

ترمیم و تقویت سازه های بتنی توسط دیوار برشی فولادی

چکیده:

دیوار برشی فولادی برای مقاوم سازی ساختمانهای فولادی در حدود ۱۵ سال اخیر مورد توجه خاص مهندسين سازه قرار گرفته است . ویژگیهای منحصر به فرد آن باعث جلب توجه بیشتر همگان شده است ، از ویژگیهای آن اقتصادی بودن آن ، اجرای آسان ، وزن کم نسبت به سیستمهای مشابه ، شکل پذیری زیاد ، نصب سریع ، جذب انرژی بالا و کاهش قابل ملاحظه تنش پس ماند در سازه را می توان نام برد . تمام دلایل ما را به این فکر وا داشت که استفاده از آن را در ترمیم ساختمانهای بتنی مورد مطالعه قرار بدهیم . چون این سیستم دارای وزن کم بوده ، به سازه بار اضافی وارد نکرده و حتی با اتصالاتش باعث تقویت تیر و ستونهای اطراف خود می شود و همچنین این سیستم نیازی به تجهیزات خاص ندارد و می تواند بدون تخلیه ساختمان و تخریب اعضا سازه ای به بقیه اجزای سازه ای وصل شود . البته طراحی این سیستم در ساختمانهای بتنی بغیر از حالت ترمیمی اقتصادی به نظر نمی آید .

در این مقاله توضیحات اولیه ای از دیوار برشی فولادی جهت آشنایی بیشتر ارائه شده ، و در قسمتهای بعدی بررسی در تقویت و ترمیم سازه های بتنی مورد مطالعه قرار خواهد گرفت و تفاوت آن با LYP رفتار پانلهای برشی فولادی 1 سیستم بادبندی مشابه مورد توجه قرار خواهد گرفت ، و در آخر نتایج آزمایشات بررسی خواهند شد.

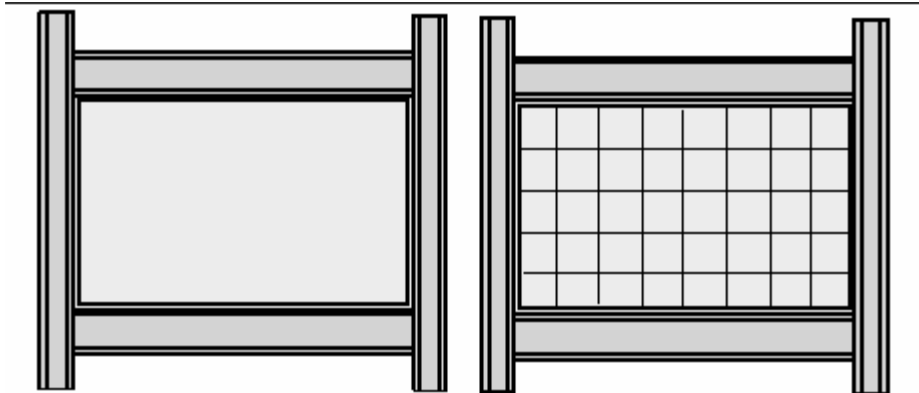
۱- مقدمه:

برای گرفتن نیروهای جانبی زلزله و باد در ساختمانهای بلند در سالهای اخیر SSW دیوارهای برشی فولادی ۲ مطرح و مورد توجه قرار گرفته است. این پدیده نوین که در جهان سرعت رو به گسترش می باشد در ساخت ساختمانهای جدید و همچنین تقویت ساختمانهای موجود بخصوص در کشورهای زلزله خیزی همچون آمریکا و ژاپن بکار گرفته شده است. استفاده از آنها در مقایسه با قابهای ممان گیر تا حدود ۵۰٪ صرفه جویی در مصرف فولاد را در ساختمانها به همراه دارد.

دیوارهای برشی فولادی از نظر اجرائی، سیستمی بسیار ساده بوده و هیچگونه پیچیدگی خاصی در آن وجود ندارد. لذا مهندسان، تکنسینها و کارگران فنی با دانش فنی موجود و بدون نیاز به کسب مهارت جدید می توانند آنها را اجرا نمایند. دقت انجام کار در حدودت های متعارف در اجرای سازه های فولادی بوده و با رعایت آن ضریب اطمینان اجرائی به مراتب بالاتر از انواع سیستم های دیگر می باشد. با توجه به سادگی و امکان ساخت آن در کارخانه و نصب آن در محل، سرعت اجرای سیستم بالا بوده و از هزینه های اجرائی تا حد بالایی کاسته می شود. سیستم از نظر سختی برشی از سخت ترین سیستم های مهاربندی که X شکل می باشد، سخت تر بوده و با توجه به امکان ایجاد باز شو در هر نقطه از آن، کارائی همه سیستم های مهاربندی را از این نظر دارا می باشد.

همچنین رفتار سیستم در محیط پلاستیک و میزان جذب انرژی آن نسبت به سیستم های مهاربندی بهتر است. در سیستم دیوارهای برشی فولادی به علت گستردگی مصالح و اتصالات، تعدیل تنش ها به مراتب بهتر از سیستمهای مقاوم دیگر در برابر بارهای جانبی مانند قاب ها و انواع مهاربندی که معمولاً در آنها مصالح به صورت دسته شده و اتصالات متمرکز می باشند، صورت گرفته و رفتار سیستم بخصوص در محیط پلاستیک مناسب تر می باشد.

