



## تحلیل عملکرد لرزه ای سازه های فولادی دارای اتصال خورجینی به روش طیف ظرفیت

حمیدرضا امیری<sup>۱</sup>، علی اکبر آقا کوچک<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد مهندسی زلزله

۲- استاد گروه سازه

بخش مهندسی عمران - دانشگاه تربیت مدرس

hamid\_amirihormoz@yahoo.com

### خلاصه

در این مقاله به بررسی عملکرد لرزه ای سازه های دارای انواع مختلف اتصال خورجینی (صلب، قیچی سان و متداول خورجینی) با استفاده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی پرداخته شده است. برای انجام این عمل نخست تعدادی قاب دارای این سه نوع اتصالات طراحی گردید. با ترسیم طیف ظرفیت هر یک از قابها و طیف های نیاز کاهش یافته بر اساس شکل پذیری (متناظر با طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰) در یک نمودار، تغییر مکان هدف با استفاده از روش طیف ظرفیت ارائه شده توسط چوپرا تعیین گردید. سپس با استفاده از نتایج تحلیل استاتیکی غیر خطی مقدار تغییر شکلها و نیروهای داخلی اعضاء در تغییر مکان هدف محاسبه شد. با مقایسه این مقادیر با معیارهای پذیرش موجود سطح عملکرد هر یک از اجزای قابها مشخص گردید.

کلمات کلیدی: طیف ظرفیت، اتصال خورجینی، عملکرد، سازه های فولادی.

### -مقدمه:

یکی از اتصالاتی که به جهت سادگی در اجرا در بسیاری از سازه های فلزی در کشور استفاده شده است، اتصال خورجینی میباشد. مطالعات علمی بر روی این اتصال بعد از زلزله منجیل و تخریب بسیاری از سازه های فولادی دارای این اتصال آغاز گردید. بطور کلی تحقیقات انجام شده در این زمینه را می توان به سه دسته مهم تقسیم نمود:

۱- مطالعات انجام شده بر روی اتصال شامل تعیین سختی اولیه، دیاگرام لنگر-چرخش، درجه گیر داری و مقاومت نهایی این اتصال

۲- مطالعه بر روی قابهای دارای این اتصال شامل تعیین ضریب مقاومت افزون و ضریب شکل پذیری قابهای دارای این نوع اتصال

۳- مطالعات انجام شده جهت تقویت اتصال خورجینی

تا کنون تحقیقات زیادی در مورد تعیین عملکرد یک سازه در اثر زلزله های مختلف انجام شده است. این تحقیقات بر روی سازه های بتنی، فولادی، قابهای صلب، دیوارهای سازه ای ستونهای پل و غیره صورت گرفته است.

همچنین دستورالعمل های [۱] Seac vision 2000، [۲] ATC 40، [۳] FEMA 273 و FEMA 356 [۴] نیز در این زمینه تهیه شده است. بر

طبق این دستورالعمل ها عملکرد یک سازه را میتوان به روشهای مختلفی مورد بررسی قرار داد. یکی از این روشها روش تحلیل استاتیکی غیر خطی (Pushover) می باشد. این روش به جهت سادگی و قابلیت تشخیص نیازهای تغییر شکل سطوح سیستم با دقت مناسب، نسبت به روش تحلیل دینامیکی غیر خطی از جذابیت های بیشتری برخوردار است. [۵]

۱ - دانشجوی دکترای سازه

۲- استاد بخش مهندسی عمران دانشگاه تربیت مدرس تهران



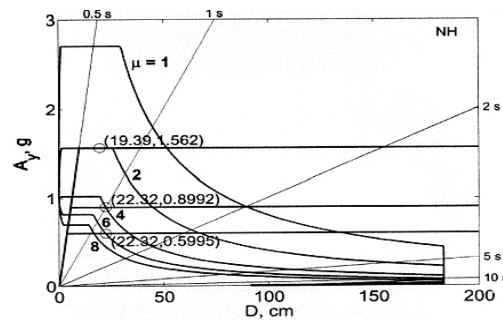
در این روش نخست تغییر مکان هدف با استفاده از یکی از روشهای موجود تعیین می شود. روشهای موجود جهت محاسبه این تغییر مکان شامل روش  $N2$  [۶]، روش طیف ظرفیت [۷] و روش ضریب جابجایی [۳] و غیره [۸] میباشد. سپس مقدار تغییر شکلها و نیروهای موجود در سازه در تغییر مکان هدف تعیین می شود و با معیارهای پذیرش موجود در آیین نامه ها مقایسه می گردد. با انجام این مقایسه سطح عملکرد هر یک از اجزاء سازه و نهایتاً سطح عملکرد سازه مشخص میگردد.

