

دیوار برشی فولادی

(SSW)

محل ضرب مهرهای تحت کنترل - منسوخ							۰۳
							۰۲
							۰۱
						دیوار برشی فولادی	۰۰
	تاریخ انتشار	تصویب	تأیید	بررسی	تهیه		REV

دیوار برشی فولادی									
صفحه: ۲	<i>DEP</i>	<i>PRJ</i>	<i>CAT</i>	<i>DIS</i>	<i>TYP</i>	<i>SEQ</i>	<i>REV</i>	پروژه:	
بهمن ۹۳							۰۱		

فهرست مطالب

۳	.....	مقدمه
۴	.....	معرفی سیستم
۷	.....	مزایای سیستم دیوار برشی فولادی
۸	.....	انواع سیستم های دیوار برشی فولادی
۹	.....	مباحث فنی دیوارهای برشی فولادی
۹	.....	مقایسه سختی برشی و مقاومت برشی نهایی دیوار برشی فولادی و مهاربند X
۹	.....	نمونه ۱: مقایسه با مهاربند X لاغر
۱۲	.....	نمونه ۲ مقایسه با مهاربند X چاق
۱۳	.....	میدان کششی قطری
۱۵	.....	جزئیات اجرایی
۱۷	.....	بررسی اقتصادی
۱۷	.....	نمونه های اجرا شده دیوار برشی فولادی

صفحه: ۳		DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:
بهمین ۹۳								۰۱	

مقدمه

دیوارهای برشی فولادی (SPSW) برای گرفتن نیروهای جانبی زلزله و باد در ساختمان ها، بویژه در ساختمان های بلند در سه دهه اخیر مطرح و مورد توجه قرار گرفته اند. این پدیده نوین که در جهان به سرعت رو به گسترش می باشد در ساخت ساختمان های جدید و همچنین تقویت ساختمان های موجود به خصوص در کشورهای زلزله خیزی همچون آمریکا و ژاپن بکار گرفته شده است. استفاده از آن ها در مقایسه با قاب های فولادی ممان گیر تا حدود ۵۰ درصد صرفه جویی در مصرف فولاد را در سازه ساختمان ها به همراه داشته است.

دیوارهای برشی فولادی از نظر اجرایی، سیستمی بسیار ساده بوده و هیچگونه پیچیدگی خاصی در آن وجود ندارد. لذا مهندسان، تکنسین ها و کارگران فنی با دانش فنی موجود و بدون نیاز به کسب مهارت جدید می توانند آن را اجرا نمایند. دقت انجام کار در حد دقت 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 اجرایی تا حد بالایی کاسته می شود.

دیوارهای برشی فولادی به لحاظ اجرایی جایگزینی تمیزتر و سریعتر و به لحاظ مقاومتی و رفتاری جایگزینی مطمئن تر برای دیوارهای برشی بتنی است. همچنین سیستم مذکور دارای همه خصوصیات خوب سیستم های مهارندهای متمرکز (CBF) مانند X و V شکل و سیستم های خارج از مرکز (EBF) بوده و در بسیاری از موارد بهتر عمل می کند.

این سیستم از نظر سختی برشی از سخت ترین سیستم های مهاربندی که X شکل می باشند، سخت تر بوده و با توجه به امکان ایجاد بازشو در هر نقطه از آن، کارایی همه ی سیستم های مهاربندی را از این نظر دارا می باشد. همچنین رفتار این سیستم در محدوده ی 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 سیستم های مقاوم دیگر در برابر بارهای جانبی مانند قاب ها و انواع مهاربندها که معمولاً مصالح به صورت دسته شده و اتصالات متمرکز می باشند، صورت گرفته و رفتار سیستم به خصوص در محدوده ی 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 قاب های ممان گیر ویژه حداقل ۲۵ درصد بیشتر می باشد. در آزمایش هایی که در رابطه با تحقیقات مذکور انجام گرفته است از بزرگترین جک موجود در آزمایشگاه های تحقیقاتی استفاده گردیده است که ظرفیت آن حدوداً ۶۶۷۰ کیلو نیوتن می باشد. آزمایش های مذکور نشان می دهد، دیوار های برشی فولادی دارای شکل پذیری بسیار بالایی هستند.

معرفی سیستم

دیوارهای برشی فولادی از ورق فولادی که توسط تیرها و ستون ها احاطه شده است، تشکیل گردیده اند. در شکل (۱) نمونه ای از دیوارهای مذکور نشان داده شده است. در ورق فولادی در صورت نیاز می توان بازشو با شکل ها و ابعاد گوناگون و مورد نظر ایجاد نمود.

همانطور که در شکل (۲) مشاهده می گردد، دیوار برشی فولادی مشابه تیرورق طره ای عمل می نماید که در آن ستون ها به منزله ی بال های آن، تیرهای طبقات همانند سخت کننده های آن و ورق فولادی به عنوان جان آن می باشند. در این سیستم اتصال بین تیرها و ستون ها می تواند صلب یا ساده باشد و بر خلاف تیرورق ها که به علت ضعیف بودن بال ها در آن ها، بال ها نقش بسزایی در گرفتن نیروها ندارند، در دیوارهای برشی فولادی با توجه به قوی بودن ستون ها، ستون ها می توانند نقش خوبی را در باربری ایفا کنند.

برای جلوگیری از کمانش ورق فولادی به خصوص در ناحیه ی الاستیک، می توان ورق فولادی را به کمک سخت کننده های عمودی و افقی تقویت نمود.