گزارش اولیه تحقیقات انجام شده در تابستان سال ۲۰۰۰ میلادی در آزمایشگاه سازه دیویس هال دانشگاه برکلی کالیفرنیا نشان می دهد، ظرفیت دیوارهای برشی فولادی برای مقابله با خطرانی مانند زلزله، طوفان و انفجار در مقایسه با دیگر سیستم ها مثل قابهای ممان گیر ویژه حداقل ۲۵٪ بیشتر می باشد. در آزمایشگاههای تحقیقاتی استفاده گردیده است که ظرفیت آن حدوداً ۶۶۷۰ KN می باشد. آزمایشهای مذکور نشان میدهد، دیوار برشی فولادی دارای شکل پذیری بسیار بالائی هستند. به لحاظ اهمیت موضوع بودجه این تحقیقات که به منظور دستیابی به یک سیستم مطمئن جهت ساخت ساختمانهای فدرال آمریکا برای آنکه بتوانند در مقابل خطرانی مانند زلزله، طوفان و بمب مقاومت نمایند، توسط بنیاد ملی علوم آمریکا و اداره خدمات عمومی آمریکا تأمین گردیده است.



شکل ۱ (شکلی از دیوار برشی فولادی در سازه های فولادی با سخت کننده و بدون سخت کننده)

۲- ساختمانهای ساخته شده با استفاده از دیوار برشی فولادی:

اولین ساختمان ساخته شده با استفاده از این روش بیمارستانی در لس آنجلس به نام بیمارستان Sylmar بود.

یکی از بزرگترین سازه های ساخته شده با سیستم دیوار برشی فولادی ساختمان شینجوکونومورا ۳ در توکیو است که این ساختمان دارای ۵۱ طبقه بوده و ارتفاع آن از سطح زمین ۲۱۱ متر است . ۵ طبقه آن در زیر زمین واقع بوده و ۲۷ متر آن پایین تر از سطح زمین قرار دارد و برای اجتناب از بکارگیری دیوار برشی بتنی ، از سیستم دیوار برشی / ۵ فولادی در هسته های مرکزی ساختمان که اطراف آسانسور ها ، پله ها و رایزر های تاسیساتی می باشد ، استفاده گردید.

یکی از کاربردهای این پانلها در تقویت سازه های بتنی در ساختمان مرکز درمانی در چارلستون می باشد این سازه در اثر زلزله ۱۹۶۳ آسیب دیده بود. این ساختمان متشکل از ساختمانهای متعددی از یک تا پنج طبقه می باشد که زیر بنا ی آنها نزدیک به ۳۲۵۰۰ متر مربع است . برای تقویت این سازه از بهترین تیم طراحی و تحقیقاتی استفاده گردید . بعد از بررسیهای فراوان این سیستم را با توجه به دلایل زیر مناسب دانستند:

- جلوگیری از اختلال در کار روزانه و کاهش مشکلات برای بیماران ، بعلت سرعت نصب آن
 - جلوگیری از کاهش زیر بنای مفید و اتلاف فضاها
 - پیش بینی امکان تغییرات در آینده ، زیرا در دیوار برشی فولادی به سادگی می توان تغییرات مورد نظر را اعم از جابجائی معماری و یا ایجاد بازشو به خاطر عبور تاسیسات داد.
 - جلوگیری از ازدیاد وزن سازه
- به جز ساختمانهای بالا سازه های فراوانی از جمله:

ساختمان مرکزی ۵۴ طبقه بانک وان ملون در پیتسبورگ پنسیلوانیای آمریکا

ساختمان مسکونی ۵۱ طبقه واقع در سان فرانسیسکو
ساختمان ۲۵ طبقه در ادمونتون کانادا
ساختمان ۳۲ طبقه بایرهویچ هوس در لورکوزن آلمان
ساختمان ۲۰ طبقه دادگاه فدرال در سیاتل آمریکا
برای تقویت ساختمان بتنی، کتابخانه ایالتی اورگان را می توان نام برد که در آن برای تقویت از دیوار
برشی فولادی استفاده شده است.

۳- معرفی سیستم دیوار برشی فولادی برای تقویت سازه های بتنی ساخته شده:

سال ۱۹۹۵ زلزله در Hugoken-Nanbu4 که زلزله مهیبی بود، باعث کشته و مجروح شدن
انسانهای زیادی شد. ساختمانهای بسیاری آسیب جدی دیدند و ساختمانهایی که قبل از سال ۱۹۸۱
و مخصوصاً قبل از ۱۹۷۱ ساخته شده بودند، خسارت شدیدی را متحمل گردیدند و حتی برخی از
آنها فرو ریختند.

این امر نشانگر این است که آیین نامه و مقررات قدیمی برای طراحی ساختمان بنحو مناسبی نیروهای
زلزله و شکل پذیری سازه ای را در نظر نگرفته اند.

در سال ۱۹۹۹ زلزله در chi-chi تایوان نیز باعث زیان فراوان و تخریب بسیاری از سازه ها شد.
دوباره این ساختمانهایی که قبل از سال ۱۹۸۳ طراحی و ساخته شده بودند، تخریب شدند و بعد از
زمین لرزه ۱۹۹۹ تمام مقررات و آیین نامه های زلزله مورد باز بینی قرار گرفته و همه مقررات قبلی
لغو شدند. ضرایب لرزه ای منطقه ای در هرناحیه تایوان تولید و ایجاد گردید. برای مثال شتاب زمین
لرزه در منطقه Taichung از $g_{0.23}$ به $g_{0.33}$ افزایش یافت.

در نتیجه تقریباً همه ساختمانها در Taichung مطابق با مقررات طراحی جدید احتیاج به مقاوم
سازی پیدا کردند.

هدف این پروژه افزایش و بهبود بخشیدن مقاومت لرزه ای ساختمانهای بتن مسلح می باشد. این
پروژه شامل سه زیرمجموعه است که شامل:

پیدا کردن و پی بردن به میزان کمبود مقاومت لرزه ای ساختمانهای بتن آرمه موجود بر اساس
آیین نامه جدید

مساله نیروهای وارد بر سازه کناری و همجوار بعلت تغییر مکانهای بیش از اندازه جانبی آنها
تحقیق در مورد دو روش برای جذب انرژی توسط پانلهای برشی فولادی و بادبند فولادی برای
بهبود مقاومت لرزه ای سازه های موجود.

