Archive of SID

مقایسه سطح عملکرد سازه‌های فولادی طراحی شده به شیوه سنتی و شیوه نوین مجهز به جداساز لرزه‌ای طبق آیین‌نامه‌های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا و هند

عباس پروین [۱*]، محمود سراجی[۲]، محمد واقفی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه عمران، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران، *abas.parvin@gmail.com*
۲- عضو هیئت علمی و استادیار گروه عمران، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران. *mseraji86@gmail.com*
۳- عضو هیئت علمی و استادیار گروه عمران، دانشکده فنی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران، *vaghefi52@gmail.com*

چکیده

امروزه کشورهای متعددی آئین نامه های مختلفی جهت طراحی سازه‌ها ارائه می دهند. کشورهایی نظیر آمریکا، اتحادیه اروپا، ژاپن، کانادا، ایتالیا، نیوزیلند و هند در این زمینه پیشرو بوده و هر کدام آئین نامه خاص خود را دارا می‌باشند. از این میان، آیین‌نامه‌های کشورهای آمریکا، اتحادیه اروپا، کانادا و هند جنبه همگانی و جهانی پیدا کرده است و در ضمیمه نرم افزارهای تحلیل و آنالیز سازه‌ها همچون *ETABS* گنجانده شده است و کشورهای مختلف جهت طراحی سازه ها توسط خانواده نرم افزارهای *CSI* به اینگونه آیین‌نامه‌ها استناد می‌کنند. در این تحقیق به منظور مقایسه نتایج طراحی سازه‌ها به روش‌های مرسوم و متداول با روش‌های نوین مجهز به سیستم جداساز لرزه ای در ابتدا یک مدل سه بعدی قاب ساده فولادی مهاربندی شده با مهاربند برون محور که که در راستای طولی ۵ دهانه ۴ متری و در راستای عرضی ۴ دهانه ۴ متری است در حالت با جداساز و بدون جداساز استفاده می نماییم. تعداد دهانه های مهاربندی شده در راستای طولی ۳ دهانه و در راستای عرضی ۲ دهانه می‌باشد. سپس یک مدل قاب خمشی ویژه با تعداد طبقات مشابه ۵ و ۸ طبقه و ارتفاع هرطبقه ۳ متر و تعداد دهانه های مشابه هندسه مدل قبل را را در دوحالت با جداساز و بدون جداساز با نرم افزار ETABS طراحی و تحت آنالیز استاتیکی غیر خطی پوش‌آور قرار می‌دهیم. جداساز لرزه ای به کار رفته شده از نوع الاستومری و به صورت بالشتک لاستیکی با هسته سربی (LRB) می‌باشد. در نهایت پس از تحلیل مشخص گردید که مدل های طراحی شده با جداسازهای لرزه ای برخلاف مدل های جداسازی نشده سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه را در تغییرمکان‌های ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف و حتی بالاتر پوشش می‌دهند ولی در مدل های جداسازی نشده تغییر مکان هدف در سطح عملکرد ایمنی جانی و آستانه فروریزش قرار می‌گیرد لذا این امر نقش سیستم جداساز لرزه ای را در بهبود رفتار سازه به اثبات می‌رساند.

واژه‌های کلیدی: تغییر مکان نسبی، مهاربند واگرا، برش پایه، تحلیل استاتیکی غیرخطی

۱- مقدمه

کشورهایی نظیر امریکا، اروپا، کانادا و هند تحقیقات وسیع و دائمی به منظور بهبود ضوابط آیین نامه ای خود داشته‌اند از سوی دیگر به دلیل عدم وجود آیین نامه های کشورمان در ضمیمه نرم افزارهای خانواده *CSI* از قبیل *SAP* و *ETABS* ما لاجرم مجبور به استفاده از ضوابط لرزه‌ای آیین نامه مذکور می شویم لذا با عنایت به مطالب فوق لزوم آشنایی با اینگونه آیین نامه‌ها و

www.SID.ir

Archive of SID

توان به کارگیری آنها جهت انجام تحلیل با نرم افزارهای ذکر شده بر هیچکسی پوشیده نیست، مضافاً با توجه به اینکه آیین‌نامه‌های مذکور در سالیان متمادی ویرایش و ارتقاء یافته اند آیین نامه های جدید نوین می‌بایست با همدیگر مقایسه شوند تا نقاط قوت و ضعف آنها مشخص شود [۱]. در این راستا به منظور مقایسه نتایج طراحی سازه‌ها به روش‌های مرسوم و متداول با روش‌های نوین مجهز به سیستم جداساز لرزه ای در ابتدا یک مدل سه بعدی قاب ساده فولادی مهاربندی شده با مهاربند برون محور که که در راستای طولی ۵ دهانه ۴ متری و در راستای عرضی ۴ دهانه ۴ متری است در حالت با جداساز و بدون جداساز استفاده می نماییم. تعداد دهانه های مهاربندی شده در راستای طولی ۳ دهانه و در راستای عرضی ۲ دهانه می‌باشد. سپس یک مدل قاب خمشی ویژه با تعداد طبقات مشابه ۵ و ۸ طبقه و ارتفاع هرطبقه ۳ متر و تعداد دهانه های مشابه هندسه مدل قبل را را در دوحالت با جداساز و بدون جداساز با نرم افزار ETABS طراحی و تحت آنالیز استاتیکی غیر خطی پوش‌آور قرار می‌دهیم. جداساز لرزه ای به کار رفته شده از نوع الاستومری و به صورت بالشتک لاستیکی با هسته سربی (LRB) می‌باشد.

۲- مشخصات مدل مورد مطالعه

جهت بررسی از یک مدل سه بعدی با تعداد طبقات متفاوت ۵ و ۸ طبقه و ارتفاع طبقات مشابه ۳ متر و سیستم باربر جانبی مهاربند برون محور و قاب خمشی استفاده گردیده است، مدل مذکور در راستای طولی ۵ دهانه ۴ متری و در راستای عرضی ۴ دهانه ۴ متری دارا می‌باشد. ، جانمایی مهاربندها در دهانه های وسط انتخاب گردید. با احتساب هندسه فوق مدل مذکور بر اساس ضوابط آیین نامه‌ای ایران و آمریکا، اروپا، کانادا و هند تحت بارگذاری ثقلی و لرزه ای قرار گرفت برای تحلیل و طراحی از نرم افزار *ETAB5 2015 ultimate* استفاده شده است. برای تحلیل بار زلزله از روش استاتیکی معادل استفاده شده است. فولاد در نظر گرفته شده برای تحلیل از نوع *ST-37* می باشد. مقاطع اختصاص داده شده برای تیرها از پروفیل *IPE* استاندارد و در قاب برون محور و خمشی برای ستون‌ها به ترتیب از مقاطع نوع *IPB* و قوطی و نهایتاً برای مهاربندها از نوع مقطع دوبل نبشی با رعایت ضوابط مربوط به فشردگی استفاده شده است[۴-۵]. از آنجا که ساختمان در منطقه با خطر لرزه خیزی بسیار زیاد واقع شده است جهت اعمال بار قائم زلزله دو نوع الگوی بار مرده در نظر گرفته شد الگوی بار مرده گروه اول که ضریب *scale factor* آن در قسمت *load pattern* نرم افزار *etabs* برابر ۱ در نظر گرفته شده است و مقدار نهایی آن پس از طراحی کلی مقاطع تیرها و ستون ها و بادبندها توسط نرم افزار، محاسبه می گردد مقدار فرض اولیه این الگوی بار مرده مربوط به بار مرده ناشی از بتن سطح طبقات برابر با ۵۰۰ کیلوگرم برمتر مربع احتساب گردیده است جهت اعمال بار قائم ناشی از الگوی بار مرده گروه اول لازم نیست آن را به صورت دستی محاسبه و اعمال کنیم بلکه در قسمت تنظیمات مربوط به طراحی نرم افزار ضریب Sd_s را برابر ۱ قرار دادیم تا طبق راوابط تشدید الگوی بار مرده به اندازه $0.2\ Sd_s$ بار مرده گروه اول تشدید پیدا کند روابط (۱) ، (۲) ، (۳) و (۴) روابط مربوط به تشدید الگوی بار مرده نوع اول می باشند[۵-۶].

$$(1.2+\ 0.2Sd_s)DL+LL+\rho E \qquad (۱)$$

$$(1.2+\ 0.2Sd_s)DL+LL-\rho E \qquad (۲)$$

$$(0.9-\ 0.2Sd_s)DL+LL+\rho E \qquad (۳)$$

$$(0.9-\ 0.2Sd_s)DL+LL-\rho E \qquad (۴)$$

که در آن DL الگوی بار مرده گروه اول ؛ LL الگوی بار زنده؛ E بار زلزله ؛ SD_S شتاب طیفی در پریود کوتاه مدت هستند الگوی بار مرده گروه دوم طبقات و سقف را به ترتیب برابر ۲۱۰ و ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع در نظر گرفته شد و میزان بار زلزله قائم ناشی از آنها را طبق رابطه ۸ به ترتیب برابر ۴۴/۱ و ۵۲/۵ اختصاص داده شد. بار زنده طبقات و سقف را به ترتیب برابر با ۲۰۰ و۱۵۰ کیلوگرم بر مترمربع در نظر گرفته شد بار ناشی از تیغه ها را برابر با ۱۱۵ کیلوگرم بر متر مربع و بار قائم آن را طبق رابطه (۸) برابر با ۲۴/۱۵ در نظر گرفته شد طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران ۳۵۰ کیلو گرم بر متر مربع و بار بام ۱۵۰ کیلو گرم بر متر مربع در نظر گرفته شده است. به دلیل عدم وجود محدویت در روش تحلیل مستقیم و توانایی آن در احتساب اثرات مرتبه دوم در تعیین تلاش های داخلی این روش را به عنوان روش تحلیل انتخاب می کنیم. جهت استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

این روش برای بارهای ثقلی اثر بار نشنال در نظر گرفته می‌شود این بار یک بار جانبی فرضی است که به دلیل نواقص هندسی به میزان ۰/۰۰۲ بار ثقلی در هر دو جهت x و y در نظر گرفته می‌شود و در سایر ترکیب بارها اعمال می‌شود.