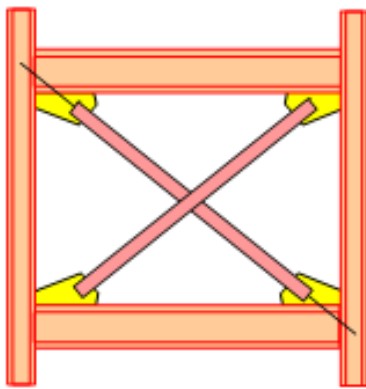
با توجه به مقاومت بالای ورق فولادی، با بهره گیری از مقاومت پس کمانشی آن، ضخامت ورق فولادی حتی در دیوارهای برشی فولادی بلند و برای نیروهای برشی بزرگ، کم بوده و یا به عبارت دیگر ورق فولادی نازک می باشد. بدین لحاظ برای جلوگیری از کمانش آن تحت اثر بارهای سرویس و به جای افزایش ضخامت ورق که کاملاً غیر اقتصادی می باشد، از سخت کننده ها برای تقویت این دیوارها می توان استفاده نمود. تقویت ورق نه تنها از کمانش آن تحت اثر بارهای سرویس جلوگیری می نماید، بلکه باعث بهبود رفتار آن به ویژه در محیط پلاستیک نیز می گردد.

دیوار های برشی فولادی می توانند حالت های مختلف با سخت کننده، بدون سخت کننده و حالت وجود بازشو را داشته باشند (شکل های ۳ و ۴).

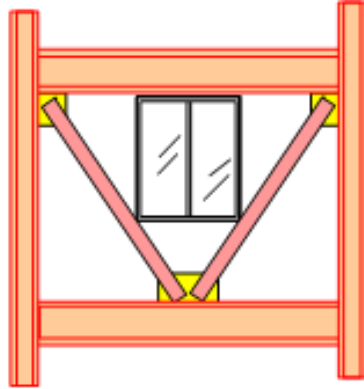
دیوار برشی فولادی



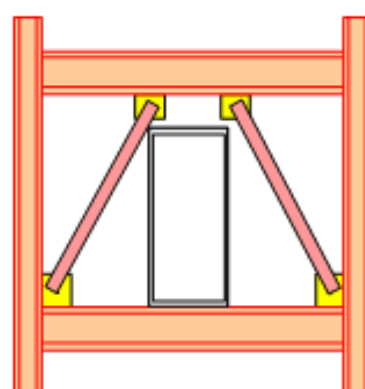
	صفحه: ۵	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:
	بهمن ۹۳							۰۱	



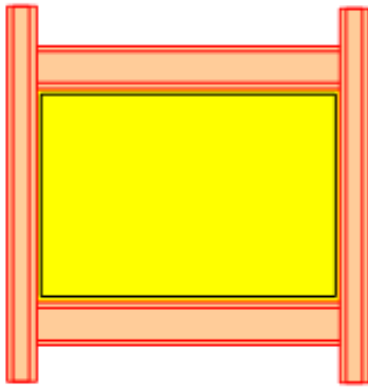
X-bracing



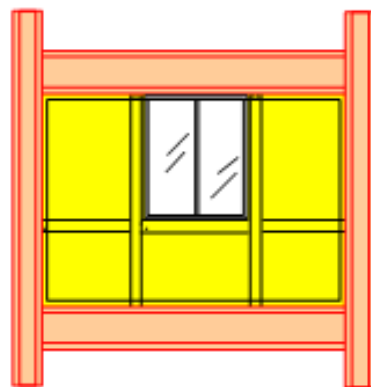
V-bracing



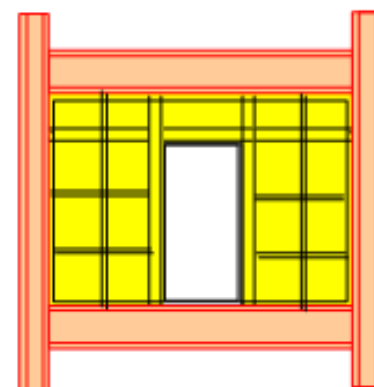
Eccentric Bracing



Steel Plate Shear Wall
(Unstiffened)



