

ارزیابی کارایی دیواره های ساختمانی پر با عناصر فیوز ساختاری بر اساس

تست بار چرخه ای صفحه ای

چکیده

این مقاله عملکرد مفهوم فیوز ساختاری توسعه یافته برای استفاده به عنوان یک سیستم جداسازی لرزه ای در طراحی و مقاوم سازی دیوارهای ساختمانی پر را بررسی می کند. یک برنامه آزمایشگاهی توسعه یافته و برای مطالعه رفتار سیستم فیوز ساختاری تحت بارهای چرخه ای و ارزیابی عملکرد سیستم با مواد ساختمانی مختلف اجرا شده است. تست های چرخه ای با اعمال بارهای جابجایی کنترل شده در طبقات اول، دوم و سوم فریم تست فولادی سه طبقه ی دو دهانه با دیوارهای اجری پر با استفاده از پروتکل بارگیری شبه استاتیک انجام شد تا یک پاسخ حالت اولیه در سیستم ساختاری ایجاد نماید. مطالعه پارامتری نیز با جایگزینی پنل های اجری پر با دیوارهای پر ساخته شده از واحد های ساختمانی بتنی و بلوک های بتنی سبک اتوکلاو و اعمال لودهای افزایشی یکنواخت، جایجایی کنترل شده در طبقه بالای فریم تست کامل شد.

کلمات کلیدی: دیوارهای پر ساختمانی؛ جداسازی لرزه ای؛ تست بار جانبی چرخه ای؛ فیوز ساختاری

1-مقدمه

دیوارهای ساختمانی پر یکی از عناصر ساختمانی رایج در سراسر جهان می باشند. دیوارهای پر ساخته شده از مواد ساختمانی مختلف اغلب هم در ساختارهای بتنی و هم فولادی برای پر کردن درپچه های فریم استفاده می شوند. این نوع از ساخت و ساز به ویژه در کشورهای در حال توسعه رایج می باشد که مواد ساختمانی مانند اجرهای رسی، واحدهای ساختمانی بتنی، و کاشی های خاک رس توخالی به راحتی در دسترس هستند. در بسیاری از موارد، دیوارهای پر به عنوان عناصر معماری رفتار شده و تاثیر آن روی رفتار ساختار در نظر گرفته نشده است. این فلسفه طراحی می تواند به طراحی غیراقتصادی همچنین رفتار غیرقابل انتظار و حتی فروپاشی فاجعه بار منجر گردد.

توسط محققان زیادی مستند شده که دیوارهای ساختمانی پر به طور چشمگیری رفتار صفحه ای و پاسخ فریم های ساختاری را تحت تاثیر قرار می دهند. دیوارهای پر ساختمانی سفتی فریم ساختار را افزایش می دهند و در کل در محدود کردن خمش ساختمان تحت بار جانبی کمک می کند. گرچه این افزایش در سفتی برای محدود کردن لغزش ساختمان در طی طوفان های بادی و زلزله های جزئی تا متوسط مفید می باشد، می تواند تاثیر منفی روی کارایی ساختارها در رخداد های زلزله ای داشته باشد. یک مقاله مروری جامع در مورد این مسئله توسط [19] Aliaari نشان داده شده است.

خواص ساختاری دیوارهای ساختمانی پر اغلب توسط طراحان نادیده گرفته شده است که افزایش در سفتی و کاهش بالقوه در چکش خواری اعمال شده در فریم های ساختاری با افزودن مواد ساختمانی پر تقویت نشده را نادیده گرفته اند. نوعا، فری های ساختمانی بتنی و فولادی برای مقاومت در برابر جاذبه و بارهای جانبی طراحی شده اند. دیوارهای پر اغلب به صورت عناصر غیرساختاری در نظر گرفته شده اند گرچه آنها تاثیر چشمگیری روی رفتار صفحه ای و عملکرد لرزه ای ساختار دارند.

نادیده گرفتن سهم دیوارهای پر ساختمانی در استحکام و سفتی فریم های ساختمانی می تواند به آسیب دیوارهای ساختمانی و همچنین استفاده ناکارآمد از مواد و طراحی غیراقتصادی منجر گردد. طبق [22] Colombo et al. غفلت از اثر پنلهای پر، همانطور که با کدهای ساختمانی مختلف پیشنهاد شده است، به طراحی لرزه ای سالم منجر نمی شود. این فرض که دیوارهای بنایی پر در فریم های فولاد و بتن تنها ظرفیت بار جانبی این ساختارها را افزایش می دهد یک تصور غلط می باشد. این نظارت می تواند به تشدید آسیب ساختاری و فروپاشی ساختمان منجر گردد که توانایی فریم برای پراکنده ساختن انرژی لرزه ای ورودی به طور چشمگیری دست بالا در نظر گرفته شده است. فشار بالا بر دیوارهای پر و ایجاد مکانیسم فروپاشی در فریم های ساختاری می تواند اتفاق افتد اگر برهم کنش ترکیبی بین دیوارهای پر ساختمانی و فریم های اتصال در طی طراحی در نظر گرفته نشده باشد. دو فلسفه طراحی رایج توسعه یافته اند که تاثیر دیوارهای پر روی پاسخ فریم های ساختاری به بارهای جانبی را در نظر می گیرند. یک روش جداسازی دیوارهای پر از فریم های اتصال با شکاف فیزیکی می باشد. این به فریم اجازه می دهد تا مستقل از دیوارهای ساختمانی عمل نماید و بدون در نظر گرفتن برهمکنش بین عناصر فریم و پنل های پر طراحی گردد. جداسازی پنل های پر از فریم می تواند از شکستگی

شدید و آسیب به مواد ساختمانی پیشگیری نماید. این یک ملاحظه مهم می باشد از آنجایی که باقیمانده پر کردن از دیوارهای پر آسیب دیده و فروریخته یک مسئله ایمنی زندگی برای ساختمانها در نواحی لرزه ای می باشد. با جداسازی دیوارهای پر از فریم های بتنی یا فولادی، ساختار می تواند انرژی لرزه ای ورودی را در یک حالت قابل پیش بینی و ایمن پراکنده سازد.