۴ - مشخصات لرزه ای پانلهای برشی فولادی با نقطه تسلیم پایین (LYP):

استفاده از دیوار برشی فولادی باعث بهبود مقاومت لرزه ای سیستم در طراحی ساختمانهای جدید و مقاوم کردن ساختمانهای ساخته شده می شود. صفحات فولادی نازک تمایل به کماتش دارند و از این رو ظرفیت جذب انرژی در این صفحات محدود است.

اخیرا روشهای جدید و تکنولوژی های بدست آمده در زمینه فلزات ، صفحات فولادی جدید را در دسترس ما گذاشته است. این نوع فولاد دارای تنش تسلیم کمتر افزایش طول بالا می باشند و توانایی تغییر شکل دادن و جذب انرژی بیشتری را قبل از شکستن از خود نشان می دهند. یکی دیگر از ویژگیهای آن پایین بودن نقطه تسلیم است که این باعث افزایش ناحیه پلاستیک آن می شود و باعث جذب بیشتر تنش می شود.

پانلهای برشی فولادی ساخته شده از LYP توانایی جذب و اتلاف انرژی زیادی را دارند ، و می توانند در ساختمانهای جدید مورد استفاده قرار گیرد. این نوع پانلهای همانند دیوار برشی فولادی نسبت به نیروهای زلزله طراحی و ساخته می شوند. چون این پانلهای دارای ویژگی جذب و اتلاف انرژی بالایی هستند ، می توان از آنها بعنوان میراگر برای میرا کردن انرژی لرزه ای استفاده کرد. این نوع میراگر فلزی در هنگام جذب انرژی استحکام کافی را دارند و همچنین نسبت به میراگرهای که در حال حاضر مورد استفاده قرار می گیرند ، نیاز به نگهداری و تعمیر ندارد.

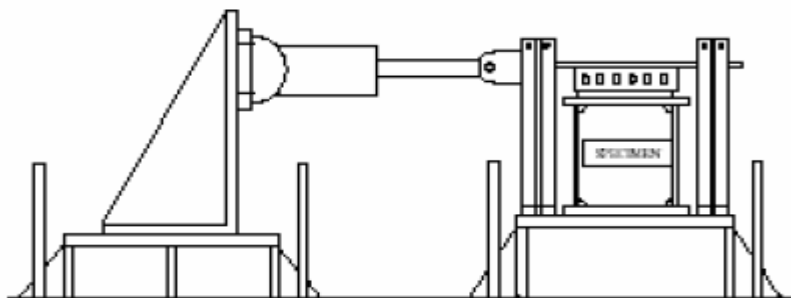
نقطه تسلیم و نقطه نهایی صفحات LYP هر دو تحت تاثیر میزان کرنش وارده است. در این تحقیق تاثیر میزان کرنش و نحوه بارگذاری بر روی مشخصات مقاومت لرزه ای پانل صفحه ای مورد آزمایش قرار گرفته است.

مجموعه آزمایشات انجام شده ، مطالعه روی رفتار پانلهای برشی ساخته شده از فولاد LYP تحت سرعت های بارگذاری متفاوت و جابجایی های نموی است.

مطالعات آزمایشگاهی بروی پانل برشی فولاد LYP:

پانل فولادی برشی ، ساخته شده از فولاد با نقطه تسلیم پایین ، عامل موثری برای جذب انرژی زیادی است. با طراحی و ساخت مناسب پانلهای برشی فولادی می توان در جذب و تلف کردن مقدار زیادی از انرژی لرزه ای بهره برد. اما رفتار سازه ای این نوع پانل برشی متأثر از شدت کرنشی است.

در نه نمونه تست شده در آزمایش ، می خواهیم رفتار آنها را در هر یک از نحوه بارگذاری متفاوت مورد ارزیابی قرار دهیم. شکل ۲ نحوه طراحی نمونه ها را نشان می دهد. شکل ۳ چگونگی آزمایش ها را نشان می دهد. در این نمونه ها نسبت عرض به ضخامت پانل ۵۰ گرفته شده است. لبه های بیرونی اعضا به خاطر جلوگیری از ترک خوردن اتصالات بین لبه و پانل و صفحه پای ستون تراشیده شده است. این کار بخاطر اجتناب تمرکز تنش و سوق دادن صفحه به ناحیه پلاستیک که قبلا بحث آن را کردیم. در این تحقیق تاریخچه بارگذاری پانل برشی فولادی آزمایش و بررسی شده است. سه سرعت بارگذاری ۲,۵ و ۵ و ۱۰۰ mm/sec انتخاب شده است.