۳- بررسی سطح عملکرد مدل‌های طراحی شده

در اشکال و جداولی که در بخش‌های بعدی نشان داده خواهد شد، سطح عملکرد مدل های طراحی شده بر اساس آیین‌نامه-های مذکور در دو حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه‌ای مورد مقایسه قرار می‌گیرند.

۳-۱- مقایسه وضعیت مفاصل پلاستیک شده در مدل‌های طراحی شده بر اساس آیین نامه‌های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا و هند

با توجه به تحلیل غیر استاتیکی انجام شده، موارد جمع بندی شده در خصوص وضعیت و تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده در اعضای مدل های ۵ و ۸ طبقه قاب خمشی و برون محور طراحی شده براساس آیین نامه‌های کشورهای ایران، آمریکا، اروپا، کانادا و هند در حالت با جداساز و بدون جداساز به شرح زیر بیان می‌گردد. بر اساس جدول (۱) در مدل ۵ طبقه خمشی ایران در حالت بدون جداساز ۱/۲ درصد مفاصل پلاستیک نسبت به کل مفاصل تشکیل شده در آستانه فروریزش و۲/۲درصد از کل مفاصل از آستانه فروریزش رد شده‌اند در مدل ۸ طبقه خمشی ایران در حالت بدون جداساز هیچ یک از مفاصل پلاستیک در آستانه فروریزش قرار نمی‌گیرند در مدل ۵ طبقه خمشی آمریکا در حالت بدون جداساز ۴/۴ درصد از کل مفاصل پلاستیک در آستانه فروریزش و ۰/۷۵ درصد از کل مفاصل از آستانه فروریزش رد شده‌اند در مدل ۸ طبقه خمشی آمریکا در حالت بدون جداساز ۹/۹ درصد مفاصل پلاستیک از کل مفاصل در آستانه فروریزش و ۱/۴۲ درصد از کل مفاصل از آستانه فروریزش عبور کرده‌اند در مدل های ۵ و ۸ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین‌نامه اروپا در حالت بدون جداساز هیچ یک از مفاصل پلاستیک در آستانه فروریزش قرار نمی‌گیرند در مدل ۵ طبقه خمشی کانادا در حالت بدون جداساز ۸/۰۸ درصد مفاصل پلاستیک از کل مفاصل از آستانه فروریزش رد شده‌اند در مدل ۸ طبقه خمشی کانادا در حالت بدون جداساز ۰/۳ درصد مفاصل پلاستیک از کل مفاصل از آستانه فروریزش رد شده‌اند در مدل ۵ طبقه خمشی هند در حالت بدون جداساز ۰/۸۸درصد از کل مفاصل از آستانه فروریزش رد شده‌اند در مدل ۸ طبقه خمشی هند در حالت بدون جداساز۴/۳۵ درصد از کل مفاصل از آستانه فروریزش رد شده‌اند بنابراین با توجه به اینکه مبنای اتخاذ شده در این تحقیق جهت مقایسه مدل‌های مختلف طراحی شده بر اساس آیین نامه‌های کشورهای ایران، آمریکا، اروپا، کانادا و هند در نواحی بحرانی به لحاظ لرزه خیزی در هریک از کشورهای فوق بوده است لذا فقط مدل ۵ و ۸ طبقه اروپا در محدوده لرزه خیزی شدید از اتحادیه اروپا و مدل ۸ طبقه ایران در ناحیه لرزه خیزی شدید از ایران نیاز به بهسازی ندارند و عملکرد خوبی در آن نواحی لرزه خیزی خواهند داشت بالعکس بقیه مدل‌های طراحی شده براساس آیین‌نامه های آمریکا،کانادا و هند می‌بایست بهسازی شوند تا عملکرد خوبی در نواحی با لرزه خیزی شدید از خود داشته باشند لذا در خصوص سطح عملکرد مدل‌ها در نواحی لرزه خیزی بسیار زیاد وابسته به خود آن کشورها و آیین‌نامه های منظم مربوطه به ترتیب از سطح عملکرد بالاتر به پایین تر، در قاب خمشی ۵ طبقه مدل های های اروپا، آمریکا، ایران، هند و کانادا دارای سطح عملکرد پایین‌تر می‌باشند در قاب خمشی ۸ طبقه به ترتیب از سطح عملکرد بالاتر به پایین تر مدل های های ایران، اروپا، کانادا، آمریکا، و هند دارای سطح عملکرد پایین‌تر می‌باشند این بدین معناست که در آیین نامه های ایران و کانادا با افزایش ارتفاع ضوابط سختگیرانه تری را در نظر می‌گیرند ولی در آیین‌نامه کشور آمریکا با توجه به سطح لرزه خیزی بالاتر، هنوز تعداد مفاصل تشکیل شده در آن از مدل‌های ایران و کانادا بیشتر می‌باشد در حالت جداسازی شده هیچ یک از مفاصل از محدوده سطح عملکرد ایمنی جانی و آستانه فروریزش (LS-CP) عبور نکرده‌اند .

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: تعداد مفاصل تشکیل شده در اعضای مدل های ۵ و ۸ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین نامه های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا وهند در حالت با جداساز و بدون جداساز

آیین نامه	مدل(طبقه)	تعداد مفاصل در اعضای مدل ها	سطوح عملکرد(درصد)						
			A-B	*B-IO*	*IO-LS*	*LS-CP*	*CP-C*	*C-D*	*D-E*
ایران، آمریکا، اروپا، کانادا و هند	۵ طبقه خمشی بدون جداگر	مدل ۵ طبقه خمشی ایران	۵۷۷	۴۱	۱۴۴	۱۰	۱۸	۰	۰
		مدل ۵ طبقه خمشی آمریکا	۵۸۲	۱۶	۱۱۹	۶۷	۶	۰	۰
		مدل ۵ طبقه خمشی اروپا	۵۹۴	۱۵۲	۴۴	۰	۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه خمشی کانادا	۸۹۴	۲۰	۳۶	۰	۴۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه خمشی هند	۵۸۶	۰	۱۰۱	۴۶	۷	۰	۰
	۵ طبقه خمشی با جداگر	مدل ۵ طبقه خمشی ایران	۷۹۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه خمشی آمریکا	۷۷۶	۱۲	۲	۰	۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه خمشی اروپا	۷۸۳	۷	۰	۰	۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه خمشی کانادا	۹۳۰	۱۰	۵۰	۰	۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه خمشی هند	۷۸۶	۴	۰	۰	۰	۰	۰
ایران، آمریکا، اروپا، کانادا و هند	۸ طبقه خمشی بدون جداگر	مدل ۸ طبقه خمشی ایران	۱۰۵۸	۷۲	۱۳۴	۰	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه خمشی آمریکا	۹۵۵	۳۲	۱۳۳	۱۲۶	۱۸	۰	۰
		مدل ۸ طبقه خمشی اروپا	۹۶۴	۵۰	۲۵۰	۰	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه خمشی کانادا	۹۰۴	۷۲	۱۸۳	۱۰۱	۲	۰	۰
		مدل ۸ طبقه خمشی هند	۹۳۸	۵۷	۱۲۲	۹۲	۵۵	۰	۰
	۸ طبقه خمشی با جداگر	مدل ۸ طبقه خمشی ایران	۱۲۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه خمشی آمریکا	۱۲۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه خمشی اروپا	۱۲۶۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه خمشی کانادا	۱۰۷۲	۶۹	۱۱۴	۹	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه خمشی هند	۱۰۸۳	۱۵۳	۱۰۶	۱۵	۱۱	۰	۰

همانطور که در جدول (۲) مشاهده می نماییم در حالت جداسازی شده هیچ یک از مفاصل از محدوده سطح عملکرد ایمنی جانی و آستانه فروریزش (*LS-CP*) عبور نکرده‌اند و عملکرد خوبی دارا می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

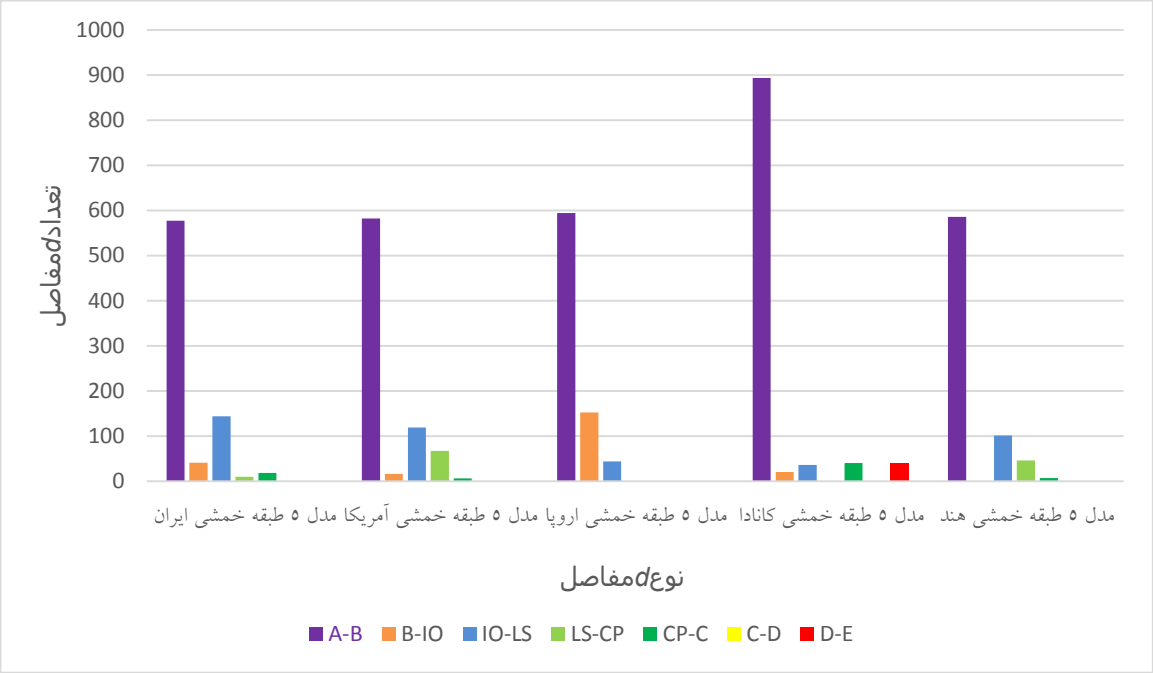
جدول ۲: تعداد مفاصل تشکیل شده در اعضای مدل های ۵ و ۸ طبقه برون محور طراحی شده بر اساس آیین نامه های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا وهند در حالت با جداساز و بدون جداساز