Stiffened Steel Shear
Wall With Opening

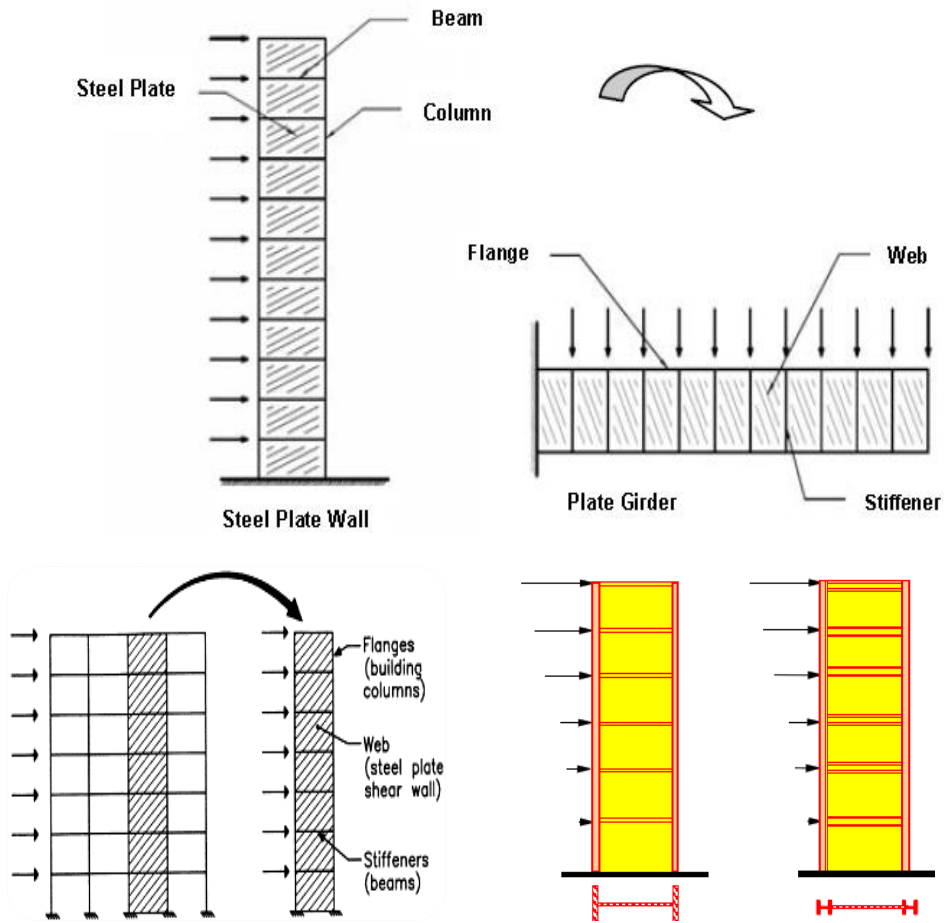


Stiffened Steel Shear
Wall with Opening

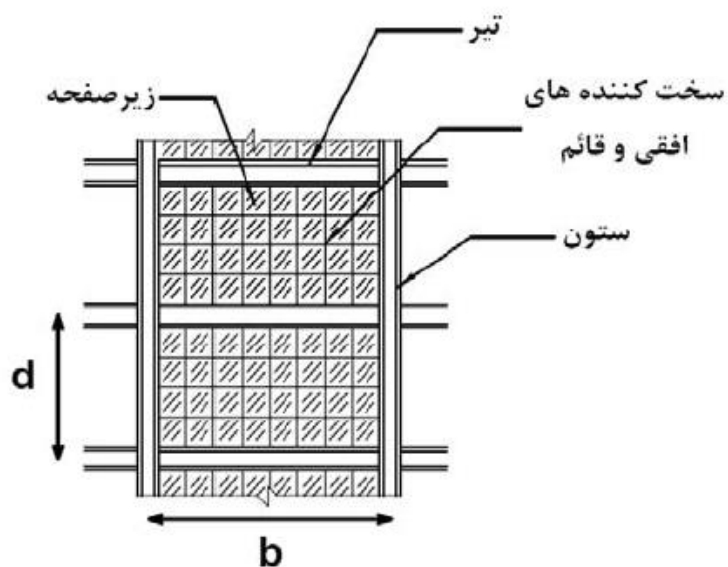
شکل ۱: بازشو با شکل ها و ابعاد گوناگون

دیوار برشی فولادی

	صفحه: ۶	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:
	بهمن ۹۳							۰۱	

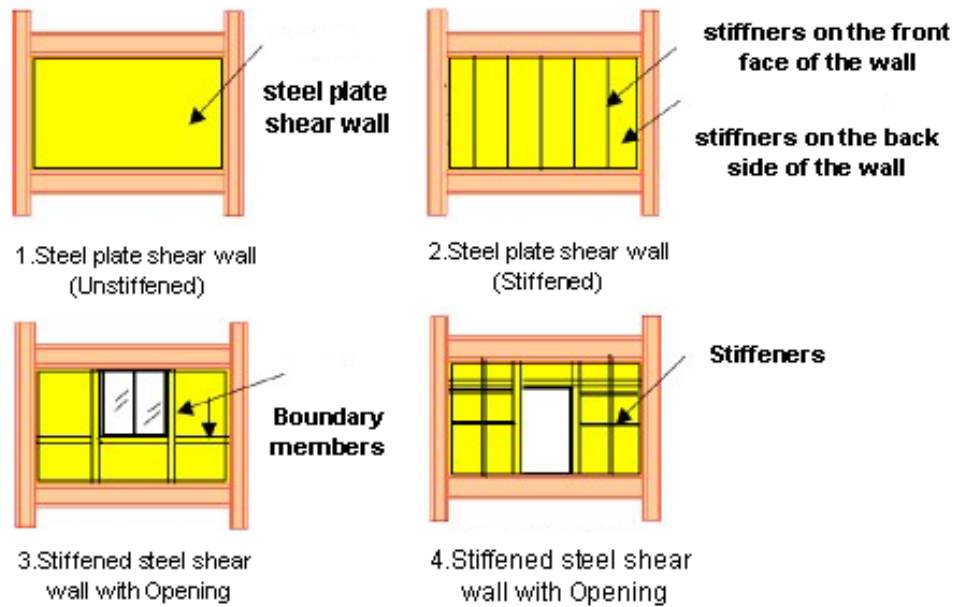


شکل ۲: نحوه عملکرد دیوار برشی فولادی



شکل ۳: دیوار برشی فولادی با سخت کننده

دیوار برشی فولادی								
صفحه: ۷	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	
بهمن ۹۳							۰۱	



