

SID



ابزارهای
پژوهش



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی
در تدوین و چاپ مقالات ISI



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word
برای پژوهشگران

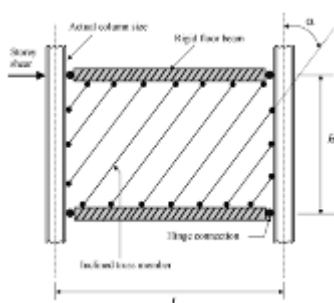
بررسی و مقایسه روش های مدل سازی دیوار برشی فولادی

نیلوفر دانایی فرد، دانشجوی مهندسی سازه، دانشگاه سمنان؛ ni.danaefard@yahoo.com

مجید قلهکی، استادیار گروه عمران، دانشگاه سمنان؛ mgholhaki@semnan.ac.ir

چکیده

ورق با یک سری نوارهای گسسته قطری که انتهای آنها مفصلی است و در جهت گسترش میدان کششی قطری توزیع شده اند، مدل می شود و از تنش فشاری عمود در جهت نوارها صرف نظر می شود. کاربرد روش مذکور تاکنون صرفاً محدود به دیوارهای برشی فولادی با ورق فولادی نازک بوده و برای دیوارهای برشی با ورق ضخیم و یا دیوارهای برشی فولادی تقویت شده قابل استفاده نمی باشد، علاوه بر آن در صورتی که دیوار برشی فولادی دارای بازشو باشد هیچ راه حلی برای آنالیز و طراحی این سیستم ارائه نگردیده است. [2]



شکل 1: مدل نواری [2]

امروزه استفاده از دیوارهای برشی فولادی به عنوان یک سیستم باربر جانبی لرزه یی به طور کارآمد در بهسازی لرزه ای به منظور افزایش مقاومت جانبی و سختی ساختمان ها در برابر زلزله، در سازه های بتنی و فولادی مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله به بررسی و مقایسه روش های تحلیل و طراحی دیوار برشی فولادی به صورت المان های نواری و مدل سازی اجزا محدود در نرم افزارهای SAP2000 و ABAQUSE پرداخته می شود. در این راستا ابتدا به معرفی روابط و پارامترهای موثر در نحوه مدل سازی و در نهایت به مقایسه مدل سازی نواری و اجزا محدود با مدل آزمایشگاهی پرداخته می شود. نتایج به دست آمده نشان می دهد مدل سازی المان پوسته در نرم افزار ABAQUSE وقت گیر بوده و استفاده از آن بیشتر جنبه تحقیقاتی دارد. از طرف دیگر مدل سازی دیوار برشی به صورت المان نواری در نرم افزارهای مانند ETABS, SAP2000 نتایج قابل قبولی در بر خواهد داشت و انجام عملیات طراحی و بهسازی سازه ها را مستقیماً در نرم افزار امکان پذیر می سازد.

کلمات کلیدی: دیوار برشی فولادی، المان نواری، المان پوسته، تحلیل پوش آور

مقدمه

آیین نامه فولاد کانادا [3] و آیین نامه فولاد آمریکا [4]، دیوار برشی فولادی را به عنوان یک سیستم باربر جانبی پذیرفته اند. در این آیین نامه ها به منظور طراحی دیوارهای برشی فولادی با ورق نازک، ابتدا طراحی اولیه مقاطع تیر، ستون و ورق دیوارها مشابه یک خرپای قائم با مهارندهای صرفاً کششی انجام می شود. بر این اساس به جای هر ورق فولادی، یک بادبند معادل در نظر گرفته می شود. پس از تعیین سطح مقطع هر مهاربند (بر اساس روابط انرژی کرنشی الاستیک)، ضخامت ورق فولادی از رابطه ی (1) محاسبه می شود:

$$t = \frac{2A_b \sin \theta \sin 2\theta}{L \sin^2 2\alpha} \quad (1)$$

که در آن، θ زاویه بین مهاربند و ستون، L عرض دهانه قاب، A_b سطح مقطع مهاربند معادل و α زاویه تشکیل میدان کشش قطری در ورق فولادی بوده که از رابطه (2) به دست می آید:

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{t \cdot L}{2A_c}}{1 + t \cdot h_s \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h_s^2}{360I_c \cdot L} \right)} \quad (2)$$

که در آن A_c و I_c به ترتیب سطح مقطع و ممان اینرسی ستون های کناری، h_s ارتفاع طبقه و A_b سطح مقطع تیر می باشد.

