $D_p$  از مقدار محاسبه شده از رابطه (۷-۳) بیشتر اختیار شود:

$$D_p = 1.5 \frac{(h_x - h_y) \Delta_{aA}}{h_{sx}} \quad (۷-۳)$$

اگر دیوار، دو نقطه هم تراز در دو بلوک (مجزا از نظر سازه‌ای) از یک ساختمان را به هم وصل نماید (این حالت فقط در صورتی اتفاق می‌افتد که دیوار در محل درز انقطاع قطع نشده باشد) باید از رابطه (۸-۳) استفاده شود.

$$D_p = 1.5(|\delta_{xA}| + |\delta_{xB}|) \quad (۸-۳)$$

در این حالت نیاز نیست  $D_p$  از مقدار محاسبه شده در رابطه (۹-۳) بیشتر اختیار شود:

$$D_p = 1.5 \left( \frac{h_x \Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_y \Delta_{aB}}{h_{sx}} \right) \quad (۹-۳)$$

در این روابط:

$D_p$  = تغییر مکان نسبی جانبی که دیوار باید برای تطابق با آن طرح شود

$h_x$  = ارتفاع اتصال تکیه‌گاه فوقانی (تراز X) نسبت به تراز پایه.

$h_y$  = ارتفاع اتصال تکیه‌گاه تحتانی (تراز Y) نسبت به تراز پایه.

$\delta_{xA}$  = تغییر مکان جانبی قسمت A ساختمان در تراز X، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰.

$\delta_{yA}$  = تغییر مکان جانبی قسمت A ساختمان در تراز Y، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰.

$\delta_{xB}$  = تغییر مکان جانبی قسمت B ساختمان در تراز X، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰.

$\Delta_{aA}$  = دررفت مجاز در قسمت A ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰

$\Delta_{aB}$  = دررفت مجاز در قسمت B ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰

$h_{sx}$  = ارتفاع طبقه که در محاسبه دررفت مجاز ( $\Delta_{aA}$  و  $\Delta_{aB}$ ) مورد استفاده قرار گرفته است.

اثر تغییر مکان‌های نسبی لرزه‌ای باید در ترکیب با تغییر مکان‌های ناشی از دیگر بارها در نظر گرفته شوند.

### ۳-۱-۳-۳- ضرایب $R_p$ و $a_p$

دیوارهای AAC و تکیه‌گاه‌های آن یک سیستم ارتعاشی را تشکیل می‌دهد که پریود طبیعی ارتعاش آن به جرم آن جزء و سختی تکیه‌گاه‌ها وابسته است. ضریب تشدید دیوار ( $a_p$ ) معیاری برای سنجش میزان نزدیک بودن پریود جزء غیرسازه‌ای به پریود طبیعی ساختمان است (جدول ۳-۳).

ضریب اصلاح پاسخ دیوار (ضریب رفتار)  $R_p$  معیاری است برای سنجش اینکه چه مقدار انرژی توسط دیوار و تکیه‌گاه‌ها و اتصالات آن بدون آسیب دیدگی قابل ملاحظه جذب می‌گردد. این ضریب با شکل‌پذیری مجموعه جزء و اتصالات آن ارتباط دارد.



جدول (۳-۳) ضرایب تشدید و اصلاح پاسخ،  $a_p$  و  $R_p$ ، برای دیوار و اجزای متصل به آن

$R_p$	$a_p$	نوع المان
<b>۱- دیوار خارجی AAC</b>		
۲٫۵	۱	۱-۱- در صورتیکه به صورت تره بوده و در تراز سقف در راستای خارج از صفحه مهار شود
۱٫۵	۱	۱-۲- در صورت اتصال به سقف*
<b>۲- پارتیشن AAC</b>		
۲٫۵	۱	۱-۲- در صورتیکه به صورت تره بوده و در تراز سقف در راستای خارج از صفحه مهار شود
۱٫۵	۱	۲-۲- در صورت اتصال به سقف*
۲٫۵	۲٫۵	۳- دیوارهای طره‌ای داخلی غیرسازه‌ای بدون هرگونه اتصال در سقف و جان پناه
۲٫۵	۱	۴- اجزای سیستم اتصال دیوار
۱	۱٫۲۵	۵- پیچ‌های سیستم اتصال دیوار
<b>۶- نمای متصل به دیوار</b>		
۱٫۵	۱	۱-۶- سنگ یا سرامیک چسبانده شده
۲٫۵	۱	۲-۶- سنگ، سرامیک یا آجر با اتصال خشک
۱٫۵	۱	۳-۶- اندود سیمانی
۲٫۵	۱	۴-۶- اجزای سیستم اتصال نما
۱	۱	۵-۶- پیچ‌های سیستم اتصال نما

\* حالت اتصال به سقف به علت عملکرد میانقابی در هنگام زلزله و ایجاد ترک تحت اثر بار ثقلی در بلوک‌ها به هیچ وجه توصیه نمی‌شود.

### ۳-۳-۲- معیارهای پذیرش، ضوابط و الزامات لرزه‌ای دیوار AAC

در این بخش معیارهای پذیرش دیوار AAC بسته به نوع کاربرد آن ارائه شده است. چنانچه طبق جدول (۳-۲)، کنترل لرزه‌ای مورد نظر ضرورت داشته باشد، دیوار و اتصالات آن باید تحت اثر نیروهای اینرسی کنترل شود. علاوه بر این با توجه به حساس بودن دیوار به جابجایی، بررسی جابجایی نسبی سیستم سازه‌ای در بردارنده دیوار و اثر آن در رفتار دیوار نیز ضروری می‌باشد. اتصالات دیوار باید با روش‌های مناسب که در این دستورالعمل ارائه شده است، طراحی و اجرا گردند. در صورتیکه دیوار و اتصالات آن معیار جابجایی نسبی را برآورده نکند باید نسبت به تقویت اتصالات یا کاهش دررفت طراحی طبقات به منظور کاهش جابجایی‌ها تا حدی که دیوار و اتصالات آن قابلیت تحمل آن را داشته باشند اقدام نمود. در این بخش، معیارهای پذیرش لرزه‌ای دیوارها و اجزاء متصل به آن ارائه شده است.

### ۳-۲-۱- دیوارهای خارجی

دیوارهای خارجی حساس به جابجایی و شتاب محسوب می‌شوند. دیوارهای خارجی ساخته شده از بلوک AAC در صورتیکه از بالا و پایین به کف طبقات متصل شوند و تحت اثر بارگذاری ناشی از تغییر شکل‌های سرویس ناشی از بارهای ثقلی و بارگذاری داخل صفحه ناشی از زلزله قرار می‌گیرند این مسئله با توجه به اتصال نمای خارجی به آنها و انتقال بار آن به دیوار دارای اهمیت بوده و بر اثر تغییر شکل‌های به وجود آمده در سازه، ممکن است دیوار دچار ترک خوردگی برشی، تاب خوردگی و شکست شود و نمای قرا گرفته بر روی آن ممکن است از دیوار جدا گردد. این دیوارها تحت اثر بارگذاری خارج از صفحه ممکن است دچار ترک خوردگی خمشی، خرابی محل اتصال دیوار به سازه و فروپاشی گردند. با توجه به حساسیت دیوارها به جابجایی‌های وارده توصیه می‌شود که در سازه‌های با صلبیت بالا (دریافت نسبی کم) مانند سازه‌های دارای دیوار برشی بتنی نیز این جدا سازی اعمال گردد.

این دیوارها را می‌توان با ایجاد درز پیوسته بین آنها و سازه محیطی محافظت کرد. برای این دیوارها باید اتصالاتی در نظر گرفت که قابلیت حرکت داخل صفحه و گیرداری خارج از صفحه را به دیوار بدهند ( بند ۴-۵-۳ آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله - استاندارد ۲۸۰۰).

### ۳-۲-۱-۱- معیارهای پذیرش

#### ۱- سطح عملکرد ایمنی جانی:

دیوارهای خارجی باید قادر به تحمل نیروهای برون صفحه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ و حداکثر تغییر مکان مجاز طبق این بند را در صورت عدم جداسازی دیوار از سازه در جهت داخل صفحه باشند. مقدار تغییر مکان نسبی مجاز برای این دیوارها برابر ۰/۰۱ می‌باشد. در صورت جداسازی دیوار از قاب با جزییات ارائه شده در این دستورالعمل نیازی به کنترل معیار تغییر شکلی نمی‌باشد. فاصله جداسازی از ستونها به اندازه حداقل ۰/۰۱ ارتفاع آزاد دیوار یا حداکثر دریفت طبقه براساس تحلیل سازه براساس استاندارد ۲۸۰۰ می‌باشد.

#### ۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه:

دیوارهای خارجی باید قادر به تحمل نیروهای برون صفحه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ و حداکثر تغییر مکان مجاز طبق این بند را در صورت عدم جداسازی دیوار از سازه در جهت داخل صفحه باشند. مقدار تغییر مکان نسبی مجاز برای این دیوارها برابر ۰/۰۰۵ می‌باشد. در صورت جداسازی دیوار از قاب با جزییات ارائه شده در این دستورالعمل نیازی به کنترل معیار تغییر شکلی نمی‌باشد. فاصله جداسازی از ستونها به اندازه حداقل ۰/۰۱ ارتفاع آزاد دیوار یا حداکثر دریفت طبقه براساس تحلیل سازه طبق استاندارد ۲۸۰۰ می‌باشد.

### ۳-۲-۱-۲- ملاحظات کاهش خطر لرزه‌ای

**الف- دیوارهای خارجی ساخته شده از بلوک AAC باید در جهت خارج از صفحه مقید شده و در جهت درون صفحه دارای اتصال آزاد باشند. این امر می‌تواند توسط نبشی‌های فولادی و یا بست‌های ویژه ارائه شده در این دستورالعمل متصل به دال سازه‌ای در تراز سقف و نبشی یا بست‌های ویژه ارائه شده در این دستورالعمل متصل به ستونها یا وال پست‌ها در دو انتهای دیوار انجام گردد. نبشی‌های فولادی می‌توانند منقطع باشند که باید برای نیروی خارج از صفحه طراحی شوند حداکثر فاصله آزاد بین نبشی‌های منقطع یک متر می‌باشد. در صورت استفاده از بست‌های ارائه شده در دستورالعمل باید حداکثر فواصل آنها در اتصال به ستون ۵۰ سانتی متر و در اتصال به سقف ۱۲۰ سانتی متر باشد.**





### ۳-۲-۳-۲- تیغه‌ها (دیوارهای داخلی)

تیغه‌ها (دیوارهای داخلی)، حساس به جابجایی و شتاب محسوب می‌شوند. تیغه‌های ساخته شده از بلوک AAC در صورتیکه از بالا و پایین به کف طبقات متصل شوند و تحت اثر بارگذاری ناشی از تغییر شکل های سرویس ناشی از بارهای ثقلی و بارگذاری داخل صفحه ناشی از زلزله قرار می‌گیرند و بر اثر تغییرشکل‌های به وجود آمده در سازه، ممکن است دچار ترک خوردگی برشی، تاب خوردگی و شکست شوند و سطح اندودکاری روی آنها ممکن است ترک خورده یا از دیوار جدا گردد. این تیغه‌ها تحت اثر بارگذاری خارج از صفحه ممکن است دچار ترک خوردگی خمشی، خرابی محل اتصال دیوار به سازه و فروپاشی گردند. در حالتی که از پارتیشن‌ها به عنوان مهار جانبی برای لوله کشی، اتاقک‌های الکتریکی، قفسه‌ها یا دیگر اعضای غیرسازه‌ای استفاده می‌گردند، خرابی پارتیشن ممکن است باعث آسیب دیدگی به این اعضا گردد بنابراین پارتیشن های داخلی نیز باید مانند دیوارهای خارجی از سقف و ستون ها جداسازی شوند که فاصله جداسازی از سقف برابر با حداکثر خیز دراز مدت تیر و ۲ سانتی متر بوده و فاصله جداسازی از ستونها به اندازه حداقل ۰/۰۱ ارتفاع آزاد دیوار یا حداکثر دریفت طبقه براساس تحلیل سازه طبق استاندارد ۲۸۰۰ می باشد. با توجه به حساسیت دیوار های سبک به جابجایی های وارده توصیه می شود که در سازه های با صلبیت بالا (دریفت نسبی کم) مانند سازه های دارای دیوار برشی بتنی نیز این جدا سازی اعمال گردد.

### ۳-۲-۳-۱- معیارهای پذیرش

#### ۱- سطح عملکرد ایمنی جانی:

تیغه‌ها باید قادر به تحمل نیروهای برون‌صفحه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۱ و حداکثر تغییر مکان مجاز طبق این بند را در صورت عدم جداسازی دیوار از سازه در جهت داخل صفحه باشند. مقدار تغییرمکان نسبی مجاز برای این دیوارها برابر ۰/۰۱ می‌باشد. در صورت جداسازی دیوار از قاب با جزییات ارائه شده در این دستورالعمل نیازی به کنترل معیار تغییر شکلی نمی باشد. فاصله جداسازی از ستونها به اندازه حداقل ۰/۰۱ ارتفاع آزاد دیوار یا حداکثر دریفت طبقه براساس تحلیل سازه طبق استاندارد ۲۸۰۰ می باشد

#### ۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه:

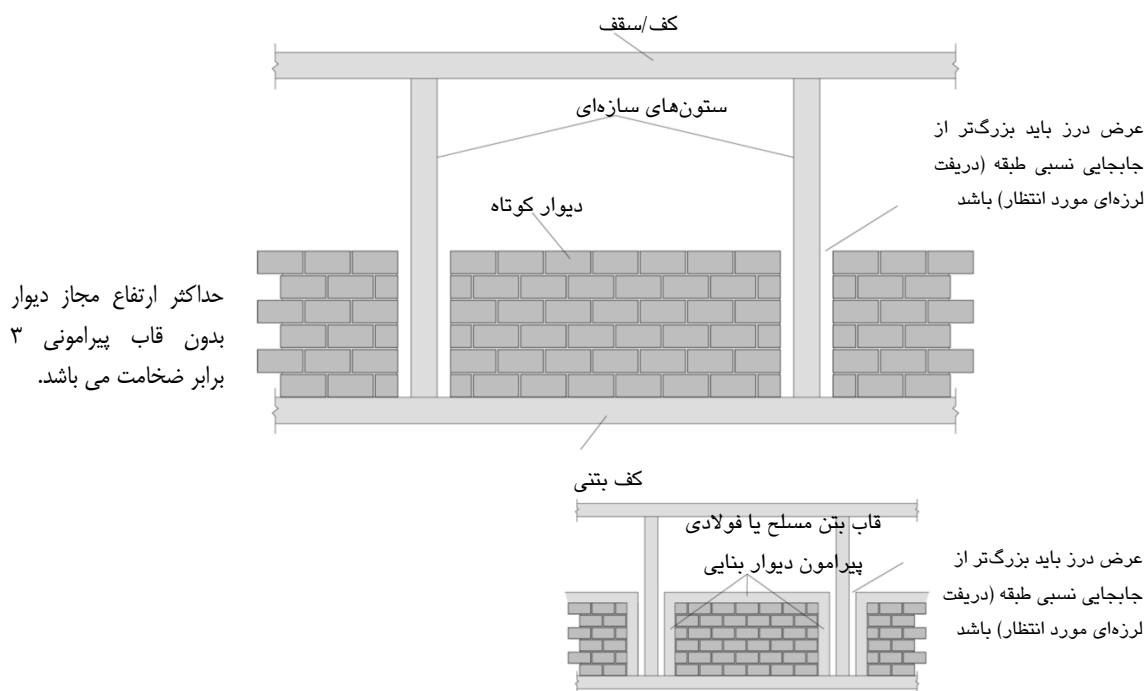
این تیغه‌ها باید قادر به تحمل نیروهای برون‌صفحه‌ای محاسبه شده طبق بند ۳-۲-۲ و حداکثر تغییر مکان مجاز طبق این بند را در صورت عدم جداسازی دیوار از سازه در جهت داخل صفحه باشند. مقدار تغییرمکان نسبی مجاز برای این دیوارها برابر ۰/۰۰۵ می‌باشد. در صورت جداسازی دیوار از قاب با جزییات ارائه شده در این دستورالعمل نیازی به کنترل معیار تغییر شکلی نمی باشد. فاصله جداسازی از ستونها به اندازه حداقل ۰/۰۱ ارتفاع آزاد دیوار یا حداکثر دریفت طبقه براساس تحلیل سازه طبق استاندارد ۲۸۰۰ می باشد.

### ۳-۲-۲-۲- ملاحظات کاهش خطر لرزه‌ای

**الف- دیوارهای داخلی AAC** باید در جهت خارج از صفحه مقید شده و در جهت درون صفحه دارای اتصال آزاد باشند. این امر می‌تواند توسط نبشی های فولادی متصل به دال سازه‌ای در تراز سقف و نبشی متصل به ستونها یا وال پست ها در دو انتهای دیوار انجام گردد. نبشی‌های فولادی می‌توانند پیوسته یا منقطع باشند این امر می‌تواند توسط نبشی های فولادی و یا بست های ویژه ارائه شده در این دستورالعمل متصل به دال سازه‌ای در تراز سقف و نبشی یا بست های ویژه ارائه شده در این دستورالعمل متصل به ستونها یا وال پست ها در دو انتهای دیوار انجام گردد. نبشی‌های فولادی می‌توانند منقطع باشند که باید برای نیروی خارج از صفحه طراحی شوند حداکثر فاصله آزاد بین نبشی های منقطع یک متر می باشد. در صورت استفاده از بست های ارائه شده در دستورالعمل در پارتیشن های با بلوک ۱۰ و ۱۲ سانتی متر باید حداکثر فواصل آنها در اتصال به ستون ۷۵ سانتی متر و در اتصال به سقف ۱۲۰ سانتی متر باشد.

ب- در صورتی که از پارتیشن به عنوان مهار جانبی دیگر اعضای غیرسازه‌ای استفاده می‌گردد، پارتیشن و مهارهای لازم باید برای بار وارده کنترل گردند.

ج- توجه شود که پارتیشن‌هایی که تمام ارتفاع طبقه را پوشش نمی‌دهند (دیوار کوتاه) حتماً باید از قاب سازه‌ای جدا گردند، زیرا در غیر اینصورت باعث تشکیل "ستون کوتاه" در سازه شده و باعث خرابی آن می‌گردد (شکل ۳-۱).



شکل (۳-۱) پارتیشن کوتاه

### ۳-۳-۲-۳-۳- نمای داخلی

نماهای داخلی، حساس به جابجایی محسوب می‌شوند. این اجزاء می‌توانند دچار ترک‌های داخل صفحه و جداسازی از دیوار شوند. همچنین ممکن است بر اثر شتاب، مستقیماً دچار تغییرمکان یا جداسازی خارج صفحه‌ای گردند. چنانچه این اجزاء معیارهای پذیرش را برآورده نسازند، باید تغییرمکان جانبی نسبی طبقات را محدود کرد. در صورت رعایت الزامات جداسازی دیوار طبق بند ۳-۳-۲-۲ نیازی به رعایت معیارهای پذیرش این بند نمی‌باشد.

### ۳-۳-۲-۳-۳- معیارهای پذیرش

- ۱- سطح عملکرد ایمنی جانی: حداکثر تغییرمکان نسبی مجاز طبق بند ۳-۳-۲ برابر با ۰/۰۲ می‌باشد.
- ۲- سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه: حداکثر تغییرمکان نسبی مجاز طبق بند ۳-۳-۲ برابر با ۰/۰۱ می‌باشد.

### ۳-۳-۲-۴- نمای خارجی

#### ۳-۳-۲-۴-۱- نماهای چسبانده شده

این نوع نما شامل نماهای سنگی، آجری و سرامیکی چسبانده شده، نمای اتیکس، نمای سیمانی و نمای EIFS می‌باشد.



در نماهای چسبانده شده، اتصال و مهار پشت‌بندی باید قادر به تحمل نیروهای طراحی لرزه‌ای افقی محاسبه شده طبق بند ۳-۳-۱ باشند. با توجه به اینکه نماهای چسبانده شده حساس به جابجایی محسوب می‌شوند، ممکن است در اثر تغییرشکل لایه زیرین ترک خورده یا از جای خود بیرون رانده شوند. در صورتیکه این اجزاء به طور مستقیم روی دیوارهای برشی یا اعضای سازه‌ای که تحت جابجایی بزرگ قرار می‌گیرند، نصب شوند، در زلزله آسیب‌پذیر خواهند بود. در نماهای چسبانده شده در صورتیکه اتصال نما ضعیف باشد (خوب نچسبیده باشد)، ممکن است در اثر شتاب مستقیم، اتصال از بین برود و قطعه آزاد گردد. این امر می‌تواند به دلیل نفوذ آب در طول زمان یا خرابی لایه زیرین نیز رخ دهد.

در نماهای چسبانده شده خرابی داخل صفحه نما معمولاً بر اثر تغییرشکل سازه دربرگیرنده دیواری که نما بر روی آن چسبانده شده است رخ می‌دهد که باعث به وجود آمدن ترک و گسترش آن می‌شود. خرابی خارج از صفحه که به صورت بیرون افتادن نما رخ می‌دهد، مستقیماً به دلیل شتاب می‌باشد. چنانچه تغییرشکل نما و دیوار پشتیبان آن، معیارهای پذیرش را برآورده نسازد، باید تغییرمکان جانبی نسبی طبقات را محدود کرد یا با ارائه جزئیات ویژه، اتصال دیوار پشتیبان به سازه محیطی را جدا نمود. در محاسبه تغییرمکان جانبی نسبی طبقات، اثر رفتار دیوارهای پشتیبان بر روی سازه باید در نظر گرفته شود.

در سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه با توجه به هدف کاربردی نماها، سازه باید به گونه‌ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به ۰/۰۱ ارتفاع طبقه محدود گردد. در سطح عملکرد ایمنی جانبی برای نماهای چسبانده شده، سازه باید به گونه‌ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به ۰/۰۲ ارتفاع طبقه محدود گردد. در صورت جداسازی دیواری طبق بند ۳-۳-۱-۲-۳ نیازی به کنترل تغییر شکل های داخل صفحه دیوار نمی باشد.

### ۳-۳-۲-۴-۲-۳-۳-۳ نماهای مهار شده

نماهای مهار شده شامل نماهای آجری و سنگی مهارشده، نماهای سرامیکی خشک و تخته‌های سیمانی می‌شود. در نمای مهارشده اتصالات باید بارهای ثقلی ناشی از وزن نما به همراه بارهای لرزه‌ای ناشی از شتاب افقی داخل صفحه، خارج صفحه و قائم زلزله را تحمل نمایند.

در سطح عملکرد کاربری بی‌وقفه با توجه به هدف کاربردی نماهای مهار شده، سازه باید به گونه‌ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به ۰/۰۱ ارتفاع طبقه محدود گردد. در سطح عملکرد ایمنی جانبی برای نماهای مهار شده، سازه باید به گونه‌ای طراحی شود که حداکثر تغییر مکان نسبی داخل و خارج از صفحه آن به ۰/۰۲ ارتفاع طبقه محدود گردد. در صورت جداسازی دیواری طبق بند ۳-۳-۱-۲-۳ نیازی به کنترل تغییر شکل های داخل صفحه دیوار نمی باشد.

### ۳-۳-۳-ظرفیت دیوارهای AAC در برابر بار زلزله

با توجه به نتایج بدست آمده از تست های انجام شده بر روی میز لرزان، دیوارهای ۲۰ سانتی متری ساخته شده از بلوک AAC و ۱۵ سانتی ساخته شده از این نوع بلوک که با الیاف شیشه با میزان حداقل ۲۰ گرم بر متر مربع در هر طرف دیوار ( نوع الیاف شیشه مورد استفاده در نمای سیمان باید الیاف شیشه مقاوم به قلیا AR\_GLASS باشد ولی در پوشش گچی می توان از الیاف شیشه معمولی E\_GLASS استفاده نمود. حداقل مقاومت کششی الیاف مورد استفاده باید ۸۰۰ Mpa باشد) یا الیاف کربن با میزان حداقل ۱۰ گرم بر متر مربع دیوار ( حداقل مقاومت الیاف کربن باید ۳۰۰۰ Mpa باشد) براساس جزئیات داده شده در این دستورالعمل مسلح شده باشند. در صورت جداسازی از قاب سازه ای در برابر بارهای لرزه ای وارده مقاوم می باشند. در صورت استفاده از نوارهای الیاف شیشه یا کربن همراه با اجرای جزئیات پیشنهادی این دستورالعمل برای اتصال به سقف، در طول دیوار خارجی

قابل اجرا محدودیتی وجود نداشته و احتیاج به کلاف قائم نمی باشد. در صورت عدم استفاده از الیاف باید در فواصل حداکثر ۵ متر یا ۴+ برابر قطر هر کدام که کمتر باشد از وال پست های قائم برای مهار دیوار استفاده نمود. در صورتیکه اتصال وال پست به سقف در راستای داخل صفحه به صورت کشویی باشد دیوار باید کاملاً به وال پست متصل گردد در غیر اینصورت (اتصال کامل وال پست به سقف در دو جهت) باید جزییات جداسازی دیوار از ستون برای وال پست نیز اجرا گردد.

تبصره: در ساختمان های با اهمیت زیاد و بسیار زیاد براساس تقسیم بندی استاندارد ۲۸۰+ توصیه می شود که از الیاف شیشه یا کربن با مشخصات ذکر شده در بند ۳-۳-۳ برای مسلح کردن دیوارهای AAC استفاده شود.

### ۳-۴- بار باد وارده بر دیوارهای خارجی ساخته شده از بلوک AAC

ساختمان ها به طور کلی و دیوار خارجی به عنوان جزء در معرض باد باید به صورت مستقل برای اثرات ناشی از باد طراحی و اجرا شوند. این اثر بر روی دیوار خارجی باید با توجه به میانگین سرعت باد در منطقه، ارتفاع، شکل هندسی ساختمان ها، میزان پوشش و گرفتگی که موانع مجاور برای آنها ایجاد می کنند محاسبه شود. جهت تعیین اثر ناشی از باد فرض می شود که باد به صورت افقی و در هر یک از امتدادها و به طور غیر همزمان به ساختمان اثر می کند. این اثر با بار زلزله جمع نمی شود و دیوار خارجی و کلیه اجزای آن باید برای اثر آن، طراحی شوند. بسته به نوع نما، دیوار باید برای اثرات مکشی باد یا اثرات مکش و فشار باد هر کدام که تنهایی طراحی شود در دیوارهایی که نما بر روی آن چسبانده شده دیوار باید برای بارهای مکش و فشار باد طراحی شود ولی در دیوارهای دارای نماهای پرده ای بار باد به نما وارد می شود و از طریق سازه نما به تیرها و ستونها منتقل می گردد و دیوار نیازی به طراحی برای بار باد ندارد. جدول ۳-۴ بار بادی که دیوار باید برای آن کنترل شود را نشان می دهد.

جدول (۳-۴) راستای بار بادی که باید دیوار باید برای آن کنترل شود

عضو غیر سازه ای	مکش	فشار
دیوار خارجی AAC دارای نمای پرده ای	-	-
دیوار خارجی AAC دارای سایر انواع نما	+	+
نمای چسبانده شده به دیوار AAC	+	-
نمای پرده ای	+	+
اجزای سیستم اتصال دیوار در نماهای پرده ای	-	-
اجزای سیستم اتصال دیوار در سایر انواع نما	+	+

### ۳-۴-۱- فشار یا مکش ناشی از باد بر سطح دیوار

فشار خارجی یا مکش تحت اثر باد بر دیوار یا نمای آن از رابطه زیر بدست می آید:

$$p = 1.2qC_eC_gC_p \quad (۳-۱۰)$$

که در این رابطه :

$p$  = فشار خارجی که به صورت استاتیکی در جهت عمود بر سطح در حالت فشار وارد بر سطح یا مکش به سمت خارج عمل می کند.

حداقل مقدار فشار خارجی وارده به دیوار یا نمای آن ۰,۷۷ (KN/m<sup>2</sup>) می باشد



$q$  = فشار مبنای باد که از رابطه زیر بدست می آید:

$$q = 0.0000613 V^2 \text{ (KN/m}^2\text{)} \quad (۱۱-۳)$$

در رابطه فوق سرعت بر حسب Km/h می باشد.

این فشار بر مبنای سرعت باد که امکان تجاوز از این مقدار در سال ۲٪ می باشد و به طور متعارف با دوره بازگشت ۵۰ ساله بیان می گردد، به دست می آید.

$V$  = سرعت مبنای باد طبق جدول (۶-۱۰-۲) مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان

$C_e$  = ضریب بادگیری طبق بند ۳-۴-۱-۱-الف

$C_g$  = ضریب اثر جهشی باد طبق بند ۳-۴-۱-۱-الف.

$C_p$  = ضریب فشار خارجی که بر اساس مساحت بلوک AAC یا قطعه نما تعیین می شود. باید توجه شود که این مساحت برای بلوک AAC یا قطعه نما مساحت آن قطعه یا بلوک بوده، برای پیچ یا اتصالات مساحت قسمتی از دیوار که بار آن به پیچ وارد می شود است. مقدار این ضریب مطابق بند ۳-۴-۱-۱-الف محاسبه می شود.

### ۳-۴-۱-۱- نحوه محاسبه بار باد

#### الف- روش استاتیکی

این روش برای اکثر موارد شامل طراحی سازه و ساختمان های با ارتفاع کم و متوسط و نیز نما و دیوار خارجی مناسب می باشد. (اثرات دینامیکی باد توسط بارهای استاتیکی معادل می شود). در روش استاتیکی، محاسبه بار باد به شرح زیر است:

برای زمین باز:

$$C_e = \max \left\{ 0.9, \left( \frac{h}{10} \right)^{0.2} \right\} \quad (۱۲-۳)$$

$C_e$ : ضریب بادگیری که تغییرات سرعت باد با ارتفاع و نیز اثرات ناشی از تغییر در زمین اطراف و توپوگرافی را نشان می دهد.

$h$ : ارتفاع ساختمان از سطح زمین

زمین باز زمینی است که در آن ساختمان ها، درختان و موانع دیگر به صورت پراکنده یا به دریاچه، دریا، یا کنار ساحل باز اطلاق می شود.

برای زمین پر تراکم:

$$C_e = \max \left\{ 0.7, 0.7 \left( \frac{h}{12} \right)^{0.3} \right\} \quad (۱۳-۳)$$

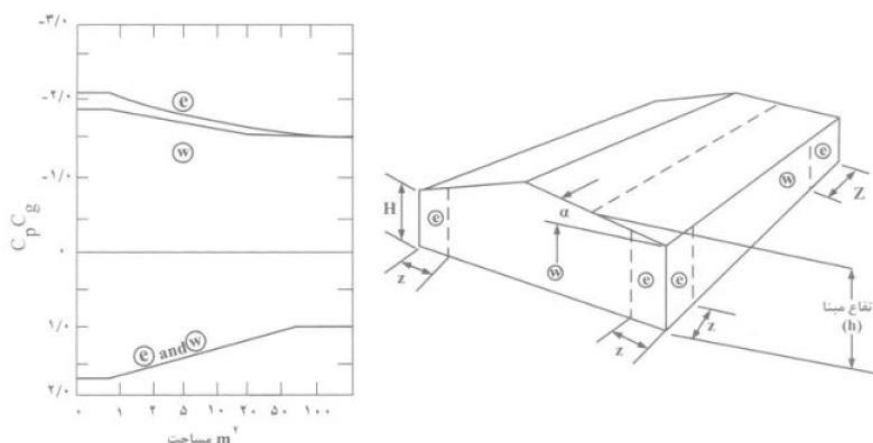
زمین پر تراکم به زمین حومه شهری، شهری، جنگل پر تراکم که تا یک کیلومتر یا ۲۰ برابر ارتفاع ساختمان در بالادست، هر کدام بیشتر باشد، امتداد یابد، اطلاق می شود.

هنگامی که ناهمواری زمین کمتر از ۱ کیلومتر امتداد یابد و ساختمان کوتاه تر از ۱۰۰ متر باشد، مقدار  $C_e$  با درون یابی بین ۲ حالت قبل و با استفاده از بند ۶-۱۰-۲ مبحث ۶ تعیین می گردد.

$C_g$ : ضریب اثر جهش باد، طبق مبحث ۶ و بند ۶-۱۰-۴-الف برای فشار خارجی و مکش در اعضای کوچک از جمله نما یا دیوار خارجی  $C_g=2.5$  می باشد. این ضریب به صورت حداکثر اثر بارگذاری به میانگین اثر بارگذاری تعریف می شود.

$C_p$ : ضریب فشار که نسبت بی بعد فشارهای ایجاد شده توسط باد روی سطح ساختمان به فشار سرعتی باد در ارتفاع مبنا می باشد. اثرات جهت وزش در بارهای ضریب دار لحاظ شده اند و نباید کاهش مجددی اعمال شود.

برای طراحی نما و دیوار خارجی مقدار  $C_p$  می تواند برابر با  $\pm 0.9$  در نظر گرفته شود اما در نزدیک گوشه ها  $C_p$  برابر با ۱,۲ مناسب است. به جای استفاده از ضرایب فوق الذکر می توان از ضریب ترکیبی بیشینه فشار و باد جهشی خارجی  $C_p C_g$  برای طراحی نما و دیوار خارجی که در شکل ۲-۳ ارائه شده است استفاده نمود. باید توجه شود که در شکل ۲-۳ ضریب ترکیبی بر اساس مساحت بلوک AAC یا قطعه نما تعیین می شود، که این مساحت برای بلوک AAC یا قطعه نما مساحت آن قطعه یا بلوک بوده، برای پیچ یا اتصالات مساحت قسمتی از دیوار AAC که بار آن به پیچ وارد می شود است.



شکل (۲-۳) ضریب ترکیبی بیشینه فشار و باد جهشی خارجی  $C_p C_g$  برای طراحی نما

در شکل ۲-۳ ضرایب برای هر شیب بام برقرار می باشد و به موارد زیر در مورد این شکل باید توجه شود:

- ۱- در شکل ۲-۳ محور افقی در نمودار مساحت نمای مورد طراحی در ناحیه مشخص شده است.
- ۲- عرض ناحیه انتهایی ظ برابر ۱۰٪ کمترین بعد افقی یا ۴۰٪ ارتفاع H هر کدام کوچکتر باشد است. این عرض نباید از ۴٪ بعد افقی کوچکتر یا ۱ متر اختیار شود.
- ۳- ترکیب فشار خارجی و داخلی باید برای دستیابی به بحرانی ترین حالت بارگذاری ارزیابی شود.
- ۴- ضرایب مثبت نشان دهنده نیروهای رو به سطح هستند. در حالی که ضرایب منفی، نیروهای دور از سطح را نشان می دهند. هر المان سازه ای باید برای هر دوی این نیروها طراحی شود.
- ۵- ضرایب فشار می تواند معمولا برای نما بکار رود با این حال هنگامی که اعضای عمودی سازه عمیق تر از ۱ متر روی نما قرار می گیرند  $C_p C_g = -2.8$  باید به منطقه e اعمال شود.

### ب- روش تجربی

این روش شامل آزمایش تونل باد یا سایر روش های تجربی می باشد که می تواند جایگزین برای روش استاتیکی باشد. آزمایش تونل باد برای تعیین بار باد وارده بر دیوار خارجی و نما در تمام انواع سازه ها، مجاز می باشد و در صورتیکه ساختمان دارای نامنظمی های شدید در فرم سدهی خود باشد یا امکان ایجاد اثرات اغتشاش و یا ایجاد کانل جریان هوا در اطراف سازه وجود داشته باشد انجام آزمایش تونل باد برای ارزیابی نیروهای وارده بر دیوارهای خارجی و نما توصیه می شود. این روش، دقیق ترین روش تعیین بارهای وارده ناشی از باد بر این اجزا می باشد. آزمایش تونل باد یا آزمایش های دیگری که از سیال به غیر از هوا در آنها استفاده می شود باید با شرایط زیر برقرار باشد:



- الف- شرایط اتمسفریک واقعی باید برای مدل سازی تغییرات سرعت باد در ارتفاع مدل شود.
- ب- مقیاس سازی توربولانس المان های طولی باید با مقیاس مشابه با آنچه برای مدل سازی سازه به کار می رود، انجام شود.
- ج- ساختمان مدل سازی شده و ساختمان های اطراف و توپولوژی آن باید مشابه ساختار واقعه آن باشد.
- د- سطح مقطع راستای تحت آزمایش مدل ساختمان و سازه های اطراف آن باید کمتر از ۸ درصد سطح مقطع کل تونل باشد مگر آنکه ضرایب اصلاحی جهت سد مسیر باد در نتایج ضرب شود.
- ه- گرادیان فشار طولی در مقطع تست در تونل باد باید گزارش شود.
- و- اثر عدد رینولدز بر روی فشار و نیرو باید به حداقل رسانده شود.
- ز- مشخصات ابزارگذاری در تونل باد باید به گونه ای باشد که بارهای وارده بر دیوارهای خارجی و اجزای نما بخصوص در کناره های ساختمان و اطراف بازشوها را رصد نماید.
- ط- مقادیر بدست آمده از تونل باد نباید کمتر از ۸۰٪ مقادیر بدست آمده از نتایج تحلیل استاتیکی باشد.

### ۳-۴-۲- معیار پذیرش دیوار خارجی برای بار باد

دیوارهای خارجی و نمای متصل به آن در ساختمان باید مقاومت کافی در مقابل بار باد را دارا باشد. دیوار خارجی و نمای متصل به آن هر کدام باید مقاومت کافی برای انتقال نیروهای ناشی از بار باد به تکیه گاه ها را دارا بوده و سطح خدمت رسانی مورد نظر را تامین نمایند. باید توجه شود که در نماهای پرده ای کل بار باد توسط نما و اجزای آن باید تحمل شده و به اسکلت سازه ای انتقال یابد و به دیوار خارجی باری وارد نمی شود.

### ۳-۴-۲-۱- معیار پذیرش دیوار در برابر نیروهای ناشی از بار باد

دیوار خارجی و اتصالات آن و همچنین نماهای متصل به آن باید توانایی تحمل در برابر نیروهای ناشی از بار باد را داشته باشند. تنش های خمشی ایجاد شده در دیوار باید با ظرفیت تنش خمشی دیوار به روش ذکر شده در بند ۳-۴-۳ یا روش های محاسباتی بر اساس مکانیک مهندسی و با اعمال ضریب ایمنی ۲/۵ مقایسه شود. همچنین تنش های برشی، فشاری و کششی ایجاد شده در اتصالات دیوار به سازه نیز باید از نظر ظرفیت تنش قابل تحمل در اتصالات کنترل شود. لازم به ذکر است بار باد بدون ضریب بدست آمده از مبحث ۶ مقررات ملی در ضریب ۰/۷ ضرب می شود و با این مقدار باید مقایسه شود.

### ۳-۴-۲-۲- معیار پذیرش دیوار های خارجی در برابر تغییر شکل ناشی از بار باد

تغییر مکان های ناشی از بار باد در دیوار خارجی و اتصالات آن و همچنین نماهای متصل به آن از جمله نما با قطعات چسبیده یا مهار شده باید در محدوده معینی باشد. محدودیت های تغییر شکل شامل اعمال بار باد به صورت مکش و فشار می باشد. برای دیوار خارجی ساخته شده از بلوک AAC حد تغییر شکل مجاز خارج از صفحه  $L/240$  می باشد. برای نمای سیمانی حد مجاز تغییر شکل خارج از صفحه نما  $L/360$  می باشد. برای سایر انواع نما چنانچه مصالح نما از نوع شکننده و ترد باشد حد مجاز تغییر شکل خارج از صفحه نما  $L/240$  و چنانچه از مصالح انعطاف پذیر استفاده شده باشد حد مجاز این تغییر شکل  $L/120$  می باشد.  $L$  فاصله بین تکیه گاه های جدار بیرونی است. لازم به ذکر است که این مقدار با ۰/۷ بار باد بدون ضریب مبحث ۶ مقررات ملی باید مقایسه شود. برای ارزیابی این مسئله می توان از مدلسازی دقیق اجزای محدود که در بر گیرنده دیوار، اجزای نما و اتصالات آن می باشد و یا از تست های آزمایشگاهی استفاده نمود.

### ۳-۴-۲-۳- روش آزمون و تعیین ظرفیت قطعات ساخته شده از بلوک AAC

جهت تعیین ظرفیت دیوارهای خارجی و قطعات و پانل‌های نما می‌توان از تست آزمایشگاهی به شرح زیر بهره برد. آزمون باید تحت اثر افزایشی تدریجی سربار تا میزان مساوی یا بیش از دو برابر سربار طراحی قرار گیرد. بار آزمون باید ۲۴ ساعت حفظ شود. آزمایش در صورتیکه پس از باربرداری بیش از ۷۵ درصد تغییر مکان‌ها بازگردد رضایتبخش تلقی می‌گردد. در ادامه آزمون مجدداً باید تحت سربار افزایشی قرار گیرد تا اینکه یا خرابی رخ دهد یا بار سربار مساوی ۲/۵ برابر باری باشد که محدودیت تغییر مکان جدول ۴-۵ در آن رخ داده یا اینکه بار به معادل ۲/۵ برابر نیروی سربار طراحی برسد. در مواردی که معیارهای تغییر مکان جدول ۳-۵ به هر دلیل، مبنای قرار نگیرد، بارگذاری تا خرابی یا حصول ۲/۵ برابر نیروی سربار طراحی ادامه داده می‌شود. در اینجا مقدار مجاز نیروی قابل اعمال به قطعه معادل کمترین مقدار حاصل از بندهای زیر در نظر گرفته می‌شود.

۱- نیرو در تغییر مکان برابر جدول ۳-۵

۲- نیروی خرابی تقسیم بر ۲/۵

۳- بیشترین بار اعمال شده تقسیم بر ۲/۵

جدول (۳-۵) محدوده قابل قبول تغییر شکل

تحت بار باد	دیوارهای خارجی
L/۲۴۰	دیوار خارجی از بلوک AAC
L/۳۶۰	دیوار خارجی از بلوک AAC + نمای سیمانی
L/۲۴۰	دیوار خارجی از بلوک AAC + نما با مصالح شکننده
L/۱۲۰	دیوار خارجی از بلوک AAC + نما با مصالح شکل‌پذیر

بار باد مجاز به میزان ۰/۷ بار باد وارده بر اجزای نما برای تعیین محدوده تغییر مکان مجاز منظور شود.

### ۳-۴-۳- روابط تبدیل بیشینه سرعت باد لحظه‌ای به سرعت باد طراحی مبحث ۶

براساس مطالب ارائه شده در بند ۳-۴، مبنای طراحی برای بار باد مبحث ششم مقررات ملی است. تعیین بار باد در این مبحث براساس مجموعه‌ای از مشخصات مرتبط با ارتفاع و سطح باربر نما و اطلاعات در دسترس برای سرعت متوسط باد در منطقه صورت می‌پذیرد. تعیین سرعت متوسط باد از این جهت حائز اهمیت است که مقدار آن عموماً براساس گزارشات ثبت شده برای یک شهر و گاه برای نواحی پیرامون صورت می‌پذیرد و ممکن است با فاصله‌ای قابل توجه از میزان دقیق آن تخمین زده شود. با توجه به ارتباط مستقیم میزان بار باد با سرعت متوسط باد، به نظر می‌رسد روشی برای تعیین میزان دقیق این سرعت مورد نیاز باشد. به همین منظور، آئین‌نامه‌های طراحی بین‌المللی ضوابطی برای تعیین مقدار متوسط سرعت براساس حداکثر مقادیر ثبت شده برای سرعت در یک منطقه ارائه نموده‌اند که با بهره‌گیری از این روابط، امکان کاهش مقدار خطای ناشی از تقریب غیردقیق سرعت متوسط فراهم می‌شود.

با توجه به اینکه در اغلب گزارشات هواشناسی کشور، مشخصه‌ای با عنوان بیشینه سرعت باد ارائه می‌شود، امکان استفاده از روابط بین‌المللی متناسب با این موضوع نیز فراهم خواهد بود، به همین دلیل در این بخش، به ارائه این روابط و مبنای مرتبط با آن پرداخته می‌شود. همچنین، مشخصات شهرهای مورد بررسی در این پروژه نیز براساس مطالب ذکر شده اصلاح خواهد شد.

سرعت متوسط مورد نیاز برای تعیین بار باد براساس مبحث ششم مقررات ملی کشور، سرعت متوسط ۱ ساعته است که برای تخمین آن، دوره بازگشتی برابر با ۵۰ سال در نظر گرفته می‌شود. از طرف دیگر، بهره‌گیری از سرعت حداکثر لحظه‌ای در ۳ ثانیه برای تعیین مقدار دقیق بار باد، از سوی آئین‌نامه‌های بین‌المللی توصیه می‌شود. براساس مطالعات موجود و تحقیقات صورت گرفته، نسبت این دو سرعت را براساس شکل (۳-۳) با رابطه (۳-۱۴) تعریف می‌شود.

$$\text{Average WindSpeed} = \frac{\text{Maximum WindSpeed in 3 seconds}}{1.525} \quad (3-14)$$





با استفاده از این رابطه ساده، با در دسترس بودن سرعت بیشینه باد برای هر منطقه، امکان تخمین دقیق میزان سرعت متوسط و بار باد حاصله فراهم خواهد شد.

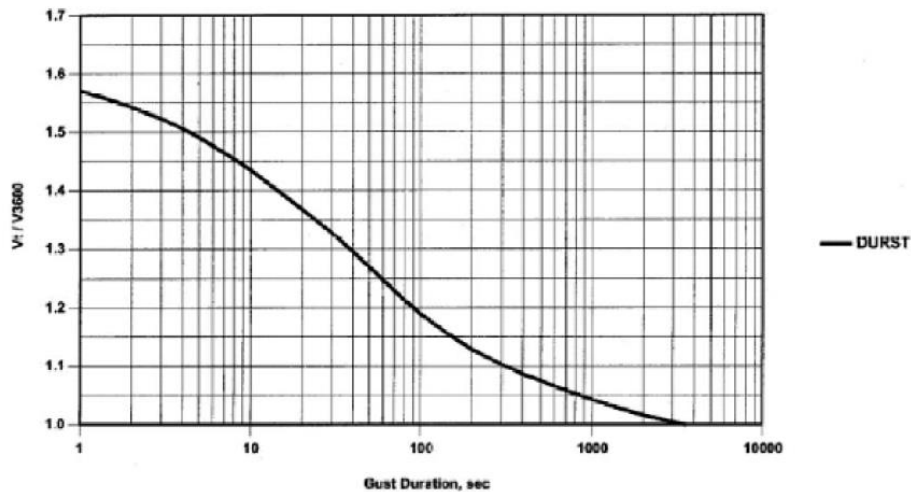


FIGURE C26.5-1 Maximum Speed Averaged over  $t$  s to Hourly Mean Speed.

شکل (۳-۳) ارتباط بین سرعت متوسط ۱ ساعته و سرعت حداکثر ثانیه‌ای باد

### ۳-۴-۴- ظرفیت دیوارهای AAC در برابر بار باد

با توجه به نتایج بدست آمده دیوار ساخته شده با بلوک ۱۵ سانتی متری AAC (بدون استفاده از ایاف) توان تحمل بار باد بدون ضریب براساس مبحث ششم مقررات ملی تا ۱۴۶ کیلوگرم بر متر مربع را دارد. نتایج آزمون نشان می‌دهد این مقدار در دیوار ساخته شده با بلوک ۱۵ سانتی متری مسلح شده به یک لایه ایاف شیشه ۴۰ گرم بر متر مربع تا بار باد ۱۷۰ کیلوگرم بر متر مربع و دیوار ساخته شده با بلوک ۲۰ سانتی متری تا بار باد ۱۶۰ کیلوگرم بر متر مربع می‌رسد. در صورت نیاز به تحمل بارهای شدیدتر استفاده از ایاف شیشه با تراکم بالاتر و یا استفاده از نماهای پرده ای توصیه می‌گردد. جایگزین کردن ایاف شیشه با ایاف کربن با وزن ۱۰ گرم بر مترمربع به منظور تسلیح دیوارهای AAC بلامانع است ضمن آنکه در این شرایط عملکرد بهتری در مقایسه با دیوارهای تسلیح شده با ایاف شیشه انتظار می‌رود. ذکر این نکته ضروری است که این مشخصات با رعایت جزئیات جداسازی از سقف ذکر شده در این دستورالعمل و اجرای المان های ارائه شده برای مهار خارج از صفحه برای دیوارهای AAC می‌باشد.