روش دوم طراحی رایج برای فریم های ساختاری پر برای تشخیص سهم پنل ها در قدرت و سفتی فریم ساختاری و طراحی دیوارهای ساختمانی به عنوان عناصر ساختاری می باشد. در بسیاری از موارد اندازه اعضای ساختاری در فریم ساختمان با محدودیتهای رانش ساختمان یا معیار تعمیرپذیری دیگر به جای ملاحظات استحکام دیکته شده است. با در نظر گرفتن خواص ساختاری دیوارهای ساختمانی پر در محاسبات رانش ساختمانی، اندازه اعضای فریم می تواند کاهش یابد، که منجر به طراحی اقتصادی تر می گردد. این روش نیاز به ملاحظات دقیق برهم کنش ترکیبی بین فریم ساختاری و پنل های پر دارد طوریکه هر دو می توانند برای مقاوم سازی ایمن در برابر بارهای جانبی طراحی شوند. یک عیب این روش، این است که فریم ساختاری وقتی که در معرض نیروهای لرزه ای بزرگ قرار می گیرد نمی تواند مستقل از دیوارهای پر عمل نماید. سفتی مازاد پنل های پر دوره طبیعی ساختار را کاهش می دهد که منجر به بارهای لرزه ای بزرگتر می شود. اگر دیوارهای پر به طور مناسب و دقیق طراحی نشده باشند شکستگی شدید دیوارهای ساختمانی پر و ریختن آوار می تواند اتفاق افتد.

یک مفهوم جدید در کارایی و طراحی ویدارهای ساختمانی پر ایده ی سیستم فیوز ساختمانی می باشد. مفهوم فیوز ساختاری دو روش طراحی رایج را با مجاز کردن دیوارهای ساختمانی پر برای درگیر شدن با فریم اتصال تا به یک سطح از پیش تعیین شده ای از بار جانبی ترکیب می کند. شکستگی ترد و شکننده دیوارهای پر یا عناصر فریم با اعمال یک مکانیسم فیوز پیشگیری شده است که مواد پر کردن را از فریم تحت بارهای بیشتر جدا می کند. برای بارهای کمتر، استحکام و سفتی مواد ساختمانی در ترکیب با فریم ساختاری عمل می کند تا خمش های جانبی را محدود نماید. تحت بارهای جانبی بیشتر، پنل های پر، با استفاده از مکانیسم فیوز از ساختارها جدا شده اند، که از آسیب به دیوارهای ساختمانی و تشکیل مکانیسم شکست فریم جلوگیری می کند. با این سیستم، فریم ساختاری می تواند برای مقاومت بیشتر در برابر نیروهای جانبی بیشتر بدون تاثیر مواد ساختمانی طراحی گردد.

عنصر فیوز جزء کلیدی سیستم فیوز ساختاری می باشد. هدف فیوز استفاده به عنوان یک لینک بین فریم ساختاری و دیوارهای ساختمانی پر و جلوگیری از آسیب به مواد پر کردنی می باشد. تحت شرایط بار نوعی، مکانیسم فیوز نیروهای برش طبقه از فریم ساختاری را به پنل های پر ساختمانی منتقل می کند، که برای مقاوم بودن در برابر بارهای جانبی صفحه ای و محدود کردن خمش های فریم کمک می کند. اگر نیروهای برش طبقه به اندازه کافی زیاد باشند که باعث رفتار غیرالاستیک در پنل های ساختمانی گردند، عنصر فیوز برای شکست طراحی شده و دیوار پر را از فریم رها می کند قبل از اینکه آسیب برای مواد ساختمانی اتفاق افتد.

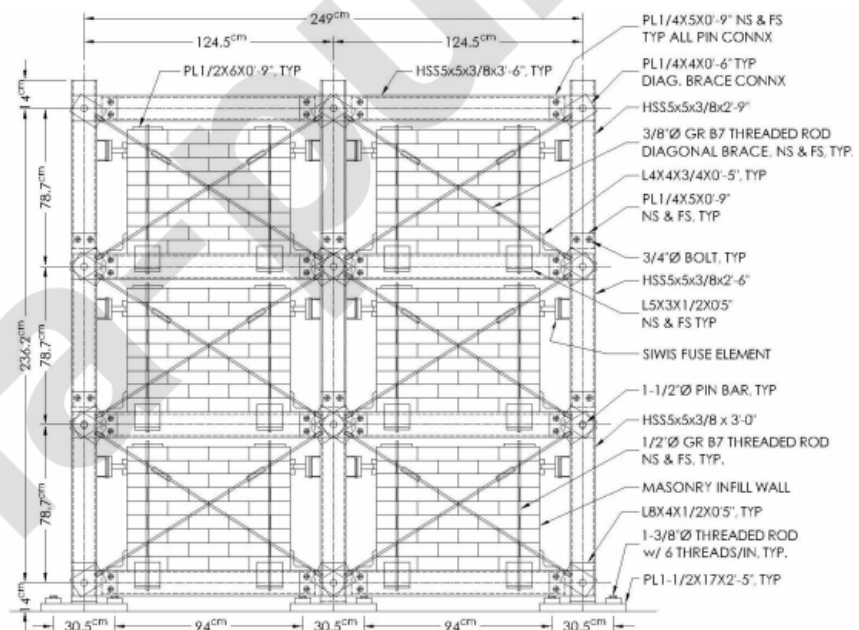
یک مطالعه تجربی اولیه نشان داد که مفهوم فیوز ساختاری به خوبی سیستم جداسازی لرزه ای عمل می کند. در این مطالعه، بارهای جابجایی کنترل شده با افزایش یکنواخت، در بالای طبقه یک فریم آزمایشی فولادی سه طبقه، دو دهانه با دیوارهای آجری پر و عناصر فیوز دیسک الوار اعمال شده بود. طبق نتایج تست، دیوارهای آجری پر سهم چشمگیری در سفتی صفحه ای فریم تست ایجاد کردند تا نقطه ای که عناصر فیوز شکسته شدند. مکانیسم فیوز به طور موفق پنل های پر را از فریم تست جدا کرد، که از آسیب به مواد ساختمانی اجری جلوگیری می کند. از آنجایی که مطالعه اولیه روی مفهوم توسعه و تصحیح مفهوم بر اساس تستهای یکنواخت متمرکز شده است، یک برنامه آزمایشگاهی پیگیری برای مطالعه پاسخ سیستم فیوز ساختاری تخت یک تاریخچه بار چرخه ای و برای ارزیابی کارایی سیستم با مواد ساختمانی پر مختلف توسعه یافته بود.