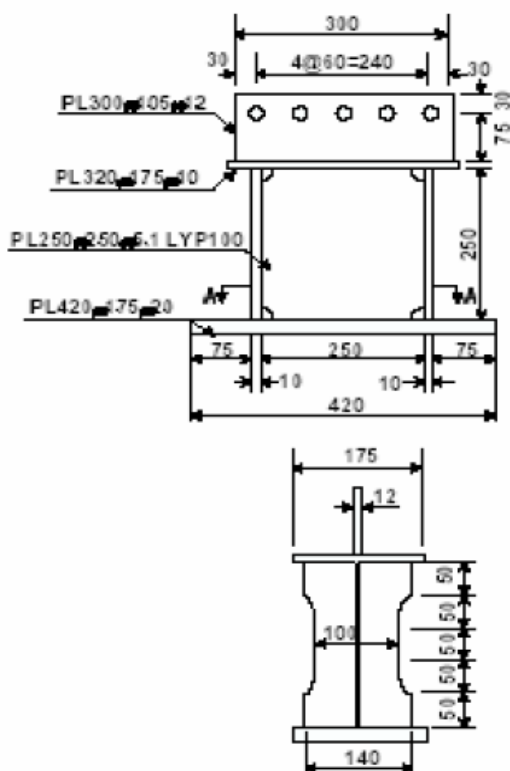


شکل ۲: نحوه آزمایش

برای دستیابی به سرعت کرنشی این نمونه ها بارگذاری تدریجی به جای بار لرزه ای اعمال می شود . برای هر سه حالت متفاوت جابه جایی δy ، $2\delta y$ و $3\delta y$ را در هر دوره بارگذاری آزمایش را می پذیریم . آزمایش روی سازه تا زمانی که مقاومت به زیر 80% مقاومت نهایی رسید متوقف می شود . جدول ۱ نتایج آزمایشات را نشان می دهد.

بررسی در نتایج آزمایشات:

شکل ۴ رفتار حلقه ای هیستریسس (hysteresis) پانلهای برشی را نشان می دهد . مطالعات نشان می دهد که چرخش نسبی آن ها بیشتر از 5% است که بیشتر از زاویه تغییر مکان جانبی مورد نیاز سازه می باشد که معمولا چرخش نسبی سازه ها را 2.5% که بیشتر از آن موجب تخریب در سازه می شود ، در نظر می گیرند. با تغییر شکل اطراف المان و تغییر شکل مورد انتظار و زاویه تغییر شکل جانبی 5% به نظر می رسد که برای پانل برشی کافی می باشد . بدیهی است که تمام نمونه های آزمایش شده زاویه تغییر مکان جانبی آنها بیشتر از 5% خواهد بود که در جدول ۱ نشان داده شده است . در آنها می توان دید که بارگذاری سریع و کند حدودا 16% تفاوت ایجاد کرده است .



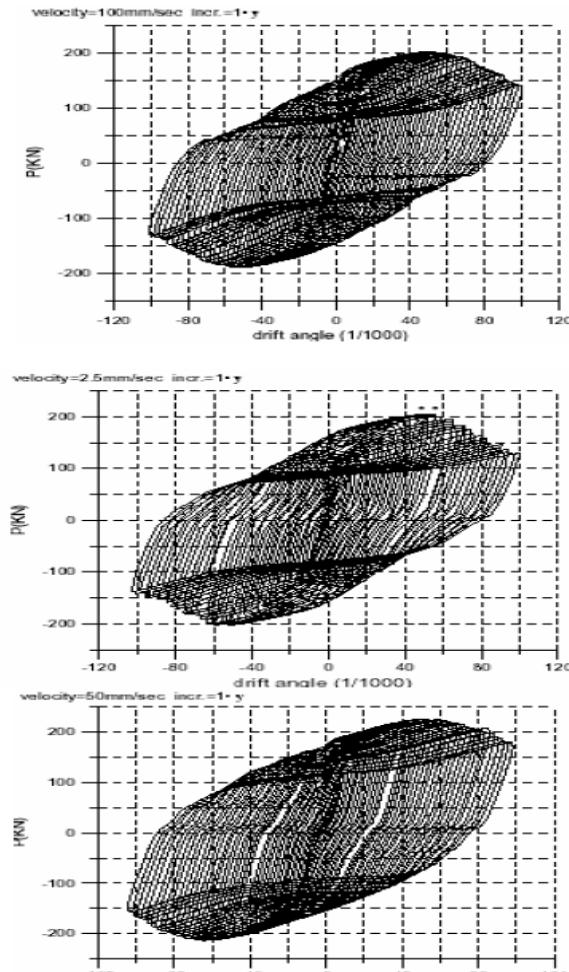
شکل ۳ : برشی طولی و عرضی نمونه

نمونه ها	Rad/sec	V (mm/sec)	افزایش جابجایی mm	مقاومت نهایی (Kn)	میانگین مقاومت نهایی	زاویه تغییر مکان جانبی (1/1000)
PL1	0.01	2.5	1.y	-203.55	205.45	60
PL2	0.01	2.5	2.y	-194.25	191.4	60
PL3	0.01	2.5	3.y	-186.85	223.08	75
PL4	0.2	50	1.y	-220.75	228.6	60
PL5	0.2	50	2.y	-212	208	70
PL6	0.2	50	3.y	-212	222	75
PL7	0.4	100	1.y	-189.7	202.59	50
PL8	0.4	100	2.y	-207.46	220.59	70
PL9	0.4	100	3.y	-214.5	232.26	75

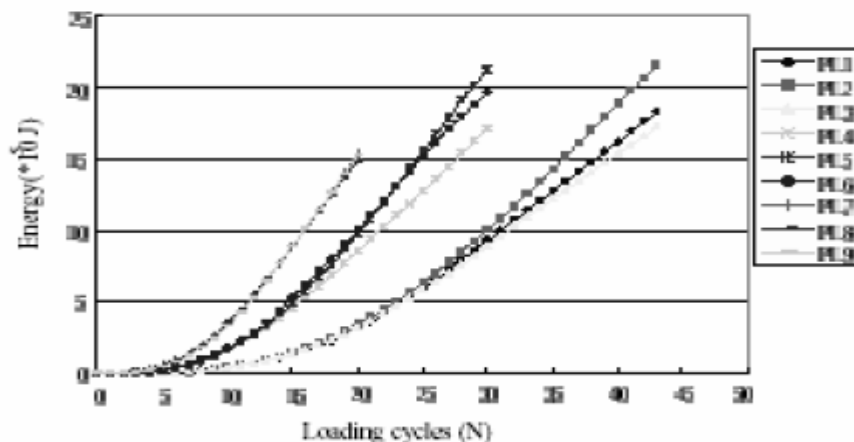
جدول ۱ : نتایج آزمایشات روی دیوار برشی فولادی LYP