به دلیل وجود تعداد فراوان قابهای دارای اتصالات خورجینی در کشور، شناخت عملکرد این نوع از سازه ها در هنگام زلزله از اهمیت خاصی برخوردار است. در این تحقیق عملکرد تعدادی قاب دارای اتصال خورجینی با استفاده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی مورد بررسی قرار میگردد. در انجام این تحقیق، از آیین نامه های بررسی عملکرد سازه ها [۴، ۹، ۱۰] و نتایج آزمایشاتی که بر روی اتصالات خورجینی انجام شده است، استفاده میشود. روش برآورد تغییر مکان هدف در این تحقیق روش طیف ظرفیت اصلاح شده توسط چوپرا [۶] میباشد.

### روش طیف ظرفیت چوپرا:

روش طیف ظرفیت، اولین بار توسط فریمن<sup>۳</sup> برای یک پروژه نیمه صنعتی مورد استفاده قرار گرفت [۱۱]. این روش سپس در مراجع [۲، ۱۲] اصلاح شده و مورد استفاده قرار گرفت. چوپرا با بررسی روشهای ارائه شده در مرجع [۲] وجود خطا و عدم همگرایی را در برخی از موارد مشاهده نمود. لذا وی روشهای اصلاحی را ارائه نمود تا نا رسایی های موجود را رفع نماید.

در روش A ارائه شده توسط چوپرا، منحنی های نیاز غیر الاستیک (کاهش یافته بر اساس شکل پذیری) و طیف ظرفیت سازه در یک نمودار ترسیم می گردد. مطابق این روش تغییر مکانی که مقدار شکل پذیری محاسبه شده از طیف ظرفیت در آن با شکل پذیری مشخصه طیف نیاز کاهش یافته ای که آن نقطه بر روی آن قرار دارد برابر است تغییر مکان هدف می باشد. شکل (۱) استفاده از روش اصلاحی چوپرا را برای محاسبه سه نوع سیستم مختلف در نظر گرفته شده توسط او را نشان می دهد [۶].



شکل (۱): روش A بهبود یافته با بکار بردن طیف طرح غیر الاستیک نیو مارک- هال برای سیستم های ۱ تا ۳ [۶]

در این تحقیق از این روش برای محاسبه تغییر مکان هدف استفاده شده است.

### معرفی قابهای مورد مطالعه:

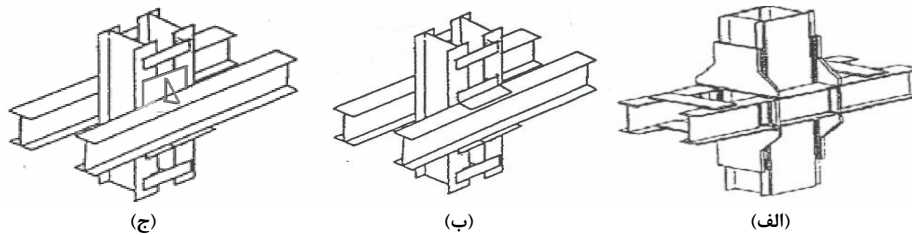
قابهای مورد استفاده در این تحقیق دارای سه نوع سیستم مختلف می باشند که عبارتند از:

۱- سیستم مهاربندی نشده دارای اتصال تقویت شده خورجینی (صلب خورجینی): اتصال مورد استفاده در این سیستم، اتصال تحت عنوان F10-A در مرجع [۱۳] می باشد که در شکل (۲-الف) نشان داده شده است.

۲- سیستم مهاربندی شده دارای اتصال متداول خورجینی: منظور از اتصال متداول خورجینی اتصالی است که در آن از نبشی هایی در بالا و پایین تیر استفاده می گردد که باعث ایجاد گیرداری نسبی در سازه می شوند. اتصال این سیستم در شکل (۲-ب) نشان داده شده است.