شکل ۴: دیوار برشی فولادی با سخت کننده های افقی و قائم

مزایای سیستم دیوار برشی فولادی

- ۱- این سیستم اگر به درستی طرح و اجرا شود، دارای شکل پذیری و قابلیت اتلاف انرژی بالایی است. در نتیجه، سیستم دیوار برشی فولادی در مقابله با نیروهای جانبی خیلی مؤثر و اقتصادی می باشند.
- ۲- این سیستم دارای سختی اولیه نسبتاً بالایی است. بنابراین در محدود کردن تغییر مکان های نسبی بویژه در ساختمان های بلند مؤثر است.
- ۳- در مقایسه با سیستم دیوار برشی بتن مسلح، دیوار برشی فولادی خیلی سبک تر است. از این رو بار زلزله کمتری به سازه اعمال می شود و در نتیجه وزن سازه کمتر می شود.
- ۴- با استفاده از پیچ و جوش کارخانه ای، می توان فرایند نصب را سرعت و هزینه را کاهش داد. انجام بازرسی کارگاهی و کنترل کیفیت منجر به مفیدتر شدن این سیستم می شود.
- ۵- به جهت ضخامت کمتر دیوار برشی فولادی در مقایسه با دیوار برشی بتن مسلح، از لحاظ معماری دیوار برشی فولادی فضای کمتری را نسبت به دیوار برشی بتن مسلح اشغال می کند. در ساختمان های بلند اگر از دیوار برشی بتن مسلح استفاده شود، دیوار در طبقات پایین ضخیم تر شده و مساحت بیشتری از پلان را اشغال می کند.

دیوار برشی فولادی

دیوار برشی فولادی								پروژه:
صفحه: ۸	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	
بهمین ۹۳							۰۱	

۶- در مقایسه با دیوار برشی بتن مسلح، این سیستم زمانی که در مقاوم سازی لرزه ای ساختمان های موجود مورد استفاده قرار گیرد به دلیل حذف قالب بندی از لحاظ ساخت سریع تر و آسان تر است.

۷- این سیستم در مناطق سردسیر که ساخت بتن صرفه اقتصادی ندارد مؤثر و عملی خواهد بود (۲).

وظیفه اصلی دیوار برشی فولادی مقاومت در برابر برش پایه و لنگر واژگونی ناشی از بارهای جانبی است. از سال ۱۹۷۰ میلادی این سیستم در ساختمان های مهمی در ایالات متحده و ژاپن به کار گرفته شد. این ساختمان ها در معرض زلزله های نسبتاً بزرگی قرار گرفتند و رفتار خوبی با کمترین و یا بدون آسیب سازه ای از خود بروز دادند (۲). لکن با توجه به پیشرفت در طرح و تکنولوژی ساخت دیوار برشی فولادی تعداد محدودی از آیین نامه ها ضوابط مربوط به این سیستم را در بر داشته اند.

انواع سیستم های دیوار برشی فولادی

در حالت کلی سیستم دیوار برشی فولادی به سه نوع تقسیم بندی می شود:

۱- دیوار برشی فولادی با سخت کننده

۲- دیوار برشی فولادی بدون سخت کننده

۳- دیوار برشی فولادی کوپله

شایان ذکر است که دیوارهای برشی فولادی با ورق نازک و ورق با نقطه تسلیم پایین در دسته دوم قرار می گیرند.

مشابه جان تیروورق های طره پانل های دیوار برشی فولادی به سه دسته طبقه بندی می شوند:

۱- سیستم های دیوار برشی فولادی فشرده

که تحت کاربرد ترکیب نیروی برشی و لنگر واژگونی هستند، پانل دیوار پیش از کمانش تسلیم می شود. دیوارهای برشی سخت شده در این دسته قرار دارند. در این سیستم، پانل دیوار برشی در برابر نیروی برشی مقاومت می کند و سیستم دیوار برشی همانند تیر ورق که ستون های کناری نقش بال و پانل دیوار نقش جان تیروورق را ایفا می کند در برابر لنگر واژگونی مقاومت می کند.

در این سیستم براساس میدان کشش قطری نیروهای افقی که به ستون های کناری اعمال می شوند خیلی کم و نزدیک صفر است. این سیستم در کشورهای ژاپن و چین رایج است.

دیوار برشی فولادی

صفحه: ۹

DEP

PRJ

CAT

DIS

TYP

SEQ

REV

پروژه:

بهمن ۹۳

۰۱

۲- سیستم های دیوار برشی فولادی غیر فشرده

که تحت کاربرد ترکیب نیروی برشی و لنگر واژگونی هستند، پانل دیوار در حالیکه در نواحی با تنش بالا تسلیم می شود، دستخوش کمانش غیرالاستیک پیش از تسلیم کامل می شود.

۳- سیستم های دیوار برشی فولادی نازک

که تحت کاربرد ترکیب نیروی برشی و لنگر واژگونی هستند، معمولاً در مراحل اولیه بارگذاری ناحیه فشاری قطری کمانش می کند، در حالیکه سیستم تقریباً الاستیک باقی می ماند.

پس از کمانش ناحیه فشاری قطری، برش توسط میدان کشش قطری تحمل شده و لنگر واژگونی عمدتاً بوسیله کشش و فشار در ستون های مرزی تحمل می شود. در این سیستم، به نیروهای جانبی بزرگی براساس عملکرد میدان کشش قطری در ستون های مرزی ایجاد شده و آنها لنگر خمشی نسبتاً بزرگی را در صفحه دیوار برشی متحمل می شوند.

مباحث فنی دیوارهای برشی فولادی

مقایسه سختی برشی و مقاومت برشی نهایی دیوار برشی فولادی و مهاربند X

دیوار های برشی فولادی به لحاظ سختی برشی و مقاومت برشی نهایی نسبت به کلیه سیستم های دیگر مثل قاب های ممان گیر دار و انواع مهار بند ها که همگی برای مقابله با نیرو های جانبی استفاده می شوند برتر و قابل اطمینان تر می باشند.