2-برنامه آزمایشگاهی

این مقاله جزئیات برنامه تست پیگیری را بحث می کند. در برنامه تست بحث شده در اینجا، دو مجموعه تست در آزمایشگاه تحقیقاتی مفاهیم ساختمانی و پوشش (DCERL) در دانشگاه ایالت پنسیلوانیا، در فریم تست یکسان استفاده شده توسط Aliaari انجام شده بود. برای اولین مجموعه تست ها، بارهای صفحه ای چرخه ای شبه استاتیک به فریم تست با پنل های دیوار اجری پر در مکان اعمال شده بود. در مجموعه تستهای دوم، مطالعه پارامتری با جایگزین کردن پنل های آجری پر با دیوارهای پر ساخته شده از واحدهای ساختمانی بتنی (CMU) و بلوکهای بتنی سبک اتوکلای (AAC) کامل شده بود. برای این تستها، بارهای یکنواخت با جابجایی کنترل شده تنها در یک جهت اعمال شده بود تا با پروتکل لود استفاده شده توسط Aliaari منطبق گردد.

هر دو مجموعه تست ها در مقیاس 1/4، فریم تست دو دهانه، سه طبقه انجام شده بود که به ترتیب در شکل های 1 و 2 نشان داده شده است. فریم تست نشان داده شده در شکل 1 از HSS $127 \text{ mm} \times 127 \text{ mm} \times 9.5 \text{ mm}$ ($5 \times 5 \times 3/8 \text{ in.}$) اعضای فولادی ساختاری توخالی متصل با پین با استفاده از میله های فولادی با قطر $38/1 \text{ mm}$ تشکیل شده تا به حرکت های طبقه ی کافی در طی کشیدن (racking) اجازه دهد و مطالعه سیستم در پیکربندی محکم و محکم به طور جزئی (انعطاف پذیر) را ممکن سازد. نمونه های دیوار ساختمانی پر با تیر پایینی هر دهانه از فریم تست با فاصله $125/5 \text{ mm}$ بین کناره های دیوار و ستون های HSS، و یک شکاف بین $38/1 \text{ mm}$ و $60/3 \text{ mm}$ بین بالای دیوارها و میله پایینی پشتیبانی شده بودند. زاویه های فولادی به بالای میله های پشتیبان در دو طرف پنل های پر جوش داده شده بودند تا از لغزش پایه های دیوار در جهت های صفحه ای پیشگیری نمایند. حرکت خارج صفحه ای در پایین پنل های پر با زوایای فولادی جوش خورده به اطراف میله ای HSS پیشگیری شده بود. به منظور پیشگیری از واژگون شدن پنل های پر، صفحات فولادی به بالای دیوارها با استفاده از میله های رشته ای با قطر $12/7 \text{ mm}$ پیچ شده به پایه های برجسته این زوایا ایمن شده بودند.

شکل 1- فریم تست فولادی با قیاس 1/4، دو دهانه، سه طبقه



شکل 2- پلت فرم تست بتنی و فریم واکنش فولادی



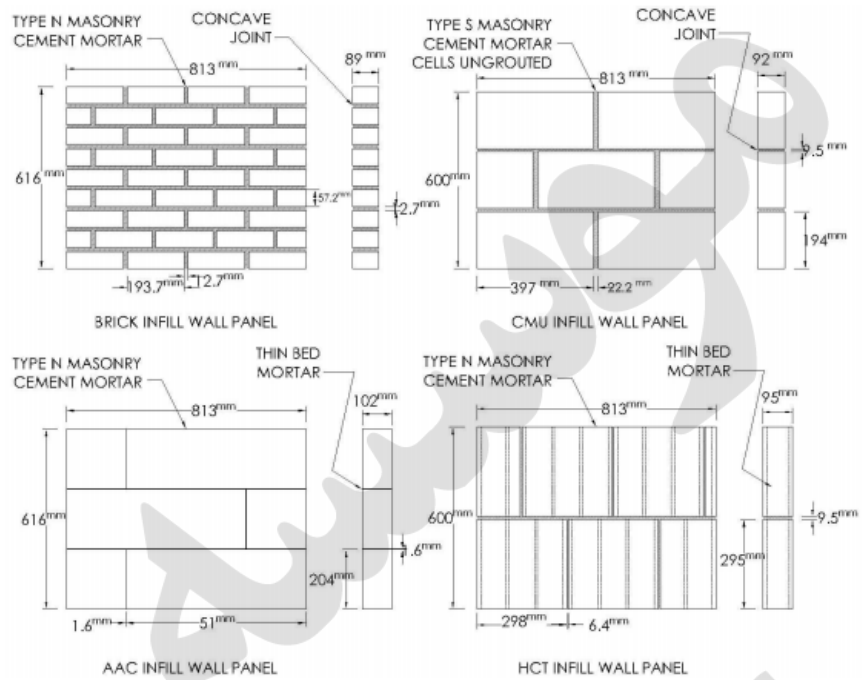
در صفحه، پایداری جانبی فریم تست با میله های فولادی مهاربند قطری تامین شده بود. در پیکربندی کاملاً مهاربندی، همه چهار بست قطری در هر دهانه، با دو میله ی مهاربندی در هر طرف پنل های پر استفاده شده بودند. برای پیکربندی نیمه بند، میله های مهاربندی تنها در یک دهانه هر طبقه استفاده شده بودند. سیستم مهاربندی قطری طراحی شده بود طوری که در پیکربندی کاملاً مهاربندی، فریم فولادی بین مفصل کاذب دارای سفتی صفحه ای یکسان به عنوان فریم فولادی با اتصالات مقاوم گشتاور بوده است. هر عضو مهاربندی قطری تشکیل شده از دو میله های رشته ای با قطر 9/5 mm، گرید B7، با رشته های مخالف، با استفاده از یک سرپیچ جفت کننده ویژه، با رشته های سمت راست در یک طرف و رشته های سمت چپ در طرف دیگر به یکدیگر متصل شدند. میله های مهاربندی با استفاده از صفحه های اتصال فولادی متصل شده بودند که روی میله های بین فولادی با قطر 3/1 MM فیت شدند. میله ها با استفاده از سرپیچ های جفت کننده جوش خورده به صفحات متصل شده بودند.