### ۳-۵-۳- ارزیابی دیوارهای خارجی ساختمان در مقابل بارهای ضربه‌ای

#### ۳-۵-۳-۱- مقدمه

یکی از الزامات در طراحی دیوارهای خارجی و نمای ساختمان، تحمل آن در مقابل ضربات در طول دوره بهره‌برداری است. این ضربات می‌تواند شامل ضربات سنگین اتومبیل‌ها، ضربات ناشی از برخورد افراد یا سایر اجسام باشد. بنابر رویکرد استانداردها به طور معمول جدار خارجی ساختمان مورد ارزیابی در مقابل ضربه قرار می‌گیرد. این جدار می‌تواند شامل دیوار خارجی و نمای چسبیده به آن بوده یا شامل نمای پرده ای و سازه مجزای نگهدارنده نما که به آن متصل است باشد. از آنجا که معیارهای پذیرش مبتنی بر امکان ادامه بهره‌برداری ایمن از

قطعات است لذا این آزمون‌ها برای دیوارهای خارجی و نمای ساختمان الزامی است. در حالتی که نمای ساختمان از طریق یک سازه نگهدارنده به قطعات سازه‌ای متصل باشد (نمای پرده ای)، آزمون‌های ضربه فقط بر روی آن انجام می‌شود. بدین منظور دو راهکار وجود دارد:

الف- مدلسازی اجزای محدود دیوار و نما با جزییات و اتصالات آن و انجام تحلیل عملکرد تحت اثر بار دینامیکی ضربه ب- در صورت عدم انجام تحلیل دیوار در برابر بارهای ضربه‌ای، انجام آزمایش بر روی نمونه دیوار و نما ساخته شده از جنس مورد نظر بر اساس ضوابط این بخش

روش عمومی انجام آزمون‌های ضربه بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۷۲ با عنوان "اجزای قائم ساختمان-آزمون مقاومت در برابر ضربه-اجسام ضربه‌ای و روش‌های عمومی آزمون" می‌باشد. ضربات مورد بررسی در این فصل شامل ضربه‌های ایجادکننده شوک در انواع مشخصی از دیوارها و ضربه‌های ناشی از حرکت با سرعت بالای یک شیء (مانند پرتابه اسلحه گرم یا چکش) نمی‌شود.

### ۳-۵-۲- آزمون ضربه

آزمون‌های ضربه شامل جسم ضربه‌زننده‌ای است که مانند آونگ روی سطح نمونه قائم دیوار که در یک قاب جاسازی شده است، سقوط می‌کند. در هنگام برگشت، جسم ضربه‌زننده عقب نگهداشته می‌شود و اصابت مجدد صورت نمی‌گیرد. برای دیوار و نمایی متصل به آن دو نوع آزمون شامل ضربه اجسام سخت و ضربه اجسام نرم بزرگ در نظر گرفته می‌شود.

### ۳-۵-۲-۱- ضربه‌های اجسام سخت

ضربه اجسام سخت فقط حاصل ضربه‌هایی است که از جابجایی یا پرتاب اشیاء غیر قابل تغییر شکل حاصل می‌شود (به طور مثال پرتاب یک قطعه سخت یا یک تکه سنگ).

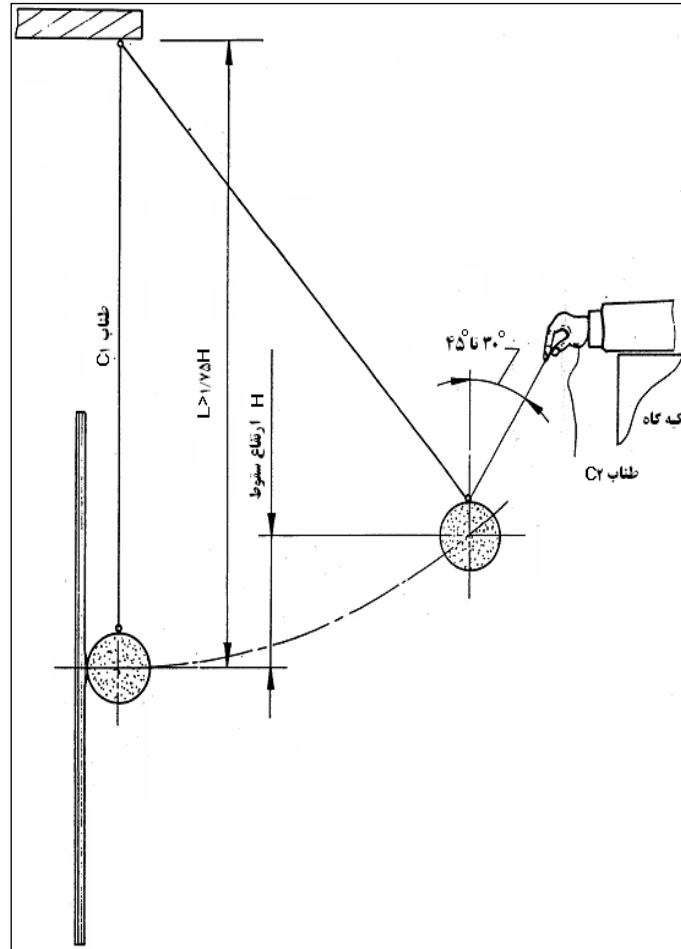
ابزار اعمال این آزمون، گوی فولادی ساده است. جهت ارزیابی حفظ قابلیت خدمت‌رسانی قطعات نما (بند ۳-۵-۱) جسم سخت یک گوی فولادی پانصد گرمی به قطر ۵۰ میلی‌متر است که جرم آن با مهره اتصال حدود  $(50 \pm 5)$  g خواهد بود ضربه‌هایی که با این نوع گلوله اعمال می‌شود با علامت H1 شناخته می‌شود. جهت ارزیابی حفظ معیار ایمنی ساکنین (بند ۳-۵-۲) جسم سخت یک گوی فولادی یک کیلوگرمی به قطر ۶۲/۵ میلی‌متر است که جرم آن با مهره اتصال حدود  $(100 \pm 10)$  g خواهد بود، ضربه‌هایی که با این نوع گلوله اعمال می‌شود با علامت H2 شناخته می‌شود.

در شکل (۳-۴) روش انجام آزمون نمایش داده شده است. ارتفاع سقوط بر مبنای انرژی ضربه‌ای تعیین می‌شود. این ارتفاع بر اساس انرژی ضربه موجود در جدول (۳-۴) تعیین می‌گردد.

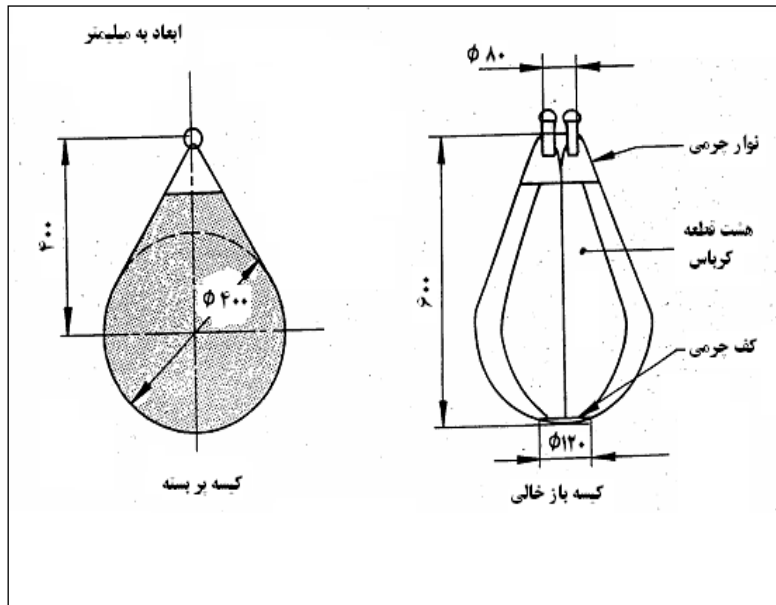
### ۳-۵-۲-۲- ضربه جسم نرم بزرگ

ضربه جسم نرم بزرگ حاصل ضربه‌هایی است که از برخورد بدن انسان روی سطح اتفاق می‌افتد (به طور مثال ضربه شانه، ضربه حاصل از دویدن و برخورد به دیوار و یا ضربه حاصل از نردبان مورد استفاده به دیوار).

جسم ضربه‌زننده یک کیسه کروی مخروطی به جرم ۵۰ kg است. این کیسه از هشت قطعه پارچه کرباسی قیراندود که به هم دوخته شده‌اند، تشکیل یافته است. کیسه با گلوله‌های شیشه‌ای به قطر سه میلی‌متر پر شده است. جرم کیسه  $(50 \pm 0.5)$  kg است. ضربه‌هایی که با این کیسه اعمال می‌شود با علامت S2 نمایش داده می‌شود. در شکل (۳-۵) نمایی از کیسه مورد استفاده در آزمون نشان داده شده است.



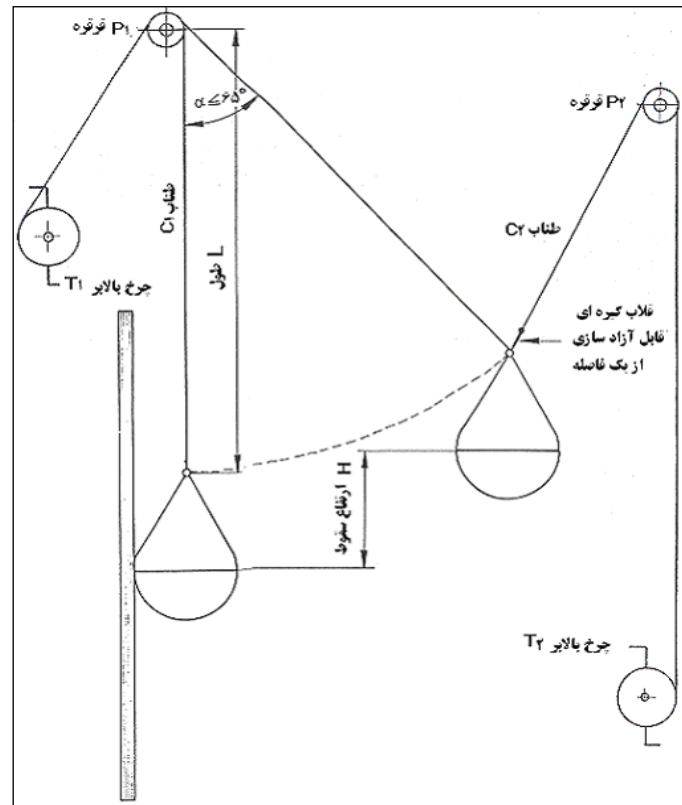
شکل (۳-۴) انجام آزمایش ضربه جسم سخت



شکل (۳-۵) کیسه کروی مخروطی پنجاه کیلوگرمی

ضربه به وسیله سقوط آونگی کیسه کروی مخروطی که در بالا شرح داده شده است، اعمال می‌شود. ابزاری که برای کنترل سقوط کیسه به کار می‌رود، در شکل (۳-۶) نشان داده شده است. قرقره و چرخ بالای به کار گرفته شده در صفحه سقوط کیسه قرار می‌گیرند. کیسه وقتی بالا برده می‌شود در موقعیت قائم قرار می‌گیرد. ارتفاع سقوط  $H$  با به کارگیری میله اندازه‌گیری قائم که روی زمین افقی تکیه دارد، اندازه‌گیری می‌شود. ارتفاع سقوط برابر با تفاوت بین تراز خط افقی مشخص شده در مرکز کیسه تا تراز نعل برخورد بر روی دیوار است.

ارتفاع سقوط مطابق بند ۳-۳-۵-۳ و مبتنی بر انرژی ضربه‌ای که در جدول ۳-۷ ارائه شده است تعیین می‌گردد.



شکل (۳-۶) set up انجام تست ضربه جسم نرم سنگین



شکل (۳-۷) آزمایش ضربه جسم نرم سنگین

**۳-۵-۳- گروه بندی عملکردی دیوار خارجی و نما برای تعیین انرژی ضربه**

ضربه اعمال شده بر روی سطح خارجی تابع موقعیت قرارگیری در ساختمان و میزان در معرض ضربه بودن آن قطعه است. به این منظور گروه بندی عملکردی برای قطعات پیرامونی یک ساختمان تعیین می شود.

**۳-۵-۳-۱- گروه بندی عملکردی**

با توجه به موقعیت یک دیوار در ساختمان و تنوع عملکردهایی که در اطراف ساختمان امکان پذیر است، دامنه وسیعی از حالات ممکن است این دامنه به ۶ گروه اصلی تقسیم می شود. گروه های A تا D مربوط به موقعیت های تا ۱٫۵ متر بالاتر از سطح پیاده رو بوده و بالاتر از این تراز با توجه به کاهش خطرات ضربه به دو گروه دیگر تقسیم می شود. تعاریف این گروه ها در جدول ۳-۶ ارائه شده است.

جدول (۳-۶) گروه بندی سطوح در معرض ضربه در ساختمان ها

گروه	شرح	مثال
A	در دسترس عموم و افرادی که انگیزه ای برای ملاحظه کاری ندارند. در معرض نفوذهای خرابکارانه و یا اعمال خشن.	دیوار منازل مسکونی یا ساختمان های عمومی در مناطق با احتمال خرابکاری
B	در دسترس عموم و افرادی که انگیزه ای برای ملاحظه کاری ندارند. در معرض بروز تصادفات یا سوء استفاده.	دیوارهای مجاور پیاده راه کنار شاهراه ها و یا مجاور زمین بازی که در گروه A نگنجد.
C	عمدتاً در دسترس افراد دارای انگیزه ملاحظه کاری. احتمال وقوع تصادف و سوء استفاده وجود دارد.	دیوارهای مجاور فضای سبز خصوصی و دیوارهای عقب بالکن ها.
D	تنها در دسترس افراد دارای ملاحظه کاری و دور از مسیرهای عبور. احتمال کم بروز تصادفات یا سوء استفاده.	دیوارهای مجاور فضای سبز محصور بدون راه عبور
E	بالاتر از ناحیه با احتمال ضربه از سوی افراد ولی با احتمال برخورد اشیاء پرتابی	در ارتفاع ۱٫۵ متر تا ۶ متر در نواحی گروه A و B
F	نواحی بالاتر از ناحیه با احتمال ضربه از سوی افراد و بدون احتمال برخورد اشیاء پرتابی	نواحی با ارتفاع بیش از ۶ متر که به طور معمول با تجهیزات خاص قابل دسترس است.

**۳-۵-۳-۲- تعیین انرژی ضربه**

انرژی ضربه جسم سخت و جسم نرم بزرگ بر اساس گروه عملکردی در جدول ۳-۷ ارائه شده است.

**۳-۵-۳-۳- ارتفاع سقوط وزنه و کیسه در آزمون های ضربه**

در جدول (۳-۷) انرژی ضربه برای حالات مختلف ارائه شده است در زیر بر اساس انرژی ضربه و وزن گلوله یا کیسه، ارتفاع رهاسازی ارائه شده است:

**الف- ضربات جسم سخت**

برای ایجاد انرژی ضربه ۱۰Nm یک گلوله فولادی استیل با قطر ۶۲٫۵mm و با جرم ۱٫۰kg از ارتفاع ۱۰۲۰mm به صورت آونگی رها می شود.

برای ایجاد انرژی ضربه ۶Nm یک گلوله فولادی استیل با قطر ۵۰ mm و با جرم ۰٫۵kg از ارتفاع ۱۲۲۰mm به صورت آونگی رها می‌شود.

برای ایجاد انرژی ضربه ۳Nm یک گلوله فولادی استیل با قطر ۵۰ mm و با جرم ۰٫۵kg از ارتفاع ۶۱۰mm به صورت آونگی رها می‌شود.

### ب- ضربات جسم نرم

برای ایجاد انرژی ضربه ۵۰۰Nm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۱۰۲۰mm به صورت آونگی رها می‌شود.

برای ایجاد انرژی ضربه ۳۵۰Nm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۷۱۵mm به صورت آونگی رها می‌شود.

برای ایجاد انرژی ضربه ۱۲۰Nm یک کیسه با جرم ۵۰ kg از ارتفاع ۲۴۵mm به صورت آونگی رها می‌شود.

جدول (۷-۳) جدول تعیین انرژی ضربه

انرژی ضربه‌ای جسم نرم بزرگ <i>N.m</i>		انرژی ضربه‌ای جسم سخت <i>N.m</i>		گروه عملکردی
معیار حفظ ایمنی افراد	معیار حفظ شرایط عملکردی دیوار	معیار حفظ ایمنی افراد	معیار حفظ شرایط عملکردی دیوار	
به توضیحات (الف) مراجعه شود				A
(S1) ۵۰۰	(S1) ۱۲۰	(H2) ۱۰	(H2) ۱۰	B
(S1) ۵۰۰	(S1) ۱۲۰	(H2) ۱۰	(H1) ۶	C
(S1) ۵۰۰	(S1) ۱۲۰	(H2) ۱۰	(H1) ۶	D
(S1) ۳۵۰	-	(H2) ۱۰	(H1) ۶	E
(S1) ۳۵۰	-	-	(H1) ۳	F

الف- برای این دسته از دیوارها هیچ معیاری ارائه نمی‌شود و با توجه به سطح و شدت خرابکاری محتمل باید ارزیابی صورت گیرد

### ۳-۵-۴- موقعیت ضربات روی دیوار

موقعیت ضربات باید به گونه‌ای تعیین شود که احتمال وقوع بدترین اثرات به لحاظ ترک خوردگی یا جداسازی مهار از دیوار یا قطعه نما وجود داشته باشد.

### ۳-۵-۵- معیار پذیرش

برای دیوار و نمای متصل به آن معیارهای پذیرش مقاومت در برابر ضربه برای دو سطح عملکرد حفظ شرایط خدمت پذیری دیوار و نما و معیار حفظ ایمنی افراد به ترتیب، متناسب با ضربه سطح متوسط و ضربه شدید باید کنترل شود.



### ۳-۵-۱- حفظ سطح خدمت پذیری دیوار و نمای متصل به آن

دیواری که تحت ضربه سطح متوسط قرار می‌گیرد نباید کاهش سطح عملکرد داشته باشد. ارزیابی وضعیت سطح نمای دیوار پس از اعمال ضربه به صورت کیفی صورت می‌گیرد. در مورد مصالح ترد و شکننده هیچگونه صدمه‌ای قابل قبول تلقی نمی‌شود. در مورد مصالح غیر ترد بروز سوراخ یا حفره باعث رد نمونه بوده و فرورفتگی گرچه تابع اثرات خرابی بر زیبایی نما است اما می‌تواند با معیار عمق فرورفتگی ارزیابی شود. در مورد خود دیوار AAC نیز هیچگونه صدمه‌ای قابل قبول نمی‌باشد. به طور مثال در مورد نمای سنگ، یکپارچگی سنگ و مهارهای آن، بعد از یک ضربه با سطح متوسط، باید در نظر گرفته شود. هیچ‌گونه آسیبی به سنگ در اثر تست ضربه سطح خدمت‌پذیری مورد قبول نیست.

### ۳-۵-۲- حفظ ایمنی افراد

ضربه شدید نباید باعث هر گونه آسیب سازه‌ای یا ناپایداری شود و نباید باعث جداشدگی بخش‌هایی از دیوار و بروز صدمه به ساکنین یا افراد خارج ساختمان باشد. هیچ‌یک از ادوات اعمال ضربه نباید از دیوار گذر نماید. با توجه به شدت ضربه برای ارزیابی دیوار و نمای متصل به آن در این وضعیت، خسارت به دیوار و نما در این حالت قابل قبول تلقی می‌شود و بروز تغییر شکل دائمی در سمت دیگر دیوار امکان‌پذیر است. به طور نمونه در مورد نمای سنگی در اثر تست ضربه نباید پانل‌های سنگی به گونه‌ای ترک بخورند که بخش‌های بزرگی از آن به سمت زمین سقوط کند و اینکه مهاربندها و سنگ‌های اطراف نقاط مهاربند آسیب ببینند.

### ۳-۵-۶- ظرفیت دیوارهای AAC در برابر بار ضربه

با توجه به آزمایشهای انجام دیوارهای AAC با بلوک به ضخامت ۱۰ سانتی متر و بالاتر برای پارتیشن‌های داخلی و بلوک با ضخامت ۱۵ سانتی متر با یک لایه الیاف شیشه به تراکم ۴۰ گرم بر متر مربع یا بلوک به ضخامت ۲۰ سانتی متر برای دیوارهای خارجی پاسخگوی بارهای ضربه وارده می‌باشند. ذکر این نکته ضروری است که این مشخصات با رعایت جزییات جداسازی از سقف ذکر شده در این دستورالعمل و اجرای المان‌های ارائه شده برای مهار خارج از صفحه برای دیوارهای AAC می‌باشد.

### ۳-۶- بار انفجار

براساس ضوابط مبحث ششم مقررات ملی دیوارهای خارجی در ساختمانهای با اهمیت بسیار زیاد باید در برابر فشار وارده از خارج به داخل برابر با ۲ کیلونیوتن بر متر مربع طرح شوند. در این حالت ظرفیت دیوار و اتصالات آن را می‌توان براساس ضوابط مبحث ۲۱ افزایش داد.

### ۳-۷- نحوه اعمال بارها و ترکیبات بارگذاری

به منظور بررسی عملکرد دیوار و اتصالات آن پس از محاسبه نیروهای وارده شامل بار ثقلی، بار زلزله، باد و ضربه و تعیین عکس‌العمل‌ها، باید با انجام تحلیل و ترکیب بارهای وارده نسبت به بررسی نیروهای وارده بر مهارها اقدام شده و با میزان تحمل آنها مقایسه شود. کنترل مهارها و خود دیوار باید برای موارد زیر انجام شود که عبارتند از:  
اتصالات باید قابلیت تحمل نیروی برشی ناشی از بارهای جانبی را داشته باشند  
دیوار باید قابلیت تحمل نیروی برشی و خمشی خارج از صفحه وارده بر آن را داشته باشد  
دیوار و اتصالات آن باید قابلیت تحمل نیروهای وارده از نما و اتصالات آن را داشته باشند



نیروی زلزله باید در جهت افقی به مرکز جرم دیوار وارد شود و با نیروهای بهره‌برداری وارد به آن ترکیب گردد. در مورد طراحی اتصالات، روش LRFD بکار گرفته می‌شود. ظرفیت بسیاری از اجزاء استاندارد مانند میل‌مهارها، پیچ‌ها و با استفاده از روش ASD مشخص شده است. برای اجزائی که ظرفیت آنها براساس روش ASD به دست می‌آید می‌توان بارهای حاصل از روش LRFD طبق روابط (۱-۳) الی (۸-۳) را با ۱/۴ برابر ظرفیت به دست آمده براساس روش ASD مقایسه نمود.

### ۳-۷-۱- ترکیب بار برای کنترل تکیه‌گاه اجزاء نما

$$1) 1.4 D$$

$$2) 1.2 D + 1.6 L$$

$$3) 1.2 D + L + 1.0 E$$

$$4) 0.9 D + E$$

(۱۵-۳)

$$5) 0.9 D + 1.4 W$$

$$6) 1.2 D + 1.4 W + L$$

$$7) 0.9 D + A_k = 0.5 L + 0.2 S$$

که در این روابط، D: بار مرده؛ L: بار زنده، W: بار باد، E: بار زلزله و  $A_k$  بار ناشی از انفجار می‌باشد.



**۳-۸- یک نمونه مثال برای محاسبه بار زلزله وارده بر تیغه های AAC**

تیغه های مشخص شده در طبقه پنجم و اول یک ساختمان ۵ طبقه واقع در شهر تهران با پلان و نمای شکل ۳-۸ را برای سطح عملکردی ایمنی جانی ارزیابی نمایید. اتصال دیوار در جهت خارج از صفحه برای منطقه با خاک نوع III به تیرهای بالا و پایین مفصلی فرض می گردد.

محاسبه وزن یک متر مربع دیوار:

$$0.2 \times 400 = 80 \text{Kg}$$

دیوار با بلوک ۲۰ سانتیمتر از جنس AAC

$$0.015 \times 1300 = 20 \text{ Kg}$$

گچ به ضخامت ۱/۵ سانتیمتر در داخل

$$0.03 \times 2100 = 63 \text{Kg}$$

ملات پشت سنگ به ضخامت ۳ سانتیمتر

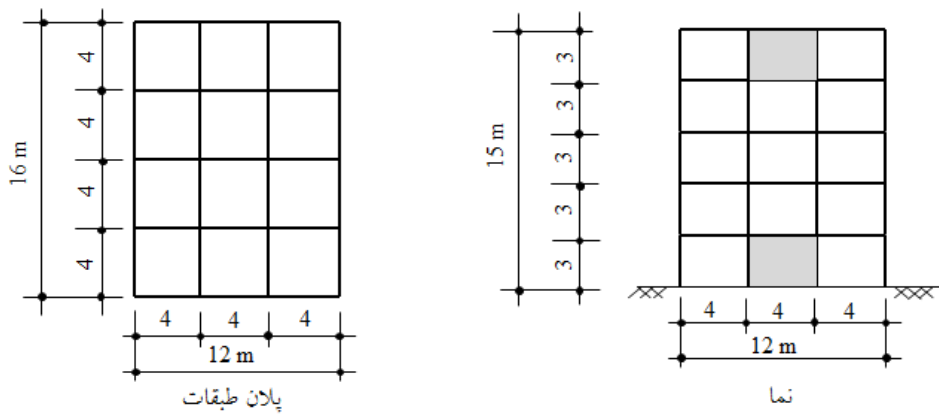
$$0.02 \times 2500 = 50 \text{Kg}$$

سنگ به ضخامت ۲ سانتیمتر

$$213 \text{Kg}$$

جمع

تیغه با ضخامت ۲۰۰ میلیمتر بوده و وزن آن  $213 \text{daN/m}^2$  می باشد.



شکل (۳-۸) نما و پلان ساختمان مورد نظر

حل:

**۳-۸-۱- تعیین رفتار جزء غیرسازه ای**

تیغه ها (پارتیشن ها)، حساس به جابجایی و شتاب محسوب می شوند. تیغه هایی که از بالا و پایین به کف طبقات متصل شده اند و تحت اثر بارگذاری داخل صفحه می باشند، بر اثر تغییر شکل های به وجود آمده در سازه، ممکن است دچار ترک خوردگی برشی، تاب خوردگی و شکست شوند و سطح اندودکاری می تواند از دیوار جدا گردد. این تیغه ها تحت اثر بارگذاری خارج از صفحه ممکن است دچار ترک خوردگی خمشی، خرابی محل اتصال دیوار به سازه و فروپاشی گردند.

با توجه به جدول ۳-۱ تیغه ها جزء اجزای غیرسازه ای حساس به تغییر مکان می باشند و علاوه بر نیروهای طراحی لرزه ای طبق بندهای (۳-۱) و (۳-۲) باید برای تغییر شکل های بند ۳-۲-۳ نیز کنترل گردند.

**۳-۸-۲- تعیین سطح عملکرد**

در این دیوار انتظار می رود که تحت زلزله «سطح خطر-۱» سطح عملکردی ایمنی ساکنین تأمین شود.



### ۳-۸-۳- تعیین پارامترهای طیف طرح

با توجه به اینکه اطلاعاتی در زمینه تحلیل خطر ارائه نشده است، برای زلزله «سطح خطر-۱» از طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ استفاده می‌گردد.

با توجه به خاک تیپ III، مشخصات طیف زلزله به صورت زیر می‌باشد:

$$T_0 = 0.15, T_S = 0.7, S = 1.75$$

$$B_S = S + 1 = 2.75 \quad \text{«سطح خطر-۱»}$$

$$A = 0.35 \quad \text{منطقه با لرزه‌خیزی خیلی زیاد}$$

### ۳-۸-۴- ارزیابی سطح عملکرد ایمنی جانی برای زلزله «سطح خطر-۱»

محاسبه نیروهای لرزه‌ای

$$F_P = \frac{0.4 a_P A B_S W_P}{(R_P / I_P)} \left( 1 + 2 \frac{x}{h} \right)$$

$$W_P = 213 \times 4 \times 3 = 2556 \text{ daN} = 25.56 \text{ kN}$$

$$B_S = S + 1 = 2.75 \quad \text{«سطح خطر-۱»}$$

$$a_P = 1, R_P = 1.5 \quad \text{با توجه به جدول ۲-۳}$$

$$I_P = 1 \quad \text{با توجه به بند ۱-۳ برای سطح عملکرد ایمنی جانی}$$

برای تیغه طبقه اول

$$\frac{x}{h} = 0.0$$

$$F_P = \frac{0.4 \times 1 \times 0.35 \times 2.75 \times 25.56}{1.5/1.0} (1 + 2 \times 0) = 6.56 \text{ kN}$$

$$F_P \leq 1.6 A B_S I_P W_P = 1.6 \times 0.35 \times 2.75 \times 1.0 \times 25.56 = 39.36 \text{ kN}$$

$$F_P \geq 0.3 A B_S I_P W_P = 0.3 \times 0.35 \times 2.75 \times 1.0 \times 25.56 = 7.38 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow F_P = 7.38 \text{ kN} \Rightarrow \omega = \frac{F_P}{L} = 2.46 \text{ kN/m}, M_{\max} = \frac{\omega L^2}{8} = 2.77 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_t = \frac{M.c}{I} - \sigma_g = \frac{2.77 \times 10^6 \times 100}{\frac{1}{12} \times 4000 \times 200^3} - \frac{25.56/2 \times 10^3}{4000 \times 200} = 0.087 \text{ MPa} \cong 0.87 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{M.c}{I} + \sigma_g = \frac{2.77 \times 10^6 \times 100}{\frac{1}{12} \times 4000 \times 200^3} + \frac{25.56/2 \times 10^3}{4000 \times 200} = 0.12 \text{ MPa} \cong 1.2 \text{ kgf/cm}^2$$



برای تیغه طبقه پنجم
$\frac{x}{h} = \frac{12}{15} = 0.8$ $F_p = \frac{0.4 \times 1 \times 0.35 \times 2.75 \times 25.56}{1.5/1.0} (1 + 2 \times 0.8) = 17.05 \text{ kN}$ $\Rightarrow F_p = 17.05 \text{ kN} \Rightarrow \omega = \frac{F_p}{L} = 5.68 \text{ kN/m}, M_{\max} = \frac{\omega L^2}{8} = 6.38 \text{ kN.m}$ $\sigma_t = \frac{M.c}{I} - \sigma_g = \frac{6.38 \times 10^6 \times 100}{\frac{1}{12} \times 4000 \times 200^3} - \frac{25.56/2 \times 10^3}{4000 \times 200} = 0.223 \text{ MPa} \cong 2.23 \text{ kgf/cm}^2$ $\sigma_c = \frac{M.c}{I} + \sigma_g = \frac{6.38 \times 10^6 \times 100}{\frac{1}{12} \times 4000 \times 200^3} + \frac{25.56/2 \times 10^3}{4000 \times 200} = 0.254 \text{ MPa} \cong 2.54 \text{ kgf/cm}^2$

با توجه به اینکه دیوار فقط از بالا و پایین به قاب متصل شده است، این نیرو باید عمود بر صفحه دیوار وارد گردد. تنش های کششی و فشاری ناشی از لنگر باید با مقادیر قابل تحمل توسط دیوار که برای دیوار AAC به ترتیب برابر ۴ و ۴۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشند مقایسه گردد.

### کنترل تغییرمکان

در صورت عدم جداسازی دیوار کنترل این بخش ضرورت دارد.

طبق بند ۳-۳-۲-۱ مقدار تغییرمکان نسبی مجاز برای تیغه های سنگین در سطح عملکرد ایمنی جانی برابر ۰/۰۱ می باشد.

$$D_r = \frac{(\delta_{xA} - \delta_{yA})}{(X - Y)} = \frac{\delta_5 - \delta_4}{3} \leq 0.01 \rightarrow \delta_5 - \delta_4 \leq 30 \text{ mm}$$

در صورتی که تحت زلزله سطح خطر-۱، اختلاف تغییرمکان طبقات پنجم و چهارم بیشتر از ۳۰ میلی متر باشد، دریافت طبقات باید کاهش داده شود.



## فصل چهارم: جزییات و دیتایل های اجرایی

### ۴-۱- مقدمه

در این فصل جزییات و دیتایل های مربوط به اجرای دیوارهای AAC ارائه شده است

### ۴-۲- اتصالات

اتصالات دیوار متشکل از بلوک های AAC باید به نحوی انجام گیرد که عملکرد مورد نظر قطعه دیوار در پدیده هایی چون خیز تیرهای زیر دیوار و سقف، دریفت طبقات، عوامل وارد آورنده نیروی خارج از صفحه از جمله باد، ضربه حین بهره برداری و زلزله تامین شود. به واسطه مقاومت کششی به نسبت پایین تمام بلوک های مصالح بنایی از جمله بلوک AAC ضروری است جزییات اجرایی اتصالات با دقت بالا اجرا گردد. باید توجه شود که به علت اتصال بلوک AAC با چسب به یکدیگر و مقاومت و چسبندگی بالای این چسب به بلوک در مقایسه با اتصال ملات ماسه سیمان به سایر انواع بلوک های مصالح بنایی در دیوارهای AAC در صورت عدم رعایت جزییات ارائه شده امکان شکست کششی در بلوک وجود دارد (در سایر انواع دیوار بلوکی به علت مقاومت کم ملات این شکست عموماً در ملات متصل کننده اتفاق می افتد). در ادامه نمونه هایی از اتصالات که با توجه به جمیع جنبه های فوق الذکر می تواند تامین کننده اهداف طرح اتصال باشد ارائه شده است.

### ۴-۲-۱- اتصال دیوار به ستون بتن آرمه و فولادی

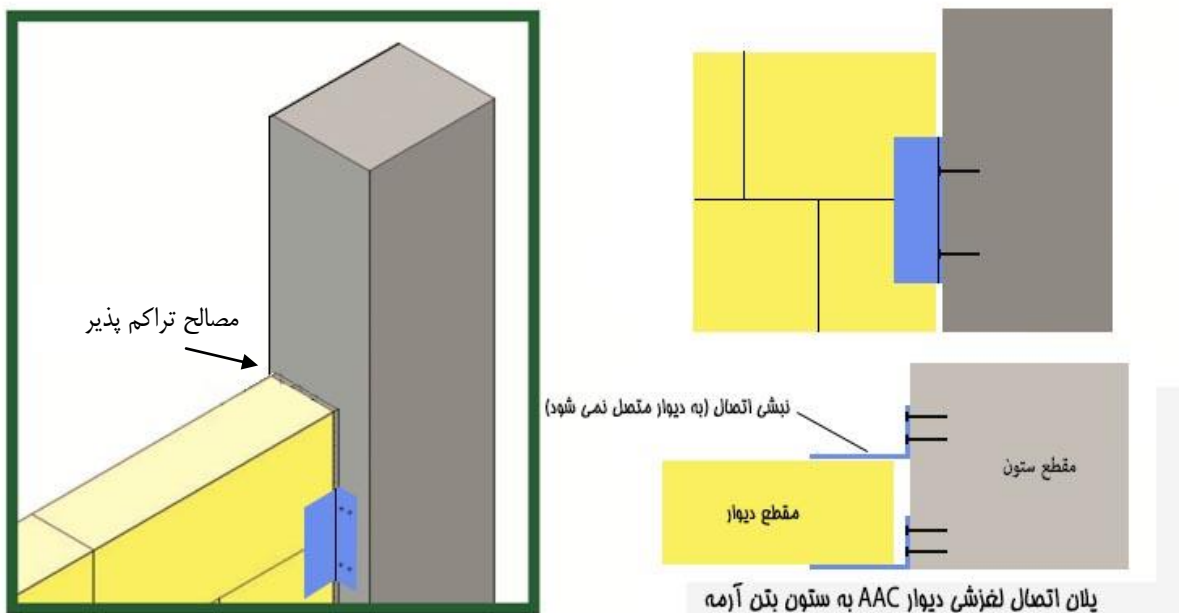
طراحی سازه با فرض عدم مشارکت دیوارهای جداکننده و پیرامونی در سختی سازه انجام می شود. بر این اساس اتصال لبه قائم دیوارها به ستونها و دیوارهای برشی ساختمان یا هر المان باربر قائم دیگری در سازه باید به گونه ای باشد که ممانعتی در برابر این جابجایی نسبی ایجاد نکند. اتصال دیوار AAC به ستون ها و سایر المانهای مشابه باید با نوعی از اتصال که تامین کننده این فرض طراحی باشد انجام گیرد.

### ۴-۲-۱-۱- اتصال کشویی با استفاده از نبشی

یکی از روشهای مناسب باری اتصال دیوار به ستونها به صورت استفاده از اتصال کشویی در محل تماس با استفاده از نبشی منقطع می باشد. در مورد این اتصال نکات زیر حائز اهمیت است:

- قطعات نبشی می تواند از ورق فولادی گالوانیزه خم خورده باشد (سرد نورد)
- هیچگونه اتصالی اعم از پیچ و میخ بین بال نبشی و دیوار AAC نباید اجرا شود
- فاصله بین دیوار تا ستون با مواد انعطاف پذیر از قبیل فوم پلی یورتان یا پلی استایرن پر شود

- در مواردی که ستون فولادی باشد بال نبشی به ستون جوش می شود.



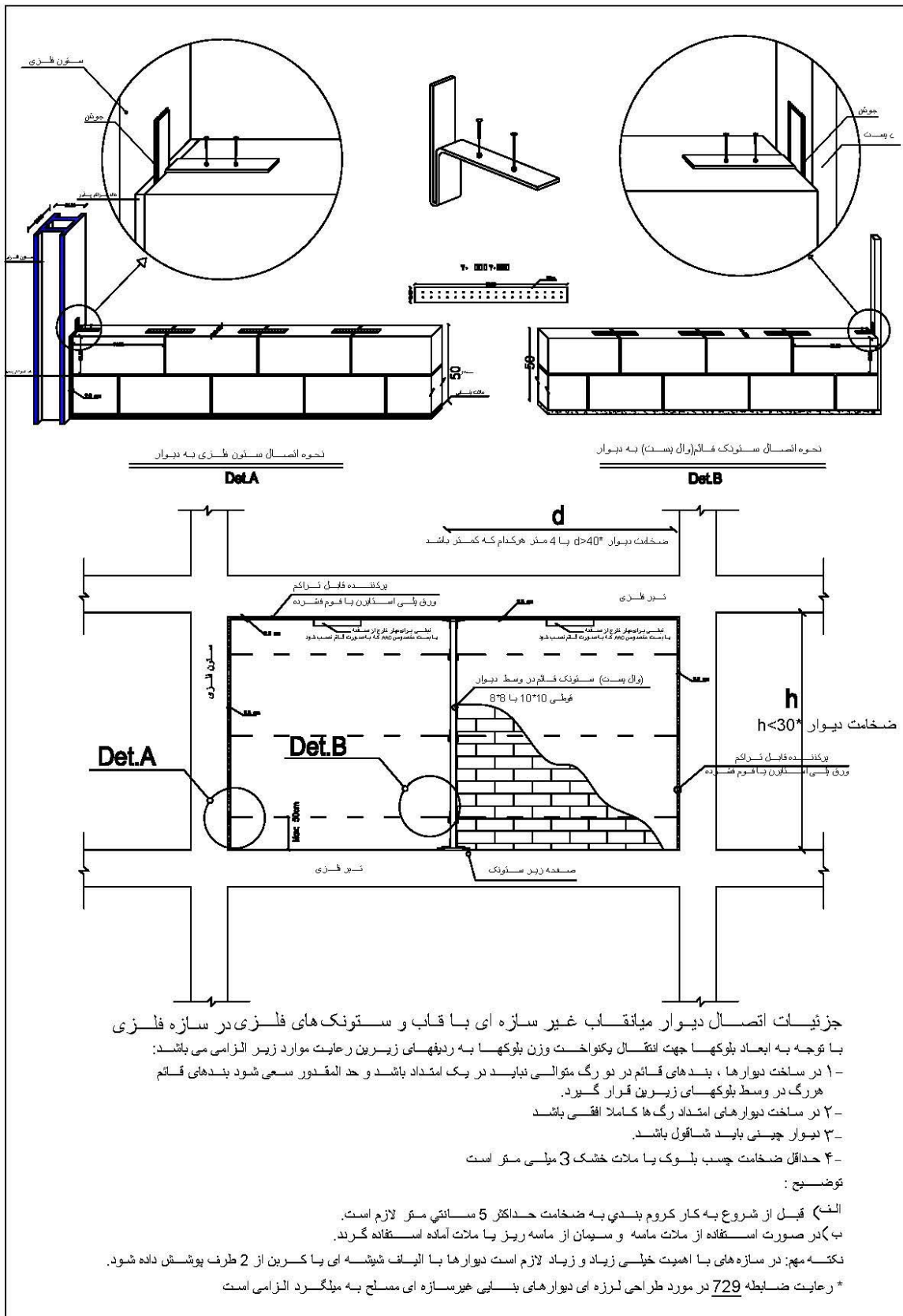
شکل (۱-۴) جزئیات اتصال کشویی دیوار AAC به ستون بتن آرمه

#### ۴-۲-۱-۲ اتصال با بست های ارتجاعی

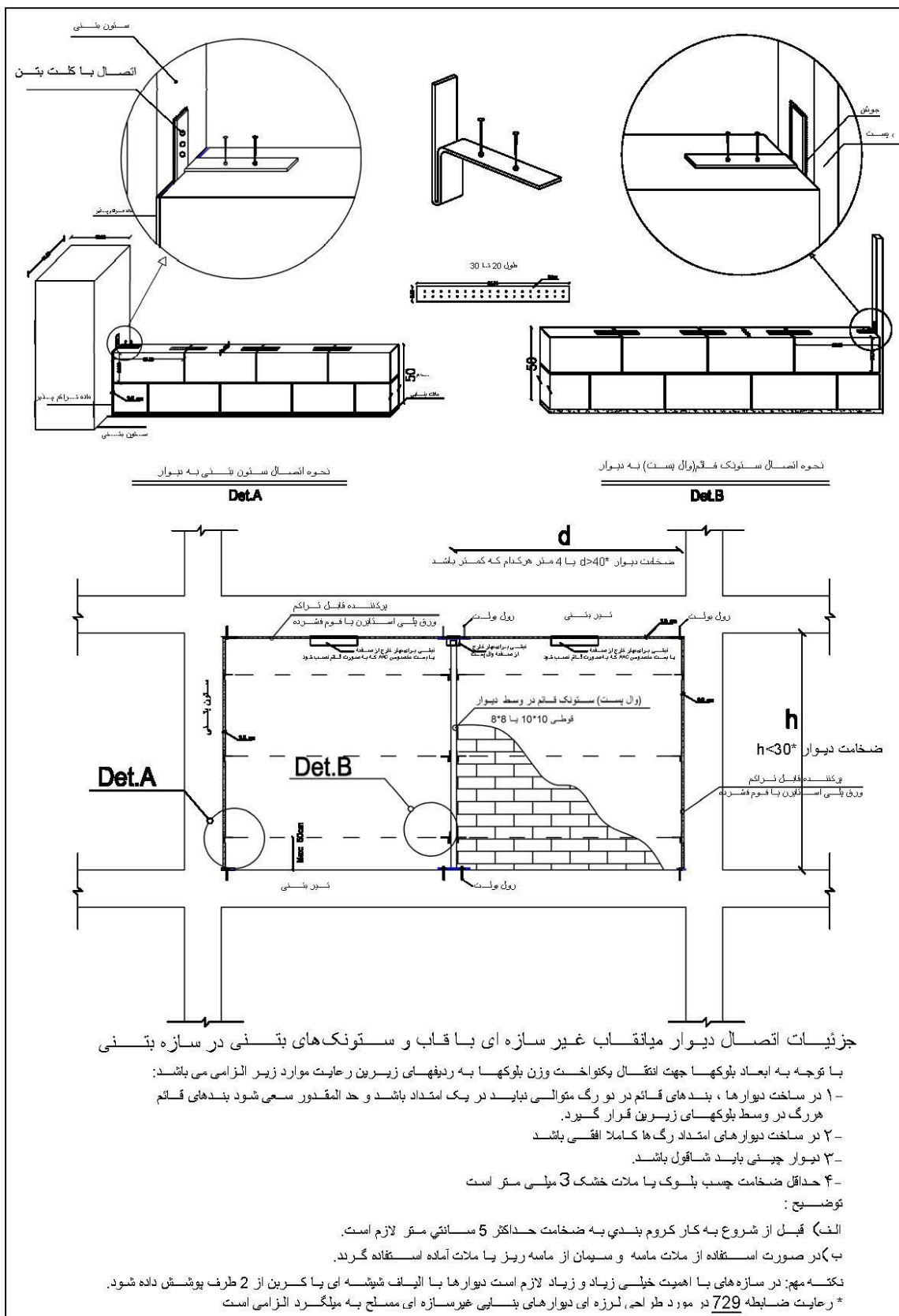
از جمله اتصالاتی که در موارد مشابه قابل توصیه است استفاده از اتصالات لغزشی برای مهار خارج از صفحه و در عین حال تامین آزادی حرکت در درون صفحه می باشد. در این حالت استفاده از نبشی های سرد نورد شده فولادی در طرفین دیوار که به نحو مناسب به ستون بتن آرمه یا ستون فولادی اتصال داده می شود توصیه می شود.

در خصوص اتصال فوق نکات زیر لازم به یاد آوری است :

- در دیوارهای داخلی به ازای هر سه رج بلوک باید از یک بست ارتجاعی استفاده نمود.
- در دیوارهای خارجی به ازای هر دو رج بلوک باید از یک بست ارتجاعی استفاده نمود.
- استفاده از بست دارای خم خوردگی (ارتجاعی) جهت تامین امکان جابجایی محدود دیوار در راستای افقی ضروری بوده و اتصالات با قطعات به فرم نبشی متداول نمی تواند از ترکهای ناشی از خمش و یا سایر تغییر شکل ها جلوگیری نماید.
- اتصال بست ها به ستون فولادی با جوش انجام می شود.



شکل (۴-۲) جزئیات اتصال دیوار AAC به ستون فلزی با استفاده از بست ارتجاعی

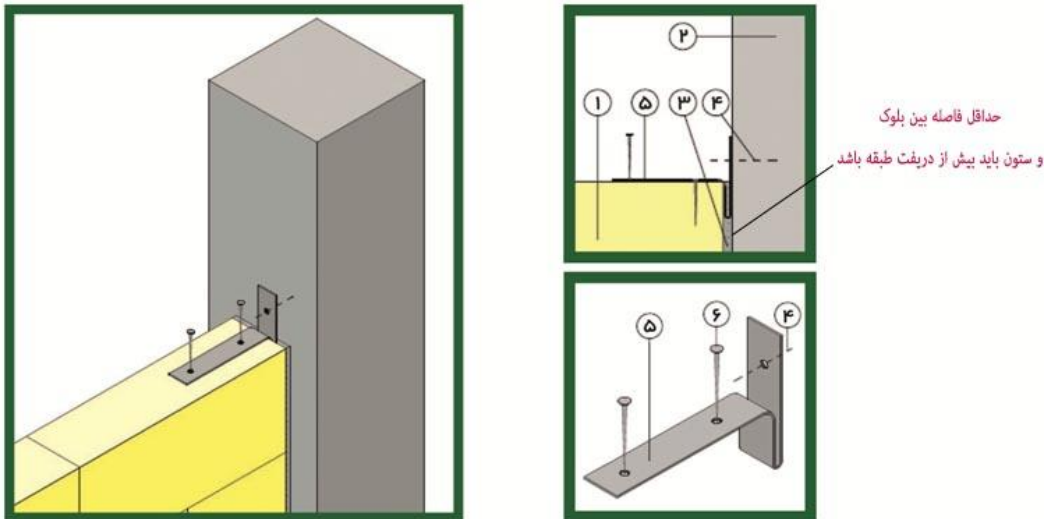


شکل (۳-۴) جزئیات اتصال دیوار AAC به ستون بتنی با استفاده از بست ارتجاعی





- ۱ - دیوارهای AAC
- ۲ - ستون بتونی
- ۳ - مصالح تراکم پذیر
- ۴ - متصل کننده به ستون
- ۵ - بست ( ارتجاعی )
- ۶ - میخ

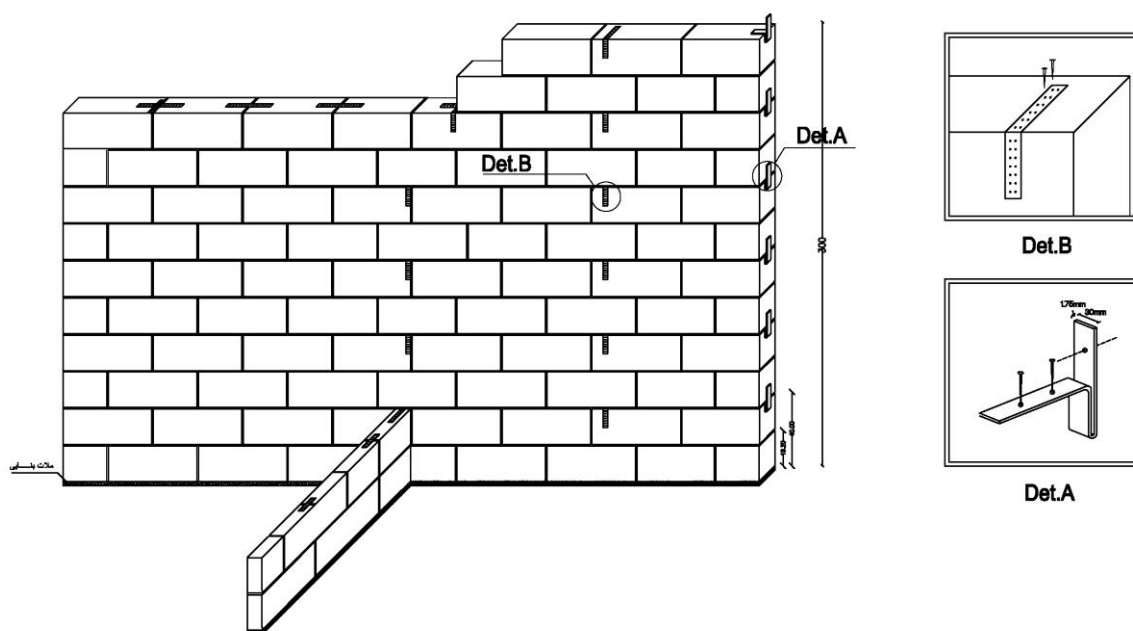
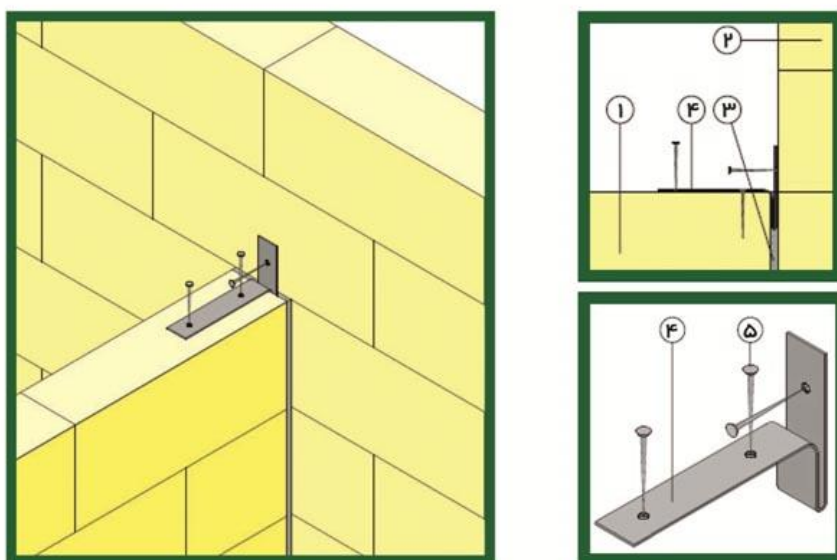


شکل (۴-۴) جزئیات اتصال دیوار AAC به ستون بتن آرمه با استفاده از بست ارتجاعی

#### ۴-۲-۲- اتصال دیوار به دیوار

در محل اتصال دیوارهای غیر سازه ای اگر چه در ادبیات فنی همواره توصیه می شود چفت و بست کافی در قطعات واحد بنایی دیوارهای متعامد ایجاد گردد اما در اتصال دیوارهای AAC توصیه آن است که به دلیل امکان بروز تنش های کششی در درون صفحه دیوارهای متعامد، از بست های فلزی مشابه آنچه در مورد اتصال به ستون به کار برده شد استفاده شود.