۳- سیستم مهاربندی شده دارای اتصال قیچی سان خورجینی: اتصال قیچی سان خورجینی اتصالی است که در آن با حذف نبشی بالایی و جایگزین کردن با یک لچکی قائم گیرداری اتصال به حداقل میرسد و لذا تیر وستون لنگری در محل اتصال به یکدیگر منتقل نمی نمایند [۱۴]. اتصال این سیستم در شکل (۲-ب) نشان داده شده است.

<sup>3</sup> freeman



شکل (۲): اتصالات خورجینی

برای هر یک از سیستم های فوق قاپهایی به صورت سه دهانه با دهانه های ۴ متری و تعداد طبقات ۴، ۶ و ۸ طبقه با ارتفاع طبقات ۳ متر منظور گردید. قاپه های مورد مطالعه فوق قاب میانی ساختمان با سطح بارگیر ۴ متر می باشد بر روی خاک نوع II طراحی شدند. شتاب مبنای طرح برابر ۰,۳۵ منظور گردید. در ابتدا مدلها تحت ترکیبات بارگذاری متعارف و همچنین تحت ترکیبات بارگذاری ویژه پیوست دوم آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (آیین نامه ۲۸۰۰)، آنالیز شده و با توجه به ضوابط مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران و پیوست دوم آیین نامه ۲۸۰۰ طراحی شدند. بعنوان نمونه مشخصات قاپه های ۴ طبقه دارای اتصالات صلب خورجینی و اتصالات متداول خورجینی به ترتیب در جداول (۱) و (۲) آورده شده است.

جدول (۱) - مشخصات مقاطع قاب ۴ طبقه مهاربندی نشده دارای اتصالات صلب خورجینی

نوع مقطع	مشخصات مقاطع		اکس تا اکس دومتقطع در ستون
	مقطع	ورق تقویت	
C <sub>1</sub>	2IPE 240	PL270*10	a <sub>1</sub> =150
C <sub>2</sub>	2IPE 300	PL400*10	a <sub>1</sub> =170
C <sub>3</sub>	2IPE 200	PL230*10	a <sub>1</sub> =150
B <sub>1</sub>	2IPE240		
B <sub>2</sub>	2IPE220		

جدول (۲) - مشخصات مقاطع قاب ۴ طبقه مهاربندی نشده دارای اتصالات متداول خورجینی

نوع مقطع	مشخصات مقاطع		اکس تا اکس دومتقطع در ستون
	مقطع	ورق تقویت	
C <sub>1</sub>	2IPE 120	PL270*10	a <sub>1</sub> =100
C <sub>2</sub>	2IPE 220	PL400*10	a <sub>1</sub> =200
C <sub>3</sub>	2IPE 100	PL230*10	a <sub>1</sub> =100
C <sub>4</sub>	2IPE 100		a <sub>1</sub> =100
B <sub>1</sub>	2IPE220		
Br <sub>1</sub>	2UNP120		

### - منحنی های رفتاری اعضا:

برای انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی لازم است منحنی های رفتاری مناسب برای هر یک از اعضا، در نظر گرفته شود. منحنی هایی که در این تحقیق منظور شده است به صورت زیر می باشد:

- منحنی های رفتاری تیرها ، ستونها و بادبندها بر اساس منحنی های نیرو - تغییر مکان دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود ایران [۸] تعریف گردید.

- به جهت آنکه منحنی رفتاری اتصال متداول خورجینی در هیچ مرجعی بطور رسمی ارائه نشده است، می بایست از نتایج تحقیقات موجود [۱۷-۱۵]

استفاده نمود. پراکندگی در این نتایج کاملاً مشهود است ، بنابراین سختی پیشگی اولیه در این تحقیق برابر  $900 \frac{ton.m}{rad}$  در نظر گرفته شد. این مقدار،

تقریباً برابر میانگین مقادیر بدست آمده برای سختی اولیه این اتصال در آزمایشات مختلف منظور شده است . همچنین با توجه به نتایج ارائه شده در



مرجع [۱۳] و [۱۸] مقدار لنگر تسلیم این اتصال برابر ۵۰ درصد لنگر تسلیم تیر در نظر گرفته شد. سختی پس از تسلیم اتصال برابر ۱۰ درصد منظور گردید. این پارامتر در مطالعات آزمایشگاهی ۱۰ تا ۱۵ درصد می باشد [۱۵].