آیین نامه	مدل(طبقه)	تعداد مفاصل در اعضای مدل ها	سطوح عملکرد(درصد)						
			A-B	*B-IO*	*IO-LS*	*LS-CP*	*CP-C*	*C-D*	*D-E*
ایران، آمریکا، اروپا، کانادا و هند	۵ طبقه برون محور بدون جداگر	مدل ۵ طبقه برون محور ایران	۷۹۲	۱۲	۳۶	۰	۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه برون محور آمریکا	۷۸۹	۱۵	۳۶	۰	۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه برون محور اروپا	۹۴۴	۴	۳۶	۰	۴	۰	۰
		مدل ۵ طبقه برون محور کانادا	۸۹۴	۲۰	۳۶	۰	۴۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه برون محور هند	۹۴۱	۱۳	۳۶	۰	۰	۰	۰
	۵ طبقه برون محور با جداگر	مدل ۵ طبقه برون محور ایران	۸۲۶	۰	۱۴	۰	۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه برون محور آمریکا	۷۸۲	۲۴	۳۴	۰	۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه برون محور اروپا	۹۳۶	۸	۴۴	۰	۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه برون محور کانادا	۹۳۰	۱۰	۵۰	۰	۰	۰	۰
		مدل ۵ طبقه برون محور هند	۹۵۶	۱۲	۲۲	۰	۰	۰	۰
ایران، آمریکا، اروپا، کانادا و هند	۸ طبقه برون محوربدون جداگر	مدل ۸ طبقه برون محور ایران	۱۲۷۲	۲۴	۴۸	۰	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه برون محور آمریکا	۱۲۸۰	۱۶	۴۸	۰	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه برون محور اروپا	۱۲۴۵	۳	۰	۰	۹۶	۰	۰
		مدل ۸ طبقه برون محور کانادا	۱۲۹۲	۴	۴۸	۲	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه برون محور هند	۱۲۸۴	۱۲	۴۸	۰	۰	۰	۰
	۸ طبقه برون محور با جداگر	مدل ۸ طبقه برون محور ایران	۱۲۸۲	۲۷	۳۵	۰	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه برون محور آمریکا	۱۳۰۲	۱۱	۳۱	۰	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه برون محور اروپا	۱۲۸۲	۱۴	۴۸	۰	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه برون محور کانادا	۱۲۷۴	۲۸	۴۲	۰	۰	۰	۰
		مدل ۸ طبقه برون محور هند	۱۳۳۵	۹	۰	۰	۰	۰	۰

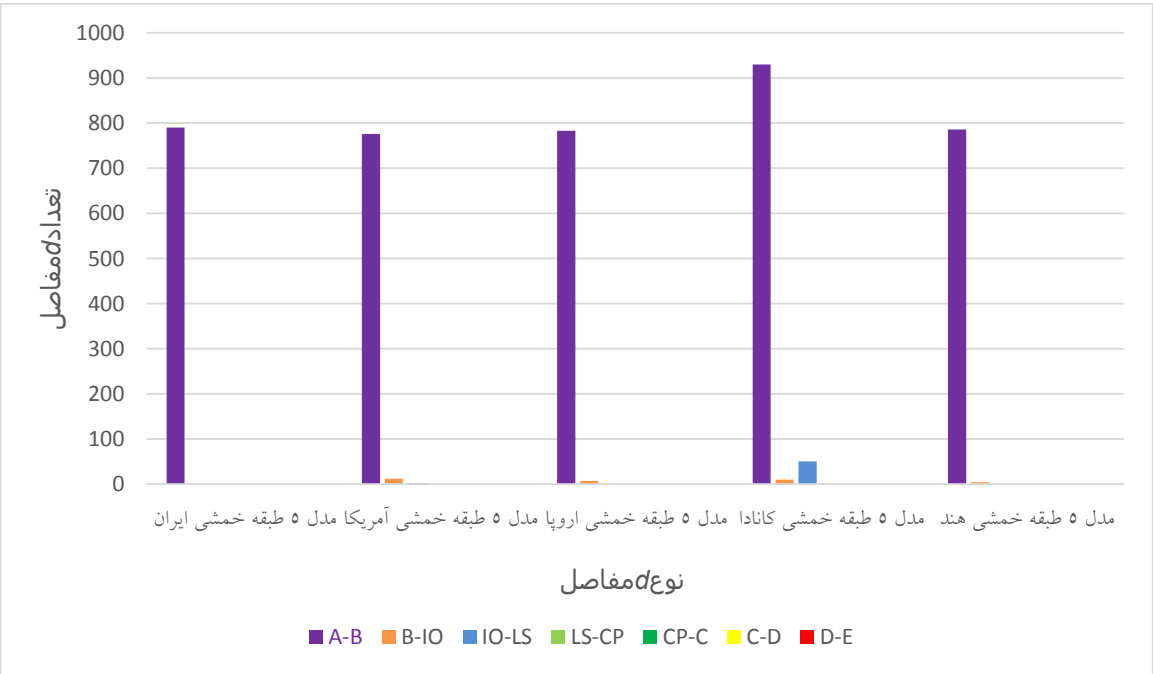
وضعیت تشکیل مفاصل به صورت تفکیک شده در نمودارهای (۱) الی (۸) به صورت میله ای نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



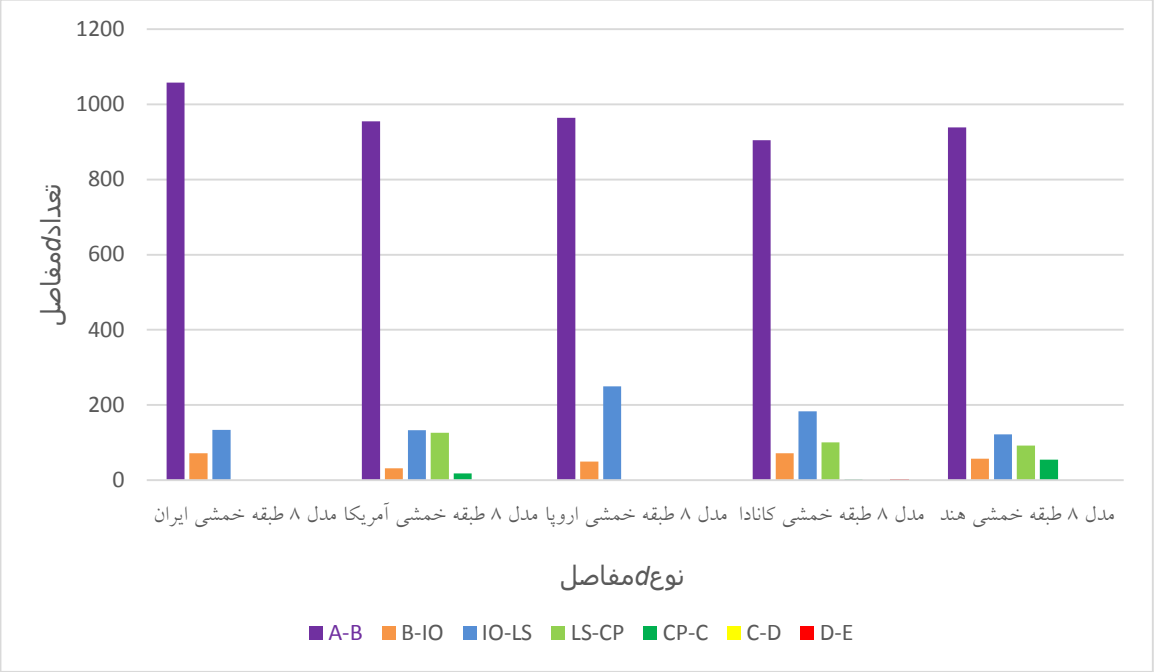
نمودار ۱: تعداد کل مفاصل تشکیل شده در اعضای مدل های ۵ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین نامه های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا وهند در حالت جداسازی نشده



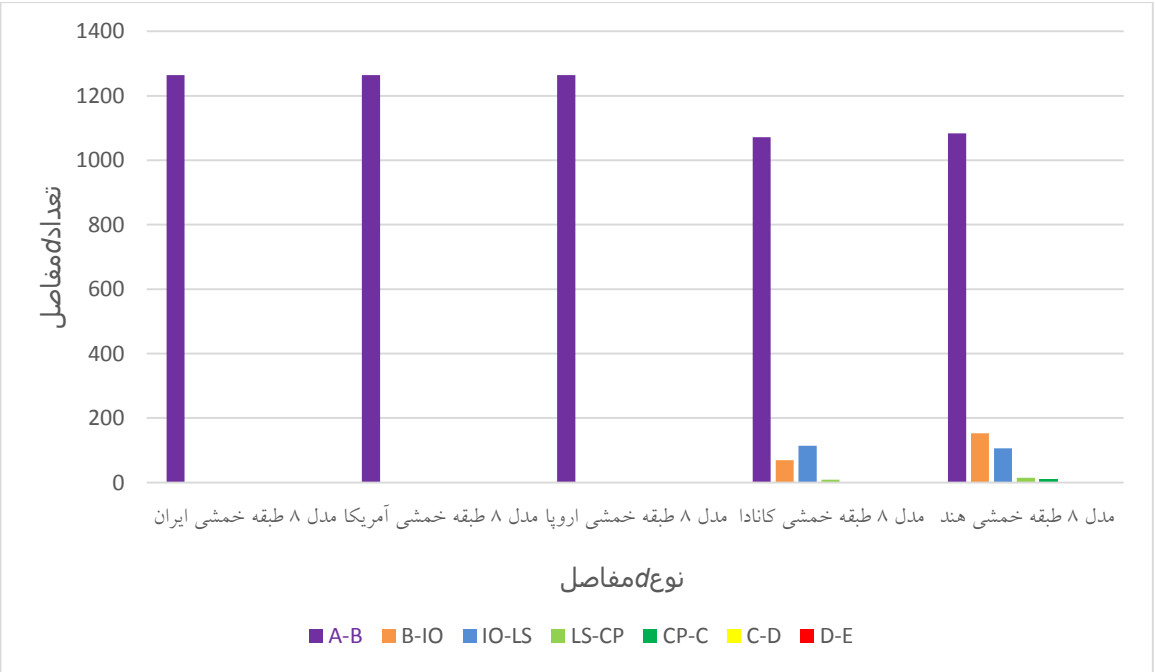
نمودار ۲: تعداد کل مفاصل تشکیل شده در اعضای مدل های ۵ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین نامه های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا وهند در حالت جداسازی شده