- ۱ - دیوارهای AAC
- ۲ - دیوارهای AAC یا دیوارهای ساخته شده با مصالح دیگر
- ۳ - مصالح تراکم پذیر
- ۴ - بست ( ارتجاعی )
- ۵ - میخ



نحوه اتصال دیوارهای جدا کننده

شکل (۴-۵) جزئیات اتصال دیوار به دیوار با استفاده از بست ارتجاعی

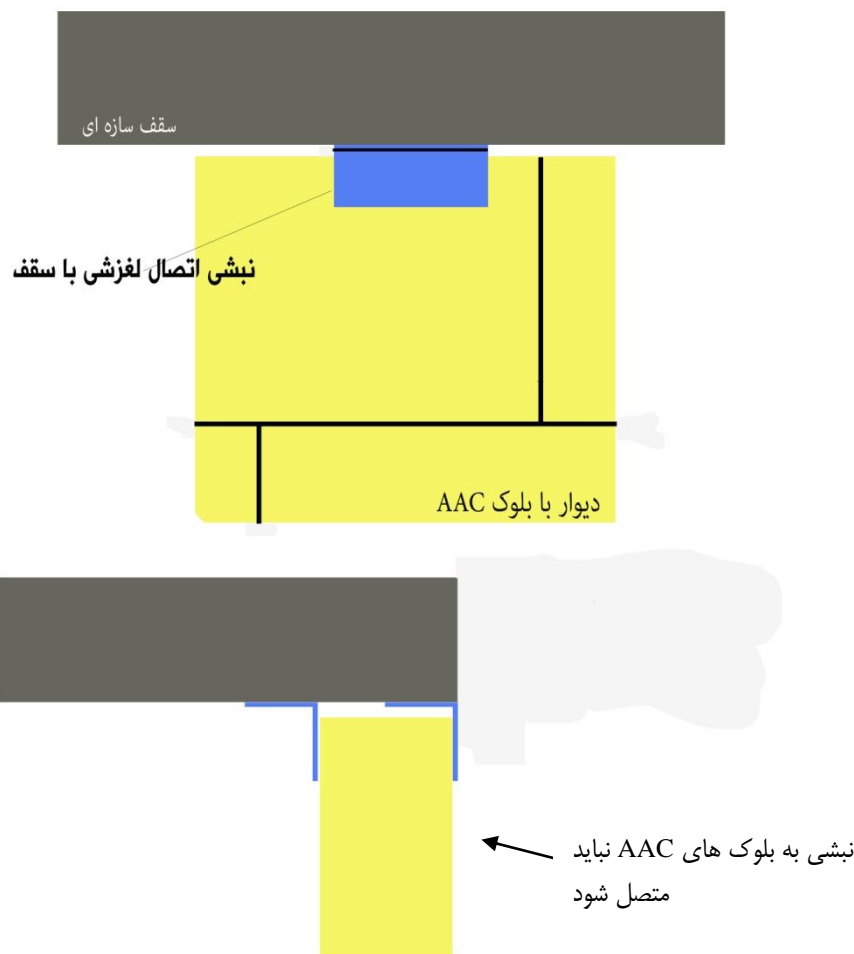


#### ۴-۲-۳- اتصال دیوار به زیر سقف

اتصال دیوار به زیر سقف می تواند به صورت اتصال لغزشی یا اساساً بدون اتصال مستقیم دیوار به سقف و با استفاده از مهار خارج از صفحه دیوار با نبشی اجرا شود. انتخاب نوع اتصال بستگی به وضعیت پانلی دارد که بین المانهای قائم شامل ستون، دیوار و یا وال پست مهار شده است. چنانچه بر اساس نوع سقف امکان پیش بینی اتصالات مناسب لغزشی بالای دیوار نباشد در صورت ایجاد وال پست در فواصل مناسب که مطابق تحلیل دیوار حاصل می گردد، می توان اتصال با عملکرد مکانیکی بین سقف و لبه فوقانی دیوار فراهم نمود. در اینحالت حداقل فاصله بالای دیوار تا زیر سقف باید از خیز ماکزیمم سقف در امتداد دیوار بیشتر در نظر گرفته شود. اتصال دیوار به سقف در بالا به طرق زیر امکانپذیر است:

#### ۴-۲-۳-۱- اتصال کشویی با استفاده از نبشی

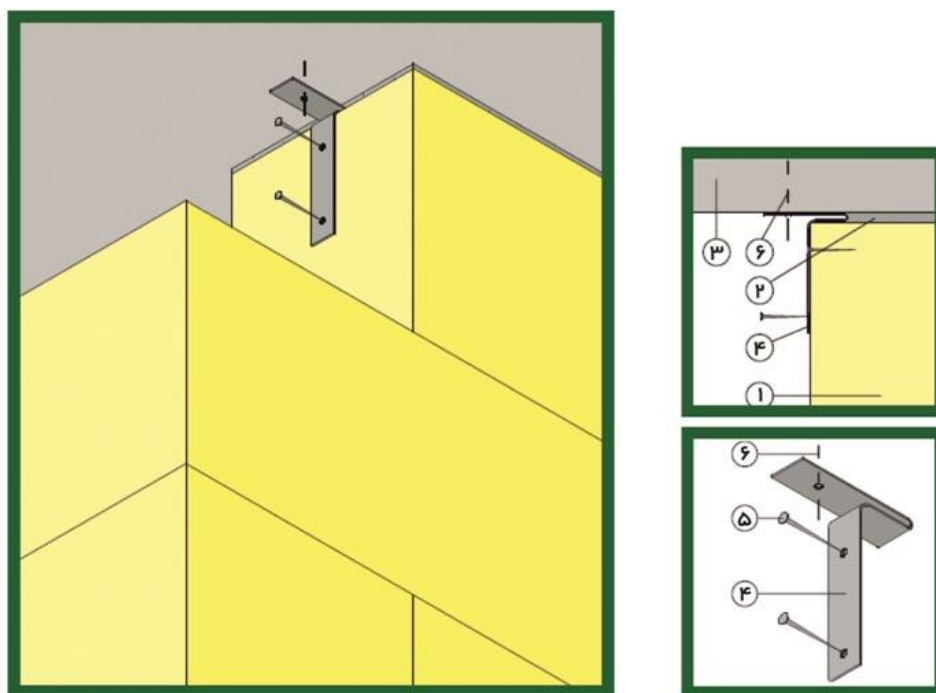
لبه بالایی دیوار را می توان با استفاده از دو نبشی که به طریق مناسب به سقف سازه متصل می شود مهار نمود. نبشی ها نباید به بلوک های AAC پیچ یا میخ شوند. با این اتصال امکان حرکت آزادانه دیوار در درون صفحه وجود دارد و در اثر انقباض، دررفت طبقه و سایر عوامل تنشی در دیوار ایجاد نمی گردد و لذا زمینه بروز ترک ها در دیوار از بین می رود. فاصله بالای دیوار تا سقف باید در حدی باشد که تیر بتواند آزادانه خیز داده و اتصالی با دیوار پیدا ننماید. نبشی ها به ترتیب ابتدا در یک سمت اجرا و پس از دیوار چینی و قرار گیری بالاترین بلوک دیوار، نبشی دوم متصل می گردد. در شکل زیر حالت اجرای دیوار پیرامونی نمایش داده شده است.



شکل (۴-۶) جزییات اتصال کشویی دیوار خارجی از طریق نبشی به سقف سازه

### ۴-۲-۳-۲- اتصال با بست ارتجاعی

- ۱ - دیوارهای AAC
- ۲ - مصالح تراکم پذیر به ضخامت خیز مجاز تیر یا سقف (حداقل ۲cm)
- ۳ - سقف
- ۴ - بست ( ارتجاعی )
- ۵ - میخ
- ۶ - متصل کننده به سقف



شکل (۴-۷) جزئیات اتصال کشویی دیوار خارجی از طریق بست ارتجاعی به سقف سازه

### ۴-۲-۴ اتصال به وال پست‌ها

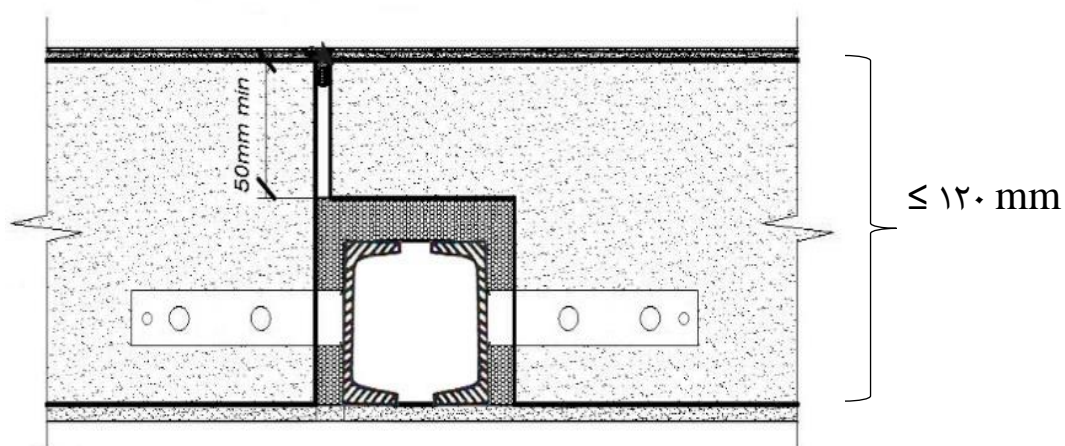
مطابق بند ۳-۴-۱ آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله اجزای غیر سازه ای و تکیه گاههای آنها باید به گونه‌ای به سازه مهار شوند که بتوانند نیروهای جزء غیر سازه ای را به سازه منتقل کنند و تغییر شکل های ایجاد شده در آنها را پذیرا باشند. مسیر انتقال بار در این اجزا باید دارای مقاومت و سختی کافی بوده و محل اتصال به سازه توانایی تحمل اثر موضعی بارها را داشته باشد. استفاده از اتصالات جوشی یا پیچی و نظایر آنها مجاز است ولی نباید از مقاومت اصطکاکی ناشی از بارهای ثقلی استفاده شود. بر اساس این بند پانلهای دیوار از نوع AAC با توجه به بارهای وارده و شرایط لبه های پانل در بالا (زیر سقف) و دو لبه قائم دو طرف پانل و شرایط مرزی زیر(روی کف) کنترل شوند و بر این اساس طول قابل مهار پانل محاسبه شود. گرچه مطابق ضوابط موجود برای دیوارهای غیر سازه ای می توان تا طولی معادل ۴۰ برابر ضخامت را مابین تکیه گاههای قائم در نظر گرفت.



فواصل وال پست ها را می توان بر پایه محاسبه ظرفیت خمشی پانل دیوار با فرض شرایط تکیه گاهی لبه ها و با اعمال بار وارد بر دیوار تعیین نمود. باید توجه نمود در تعریف شرایط تکیه گاهی جزئیات ارائه شده در فصل اتصالات با شرایط مفصلی باید مدل شود و چنانچه دیوار به زیر سقف و یا اعضای قائم مثل ستون و یا دیوار اتصالی ندارد باید با شرایط آزاد مدل گردد.

اجرای وال پست شامل مراحل زیر است:

- ابتدا محل ورق های اتصال به کف و سقف را مطابق با محل پیش بینی شده در نقشه ها مشخص می کنیم.
- پس از نصب ورق های اتصال، وال پست فلزی را به ورق پایینی و ورق بالایی جوش می دهیم.
- در یک طرف، بلوک را به صورت کامل و در طرف دیگر جای وال پست را از داخل بلوک توسط اهر ایجاد می کنیم.
- پس از قرار گیری بلوک ها توسط بست ارتجاعی (رجوع شود به بخش Wall Connection) بلوک ها در هر دو یا سه ردیف به وال پست متصل می گردند.
- باید توجه داشت که فاصله ی زیاد یا حفره بزرگی در محل اتصال باقی نماند.



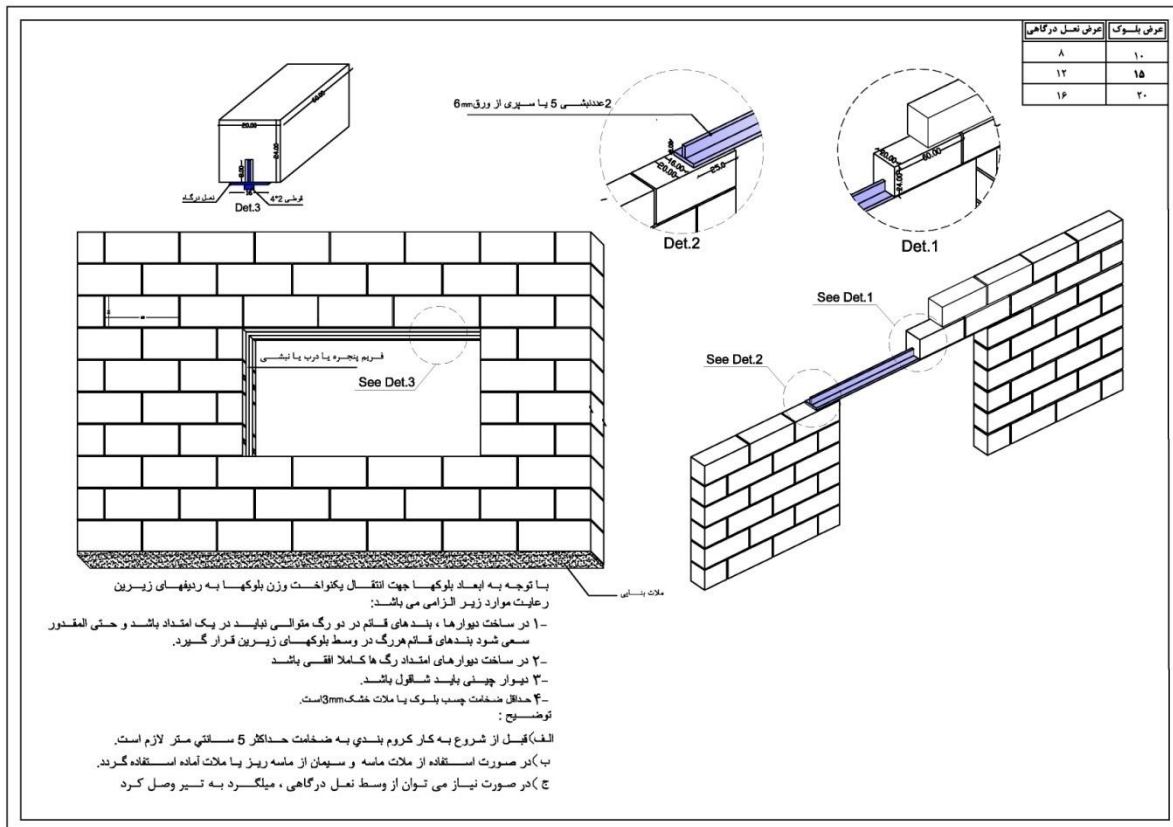
شکل (۴-۸) جزئیات اتصال دیوار به وال پست

#### ۴-۲-۵ اجرای نعل درگاه و نصب پنجره

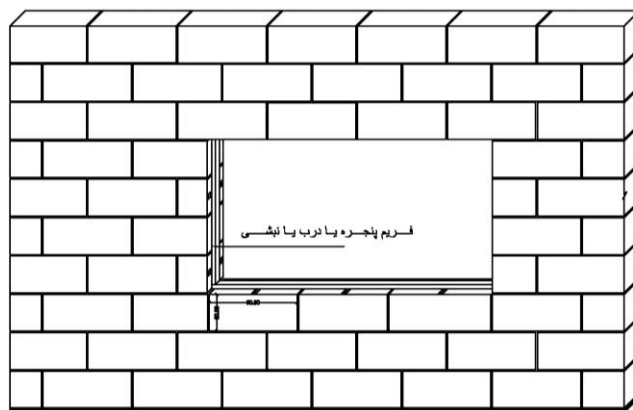
در شرایطی که دیوارهای AAC پیرامونی شامل درب یا پنجره باشند، اولاً اجرای نعل درگاه و ثانیاً نصب پنجره یا در باید با رعایت جزئیات زیر انجام شود. برای بازشوهای بزرگتر از ۲/۵ متر، مطابق با آئین نامه ۲۸۰۰ نیاز به اجرای کلاف افقی و قائم در کنار بازشو می باشد.

#### ۴-۲-۶ اتصال وال پست های نگهدارنده دیوارهای AAC به قاب

به منظور حصول عملکرد لرزه ای مناسب توسط دیوارهای ساخته شده از بلوک های AAC جزئیات زیر برای اتصال وال پست های نگهدارنده ارائه می شود. لازم به ذکر است به منظور تامین حرکت جانبی داخل صفحه دیوارها، دو نوع جزئیات قابل اجرا می باشد. در طرح اول، مجموعه دیوار و وال پست همزمان از آزادی در حرکت جانبی برخوردارند و در طرح دوم، وال پست در برابر حرکت جانبی مقید شده و به دیوار اجازه حرکت داده می شود.



شکل (۴-۹) جزئیات اجرای نعل درگاه بر روی دیوار AAC



نحوه اتصال دیوار بتنی به فریم پنجره یا درب یا نیشی

با توجه به ابعاد بلوکها جهت انتقال یکنواخت وزن بلوکها به ردیفهای زیرین رعایت موارد زیر الزامی می باشد:

- ۱- در ساخت دیوارها ، بندهای قائم در دو رگ متوالی نباید در یک امتداد باشد و حد المقدور سعی شود بندهای قائم هررگ در وسط بلوکهای زیرین قرار گیرد.
- ۲- در ساخت دیوارهای امتداد رگ ها کاملا افقی باشد
- ۳- دیوار چینی باید شاقول باشد.
- ۴- حداقل ضخامت چسب بلوک یا ملات خشک 3mm است.

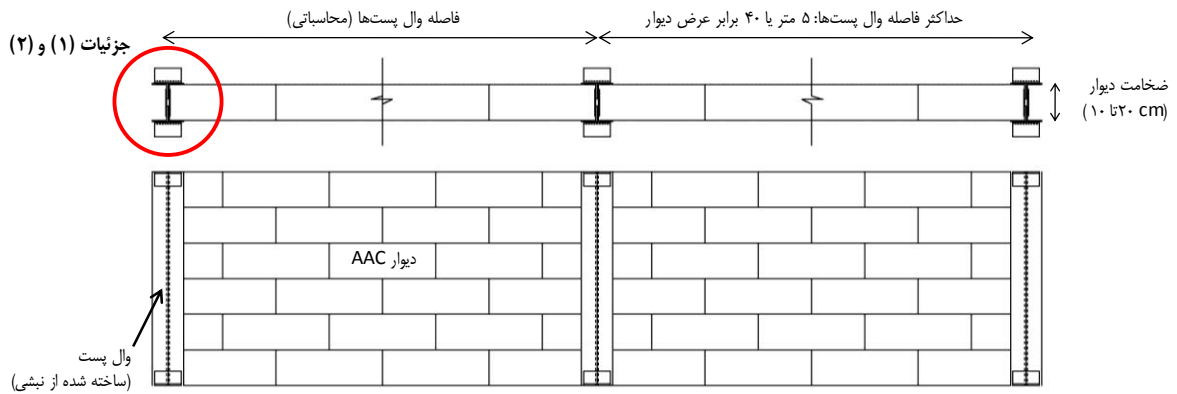
توضیح :

الف) قبل از شروع به کار کروم بندی به ضخامت حداکثر 5 سانتی متر لازم است.

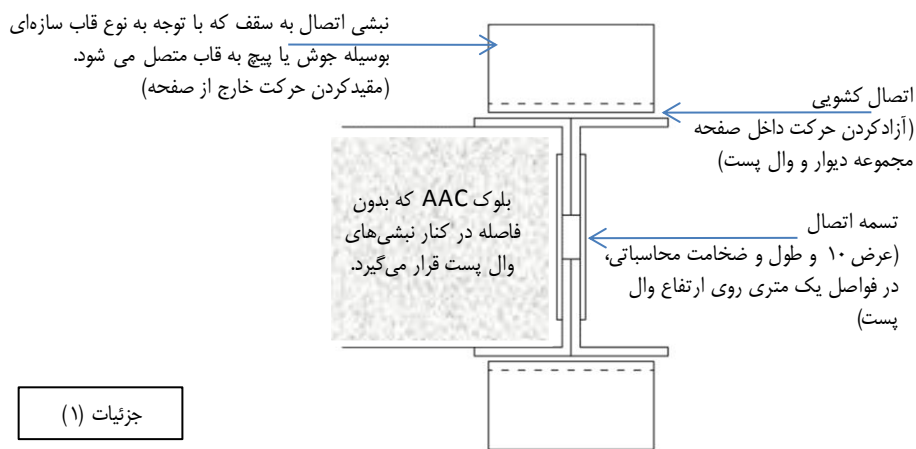
ب) در صورت استفاده از ملات ماسه و سیمان از ماسه ریز یا ملات آماده استفاده گردد.

۵- انتهای آزاد دیوارهای داخلی طبق آیین نامه 2800 و ضابطه 729 باید توسط وال پست بسته شود .

شکل (۴-۱۰) جزئیات نصب قاب پنجره بر روی دیوار AAC

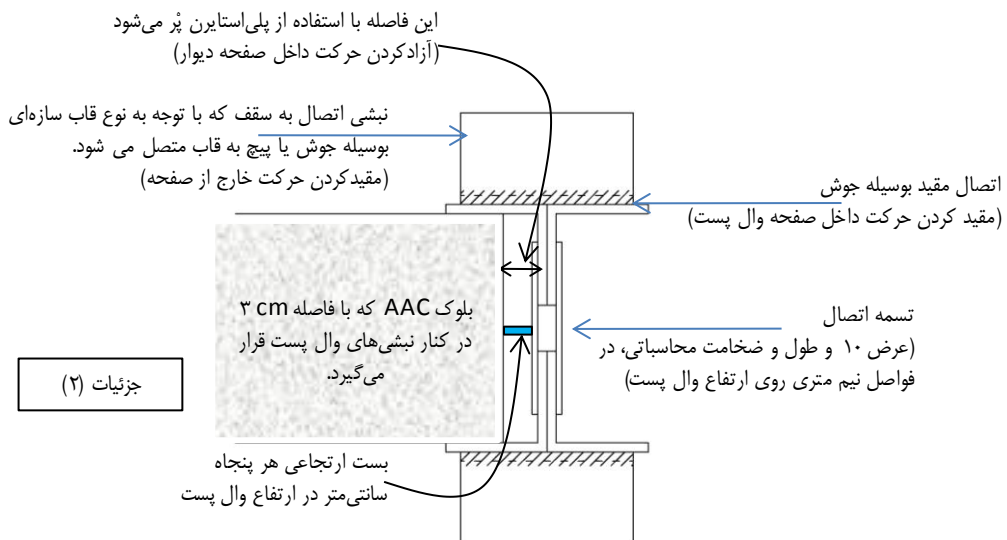


شکل (۴-۱۱) جزئیات اتصال وال پستهای نگهدارنده دیوار AAC



جزئیات (۱)

شکل (۴-۱۲) تامین آزادی حرکت جانبی برای مجموعه دیوار و وال پست

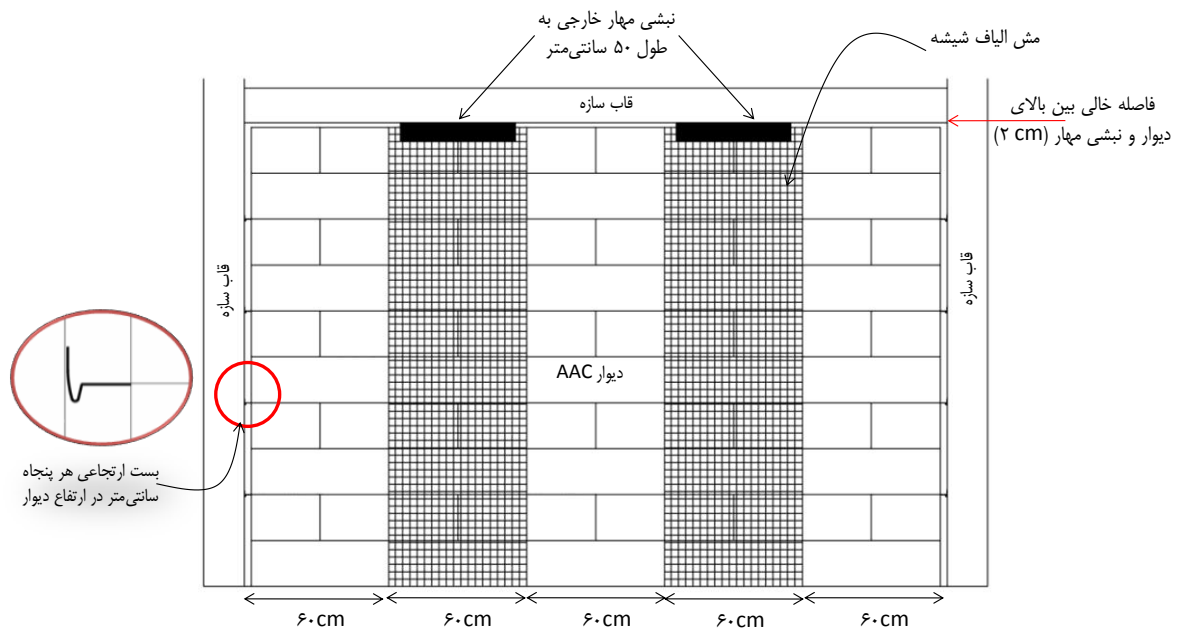


جزئیات (۲)

شکل (۴-۱۳) تامین آزادی حرکت جانبی برای دیوار به تنهایی

### ۴-۲-۷- اتصال دیوار به سقف در نمونه‌های تقویت شده با مش الیاف

در شرایطی که دیوار AAC با الیاف تقویت شده باشد، جزئیات زیر برای اتصال دیوار به سقف پیشنهاد می‌شود. در این شرایط، در صورتیکه نازک‌کاری روی دیوار از جنس سیمان انتخاب شده باشد، الیاف ARGlass مناسب بوده و در صورتیکه نازک‌کاری از جنس گچ منظور شده باشد، استفاده از الیاف E-Glass مجاز می‌باشد. در هر دو صورت، مقدار الیاف مورد نیاز با توجه به مشخصات آنها در صورت استفاده به نواری،  $85 \text{ gr/m}^2$  و در صورت استفاده به صورت سرتاسری  $40 \text{ gr/m}^2$  می‌باشد.



شکل (۴-۱۴) جزئیات اتصال دیوار به سقف در نمونه‌های تقویت شده با مش الیاف



## فصل پنجم: جزئیات نصب نما

### ۱-۵- مقدمه

اجرای نماهای ساختمانی در دو قالب نماهای پرده‌ای (Curtain wall) و نماهای دیواره‌ای (Veneer wall) مرسوم است. در این بخش به معرفی جزئیات مرتبط با اجرای نماهای سنگی، آجری، سیمانی و سرامیکی بر روی دیواره‌های ساخته شده از بلوک‌های AAC که قابلیت اجرا در قالب نماهای دیواره‌ای (Veneer wall) را دارند پرداخته می‌شود. ضمناً، اجرای نماهای پرده‌ای بر روی این دیوارها می‌بایست با رعایت موارد مندرج در نشریه ۷۱۴ سازمان مدیریت و مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با عنوان "دستورالعمل طراحی سازه‌ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمانها" صورت پذیرد.

### ۲-۵- اجرای نمای سنگی

سیستم نمای سنگی، دارای پنج بخش اصلی مرتبط به هم است که در هنگام طراحی سیستم پوشش باید مد نظر قرار گیرد:

- ۱) قطعات یا پانل‌های سنگی که پوشش نما هستند.
- ۲) مهار، که پوشش نما را به پشت‌بند متصل می‌کند.
- ۳) قاب‌های فرعی، که زمانی که مهار مستقیماً به ساختمان متصل نیست، به صورت واسطه، نما را به سازه ساختمان متصل می‌کند.
- ۴) درزهای بین قطعات یا پانل‌های سنگی
- ۵) دیوار پشتیبان یا سازه اصلی ساختمان (بسته به نوع سیستم نما) که بارهای وارده به سنگ توسط مهارها یا چسباننده‌ها به آن انتقال داده می‌شود.

### ۱-۲-۵- انواع سنگ‌های نما

از نظر زمین‌شناسی سنگ‌ها به سه دسته سنگ‌های رسوبی، سنگ‌های آذرین و سنگ‌های دگرگون تقسیم‌بندی می‌شوند که هر دسته نیز به نوبه خود برحسب خصوصیات سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی، به دسته‌های کوچکتر تقسیم می‌شود. عمده سنگ‌های مورد استفاده در نما عبارتند از گرانیت (سنگ آذرین)، سنگ آهک، تراورتن و ماسه‌سنگ (سنگ رسوبی)، سنگ لوح، ماربل و کوارتزیت (سنگ دگرگون). مشخصات این سنگ‌ها به طور کامل در نشریه ۷۱۴ ارائه شده است.

### ۵-۲-۲ ویژگی‌ها و مشخصات فنی سنگ نما

برای ناماسازی ساختمان‌ها باید از سنگ‌هایی استفاده کرد که مشخصات خاصی از نظر بافت، ظاهر، دوام، مقاومت در برابر شرایط جوی و مقاومت در برابر بارهای وارده برخوردار باشند. جزئیات مرتبط با این مشخصات به تفصیل در نشریه ۷۱۴ معرفی شده است

### ۵-۲-۳ انواع مهار نمای سنگی

اجرای نمای سنگی پیش ساخته از لحاظ نوع مهار نما، در دسته بندی نمای دیوار پرده‌ای (Curtain wall) قرار می‌گیرد که جزئیات آن در نشریه ۷۱۴ در دسترس است. سایر حالات نصب مهار سنگی که در دسته بندی دیوار نما (Veneer wall) قرار می‌گیرد، به شرح زیر برای اجرا در دیوارهای AAC در نظر گرفته می‌شود. در سیستم دیوار نما، نمای سنگی به دیوار پشتیبان مهار می‌شود. شیوه مهار دیوار نما به دیوار پشتیبان به دو طریق، به شرح زیر است:

**الف- نمای سنگی چسبانده شده:** نماهایی هستند که در آن از چسب یا ملات به همراه وسایل اتصال برای اتصال سنگ نما به دیوار پشتیبان استفاده می‌شود. وسایل اتصال به عنوان مهار نگهدارنده بوده و نقش باربری ندارند. در این حالت نقش ماده چسباننده، تنها مهار بار ثقلی بوده و به منظور تحمل بار جانبی باید مهار مناسب مکانیکی به کار برده شود.

**ب- نمای سنگی مهار شده:** نماهایی هستند که در آن از اجزای باربر یا سازه پشت‌بند برای اتصال سنگ نما به دیوار پشتیبان استفاده می‌شود و بار ثقلی و جانبی توسط مهار تحمل می‌شود. نوع مهار، شکل قرارگیری و تعداد آنها بستگی به عوامل زیر دارد:

(۱) سنگ مورد استفاده

(۲) ضخامت و سطح رویه قطعات سنگ

(۳) جنس دیوار پشتیبان مانند بتن درجا، آجرکاری، بلوک‌کاری

(۴) بارهای وارد شده به هر مهار مانند بار مرده، بار سیکی یا ترکیبی از هر دو

جزئیات مرتبط با این سبک از اجرای نما در نشریه ۷۱۴ به تفصیل به بحث گذاشته شده است لذا در این بخش از ارائه آن صرفنظر می‌شود.

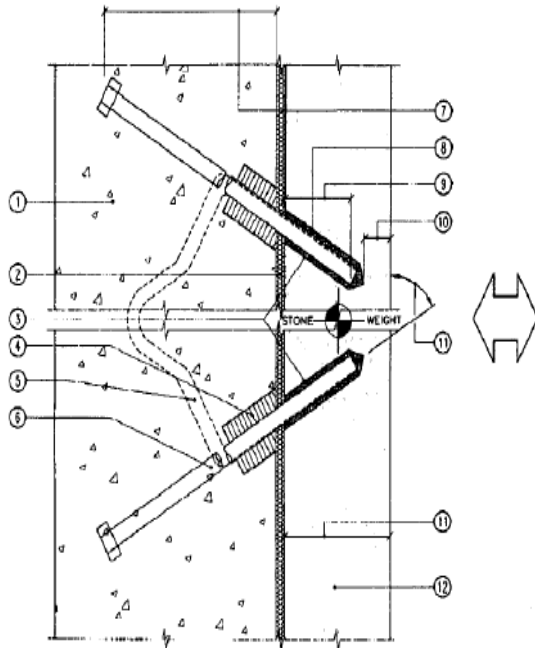
### ۵-۲-۴ انواع مهار در نمای سنگی چسبانده شده

#### ۵-۲-۴-۱ مهار پیش ساخته

میخ‌پرچ‌های صاف، مفتول‌های سیمی<sup>۲</sup> (مهارهایی از نوع فنرهای سیمی پیش ساخته)، پیچ‌ها یا میله‌های حدیده شده به عنوان مهارهای اتصال‌دهنده سنگ نما به پانل‌های بتنی پیش ساخته استفاده می‌شوند. شکل ۵-۱ پلان مهار سنگ به صورت درجا را نشان می‌دهد، مهار در صفحه افقی یا قائم می‌تواند بارهای ثقلی و جانبی را تحمل کند. توجه شود که پس از کار گذاری میل مهار ملات پشت سنگ اجرا می‌شود.

می‌توان از چسب‌های سازگار با سنگ همراه با این مهارها استفاده نمود. هر چند اتکا به چسب، برای نگهداری سنگ به تنهایی مجاز نیست (شکل ۵-۲). در این حالت نیز ملات پشت سنگ در آخرین مرحله اجرا می‌شود.

<sup>2</sup> Wire hairpins



۱ تکیه‌گاه مهارهای درجا، در ملات تزریق شده در پشت سنگ. جابجایی بین مهارها برای جلوگیری از ایجاد تنش در سنگ باید کنترل شود.

۲ جداکننده، لایه پوششی پلی‌اتیلن برای جداسازی، از نوع منبسط شونده در هنگامی که امکان ایجاد رطوبت بین دیوار پشتی و نما وجود دارد استفاده شود تا فضای تراکم‌پذیری برای زه‌کشی ایجاد کند.

۳ با استفاده از وسایل غیرپنوماتیک، سنگ باید سوراخ شود. قطر سوراخ حداکثر ۱/۵ میلی‌متر بزرگتر از قطر مهار باشد. حفره‌ها در دو جهت مخالف در راستای افقی در سنگ ایجاد شوند تا بتوانند به صورت مکانیکی سنگ را بر دیوار پشتیبان قفل کنند. زاویه سوراخ‌ها بین ۳۵ تا ۶۰ درجه با سطح سنگ باشد. ۴ در اطراف مهار نئوپرن به قطر دو برابر مهار و طول به منظور تامین آزادی حرکت مهار، ۵ برابر قطر مهار اجرا شود.

۵ متصل‌کننده انتهایی مهارها به هم در صفحه افقی، حداکثر قطر ۵ میلی‌متر

۶ پین با قطر حداکثر ۷ میلی‌متر که در صفحه افقی برای مهار استفاده شده است

۷ حداکثر عمق مهار در دیوار پشتیبان ۶۰ میلی‌متر (دو برابر عمق مهار در سنگ)

۸ حفره به وسیله چسب پلی‌استر یا اپوکسی به منظور جلوگیری از اثر رطوبت پر شود.

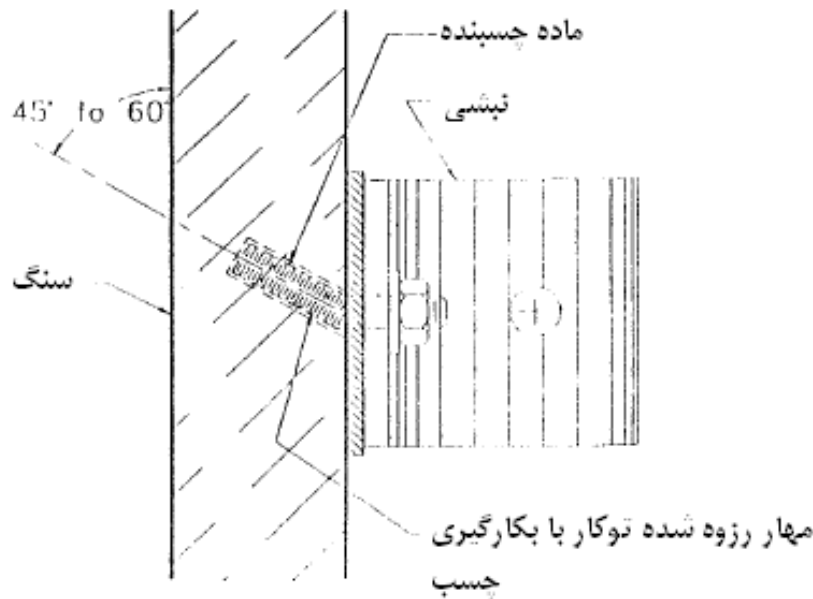
۹ میزان نفوذ مهار در سنگ حداقل باید به اندازه دوسوم ضخامت سنگ نما و حداکثر ۷۵ میلی‌متر باشد

۱۰ حداکثر ضخامت سوراخ شده سنگ توسط سوراخ‌کاری باید ۱۰ میلی‌متر باشد

۱۱ حداقل ضخامت سنگ نما ۳۰ میلی‌متر می‌باشد

۱۲ قطعه یا پانل سنگی

شکل ۵-۱ پلان مهار سنگ به صورت درجا، مهار در صفحه افقی یا قائم می‌تواند بارهای ثقلی و جانبی را تحمل کند. توجه شود که پس از کار گذاری میل مهار ملات پشت سنگ اجرا می‌شود



شکل ۵-۲- مهار رزوه شده توکار با بکارگیری چسب

تعداد پیچ‌ها به کمک انجام تحلیل و آزمایش تعیین می‌شود.

پیچ‌ها، سنگ نما را در سیستم پشت‌بند بتنی، مهار می‌کنند. زاویه پیچ‌ها نسبت به سنگ معمولاً ۴۵ درجه می‌باشد. زاویه آن‌ها درون بتن پیش‌ساخته به گونه‌ای است که در داخل یک قطعه سنگی با الگوی خلاف هم قرار می‌گیرند. سوراخ‌های در نظر گرفته شده برای پیچ‌ها باید با مته‌های هسته الماسه مته‌کاری شود.

پیچ باید به عمق حداقل دو سوم ضخامت سنگ در داخل آن فرو رود. انتهای سوراخ پیچ نباید فاصله‌ای کمتر از ۹/۵ میلی‌متر با رویه سنگ داشته باشد. بخش مدفون شده پیچ در داخل پشت‌بند بتنی پیش‌ساخته نباید کمتر از ۶۴ میلی‌متر باشد.

در نما، طول تمام پیچ‌ها باید حداکثر تا مجاورت شبکه میلگردهای بتن مسلح باشند.

تعداد مهارها باید حداقل دو عدد به ازای هر قطعه سنگ نما باشد. می‌توان از آزمایش مهار به روش آزمایش ASTM C1354 یا تحلیل خمشی قطعه سنگی برای تعیین تعداد مهارهای موردنیاز استفاده کرد.

عمق فرورفتگی مناسب پیچ مهار در پشت سنگ ۲۰ میلی‌متر است. دو سوراخ مقابل هم در پشت سنگ با زاویه ۴۵ درجه نسبت به صفحه پشتی سنگ باید ایجاد شود. این سوراخ‌ها بسته به نوع آرایش سیم مفتولی متصل‌کننده دو مهار به هم، با زاویه‌ای به سمت همدیگر یا مخالف هم، ایجاد می‌گردند. پایه‌های مهارها در داخل سوراخ‌ها قرار می‌گیرد و شکل سیم مفتولی متصل‌کننده مهارها و خود مهارها باعث می‌شود که پایه‌ها درگیر بمانند. حداقل فاصله توصیه شده بین سطح زیرین سوراخ مهار و سطح روی سنگ، ۱۰ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۵-۱).

هیچ اتصالی بین سنگ نما و دیوار پشتیبان بتنی در نظر گرفته نمی‌شود. باید یک جداکننده بین سنگ نما و پشت‌بند پیش‌ساخته در نظر گرفته شود.

هنگامی که قطعه سنگ در موقعیت نهایی خود نصب می‌شود، مهارها باید نسبت به پشت سنگ دارای زاویه بین ۳۰ تا ۴۵ درجه باشند بدون آن‌که به سمت پایین قرار گیرند. مهارهای مجزا در داخل یک قطعه باید در جهت‌های مخالف هم قرار گیرند تا سنگ نما را به دیوار پشت‌بند پیش‌ساخته قفل کنند. در صورت امکان، جهت مهارها باید عمود بر بار ثقلی قرار گیرد. هنگام مهار سنگ‌های زیرطاق‌ها باید دقت زیادی شود تا اطمینان حاصل شود که همه مهارها درگیر شده‌اند و بارهای قائم و جانبی را به خوبی تحمل می‌نمایند.

### ۵-۲-۴-۲-۵ مهارهای سیمی<sup>۳</sup>

مهارهای سیمی به کار رفته روی قطعات سنگ قائم تنها به منظور تحمل بارهای جانبی در نظر گرفته می‌شوند. وزن قطعات سنگی قائم باید توسط لبه<sup>۴</sup>، نشیمن<sup>۵</sup>، شکاف<sup>۶</sup>، سایبان<sup>۷</sup> یا لقمه پشتیبان بصورت جدا از گیره‌ها تحمل شود (شکل ۵-۳).

مهارهای سیمی همراه با ملات با پایه سیمان پرتلند می‌توانند جهت اتصال سنگ نما به دیوار پشت‌بند AAC در سطوح خارجی استفاده شوند.

برخی سنگ‌ها به علت ملات یا اندود دچار لکه می‌شوند. سازگاری این ملات‌ها و اندودها، بست‌ها و مصالح سنگی قبل از نصب باید مورد بررسی قرار گیرد تا مانع از ایجاد لک گردد. همچنین، بررسی گردد که مهارهای سیمی می‌توانند برای کاربرد موردنظر استفاده گردند.

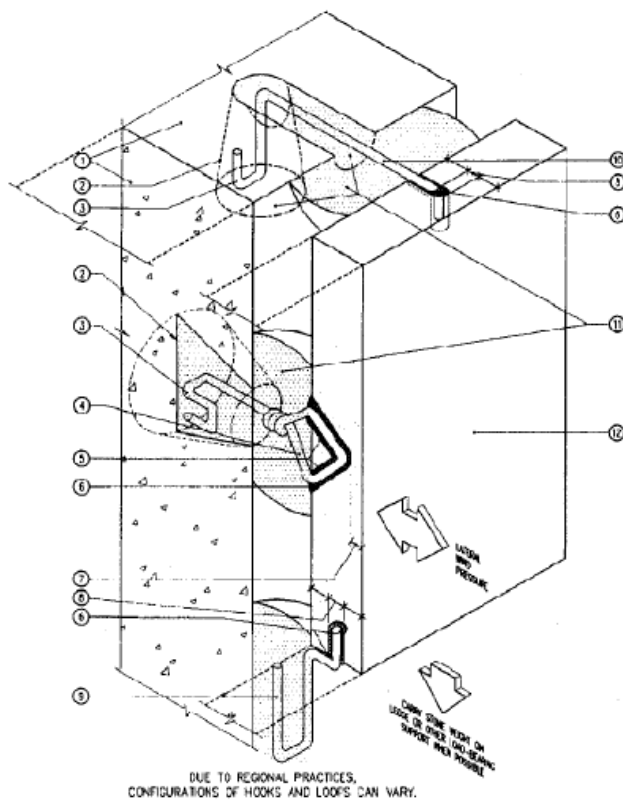
<sup>3</sup> Wire ties

<sup>4</sup> Ledge

<sup>5</sup> Corbel

<sup>6</sup> slot

<sup>7</sup> shelf



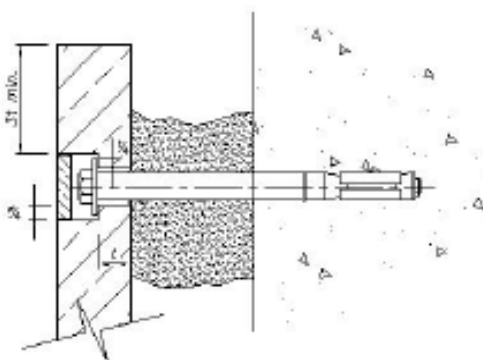
- ۱- تکیه گاه مهار سیمی در دیوار پشتیبان بتن درجا یا دیوار بنایی
- ۲- تعبیه سوراخ توپی و عرض کردن انتهای آن که پس از پر شدن به صورت گوه درآید.
- ۳- قلاب کردن انتهای مهار سیمی برای جاگذاری در ملات سیمان پرتلند
- ۴- مهار میانی: سیم فولادی ضدزنگ نرم که به شکل حلقه در وجه پشتی نما در آمده است. از سیم شماره ۸ در پانلهای تا ۳۵ میلیمتر و از سیم شماره ۶ در پانلهای ضخیم تر (به علت سختی و مقاومت بیشتر آن) استفاده شود. در صورتی که امکان ایجاد مهار لیه یا زانویی وجود داشته باشد نباید از این نوع مهار سیمی استفاده شود.
- ۵- تعبیه سوراخهای متقاطع در پشت نما برای حلقه سیمی. هنگام جاگذاری مهار سیمی باید مراقب ترک خوردن سنگ بود.
- ۶- وقتی که مهارهای سیمی در سوراخ به صورت سفت قرار می گیرد سوراخ با مواد تراکم پذیر یا چسب اپوکسی مناسب پر شود و هنگامی که سیم ها در خطر تماس با رطوبت باشند سوراخ عایق بندی شود.
- ۷- حداقل پوشش ۱۰ میلیمتر برای جلوگیری از ترک خوردن هنگام سوراخ کاری یا ایجاد لکه ناشی از جذب رطوبت در نظر گرفته شود.
- ۸- محل سوراخ در وسط یک سوم ضخامت پانل در نظر گرفته شود. سوراخ ۵ میلیمتری برای سیم شماره ۸ و سوراخ ۷ میلیمتری برای سیم شماره ۶ به عمق ۲۵ میلیمتر تعبیه شود.
- ۹- مهار زانویی: سیم فولادی ضد زنگ که به شکل قلاب در لیه نما در آمده است. از سیم شماره ۸ در پانلهای تا ۳۵ میلیمتر و از سیم شماره ۶ در پانلهای ضخیم تر استفاده شود.
- ۱۰- مهار لیه: سیم فولادی ضد زنگ که به شکل قلاب در لیه نما در آمده و به دیوار پشتیبان متصل می شود.
- ۱۱- ملات سیمان پرتلند در حفره یا سوراخ
- ۱۲- سنگ نما

شکل ۳-۵- بستهای سیمی

مهارهای سیمی می توانند به لبه های قطعات سنگ نما قلاب گردند یا در درون شیارهای متقاطع ایجادشده در کنار یا پشت سنگ یا هر دو پیچیده شوند. حلقه کردن بستهای سیمی درون سوراخهای متقاطع پشت سنگ این امکان را فراهم می کند که مهارها پنهان بمانند. مهارهای سیمی باید یا به صورت قلاب در دیوار پشتیبان مهار شوند یا به صورت مکانیکی در درون پشت بند بسته شوند تا در نتیجه بتوان به عملکرد بصورت بست کششی اعتماد نمود. به منظور انتقال نیروی فشاری لازم است مابین سنگ و دیوار پشتیبان با ملات یا اندود پر شود. سوراخهای مهارها نیز باید با اپوکسی یا ملات با پایه سیمان پرتلند پر شود. می توان از اندود در کاربری های داخلی برای محکم نگه داشتن سیم در داخل سنگ استفاده نمود. سنگ و مهارهای سیمی<sup>۴</sup> قبل از گیرش محل های ملات یا اندود باید تنظیم شود. تعداد سیم ها باید حداقل ۲ و حداکثر ۴ عدد برای هر قطعه سنگ نما باشد. حداقل قطر توصیه شده برای سیم در نما در سطوح خارجی، ۴ میلی متر و در نمای داخلی، ۲ میلی متر است.