- اتصال استفاده شده در این تحقیق به عنوان اتصال صلب، برطبق نتایج ارائه شده در مرجع [۱۳] دارای سختی خیلی بالا (در حد ۱۴۰۰۰ ton.m/rad) بوده و نسبت لنگر تسلیم تیر به لنگر تسلیم اتصال بزرگتر از یک است. بنابراین در این تحقیق این اتصال بصورت کاملاً صلب منظور شده است.

- در خصوص اتصالات خورجینی قیچی با توجه به ناچیز بودن سختی اتصال، تیر وستون با المانی که از لحاظ پیچشی آزاد است به هم متصل می شوند. در این حالت فقط تغییر مکان های گره های موجود روی تیر وستون نسبت به هم مقید باشند.

### - معیارهای پذیرش:

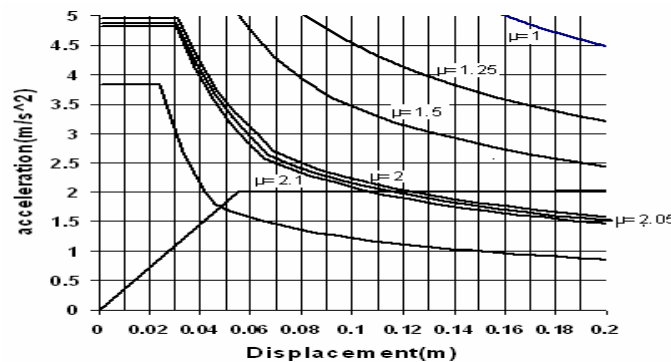
معیارهای پذیرش که برای بررسی عملکرد هر یک از اعضا در این تحقیق منظور شده است به صورت زیر می باشد:

- معیارهای پذیرش، برای بررسی عملکرد ستونها، مهاربندها و تیرها بر اساس موارد موجود در دستورالعمل بهسازی لرزه ای سازه های موجود ایران [۹] در نظر گرفته شد.

- به جهت آنکه معیارهای پذیرش برای اتصالات متداول خورجینی و قیچی در هیچ مرجعی موجود نمیباشد، نتایج تحقیقات انجام شده در این زمینه [۱۸، ۱۹] مورد استفاده قرار گرفت. براساس این تحقیقات چرخش نهایی برای اتصال متداول خورجینی ۰/۰۱ رادیان و برای اتصال قیچی سان خورجینی ۰/۰۳ رادیان پیشنهاد شده است. یاد آوری میشود محدودیت چرخش اتصال خورجینی عمدتاً مربوط به محدود نمودن تغییر مکان نسبی طبقه میباشد. چون این مقدار با در نظر گرفتن حاشیه امنیت پیشنهاد شده می توان آنرا بعنوان سطح عملکرد آستانه فروریزش و ۸۰ درصد آنرا بعنوان سطح عملکرد ایمنی جانی منظور نمود.

- **تعیین تغییر مکان هدف:** همانطور که قبلاً نیز ذکر گردید، در این تحقیق جهت تعیین تغییر مکان هدف از روش طیف ظرفیت A اصلاح شده توسط چوپرا استفاده شد. برای این منظور از طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰ (حاصل ضرب AB بدون در نظر گرفتن ضریب R) با شتاب مبنای ۰/۳۵ g در فرمت ADRS بعنوان طیف نیاز متناظر با  $\mu=1$  استفاده شد. طیف های نیاز کاهش یافته، بر اساس شکل پذیری با استفاده از روش نیو مارک-هال [۲۰] ترسیم گردید.

طیف ظرفیت هر یک از قابها، با استفاده از آنالیز Pushover تهیه گردید. الگوی بار جانبی استفاده شده برای انجام این آنالیز، مطابق با بارگذاری استاتیکی معادل می باشد. با ترسیم طیف های نیاز و طیف های ظرفیت هر یک از قابها در یک نمودار و با استفاده از ایده ارائه شده توسط چوپرا مقدار تغییر مکان هدف برای هر یک از قابها تعیین گردید. شکل (۳) چگونگی تعیین مقدار تغییر مکان هدف مربوط به قاب ۸ طبقه با اتصالات خورجینی قیچی با استفاده از روش طیف ظرفیت را نشان میدهد.