تفاوت روی مقاومت نهایی پانل فولادی برشی LYP با افزایش بارگذاری یکنواخت ، تأثیر نسبت بارگذاری بر روی مجموع ظرفیت استهلاک انرژی قابل صرف نظر کردن است. از شکل ۴ می توان دریافت که پانل فولادی آزمایش شده دارای استحکام و جذب انرژی قابل توجهی است و نسبت به دامنه تغییر مکان در شرایط بارگذاری یا تغییر در دامنه حرکت بی تفاوت است. مقدار انرژی تلف شده پانلهای برشی در هر شرایط بارگذاری لرزه ای ثابت می ماند. مشخصات نمودار بار - جابه جایی پانل برشی شدیداً تحت تأثیر کماتش برشی صفحات نازک فولادی است . معمولاً مقاومت نهایی به تدریج بعد از اینکه کماتش برشی اتفاق افتاد ، کاهش می یابد.

ظرفیت تغییر شکل نهایی پانل برشی متأثر از نسبت عرض به ضخامت پانل است. در این مطالعه نسبت عرض به ضخامت نمونه آزمایش شده را ۵۰ می‌گیریم و شروع کمانش برشی وقتی اتفاق می‌افتد که زاویه تغییر شکل جانبی آن به ۴٪ برسد. تأخیر در کمانش برشی به تنهایی نشان دهنده افزایش ظرفیت شکل پذیری پانل برشی نیست اما کم شدن آسیب‌المان‌های غیرسازه‌ای وابسته و مربوط به پانل برشی است. شکل ۵ نشان دهنده مقدار انرژی ذخیره شده در تمام پانلهای آزمایش شده است.



شکل ۵: رفتار حلقه ای هیستریسیس پانل های برشی فولادی



شکل ۵: انرژی تجمعی در نمونه ها

در شکل ۵ مجموع انرژی تلف شده بستگی به بارگذاری و افزایش جابه جایی ندارد. چون که پریود لرزشی طبیعت تصادفی دارد این مطالعات نشان می دهد انرژی به نسبت تاریخچه بارگذاری بی تفاوت است و این یکی از مزایای پانل برشی همانند میراگرهای لرزه ای است. در پانلهای برشی استهلاک انرژی موثر تحت چرخه بارگذاری تصادفی ثابت می ماند. پانل فولادی می تواند برای تقویت ساختمانهای موجود موثر باشد. مطالعات آزمایشی برای تقویت قابهای بتنی توسط میراگرهای برشی فولادی در قسمت بعدی توضیح داده می شود.

۵- مقاومت لرزه ای سازه ها با استفاده از مقاومت نهایی پایین در قابهای مهار بندی و پانلهای برشی:

کمانش قاب مهاربندی شده (بادبند)

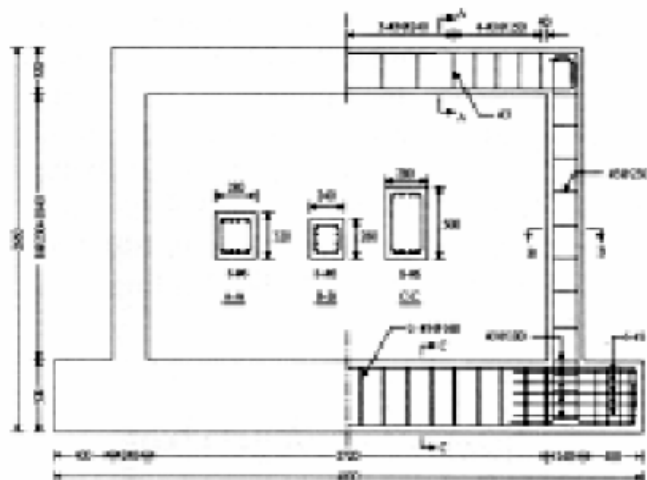
تجربیات قبلی نشان می دهد که ساختمانهایی که مطابق مقررات امروزی طراحی و ساخته نشده اند نمی توانند در مقابل نیروی زلزله مقاومت کرده و متحمل خسارتهایی می شوند. در تایوان این ساختمانها اکثرا سازه های بتن آرمه هستند و نیاز به ترمیم برای بهبود مقاومت لرزه ای دارند. قابهای ممان گیر (BIB) و پانلهای برشی فولادی ثابت شده که دارای مقاومت بالا و شکل پذیری بالا و حلقه های هیستریسیس ثابتی و پایداری دارد. قاب مهار شده با بادبند شامل المانهای باربر و المانهای مهاربندی برای بارهای جانبی هستند.

بارهای محوری توسط المانهای حمال (تیر) مهار می شوند و که تکیه گاههای جانبی المان کار جلو گیری از کمانش عضو را به عهده دارند. دیوار برشی فولادی ساخته شده از LYP مانند یک المان باربر برشی زمانی که به خوبی طراحی شود، می تواند رفتار خوبی در برابر نیروهای لرزه ای داشته

باشد. در این تحقیق قابهای ممان گیر و دیوار برشی فولادی برای مقاوم سازی قابهای بتنی مورد استفاده شده اند و کارایی هر یک از آنها مورد آزمایش قرار می گیرد.