دیوارهای ساختمانی پر استفاده شده در تست های چرخه ای و پارامتری در مرکز آزمایشی BCERL توسط سنگ تراش حرفه ای ایجاد شده بودند. تستهای برشی مخرب برای تعیین استحکام برشی صفحه ای هر نوع از پنل های دیوار ساختمانی انجام شده بودند. آجر، CMU، AAC، نمونه های و دیوار پر کاشی رسی توخالی (HTC) استفاده شده برای این برنامه تست در شکل 3 نشان داده شده است. پنل های دیوار آجری برای تست های چرخه ای استفاده شده بود در حالی که CMU و AAC برای مطالعه پارامتری استفاده شده بودند. نمونه

های دیوار پر HTC در تستهای برشی مخرب استفاده شده بودند، اما در تست های سیستم فیوز ساختاری به دلیل ظرفیت برشی صفحه ای پایین استفاده نشده بودند. تنظیمات برای تست های برشی مخرب در شکل 4 نشان داده شده است. نتایج این تستها در جدول 1 ارائه شده است.

در طی تست های سیستم فیوز ساختاری، بارهای جانبی به فریم تست در هر سطح طبقه با استفاده از سیلندره‌های هیدرولیک متصل به فریم واکنش فولادی نشان داده شده در شکل 2 اعمال شده بود. بارهای صفحه ای جانبی از فریم تست فولادی به دیوارهای ساختمانی پر از طریق مکانیسم فیوز نشان داده شده در شکل 5 منتقل شده بودند. همانطور که در این شکل نشان داده شده، عناصر فیوز دیسکی الوار با قطر 100 m با یک دیسک نشیمنگاه فولادی و مجموعه لوله جوش خورده به ستون های HSS در نزدیکی بالای پنل های پر در مکان نکه داشته شده اند. مکانیسم پانچ فیوز از میله فولادی نیم رشته ای با قطر 22/4 mm ، تشکیل شده که به صفحه مهاربندی فولادی متصل می باشد که به پنل های پر *was epoxied to the infill* panelsoxied شده بود. عناصر فیوز دیسکی الوار استفاده شده در برنامه تست چرخه ای و پارامتری از تخته افرای سخت برش خورده بودند. تستهای سوراخ دیسک الوار برای ارزیابی استحکام عناصر فیوز و تعیین ضخامت مناسب دیسک برای استفاده با هر نوع از مواد ساختمانی پر کردنی انجام شده بود. نتایج مجموعه های اولیه تستهای سوراخ دیسک الوار که به عنوان بخشی از این برنامه تست انجام شده بود در جدول 2 ارائه شده است. تست فیوز ساختاری نشان داده شده در اینجا بر اساس نتایج بدست آمده از تست های نشان داده شده در مطالعه اولیه ایجاد شده است که مواد مختلفی مانند دیسک های بتنی و چوبی تست شده بودند. این مطالعه همچنین الگوهای جابجایی- بار برای عناصر فیوز نوعی را ارائه کرده و نشان داد که دیسک های چوبی ظرفیت تغییر شکل بهتری دارد و شکل پذیری مطلوبی برای سیستم دیوار پر با عناصر فیوز دارند. مسائل کالبراسیون مرتبط با عناصر فیوز همانطور که برای برنامه های تست مورد نیاز می باشند می توانند در اسناد گسترش یافته توسط Aliaari و Kauffman مشاهده شوند.

شکل 3- نمونه های دیوار پر ساختمانی



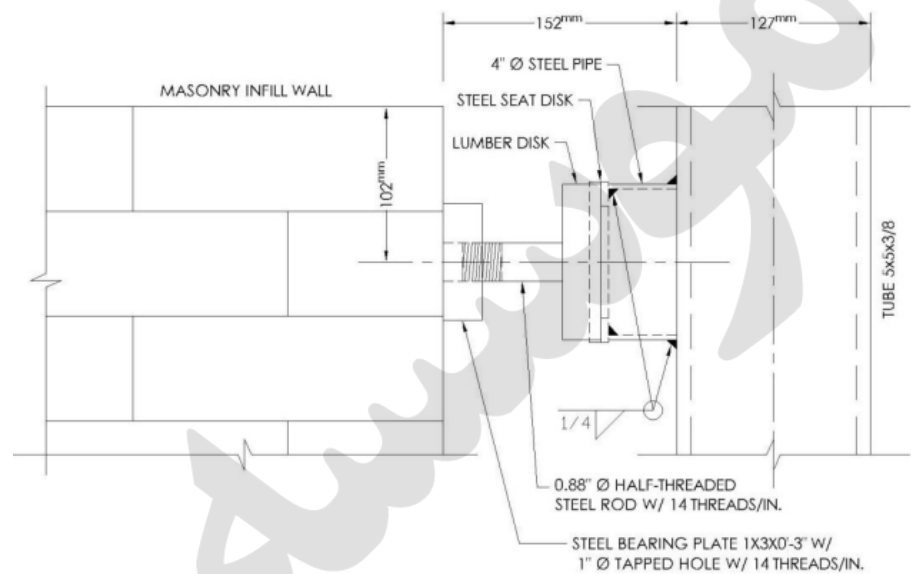
شکل 4- ستاپ تست برشی مخرب صفحه ای



جدول 1- نتایج تست برشی پنل دیوار ساختمانی

Wall Specimen	Masonry Material	Peak Capacity	Average	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Stiffness Average		Standard Deviation	Coefficient of Variation
		kN				kN/mm	kN/mm		
W1	AAC	61.47	56.8	6.2	11.3	5.62	7.0	1.5	21.3
W2	AAC	52.09				6.37			
W3	AAC	61.16				8.27			
W4	AAC	52.44				7.76			
W5	CMU	114.50	97.7	20.0	20.5	13.38	15.5	2.3	14.7
W6	CMU	108.49				16.41			
W7	CMU	87.36				17.64			
W8	CMU	80.51				14.73			
W9	HCT	9.70	18.6	6.2	78.4	1.66	3.7	1.5	80.5
W10	HCT	27.49				5.66			