شکل (۳): روش طیف ظرفیت (چوپرا) مربوط به قاب ۸ طبقه با اتصال خورجینی قیچی

لازم بذکر است نتایج حاصل از این روش مربوط به سازه معادل یک درجه آزادی ( $S_d$ ) می باشد که برای بدست آوردن تغییر مکان هدف واقعی سازه می بایست از رابطه (۱) استفاده نمود:

$$S_d = \frac{\Delta_{roof}}{PF_1 \phi_{roof,1}} \quad (1)$$

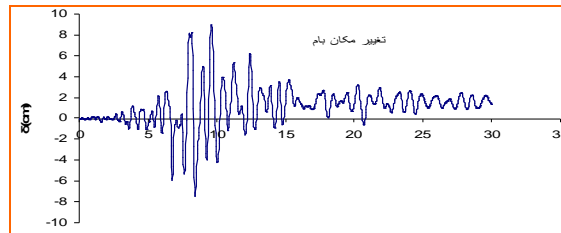


لازم بذکر است مقدار  $PF_{\phi_{roof},1}$  در مرجع [۲] برای الگوهای مختلف بار جانبی آورده شده است. همچنین مقدار این پارامتر توسط نرم افزار SAP2000 نیز محاسبه می گردد. نتایج تغییر مکان هدف هر یک از قابها در جدول (۴) آورده شده است. به جهت کنترل دقت این روش، نتایج آن با نتایج حاصل از روش تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی کنترل گردید. برای انجام تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی تعداد هفت عدد شتابنگاشت انتخاب گردید که مدت زمان حرکت شدید در آنها بیش از ۱۰ ثانیه می باشد. نام این شتابنگاشتها، سال وقوع هر یک و ضریب مقیاس در جدول (۳) آورده شده است. برای مقیاس کردن این شتابنگاشتها از روش ارائه شده در مرجع [۲۱] استفاده گردید. به این ترتیب شتابنگاشتهای مذکور سازگار با زلزله طرح آیین نامه ۲۸۰۰ تلقی می شوند.

جدول (۳): ضرایب اصلاحی شتابنگاشت های خاک نوع II

No	Earthquake	Date	Scaling factor
1	کوبه	1995	1.3
2	لوما پریتا	1989	1.21
3	طیس ۱	1979	0.91
4	طیس ۲	1980	3.76
5	نور تردج	1994	1.37
6	قائن	1979	3.8
7	شبانکاره	1996	4.3

با استفاده از نرم افزار Ramperform تغییر مکان حداکثر بام هر یک از قابها تحت شتابنگاشت های مذکور تعیین گردید. شکل (۴) نمونه ای از تاریخچه زمانی بام مربوط به قاب ۶ طبقه با اتصال خورجینی قیچی را نشان می دهد.



شکل (۴): تاریخچه زمانی تغییر مکان بام قاب ۶ طبقه با اتصالات خورجینی قیچی تحت زلزله نور تردج

با میانگین گیری از تغییر مکان های حداکثر بدست آمده تحت شتابنگاشتهای مختلف برای هر قاب، تغییر مکان حداکثر متوسط برای آن قاب محاسبه گردید، که در جدول (۴) آورده شده است. در این جدول همچنین اختلاف بین نتایج حاصل از دو روش طیف ظرفیت و تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی نیز آورده شده است. همانطور که در این جدول نیز مشخص است اختلاف بین این دو روش در حد نسبتاً قابل قبولی قرار دارد و میتوان دریافت که روش طیف ظرفیت برای محاسبه تغییر مکان هدف سازه های دارای اتصال خورجینی مناسب است.