www.SID.ir

Archive of SID



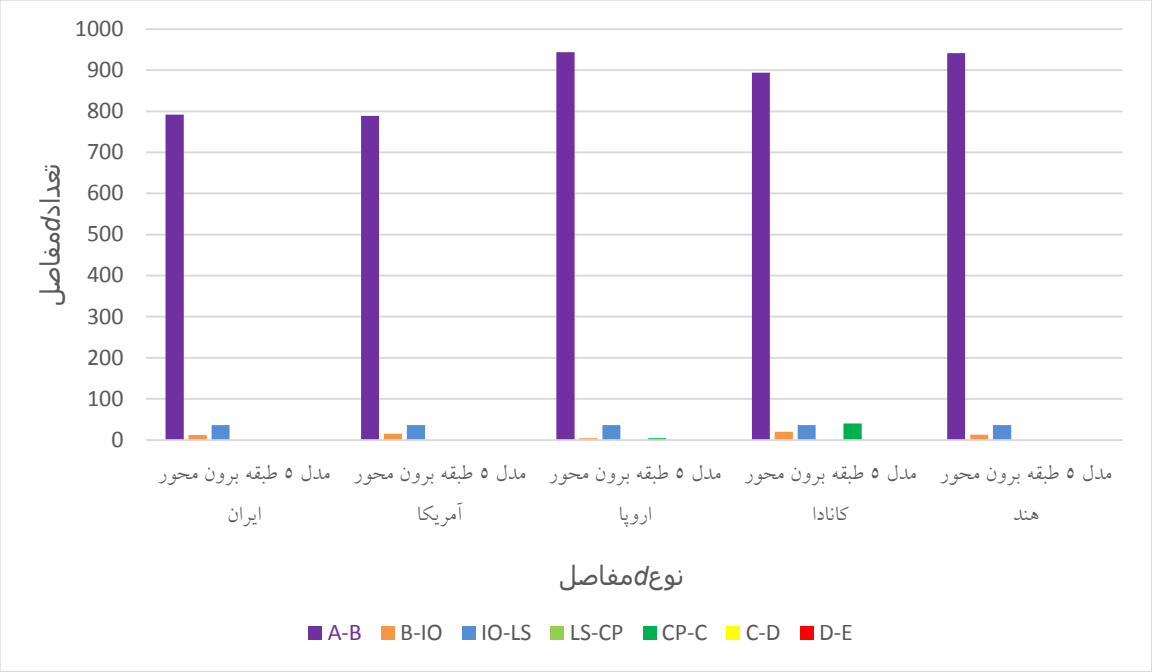
نمودار ۳: تعداد کل مفاصل تشکیل شده در اعضای مدل های ۸ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین نامه های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا وهند در حالت جداسازی نشده



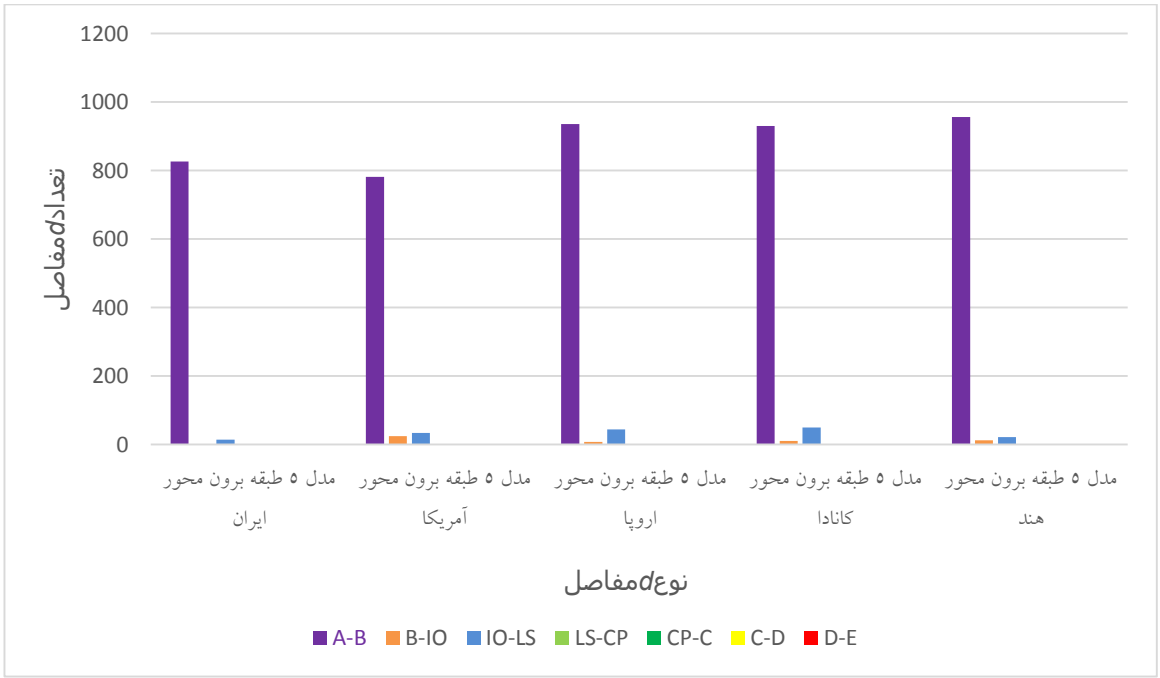
نمودار ۴: تعداد کل مفاصل تشکیل شده در اعضای مدل های ۸ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین نامه های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا وهند در حالت جداسازی شده

www.SID.ir

Archive of SID



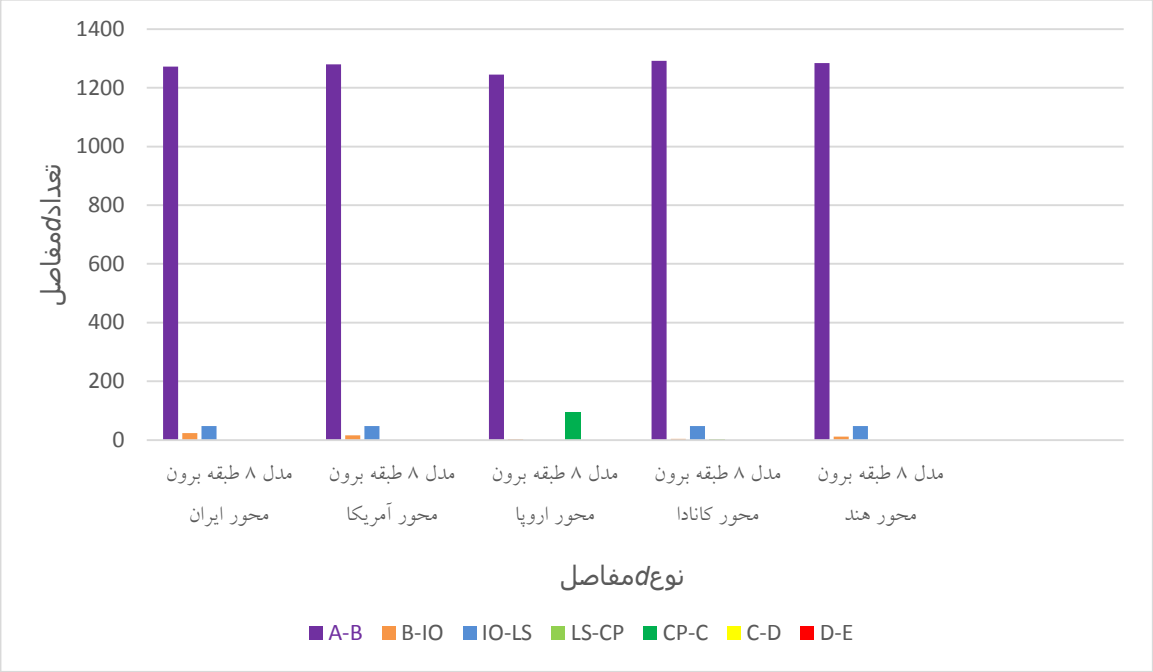
نمودار ۵: تعداد کل مفاصل تشکیل شده در اعضای مدل های ۵ طبقه برون محور طراحی شده بر اساس آیین نامه های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا وهند در حالت جداسازی نشده