شکل 5- جزئیات مکانیسم فیوز



برای برنامه تست چرخه ای ، بارهای جابجایی کنترل شده ، شبه استاتیک، در ابتدا به طور همزمان به سطح طبقات اول ، دوم و سوم با استفاده از سه جک هیدرولیک اعمال شدند. دو پیکربندی مهاربندی تست شده بودند، که تمام بند و نیمه بند را شامل می شوند تا کارایی سیستم فیوز ساختاری برای فریم هایی با خواص سفتی صفحه ای را مشاهده نمایند. ضخامت عنصر فیوز نیز متغیر بوده است. برای برخی از تستها ، ضخامت عنصر فیوز مشابه در هر سطح طبقه استفاده شده بود. برای سایر تستها، یک ضخامت عنصر فیوز متفاوت در هر طبقه استفاده شده بود. ماتریس تست برنامه تست چرخه ای در جدول 3 نشان داده شده است. همانطور که جدول نشان می دهد ، نمونه تست پیکربندی های فریم عریان، تمام بند و نیم بند را شامل می شود. دیاگرام های هر پیکربندی تست در شکل 6 نشان داده شده است. شکل 7 موقعیت عناصر فیوز در فریم تست فولادی در طی تست های چرخه ای را نشان می دهد. داده جمع آوری شده در طی تست های چرخه ای بار اعمال شده به فریم تست با سیلندرهای هیدرولیک، خمش صفحه ای فریم تست در هر طبقه و نیروهای برشی انتقال یافته از فریم تست به دیوارهای پر آجری از طریق عناصر فیوز ساختاری را شامل می شود.

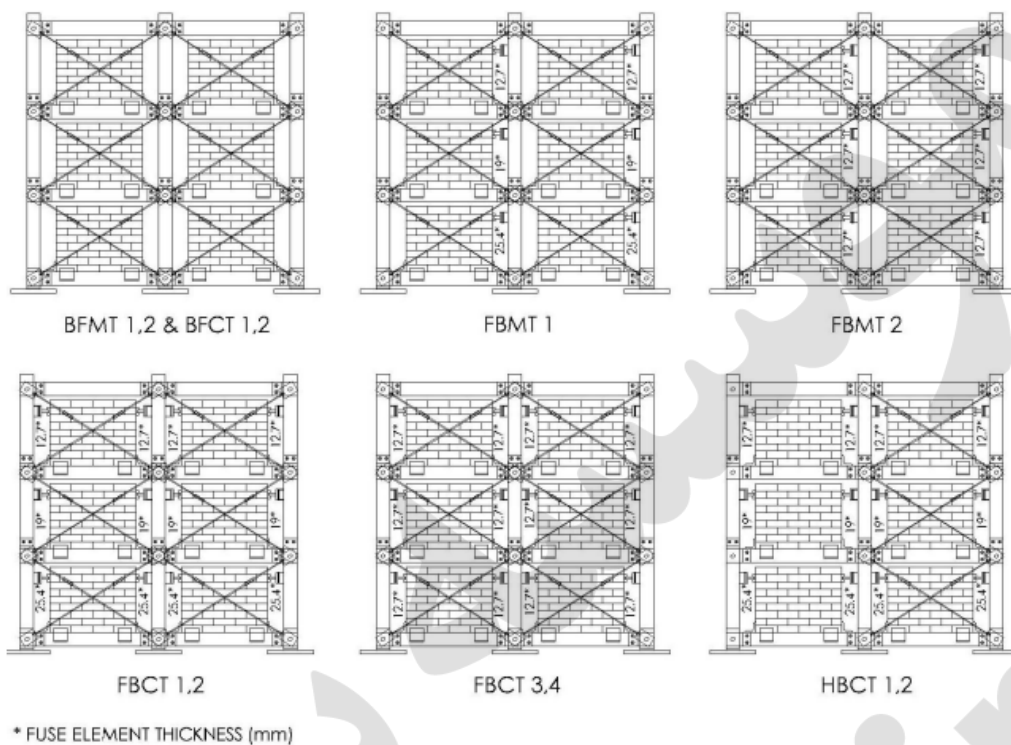
جدول 2- نتایج تست سوراخ دیسک الوار

Disk Specification	Thickness	Weight	Volume	Density	Average	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Capacity	Average	Standard Deviation	Coefficient of Variation
	mm	gr	cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³	CV%	kN	kN	kN	CV%
D1	12.9	74.9	100.9	0.74				8.47			
D2	12.9	74.0	100.9	0.73	0.72	0.0249	3.3	11.21	10.66	1.97	18.5
D3	12.9	70.4	100.9	0.70				12.29			
D4	19.1	106.7	149.1	0.72				18.72			
D5	19.3	108.5	151.1	0.72	0.71	0.0111	1.7	19.16	19.11	0.37	1.9
D6	19.3	105.1	151.1	0.70				19.46			
D7	25.4	139.4	197.9	0.70				22.46			
D8	25.6	142.3	199.8	0.71	0.70	0.00830	1.2	19.94	21.99	1.87	8.5
D9	25.4	137.6	197.8	0.70				23.59			
D10	38.3	243.1	301.7	0.81				38.31			
D11	38.1	236.1	298.2	0.79	0.77	0.0498	6.4	35.53	37.05	1.41	3.8
D12	38.1	215.2	301.2	0.71				37.32			