سختی و مقاومت برشی نهایی این سیستم در مقایسه با مهار بند های X که به لحاظ دو پارامتر مذکور تا کنون به عنوان برترین سیستم در سازه های فولادی مطرح بوده است بیشتر و حتی تا دو برابر می رسد. برای روشن شدن مطلب در زیر به مقایسه سختی و مقاومت برشی این دو نوع سیستم می پردازیم. البته سیستم مهاربندی در دو حالت که در یکی از آنها مهاربند ها فقط در کشش و در دیگری هم در کشش و هم در فشار عمل می کنند بررسی می کنیم.

نمونه ۱: مقایسه با مهاربند X لاغر

در صورتی که یک دهانه مهاربندی X شکل با ابعاد متعارف در نظر گرفته شود و برای مهاربند ها از تک ناودانی ۱۲ استفاده گردد با توجه به محاسبات زیر که بر اساس رابطه کمانش اولر انجام شده است می توان از

دیوار برشی فولادی									
صفحه: ۱۰	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:	
بهمین ۹۳								۰۱	

بارها نهایی فشاری ناودانی به علت کوچک بودن نسبت به بار نهایی کششی ان صرف نظر کرده و فرض نمود که مهاربند ها در کشش عمل می کنند.

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

که مطابق رابطه بالا تنش فشاری بحرانی بدست می آید

$$E = 206.0 \text{ kN/mm}^2 \quad (\text{ضریب ارتجایی فولاد})$$

$$KL = 1 * \sqrt{(3000)^2 + (3000)^2} = 4243.0 \text{ mm}$$

(طول موثر مهاربند)

$$r = 15.9 \text{ mm} \quad (\text{شعاع ژیراسیون UNP12})$$

لذا

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 (206 * 10^3)}{\left(\frac{4243}{15.9}\right)^2} = 28.55 \text{ N/mm}^2 \ll \sigma_0 = 235.0 \text{ N/mm}^2$$

همانطور که مشاهده می شود تنش فشاری بحرانی حاصل نسبت به تنش جاری شدن فولاد بسیار کمتر بوده و می توان فرض نمود مهاربند ها صرفا در کشش عمل می نمایند.

بدین ترتیب در صورتی که فرض کنیم رفتار سیستم مهاربندی بصورت الاستیک و پلاستیک کامل است بار برشی نهایی ان برابر خواهد بود با:

$$F_{BU} = \sigma_0 A \cos \theta$$

که در ان A سطح مقطع ناودانی ۱۲ می باشد

$$F_{BU} = (235)(1700) \text{ COS}45^\circ = 282489.2 \text{ N}$$

همچنین سختی برشی سیستم مهاربندی مذکور و تغییر مکان برشی حد الاستیک ان از رابطه بار-تغییر مکان برشی آن قابل محاسبه است.

که در ان K_n سختی برشی و U_{BC} تغییر مکان برشی حد الاستیک ان می باشد و مقادیر انها برابر است با

دیوار برشی فولادی									
صفحه: ۱۱	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:	
بهمین ۹۳								۰۱	

$$K_B = \frac{(1700)(206 \cdot 10^3)}{(4243)} \cos^2 45^\circ = 41268 \text{ N/mm}$$

$$U_{BC} = 6.84 \text{ mm}$$

اکنون در صورتی که به جای مهاربند از ورق فولادی استفاده شود به طوری که مقدار فولاد مصرفی با فولاد مهاربندها برابر باشد می توان سختی و مقاومت سیستم دیوار برشی را محاسبه نمود. با توجه به این مطالب ضخامت ورق فولادی معادل برابر خواهد بود با:

$$t = \frac{(1700)(4243)(2)}{(3000)(3000)} = 1.62 \text{ mm}$$

تنش برشی بحرانی ورق در کمانش به صورت زیر بدست می آید.

$$\frac{d}{b} = 1$$

$$K = 5.35 + 0.35$$

$$\tau_{cr} = \frac{(9.35 \cdot \pi^2)(206 \cdot 10^3)}{12(1 - 0.3^2)} \left(\frac{1.6}{3000}\right)^2 = 0.495 \text{ N/mm}^2$$

همانطور که انتظار می رفت با توجه به ابعاد و ضخامت ورق تنش برشی بسیار ناچیز و در محاسبات قابل صرف نظر می باشد. لذا با فرض زاویه کشش قطری ۴۵ درجه بار نهایی برشی و تغییر مکان برشی حد الاستیک و سختی ورق بدست می آید:

$$F_{wu} = 564000 \text{ N}$$

$$U_{wc} = 6.84 \text{ mm}$$

$$K_w = 82400 \text{ N/mm}$$

با مقایسه مقاومت نهایی دیوار برشی و مهاربند و همچنین سختی دیوار برشی فولادی و مهاربند مشاهده می گردد که مقاومت نهایی و سختی سیستم دیوار برشی نسبت به سیستم مهاربندی لاغر با مصرف فولاد یکسان تقریباً دو برابر بوده است که مقدار قابل ملاحظه ای است.

علت این امر استفاده از همه ظرفیت فولاد مصرفی در سیستم دیوار برشی و عدم استفاده از مهاربند فشاری در سیستم مهاربندی است.