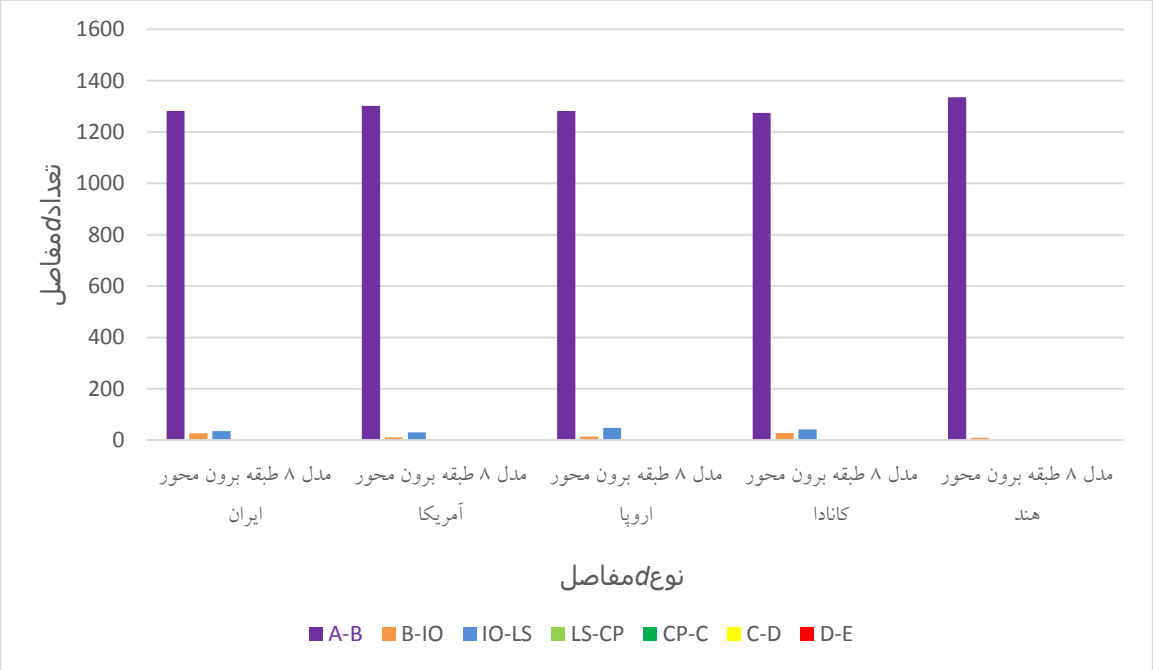
نمودار ۶: تعداد کل مفاصل تشکیل شده در اعضای مدل های ۵ طبقه برون محور طراحی شده بر اساس آیین نامه های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا وهند در حالت جداسازی شده

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۷: تعداد کل مفاصل تشکیل شده در اعضای مدل های ۸ طبقه برون محور طراحی شده بر اساس آیین نامه های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا وهند در حالت جداسازی نشده



نمودار ۸: تعداد کل مفاصل تشکیل شده در اعضای مدل های ۸ طبقه برون محور طراحی شده بر اساس آیین نامه های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا وهند در حالت جداسازی شده

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲- مقایسه منحنی ظرفیت مدل های ایران، آمریکا، اروپا، کانادا و هند پس از تحلیل بارافزون در حالت با جداساز و بدون جداساز پایه

برای یافتن منحنی ظرفیت سازه یک تغییرمکان هدفی انتخاب می‌شود و سازه با استفاده از نیروی متناسب با شکل مود اول یا نوع بار جانبی تعریف شده به سازه پوش داده می‌شود و این پوش دادن تا جایی ادامه پیدا می‌کند که سازه به تغییرمکان هدف برسد و یا این‌که در اثر تشکیل مفصل پلاستیک ناپایدار شود. در هر مرحله از آنالیز برش پایه اعمالی به سازه در مقابل تغییرمکان کنترل ثبت شده و در مقابل هم رسم می‌شوند و منحنی ظرفیت به دست می‌آید. پس از انجام تحلیل پوش‌اُور منحنی ظرفیت مطابق نمودارهای (۹) تا (۱۸) برای مدل های مورد بررسی ایران، آمریکا، اروپا، کانادا و هند با(سیستم قاب خمشی) و (سیستم مهاربندی شده) در تغییرمکانی معادل ۱/۵ برابر تغییرمکان هدف به صورت زیر به دست می‌آید. در نمودارهای زیر، در مدل ۵ و ۸ طبقه ایران در قاب خمشی، تغییرمکان هدف آن در آستانه فروریزش قرار دارد و مدل ۵ و ۸ طبقه آمریکا و مدل ۸ طبقه برون محور در حالت کلی در راستایی که فقط دو دهانه مهاربندی شده است حد ایمنی جانی را تامین نکرده و تغییرمکان هدف بعد از آستانه فروریزش می‌باشد ولی در مدل های ۵ و ۸ طبقه ایران و آمریکا با قاب برون محور در راستایی که سه دهانه مهاربندی دارد حد ایمنی جانی را رعایت کرده و تغییرمکان هدف قبل از آستانه فروریزش (خرابی سازه) قرار دارد. هم‌چنین با مقایسه این نمودارها نتیجه می‌شود که منحنی ظرفیت مدل ها در حالت جداسازی شده رفتار شکل پذیرتری را به خود می‌گیرد یعنی به ازای برش کم جابجایی بیشتری را داریم که این خود باعث کمتر جذب شدن انرژی توسط سازه و اتلاف هر چه بیشتر آن می‌گردد به نحوی که سبب می‌گردد میزان برش در حالت جداسازی شده به میزان ۳ الی ۵ برابر کمتر می گردد.

با توجه به اینکه مقدار ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف در نظر گرفته شده برای مدل ۵ و ۸ طبقه به ترتیب ۲۱ سانتی متر و ۳۳ سانتی متر می‌باشد پس در نمودار (۹) مربوط به نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب خمشی طراحی شده برا اساس آیین‌نامه ایران در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه‌ای مشخص می‌گردد که در مدل ۵ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین‌نامه ایران در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تغییر مکان ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف را پوشش نمی‌دهد و به دلیل تشکیل مفاصل پلاستیک و عبور از آستانه فروریزش نمودار قطع می‌گردد در مدل ۸ طبقه طراحی شده بر اساس آیین‌نامه ایران در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تقریباً تغییر مکان برابر با تغییر مکان هدف را پوشش می‌دهد ولی تغییر مکان ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف را پوشش نمی‌دهد

در نمودار (۱۰) مربوط به نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب برون محور طراحی شده بر اساس آیین‌نامه ایران در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه‌ای مشخص می‌گردد که در مدل ۵ طبقه برون محور طراحی شده بر اساس آیین‌نامه ایران در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تغییر مکان ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف را پوشش می‌دهد در مدل ۸ طبقه برون محور طراحی شده بر اساس آیین‌نامه ایران در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تقریباً تغییر مکان برابربا تغییر مکان هدف را پوشش می‌دهد ولی تغییر مکان ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف را پوشش نمی‌دهد و نیاز به بهسازی دارد با توجه به وضعیت نمودار ظرفیت قاب های خمشی و برون محور مشخص می‌گردد قاب‌های برون محور شکل پذیرتر هستند

در نمودار (۱۱) مربوط به نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب خمشی طراحی شده بر اساس آیین‌نامه آمریکا در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه‌ای مشخص می‌گردد که در مدل ۵ و۸ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین‌نامه آمریکا در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تغییر مکان ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف را پوشش نمی‌دهد و به دلیل تشکیل مفاصل پلاستیک و عبور از آستانه فروریزش نمودار قطع می‌گردد و نیاز به بهسازی دارد. اختلاف شدید موجود بین نمودارهای مدل ۵ و ۸ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین‌نامه آمریکا در حالت بدون جداساز لرزه‌ای ضعف روش های متداول را در طراحی سازه ها به

www.SID.ir

Archive of SID

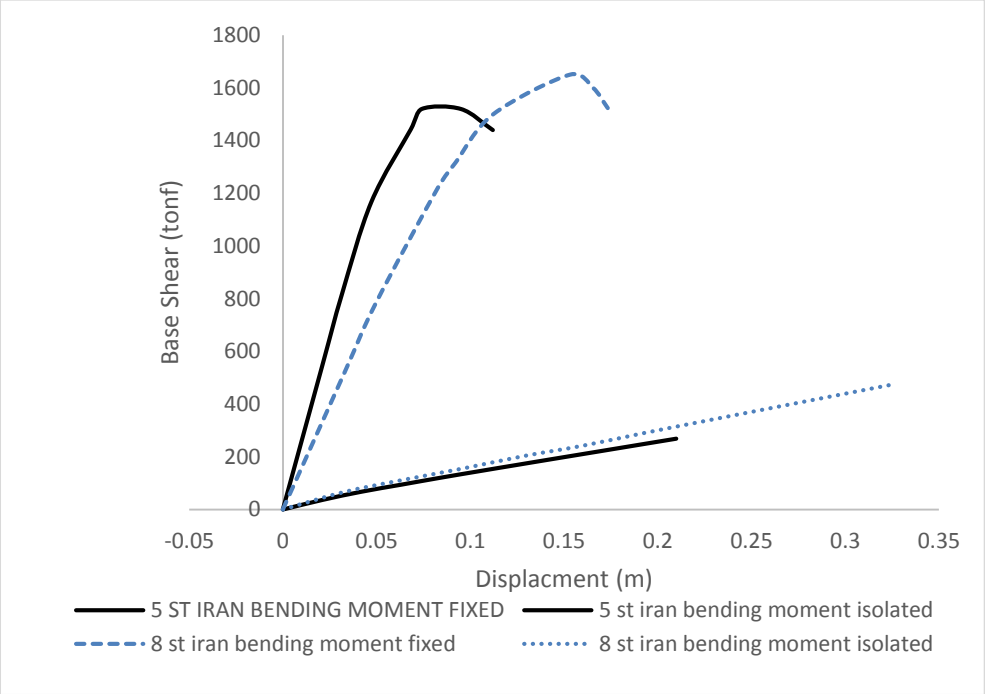
اثبات می‌رساند همانطور که مشهود است با افزایش ارتفاع از ۵ به ۸ طبقه مقاطع ستون‌ها قوی تر شده و پای ستون‌ها در مدل ۸ طبقه چندین برابر مدل ۵ طبقه برش تحمل می‌کنند مضاف بر آن با توجه به اینکه به لحاظ کم بودن شکل پذیری توانایی جابجایی لازم را نداشته و بدون تغییر میزان جابجایی میزان بار افزایش یافته و در نهایت قبل از رسیدن به تغییر مکان هدف مفاصل دچار خرابی می‌شوند