¹ Steel plate shear walls (SPSW)

² Strip Model

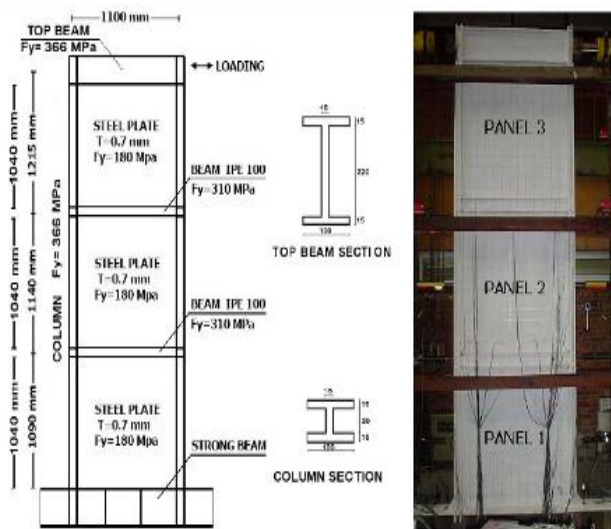
³ Thorburn

استفاده از دیوار برشی فولادی¹ در سال های اخیر برای گرفتن نیروهای جانبی زلزله و باد در ساختمان های بلند و در مقاوم سازی ساختمان های موجود مورد توجه واقع شده است. تکنولوژی طراحی و ساخت این سیستم در سال های اخیر پیشرفت چشمگیری داشته است و ضوابط طرح و اجرای آن در آیین نامه های مختلف مانند آیین نامه فولاد کانادا، آیین نامه لرزه یی AISC و ضوابط FEMA450 وارد شده است. دیوارهای برشی فولادی شامل پانل های صفحه ای فولادی، دو ستون مرزی و تیرهای افقی کف می باشد. با طراحی مناسب، این سیستم شکل پذیری و اتلاف انرژی بالایی را دارا می باشد. همچنین سختی قابل ملاحظه آن به کنترل تغییر شکل طبقات و در نتیجه پایداری سازه از یک سو و رفتار مناسب اجزای غیر سازه ای از سوی دیگر منجر می گردد. در کاربرد های اولیه پانل های دیوار دارای سخت کننده های افقی و عمودی بودند. تحقیقاتی که در حالت بدون سخت کننده روی رفتار این پانل ها انجام گرفت نشان داد که در این حالت نیز شکل پذیری و اتلاف انرژی قابل ملاحظه ای وجود دارد و در سال های اخیر استفاده از پانل های بدون سخت کننده از لحاظ اجرایی و اقتصادی مقبولیت بیشتری در کشورهای آمریکا و کانادا یافته است.

روش های مدل سازی

یکی از بهترین و عملی ترین روش های مدل سازی که نتایج آن نیز با واقعیت مطابقت دارد «مدل سازی نواری»² است که در سال 1983 توسط توربرن³ و همکارش ارائه گردید. در این مدل فرض می شود که مقاومت ورق فولادی قبل کمانش قابل اغماض است و رفتار غالب در تحمل بار برشی طبقه، میدان کششی قطری است. [1]