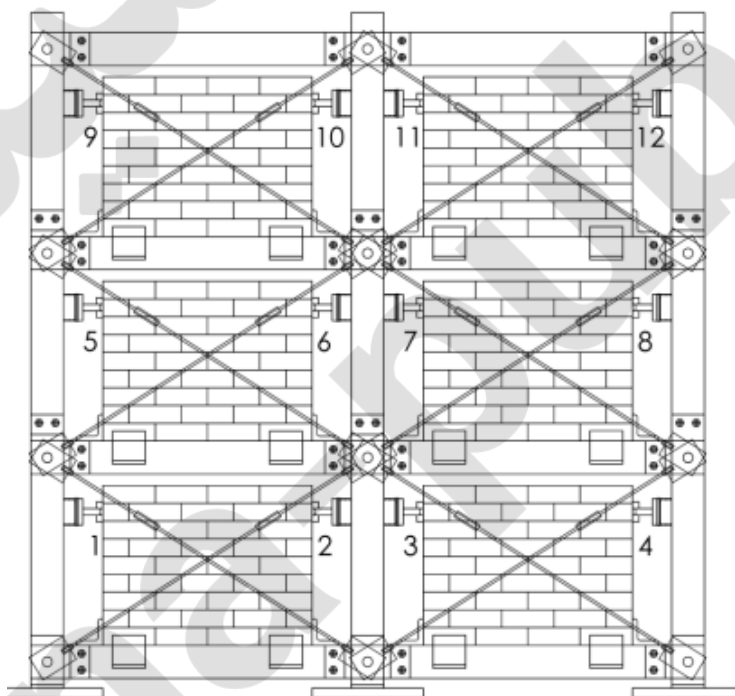
جدول 3- ماتریس تست برنامه تست چرخه ای

Test	Type	Description	Fuse Element Thickness (mm)		
			1st Story	2nd Story	3rd Story
BFMT1	Bare Frame Monotonic Test	Fully braced, no fuse elements	NA	NA	NA
BFMT2	Bare Frame Monotonic Test	Fully braced, no fuse elements	NA	NA	NA
FBMT1	Full Brace Monotonic Test	Fully braced, with fuse elements	25.4	19.1	12.7
FBMT2	Full Brace Monotonic Test	Fully braced, with fuse elements	0.5	12.7	12.7
BFCT1	Bare Frame Cyclic Test	Fully braced, no fuse elements	NA	NA	NA
BFCT2	Bare Frame Cyclic Test	Fully braced, no fuse elements	NA	NA	NA
FBCT1	Full Brace Cyclic Test	Fully braced, with fuse elements	25.4	19.1	12.7
FBCT2	Full Brace Cyclic Test	Fully braced, with fuse elements	25.4	19.0	12.7
FBCT3	Full Brace Cyclic Test	Fully braced, with fuse elements	12.7	12.7	12.7
FBCT4	Full Brace Cyclic Test	Fully braced, with fuse elements	12.7	12.7	12.7
HBCT1	Half Brace Cyclic Test	Half braced, with fuse elements	25.4	19.1	12.7
HBCT2	Half Brace Cyclic Test	Half braced, with fuse elements	25.4	19.1	12.7

شکل 6- پیکربندی فریم تست برای برنامه تست چرخه ای



شکل 7- موقعیتهای عنصر فیوز در فریم تست



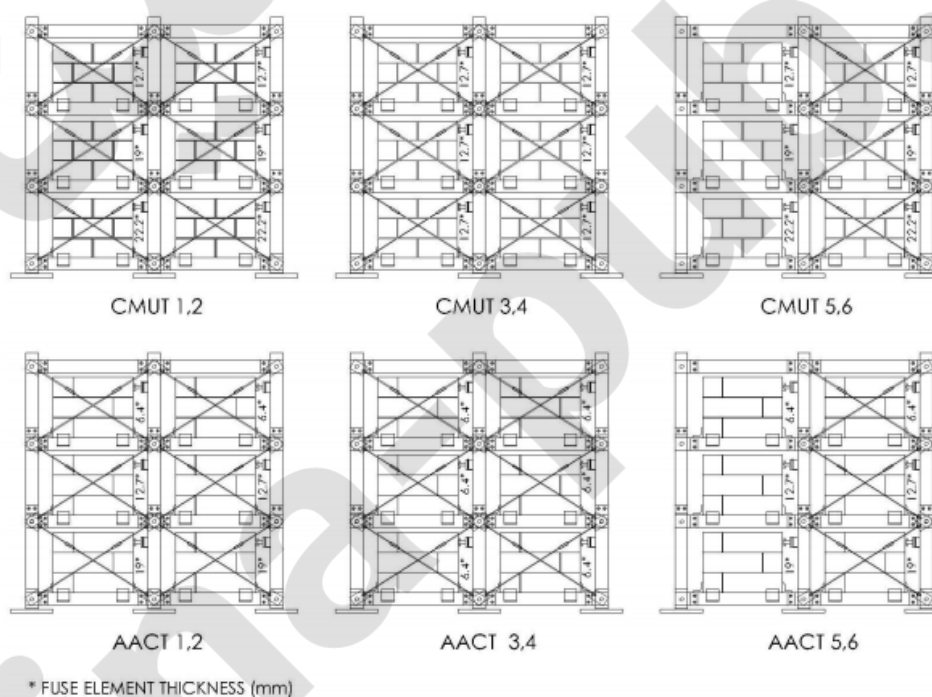
برای تستهای پارامتری، بارهای یکنواخت در طبقه سوم فریم تست با استفاده از یک سیلندر هیدرولیک اعمال شده بود. مانند تست های چرخه ای، ضخامتهای متغیر عنصر فیوز و پیکربندی های مهاربندی آزمایش شده بودند. یک ماتریس تست برای مجموعه تست های پارامتری در جدول 4 نشان داده شده است. شکل 8

ارتفاعات نوعی نمونه های تمام بند و نیمه بند را نشان می دهد. داده جمع اوری شده در طی این تستها بار اعمال شده در سطح طبقه سوم فریم تست با سیلندر هیدرولیک ، و خمش صفحه ای فریم تست در هر سطح طبقه را شامل می شود.