### ۳-۲-۵- مهارهای سطحی برای نماهای موجود فاقد مهار

مهارهای سطحی اساساً از نوع پیچی بوده و کاربرد اصلی آنها به عنوان تقویت کننده برای سنگهایی است که مهار آنها آسیب دیده یا نماهای اجرا شده که در کل فاقد مهار بوده اند. در این حالت یک فرورفتگی روی سطح سنگ ایجاد می شود که روی فرورفتگی با یک صفحه تزئینی به صورت نمایان در رویه خارجی سنگ، پوشانده می شود. داخل فرورفتگی یک پیچ تعبیه می شود که سنگ نما را به دیوار پشت بند متصل می کند. پیچ باید به صورت بازشونده باشد که اتصال مناسب با دیوار پشت بند برقرار سازد (شکل ۴-۵).



شکل ۵-۴- مهاری سطحی

### ۵-۲-۵ جزئیات مهاری در نمای سنگی مهاری شده

روشهای متفاوتی برای اجرای مهاری در نمای سنگی مهاری شده وجود دارد. این جزئیات را می‌توان با رویکردهای زیر اجرا کرد:

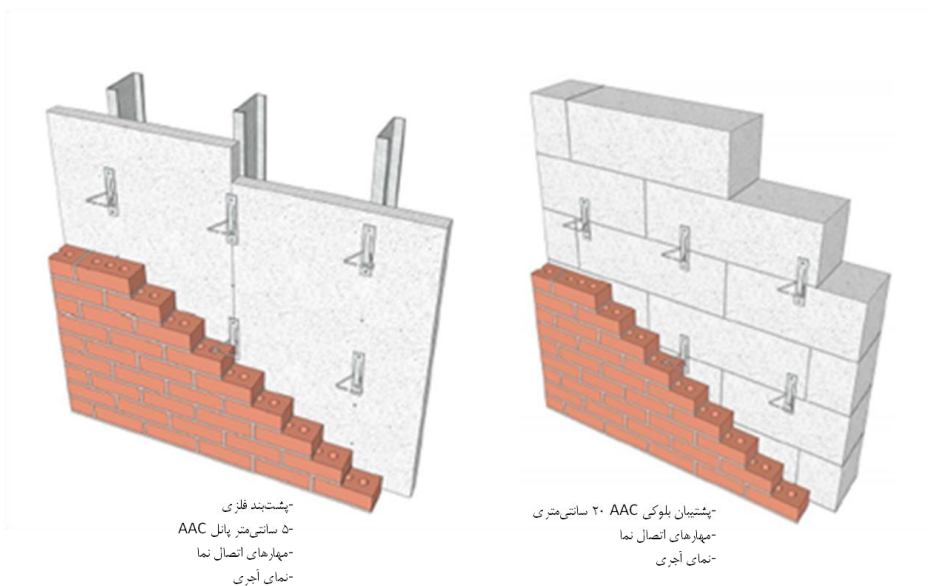
- روشهای نصب مستقیم، که در آن هر یک از سنگ‌های نما جهت تحمل بارهای ثقلی و جانبی به صورت مستقیم به دیوار پشتیبان متصل می‌شود.

- ترکیب بستهای مهاری بار ثقلی و جانبی در یک بست
- روش نصب قطعات سنگ نما به وسیله قطعات ناودانی شکل عمودی

جزئیات و ملاحظات اجرایی مرتبط با هر یک از روشهای مذکور به طور کامل در نشریه ۷۱۴ سازمان مدیریت ارائه شده است.

### ۵-۳-۵ اجرای نمای آجری

نماهای آجری شامل دیوار آجری یک لایه، با ضخامت حداکثر ۱۰ سانتی متر، می‌باشند. دیوار پشتیبان که نمای آجری بر روی آن نصب می‌شود ممکن است باربر یا غیر باربر باشد. در ساختمان‌های حداکثر تا سه طبقه (۱۰ متر) دیوارهای پشتیبان می‌تواند باربر باشد در غیر این حالت دیوار پشتیبان غیر باربر است. نمایی از دیوارهای پشتیبان از نوع بتن مسلح یا AAC در شکل ۵-۵ نشان داده شده است.



شکل ۵-۵ دیوار نما با نگهدارنده بلوکی یا پانلی AAC



آجرهای مورد استفاده در نمای ساختمانی به انواع آجر رسی، آجر ماسه آهکی، آجر ماری و آجر بتنی تقسیم بندی می شوند که هر کدام از آنها می توانند به صورت توپر، سوراخ دار یا صفحات نازک (پلاک) باشند. رده بندی آجر بر اساس مقاومت آنها در مقابل چرخه های یخ بندان و در دو دسته SW و MW تعریف می شود و قطعه نما باید براساس الزامات مورد نیاز انتخاب شود. جزئیات مربوط به این موضوع در نشریه ۷۱۴ ارائه شده است.

برای اجرای نمای آجری دو روش مهار شده و چسبانده مورد استفاده قرار می گیرد که جزئیات مربوط به آن در دیوارهای AAC به طور خلاصه در ادامه ارائه می شود.

### ۵-۳-۱- نماهای مهار شده

در این شرایط، واحدهای بنایی مورد استفاده باید حداقل ۶۷ میلی متر ضخامت داشته باشد. تکیه گاه ثقلی در این نما باید به نحوی انتخاب شود که وزن نمای بنایی مهار شده به شالوده بتنی منتقل شود. کنترل خیز قطعات مهار در برابر بارهای ثقلی ضروری است. در نماهای بنایی که به پشت بندهای بتنی متصل می شوند، اتصال نما به نگهدارنده های بتنی باید به وسیله مهارهای قابل تنظیم انجام شود. حداکثر فاصله سطح داخلی نما و سطح خارجی نگهدارنده بتنی باید ۱۱۵ میلی متر باشد. حداقل فاصله ۲۵ میلی متر برای فضای هوا باید در نظر گرفته شود.

### ۵-۳-۱-۱- تکیه گاه جانبی نماهای بنایی مهار شده

نمای آجری باید توسط بست هایی با ضوابط زیر به تکیه گاه مهار شود

الف- ورق های فلزی کنگره دار

- ورق های فولادی کنگره دار باید حداقل ۲۲ میلی متر عرض و ۰/۸ میلی متر ضخامت باشند و طول موج کنگره ها باید بین ۷/۵ میلی متر تا ۱۲/۵ میلی متر و ارتفاع آنها بین ۱/۵ تا ۲/۵ میلی متر باشد.

ورق های فولادی کنگره دار باید به صورت زیر در نمای بنایی مهار شده قرار گیرند:

- در دیوار با آجرهای توپر و توخالی ورق فولادی کنگره دار باید در داخل درز ملات نما یا دوغاب کار گذاشته شود به طوری که حداقل به مقدار ۳۸ میلی متر در داخل دیوار نما قرار داشته باشد و حداقل دارای ۱۶ میلی متر پوشش ملات تا سطح خارجی نما باشد.

ب- بست های شامل ورق های فلزی

- ورق های فلزی حداقل باید ۲۲ میلی متر عرض و ۱/۵ میلی متر ضخامت داشته باشند و باید:

دارای کنگره هایی مطابق بند الف یا خمیده، بریده شده یا سوراخ شده باشند تا بتوانند عملکرد یکسانی در حالت های کشش و فشار داشته باشند.

- بست های شامل ورق های فلزی باید به صورت زیر در نمای بنایی مهار شده قرار گیرند.

- در دیوارهای با آجر توپر یا توخالی ورق فولادی کنگره دار باید در داخل درز ملات نما یا دوغاب کار گذاشته شود به طوری که حداقل به مقدار ۳۸ میلی متر در داخل نما قرار داشته باشد و حداقل دارای ۱۶ میلی متر پوشش ملات تا سطح خارجی نما باشد.

ج- بست های مفتولی

- بست های مفتولی باید حداقل دارای قطر ۴ میلی متر بوده و در دو انتها خم شوند به طوری که طول خم شدگی حداقل برابر با ۵۰ میلی متر باشد.

- بست های مفتولی باید به صورت زیر در نماهای بنایی مهار شده قرار گیرند:

- در دیوارهای با آجر توپر یا دوخالی ورق فولادی کنگره‌دار باید در داخل درز ملات نما یا دوغاب کار گذاشته شود به طوری که حداقل به مقدار ۳۸ میلی‌متر در داخل نما قرار داشته باشد و حداقل دارای ۱۶ میلی‌متر پوشش ملات تا سطح خارجی نما باشد.

د- مسلح کننده درز ملات

-در درز ملات نماهای بنایی مهار شده استفاده از مسلح کننده نردبانی یا زبانه‌ای مجاز می‌باشد. مفتول‌های عرضی که به عنوان بست در نماهای بنایی مهار شده به کار می‌روند باید حداقل دارای قطر ۴ میلی‌متر باشند و حداکثر در فاصله ۴/۵ میلی‌متر از یکدیگر قرار گیرند. مفتول‌های عرضی باید به مفتول‌های طولی با قطر ۴ میلی‌متر جوش شوند.

- مفتول‌های طولی باید در داخل درز ملات طوری قرار گیرند که حداقل از هر طرف ۱۶ میلی‌متر پوشش روی آنها وجود داشته باشد.

ه- بست‌های تنظیم شونده

ه-۱- ورق‌های فلزی و قطعات مفتول بست‌های تنظیم شونده باید الزامات این بند یا ه-۲ را برآورده کنند. بست‌های تنظیم شونده با مسلح کننده‌های درز ملات نیز باید الزامات بند ه-۳ را برآورده کنند.

ه-۲- بست‌های تنظیم شونده باید دارای جزئیاتی باشند تا مانع از هم گسیختن آنها شود.

ه-۳- میله لولای بست‌ها باید حداقل دارای دو ساق یا مفتول به قطر ۴ میلی‌متر باشد و فاصله بین آنها نباید بیش از ۳۲ میلی‌متر باشد.

ه-۴- بیشترین فاصله آزاد بین بخش‌های متصل شده بست‌ها باید ۱/۶ میلی‌متر باشد.

ه-۵- بست‌های تنظیم کننده‌ای که دارای مقاومت و سختی برابر با مقادیر مشخص شده در بندهای ه-۱ تا ه-۴ می‌باشد قابل استفاده در نماهای بنایی مهار شده می‌باشد.

ه-۶- فاصله بست‌ها

ه-۶-۱- بست‌های تنظیم شونده، بست‌های مفتولی با قطر ۴ میلی‌متر، ورق‌های فلزی کنگره‌دار ۰/۸ میلی‌متر به ازای هر ۰/۲۵ متر مربع از سطح دیوار باید حداقل یک عدد نصب شود.

ه-۶-۲- در سایر انواع بست‌ها باید به ازای هر ۰/۳۳ متر مربع از دیوار حداقل یک بست نصب شود.

ه-۶-۳- فاصله قائم و افقی بست‌ها نباید از مقادیر ۶۲۵ و ۸۰۰ میلی‌متر بیشتر شود.

ه-۶-۴- اطراف بازشوهای با ابعاد بزرگتر از ۴۰۰ میلی‌متر باید بست‌های تقویتی نصب شود. بست‌ها در اطراف محیط بازشو باید حداکثر دارای فاصله ۰/۹ متر باشند. بست‌ها باید در فاصله ۳۰۰ میلی‌متر از بازشو قرار گیرند.

ه-۷- ضخامت درز ملات باید حداقل دو برابر ضخامت بست مدفون شده در آن باشد.

### ۵-۳-۱-۲- الزامات لرزه ای

با توجه به موقعیت قرارگیری پروژه‌های ساختمانی و مشخصات لرزه‌ای منطقه، ضروری است الزامات لرزه‌ای مورد اشاره در نشریه ۷۱۴ سازمان مدیریت مورد توجه قرار گیرد.

### ۵-۳-۲- نمای چسبانده شده

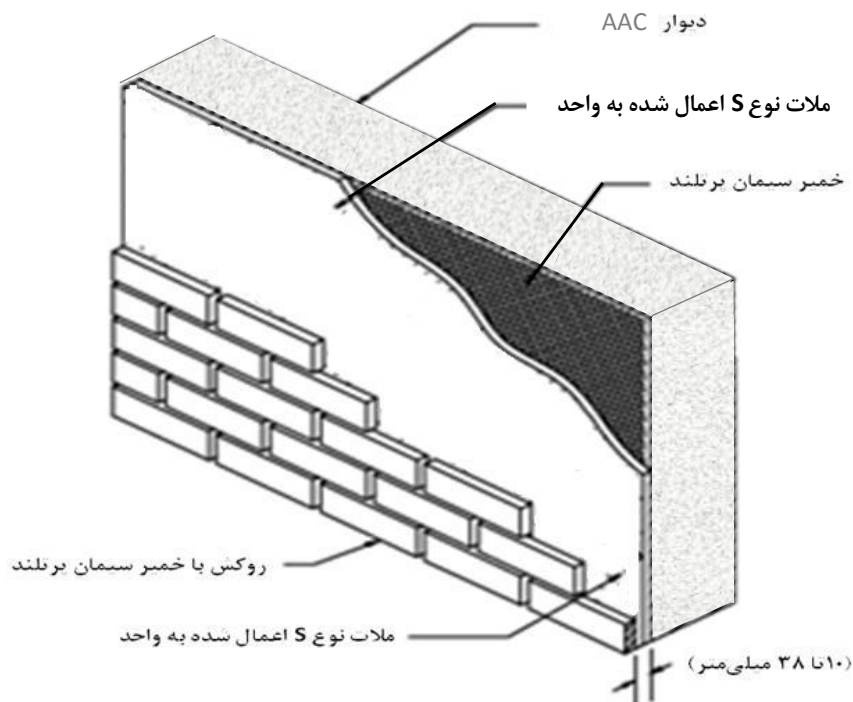
الزامات زیر درخصوص این نما باید در نظر گرفته شود .

الف: بارها از نما به دیوار پشتیبان به وسیله اتصالات مکانیکی مناسب انتقال یابد.

ب: خمش خارج از صفحه برای جلوگیری از جدایی نما از دیوار پشتیبان باید محدود شود.

ج: نما نباید در معرض تنش‌های کششی ناشی از خمش قرار گیرد.





شکل ۵-۶ نمای چسبانده شده به دیوار پشتیبان AAC

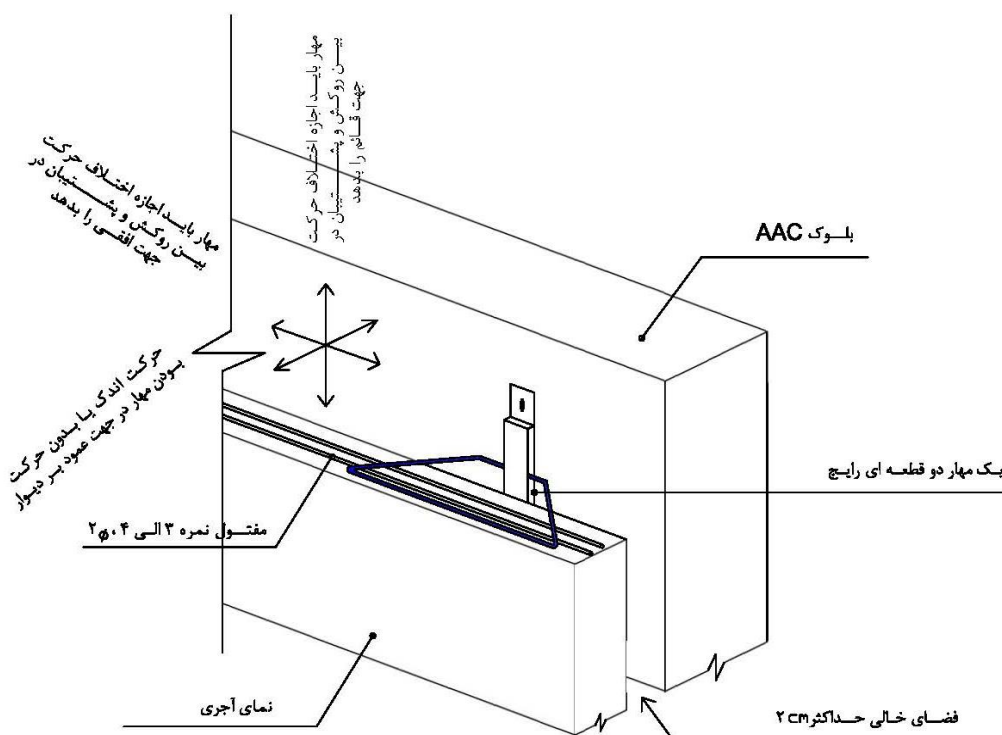
از جمله الزامات این نما می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ابعاد ضخامت هر یک از واحدهای بنایی نمای چسبانده شده نباید بیشتر از  $66/7$  میلی متر و هر کدام از ابعاد آن نباید بیشتر از  $914$  میلی متر و مساحت آن نباید بیشتر از  $0/46$  متر مربع و وزن آن در واحد سطح نباید بیشتر از  $718$  پاسکال باشد.
- ابعاد دیوار، ارتفاع، طول و مساحت نماهای چسبیده به جز در مواردی که نیاز به کنترل تنش های بین نما و دیوار پشتیبان آن می باشد دارای محدودیت نمی باشند.
- دیوار پشتیبان باید سطحی پیوسته، مقاوم در برابر رطوبت برای چسباندن نما ایجاد نماید. پیش از نصب نما، یک لایه ملات سیمان پرتلند بر روی سطح دیوار پشتیبان اعمال می شود.
- ملات چسباننده که برای اتصال نما و دیوار پشتیبان به کار گرفته می شود باید دارای مقاومت برشی  $345$  کیلو پاسکال باشد.

### ۳-۳-۵ الزامات کلی اجرایی

#### ۱-۳-۳-۵ اتصالات برای تحمل بار جانبی

در اتصال نما آجری به دیوار پشتیبان از گیره های فولادی استفاده می شود که نقش این گیره ها انتقال بار جانبی از نما به دیوار پشتیبان می باشد. به هنگام انتقال بار، بسته به اینکه دیوار تحت فشار یا مکش باشد، گیره های متصل کننده ممکن است تحت نیروی محوری فشاری و یا کششی قرار بگیرند. اتصالات باید از درجه صلیبیت بالایی برخوردار باشند، به گونه ای که اجازه حرکت در صفحه عمود بر دیوار را نداشته باشند. به همین دلیل، از آنجایی که نما و دیوار پشتیبان هر دو به طور عادی دچار انبساط و انقباض متفاوتی در صفحه خود می باشند، طراحی اتصالات برای جابجایی های رو به بالا، پایین و جانبی باید با دقت بالایی انجام شود.

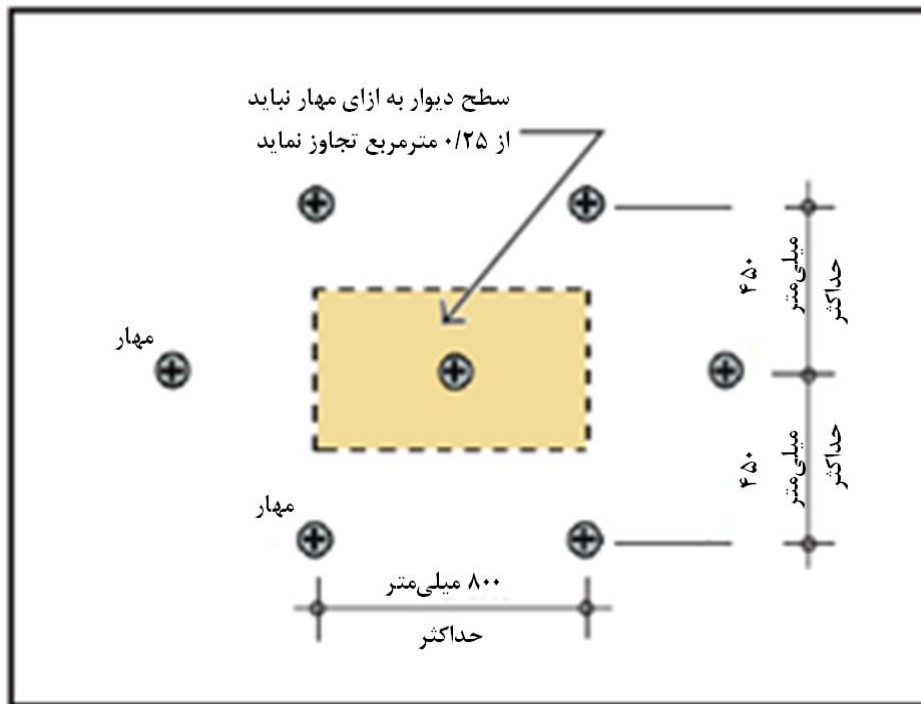


شکل ۵-۷ تنظیم‌شوندگی مورد نیاز در جهت‌های مختلف بست دو تکه

اجزایی که در اتصال نما آجری به دیوار استفاده می‌شوند، شامل دو قطعه متصل شده به هم می‌باشند. یکی از این قطعه‌ها به دیوار پشتیبان متصل شده و دیگری در درز افقی نما که از ملات پر شده است جاسازی می‌شود و قرار می‌گیرد. اتصالات دو جزئی تنظیم شونده باید به گونه‌ای باشند که به نما اجازه حرکت در راستا موازی صفحه دیوار پشتیبان داده شود و از حرکت دیوار در راستای عمود بر صفحه دیوار جلوگیری کند.

مهارها معمولاً از نوع فولاد گالوانیزه شده می‌باشند ولی توصیه می‌شود در مواردی که دوام از درجه اهمیت بالایی برخوردار است و یا محیط بیش از حد معمول خورنده است فولاد ضد زنگ مورد استفاده قرار گیرد.

فاصله‌گذاری اتصالات باید بر اساس بار جانبی و مقاومت بست‌ها محاسبه شود. اما به طور کلی بیشترین فاصله مهارهای مفتولی تنظیم شونده دو تکه در آیین‌نامه‌ها مشخص شده است به طوری که به ازای هر  $1200 \text{ cm}^2$  نما، حداقل یک بست لازم است. بیشترین فاصله افقی و عمودی بست‌ها به ترتیب نباید از ۸۰ cm و ۴۵ cm بیشتر اختیار شود.



شکل ۵-۸ بیشینه فاصله مجاز بست های نما

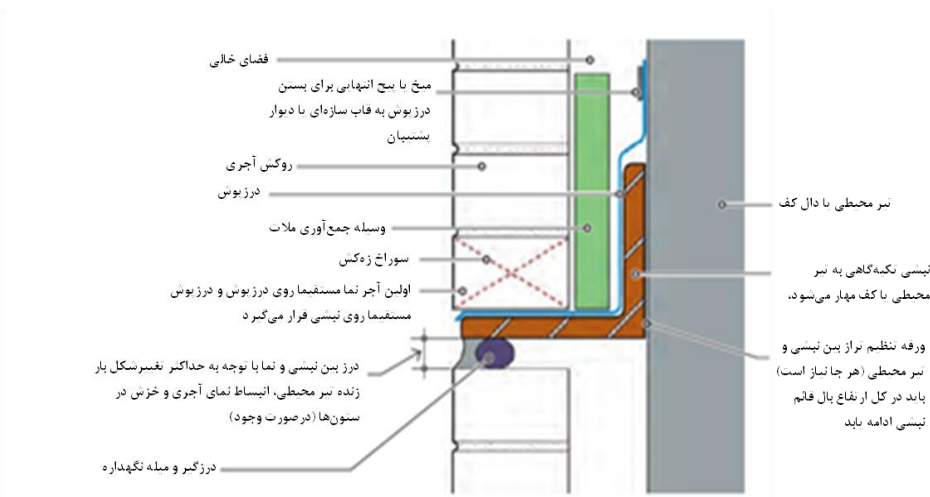
### ۵-۳-۳-۲ تکیه گاه برای تحمل بار ثقلی

بار مرده نما آجری، در ساختمان های با بیشینه ارتفاع ۱۰ متر (سه طبقه) از سطح زمین، بدون هیچ تکیه گاهی در طبقات میانی می تواند به وسیله پی تحمل شود (شکل ۵-۹). در این ساختمان ها فضای خالی که برای هوا در نظر گرفته می شود به صورت پیوسته از کف پی تا سقف پشت بام ادامه می یابد و تمام بار ثقلی نما توسط پی تحمل می شود. معمولاً بر روی پی فرو رفتگی در حدود ۴ cm ایجاد می کنند که لبه آجر نامیده می شود و برای ردیف اول آجرهای نما می باشد. در ساختمان های متوسط و بلند مرتبه باید در هر طبقه از نبشی های تکیه گاهی فولادی برای تحمل بار نمای همان طبقه استفاده شود. این نبشی ها نیز به سازه متصل شده و توسط آن پشتیبانی می شوند. در سازه قابی، نبشی های تکیه گاهی به وسیله جوش و یا پیچ به تیرهای محیطی سازه متصل می شوند. در ساختمان هایی با سیستم دیوار باربر، نبشی های تکیه گاهی به دیوارهای خارجی متصل می شوند.

در اجرای نبشی های تکیه گاهی فوقانی باید فاصله ای بین قسمت فوقانی نما و بال تحتانی نبشی وجود داشته باشد. این فاصله جهت انبساط قائم نما و نیز خیز تیر پیرامونی سازه بر اثر اعمال بارهای زنده می باشد و باید با محاسبه تغییر مکان کوتاه مدت و خزش دراز مدت تیر بدست آید. این فضای خالی همانطور که در شکل ۵-۱۰ نیز نمایش داده شده است با استفاده از یک درزگیر پوشانده می شود. نبشی های تکیه گاهی نباید سرتاسری باشند و بیشینه طول آنها به ۶ متر محدود می شود.

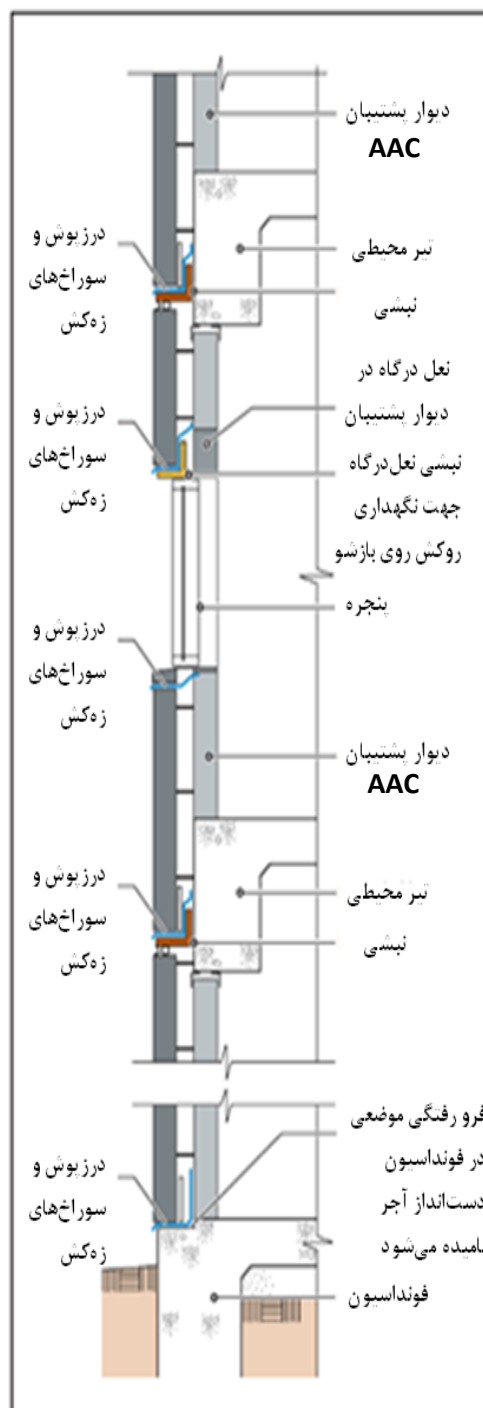


شکل ۵-۹ تکیه‌گاه‌ها جهت تحمل بار ثقیلی نما



شکل ۵-۱۰ جزئیات شماتیک نیشی تکیه‌گاهی

در نقاطی که بازشوها (در و پنجره‌ها...) در نمای ساختمان وجود دارند به تکیه‌گاه‌هایی علاوه بر موارد ذکر شده احتیاج می‌باشد. همانطور که در شکل ۵-۱۱ نمایش داده شده است، در نماهای آجری از نیشی‌های فولادی به عنوان تیرهای نعل درگاهی استفاده می‌شود. بر خلاف نیشی‌های تکیه‌گاهی، تیرهای نعل درگاهی به منظور تامین امکان جابجایی نسبی به سازه متصل نمی‌شوند، بلکه به صورت ساده بر روی نما قرار می‌گیرند (شکل ۵-۱۲).



شکل ۵-۱۱ نمای شماتیک از قرارگیری نبشی های تکیه گاهی و نعل درگاهی و درزگیرها

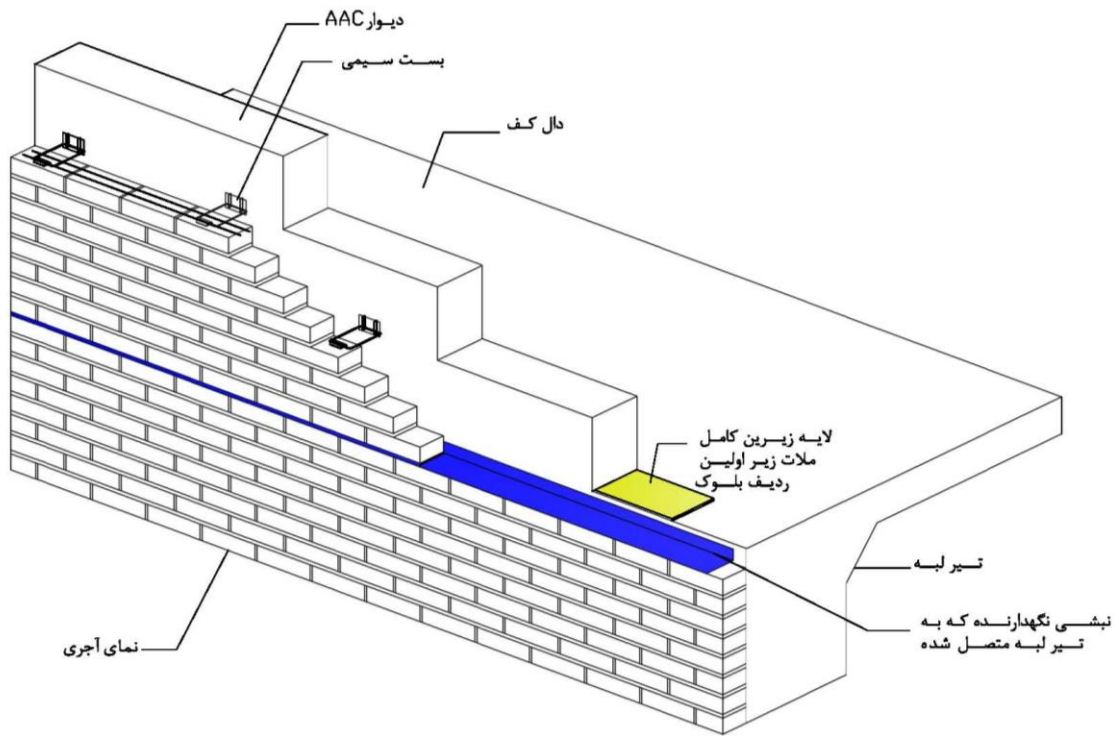


شکل ۵-۱۲ قرار گیری تیر نعل درگاهی در نمای آجری

جهت آزاد گذاشتن حرکت نسبی نما و تیر نعل درگاهی، در محل اتکای تیر نعل درگاهی به نما نباید از ملات استفاده شود. همانند نبشی‌های تکیه‌گاهی در تیرهای نعل درگاهی نیز باید حفره‌های زه‌کشی تعبیه شوند.

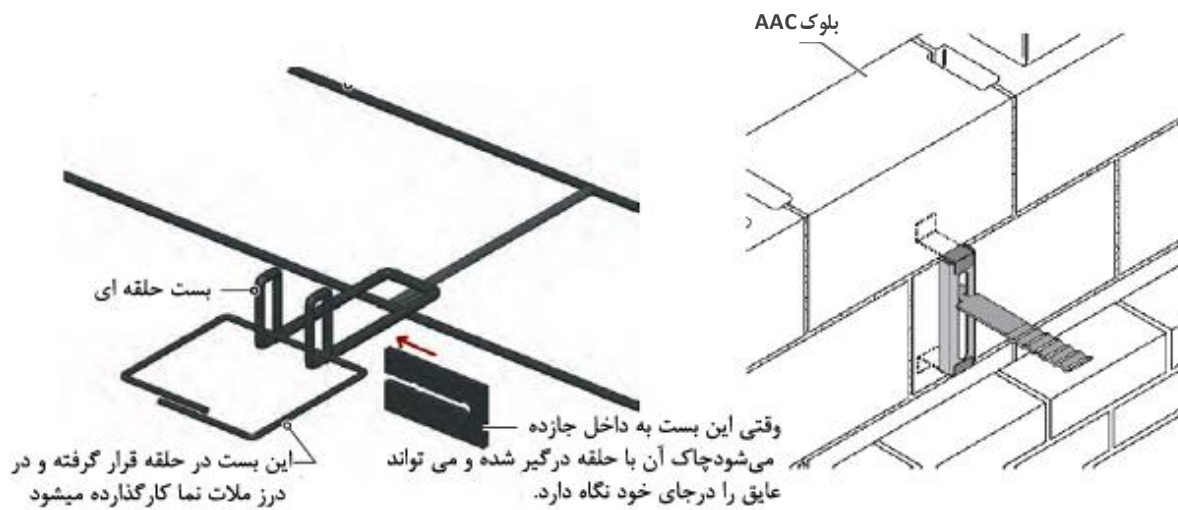
### ۴-۳-۵ مشخصات نمای بنایی آجری متصل به دیوار بتنی یا بلوکی

شکل ۵-۱۳ تصویر کلی نمای آجری نصب شده بر روی دیوار پشتیبان بلوکی را نشان می‌دهد. اتصالات فولادی که برای متصل کردن نما به دیوار استفاده شده‌اند از نوع بست‌های مفتولی دو تکه می‌باشند. قطعه اول نقش مسلح‌کننده درز ملات را دارد و در دیوار پشتیبان جا داده می‌شود و قطعه دوم، نما را به قطعه اول که در دیوار پشتیبان جاسازی شده است، متصل می‌کند.



شکل ۵-۱۳ نمای بنایی آجری متصل به دیوار پشتیبان بلوک AAC





الف- تیپ بست های اتصال نما که با دیوارهای پشتیبان بلوکی AAC بکار برده می شود

دیوار بلوکی AAC که با مواد مایع هوا بند پوشش داده شده است.

ب- یک نوع مهاری دیگر برای دیوارهای AAC

بست ورق فلزی به دیوار AAC هیلتی شده و بست مهاری سیمی در سوراخ های موجود روی بست فلزی قرار میگیرد.

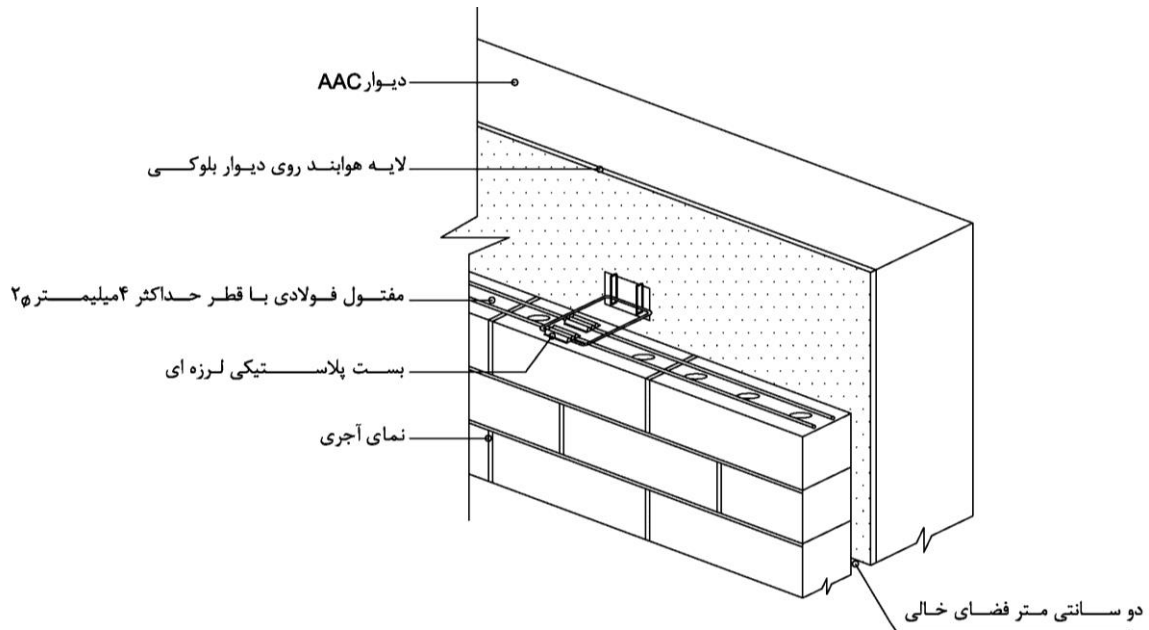


پ- بست دو قسمتی شامل بست ورق فلزی و بست مهاری سیمی که برای قطعات پشتیبان دیوار بلوکی AAC به کار می رود

شکل ۵-۱۴ انواع متداول بست های متصل کننده نمای آجری به دیوار بلوک AAC

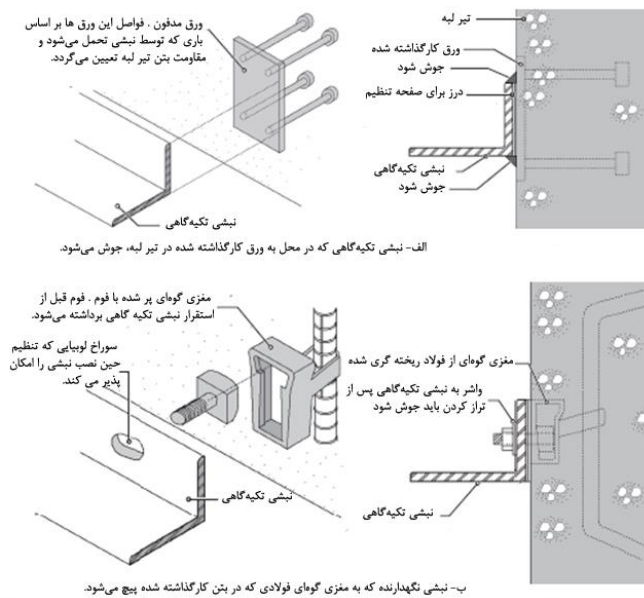
در مناطق لرزه خیز باید از بست های لرزه ای استفاده شود. بست لرزه ای باعث اتصال مفتول پیوسته مسلح کننده به نما می شود. مفتول مسلح کننده نما و بست های لرزه ای در درون درز ملات نمای آجری جاسازی می شوند. در شکل ۵-۱۵ یکی از انواع این بست ها نشان داده شده است.





شکل ۵-۱۵ بست لرزه ای در نمای آجری. بست به همراه مفتول مسلح کننده در درز ملات تعبیه می شود

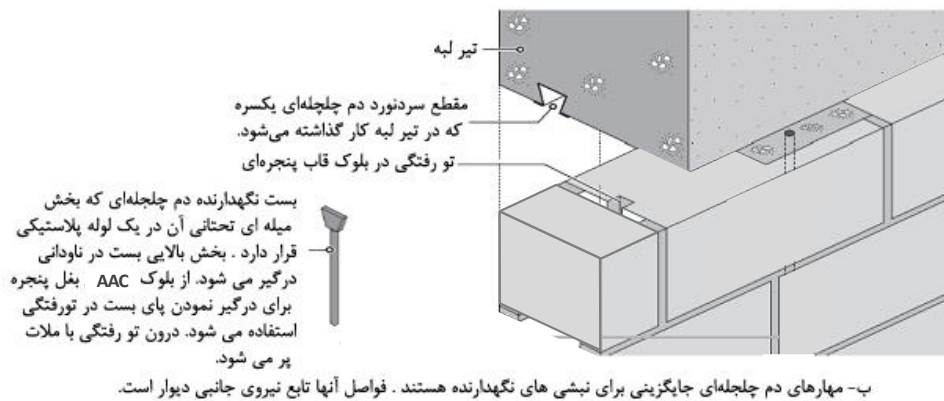
شکلهای ۵-۱۶ و ۵-۱۷ دو روش اتصال نبشی تکیه گاهی به تیر بتن مسلح محیطی ساختمان را نشان می دهد. در روش اول که بیشتر نیز مورد استفاده قرار می گیرد، نبشی های تکیه گاهی مربوط به هر طبقه باید قبل از اجرای نمای زیر آن نصب شوند. در روش دوم می توان نبشی های تکیه گاهی را بعد از اجرای نمای زیر آنها نصب کرد. این روش، زمانی که نما شامل سنگ های طبیعی بزرگ و یا پانل های پیش ساخته سنگی می باشد به کار می رود.



شکل ۵-۱۶ جزئیات اجرایی اتصال نبشی تکیه گاهی به دیوار پشتیبان



الف - نشی های نگهدارنده به زیر تیر لبه اتصال می یابد. فواصل این نشی ها تابع بار جانبی اعمال شده به دیوار است.



ب- مهارهای دم چلچله ای جایگزینی برای نشی های نگهدارنده هستند. فواصل آنها تابع نیروی جانبی دیوار است.

### شکل ۵-۱۷ دو روش متداول برای ایجاد مقاومت در برابر بار جانبی در قسمت فوقانی دیواره های پشتیبان بلوک AAC

در ساختمان‌ها با دیوار پشتیبان بلوک AAC، به دلیل وجود تماس جداره بیرونی دیوار با آب و هوا، دیوار باید از مقاومت خوبی در برابر نفوذ این عوامل برخوردار باشد. در همین راستا مواد ویژه‌ای به منظور آب‌بند کردن دیوار به کار برده می‌شود. به عنوان مثال در شکل ۵-۱۸ قبل از اجرا نما آجری، سطح خارجی دیوار پشتیبان بلوک AAC با استفاده از یک ماده مخصوص کاهش‌دهنده خرابی در برابر آب و هوا (آبی رنگ) پوشانده شده است.



شکل ۵-۱۸ استفاده از ماده مخصوص کاهش‌دهنده خرابی در برابر آب و هوا قبل از اجرای نمای آجری



## ۵-۴ اجرای نمای سیمانی

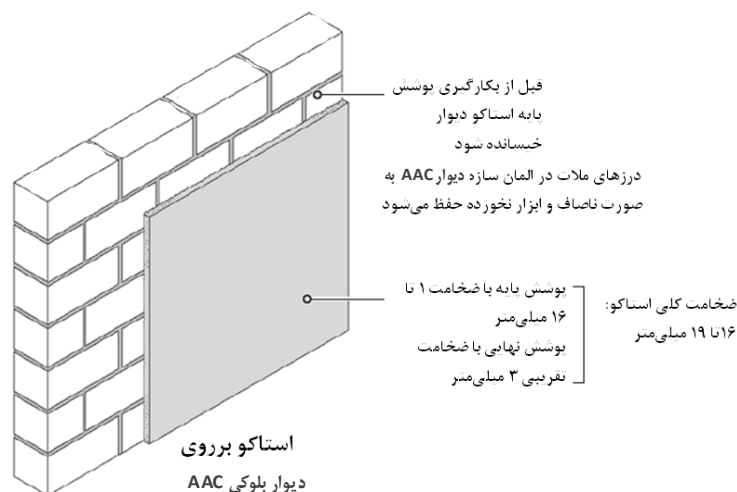
### ۵-۴-۱ مشخصات ملات سیمانی برای نما

اندود برای قرن‌ها به عنوان یک آستر نهایی دیوار داخلی، خارجی و سقف مورد استفاده قرار گرفته است. این نوع نما، صاف و قابل رنگ‌آمیزی بوده و اندودکاری، سطوح آن را در برابر نفوذ آب و هوا مقاوم می‌نماید، عایق‌بندی صوتی را بهبود داده و سطوح نما را در برابر آتش‌سوزی مقاوم‌تر می‌کند. مواد متشکله اندود، مشابه مخلوط ملات بنائی و شامل مصالح سیمانی، ماسه و آب است. در برخی از اندودها، الیاف نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندود سیمان پرتلند می‌تواند برای سطوح داخلی و سطوح خارجی مورد استفاده قرار گیرد. غالب کاربرد اندود سیمان پرتلند به عنوان آستر نهایی دیوار خارجی می‌باشد. اندود سیمان پرتلند خارجی به نام استاکو<sup>۹</sup> نامیده می‌شود. با توجه به آنکه مصالح اصلی نمای سیمانی، سیمان پرتلند می‌باشد، اجرای آن نیازمند شرایط دمایی مناسب است. توصیه می‌شود، نمای سیمانی زمانی اجرا شود که دمای محیط حداقل ۵ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر باشد. لایه‌های نمای سیمانی باید دارای مشخصه‌های خاصی از نظر دوام و کیفیت باشند به همین منظور، طرح اختلاط ملات مناسب برای نمای سیمانی باید در انطباق با جزئیات معرفی شده در نشریه ۷۱۴ باشد.

### ۵-۴-۲ اجرای نما بر روی سطوح AAC

دیوارهای با پایه AAC، لایه زیرین مناسبی برای نمای سیمانی محسوب می‌شود چراکه از صلبیت مطلوبی برخوردار است. علاوه بر این، زبری و خلل و فرج مصالح بنایی سبب ایجاد اتصال مناسب بین نمای سیمانی و دیوار پشتیبان می‌شود. بنابراین، برای اجرای نمای سیمانی بر روی دیوارهای AAC به توری فلزی نیازی نیست. اتصال بین نمای سیمانی و دیوار AAC به طور ذاتی قوی است چراکه هر دو دارای مصالح سیمانی می‌باشند.

نمای سیمانی اجرایی بر روی دیوار AAC معمولاً متشکل از دو لایه (یک لایه پایه برای صاف نمودن هر گونه حفره بر روی سطح دیوار و یک لایه نهایی) به ضخامت کلی ۱۶ تا ۱۹ میلی‌متر است (شکل ۵-۱۹). به منظور حفظ زبری طبیعی بلوک AAC، درزهای ملات در دیوارهای AAC به صورت ناصاف و ابزار نخورده حفظ می‌شود. دیوار بنایی ابزار زده نمی‌شود. به وضوح، سطح دیوار باید تمیز و عاری از نقص‌هایی باشد که اتصال بین نمای سیمانی و مصالح پشتیبان را با اختلال همراه سازد. با توجه به آنکه سطح بیرونی دیوارهای AAC متخلخل می‌باشند، ممکن است آب را از مخلوط جذب نموده و آب کافی در نمای سیمانی باقی نماند. بنابراین، سطح دیوار باید قبل از اجرای لایه پایه خیس‌انده شود.