طبقات اول، دوم و سوم آنها به ترتیب برابر 1140، 1090 و 1215 میلیمتر بوده و فاصله ی محور به محور ستونها 1100 میلیمتر است. ستونها از فولاد پرمقاومت به ضخامت جان و بال 15 میلیمتر ساخته شده و ارتفاع جان و عرض بال آنها به ترتیب 30 و 100 میلیمتر می باشد. ستونها به صورت یکپارچه و بدون هیچ گونه وصله ساخته شدند و تیرهای طبقات اول و دوم از نوع پروفیل IPE 100 و تیر طبقه سوم از فولاد پرمقاومت به ضخامت جان و بال 15 میلیمتر طراحی گردید. ارتفاع جان و عرض بال این تیر به ترتیب 220 و 100 میلیمتر انتخاب گردید. علت انتخاب این تیر عمیق، جلوگیری از خمش نامطلوب، بدلیل وجود میدان کشش قطری در پانل پایینی تیر و عدم وجود این میدان در قسمت فوقانی آن می باشد...



شکل 2: تصویر، نمای کلی و جزئیات نمونه های دیوار برشی فولادی [6]

جدول (1): خصوصیات مکانیکی اجزای دیوارهای برشی فولادی [6]

اعضاء	$F_y (N/mm^2)$	$E (kN/mm^2)$
ورق	۱۸۰	۲۰۶
ستون	۳۶۶	۲۰۶
تیرهای میانی	۳۱۰	۲۰۶
تیر فوقانی	۳۶۶	۲۰۶

که در آن F_y و E به ترتیب تنش تسلیم و مدول الاستیسیته مصالح می باشند.

مدل سازی و تحلیل

ابتدا مدلی بر اساس روش نواری ساخته و سپس تحت تحلیل استاتیکی غیر خطی مورد بررسی قرار خواهیم داد. طبق محاسبات انجام شده، میانگین زاویه المان های نواری معادل 39^0 و 10 المان نواری در تمام طبقات به دست می آید. برای تحلیل مدل ساخته شده نیز از مفاصل خمیری برای المان های مورب و المان تیر و ستون استفاده خواهد شد. در شکل 3 مدل رفتاری مفصل پلاستیک ایجاد شده در المان نواری طبقه دوم و در شکل 4 نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک تحت تحلیل پوش آور نشان داده شده است.

پس از تعیین ضخامت، هر ورق به تعدادی نوار مورب تبدیل می شود که سطح مقطع هر نوار از رابطه (3) به دست می آید:

$$A_s = \frac{L \cos \alpha + h \sin \alpha}{n} t \quad (3)$$

که در آن n تعداد نوارهاست. مطالعات متعددی در زمینه تعیین تعداد نوار مورد نیاز انجام شده که نتایج نشان دهنده کفایت 10 عدد نوار مورب برای آنالیز یک دیوار برشی فولادی با ورق نازک است. با توجه به این که ستون ها ممکن است تحت تأثیر میدان کشش قطری دچار کماتش شوند لذا سختی ستون های کناری باید از رابطه (4) تبعیت نماید.

$$I_c \geq \frac{0.00307 t h_c^4}{L} \quad (4)$$

همچنین به منظور جلوگیری از خمش تیر فوقانی دیوار برشی فولادی ناشی از اثر میدان کششی قطری نامتقارن، رابطه (5) بایستی کنترل گردد:

$$M_{fpb} \geq \frac{\sigma_{ty} t L^2}{8} \sin^2 \alpha \quad (5)$$

که در آن M_{fpb} ، لنگر پلاستیک مقطع تیر و σ_{ty} تنش نهائی میدان کشش قطری بوده که برای ورق های نازک فولادی تقریباً برابر تنش تسلیم آن است. به منظور حصول اطمینان از این که ستون های محیطی بتوانند تنش های وارده ناشی از بارهای محیطی، به همراه تنش های ناشی از اثر میدان کششی را تحمل نمایند، لازم است که شرط زیر برای ستون ها نیز رعایت شود [5]:

$$M_{fpc} \geq \frac{\sigma_{ty} t h^2}{8} \cos^2 \alpha \quad (5)$$

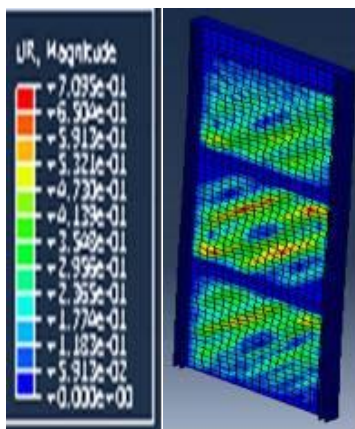
که در آن M_{fpc} ، لنگر پلاستیک مقطع ستون است. در زمان کنترل رابطه بالا بایستی بار محوری ستون ها نیز در نظر گرفته شود. یکی دیگر از روش هایی که به وسیله ی آن می توان رفتار جان دیوار برشی فولادی را به گونه یی مناسب مدل سازی کرد استفاده از المان های غشایی است. برای مدلسازی تیرها و ستون ها از المان shell استفاده شده است. در مدل سازی با روش المان های غشایی باید توجه کرد که شبکه بندی صفحه ی فلزی به حد کافی ریز باشد برای مش بندی نمونه ها از المان چهارگره Shell (S4R) برای جان و بال تیرها و ستونها، پانل ها و سخت کننده ها استفاده گردیده است.

معرفی نمونه آزمایشگاهی [6]

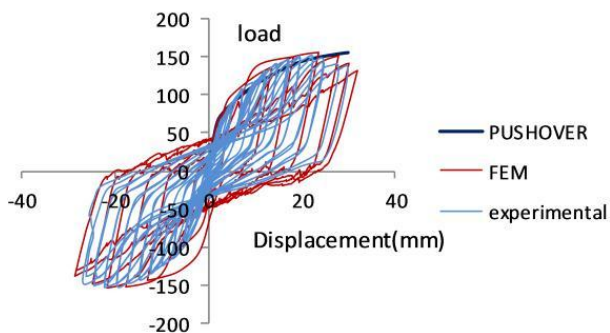
مشخصات مدل دیوارهای برشی از مطالعه ی آزمایشگاهی نمونه دیوار برشی فولادی شکل پذیر سه طبقه که توسط قلهکی و صبوری در سال 2008 انجام شده بود، انتخاب شده است. در این پژوهش آزمایشگاهی، دو نمونه دیوار برشی فولادی شکل پذیر سه طبقه دارای ورق نازک با مقیاس یک سوم تحت بارگذاری دوره ای مورد آزمایش قرار گرفته شد. دیوارهای مذکور دو نوع اتصال تیر به ستون صلب و ساده داشته و در ورق پانل ها و ستون ها به ترتیب از فولاد نرم (فولاد جاذب انرژی) و پرمقاومت استفاده شده بود، در این پژوهش نمونه با اتصال تیر به ستون گیردار مورد بررسی قرار گرفت. ارتفاع نمونه ها از روی تیر قوی کف تا وسط تیر بالا 3445 میلیمتر و عرض پشت به پشت ستونها در آنها 1160 میلیمتر می باشد. ارتفاع محور تا محور

اعوجاج اولیه ناشی از کمانش می‌باشد، لذا جهت شبیه‌سازی این پدیده در اجزاء محدود، مقدار جابه‌جایی 2 میلیمتر به عنوان میزان اعوجاج اولیه به زیرصفحه‌ها اعمال گردیده است.

ورق در مدل اجزاء محدود در تغییر مکانی معادل 2.077 میلیمتر و باری معادل 66 کیلونیوتن جاری شده است که برای همین مدل در آزمایشگاه میزان تغییر مکان و نیروی جاری‌شدگی برای ورق به ترتیب در حدود 2.24 میلیمتر و 68.32 کیلونیوتن گزارش شده است. حداکثر مقاومت نمونه در مدل اجزاء محدود 152 کیلونیوتن در تغییر مکان 25 میلیمتر می‌باشد و برای نمونه آزمایشگاهی 153 کیلونیوتن و در تغییر مکان 23 میلیمتر است.