دیوار برشی فولادی									
صفحه: ۱۲	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:	
بهمین ۹۳							۰۱		

نمونه ۲ مقایسه با مهاربند X چاق

در این حالت با فرض یک نیروی منطقی و انجام طراحی به روش این نامه برای یک سیستم مهاربندی X با همان ابعاد نمونه ۱ به جای ناودانی ۱۲ از دو ناودانی ۱۰ استفاده شده است با توجه به تحلیل انجام شده مشاهده می گردد نیروی نهایی سیستم مذکور وقتی حاصل می شود که مهاربند کششی به حد جاری شدن رسیده باشد

در این شرایط تغییر مکان برشی حد الاستیک و نیروی نهایی سیستم به شرح زیر می باشد

$$F_{BU} = 775578.6N$$

$$U_{Bc} = 10.0mm$$

با توجه به مقادیر فوق سختی سیستم با تقریب خوبی برابر خواهد بود با:

$$K_B = \frac{775578.6}{10.0} = 77557.89N/mm$$

در صورتی که در این نمونه نیز به جای مهاربند ها از ورق فولادی استفاده شود با توجه به آنکه سطح مقطع

ناودانی ۱۰ برابر است با ۱۳۵۰ mm ضخامت ورق برابر خواهد بود با:

$$t = \frac{(1350)(4)(4243)}{(3000)(3000)} = 2.54mm$$

با توجه به ابعاد ورق فولادی و ضخامت آن تنش برشی بحرانی آن ناچیز و قابل صرف نظر می باشد.

$$\tau_{cr} = \frac{(9.35 * \pi^2)(206 * 10^3)}{12(1 - 0.3^2)} \left(\frac{2.54}{3000}\right)^2 = 1.25N/mm^2$$

لذا مشابه نمونه قبل با فرض زاویه کششی برابر با ۴۵ درجه بار برشی نهایی و تغییر مکان حد الاستیک و

سختی برشی ورق به صورت زیر قابل محاسبه می باشد.

$$F_{wU} = \frac{(3000)(2.54)(235)}{2} = 895350.0N$$

$$U_{wc} = \frac{2(3000)(235)}{206 * 10^3} = 6.48mm$$

$$K_w = \frac{(206 * 10^3)(3000)(2.54)}{4(3000)} = 6130810.0N/mm$$

در این حالت نسبت مقاومت نهایی و سختی برشی سیستم دیوار برشی فولادی به سیستم مهاربندی چاق برابر

است با:

دیوار برشی فولادی

پروژه:								
REV	SEQ	TYP	DIS	CAT	PRJ	DEP	صفحه: ۱۳	
۰۱							بهمین ۹۳	

$$\frac{F_{WU}}{F_{BU}} = \frac{895350.0}{775578.6} = 1.15$$

$$\frac{K_W}{K_B} = \frac{130810.0}{77557.89} = 1.69$$

همانطوری که مشاهده می شود در این نمونه سختی دیوار برشی حدود ۷۰٪ و مقاومت نهایی آن حدود ۱۵٪ بیش از سیستم مهاربندی X که به صورت چاق طراحی شده گردیده است.

علت این امر همانطور که در نمونه قبلی نیز ذکر شد استفاده از همه ظرفیت مصالح فولادی ورق در سیستم دیوارهای برشی فولادی است. در صورتی که حتی وقتی مهاربند ها به صورت چاق طراحی می شوند به گونه ای که هم در کشش و هم در فشار بتوانند عمل کنند در بار نهایی تنش ها در مهاربند کششی و فشاری متفاوت بوده و بدین لحاظ نمیتوان از همه ظرفیت فولاد استفاده کرد

بدین ترتیب با توجه به نقش سختی سیستم های مقاوم در کاهش تغییر مکان جانبی که به لحاظ اثرات درجه دوم و جلوگیری از آسیب دیدن اجزای غیر سازه ای حفظ تجهیزات و لوازم حساس و تامین ایمنی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد می توان به برتری دیوار برشی فولادی در ایفای نقش مذکور نسبت به دیگر سیستم های معمول پی برد.

علاوه بر سختی و مقاومت برشی نهایی بالای دیوار های برشی فولادی این سیستم به لحاظ گستردگی اتصال ورق با قاب اطراف (عدم وجود یک اتصال متمرکز مانند سیستم های مهاربندی) و شکل گیری تدریجی و یکنواخت تنش در ورق فولادی و قابلیت خوب تعدیل تنش ها تا رسیدن به بار نهایی نسبت به دیگر سیستم های معمول قابل اطمینان تر بوده و جذب انرژی آن تدریجی و همراه با کمترین ضعف کلی و یا موضعی است. در واقع می توان بیان نمود که ورق فولادی به علت اتصال گسترده به تیر ها و ستون ها که دو عضو اصلی در سازه می باشند همانند فردی عمل می کند که دست خود را از دو شاخه گرفته باشد و طبیعتاً میزان انتقال نیروی خود را به شاخه ها با توجه به تحمل آنها تنظیم می نماید. لذا به تعبیر دیگری می توان گفت که سیستم تا حدی و به نوعی هوشمند عمل می نماید.

میدان کششی قطری

اساس ایده دیوارهای برشی فولادی نازک که در ۱۵ سال اخیر بطور جدی مورد توجه قرار گرفته است بهره گیری از میدان کشش قطری است که در اینگونه دیوارها ایجاد می شود مقاومت اینگونه دیوارها بطور عمده مقاومت پس کمانشی ورقهای نازک یا در واقع مقاومت ناشی از میدان کشش قطری است که پس از کمانش ورق