در نمودار (۱۲) مربوط به نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب برون محور طراحی شده بر اساس آیین‌نامه آمریکا در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه‌ای مشخص می‌گردد که در مدل ۵ و ۸ طبقه برون محور طراحی شده بر اساس آیین‌نامه آمریکا در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تغییر مکان ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف را پوشش می‌دهد و در حالت جداسازی شده سازه حتی تغییر مکان‌های بالاتر از ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف را پوشش می‌دهد و منحی ظرفیت مربوطه رفتار نرم و شکل پذیرتری از خود نشان می‌دهد. با توجه به وضعیت نمودار ظرفیت قاب های خمشی و برون محور مشخص می‌گردد قاب‌های برون محور شکل پذیرتر هستند. نمودار (۱۳) مربوط به نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب خمشی طراحی شده برا اساس آیین‌نامه اروپا در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه‌ای مشخص می‌گردد که در مدل ۵ و ۸ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین‌نامه اروپا در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تغییر مکان ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف را پوشش می‌دهد در نمودار (۱۴) مربوط به نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب برون محورطراحی شده برا اساس آیین‌نامه اروپا در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه‌ای مشخص می‌گردد که در مدل ۵ و ۸ طبقه برون محور طراحی شده بر اساس آیین‌نامه اروپا در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تغییر مکان برابر با تغییر مکان هدف را به دلیل تشکیل مفاصل پلاستیک پوشش نمی‌دهد نمودار (۱۵) مربوط به نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب خمشی طراحی شده بر اساس آیین‌نامه کانادا در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه‌ای مشخص می‌گردد که در مدل ۵ و ۸ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین‌نامه کانادا در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تغییر مکان برابر با تغییر مکان هدف را پوشش نمی‌دهد در نمودار (۱۶) مربوط به نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب برون محورطراحی شده برا اساس آیین‌نامه اروپا در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه‌ای مشخص می‌گردد که در مدل ۵ و ۸ طبقه برون محور طراحی شده بر اساس آیین‌نامه اروپا در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تغییر مکان برابر با تغییر مکان هدف را پوشش می‌دهد نمودار (۱۷) مربوط به نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب خمشی طراحی شده برا اساس آیین‌نامه هند در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه‌ای مشخص می‌گردد که در مدل ۵ و ۸ طبقه خمشی طراحی شده بر اساس آیین‌نامه هند در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تغییر مکان برابر با تغییر مکان هدف را پوشش نمی‌دهد در نمودار (۱۸) مربوط به نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب برون محورطراحی شده برا اساس آیین‌نامه هند در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه‌ای مشخص می‌گردد که در مدل ۵ و ۸ طبقه برون محور طراحی شده بر اساس آیین‌نامه هند در حالت بدون جداساز لرزه‌ای سازه تغییر مکان برابر با تغییر مکان هدف را پوشش می‌دهد

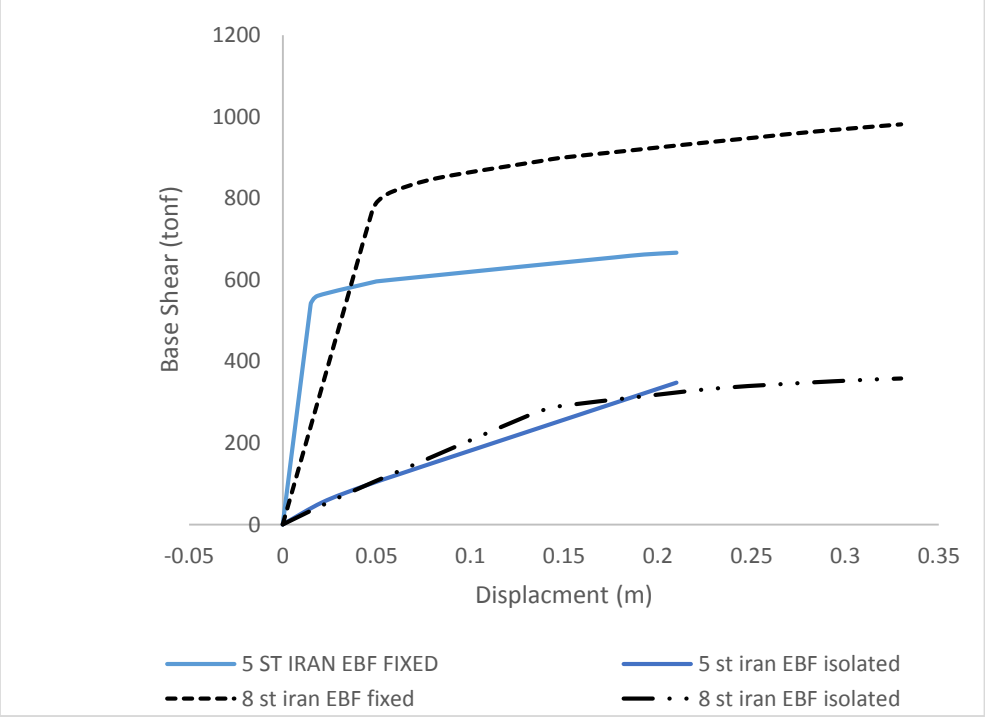
در تمامی نمودارهای ظرفیت (۱۰) الی (۱۸) چیزی که مشهود است تاثیر گذاری کاربرد جداساز لرزه‌ای در مدل های با قاب خمشی نسبت به مدل‌های با قاب برون محور بیشتر می‌باشد و نمودار ظرفیت را از وضعیت ترد به وضعیت نرم منتقل می‌کند و درنهایت سبب افزایش ظرفیت و شکل پذیری سازه تا چندین برابر می‌گردد که حتی محدوده های بالا تر از ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف را پوشش می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



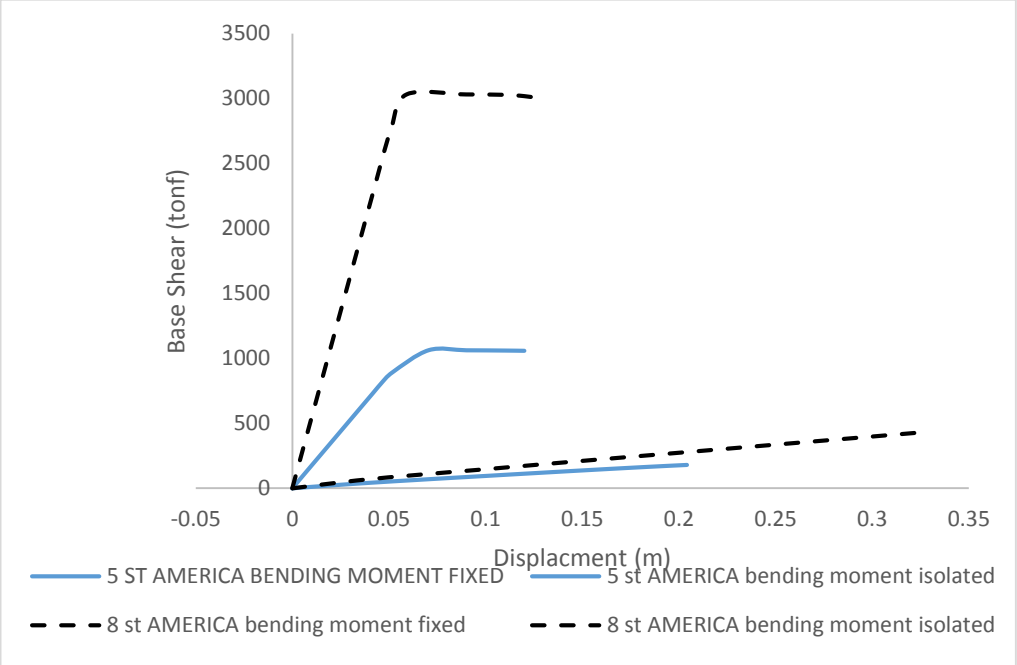
نمودار ۹: نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب خمشی طراحی شده بر اساس آیین نامه ایران در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه ای



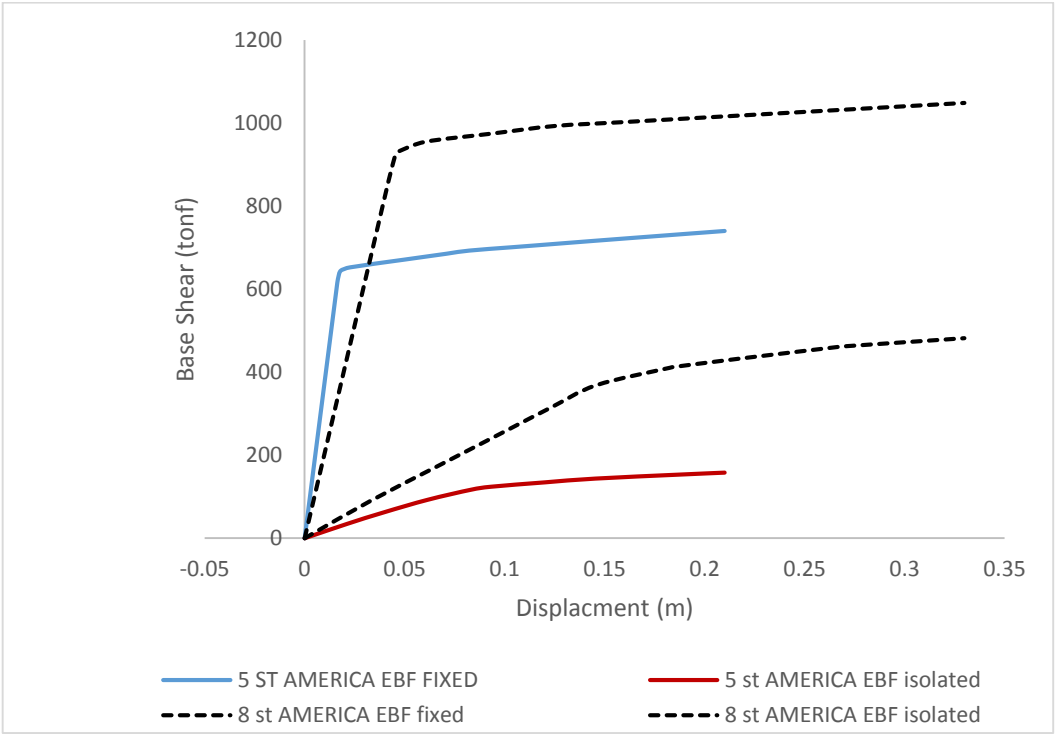
نمودار ۱۰: نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب برون محور طراحی شده بر اساس آیین نامه ایران در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه ای