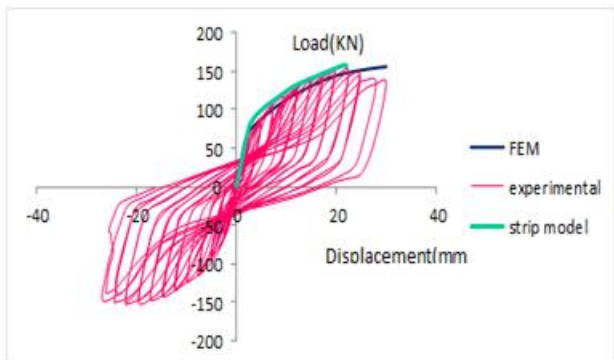


شکل 6: مدل سازی نمونه آزمایشگاهی در نرم افزار ABAQUS



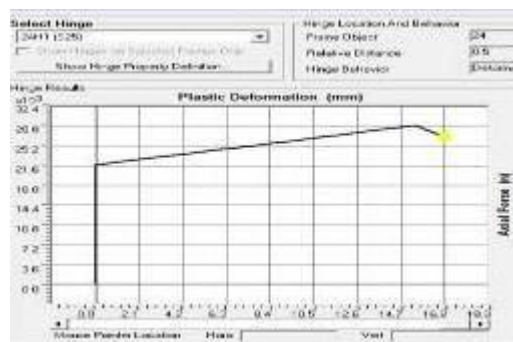
شکل 7: مقایسه منحنی هیستریزس مدل آزمایشگاهی و مدل اجزاء محدود

برای ارائه مقایسه‌ی بهتر سه نمودار حاصل از آزمایش، مدل اجزاء محدود ساخته شده در ABAQUS و مدل اجزاء خطی مورب در SAP را در شکل 8 ارائه می‌کنیم.

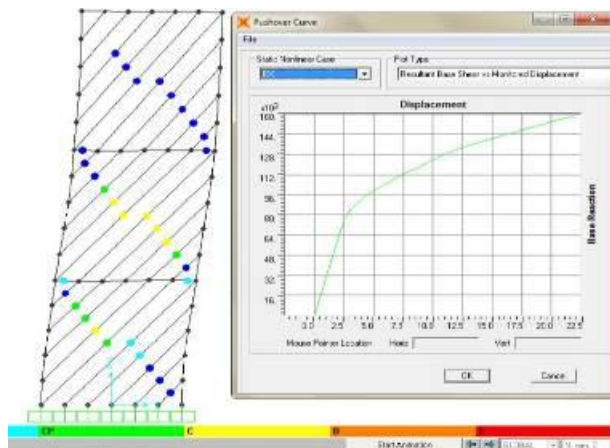


شکل 8: مقایسه منحنی هیستریزس مدل آزمایشگاهی با منحنی پوش آور مدل اجزاء محدود و مدل نواری

4 shell

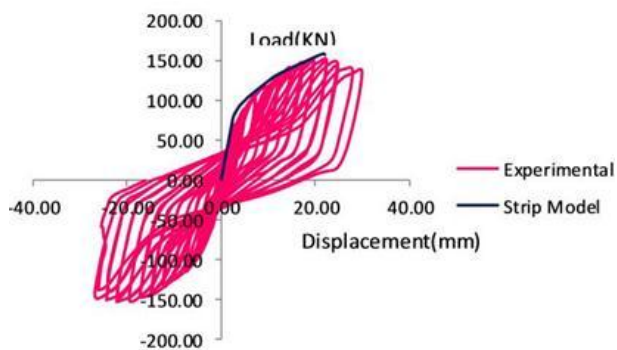


شکل 3: نمونه منحنی مفصل ایجاد شده در المان نواری طبقه دوم



شکل 4: منحنی پوش آور و نحوه تشکیل مفصل پلاستیک مدل نواری

ضمناً در این مدل سازی چون از المان‌های صرفاً کششی استفاده شده، نیازی به در نظر گرفتن اثر کمانش نیست. نتایج حاصل از این تحلیل در شکل (5) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود مدل سازی نواری تطابق خوبی به جهت سختی و جذب انرژی با نمونه آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.