روش آزمایش:

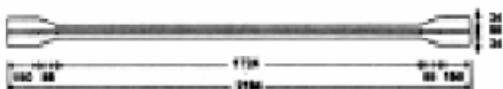
قاب بتنی با مقیاس ۰,۸ ساخته شده است. شکل ۶ جزئیات قاب بتنی را نشان می دهد. یکی از قابهای بتنی بدون تقویت تست می شود که طبق MRF طراحی شده است. دومین نمونه توسط بادبند، ساخته شده از فولاد LYP100 مهار شده که طبق BIBLYP طراحی شده است. سومین نمونه بادبند از فولاد A 36 و طبق BIB A36 طراحی شده است. چهارمین نمونه توسط دیوار برشی فولادی ساخته شده از فولاد LYP100 مهار شده است. شکل ۷ جزئیات بادبند ساخته شده از LYP 100 را نشان می دهد. نقطه تسلیم بادبند فولاد A36 برابر با بادبند LYP است. جزئیات دیوار برشی فولادی را در شکل ۳ دیدیم. نقطه تسلیم دیوار برشی تقریباً با بادبند LYP برابر است.



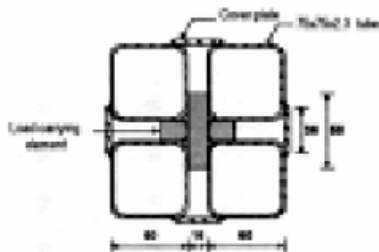
شکل ۶: جزئیات قاب بتن آرمه



6a) Overall view



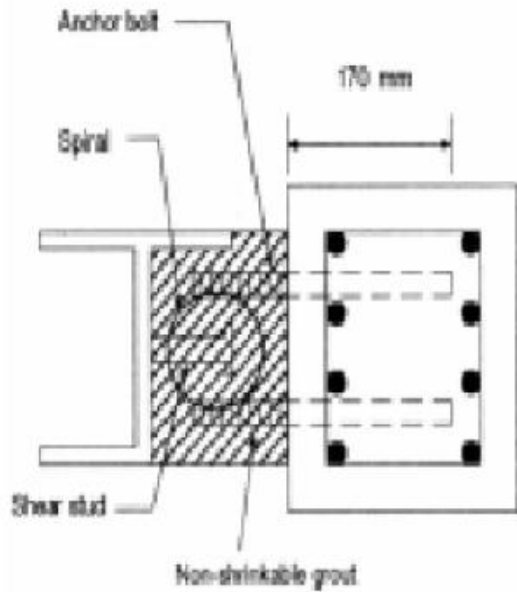
6b) Reinforcing element



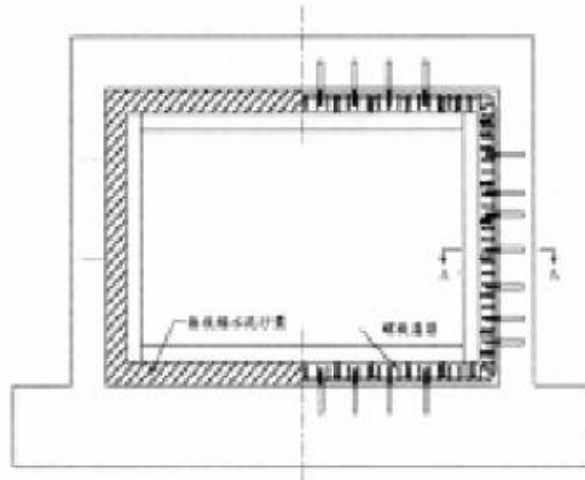
6c) Cross section

شکل ۷: جزئیات بادبند با فولاد LYP

هر عضو تقویت کننده همانند بادبند و دیوار برشی فولادی متصل به قالب فولادی شکل که به بتن بسته است و از چهار تا $H 200 \times 200 \times 8 \times 12$ شکل ساخته شده در شکل ۸ نشان داده شده است. که محور کوچکتر H در قاب بتنی فرو رفته است. گل میخ های برشی به صفحات جان H شکل جوش داده می شوند. بادبند ها و دیوار برشی فولادی به این صورت در طول قاب فولادی به قاب بتنی متصل می شود، که درون قاب فولادی و بتنی قرار می گیرد. مشخصات مکانیکی فولاد استفاده شده در لیستی در جدول ۲ آمده است. و مقاومت فشاری بتن در هنگام آزمایش $20/7$ و 25 و $23/7$ Mpa به ترتیب برای MRF و BIB-LYP و BIB- و $A36$ و $SSW-LYP$ بدست آمده است. بارگذاری چرخه ای بطور رفت و برگشت از طریق جک که کاملاً به تیر محکم گشده وارد می شود، مطابق شکل ۱۰ و تیر همیشه تحت فشار قرار می گیرد.



شکل ۹: جزئیات اتصالات



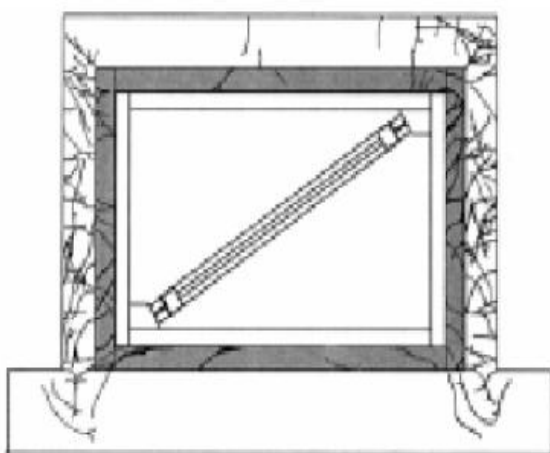
شکل ۸: نحوه اتصال قاب فولادی به قاب

نوع فولاد	مقاومت نهایی Mpa	مقاومت کششی Mpa	افزایش طول برحسب درصد	مورد کاربرد
LYP - 16 mm	98.6	247	۴۸,۶	BIB-LYP
LYP - 5.1mm	95.7	275	۴۵,۲	دیواربرشی فولادی
A36 - 16mm	321	457	۲۸	BIB - A36
میلگرد نمره ۶	433	665	۲۲	قاب بتنی
میلگرد نمره ۳	418	601	۲۳	قاب بتنی
میلگرد ۴ میلی متری	259	358	۳۱	فولاد حلقوی