دیوار برشی فولادی

صفحه: ۱۴

DEP

PRJ

CAT

DIS

TYP

SEQ

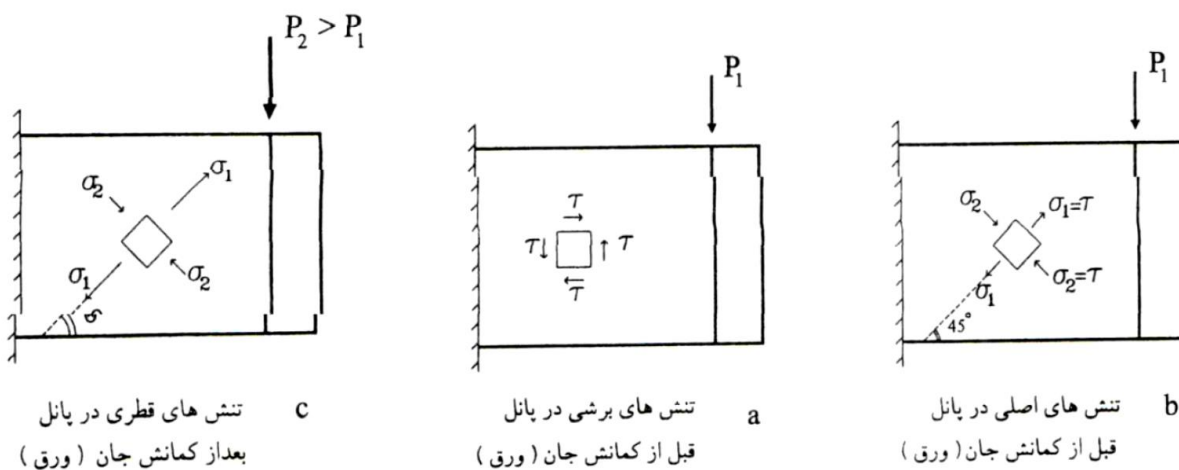
REV

پروژه:

بهمن ۹۳

۰۱

فولادی در آن ایجاد می شود. شکل (۵) یک پانل برشی را نشان می دهد. ورق فولادی جان تا قبل از کمانش تحت اثر برش خالص می باشد که تنشهای اصلی مربوط به آن در شکل نشان داده شده است در صورتیکه نیروی اعمالی افزایش یابد به نحوی که تنش فشاری σ_2 در جان از تنش بحرانی ورق فولادی بیشتر شود ورق کمانش نموده و صفحه جان چروکیده می شود طبیعتاً ورق فولادی در جهت تنش فشاری، افزایش تنش را نمی تواند تحمل کند ولی در جهت دیگر یعنی σ_1 ، که ورق تحت اثر تنشهای کششی قرار دارد، تنشهای مذکور می تواند با جاری شدن ورق فولادی افزایش یافته و در نتیجه پانل نیروهای قابل توجهی را تحمل نماید. پدیده مذکور، پدیده پس کمانشی در ورق فولادی نامیده می شود. این پدیده در تیر ورقها مشهود است.



شکل ۵: نحوه شکل گیری میدان کشش قطری در جان (ورق فولادی)

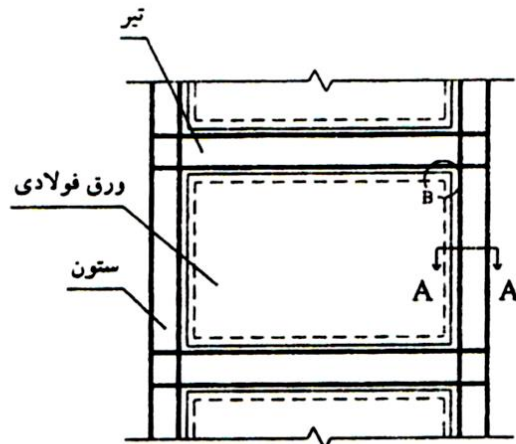
دیوار برشی فولادی									
صفحه: ۱۵	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:	
بهمن ۹۳							۰۱		

جزئیات اجرایی

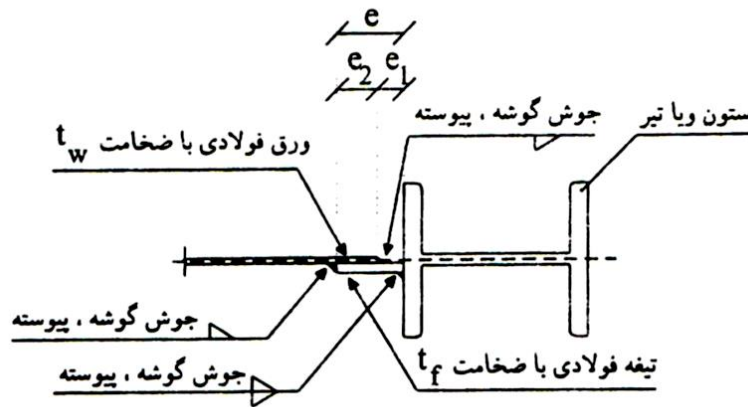
در شکل زیر یک نمونه از دیوار برشی فولادی به همراه جزئیات اجرای آن آورده شده است. مشاهده می شود که ورق فولادی بوسیله یک تیغه فولادی به تیرها و ستونهای اطراف متصل شده است. این نوع اتصالی جای بازی کافی برای ورق فولادی ایجاد نموده و اجراء را تسهیل میکند. اتصال ورق به تیغه بوسیله جوش و یا پیچ و مهره انجام می شود. در صورت استفاده از جوش بایستی جوشها بصورت پیوسته در تمام طول اجرا شوند. با توجه به اهمیت اتصال ورق فولادی به تیرها و ستونها، جوشهای تیغه ها به ستونها و تیرها و همچنین جوشها و یا پیچ های ورق فولادی به تیغه (در صورت استفاده از پیچ و مهره برای اتصال ورق فولادی به تیغه) باید براساس نیروهای وارده طوری طراحی شوند که از ضریب اطمینان بالایی برخوردار باشند. مطالعات انجام شده نشان می دهد که لازمست ضخامت تیغه فولادی (t_f) بیش از ضخامت ورق فولادی (t_w) باشد که توصیه می شود $t_f > 1.2t_w$ باشد. عرض تیغه فولادی (e) باید به فواصل مورد نیاز برای e_1 و e_2 که در شکل نشان داده شده اند، طوری انتخاب شوند که اثر جوشها روی هم باعث تضعیف اتصال نگردد. در صورت استفاده از پیچ برای اتصال ورق فولادی به تیغه این فواصل را محاسبات مربوط به این نوع اتصال با توجه به نیروهای وارده تعیین می نمایند. آزمایشها نشان می دهد به علت شدت میدان کشش قطری که در وسط ورق و در اطراف قطر آن بیشتر می باشد، در گوشه های پانل در محل اتصال ورق به تیغه ها، و تیغه به تیرها و ستونها تمرکز تنش ایجاد شده و در اثر بارهای رفت و برگشتی ناشی از زلزله پارگی رخ دهد. در مجموع در سیستم دیوارهای برشی فولادی به علت گستردگی مصالح و اتصالات، تعدیل تنش ها به مراتب بهتر از سیستم های دیگر مثل قابها و مهاربندها که بطور معمول در آنها مصالح دسته شده و اتصالات بصورت متمرکز می باشد، صورت گرفته و رفتار سیستم بخصوص در حالت پلاستیک و تحت اثر بارهای رفت و برگشتی مناسب می باشد.