شکل 5: مقایسه منحنی هیستریزس مدل آزمایشگاهی و منحنی پوش آور مدل نواری

در مرحله بعد مورد نظر با المان غشائی مدل شد. در این تحقیق، مدل‌سازی دیوارهای برشی فولادی و نیز تیرها و ستونها، از آنجا یکی از ابعاد (ضخامت) در برابر دو بعد دیگر بسیار کوچکتر می‌باشد و تنش‌ها در جهت ضخامت مدل قابل نظر کردن می‌باشد. از المانهای پوسته‌ای⁴ برای مدل‌سازی استفاده شده است. به منظور بررسی دقت مدل اجزاء محدود در مقایسه با نمونه آزمایشگاهی، نمودار بار - تغییر مکان مدل اجزاء محدود تحت بارگذاری پوش آور برای طبقه اول قاب سه طبقه با نتایج آزمایشگاهی مقایسه گردیده است. با توجه به شرایط اجرایی و بعثت وجود بارهای تحت سرویس در دیوارهای برشی فولادی، پانل برشی پس از نصب دارای مقداری

نتیجه گیری

دیوارهای برشی فولادی در کنار شکل پذیری مناسب، توانایی تحمل بارهای قابل ملاحظه‌ای را دارند و از این رو می‌توانند گزینه مناسبی برای سیستم مقاوم باربر جانبی در ساختمان‌ها باشند. در مدل سازی دیوارهای برشی مشخص شد استفاده از المان پوسته در نرم افزار اجزا محدود ABAQUS کاری وقت گیر و مشکل بوده و روشی مناسب برای آنالیز و طراحی نمی باشد. هرچند برای پروژه های تحقیقاتی روشی دقیق به شمار می‌رود. از طرف دیگر مدل سازی دیوار برشی فولادی توسط المان نواری در نرم افزار SAP2000 و ETABS نتایج قابل قبولی در بر خواهد داشت. هرچند که این روش نیز با دشواری هایی مانند دشواری در مدل سازی تعداد قابل توجهی المان نواری مواجه است ولی روشی مناسب به منظور طراحی و بررسی رفتار ساختمان‌ها و بهسازی لرزه ای ساختمان‌های موجود است.

مراجع

- [1] صبوری، سعید؛ مقدمه ای بر دیوارهای برشی فولادی، نشر انگیزه 1380.
- [2]. AISC, *Steel Plate Shear Wall Design, Guide 20*, First Printing American Institute of Steel Construction Inc, Chicago (2007)
- [3]. AISC, *ASD/LRFD Seismic Provisions for Structural Buildings*, 2005
- [4]. Canadian Standard Association . *Handbook of steel Construction* , CAN/CSA-01. 7th ed. Willowdale (ON): Canadian Institute of Steel Construction; 2003
- [5] استاری، محمد جواد، "بررسی اثر مولفه ی قائم زلزله بر رفتار دیوارهای برشی فولادی با ورق نازک"، پایان نامه کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه سمنان، 1390
- [6] قلهکی، مجید؛ صبوری، سعید؛ "تأثیر ضریب شکل پذیری بر ضریب رفتار دیوارهای برشی فولادی با ورق نازک"، نشریه علمی - پژوهشی سازه و فولاد، سال پنجم، بهار و تابستان 1388

SID



ابزارهای
پژوهش



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری
STES



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



تازه های آموزش
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی
در تدوین و چاپ مقالات ISI



تازه های آموزش
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



تازه های آموزش
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word
برای پژوهشگران