جدول (۴): تغییر مکان هدف قابها بدست آمده از روش طیف ظرفیت و روش تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی (بر حسب سانتی متر) و اختلاف بین آن دو

قاب با اتصالات صلب خورجینی			قاب با اتصالات متداول خورجینی			قاب با اتصالات خورجینی قیچی			نوع قاب
۴	۶	۸	۴	۶	۸	۴	۶	۸	تعداد طبقات
۱۴,۲	۲۱	۲۶,۹	۶,۳	۱۱	۱۵,۸۷	۵,۸۲	۹,۹۸	۱۵,۵۲	روش برآورد
۱۷	۱۸,۱۶	۲۰,۶۶	۶,۰۳	۸,۷۳	۱۲,۸۵	۵,۲	۸,۲	۱۳,۳	CSM <sup>۴</sup>
-۱۶	۱۵,۷	۳۰	۵,۷	۲۶	۲۳	۱۲,۳۴	۲۱,۶۴	۱۶,۷	NDP <sup>۵</sup>
									اختلاف دو روش

5) Capacity Spectrum Method  
6) Nonlinear dynamic procedure

**– بررسی سطح عملکرد:**

بعد از بدست آوردن تغییر مکان هدف، مقدار تغییر شکلها و نیروهای داخلی قابها در این تغییر مکان، با استفاده از نتایج تحلیل pushover مشخص گردید و با مقایسه این مقادیر با معیارهای پذیرش در نظر گرفته شده، سطح عملکرد هر یک از اجزا قاب در هر طبقه مشخص شد. جدول (۵) نمونه ای از تعیین سطح عملکرد تیرها در قابهای دارای اتصال صلب خورجینی می باشد. با استفاده از جداول مشابه سطح عملکرد هر نوع از اعضای قابها و در صد لولاهای خمیری متناظر با آن سطح عملکرد، برای هر یک از قابها تعیین گردید. در جداول (۶) و (۷) و (۸) نتایج مربوط به عملکرد هر سه نوع سیستم آورده شده است. لازم بذکر است چون ستونهای کنار مهاربندی ها کنترل شونده توسط نیرو میباشند [۵]، بنابراین رفتار آنها در جدول بصورت مناسب و نامناسب مشخص شده است. رفتار نامناسب نشان دهنده نسبت نیروی نیاز به ظرفیت بیشتر از یک می باشد.

**جدول (۵): عملکرد تیرهای مدل شش طبقه دارای اتصالات صلب خورجینی**

Model	Floor	$(\theta_p/\theta_y)_{max}$	P-L <sup>۶</sup>
6-Storey	1	1.4	IO <sup>7</sup> -LS <sup>۸</sup>
	2	1.47	IO-LS
	3	1.26	B-IO
	4	0	A-B <sup>۷</sup>
	5	0	A-B
	6	0	A-B

**جدول (۶): عملکرد قابهای دارای اتصالات صلب خورجینی**

درصد لولاهای خمیری متناظر با سطح عملکرد	سطح عملکرد			تعداد طبقات	عضو
	I.O.	L.S.	C.P.		
۱۷		*		۴	تیرها
۱۴		*		۶	
۳۱	*			۸	
۶		*		۴	ستونها
۱۵		*		۶	
۱۲		*		۸	

**جدول (۷): عملکرد قابهای دارای اتصالات متداول خورجینی**

درصد لولاهای خمیری متناظر با سطح عملکرد	سطح عملکرد			تعداد طبقات	عضو
	I.O.	L.S.	C.P.		
۲۵	*			۴	مهاربند کششی
۳۳	*			۶	
۵۰	*			۸	
۲۵			*	۴	مهاربند فشاری
۱۷			*	۶	
۲۵			*	۸	
	*			۴	اتصالات
	*			۶	
	*			۸	
		مناسب نیست		۴	
		مناسب نیست		۶	ستونهای تحت فشار کنار مهاربندها
		مناسب نیست		۸	

P-L<sup>(۴)</sup>: سطح عملکردI.O<sup>(۵)</sup>: عملکرد استفاده بی وقفهL.S.<sup>(۶)</sup>: عملکرد ایمنی جانیA-B<sup>(۷)</sup>: رفتار بصورت خطی