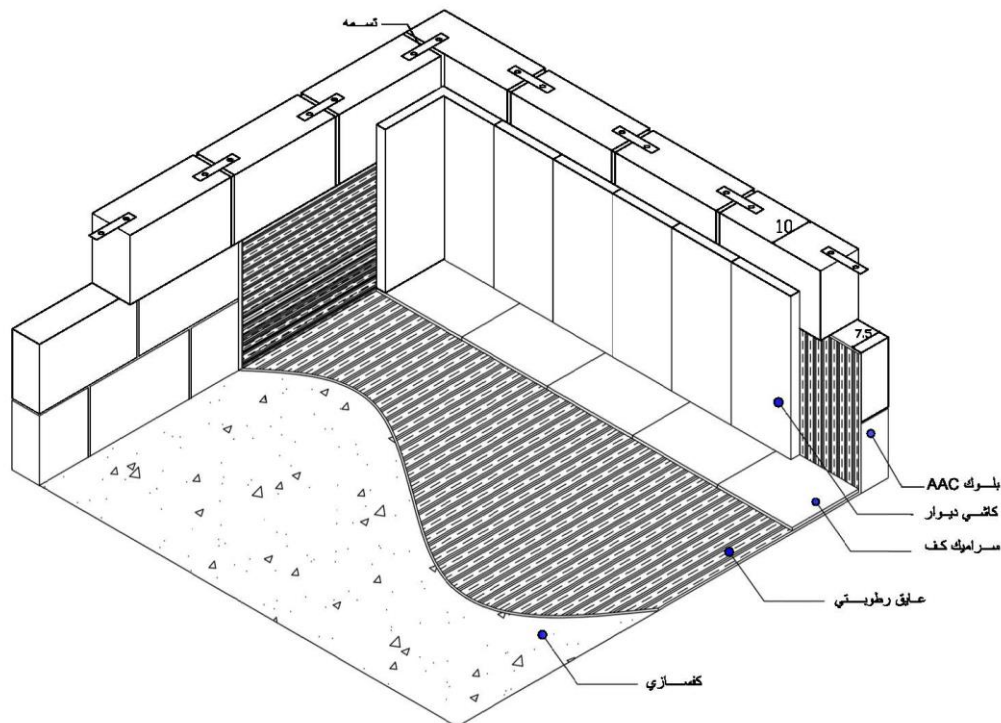


شکل ۵-۱۹ ساختمان یک پوشش نمای سیمانی بر روی دیوار بلوکی AAC

در اجرای نمای سیمانی روی دیوارپهای AAC، درزهای کنترل می‌تواند با فاصله بیشتری در نظر گرفته شود. مساحت پیشنهادی سطح نمای سیمانی بین درز کنترل در این حالت ۲۲٫۵ مترمربع می‌باشد و سایر الزامات آن قابل استخراج براساس نشریه ۷۱۴ است. تا جایی که ممکن است درزهای کنترل و درزهای انبساط در نمای سیمانی باید در موقعیت‌های یکسانی متناظر با درزهای لایه زیرین قرار گیرند. درزهای کنترل و سایر زوارها با استفاده از میخ‌های فولادی به دیوار متصل می‌شوند.

### ۵-۵ اجرای نمای سرامیک

اجرای نمای خارجی سرامیک به صورت خشک بر روی دیوارهای AAC، در قالب روشهای اجرایی نمای پرده‌ای قابل دسته بندی است. در این شرایط با رعایت ضوابط مندرج در نشریه ۷۱۴ امکان اجرای این نما وجود خواهد داشت. در صورتیکه اجرای سرامیک به عنوان نمای داخلی یا پوشش سطوح داخلی مدنظر باشد، استفاده از چسب کاشی یا سرامیک و یا ملات AAC مناسب خواهد بود (شکل ۵-۲۰).



شکل (۵-۲۰) جزئیات اجرای سرامیک داخلی بر روی دیوار AAC

پیوست‌ها

گزارش و نتایج مطالعات آزمایشگاهی



## پیوست اول: ارزیابی عملکرد لرزه‌ای با استفاده از آزمایشات میز لرزان

### پ ۱-۱ مقدمه

رفتار دیوارهای جداکننده که در فضای داخلی و یا خارجی ساختمان قرار خواهند گرفت، از نظر عملکرد لرزه‌ای حائز اهمیت است. این عملکرد دربرگیرنده انسجام دیوار به تنهایی، اتصال دیوار به قطعات نگهدارنده که جزئی از میان قاب هستند و همچنین، اتصال به قاب سازه است که لازم است در واقعی‌ترین شرایط ارزیابی شود. در این راستا، انجام مطالعات آزمایشگاهی بر روی میز لرزان با هدف ارزیابی عملکرد لرزه‌ای دیوارهای جداکننده مفید خواهد بود. با توجه به اهمیت اتصالات به کار گرفته شده در نصب و نگهداری دیوارهای جداکننده متشکل از بلوک‌های هوادار اتوکلاشده (AAC)، تعریف یک برنامه منسجم آزمایشگاهی به منظور ارزیابی عملکرد دیوار و قطعات الحاقی آن، در دستور کار قرار می‌گیرد. در این بخش، به ارائه جزئیات برنامه آزمایشگاهی و اهداف طرح پرداخته می‌شود.

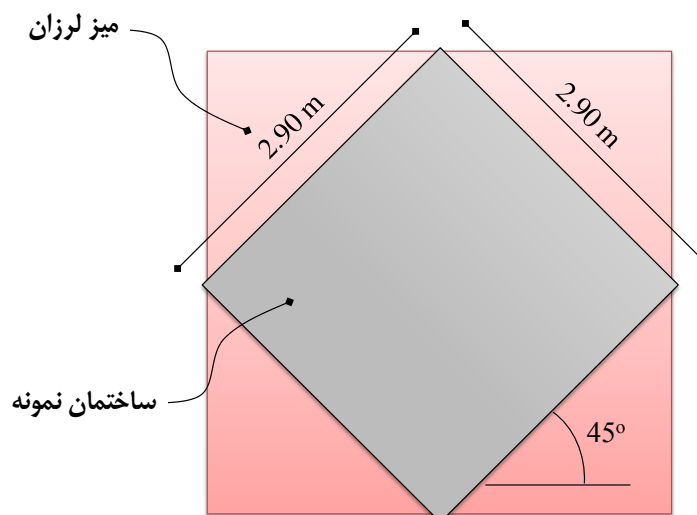
### پ ۱-۲ جزئیات برنامه آزمایشگاهی

به منظور دستیابی به اهداف تحقیق، یک ساختمان یک طبقه با قاب فولادی و سقف صلب بر روی میز لرزان ساخته شده و دیوارهای خارجی آن با استفاده از بلوک‌های AAC اجرا می‌شود. در این سازه، شیوه‌های متنوعی از اتصالات برای اتصال تیغه‌های AAC به قاب پیرامونی ساختمان مدنظر قرار گرفته است. با اعمال مجموعه‌ای از تحریک‌های زلزله به ساختمان، عملکرد اتصالات مختلف در پاسخ به این تحریک‌ها ارزیابی می‌شود. تحریک‌های مورد اشاره شامل تحریک‌های معادل طیف استاندارد ۲۸۰۰ و مجموعه‌ای از شتاب نگاشت‌های زلزله‌های مطرح در سطح بین‌المللی است. در ادامه، جزئیات برنامه آزمایشگاهی و مشخصات نمونه تحت آزمون، ارائه می‌شود.

### پ ۱-۲-۱ ساختمان نمونه

نمونه مورد آزمون، ساختمانی یک طبقه در ابعاد واقعی است که به صورت سه‌بعدی ساخته می‌شود. این ساختمان با زاویه ۴۵ درجه نسبت به راستای اصلی میز لرزان، بر روی آن قرار می‌گیرد. هدف از این کار، بررسی رفتار دیوارهای نگهدارنده خارجی و انواع اتصالات موجود در آن تحت تاثیر هر دو مولفه داخل و خارج صفحه رکورد زلزله اعمالی و ارائه یک مدل نسبتاً دقیق از زلزله‌های واقعی است.

بنابر محدودیت‌های ابعادی میز لرزان مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، پلان ساختمان مربعی با ابعاد  $۲/۹۰ \times ۲/۹۰$  متر تعریف می‌شود. ارتفاع ساختمان نیز مشابه ساختمان‌های متداول، برابر با ۳ متر در نظر گرفته خواهد شد (شکل پ ۱-۱).



شکل (پ ۱-۱) پلان قرارگیری ساختمان نمونه بر روی میز لرزان

#### پ ۱-۲-۲ اجزاء قاب ساختمانی

قاب در نظر گرفته شده برای این ساختمان، یک قاب فلزی با اتصالات گیردار است. تیرهای این قاب از IPE12 و ستون‌های آن از مقاطع فولادی دابل ناودانی نمره ۸ استاندارد تهیه شده است. ارتفاع سازه تا زیر سقف ۲/۸ متر و سقف سازه نیز از نوع سقف‌های بتنی پیش ساخته به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. لازم به ذکر است انتخاب ضخامت ۲۰ سانتی‌متر به این منظور صورت گرفته که وزن مرده ناشی از پارتیشن‌ها و ۲۰ درصد سهم بار زنده علاوه بر وزن سقف، منظور گردد. یادآوری می‌شود که مقاطع و جزئیات مورد اشاره به نحوی انتخاب شده‌اند که ضمن حفظ پایداری و تامین باربری ثقلی و جانبی سازه، دوره تناوبی در حدود  $۰/۵$  ثانیه برای ساختمان ایجاد شود. این مسئله از این بابت حائز اهمیت است که، در دوره تناوب مذکور امکان ارزیابی دقیق رفتار اجزاء غیرسازه‌ای (که در این پروژه اتصالات تیغه‌های AAC به قاب پیرامونی است)، فراهم خواهد شد. همچنین هدف از تعیین این پریود برای سازه تامین امکان جابجایی نسبی تا حد ۲٪ برای سازه جهت مدلسازی رفتار طبقات فوقانی می‌باشد.





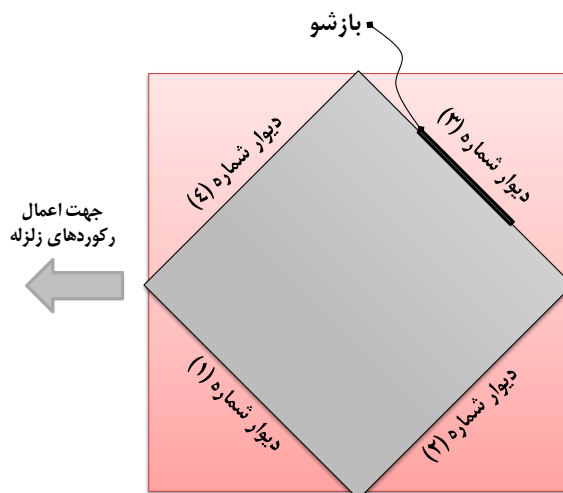
شکل (پ-۲) مدل کامپیوتری قاب ساختمانی



شکل (پ-۳) نمایی از ساختمان احداث شده بر روی میز لرزان

### پ-۱-۲-۳- دیوارهای پرکننده

در سازه تحت آزمون، چهار دیوار پیرامونی مدنظر قرار گرفته است. این دیوارها از نوع دیوارهای بلوکی AAC در دو ضخامت ۱۵ و ۲۰ سانتی متر است. پلان جانمایی سازه و دیوارهای پیرامون آن، در شکل (پ-۴) مشخص شده است و همانطور که از تصویر پیداست، تنها دیوار دارای بازشو دیوار شماره (۳) می باشد.



شکل (پ ۱-۴) موقعیت دیوارهای پیرامونی در ساختمان تحت آزمایش

به منظور اجرای دیوارها، از ملات مناسب برای بلوک‌های AAC استفاده شده است.



شکل (پ ۱-۵) ملات مخصوص اجرای تیغه‌های AAC

پس از تهیه ملات و ریختن آن در زیر اولین ردیف از بلوک‌ها، بلوکهای AAC که قبلاً با استفاده از آب کمی مرطوب شده است، بر روی ملات قرار می‌گیرند.

پس از آن، با استفاده از چکش‌های مخصوص، به بلوک‌ها ضربه زده می‌شود تا تحت اثر ضربه، فضای خالی احتمالی بین بلوک‌های مجاور پر شده و ضمناً، ملات در بلوک‌ها نفوذ کند.

با اتمام یک رج، ابتدا درز بین بلوک‌ها مجاور هم توسط ملات پر می‌شود. سپس، بست‌های فلزی میانی برای اتصال بلوک‌ها به هم، در بلوک‌ها میخ می‌شود.



شکل (پ ۱-۶) ریختن ملات در زیر اولین ردیف بلوکها



شکل (پ ۱-۷) ضربه زدن به بلوکها برای از بین رفتن فضاهای خالی



شکل (پ ۱-۸) نصب بست اتصال افقی بلوکهای مجاور

برای اجرای هر یک از ردیف‌های بعدی دیوار، ابتدا بلوک‌های اجراشده توسط آب مرطوب شده و سپس، ملات بر روی آن‌ها ریخته می‌شود. پس از آن، ردیف بعدی بلوک‌ها اجرا می‌شود.



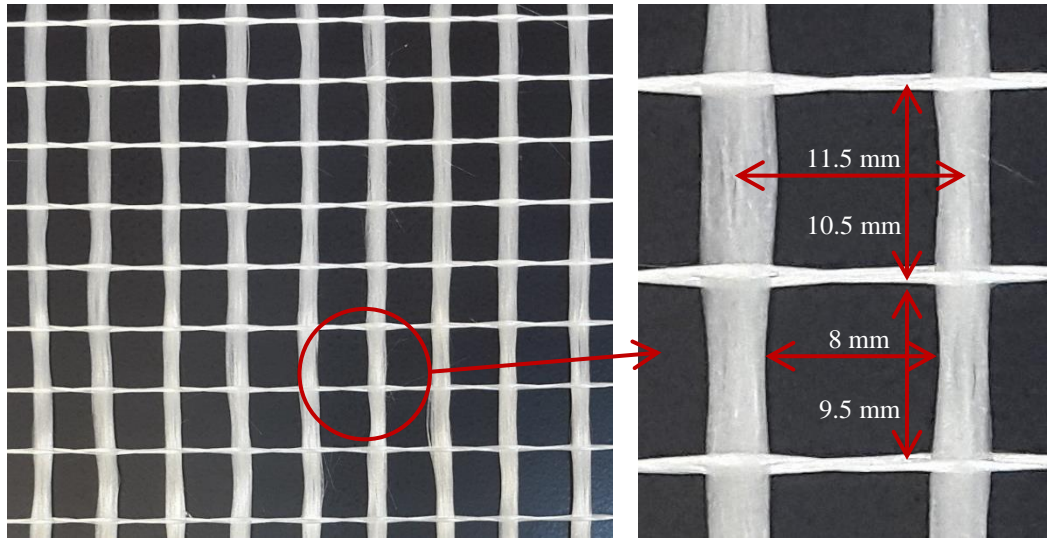
شکل (پ ۱-۹) اجرای ردیف‌های بعدی بلوک چینی

به منظور بررسی مقاومت داخل و خارج صفحه دیوارهای AAC، دیوارها از بلوک‌های با ضخامت‌های مختلف ساخته می‌شوند. همانطور که قبلاً اشاره شد، ضخامت بلوک‌های مصرفی ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. نازک‌کاری‌های به کار رفته در دیوارها نیز شامل ۱ سانتی‌متر اندود گچ و ۲ سانتی‌متر اندود سیمان است که ممکن است در دیوارهای مختلف، به صورت متفاوت اجرا شود. علاوه بر این، بخشی از دیوارهای اجراشده در قاب سازه‌ای، با استفاده از مش الیاف ARGlass برای رفتار خارج صفحه تقویت شده‌اند.

از مشخصات عمومی این الیاف می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. جزئیات بیشتر در این زمینه در جدول (پ ۱-۱) ارائه شده‌است.

- جنس پایه شیشه، الیاف شیشه مقاوم به قلیا
- ضخامت هر لیف: ۰/۱۷ میلی‌متر مربع
- فاصله لیف‌ها از هم: ۱۰/۵ میلی‌متر
- مقاومت نهایی: ۸۰۰ MPa
- مدول الاستیسیته ۴۷ GPa

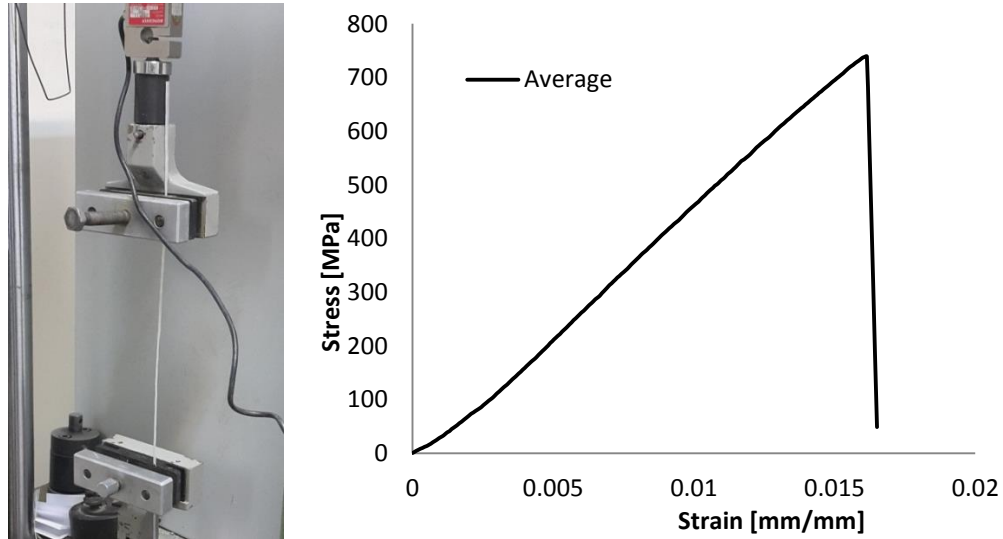




شکل (پ ۱-۱۰) شمای کلی مش الیاف ARGlass

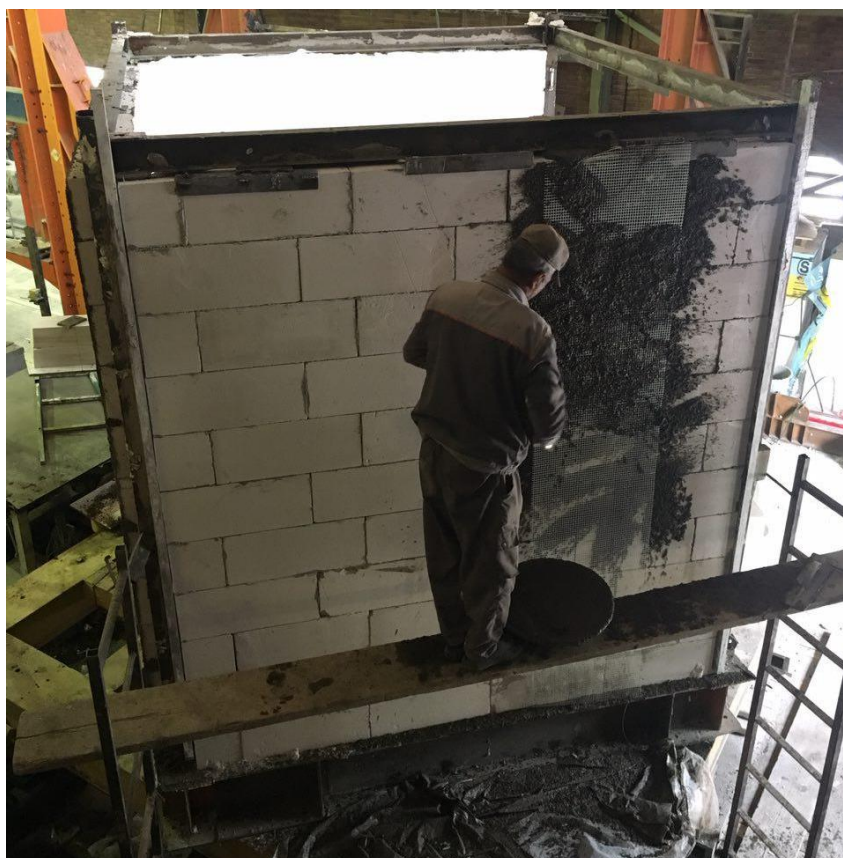
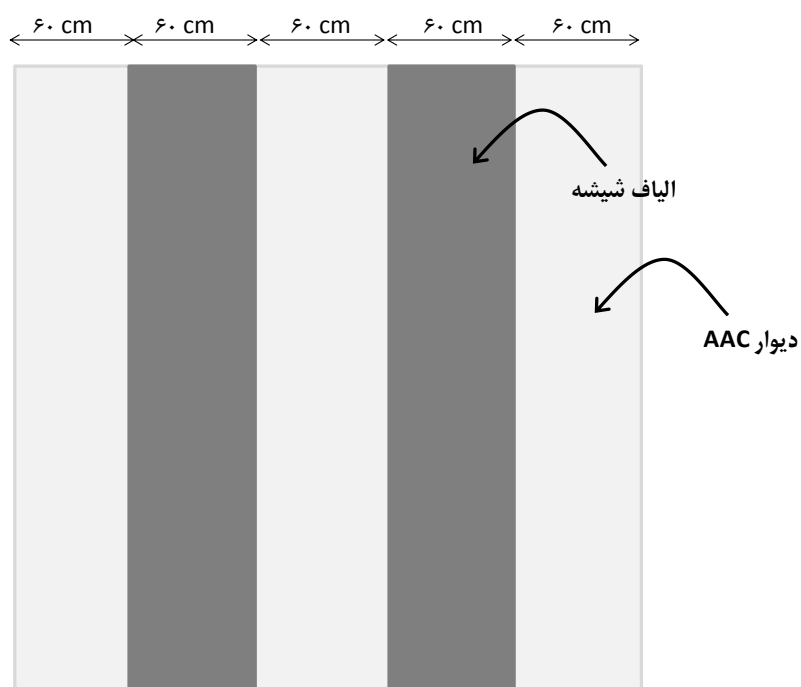
جدول (پ ۱-۱) مشخصات الیاف ARGlass

Material Properties				
AR-Glass fabrics	5	AC434 [38]	Tensile testing	739
			Elastic modulus	47000



شکل (پ ۱-۱۱) رفتار کششی الیاف ARGlass

با توجه به محاسبات مربوطه، به ازای هر متر طول دیوار، باید الیافی با سطح مقطع ۱۳ میلی‌متر مربع بر روی دیوار نصب شود. به این ترتیب، الیاف ARGlass به صورت دو نوار به عرض ۶۰ سانتی‌متر بر روی دیوار نصب می‌شود. با توجه به آنکه طول دیوار ۳ متر است، فاصله نوارهای الیاف از لبه و از یکدیگر ۶۰ سانتی‌متر خواهد بود.

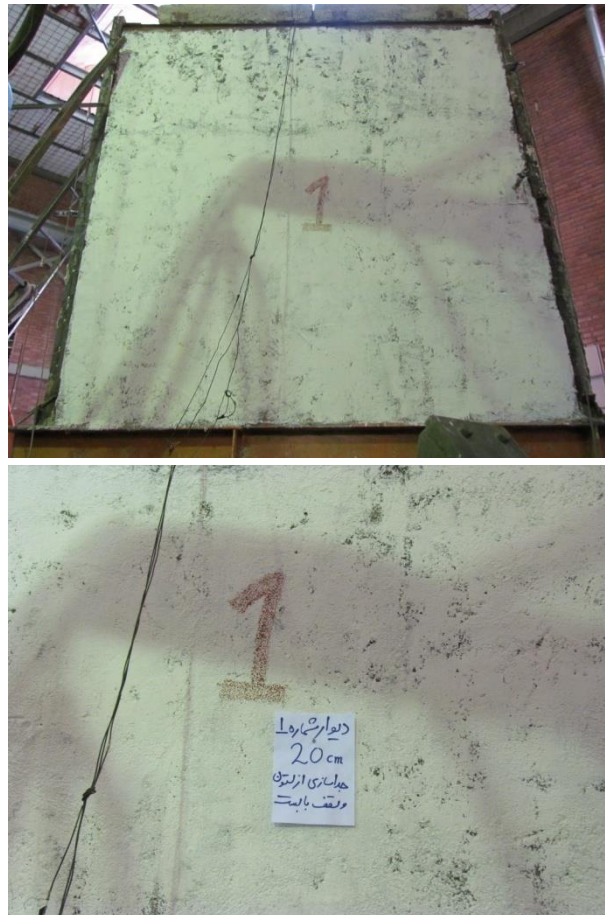


شکل (پ ۱-۱۲) اجرای مش الیاف بر روی دیوار شماره (۲)



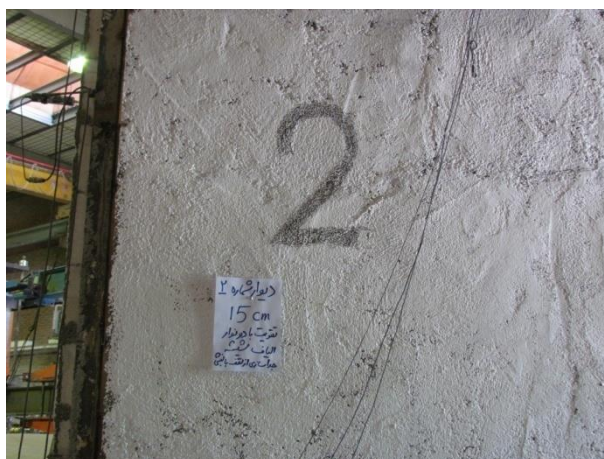
جزئیات اجرایی دیوارهای سازه شامل ضخامت بلوک‌ها، لایه‌های تسلیح و نازک‌کاری‌های به‌کار گرفته شده، به شرح زیر می‌باشد:

- دیوار شماره (۱): دیوار کامل با ضخامت ۲۰ cm بدون لایه مش الیاف و با اندود گچ در یک طرف و اندود سیمان در طرف دیگر است.



شکل (پ ۱-۱۳) نمایی از دیوار شماره (۱)

- دیوار شماره (۲): دیوار کامل با ضخامت ۱۵ cm با یک لایه مش الیاف ARGlass (در دو نوار با عرض ۶۰ سانتی‌متر)، و با اندود گچ در یک طرف و اندود سیمان در طرف دیگر



شکل (پ ۱-۱۴) نمایی از دیوار شماره (۲)





- دیوار شماره (۳): دیوار دارای بازشو، با ضخامت ۲۰ cm بدون لایه مش الیاف و با اندود گچ در یک طرف و اندود سیمان در طرف دیگر. بازشو تعبیه شده در این دیوار در با ابعاد  $۰,۷۵ \times ۱/۵$  متر می باشد. جزئیات اجرای نعل درگاه این دیوار در ادامه بیان شده است.



شکل (پ ۱-۱۵) نمایی از دیوار شماره (۳)

- دیوار شماره (۴): دیوار کامل با ضخامت ۱۵ cm با یک لایه مش الیاف ARGlass (در دو نوار با عرض ۶۰ سانتی‌متر)، و با اندود گچ در یک طرف و اندود سیمان در طرف دیگر



شکل (پ ۱-۱۶) نمایی از دیوار شماره (۴)

#### پ ۱-۲-۴ اتصال دیوارها به قاب

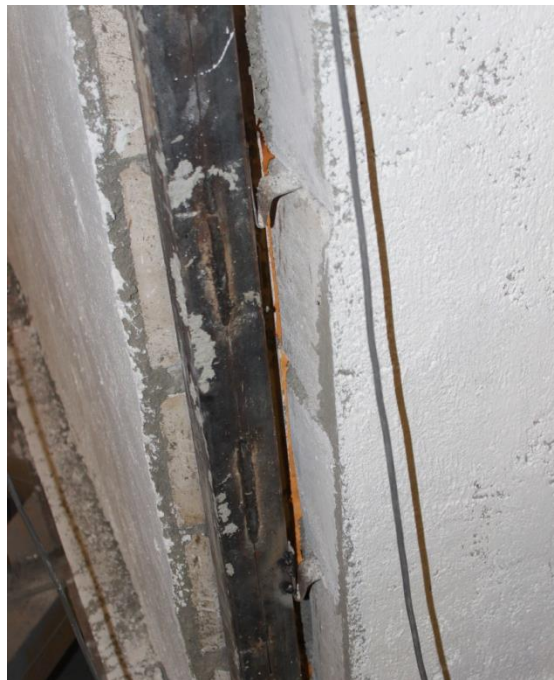
به منظور اتصال دیوارهای (۱) تا (۴) به قاب پیرامونی، روش‌های متفاوتی جهت اتصال دیوار به ستون‌ها و تیرها تعریف می‌شود. این جزئیات به شرح زیر اجرا شده‌است. لازم به اشاره است اتصال دیوار به لبه پائینی قاب، با استفاده از چسب AAC بوده است

#### - دیوار شماره (۱)

دیوار شماره (۱) با استفاده از بست‌های انعطاف‌پذیر و در تمام ردیف‌های اجراشده از بلوک‌ها، به ستون‌های کناری متصل شده‌است.



شکل (پ ۱-۱۷) نمایی از دیوار شماره (۱) اجراشده در قاب



شکل (پ ۱-۱۸) نمایی از بست های انعطاف پذیر اجراشده در دیوار شماره (۱) برای اتصال به ستون کناری

برای اتصال دیوار شماره (۱) به تیر قاب نیز از بست انعطاف پذیر استفاده شده است. این بست ها به صورت عمود بر تیر نصب شده و در درز قائم بین بلوک ها قرار می گیرد.



شکل (پ ۱-۱۹) نمایی از بست‌های انعطاف‌پذیر اجراشده در دیوار شماره (۱) برای اتصال به تیر فوقانی

### – دیوار شماره (۲)

اتصال دیوار شماره (۲) به ستون‌های کناری همانند دیوار شماره (۱) و با استفاده از بست‌های انعطاف‌پذیر انجام شده‌است. این در حالیست که برای اتصال دیوار به تیر فوقانی، از نبشی‌های لبه استفاده شده‌است.



شکل (پ ۱-۲۰) نمایی از دیوار شماره (۲) اجراشده در قاب





شکل (پ۱-۲۱) نمایی از اتصال دیوار شماره (۲) به تیر فوقانی

### - دیوار شماره (۳)

دیوار شماره (۳) با استفاده از یک قاب نگهدارنده متشکل از شاسی های فلزی نبشی شکل اجرا شده است. این نبشی ها با فاصله نسبت به قاب سازه و به سمت بیرون سازه نصب شده و قطعات بلوکی AAC در فاصله بین آنها اجرا شده است.



شکل (پ۱-۲۲) نمایی از ابزاربندی اجرای دیوار شماره (۳) در قاب

تنها اتصال موجود بین این قاب و قاب سازه، ورق های افقی است که برای اتصال شاسی کشی قاب نگهدارنده به تیر فلزی قاب سازه نصب شده است.



شکل (پ ۱-۲۳) فاصله بین قاب نگهدارنده دیوار (۳) و قاب سازه به همراه ورق افقی اتصال

#### - دیوار شماره (۴)

جزئیات اتصال دیوار شماره (۴) همانند جزئیات اجرایی دیوار شماره (۱) بوده و این دیوار نیز با استفاده از بست‌های انعطاف‌پذیر، به ستون و تیر قاب سازه متصل شده‌است.

#### پ ۱-۲-۵ رکوردهای زلزله اعمالی بر روی سازه

به منظور ارزیابی رفتار دیوارها و نماهای نصب شده بر روی آن‌ها، مجموعه‌ای از ۸ رکورد زلزله، از جمله زلزله‌های استاندارد ایران و زلزله‌های معروف جهان، تهیه و برای بهره‌گیری در ارزیابی آزمایشگاهی توسط میز لرزان، آماده سازی شد. مشخصه‌های این رکوردها به شرح جدول (پ ۱-۲) می‌باشد.

از مجموعه این رکوردها، رکورد اول به منظور تنظیم آزمایش و اطمینان از صحت عملکرد ابزاربندی انتخاب شده‌است و سایر رکوردها، با هدف ارزیابی آسیب‌های بوجود آمده در دیوارها و اتصالات آن‌ها انتخاب شده‌است. بدیهی است در حین آزمایش و با اطلاعات حاصل از مشاهدات آزمایشگاهی، امکان انتخاب و تغییر رکوردها وجود دارد.



جدول (پ ۱-۲) رکوردهای انتخابی برای ارزیابی آزمایشگاهی ساختمان مبنا

ردیف	عنوان رکورد	مقیاس	پیشینه شتاب	پیشینه تغییر مکان (mm)
۱	2800-II-100%	100%	0.35g	145
۲	Fruili 1976-270	100%	0.315g	50.9
۳	Fruili 1976-000	100%	0.7g	82
۴	Loma Prieta-1989-090	100%	0.443g	55
۵	Loma Prieta-1989-000	100%	0.529g	91
۶	Northridge-LOS270	100%	0.482g	124.5
۷	Northridge-MUL090	100%	0.416g	131
۸	DUZCE-BOL090	100%	0.822g	135
۹	Loma Prieta-1989-000	150%	0.529g	136.5

### پ ۱-۳ مشاهدات آزمایشگاهی

با اعمال رکوردهای معرفی شده، ساختمان تحت اثر مولفه های متعامد زلزله قرار خواهد گرفت. در این شرایط، رصد وقوع ترک خوردگی ها و یا، نرخ از دست رفتن انسجام سازه یا دیوارهای پیرامونی مورد توجه قرار می گیرد. با توجه به بررسی های بعمل آمده حین انجام آزمایش، به جز در یک مورد که یکی از بست های متصل کننده دیوار شماره (۱) به ستون سازه در زلزله نورث ریج دچار شکست شد، خرابی دیگری در دیوارهای جداسازی شده اتفاق نیافتد. در دیوار شماره (۳) با وجود اجرای بسیار سنگین وال در فواصل کم به علت اتصال جوشی وال پست به سقف دچار آسیب در پوشش نمای سیمانی و گچی و ریزش آن و همچنین ایجاد ترک هایی در گوشه های بلوک ها گردید.



شکل (پ ۱-۲۴) بخشی از خرابی‌های مشاهده‌شده در اتصال دیوار شماره (۱) به قاب بر اثر رکورد نورث ریج





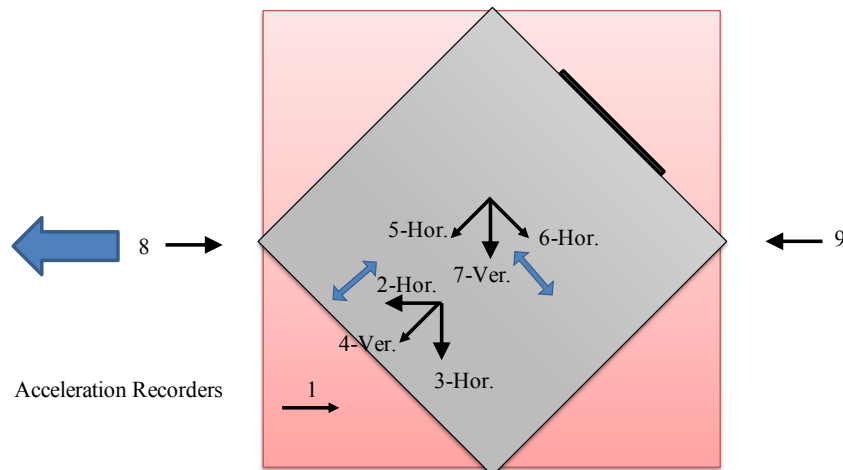


شکل (پ ۱-۲۵) بخشی از خرابی‌های مشاهده شده در دیوار شماره (۳)

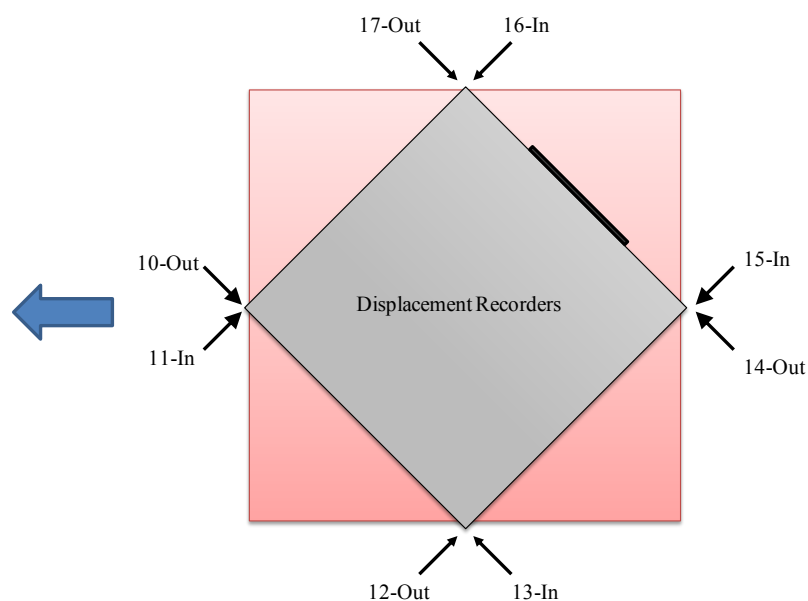


## پ ۱-۴ - نتایج آزمایشگاهی

به منظور بررسی مشخصات رفتاری سازه تحت اثر رکوردهای وارده، مجموعه‌ای از ابزارهای اندازه‌گیری در عرشه، دیوارها و سقف سازه تعبیه شده بود. موقعیت این ابزارها که با هدف ثبت شتاب و تغییرمکان جانبی بر روی سازه نصب شده‌اند، در شکل‌های (پ ۱-۲۶) و (پ ۱-۲۷) نمایش داده شده‌است.



شکل (پ ۱-۲۶) کانال‌های ثبت شتاب

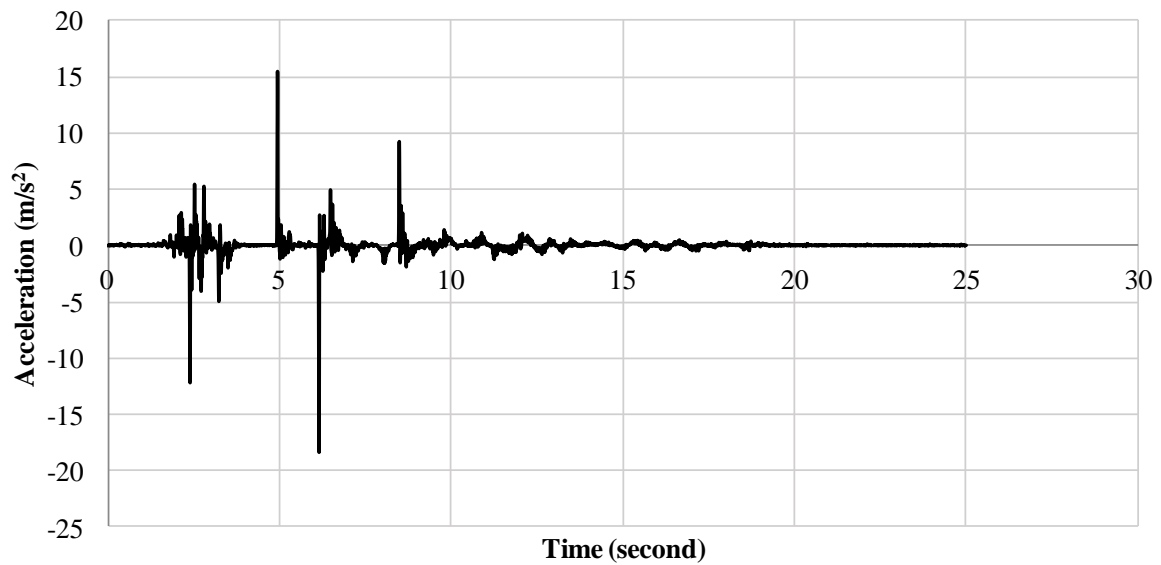


شکل (پ ۱-۲۷) کانال‌های ثبت تغییرمکان

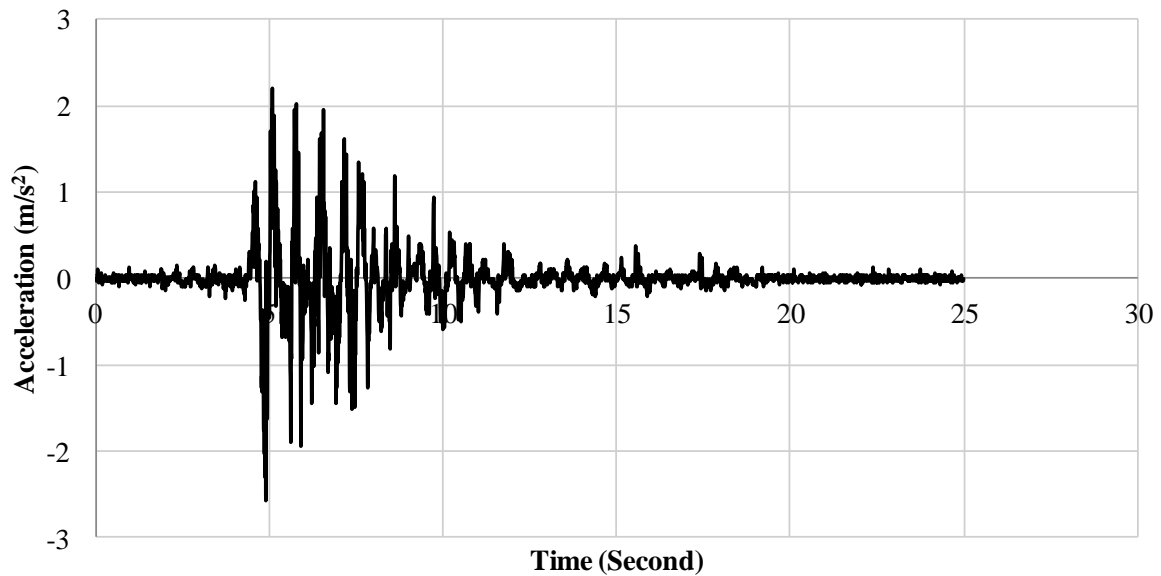
## پ ۱-۴-۱ اطلاعات ورودی

شتاب نگاشته‌های مورد استفاده شامل یک رکورد زلزله مصنوعی شبیه سازی کننده طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ برای خاک نوع ۲ می باشد. شش رکورد اعمالی دیگر معرف زلزله های Fruili ، Loma Prieta ، Northridge و DUZCE می باشد. نحوه اعمال شتاب بدین صورت است که با توجه به زاویه ۴۵ درجه بین جهت حرکت میز و راستای سازه به دو جهت اصلی سازه ۰٫۷۰۷ رکورد زلزله به صورت هم زمان وارد می شود. این مسئله باعث می شود

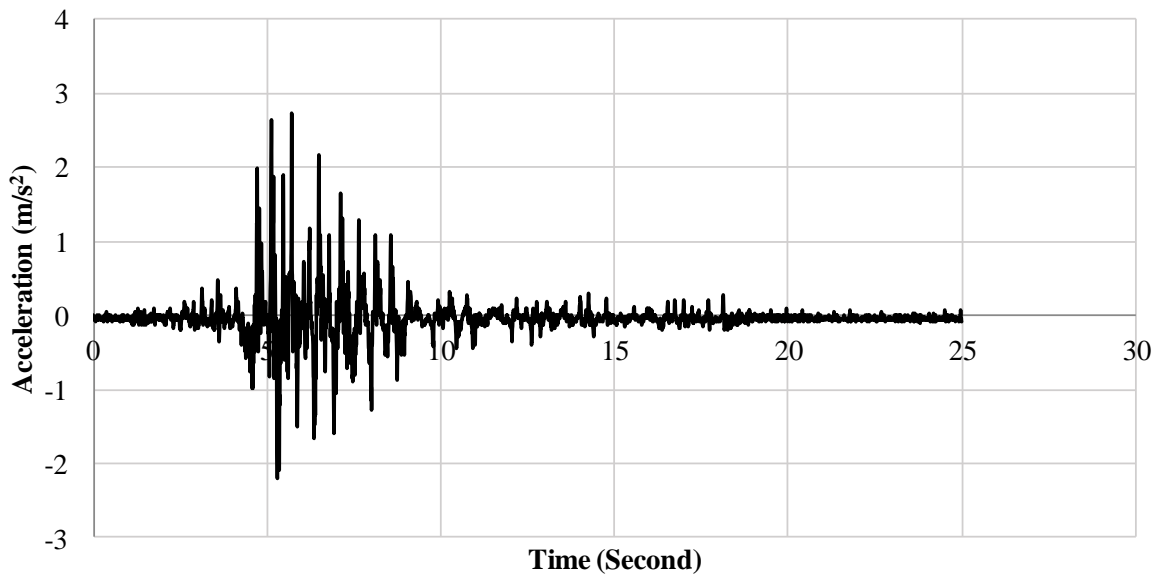
که دیوارها و اتصالات آنها به سازه به صورت هم زمان تحت اثر نیروی داخل صفحه و خارج صفحه قرار گرفته و عملکرد آنها ارزیابی شود.