www.SID.ir

Archive of SID



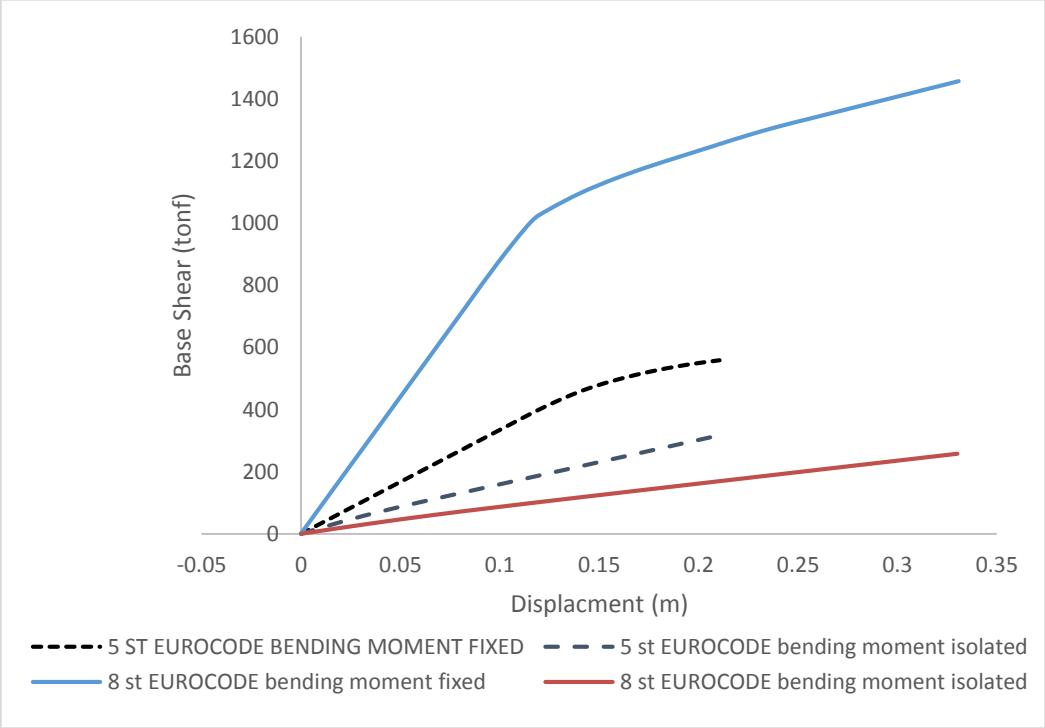
نمودار ۱۱: نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب خمشی طراحی شده بر اساس آیین نامه آمریکا در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه ای



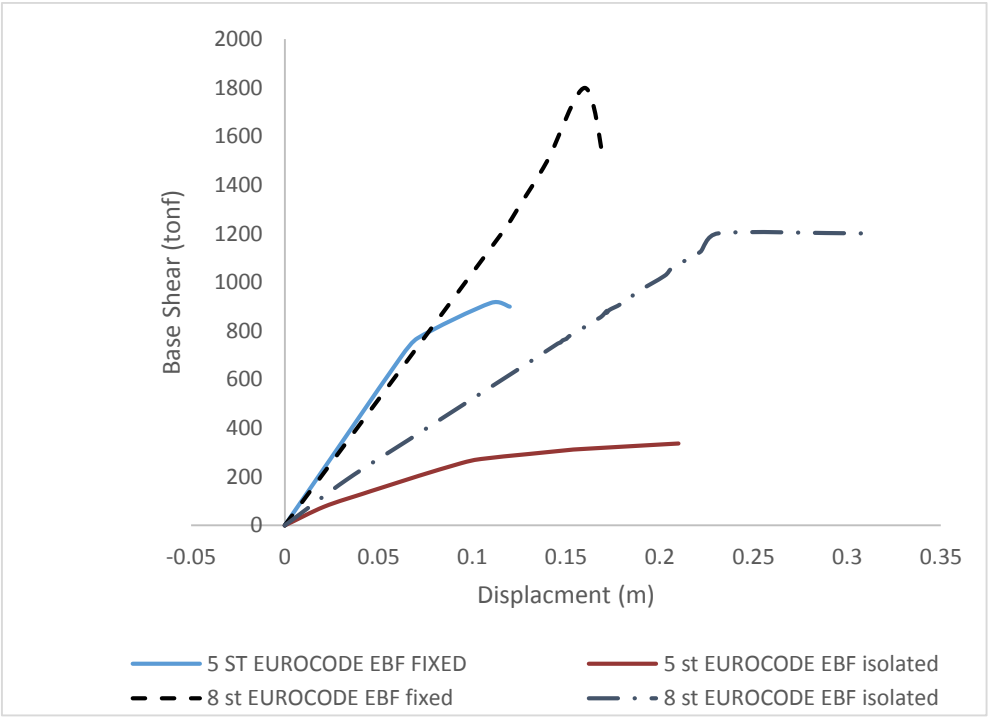
نمودار ۱۲: نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب برون محور طراحی شده بر اساس آیین نامه ایران در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه ای

www.SID.ir

Archive of SID



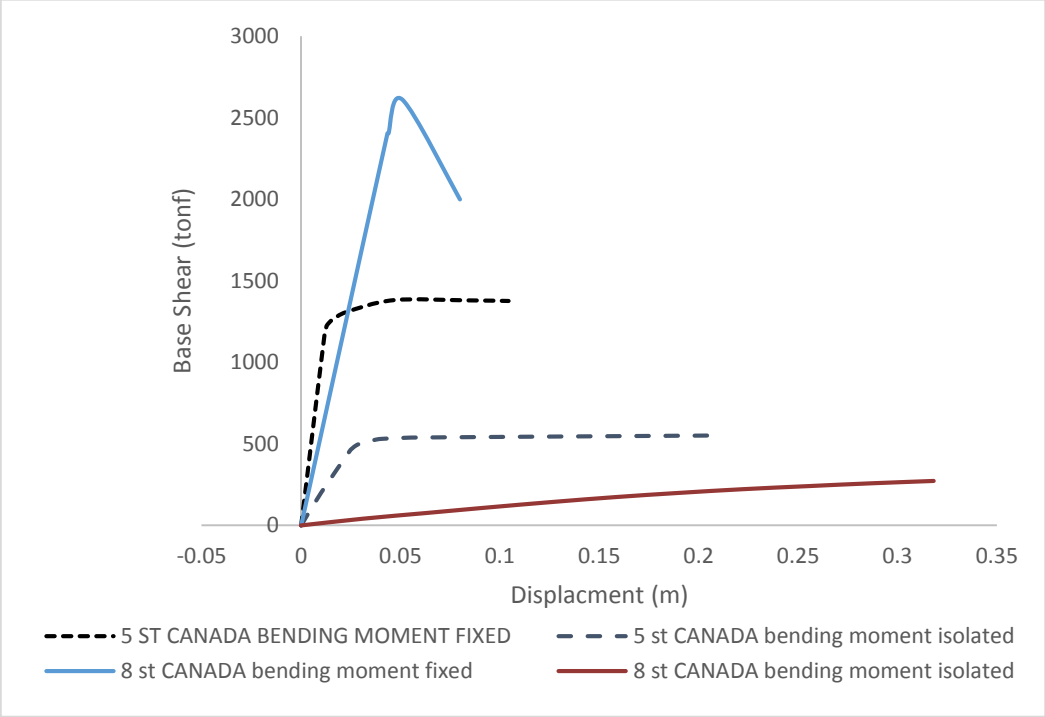
نمودار ۱۳: نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب خمشی طراحی شده بر اساس آیین نامه اروپا در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه ای



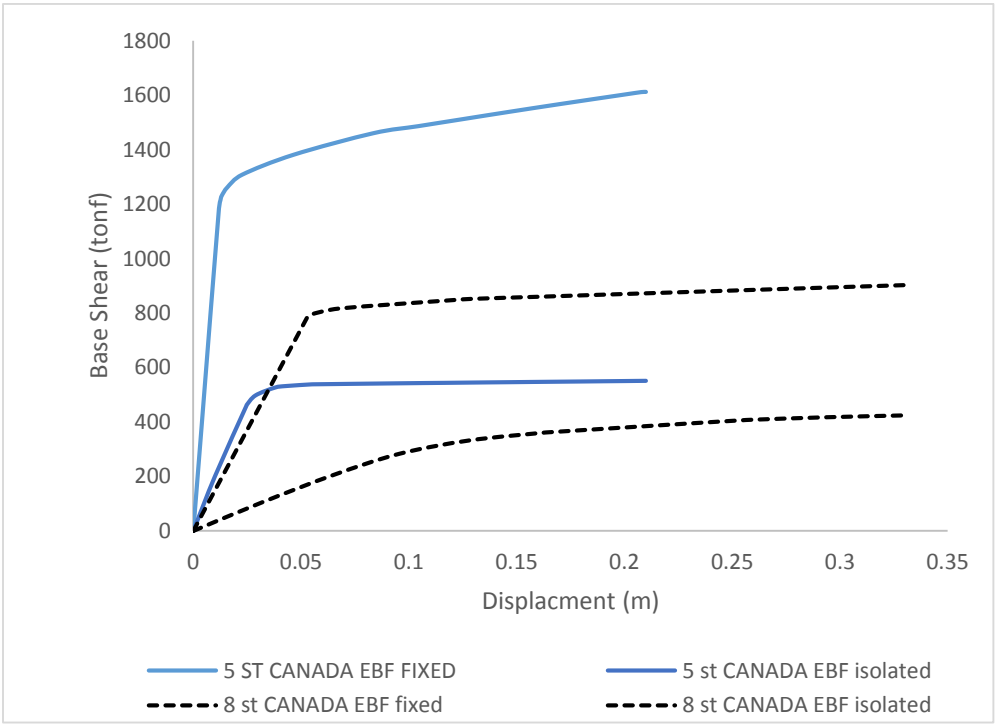
نمودار ۱۴: نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب برون محور طراحی شده بر اساس آیین نامه اروپا در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه ای