جدول 4- ماتریس تست برنامه تست پارامتری

Test	Masonry Material	Description	Fuse Element Thickness (mm)		
			First Story	Second Story	Third Story
CMUT1	CMU	Fully braced, with fuse elements	22.2	19.1	12.7
CMUT2	CMU	Fully braced, with fuse elements	22.2	19.1	12.7
CMUT3	CMU	Fully braced, with fuse elements	12.7	12.7	12.7
CMUT4	CMU	Fully braced, with fuse elements	12.7	12.7	12.7
CMUT5	CMU	Half braced, with fuse elements	22.2	19.1	12.7
CMUT6	CMU	Half braced, with fuse elements	22.2	19.1	12.7
AACT1	AAC	Fully braced, with fuse elements	19.1	12.7	6.4
AACT2	AAC	Fully braced, with fuse elements	19.1	12.7	6.4
AACT3	AAC	Fully braced, with fuse elements	6.4	6.4	6.4
AACT4	AAC	Fully braced, with fuse elements	6.4	6.4	6.4
AACT5	AAC	Half braced, with fuse elements	19.1	12.7	6.4
AACT6	AAC	Half braced, with fuse elements	19.1	12.7	6.4

شکل 8- پیکربندی های فریم تست برای برنامه تست پارامتری

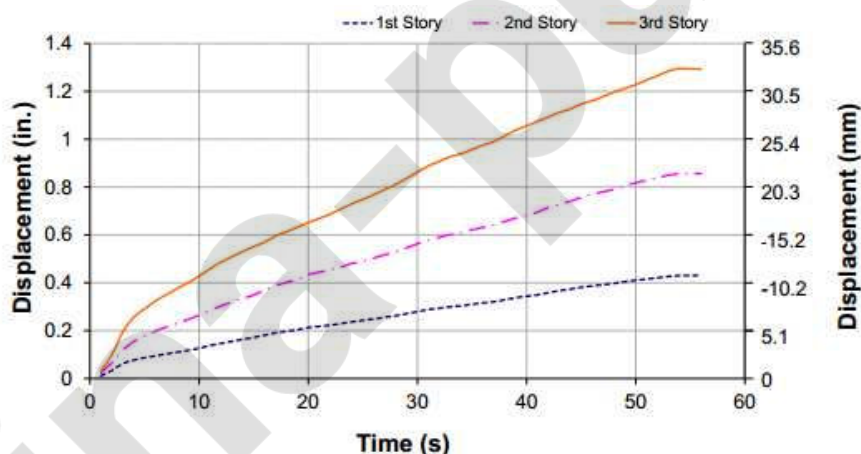


3- تست های یکنواخت و چرخه ای با پنل های آجری پر

1-3- تست های یکنواخت فریم عریان

در آغاز برنامه تست چرخه ای ، تست های یکنواخت فریم عریان بدون عنصر فیوز انجام شده بود، طوری که فریم تست می توانست به طور مستقل از دیوارهای پر عمل نماید. پیکربندی تمام بند با همه پله های مهاربندی قطری در محل استفاده شده بود. هدف این تستها شبیه سازی حالت اولیه، شکل جابجایی فریم تست مثلثی معکوس با اعمال بارهای کنترل شده جابجایی همزمان در هر طبقه با استفاده از سه سیلندر هیدرولیک می باشد. طبق Tomazevic و Klemenc ، شکل حالت غالب برای ساختارهای ساختمان نوعا پاسخ حالت اولیه می باشد که با یک شکل مثلثی معکوس مشخص شده است. تاریخچه های جابجایی طبقه از BFMT2 (تست یکنواخت فریم عریان 2) ، نشان داده شده در شکل 9، نشان داد که جابجایی اعمال شده در هر سطح طبقه در طی این تستها، نیروی اعمال شده توسط سیلندر در طبقه سوم فریم تست بسیار بزرگتر از بار اعمال شده در سطح طبقات اول و دوم بوده است. برای هر دو این تستها، نیروی ماکزیمم اعمال شده در سطح طبقه سوم بین 10680 N و 11120 N بوده، در حالی که ماکزیمم نیروی اعمالی در طبقه دوم و اول کمتر از 890 N بوده است. از آنجایی که ژئومتری و سفتی اعضای مهاربندی در هر طبقه مشابه بوده، فریم طبیعتا یک شکل خمشی مثلثی معکوس فرض شده ، و بار بسیار کم مورد نیاز بوده تا در طبقات اول و دوم اعمال شود تا این شکل حالت را حفظ نماید.

شکل 9- تاریخچه جابجایی تست چرخه ای فریم عریان 2 (BFMT2)



3-2- تست های یکنواخت تمام بند

بعد از اینکه یک رویکرد بار مناسب برای تولید پاسخ حالت اولیه در فریم تست تعیین شد، تستهای یکنواخت تمام بند با عناصر فیوز در مکان عمل کننده در پنل های اجری پر انجام شده بود. برای این تستها، عناصر فیوز

ساختاری در سمت فشرده سازی هر پنل آجری پر نصب شده بود. برای FBMT1 (تست یکنواخت تمام بند 1) ، ضخامت عناصر فیوز در طبقات اول، دوم و سوم به ترتیب 12/7 mm، 19/1 mm، 25/4 mm بوده است. برای تست FBMT2، دیسک هایی با ضخامت 12/7 mm در هر طبقه استفاده شده بودند. برای هر دو این تستها پیکربندی تمام بند با همه میله های مهاربندی قطری در مکان روی فریم تست استفاده شده بود. هدف این تستها برای مشخص کردن پارامترها برای تاریخچه بار شبه الاستیک بوده است. این پارامترها سطح تغییر شکل را شامل می شود که در آن رفتار غیرالاستیکی نمونه های تست شروع می شود، افزایش در قله تخریب بین مراحل بار متعاقب، و تعداد چرخه های منفرد در هر مرحله بار انجام شد. طبق پروتکل بارگیری ، بعد از رسیدن به مقدار راندمان پارامتر کنترل تغییر شکل، δ_r ، افزایش در تغییر شکل قله، Δ ، باید برای مراحل بار متعاقب ثابت باشد. برای تستهای سیستم فیوز ساختاری ، رفتار غیر الاستیک در شروع شکستگی در عناصر فیوز دیسک الوار اتفاق می افتد.