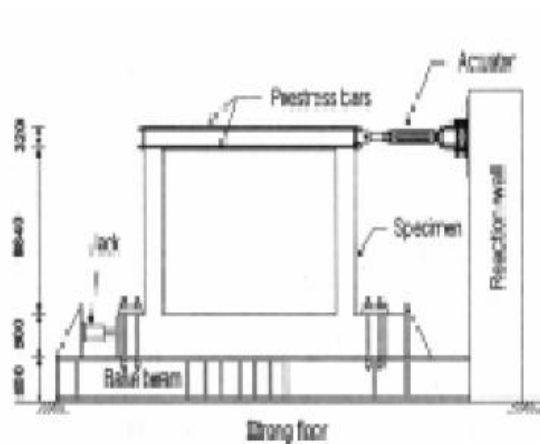
جدول ۳: خصوصیات فولاد مصرفی

نتیجه آزمایش و تحقیق:

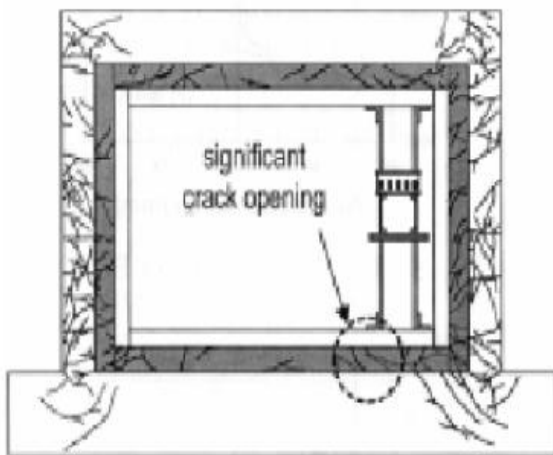
شکلهای ۱۱ تا ۱۳ نشان دهنده ترکهای نمونه های بادبند LYP و بادبند با فولاد A36 و دیوار برشی فولادی به ترتیب تقریباً زاویه جانبی ۲/۵٪ قرار می گیرند. جمع شدگی قطری بادبند از نوع LYP و A36 که هر دو تحت فشار و کشش قرار می گیرند در نتیجه ترکهای گسترده ای در ستون ایجاد می شود. دیوار برشی فولادی از نوع LYP تغییر شکل غیر متقارنی از خود نشان داده است. زمانی که بار از طرف راست اعمال می شود در اثر لنگر خمشی در نقطه ای که در شکل ۱۳ نشان داده شده است قاب فولادی از قاب بتنی جدا می شود.



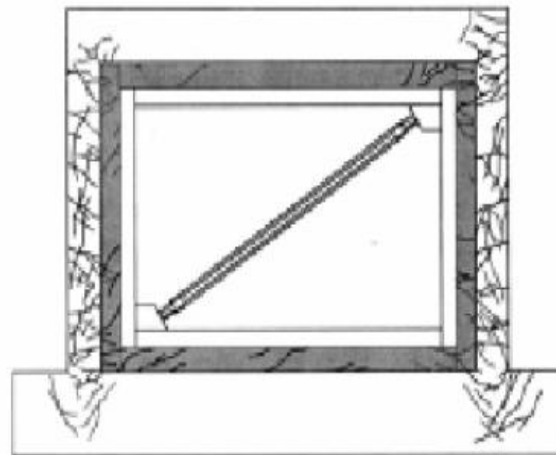
شکل ۱۱: ایجاد ترک در قاب بتنی تقویت شده با بادبند با چرخش نسبی ۲/۷٪