www.SID.ir

Archive of SID



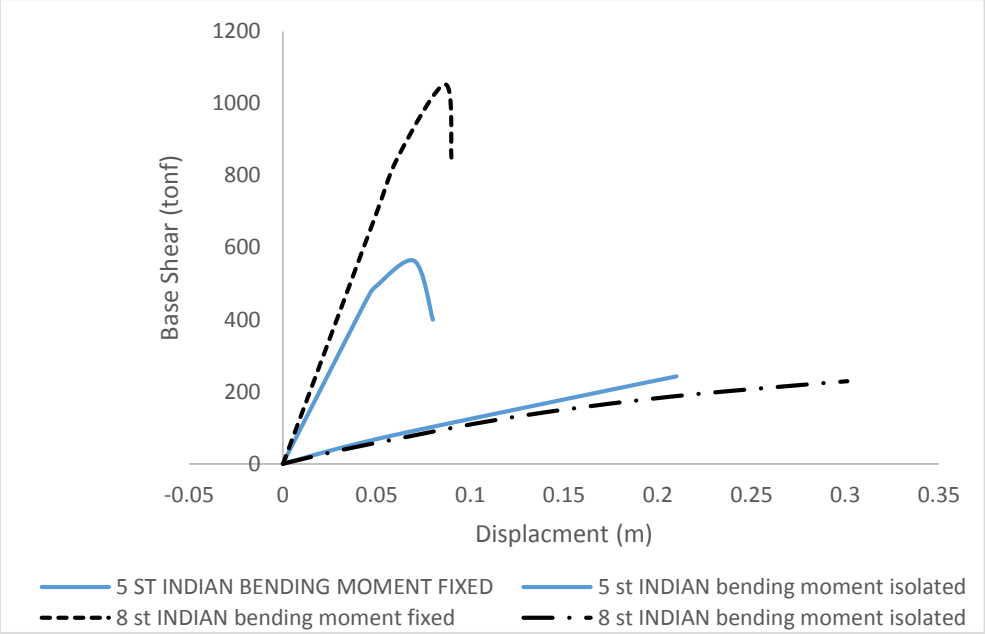
نمودار ۱۵: نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب خمشی طراحی شده بر اساس آیین نامه کانادا در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه ای



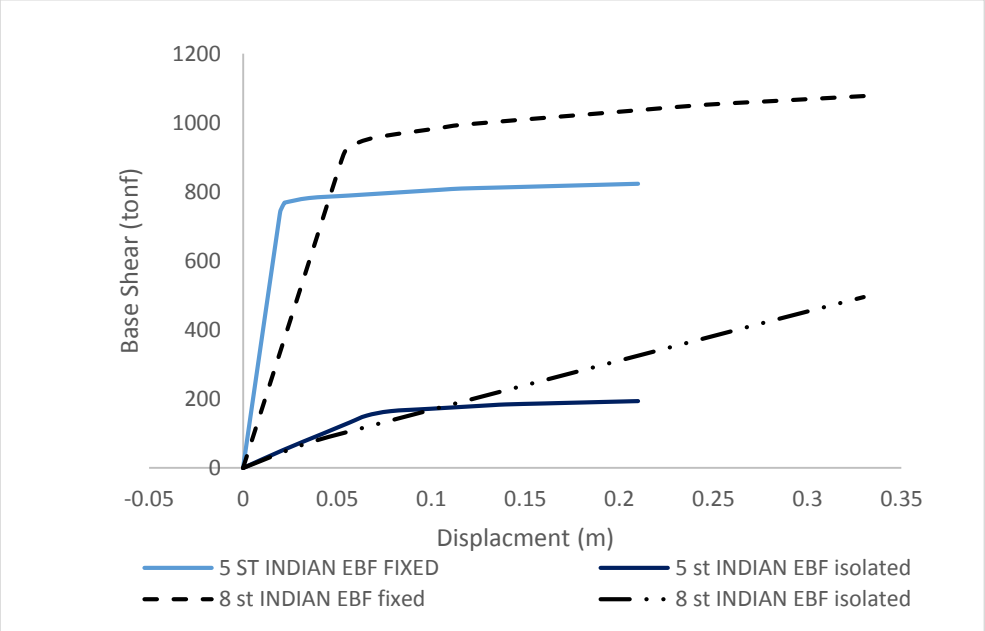
نمودار ۱۶: نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب برون محور طراحی شده بر اساس آیین نامه کانادا در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه ای

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱۷: نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب خمشی طراحی شده بر اساس آیین نامه هند در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه ای



نمودار ۱۸: نمودار ظرفیت مدل ۵ و ۸ طبقه قاب برون محور طراحی شده بر اساس آیین نامه هند در حالت با جداساز و بدون جداساز لرزه ای

www.SID.ir

Archive of SID

۴- نتیجه گیری

الف- با توجه به درصد مفاصل پلاستیک نسبت به کل مفاصل تشکیل شده در مدل های مورد بررسی در مدل های ۵ و ۸ طبقه با قاب برون محور با حداقل سه دهانه مهاربندی شده مشخص گردید که قاب‌های برون محور با حداقل ۳ دهانه مهاربندی شده، رفتار شکل پذیرتری را نسبت به قاب خمشی همتراز خود دارا هستند. بالعکس در قاب های مهاربندی شده با دو دهانه مهاربند و کمتر تمرکز تنش بر روی تیرهای واقع در دهانه مهاربندی شده سبب ایجاد مفاصل، در محدوده سطح عملکرد آستانه فروریزش (CP-C) شده، و سبب عدم رسیدن سازه به تغییر مکان هدف می‌گردد.

ب- پس از تحلیل مشخص گردید که مدل های طراحی شده با جداسازهای لرزه ای برخلاف مدل های جداسازی نشده سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه را در تغییرمکان‌های ۱/۵ برابر تغییر مکان هدف و حتی بالاتر پوشش می‌دهند ولی در مدل های جداسازی نشده تغییر مکان هدف در سطح عملکرد ایمنی جانی و آستانه فروریزش قرار می‌گیرد لذا این امر نقش سیستم جداساز لرزه ای را در بهبود رفتار سازه به اثبات می‌رساند.

پ- میزان تاثیرگذاری استفاده از جداسازهای لرزه ای بر عملکرد و رفتار قاب های خمشی نسبت به قاب برون محور بیشتر می‌باشد یعنی استفاده از جداساز لرزه ای در قاب های خمشی باعث ایجاد رفتارشکل پذیرتر و سطح عملکرد به مراتب بالاتر نسبت به به کارگیری آنها در قاب های برون محور می‌گردد

ج-با توجه به این‌که میزان جذب انرژی از مساحت زیر نمودار برش- تغییرمکان به دست می‌آید و با توجه به این‌که مساحت زیر سطح نمودار قاب خمشی فولادی از سطح نمودار مهاربندهای برون محور با حداقل سه دهانه مهاربندی شده کمتر می‌باشد، می‌توان بیان کرد که میزان جذب انرژی در قاب خمشی فولادی بیشتر ولی میزان اتلاف انرژی در قاب برون محور بیشتر می‌باشد. بنابراین ستون ها در قاب خمشی بیشتر از قاب مهاربندی شده برون محور آسیب می‌بینند.

د-مقدار تغییرمکان نسبی طبقات در سازه های جداسازی شده بسیار کمتر از سازه‌های جداسازی نشده است به‌طوری که تغییرمکان نسبی طبقات در امتداد ارتفاع، تقریباً یکنواخت می‌باشد. همچنین میزان برش پایه در حالت جداسازی شده به میزان ۳ الی ۵ برابر کمتر می‌گردد

مراجع

[1] AISC, ANSI/AISC 341-10, (2010), "Seismic provision for Structural Steel building", American institute of construction Inc, Chicago, IL, 2010.

[2] AISC 360-10, (2010), "Specifications for structural steel building", Chicago, USA: American Institute of Steel Construction.

[3] ASCE 7-10, (2010), "minimum design loads for buildings and other structures", USA: American Society of Civil Engineers.

[4] CSA, 2009. CSA S16-09 – Design of Steel Structures; Canadian Standards Association, 5060 Spectrum Way, Suite 100, Mississauga, Ontario, Canada L4W5N6.

[5] CSI, 2012. CSI Lateral Load Manual. Computers and Structures, Inc., 1995 University Avenue, Berkeley, California, 94704.

[6] ENV 1998-1-1:2004, Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, European Committee for Standardization, Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels.

[9] EN 1993-1-12:2007. Eurocode 3 — Design of Steel Structures – Part 1-12: Design of Joints, European Committee for Standardization, rue de Stassart,

[10] Ghobarah, A., Abou Elfath, H.T. (2001). "Rehabilitation of a reinforced concrete frame using eccentric steel bracing."Journal of Structural Engineering, ASCE Vol.23 No.7, pp745-755.

[11] IBC, 2012. International Building Code, International Code Council, Inc., 500 New Jersey Avenue, NW, 6th Floor, Washington, DC 20001.

www.SID.ir

Archive of SID

[12] -Indian IS:1893, 2002. Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures (Fifth Revision), Bureau of Indian Standards, Manak Bhavan, 9 Bahadur Shah Zafar Marg, New Delhi 110002.
[13] IS, 2007. IS 800:2007 – Indian Standard – General Construction in Steel – Code of Practice, Third Revision. December. Bureau of Indian Standards, Manak Bhavan, 9 Bahadur Shah Zafar Marg, New Delhi 11002, India.

[14] پژوهشکده بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، (۱۳۹۲)، "دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان‌های موجود (نشریه ۳۶۰)" ، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۳۹۲.

[15] دفترامور مقررات ملی ساختمان، (۱۳۹۲)،*"مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران (طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی)"*، ویرایش چهارم.

[16] دفتر امور مقررات ملی ساختمان، (۱۳۹۲)، *"مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران (بارهای وارد بر ساختمان)"*، ویرایش سوم.

[17] مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی، (۱۳۹۴)، *"آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)"*، ویرایش چهارم.

[18] معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور،دفتر فنی واجرایی، (۱۳۸۹) ،"راهنمای طراحی و اجرای سیستم‌های جداساز لرزه‌ای در ساختمان‌ها"، ویرایش اول.

www.SID.ir