در طی هر دو تست یکنواخت تمام بند، نسبتهای مطلوب جابجایی طبقه حفظ شده بودند که به یک شکل جابجایی مثلثی معکوس فریم تست منجر شد. مانند تست های یکنواخت فریم عریان، نیروی اعمال شده با سلندر هیدرولیک در طبقه سوم بزرگتر از نیروی اعمال شده توسط سلنדרها در طبقات اول و دوم بوده است. ماکزیمم نیروهای میله سوراخ کننده در هر موقعیت دیسک که در طی هر دو تست اندازه گیری شدند در جدول 5 ارائه شده است. نمودارهای نیرو در میله فولادی در هر موقعیت عنصر فیوز در برابر انحراف فریم طبقه سوم برای تست FBMT1 در شکل 10 نشان داده شده است.

شکل 5- نیروهای فیوز تست یکنواخت تمام بند (FBMT)

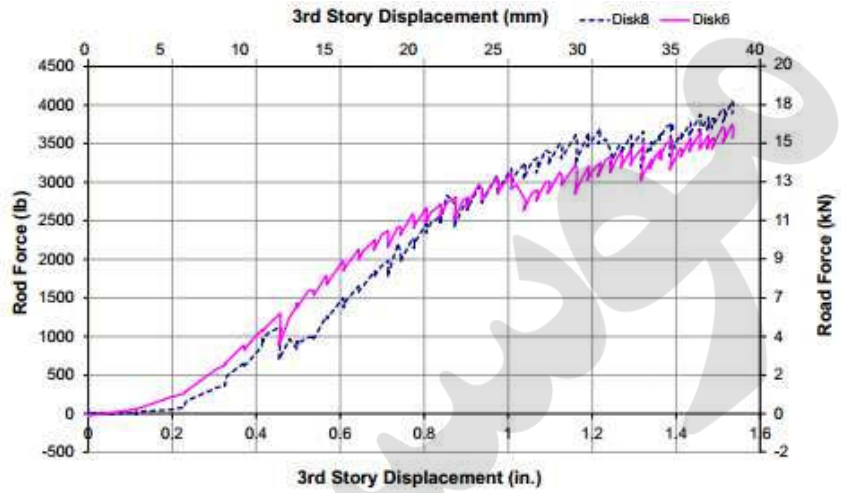
Story Level	Test Label	Fuse Thickness (mm)	Fuse Location	Maximum Fuse Force (kN)	Average Fuse Force (kN)
First Story	FBMT1	25.4	Fuse 2	14.55	16.92
			Fuse 4	19.30	
	FBMT2	12.7	Fuse 2	11.30	11.21
			Fuse 4	11.11	
Second Story	FBMT1	19.1	Fuse 6	16.69	17.35
			Fuse 8	18.02	
	FBMT2	12.7	Fuse 6	9.96	10.86
			Fuse 8	11.77	
Third Story	FBMT1	12.7	Fuse 10	11.01	10.28
			Fuse 12	9.54	
	FBMT2	12.7	Fuse 10	11.11	10.78
			Fuse 12	10.46	

در طی تستهای یکنواخت تمام بند، پینل های آجر پر مقدار استحکام قابل توجهی به کل مقاومت بار صفحه ای فریم تست اعمال کردند. جدول 6 کل بار صفحه ای انتقال یافته به پینل های پر از طریق عناصر فیوز در هر طبقه در طی تست های FBMT1 و FBMT2 در فواصل جابجایی 30/5 mm, 20/3 mm, 10/2 mm طبقه سوم را خلاصه می کند. درصد زیادی از بار صفحه ای کل از طریق عناصر فیوز در جابجایی 25/4MM طبقه سوم انتقال یافته بود. وقتی جابجایی طبقه سوم به 30/5 mm رسید، درصد کمی از بار صفحه ای به دیوارهای پر انتقال یافته بود زیرا عناصر فیوز توسط این نقطه از تست بیشتر آسیب دیده بودند. حتی بعد از اینکه عناصر فیوز به طور قابل توجهی آسیب دیدند، برخی از بارهای صفحه هنوز از طریق عناصر فیوز به دیوارهای پر انتقال یافته بودند.

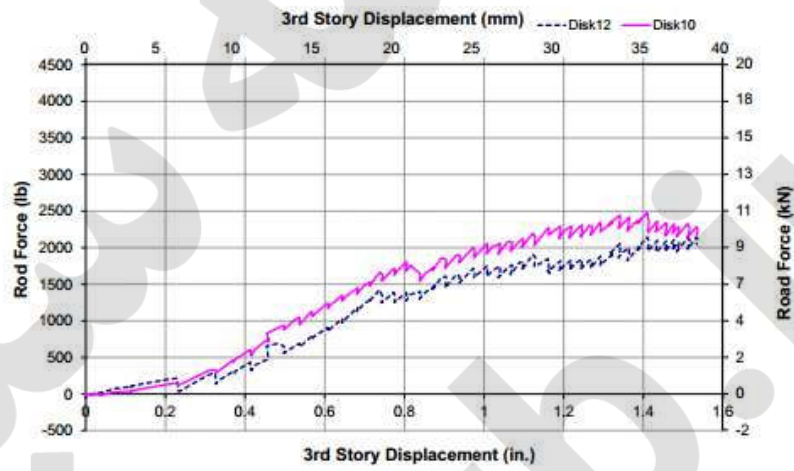
شکل 10-تست FBMT1 پانچ کننده تاریخچه نیروی میله (a) FBMT1 تاریخچه های اولین طبقه؛ (b) FBMT1 تاریخچه میله های طبقه دوم؛ (c) FBMT1 تاریخچه میله های طبقه سوم



(a)



(b)



(c)