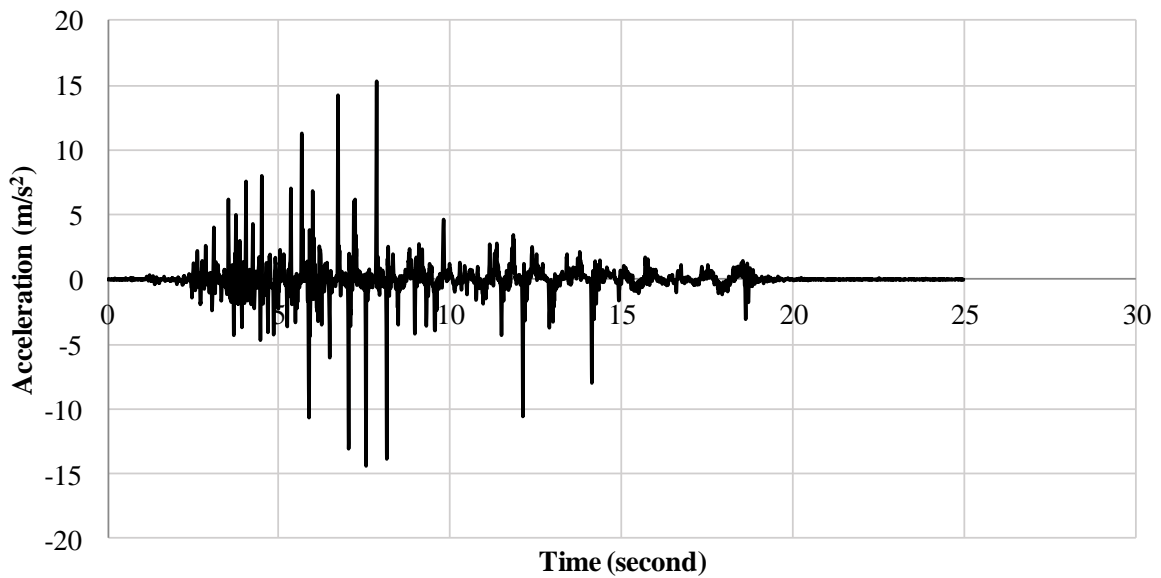
2800-II-100%-Scale: 100%



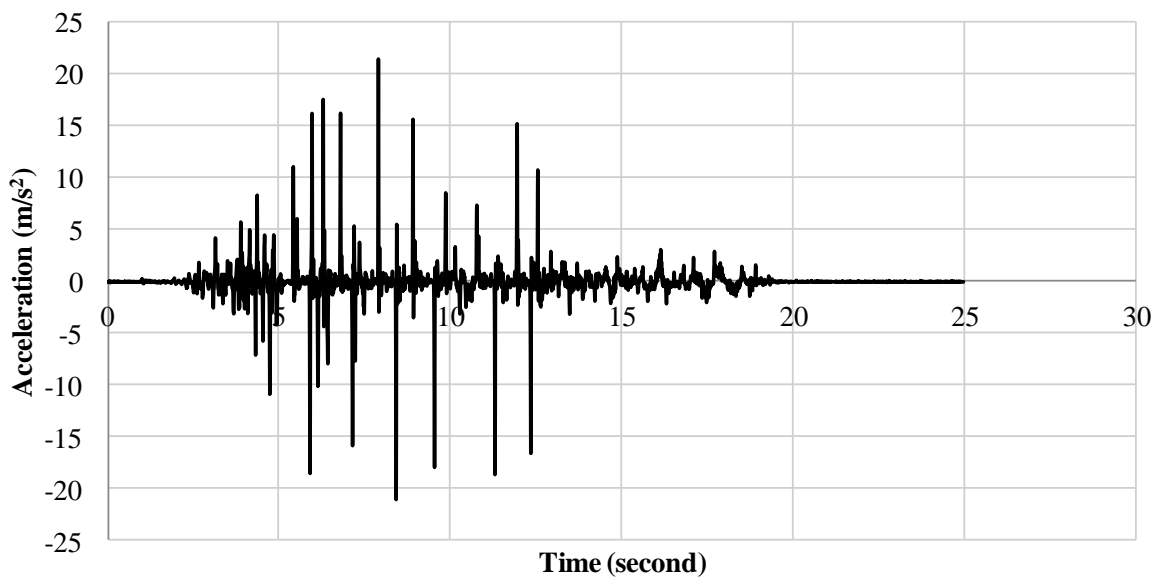
Fruili 1976-270-Scale: 100%



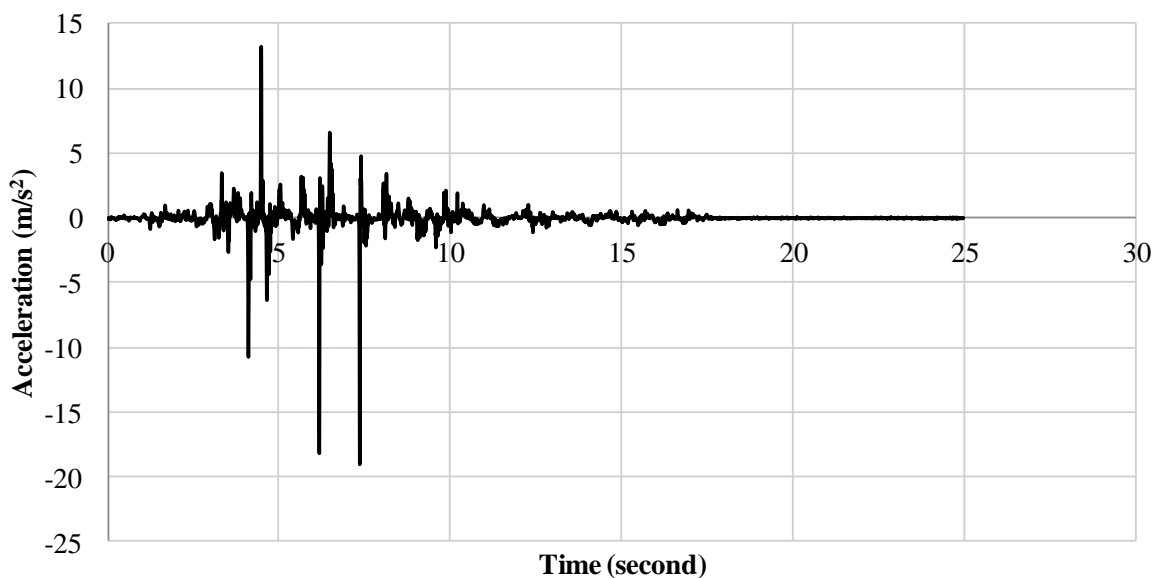
Fruili 1976-000-Scale: 100%



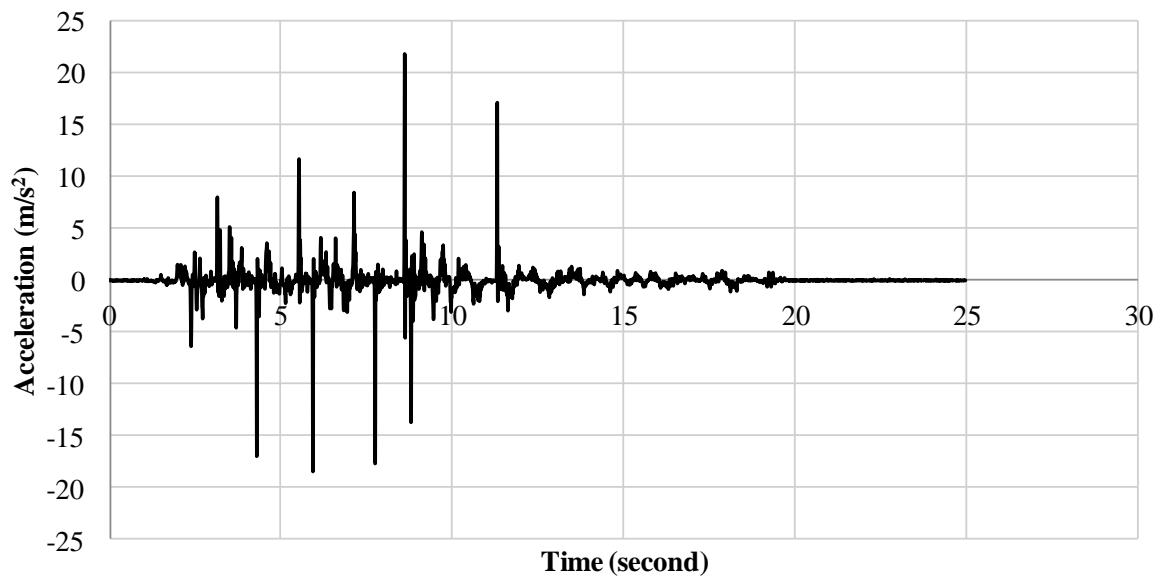
Loma Prieta-1989-090-Scale: 100%



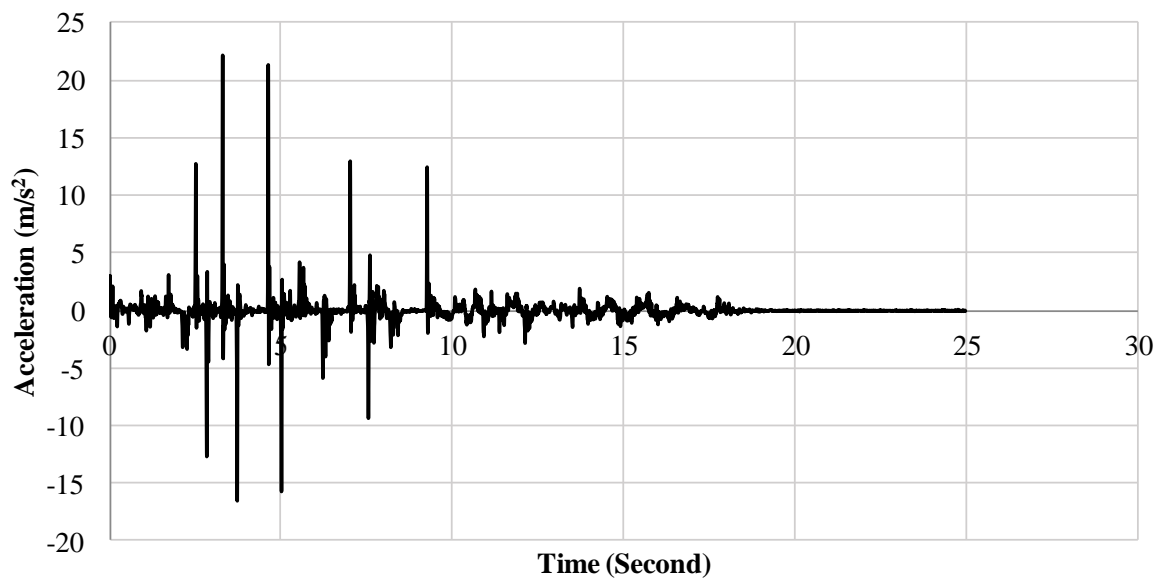
Loma Prieta-1989-000-Scale: 100%



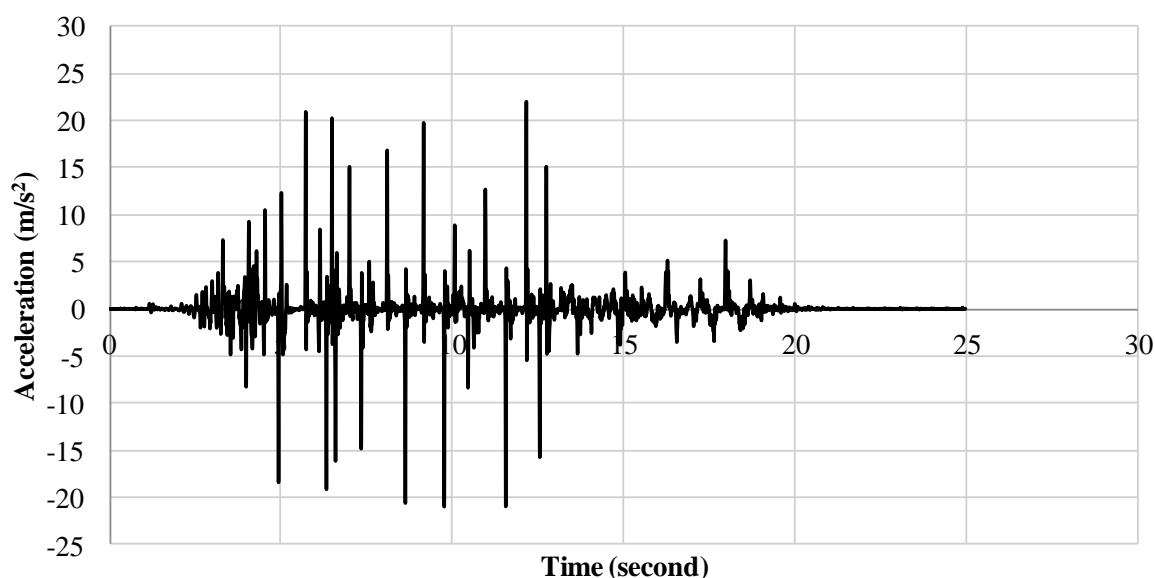
Northridge-LOS270-Scale: 100%



Northridge-MUL090-Scale: 100%



DUZCE-BOL090-Scale: 100%



Loma Prieta-1989-000-Scale: 150%

شکل (پ ۱-۲۸) شتاب نگاشت‌های ثبت شده ورودی

#### پ ۱-۴-۲ تغییر مکان‌های پاسخ

به منظور بررسی رفتار دیوارهای پیرامونی، تغییر مکان‌های داخل و خارج صفحه براساس اطلاعات ثبت شده توسط ابزارهای اندازه‌گیری ارائه می‌شود. در این شرایط، رفتار خارج صفحه در قالب متوسط رفتار گزارش شده از کانال‌های مرتبط و رفتار داخل صفحه، براساس حداکثر مقدار تغییر مکان ثبت شده، گزارش می‌شود.

جدول (پ ۱-۳) کانال‌های ثبت اطلاعات مورد استفاده در گزارش تغییر مکان پاسخ

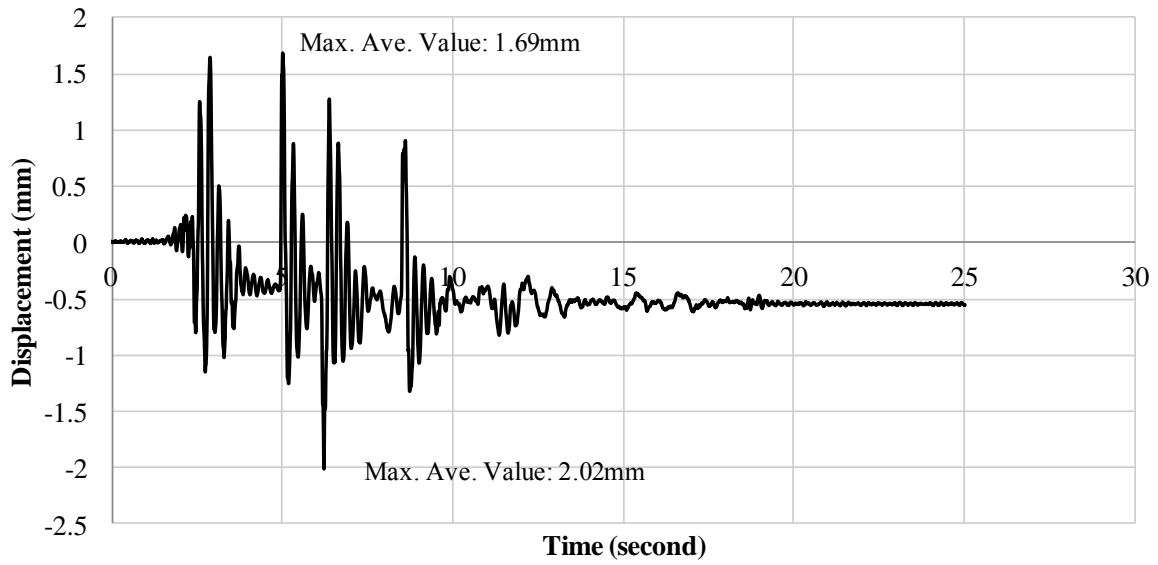
رفتار خارج صفحه (Ave)		رفتار داخل صفحه (Max)		ردیف
کانال‌های ثبت اطلاعات		کانال‌های ثبت اطلاعات		
۱۲	۱۱	۱۳	۱۰	دیوار (۱)
۱۴	۱۳	۱۵	۱۲	دیوار (۲)
۱۶	۱۵	۱۷	۱۴	دیوار (۳)
۱۷	۱۰	۱۶	۱۱	دیوار (۴)



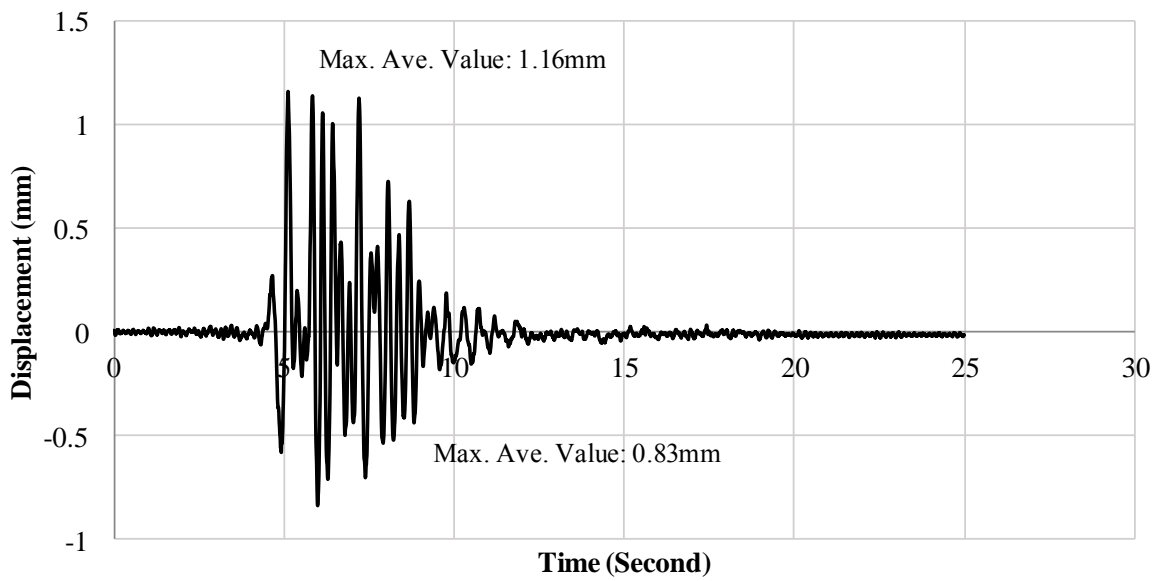


پ ۱-۲-۴-۱ متوسط رفتار خارج صفحه

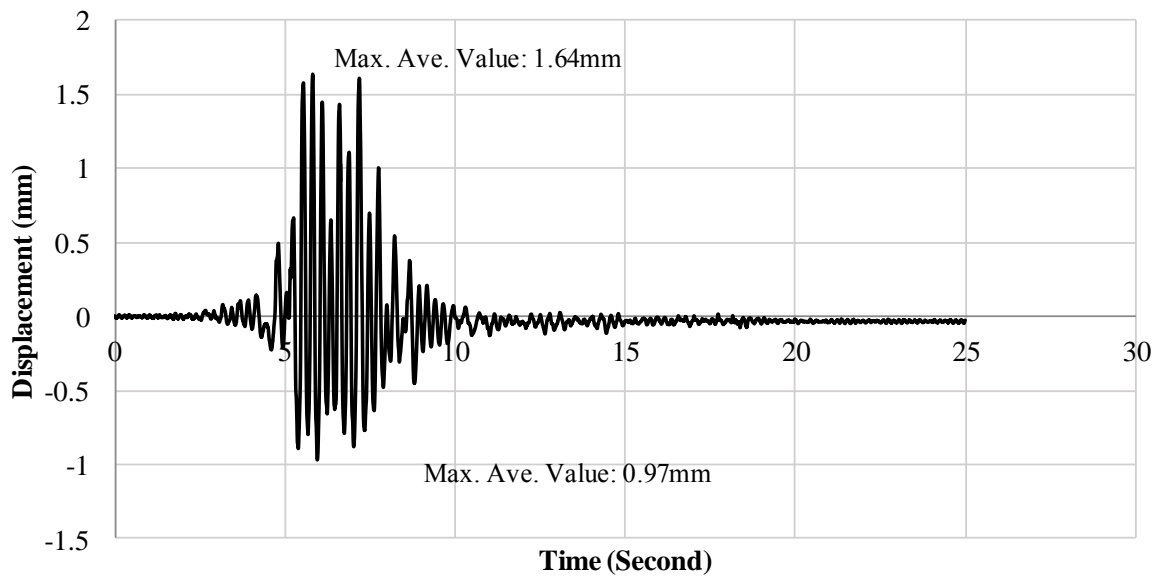
الف) دیوار شماره (۱)



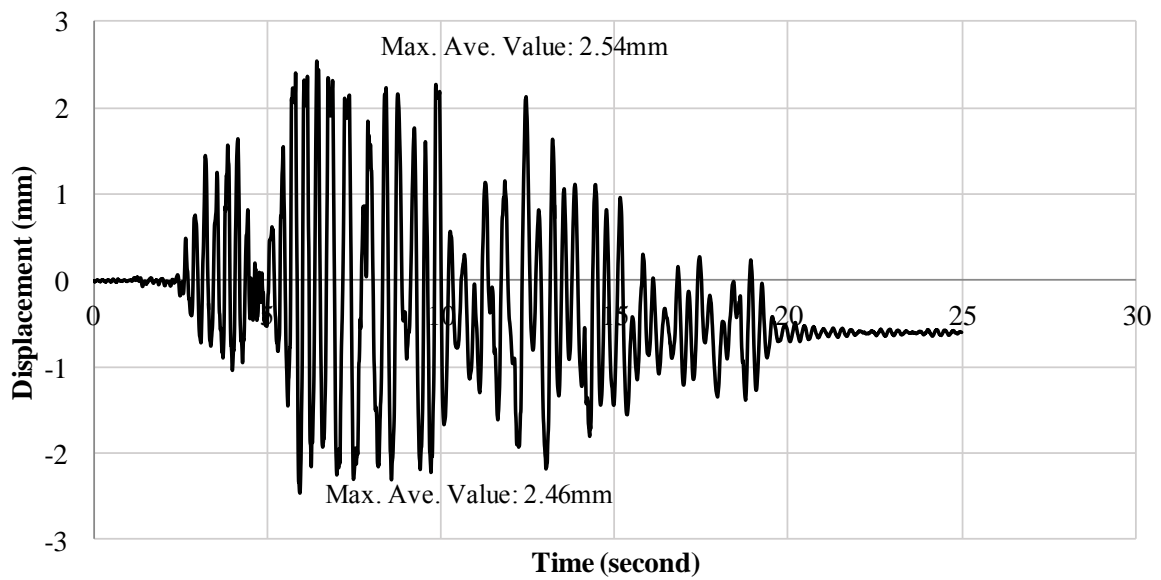
2800-II-100%-Scale: 100%



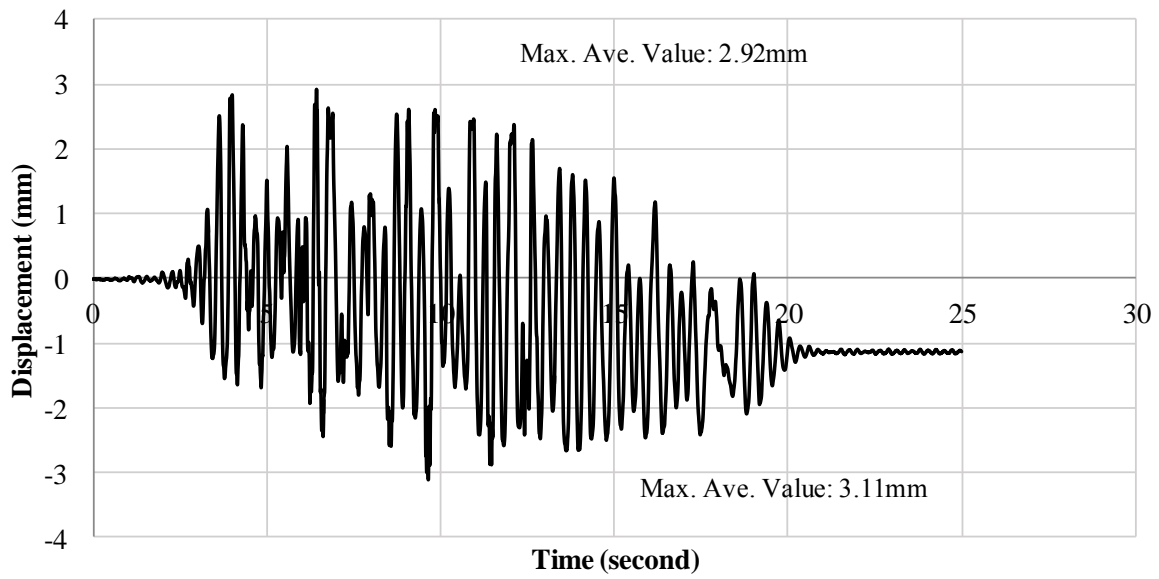
Fruili 1976-270-Scale: 100%



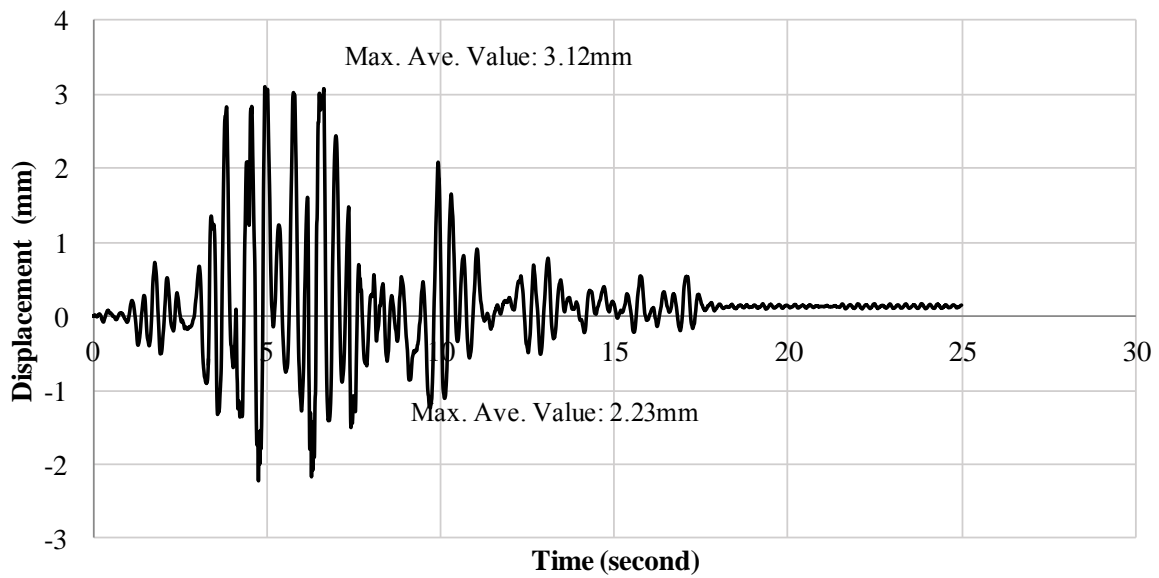
Fruili 1976-000-Scale: 100%



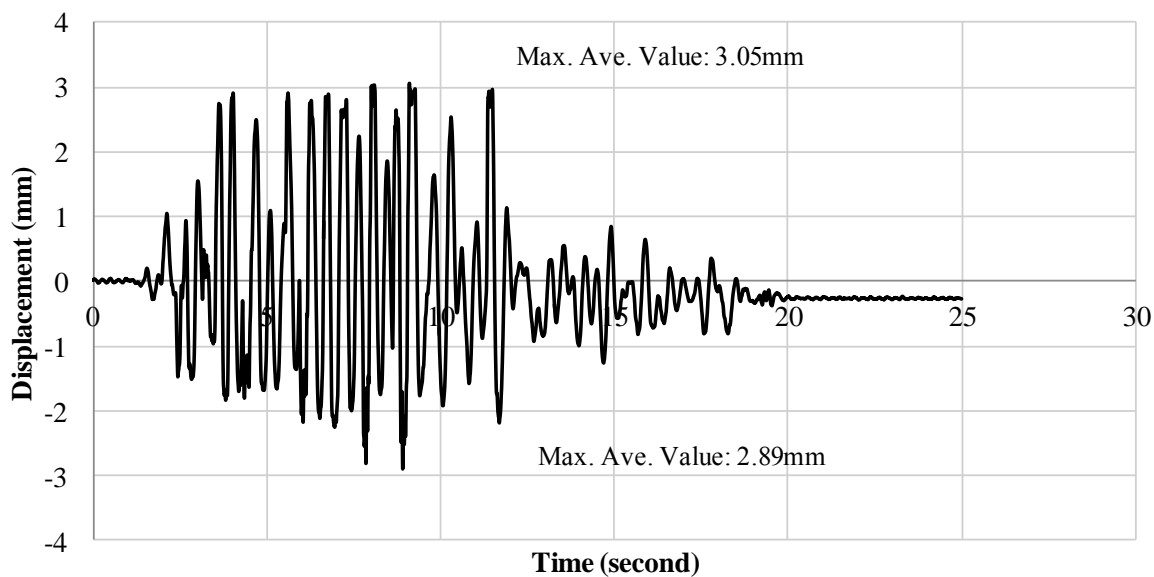
Loma Prieta-1989-090-Scale: 100%



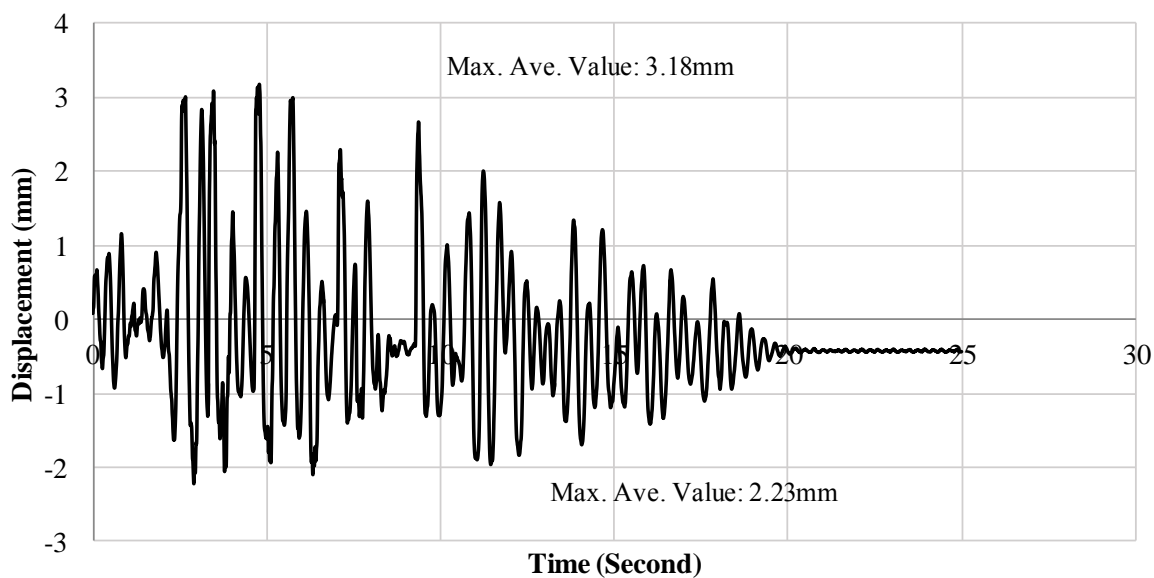
Loma Prieta-1989-000-Scale: 100%



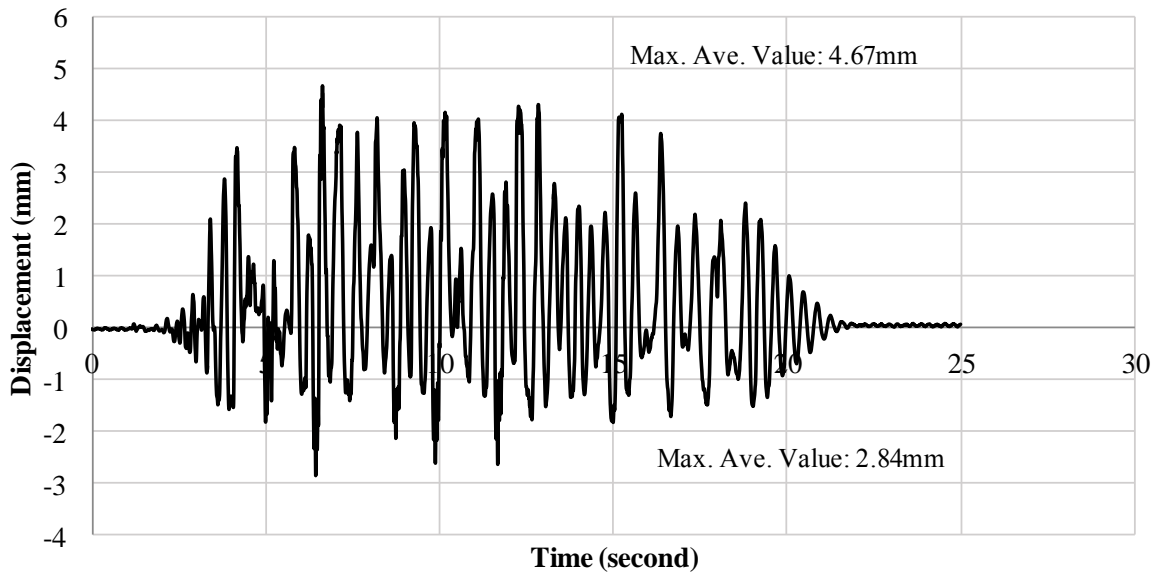
Northridge-LOS270-Scale: 100%



Northridge-MUL090-Scale: 100%

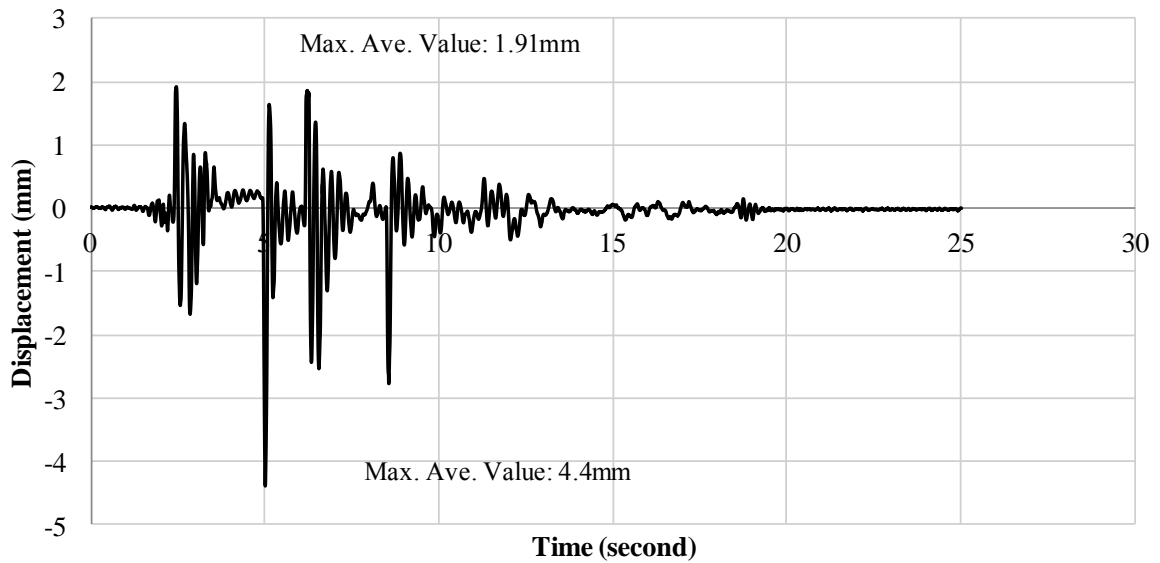


DUZCE-BOL090-Scale: 100%

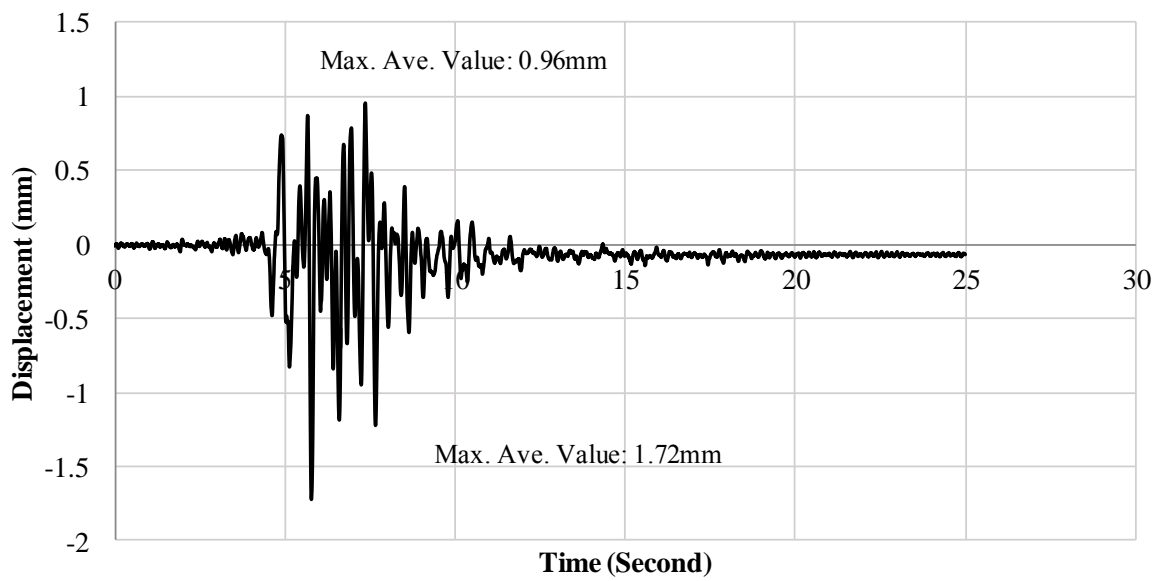


Loma Prieta-1989-000-Scale: 150%

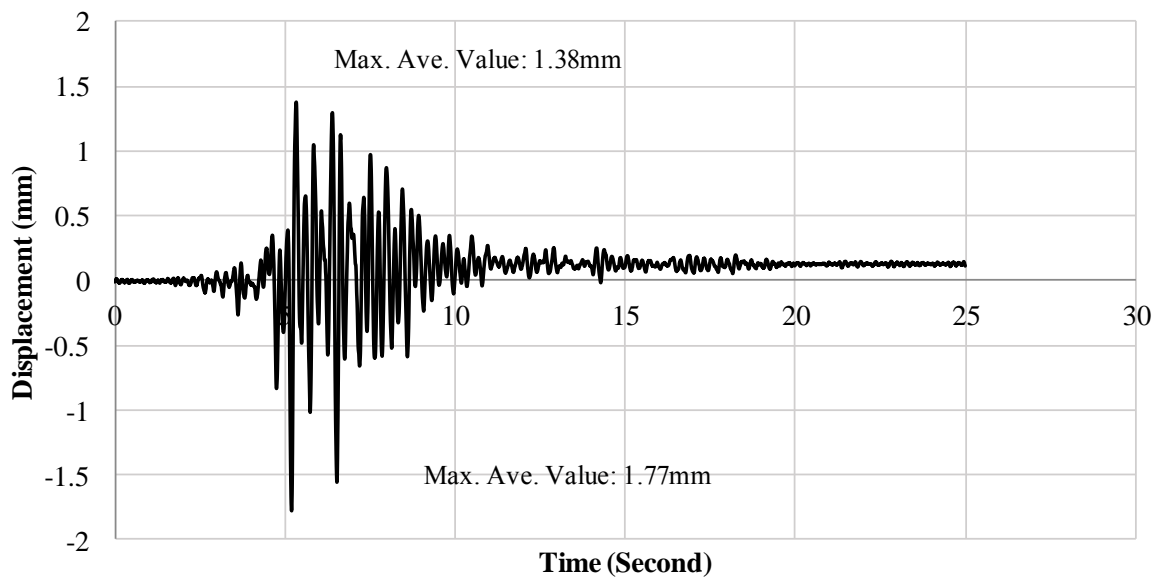
(ب) دیوار شماره (۲)



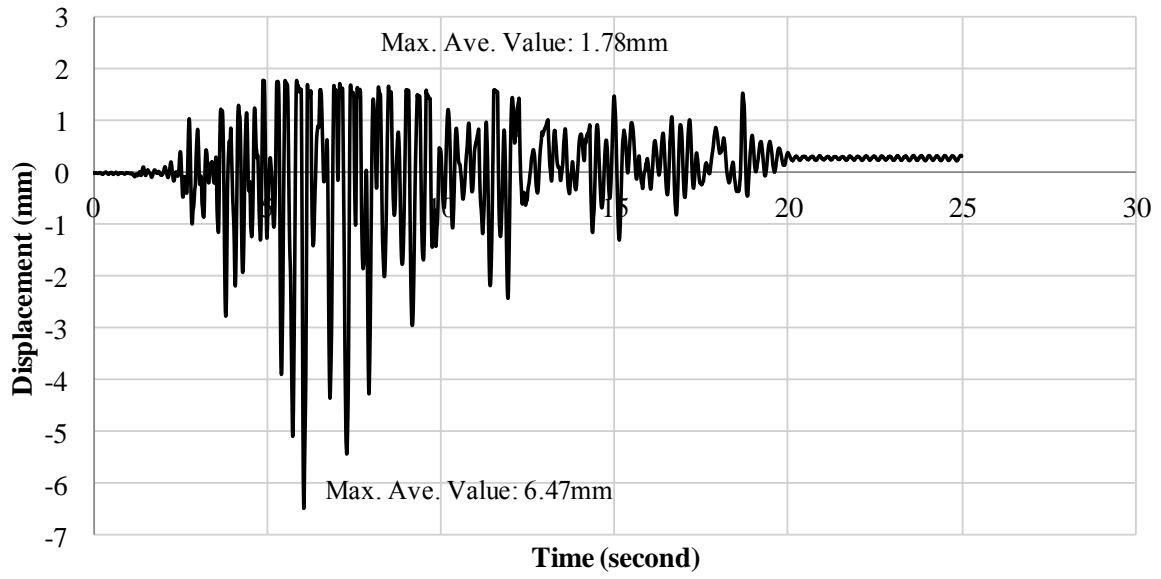
2800-II-100%-Scale: 100%



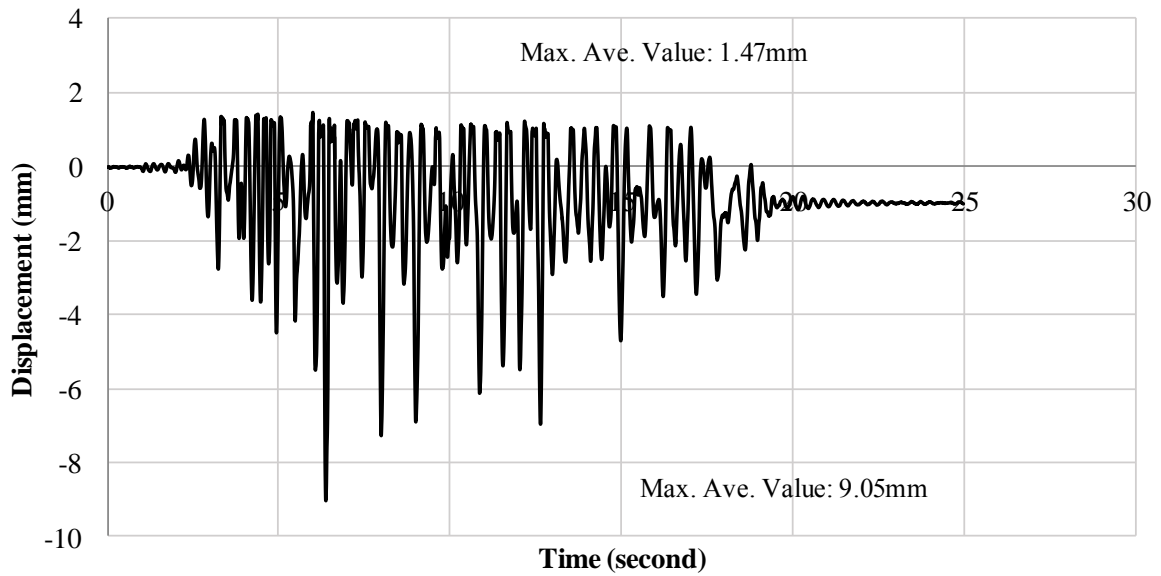
Fruli 1976-270-Scale: 100%



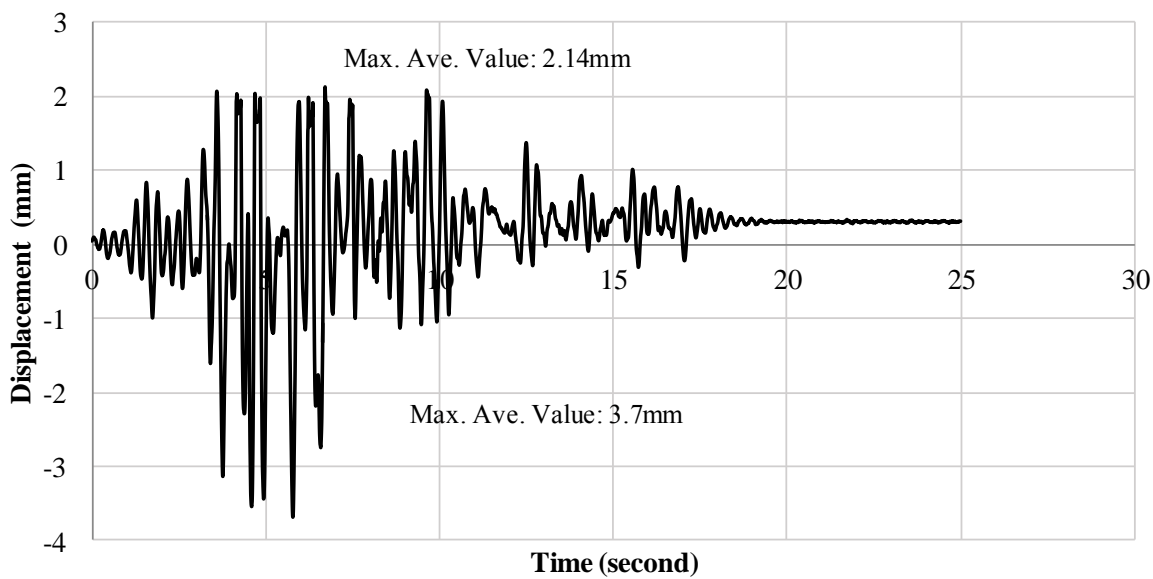
Fruli 1976-000-Scale: 100%



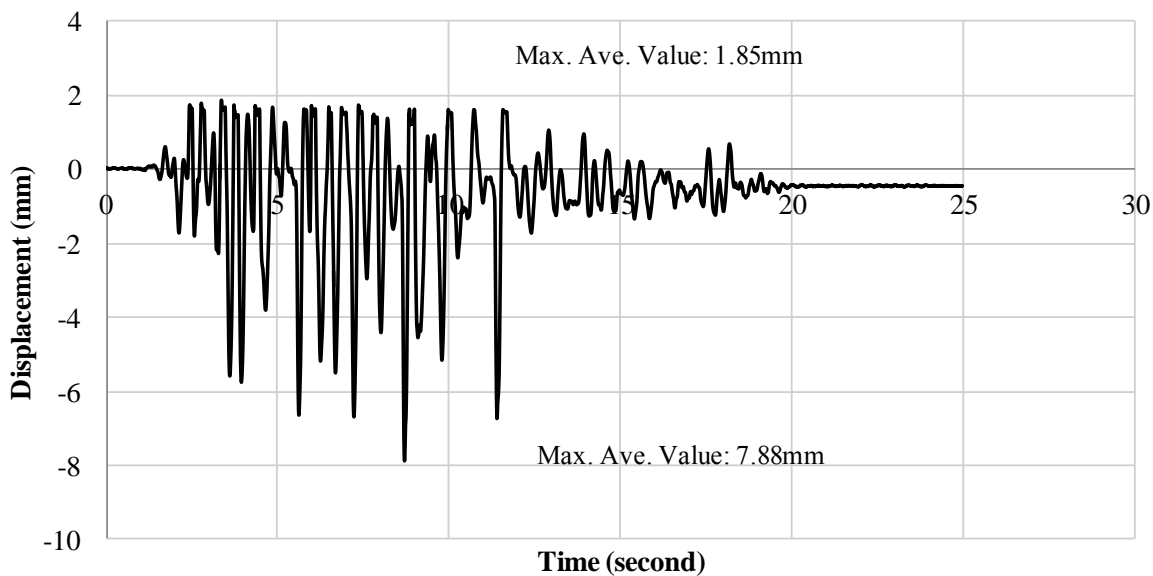
Loma Prieta-1989-090-Scale: 100%



Loma Prieta-1989-000-Scale: 100%

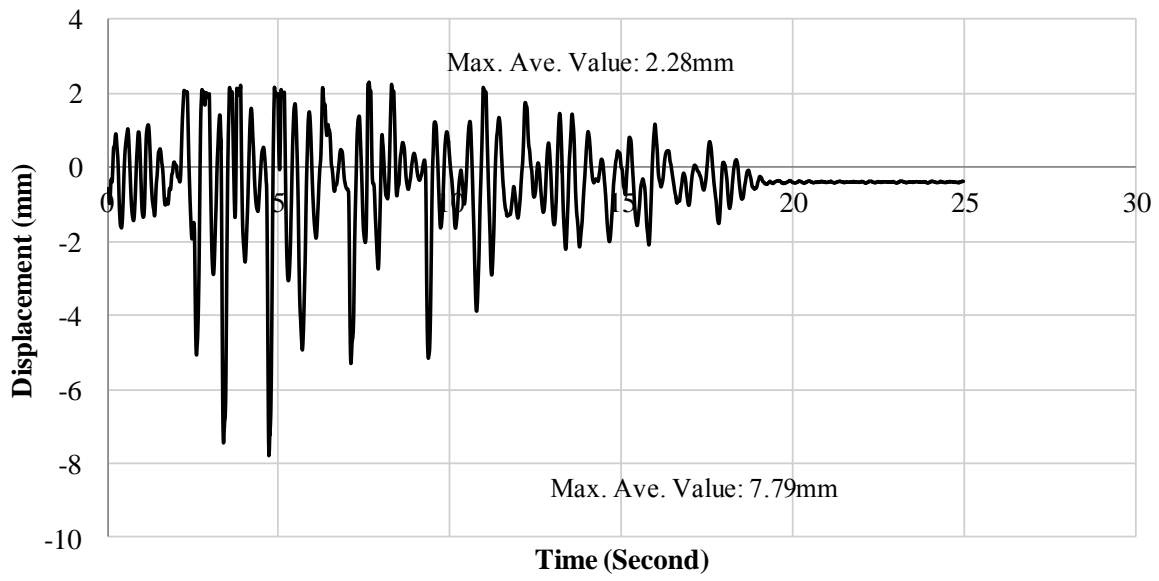


Northridge-LOS270-Scale: 100%

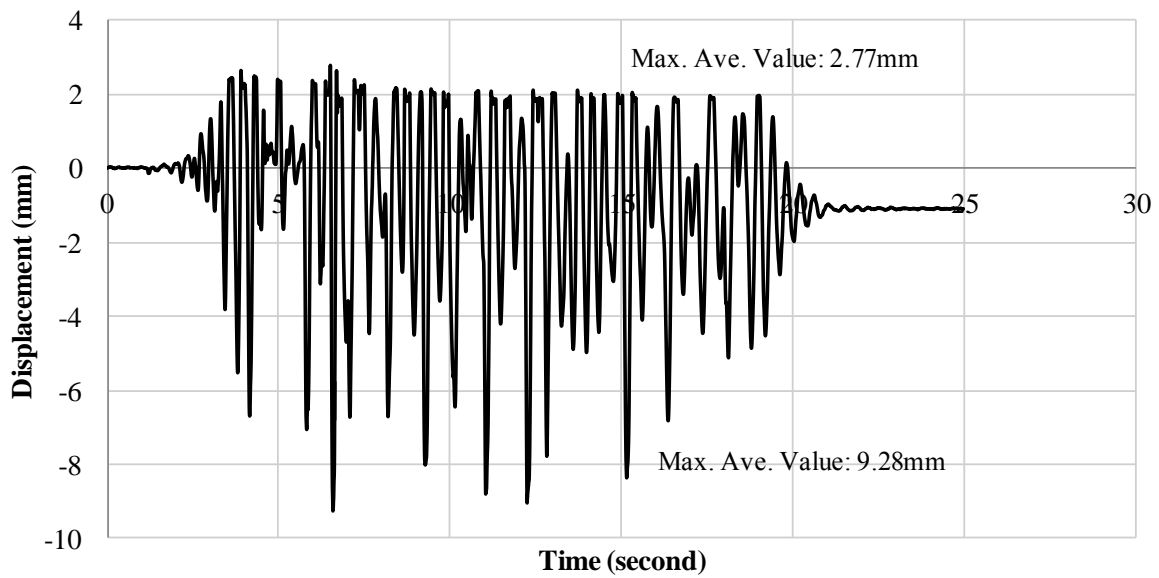


Northridge-MUL090-Scale: 100%





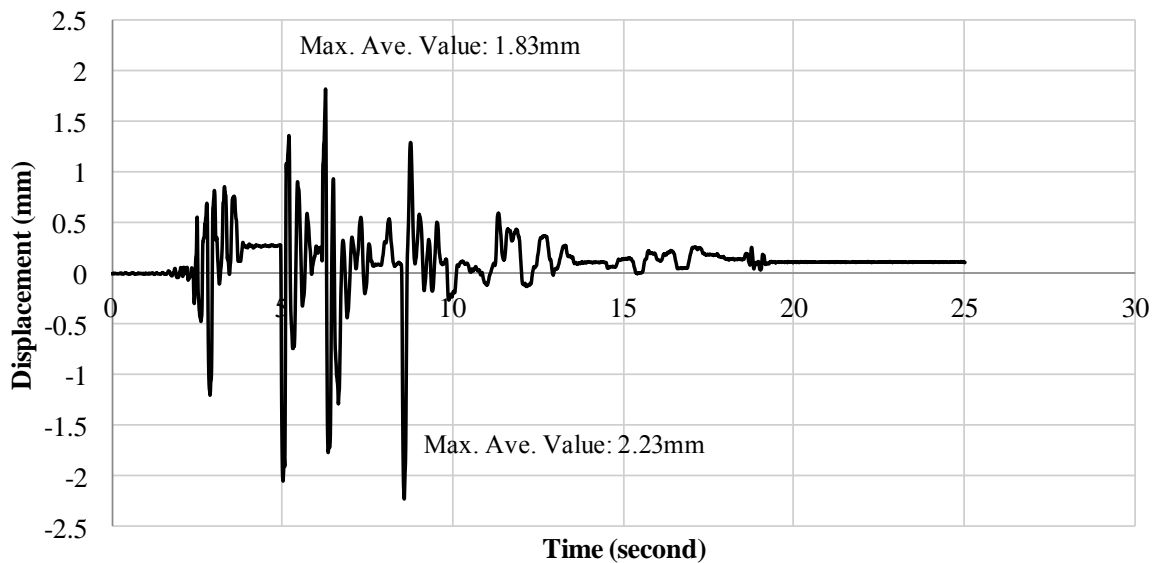
DUZCE-BOL090-Scale: 100%



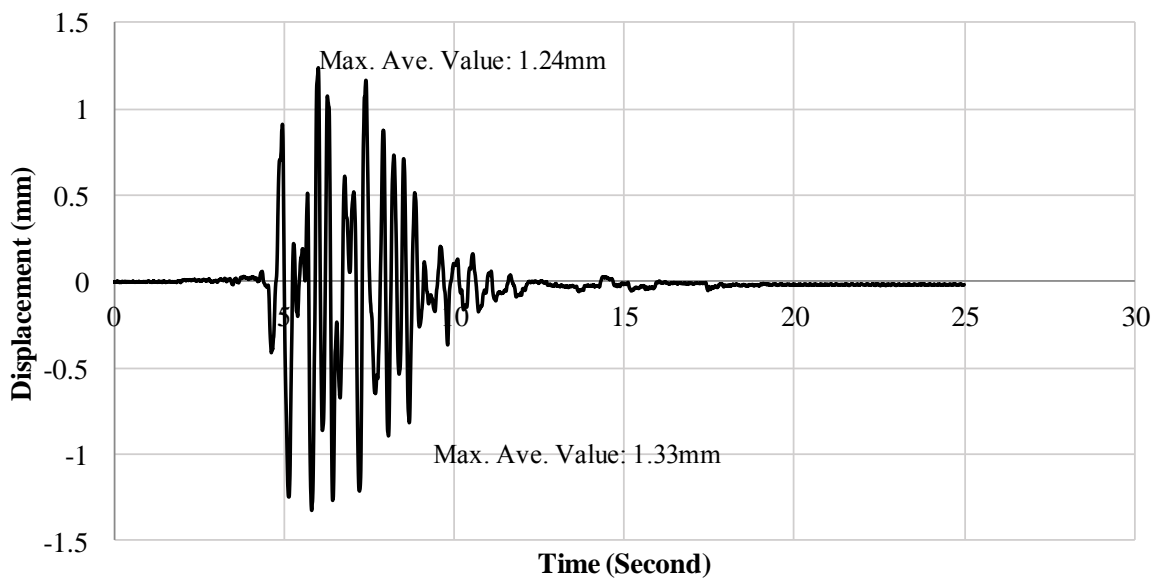
Loma Prieta-1989-000-Scale: 150%



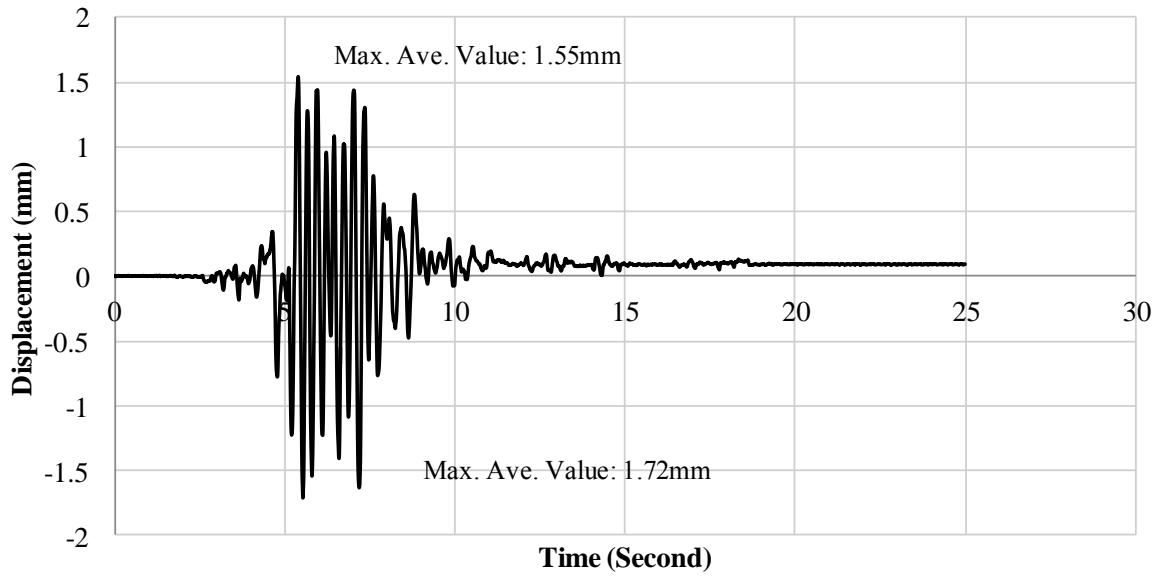
ج) دیوار شماره (۳)