شکل ۱۰: نحوه آزمایش LYP

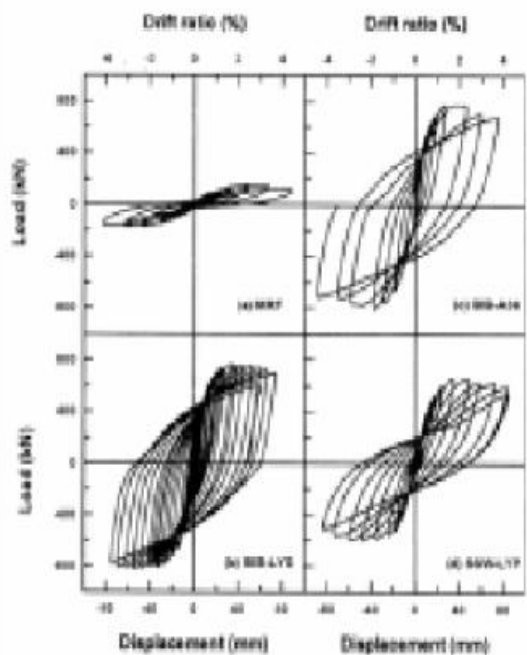


شکل ۱۳: ایجاد ترک در قاب بتنی تقویت شده با دیوار برشی فولادی با چرخش نسبی ۲/۴٪

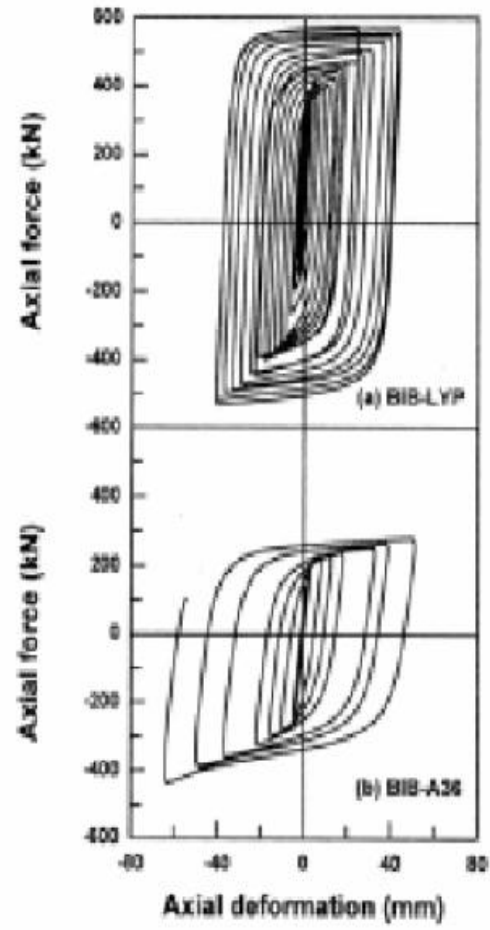


شکل ۱۲: ایجاد ترک در قاب بتنی تقویت شده با بادبند A36 با چرخش نسبی ۲/۷٪

شکل ۱۴ نشان دهنده بار - جابه جایی های حلقه ای هیستریسیس قاب مورد آزمایش است . با مقایسه قاب بدون مهاربندی ، سخت کننده ها و مقاومت تمام تقویت کننده های قاب به نتایج جالبی می رسیم . شکل ۱۵ نشان دهنده نیروی محوری در مقابل تغییر شکل به صورت حلقه های هیستریسیس که برای بادبند با فولاد LYP و A36 رسم شده است می باشد . شکل ۱۶ نشان دهنده حلقه های هیستریسیس نیروی برشی در مقابل تغییر مکان افقی می باشد. آزمایش دیوار برشی فولادی نتیجه و واکنش غیر متقارن را به ما داد جدول ۳ خلاصه نتیجه آزمایش را بیان می کند. نتایج آزمایشات نشان می دهد که ممانعت از کمانش بادبند و دیوار برشی فولادی در تقویت قابها موثر است. سختی و مقاومت و شکل پذیری قاب ها بعد از تقویت کردن آنها بصورت جزئیات اتصال بین قاب بتنی و قاب فولادی بادبند عامل موثر است و ساخت آسانی دارد. بادبند ها باعث بهبود مقاومت و شکل پذیری می شود . بهرحال جزئیات تقویت کننده های قابها برای دیوار برشی فولادی نیاز به مطالعات زیادی دارد.

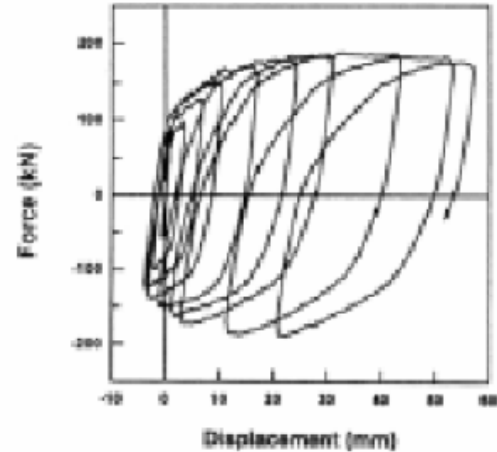


شکل ۱۵ : حلقه های هیستریسیس بادبندها



شکل ۱۶ : حلقه های هیستریسیس قابهای بتنی

Specimen	P_y (kN)	Δ_y (mm)	P_{peak} (kN)	γ'_y (%)	SF (%)	DF
MRF	116	21.3	163	1.51	100	1.66
BIB-LYP	324	3.9	798	0.48	490	5.21
BIB-A36	328	5.4	797	0.66	490	3.79
SSW-LYP	322	7.7	631	0.75	390	3.33



جدول ۳: نتایج آزمایش ها

شکل ۱۶: حلقه های هیستریسیس دیوار برشی فولادی

نتیجه گیری کلی:

۱- مقاومت تسلیم و مقاومت نهایی فولاد LYP متاثر از نسبت کرنشی است. مقاومت نهایی پانلهای برشی ساخته شده از فولاد LYP به سرعت بارگذاری آن بستگی دارد. در این مطالعه اختلاف مقاومت نهایی با سرعت بالا و کم حدوداً ۱۶٪ است.

یعنی اگر سرعت بارگذاری به طور سریع باشد ۱۶٪ بیشتر از حالتی است که بطور کند بارگذاری شود.

۲- ساخت و طراحی صحیح پانلهای برشی ساخته شده از فولاد LYP فولاد به چرخش نسبی ۵٪ رسیده است که لازمه اتلاف انرژی بالایی است.

۳- تحت بارپا نل برشی ابتدا تسلیم موضعی رخ می دهد و با افزایش بار کمانش پانل رخ می دهد و در نتیجه پانل به بیرون قوس ورداشته و باعث کشش مقطع می شود. بعد از تسلیم شدن کامل پانل نوارهای بیرونی صفحه از همه آخر باعث جذب انرژی می شود. یعنی ابتدا وسط صفحه باعث جذب انرژی شده و کم کم که به نقطه تسلیم می رسند این جذب انرژی به طرف پانل منتقل می شود که در آخر تمام صفحه به نقطه تسلیم می رسند. که باعث اتلاف و جذب انرژی بسیار زیادی می شوند.

مراجع:

- ۱- کتاب مقدمه ای بر دیوار برشی فولادی نوشته دکتر سعید صبوری
- 2- Astaneh-Asl, A. (2000). "Steel plate shear walls," U. S.-Japan Workshop on Seismic Fracture Issues in Steel Structure, San Francisco.
- 3- Seismic Assessment and Strengthening Method of Existing RC Buildings in Response to Code Revision
Shun-Tyan Chen - Van Jeng - Sheng-Jin Chen - Cheng-Cheng Chen