دیوار برشی فولادی

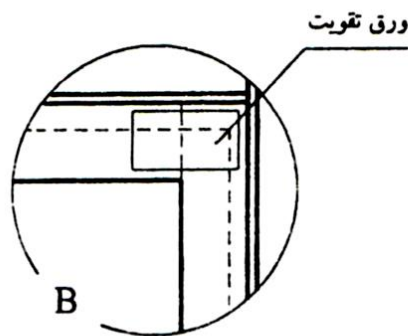
صفحه: ۱۶		DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:
بهمین ۹۳								۰۱	



a دیوار برشی فولادی



b مقطع A-A



c نمای پشت جزئیات B

شکل ۶: دیوار برشی همراه جزئیات اجرایی آن

بررسی اقتصادی

تجربه بررسی اقتصادی استفاده از سیستم دیوارهای برشی فولادی به جای قاب های ممان گیر در ساختمان ۲۵ طبقه هتل های رجنسی و ساختمان ۶ طبقه بیمارستان آلیووویو و دیگر ساختمانها نشان می دهد با بکارگیری سیستم مذکور می توان تا حد قابل توجهی در مصرف فولاد صرفه جویی به عمل آورد.

این سیستم در هتل های رجنسی موجب شد مصرف فولاد از ۱۱۹۷ نیوتن بر متر مربع به ۷۹۰ نیوتن بر متر مربع کاهش یابد نسبت به سیستم قابهای ممان گیر یعنی حدود ۳۴ درصد صرفه جویی در مصرف فولاد.

در ساختمان بیمارستان آلیووویو میزان کاهش در حدود ۵۰ درصد بود و مقدار فولاد از ۱۹۱۵ نیوتن بر متر مربع به ۹۵۷ نیوتن بر متر مربع کاهش یافت.

با توجه به تجربه ۲ ساختمان یاد شده که یکی نسبتا بلند و دیگری نسبتا کوتاه است میتوان میزان کاهش مصرف فولاد را قابل ملاحظه ارزیابی نمود. در ساختمانهای مذکور ورق فولادی بکار رفته ضخیم و مقدار سخت کننده ها قابل توجه می باشند لذا به نظر می رسد در صورت استفاده از حاصل تحقیقات اخیر در طراحی دیوار های برشی فولادی باز هم بتوان مقدار بیشتری در مصرف فولاد در ساختمانها صرفه جویی نمود.

نمونه های اجرا شده دیوار برشی فولادی

۱- ساختمان ۳۰ طبقه هتل های رجنسی در دالاس تکزاس آمریکا

۲- ساختمان مرکزی ۵۴ طبقه بانک وان ملون در پیتسبورگ پنسیلوانیای آمریکا

۳- ساختمان ۱۵ طبقه بیمارستان C-H مفیت در سان فرانسیسکو

۴- ساختمان ۲۰ طبقه مرکز اداری نیپون استیل در توکیو

۵- ساختمان ۵۳ طبقه اداری شینجو کونومورا (شکل ۷)

۶- ساختمان ۳۲ طبقه بایر هوچ هوس در لور کوزن آلمان

۷- ساختمان ۲۵ طبقه در ادمونتون کانادا

دیوار برشی فولادی



گروه مهندسين
د.ا.ا

صفحه: ۱۸

DEP

PRJ

CAT

DIS

TYP

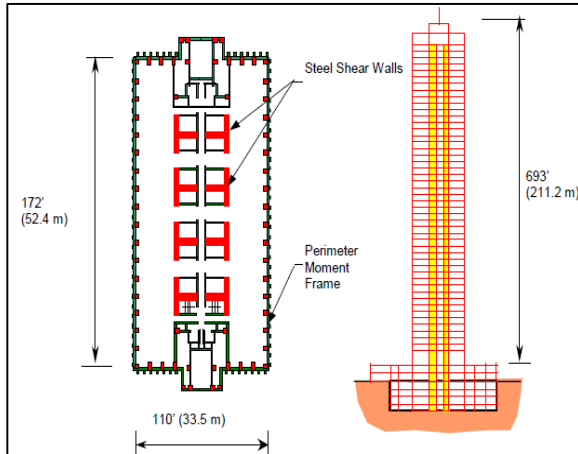
SEQ

REV

پروژه:

بهمن ۹۳

۰۱



شکل ۷: پلان و مقطع ساختمان شینجو کونومورا