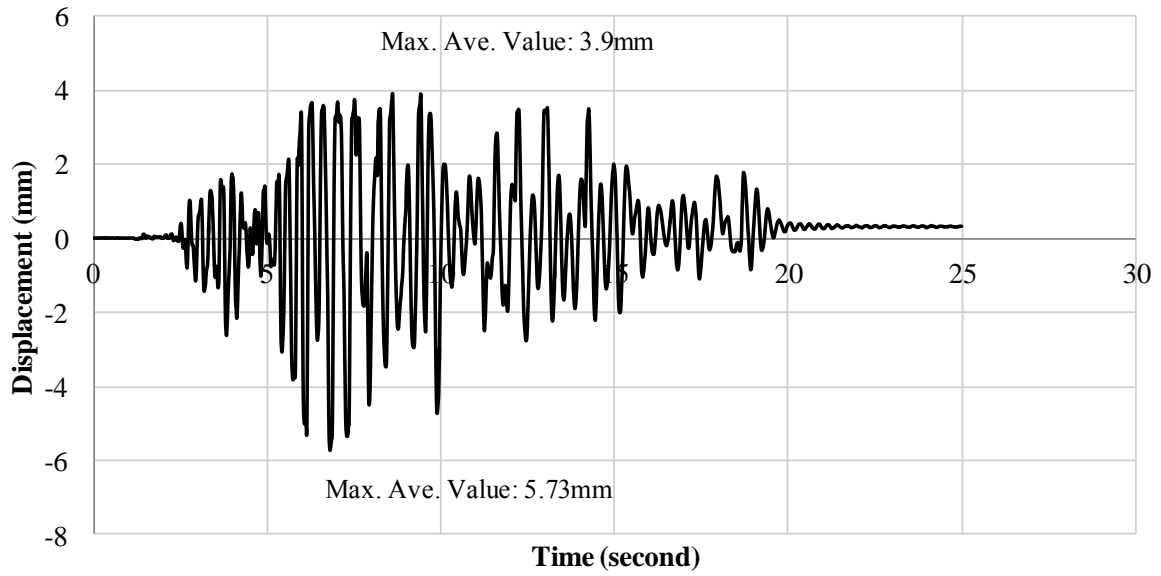
2800-II-100%-Scale: 100%



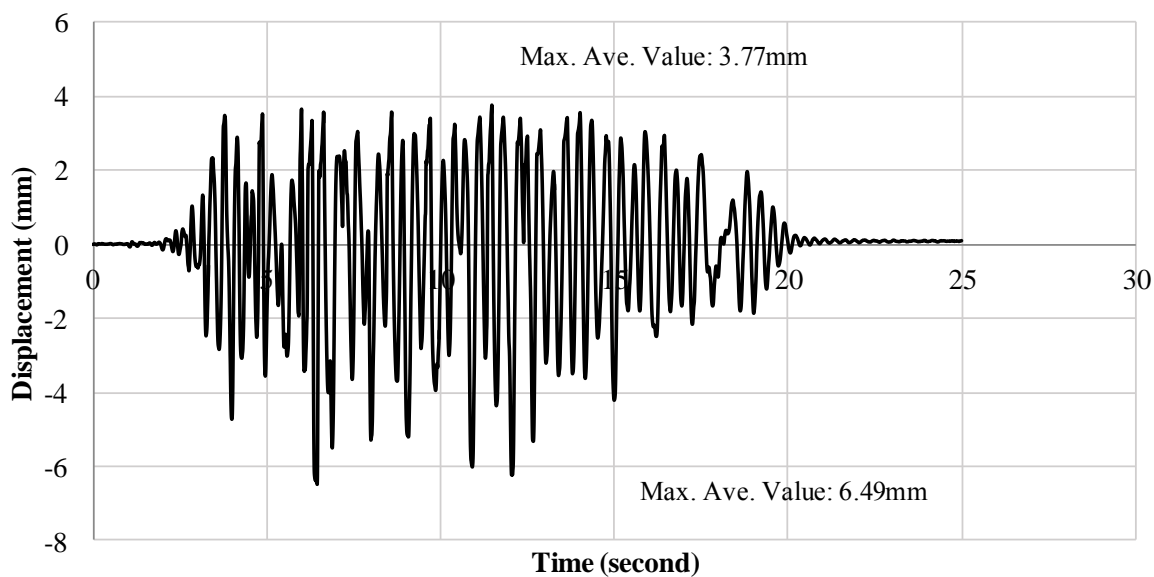
Fruili 1976-270-Scale: 100%



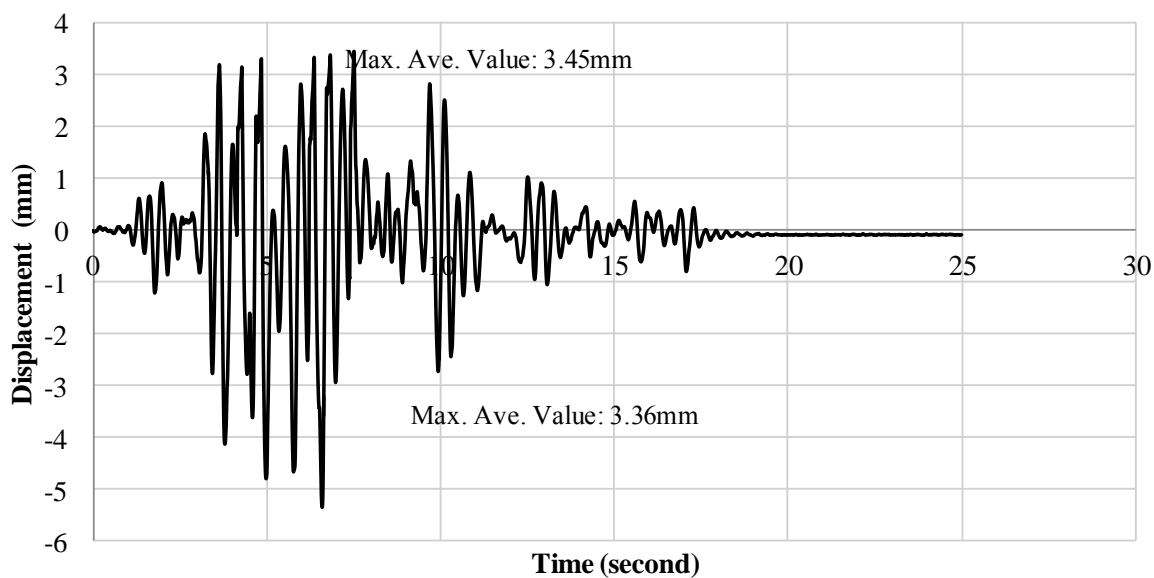
Fruili 1976-000-Scale: 100%



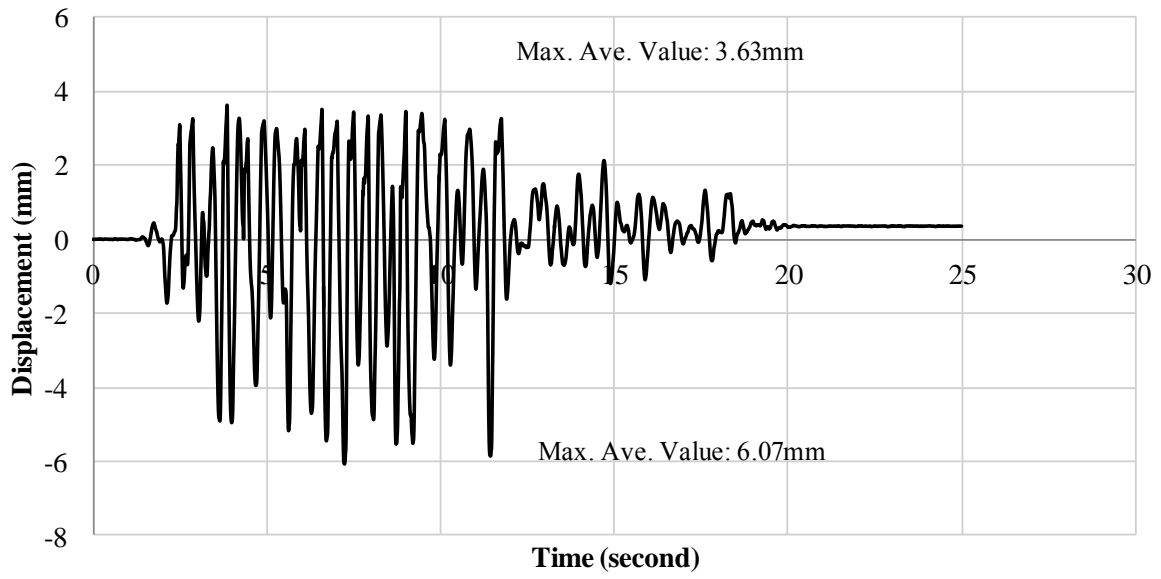
Loma Prieta-1989-090-Scale: 100%



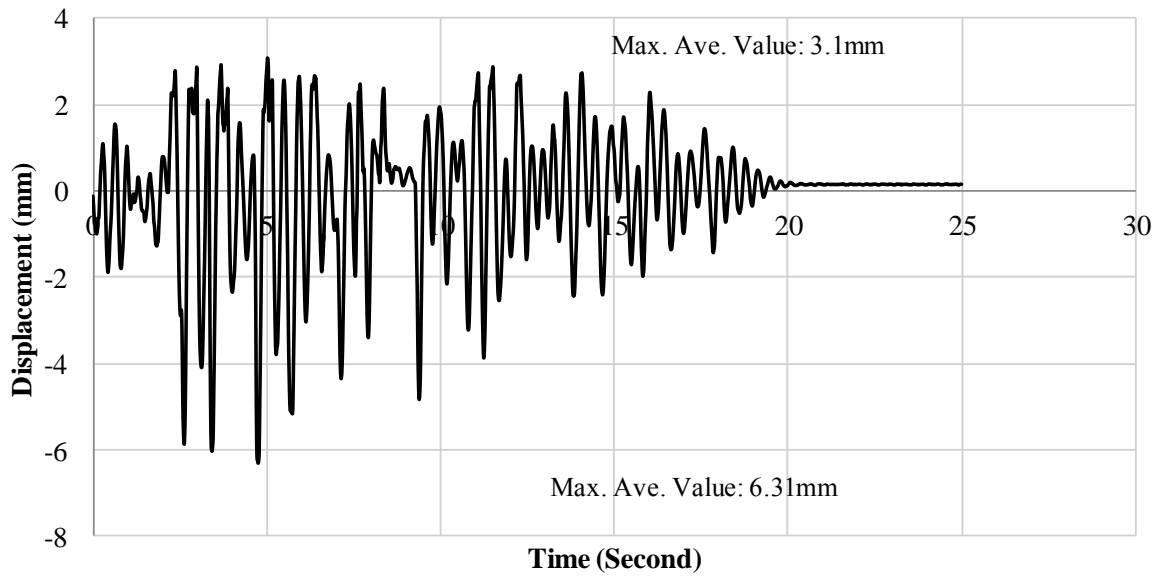
Loma Prieta-1989-000-Scale: 100%



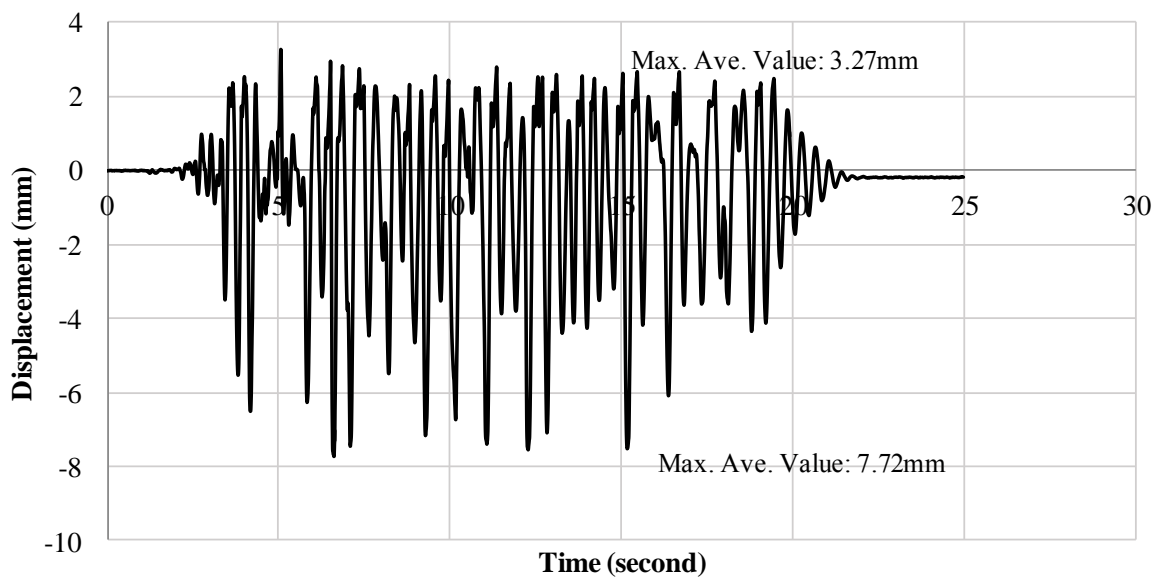
Northridge-LOS270-Scale: 100%



Northridge-MUL090-Scale: 100%

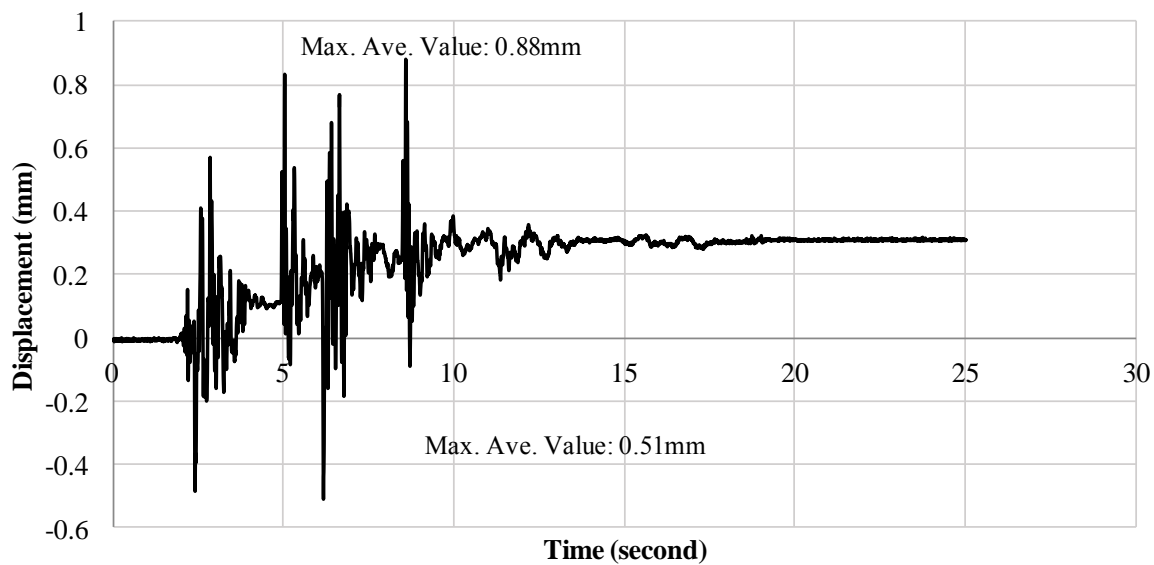


DUZCE-BOL090-Scale: 100%

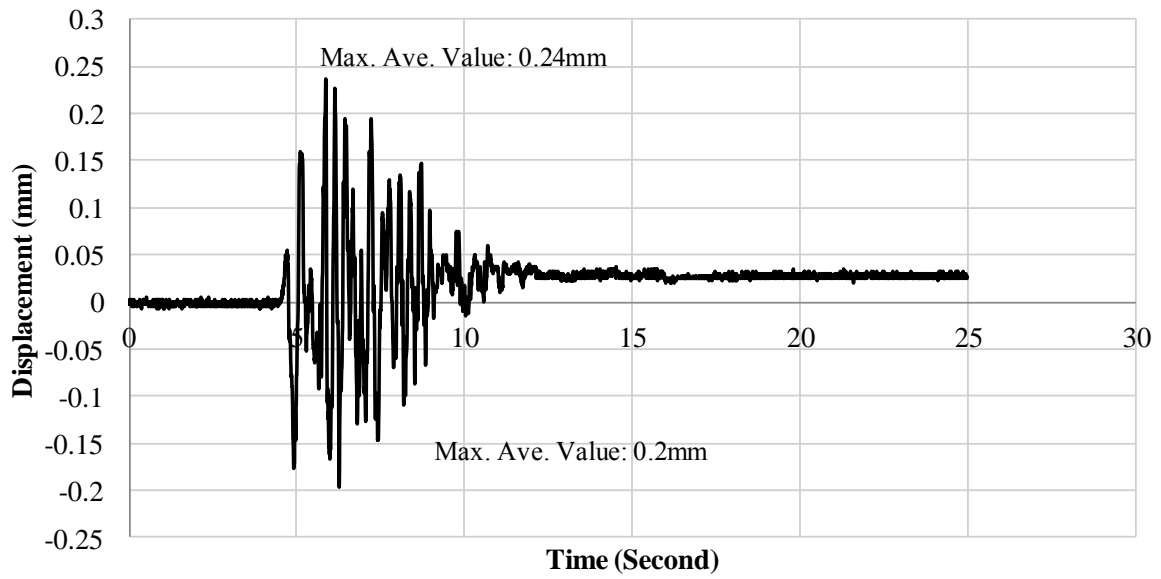


Loma Prieta-1989-000-Scale: 150%

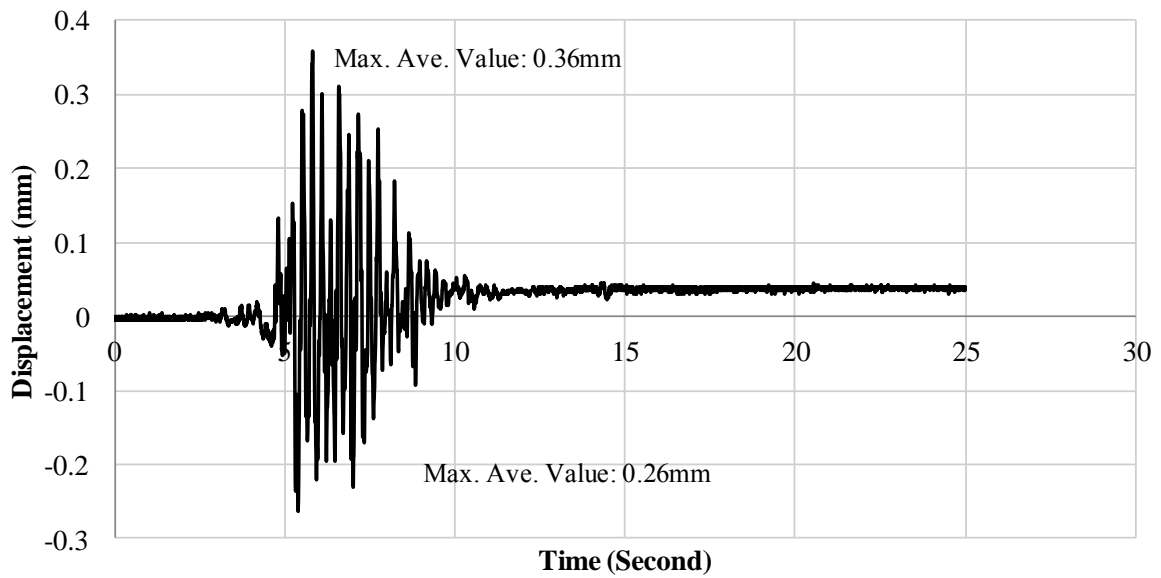
(د) دیوار شماره (۴)



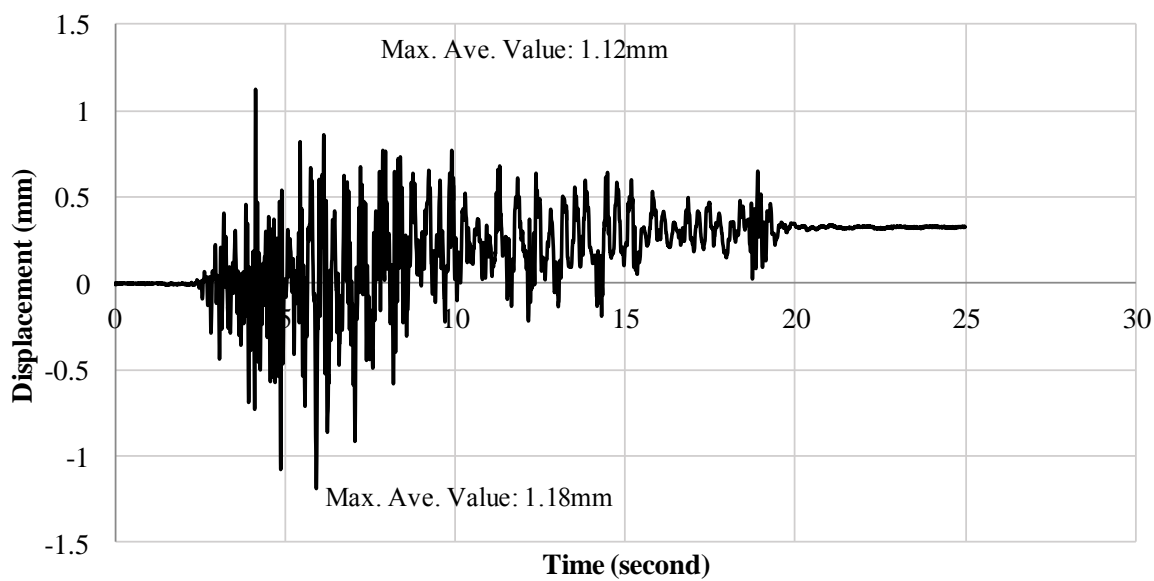
2800-II-100%-Scale: 100%



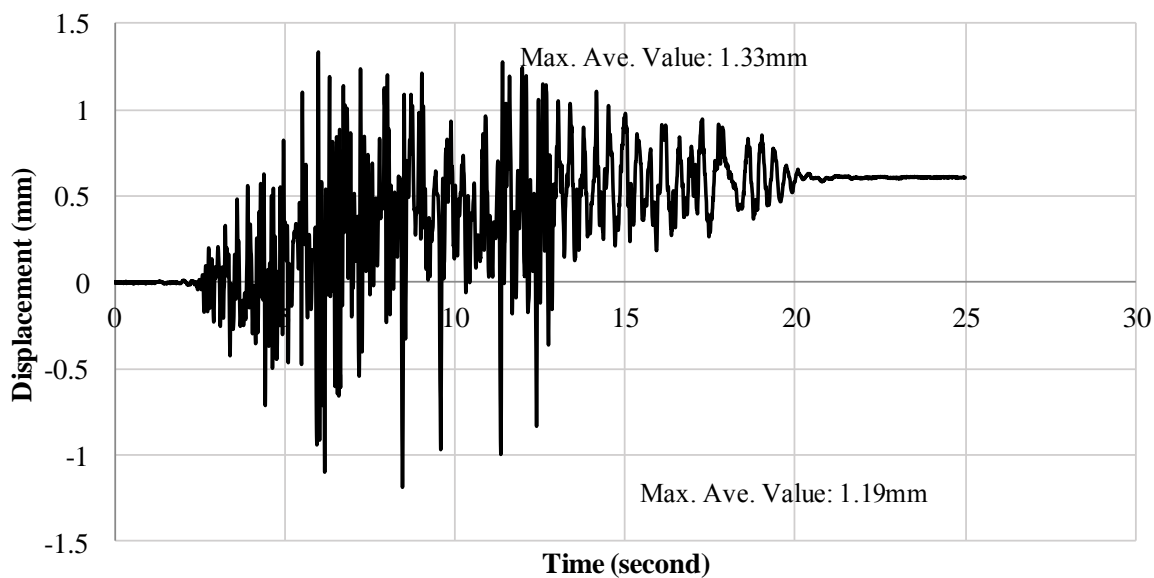
Fruiли 1976-270-Scale: 100%



Fruiли 1976-000-Scale: 100%

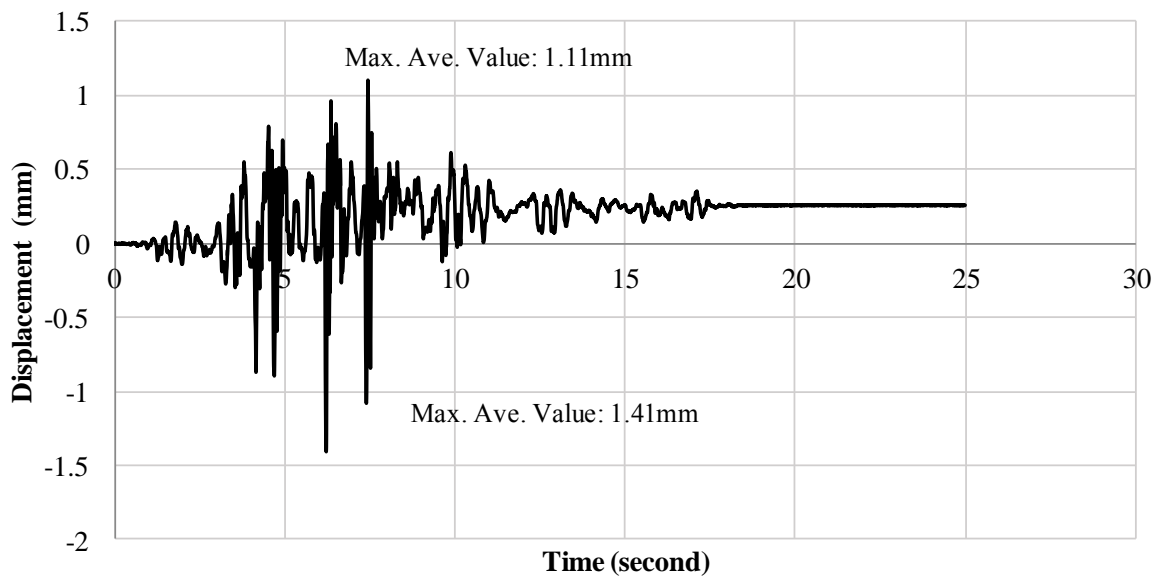


Loma Prieta-1989-090-Scale: 100%

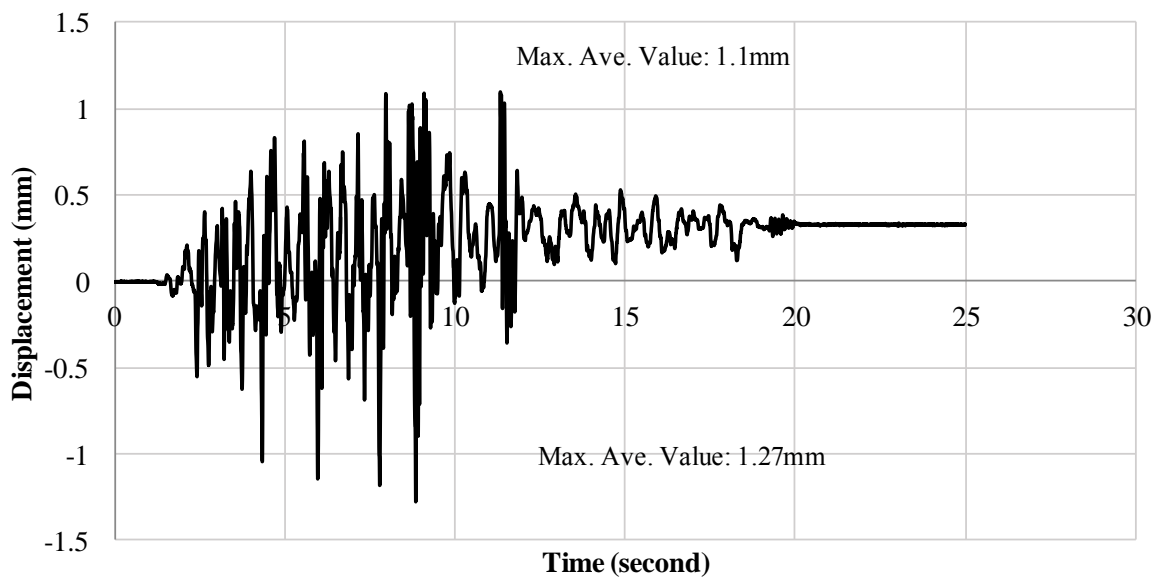


Loma Prieta-1989-000-Scale: 100%

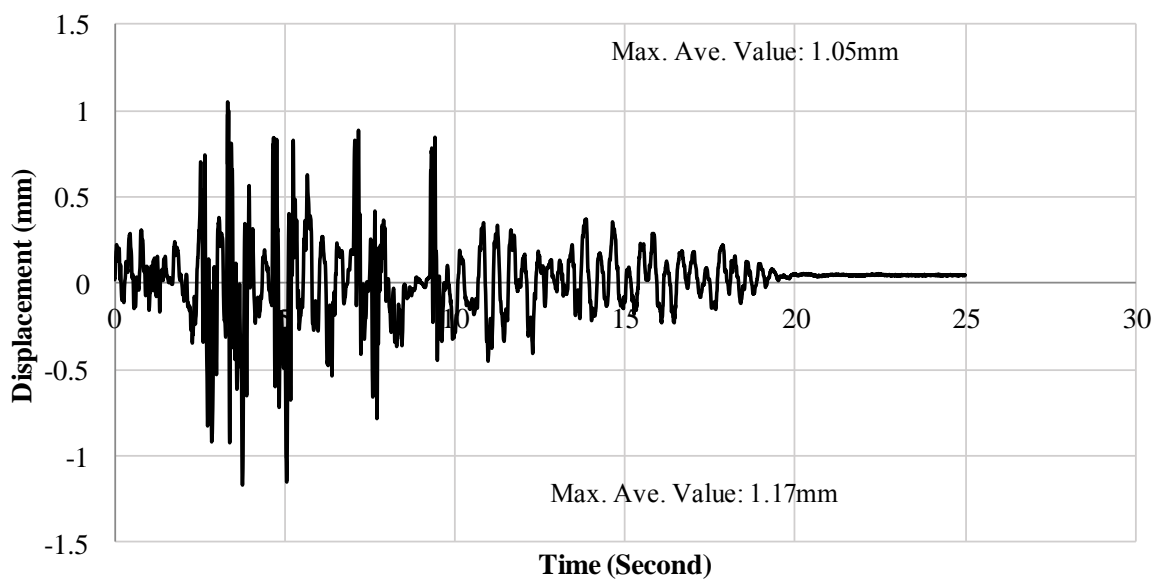




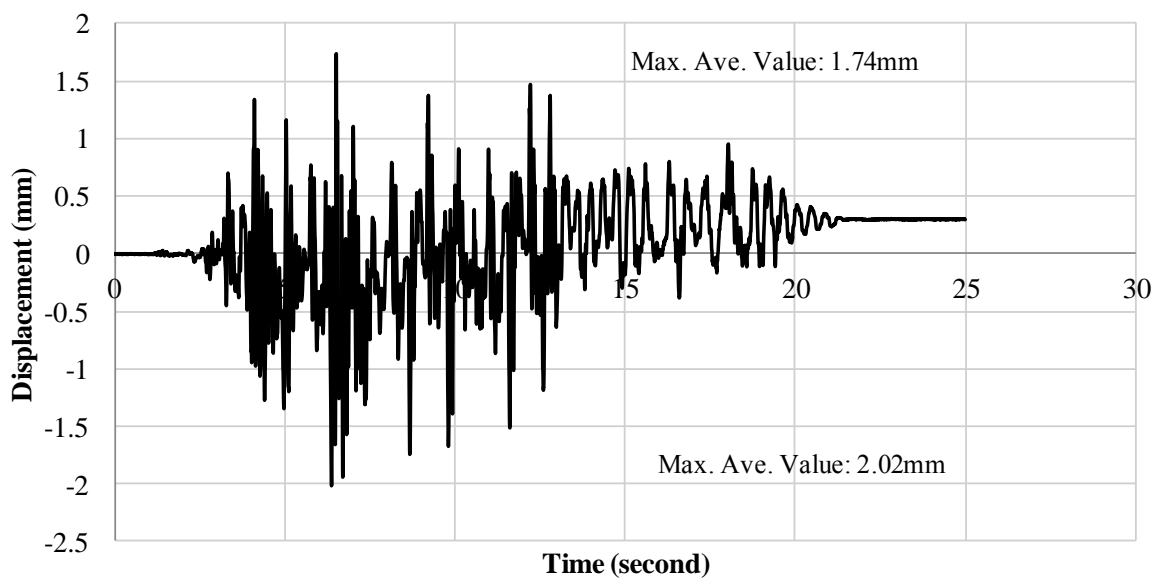
Northridge-LOS270-Scale: 100%



Northridge-MUL090-Scale: 100%



DUZCE-BOL090-Scale: 100%



Loma Prieta-1989-000-Scale: 150%

#### پ ۱-۴-۲-۲ حداکثر رفتار داخل صفحه

براساس اطلاعات مستخرج از ابزارهای ثبت تغییرمکان، حداکثر تغییرمکان خارج صفحه تجربه شده توسط هر یک از دیوارها به تفکیک رکود اعمالی و به شرح زیر ارائه می‌شود.

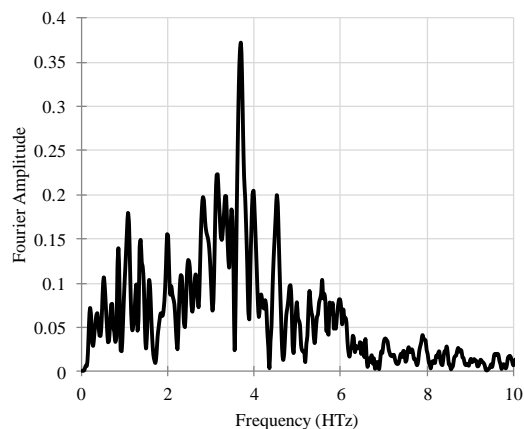


جدول (پ ۱-۴) حداکثر تغییرمکان داخل صفحه گزارش شده برای دیوارها (میلی متر)

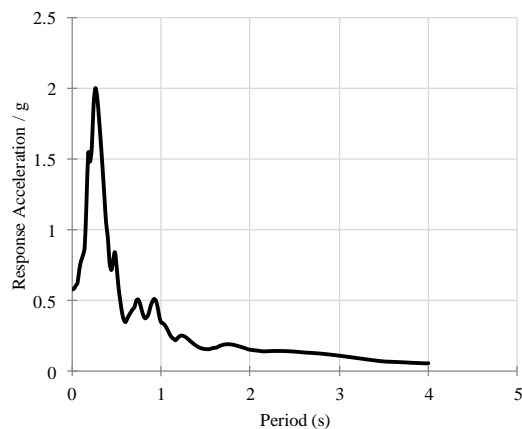
دیوار (۴)	دیوار (۳)	دیوار (۲)	دیوار (۱)	رکورد اعمالی
۳/۷	۱/۶۳	۴/۵	۸/۶	2800-II-100%-Scale: 100%
۲/۵	۰/۵۱	۲/۹	۳/۵	Fruili 1976-270-Scale: 100%
۳/۴	۰/۷۴	۳/۵	۳/۵۴	Fruili 1976-000-Scale: 100%
۵/۶	۲/۸	۱۲	۱۳	Loma Prieta-1989-090-Scale: 100%
۶	۳/۶	۱۴	۱۸/۵	Loma Prieta-1989-000-Scale: 100%
۶/۳	۳/۶	۱۱/۸	۷/۸	Northridge-LOS270-Scale: 100%
۶/۱	۳/۶	۱۳/۸	۱۶/۴	Northridge-MUL090-Scale: 100%
۶/۵	۲/۸	۱۴/۷	۱۶/۴	DUZCE-BOL090-Scale: 100%
۷/۰۳	۴/۲	۱۷/۸	۱۹/۴	Loma Prieta-1989-000-Scale: 150%

پ ۱-۴-۳- مقایسه تغییرات پریود سازه در جهت دارای دیوار میانقابی

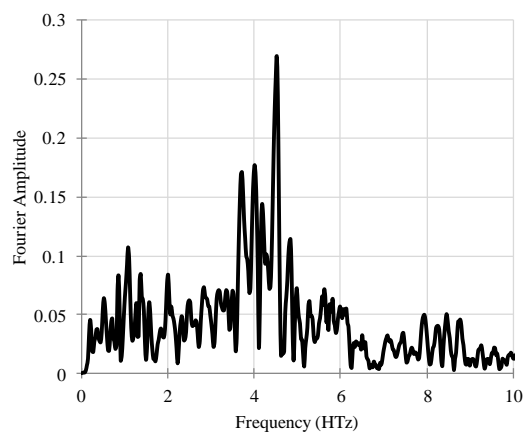
همانگونه که در نمودارهای ارائه شده مشاهده می‌شود و با توجه به طیف فوریه پاسخ به دست آمده مشاهده می‌شود که تغییرات سختی سازه ناچیز بوده و دیوارها دچار آسیبی نشده اند..



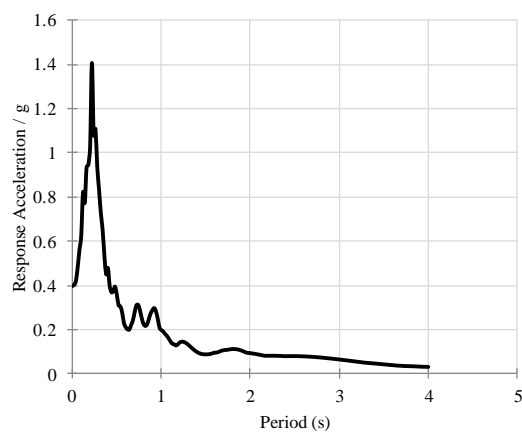
ب) پاسخ فوریه سازه در راستای ۵



الف) طیف پاسخ سازه در راستای ۵

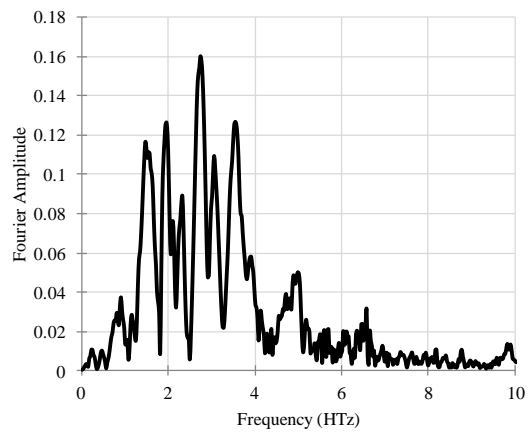


د) پاسخ فوریه سازه در راستای ۶

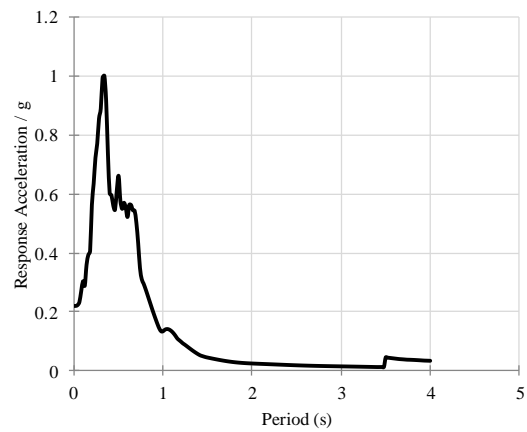


ج) طیف پاسخ سازه در راستای ۶

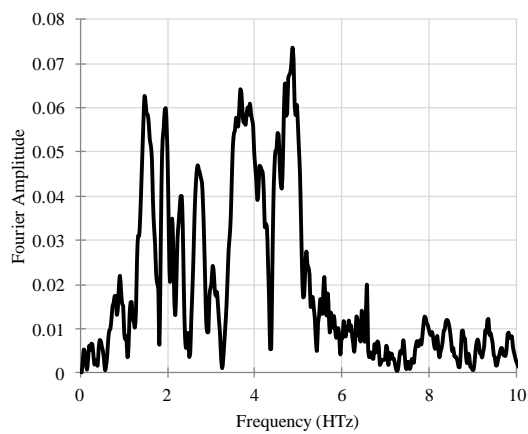
2800-II-100%-Scale: 100%



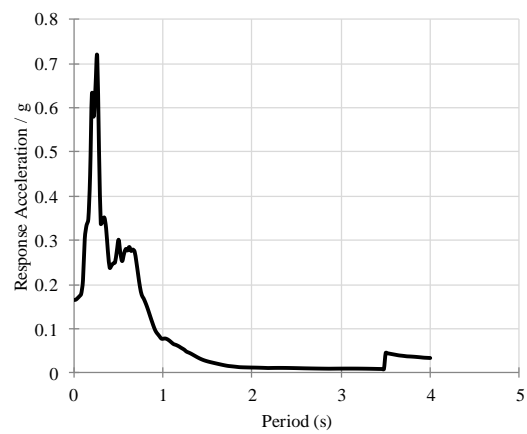
ب) پاسخ فوریه سازه در راستای ۵



الف) طیف پاسخ سازه در راستای ۵

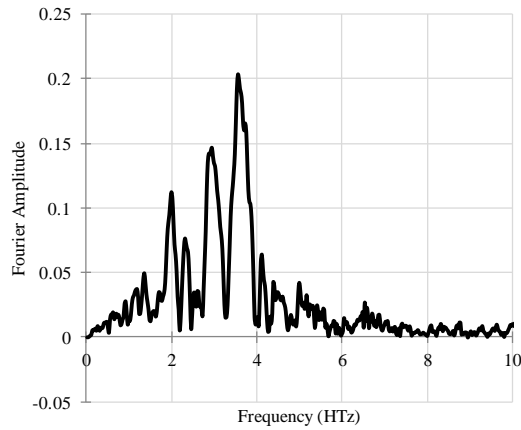


د) پاسخ فوریه سازه در راستای ۶

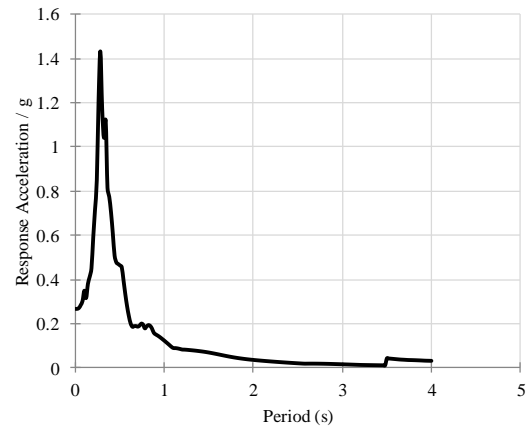


ج) طیف پاسخ سازه در راستای ۶

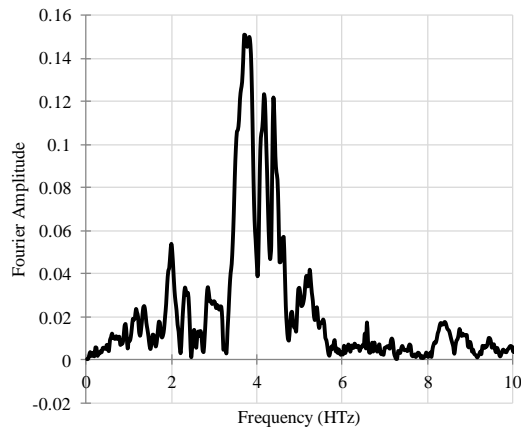
Fruili 1976-270-Scale: 100%



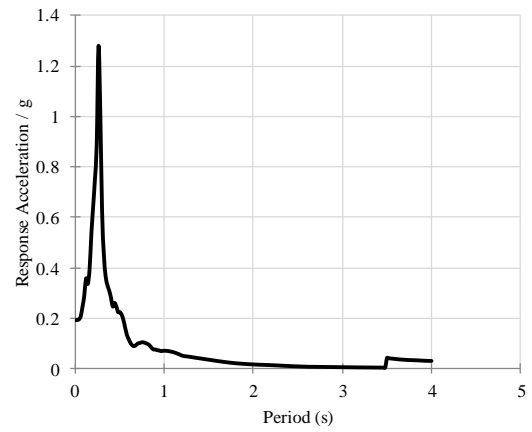
ب) پاسخ فوریه سازه در راستای ۵



الف) طیف پاسخ سازه در راستای ۵

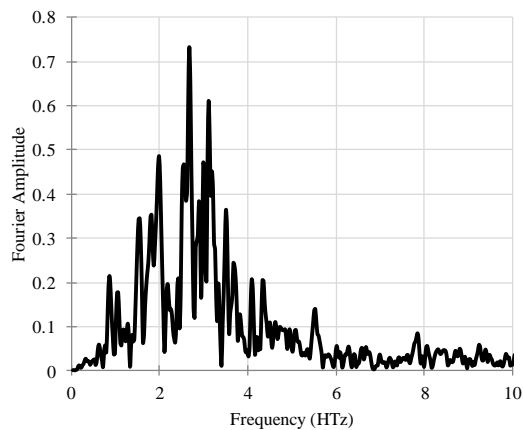


د) پاسخ فوریه سازه در راستای ۶

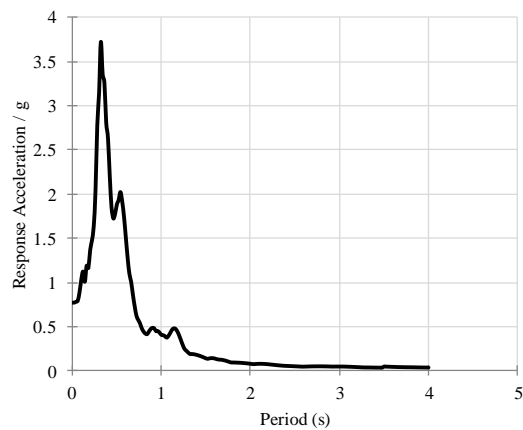


ج) طیف پاسخ سازه در راستای ۶

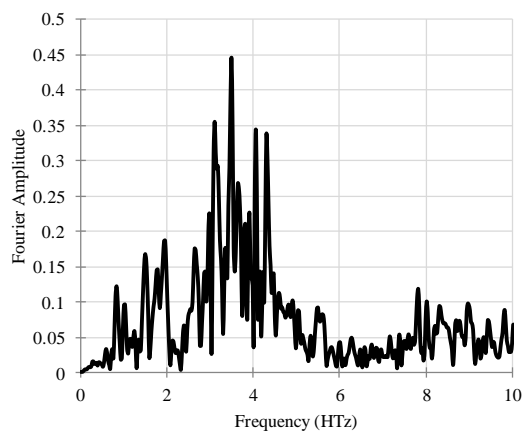
Fruli 1976-000-Scale: 100%



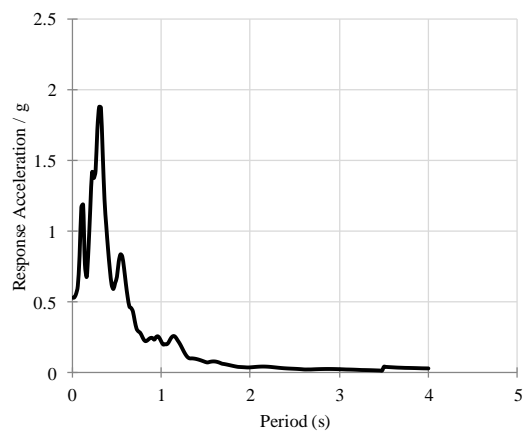
ب) پاسخ فوریه سازه در راستای ۵



الف) طیف پاسخ سازه در راستای ۵

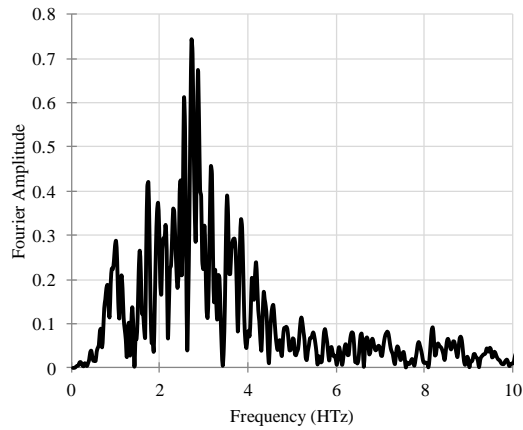


د) پاسخ فوریه سازه در راستای ۶

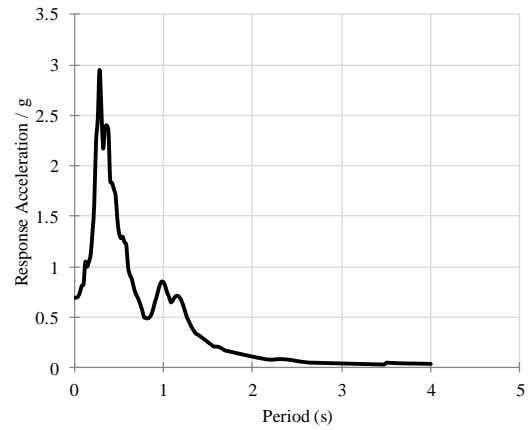


ج) طیف پاسخ سازه در راستای ۶

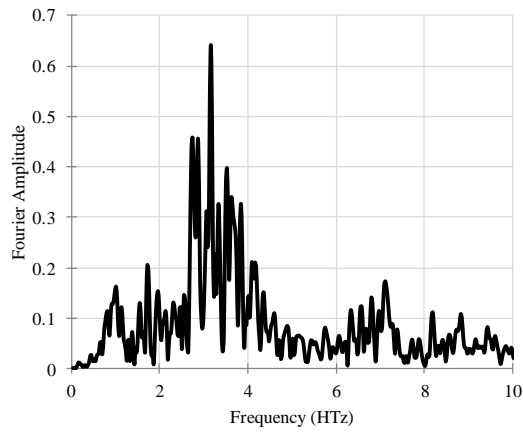
Loma Prieta-1989-090-Scale: 100%



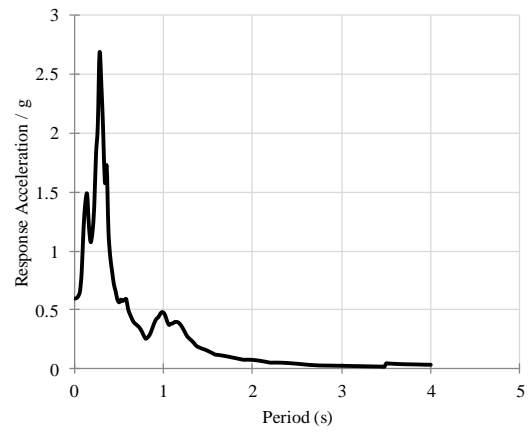
ب) پاسخ فوریه سازه در راستای ۵



الف) طیف پاسخ سازه در راستای ۵



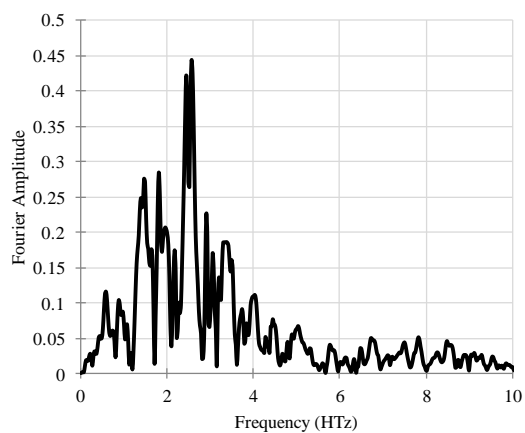
د) پاسخ فوریه سازه در راستای ۶



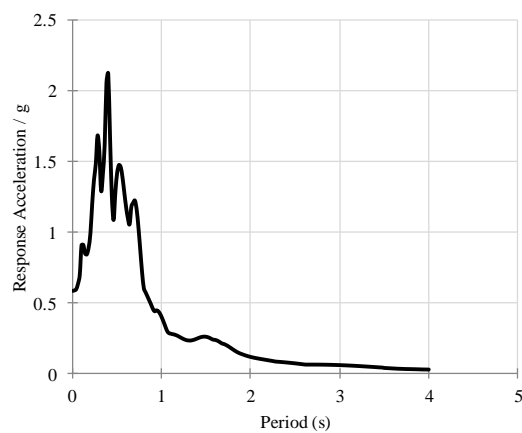
ج) طیف پاسخ سازه در راستای ۶

Loma Prieta-1989-000-Scale: 100%

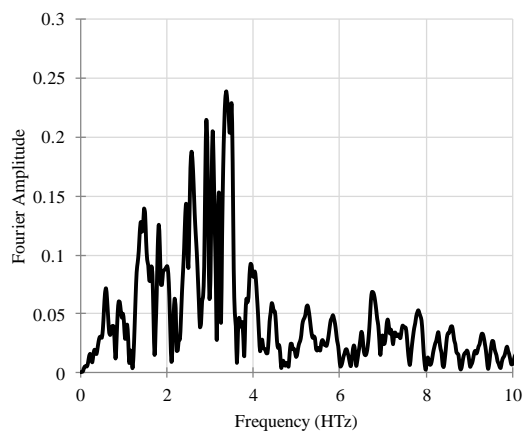




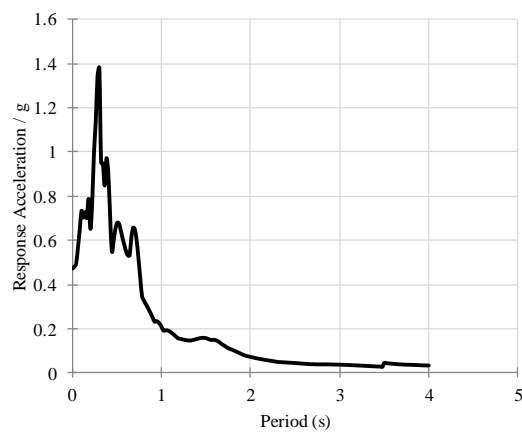
ب) پاسخ فوریه سازه در راستای ۵



الف) طیف پاسخ سازه در راستای ۵

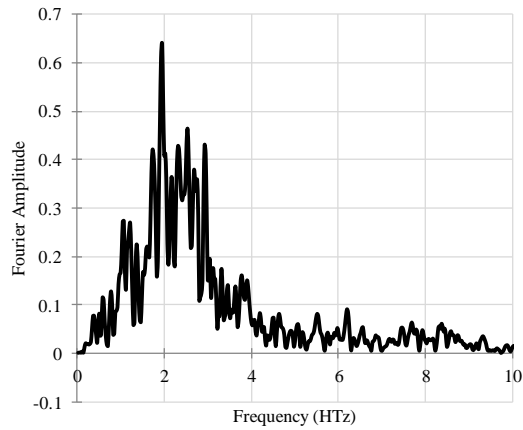


د) پاسخ فوریه سازه در راستای ۶

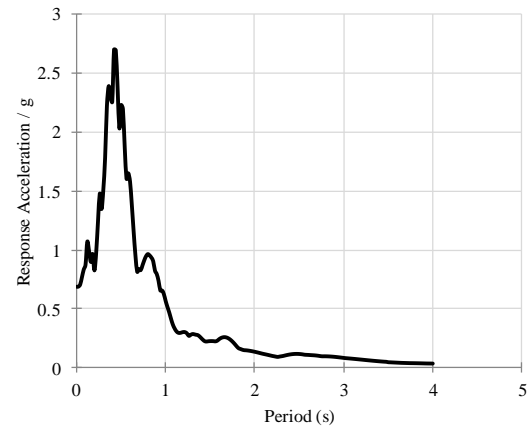


ج) طیف پاسخ سازه در راستای ۶

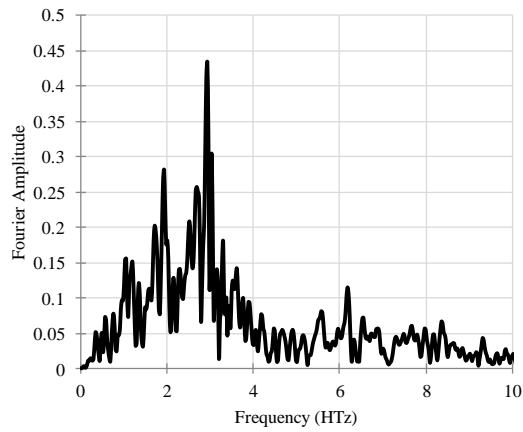
Northridge-LOS270-Scale: 100%



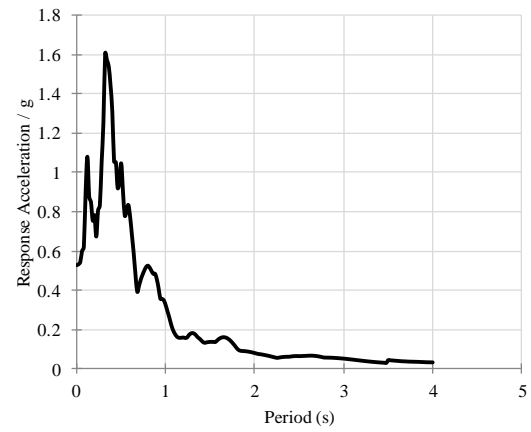
ب) پاسخ فوریه سازه در راستای ۵



الف) طیف پاسخ سازه در راستای ۵

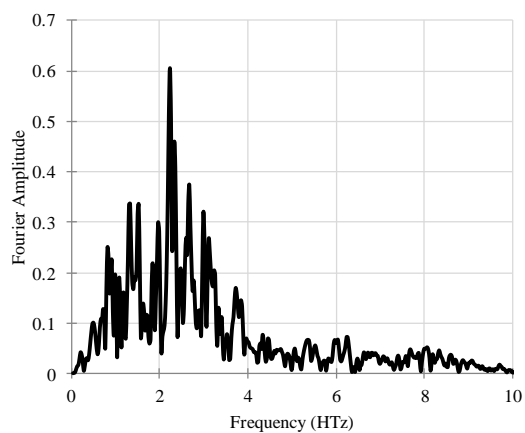


د) پاسخ فوریه سازه در راستای ۶

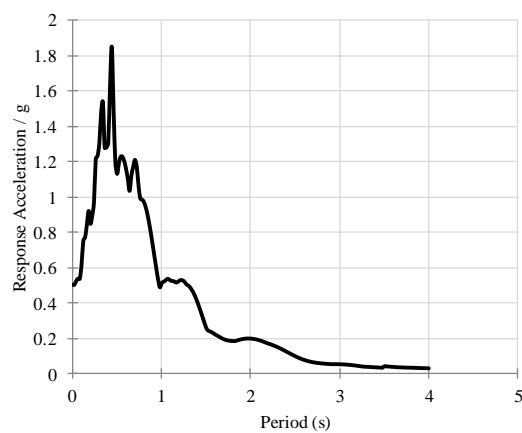


ج) طیف پاسخ سازه در راستای ۶

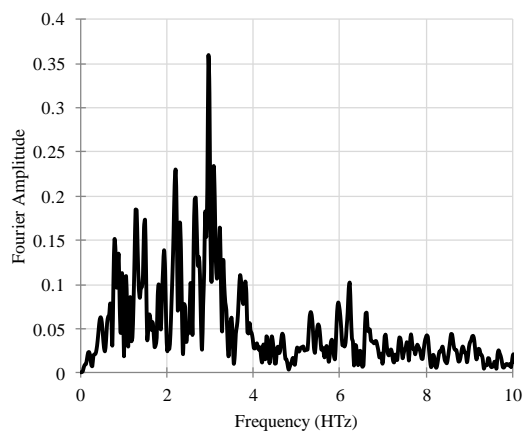
Northridge-MUL090-Scale: 100%



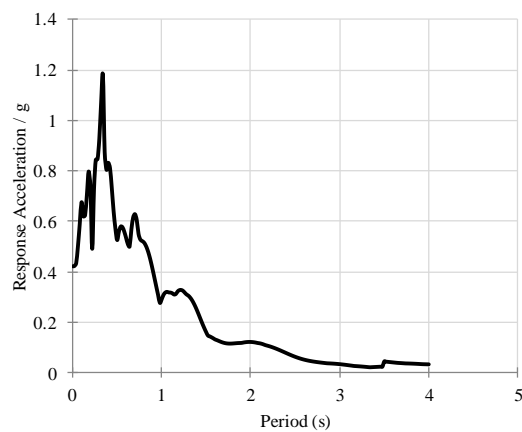
ب) پاسخ فوریه سازه در راستای ۵



الف) طیف پاسخ سازه در راستای ۵

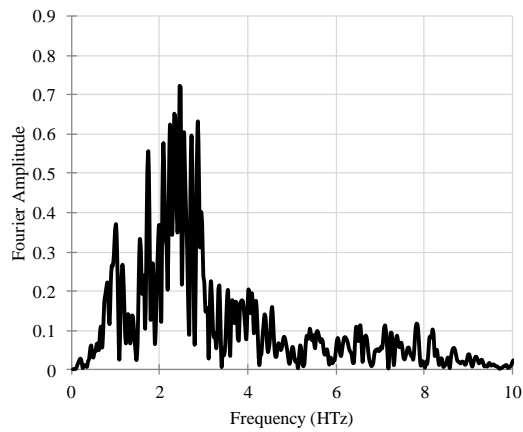


د) پاسخ فوریه سازه در راستای ۶

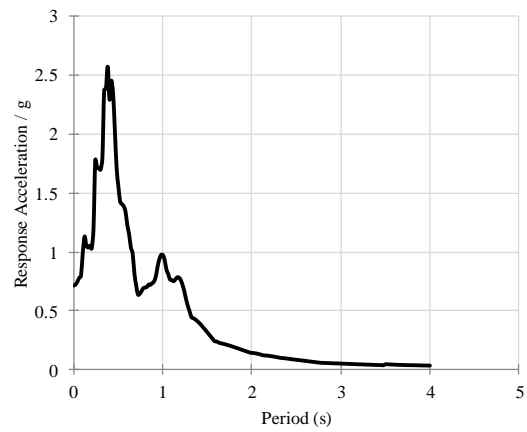


ج) طیف پاسخ سازه در راستای ۶

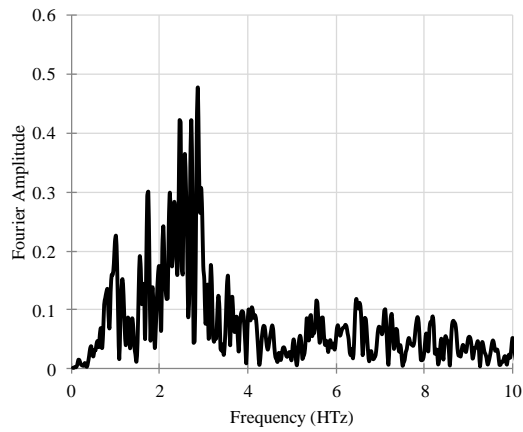
DUZCE-BOL090-Scale: 100%



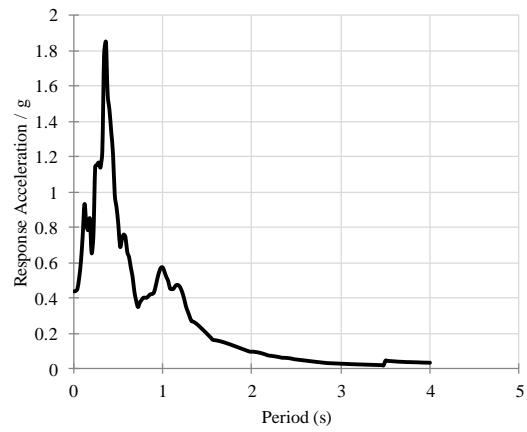
ب) پاسخ فوریه سازه در راستای ۵



الف) طیف پاسخ سازه در راستای ۵



د) پاسخ فوریه سازه در راستای ۶



ج) طیف پاسخ سازه در راستای ۶

Loma Prieta-1989-000-Scale: 150%

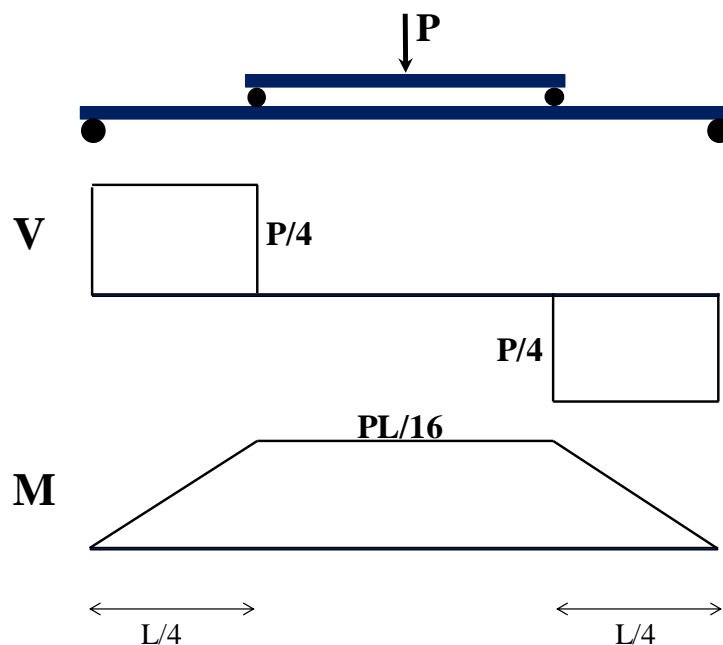
## پیوست دوم: ارزیابی عملکرد سازه‌ای تحت اثر بارهای خارج از صفحه

### پ ۱-۲ مقدمه

دیوارهای جداکننده که در فضای خارجی ساختمان قرار می‌گیرند، در معرض بار باد و اثرات ناشی از ضربه قرار دارند. علاوه بر این، دیوارهای داخلی نیز در طول عمر مفید خود ممکن است تحت اثر ضربات سبک و سنگین قرار گیرند. مقاومت دیوارهای جداکننده در برابر این اثرات، در قالب آزمون‌های خمش و ضربه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### پ ۲-۲ رفتار خمشی خارج از صفحه

به منظور بررسی رفتار خارج صفحه، ابزاربندی مناسبی برای اعمال خمش بر دیوار تهیه شده و رفتار دیوار تحت اثر افزایشی تدریجی سربار تا میزان مساوی یا بیش از دو برابر سربار طراحی مورد بررسی قرار می‌گیرد (شکل پ ۱-۲).



شکل پ ۱-۲ ابزاربندی انجام تست خمش

بار اعمال شده طی آزمون باید برای ۲۴ ساعت حفظ شود. در صورتیکه پس از باربرداری، بیش از ۷۵ درصد تغییر مکان‌های تجربه شده بازگردد، رفتار دیوار رضایتبخش تلقی می‌گردد. در ادامه، آزمون باید تحت سربار افزایشی قرار

گیرد تا معیار خرابی حاصل شود. این معیار می‌تواند براساس بروز خرابی در نمونه و یا، افزایش مقدار نیرو و تغییر مکان از حد مجاز تعریف شود. در صورتی که خرابی خاصی در نمونه گزارش نشده باشد و سربار اعمالی به  $2/5$  برابر مقدار باری برسد که در آن، تغییر مکان تجربه شده از تغییر مکان مجاز ارائه شده در جدول (پ ۲-۱) تجاوز خواهد کرد، و یا در صورت عدم رخداد خرابی در نمونه، سربار اعمالی به معادل  $2/5$  برابر نیروی سربار طراحی برسد، معیار خرابی حاصل شده است. در مواردی که معیارهای تغییر مکان جدول پ ۲-۱ به هر دلیل، مبنا قرار نگیرد، بارگذاری تا خرابی یا حصول  $2/5$  برابر نیروی سربار طراحی ادامه داده می‌شود. در اینجا مقدار مجاز نیروی قابل اعمال به قطعه معادل کمترین مقدار حاصل از بندهای زیر در نظر گرفته می‌شود.

۱- نیرو در تغییر مکان برابر جدول پ ۲-۱

۲- نیروی خرابی تقسیم بر  $2/5$

۳- بیشترین بار اعمال شده تقسیم بر  $2/5$

جدول (پ ۲-۱) محدوده قابل قبول تغییر شکل

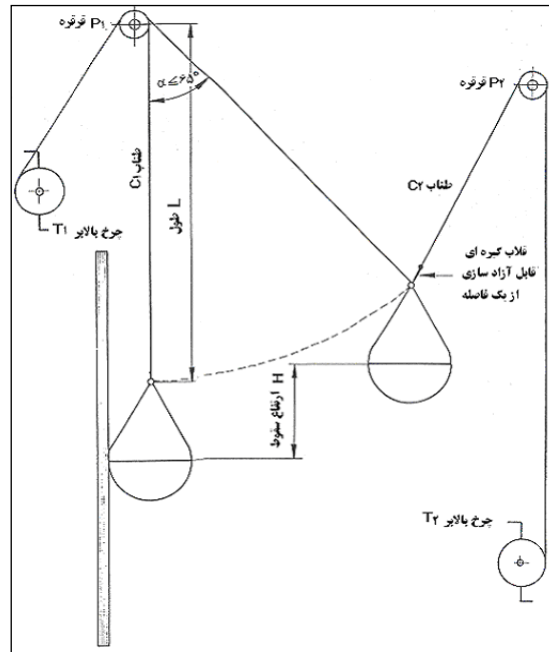
تحت بار باد	دیوارهای خارجی
L/۲۴۰	دیوار خارجی از بلوک AAC
L/۳۶۰	دیوار خارجی از بلوک AAC + نمای سیمانی
L/۲۴۰	دیوار خارجی از بلوک AAC + نما با مصالح شکننده
L/۱۲۰	دیوار خارجی از بلوک AAC + نما با مصالح شکل پذیر

### پ ۲-۳ ارزیابی رفتار دیوارها در برابر ضربه

آزمون‌های ضربه شامل جسم ضربه‌زننده‌ای است که مانند آونگ روی سطح نمونه قائم دیوار که در یک قاب جاسازی شده است، سقوط می‌کند. در هنگام برگشت، جسم ضربه‌زننده عقب نگهداشته می‌شود و اصابت مجدد صورت نمی‌گیرد.

برای دیوار و نمایی متصل به آن دو نوع آزمون شامل ضربه اجسام سخت و ضربه اجسام نرم بزرگ در نظر گرفته می‌شود.

ضربه اجسام سخت فقط حاصل ضربه‌هایی است که از جابجایی یا پرتاب اشیاء غیر قابل تغییر شکل حاصل می‌شود و ضربه جسم نرم بزرگ حاصل ضربه‌هایی است که از برخورد بدن انسان روی سطح اتفاق می‌افتد. در ضربه جسم نرم، ضربه به وسیله سقوط آونگی کیسه کروی مخروطی اعمال می‌شود. ابزاری که برای کنترل سقوط کیسه به کار می‌رود، در شکل (پ ۲-۲) نشان داده شده است.



شکل پ ۲-۲ set up انجام تست ضربه جسم نرم سنگین

ارتفاع سقوط وزنه و کیسه مطابق با گروه بندی عملکردی دیوار و مبتنی بر انرژی ضربه‌ای که در جدول (پ ۲-۲) و (پ ۳-۲) ارائه شده است تعیین می‌گردد.

### پ ۱-۳-۲ گروه بندی عملکردی

با توجه به موقعیت یک دیوار در ساختمان و تنوع عملکردهایی که در اطراف ساختمان امکان پذیر است، دامنه وسیعی از حالات ممکن است این دامنه به ۶ گروه اصلی تقسیم می‌شود. گروه های A تا D مربوط به موقعیت‌های تا ۱٫۵ متر بالاتر از سطح پیاده‌رو بوده و بالاتر از این تراز با توجه به کاهش خطرات ضربه به دو گروه دیگر تقسیم می‌شود. تعاریف این گروه‌ها در جدول (پ ۲-۲) ارائه شده است.

جدول (پ ۲-۲) گروه بندی سطوح در معرض ضربه در ساختمان‌ها

گروه	شرح	مثال
A	در دسترس عموم و افرادی که انگیزه ای برای ملاحظه کاری ندارند. در معرض نفوذهای خرابکارانه و یا اعمال خشن.	دیوار منازل مسکونی یا ساختمان‌های عمومی در مناطق با احتمال خرابکاری
B	در دسترس عموم و افرادی که انگیزه‌ای برای ملاحظه کاری ندارند. در معرض بروز تصادفات یا سوء استفاده.	دیوارهای مجاور پیاده راه کنار شاهراه‌ها و یا مجاور زمین بازی که در گروه A نگنجد.
C	عمدتاً در دسترس افراد دارای انگیزه ملاحظه کاری. احتمال وقوع تصادف و سوء استفاده وجود دارد.	دیوارهای مجاور فضای سبز خصوصی و دیوارهای عقب بالکن‌ها.
D	تنها در دسترس افراد دارای ملاحظه کاری و دور از مسیرهای عبور. احتمال کم بروز تصادفات یا سوء استفاده.	دیوارهای مجاور فضای سبز محصور بدون راه عبور
E	بالاتر از ناحیه با احتمال ضربه از سوی افراد ولی با احتمال برخورد اشیاء پرتابی	در ارتفاع ۱/۵ متر تا ۶ متر در نواحی گروه A و B
F	نواحی بالاتر از ناحیه با احتمال ضربه از سوی افراد و بدون احتمال برخورد اشیاء پرتابی	نواحی با ارتفاع بیش از ۶ متر که به طور معمول با تجهیزات خاص قابل دسترس است.

### پ ۲-۳-۲ تعیین انرژی ضربه

انرژی ضربه جسم سخت و جسم نرم بزرگ بر اساس گروه عملکردی در جدول (پ ۲-۳) ارائه شده است.

الف- برای این دسته از دیوارها هیچ معیاری ارائه نمی‌شود و با توجه به سطح و شدت خرابکاری محتمل باید ارزیابی صورت گیرد

در ضربه جسم نرم، بر اساس انرژی ضربه و وزن گلوله یا کیسه، ارتفاع رهاسازی ارائه شده است: برای ایجاد انرژی ضربه  $50 \cdot Nm$  یک کیسه با جرم  $50 \text{ kg}$  از ارتفاع  $1020 \text{ mm}$  به صورت آونگی رها می‌شود. برای ایجاد انرژی ضربه  $350 \cdot Nm$  یک کیسه با جرم  $50 \text{ kg}$  از ارتفاع  $715 \text{ mm}$  به صورت آونگی رها می‌شود. برای ایجاد انرژی ضربه  $120 \cdot Nm$  یک کیسه با جرم  $50 \text{ kg}$  از ارتفاع  $245 \text{ mm}$  به صورت آونگی رها می‌شود. موقعیت ضربات نیز باید به گونه‌ای تعیین شود که احتمال وقوع بدترین اثرات به لحاظ ترک خوردگی یا جداسازی مهار از دیوار یا قطعه نما وجود داشته باشد.





جدول (پ ۲-۳) جدول تعیین انرژی ضربه

انرژی ضربه‌ای جسم نرم بزرگ $N.m$		انرژی ضربه‌ای جسم سخت $N.m$		گروه عملکردی
معیار حفظ ایمنی افراد	معیار شرایط عملکردی دیوار	معیار حفظ ایمنی افراد	معیار حفظ شرایط عملکردی دیوار	
به توضیحات (الف) مراجعه شود				A
(S1) ۵۰۰	(S1) ۱۲۰	(H2) ۱۰	(H2) ۱۰	B
(S1) ۵۰۰	(S1) ۱۲۰	(H2) ۱۰	(H1) ۶	C
(S1) ۵۰۰	(S1) ۱۲۰	(H2) ۱۰	(H1) ۶	D
(S1) ۳۵۰	-	(H2) ۱۰	(H1) ۶	E
(S1) ۳۵۰	-	-	(H1) ۳	F

**پ ۲-۴ انجام آزمون خمش و ضربه بر روی دیوارهای جداکننده AAC**

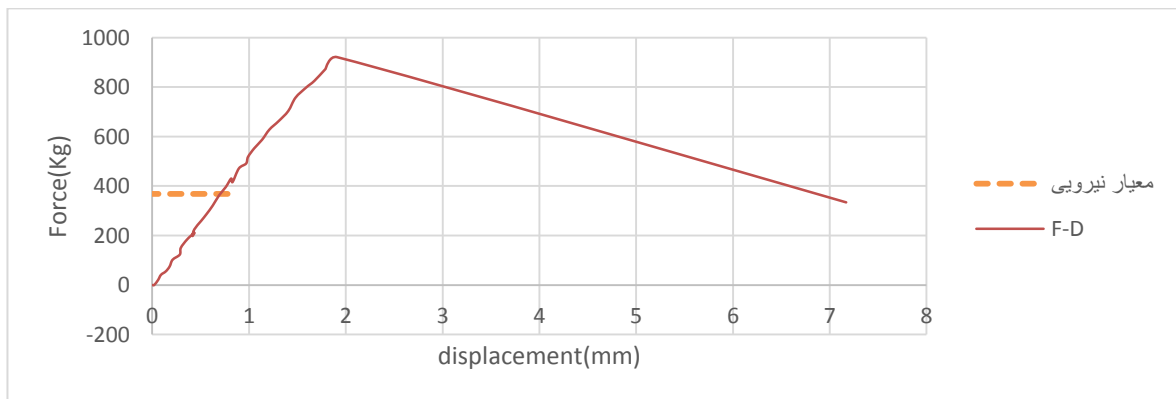
در این آزمایش طول دیوار ۱/۲۰ متر و ارتفاع آن ۳ متر در نظر گرفته شده و ظرفیت مقطع بر روی دیوارها با ضخامت بلوک AAC مختلف و همچنین با داشتن الیاف شیشه یا بدون آن بدست آمده است. همچنین در بعضی از تست ها قبل از انجام آزمون خمش، تست ضربه بر روی دیوار صورت گرفته است که هر کدام از موارد فوق به شرح زیر می باشد.

**پ ۲-۴-۱ تست خمش بلوک AAC با ابعاد ۱۵×۲۵×۶۰ سانتی متر بدون الیاف شیشه**

در این آزمایش بار بصورت افزایشی به ۱/۴ دیوار از بالا و پایین به طور همزمان اعمال و با نصب سنسور اندازه گیری جابجایی در وسط و بالا و پایین دیوار، جابجایی ثبت شده است. در نهایت منحنی نیرو-تغییر مکان در وسط دیوار استخراج شده است. در ادامه تصاویر مربوط به نحوه انجام آزمایش و نمودار نیرو تغییر مکان قرار گرفته است.



شکل (پ ۲-۳) بارگذاری خمشی پانل (۴ نقطه ای) بر اساس استاندارد ملی ایران



شکل (پ ۲-۴) نمودار نیرو تغییر شکل

مقدار مجاز نیروی قابل اعمال به قطعه برابر است با

$$P_{allowable} = \min \left\{ \frac{P_{max}}{2.5}, P_{max} \right\} = \min \left\{ \frac{921}{2.5}, 921 \right\} = \min \{ 368.4, 921 \} = 368.4 \text{ kg}$$



پ ۲-۴-۲ تست خمشی بلوک AAC با ابعاد  $۱۵ \times ۲۵ \times ۶۰$  سانتی متر با الیاف شیشه

در این آزمایش بار بصورت افزایشی به  $۱/۴$  دیوار از بالا و پایین به طور همزمان اعمال و با نصب سنسور اندازه گیری جابجایی در وسط و بالا و پایین دیوار، جابجایی ثبت شده است. در نهایت منحنی نیرو-تغییر مکان در وسط دیوار استخراج شده است. در آزمایش فوق یک لایه الیاف شیشه (از جهت ضعیف الیاف استفاده شده است) در یک طرف دیوار به کمک ملات ماسه سیمان و در طرف دیگر این لایه الیاف به کمک ملات گچ و خاک به قطعات AAC جاسازی شده است.

جزئیات ساخت دیوار در ادامه نشان داده شده است.



شکل (پ ۲-۴) جزئیات ساخت دیوار AAC





شکل (پ۲-۵) جزئیات نصب مش الیاف شیشه بر روی دیوار AAC

پس از اتمام فرآیند آماده‌سازی، دیوار ابتدا تحت اثر بار ضربه با فاصله ۷۰ سانتی‌متری و سپس ۱۰۰ سانتی‌متری قرار گرفته است که جزئیات آن در ادامه ارائه می‌شود.



شکل (پ ۲-۶) آزمون ضربه با فاصله ۷۰ سانتی متر



شکل (پ ۲-۷) آزمون ضربه با فاصله ۱۰۰ سانتی متر



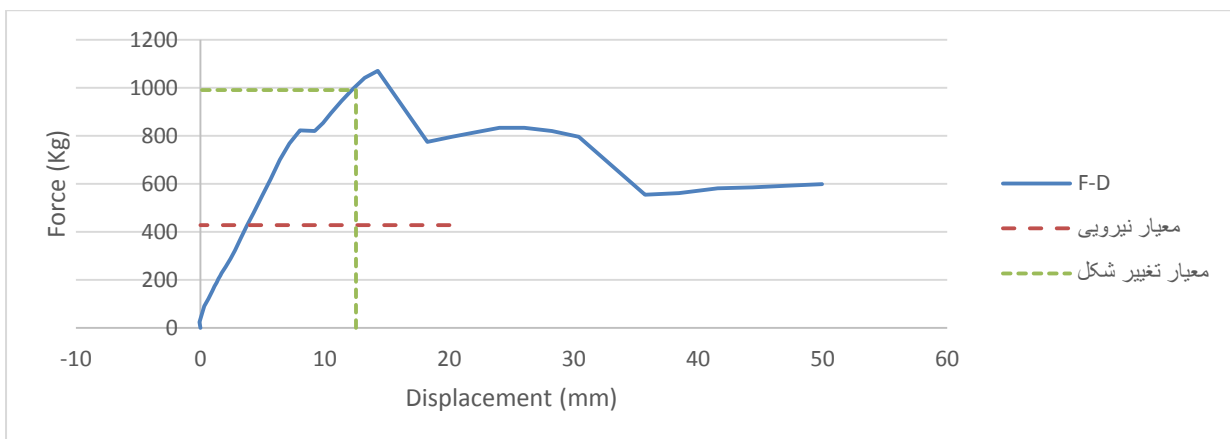
شکل (پ ۲-۸) نتیجه آزمون ضربه انجام شده بر روی دیوار AAC با یک لایه الیاف شیشه در دو طرف

در مرحله بعد، دیوار آزمایش شده برای ضربه، تحت اثر آزمون خمشی قرار می‌گیرد.





شکل (پ ۲-۹) بارگذاری خمشی پانل ( ۴ نقطه ای ) بر اساس استاندارد ملی ایران



شکل (پ ۲-۱۰) نمودار نیرو تغییر شکل

مقدار مجاز نیروی قابل اعمال به قطعه برابر است با

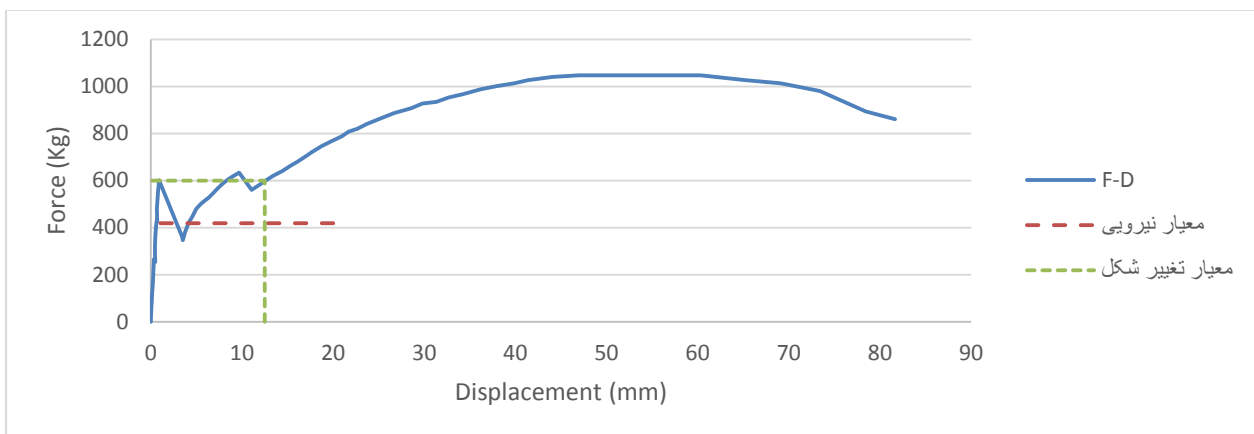
$$P_{allowable} = \min \left\{ \frac{P_{max}}{2.5}, P_{max}, P \left| \frac{L}{240} \right. \right\} = \min \left\{ \frac{1071}{2.5}, 1071, 990 \right\} = \min \{ 428.4, 1071, 990 \} = 428.4 \text{ kg}$$

پ ۲-۴-۳ تست خمشی بلوک AAC با ابعاد ۶۰×۲۰×۲۰ سانتی متر بدون الیاف شیشه

در این آزمایش بار بصورت افزایشی به ۱/۴ دیوار از بالا و پایین به طور همزمان اعمال و با نصب سنسور اندازه گیری جابجایی در وسط و بالا و پایین دیوار، جابجایی ثبت شده است. در نهایت منحنی نیرو-تغییر مکان در وسط دیوار استخراج شده است. جزئیات ساخت مشابه حالت قبل می باشد لذا از قرار دادن تصاویر مربوط به جزئیات ساخت گزارش صرف نظر شده است. در ادامه تصاویر مربوط به نحوه انجام آزمایش و نمودار نیرو تغییر مکان قرار گرفته است.



شکل (پ ۲-۱۱) بارگذاری خمشی پانل (۴ نقطه ای) بر اساس استاندارد ملی ایران



شکل (پ ۲-۱۲) نمودار نیرو تغییر شکل





مقدار مجاز نیروی قابل اعمال به قطعه برابر است با

$$P_{allowable} = \min \left\{ \frac{P_{max}}{2.5}, P_{max}, P \left| \frac{L}{240} \right. \right\} = \min \left\{ \frac{1047}{2.5}, 1047, 600 \right\} = \min \{ 418.87, 1047, 600 \} = 418.7 \text{ kg}$$

#### پ۲-۴-۴ تست خمشی بلوک AAC با ابعاد ۶۰×۲۰×۲۰ سانتی متر بدون الیاف شیشه

در این آزمایش بار بصورت افزایشی به ۱/۴ دیوار از بالا و پایین به طور همزمان اعمال و با نصب سنسور اندازه گیری جابجایی در وسط و بالا و پایین دیوار، جابجایی ثبت شده است. در نهایت منحنی نیرو-تغییر مکان در وسط دیوار استخراج شده است. در آزمایش فوق تست خمشی بعد از تست ضربه صورت گرفته است. جزئیات ساخت مشابه حالت قبل می باشد لذا از قرار دادن تصاویر مربوط به جزئیات ساخت در گزارش صرف نظر شده است. در ادامه تصاویر مربوط به نحوه انجام آزمایش و نمودار نیرو تغییر مکان قرار گرفته است.



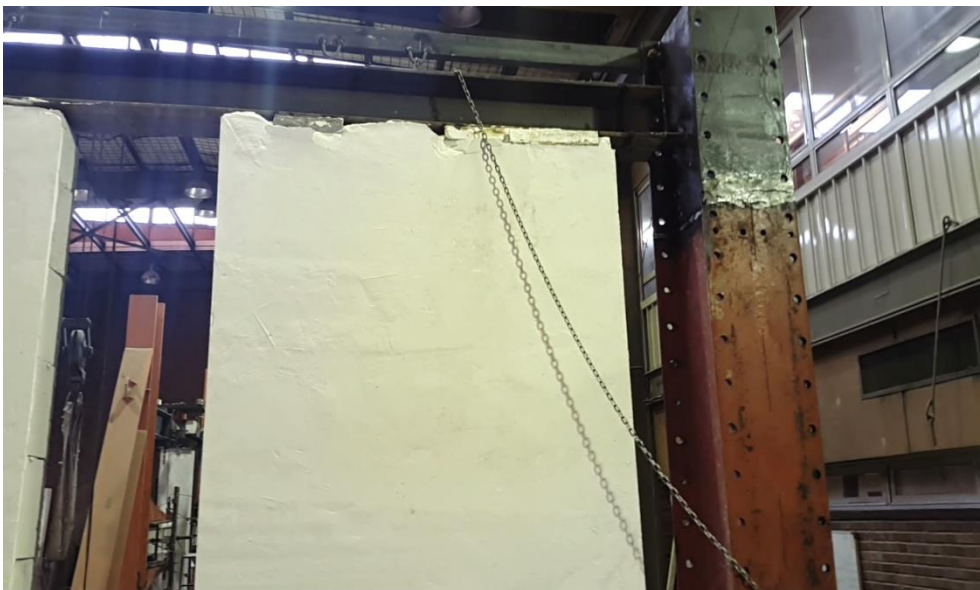
شکل (پ۲-۱۳) آزمون ضربه با فاصله ۷۰ سانتی متر



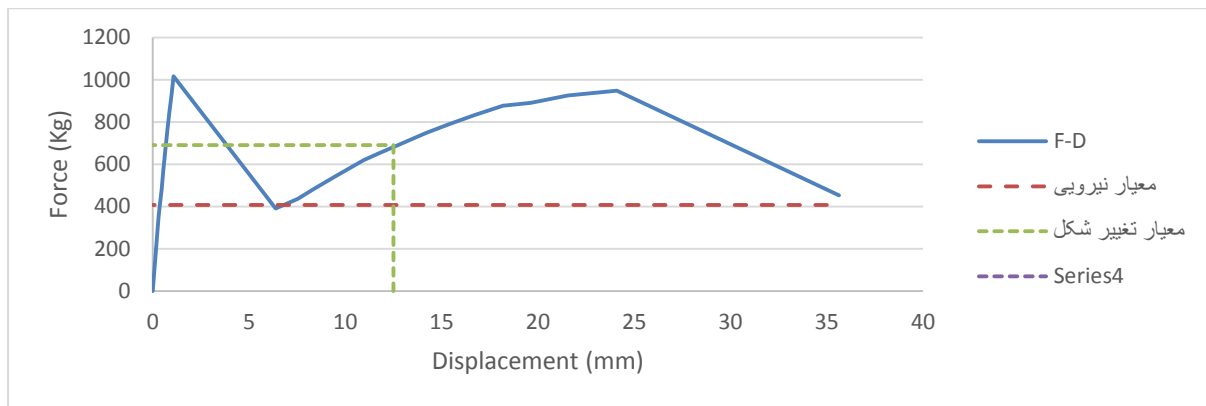
شکل (پ ۲-۱۴) آزمون ضربه با فاصله ۱۰۰ سانتی‌متر



شکل (پ ۲-۱۵) نتیجه آزمون ضربه انجام شده بر روی دیوار AAC با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر بدون لایه الیاف شیشه



شکل (پ ۲-۱۶) بارگذاری خمشی پانل ( ۴ نقطه ای ) بر اساس استاندارد ملی ایران



شکل (پ ۲-۱۷) نمودار نیرو تغییر شکل

مقدار مجاز نیروی قابل اعمال به قطعه برابر است با

$$P_{allowable} = \min \left\{ \frac{P_{max}}{2.5}, P_{max}, P \left| \frac{L}{240} \right. \right\} = \min \left\{ \frac{1016.6}{2.5}, 1016.6, 690 \right\} = \min \{ 406.64, 1016.6, 690 \} = 406.64 \text{ kg}$$

پ ۲-۴-۵ تست ضربه بر روی دیوار با بلوک AAC با ابعاد ۱۰×۲۰×۶۰ سانتی متر بدون الیاف شیشه

دیوار ساخته شده از بلوکهای با ابعاد ۱۰×۲۰×۶۰ سانتی متر به عنوان دیوار تیغه منظور می‌شود. این دیوار تحت اثر بار باد قرار نداشته و به این ترتیب، ارزیابی عملکرد آن تحت اثر بارهای ضربه‌ای کافی است. آزمون ضربه برای این دیوار همانند جزئیات قبلی انجام شده با این تفاوت، که ارتفاع پرتاب جسم برابر با ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده‌است. براساس نتایج حاصل از آزمون، دیوار مورد بررسی کفایت لازم برای استفاده به عنوان تیغه داخلی را دارد.





شکل (پ ۲-۱۸) آزمون ضربه با فاصله ۳۰ سانتی متر



شکل (پ ۲-۱۹) نتیجه آزمون ضربه انجام شده بر روی دیوار AAC با ضخامت ۱۰ سانتی‌متر بدون لایه ایفای شیشه