جدول (۸): عملکرد قابهای دارای اتصالات خورجینی قیچی

درصد لولاهای خمیری متناظر با سطح عملکرد	سطح عملکرد			تعداد طبقات	عضو
	I.O.	L.S.	C.P.		
۵۰	*			۴	مهاربند کششی
۳۴	*			۶	
۳۷	*			۸	
۲۵			*	۴	مهاربند فشاری
۳۳			*	۶	
۲۵			*	۸	
	*			۴	اتصالات
	*			۶	
	*			۸	
		مناسب نیست		۴	ستونهای تحت فشار کنار مهاربندها
		مناسب نیست		۶	
		مناسب نیست		۸	

**-نتیجه گیری:**

همانطور که در قسمت تعیین تغییر مکان هدف این تحقیق ملاحظه گردید روش طیف ظرفیت روش نسبتاً مناسبی برای تعیین تغییر مکان هدف در قابهای دارای انواع مختلف اتصال خورجینی می باشد. نتایج حاصل از این روش در بیشتر موارد (به جز یک مورد) بیشتر از نتایج حاصل از روش تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی است که این امر باعث ایجاد یک حاشیه امنیت مناسب در برآورد تغییر مکان هدف می گردد. با توجه به نتایج ارائه شده در این تحقیق، عملکرد سیستم های مختلف تحت مطالعه در برابر زلزله طرح استاندارد ۲۸۰۰ بصورت زیر پیش بینی میگردد:

\_ برای سیستمهای با اتصال صلب خورجینی عملکرد ایمنی جانی با حاشیه امنیت بالا پیش بینی می گردد.  
\_ برای قابهای دارای اتصال خورجینی قیچی در صورتی که ستونهای کنار مهار بندی ها تقویت شوند، عملکرد ایمنی جانی با حاشیه امنیت بالا پیش بینی میگردد.

\_ نتایج عملکردی در قابهای دارای اتصال متداول خورجینی نیز مشابه قابهای دارای اتصال خورجینی قیچی می باشد.  
نکته ای که در این تحقیق قابل تامل است آنست که ستونهای کنار مهار بندی ها در تمامی قابها ظرفیت کافی جهت تحمل نیروی زلزله را ندارد و رابطه ارائه شده توسط آیین نامه ۲۸۰۰ که جهت کنترل این ستونها آورده شده است کفایت نمیکند. البته این نتیجه گیری تا حد زیادی وابسته به میزان سخت شدگی کرنشی در فولاد و به تبع آن افزایش میزان نیروهای منتقل شده از مهاربندها به ستونها پس از مرحله کمانش و تسلیم، دارد. نتایج دو تحقیق انجام شده دیگر [۲۲ و ۲۳] نیز با نتایج این تحقیق در این زمینه سازگار است.

**-مراجع:**

- [1] SEAOC. Vision 2000,(1995) Performance based seismic engineering of buildings. vols. I and II: Conceptual framework. Sacramento (CA): Structural Engineers Association of California
- [2] ATC 40,(1996) Seismic evaluation and retrofit of existing concrete buildings. Redwood City (CA): Applied Technology Council
- [3] FEMA 273, (1996) NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings; FEMA 274, Commentary. Washington (DC): Federal Emergency Management Agency
- [4] FEMA 356, (2001) NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings; FEMA 356, Commentary. Washington (DC): Federal Emergency Management Agency
- [5] Lawson RS, Vance V, Krawinkler H.(1994) Nonlinear static push-over—Analysis, why when and how? In: Proceedings of the 5th US National Conference on Earthquake Engineering, vol. 1. Chicago, Illinois: EERI. 283-92



- [6]- Fajfar ,P,(1999). Capacity Spectrum Method Based on Inelastic Demand Spectra. Earthquake Engineering and Dynamics,pp.979-993
- [7]- Chopra, A.K.(1999) Capacity- Demand Diagram Methods for Estimating Seismic Deformation of Inelastic Structures Report No.peer-1999/02 University of California, Berkeley
- [8]-Xue,Q.( 2001) A Direct displacement Based Seismic Design Procedure of Inelastic Structures. Engineering Structure, 23,pp 1453-1460

۹- پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله. (۱۳۸۱) " دستورالعمل بهسازی لرزه ای ایران"،

۱۰- پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله. (۱۳۸۱) " تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه ای ایران"،

- [11]-Freeman, S.A.( 1975) Evaluation of existing Building for Seismic Risk –A Case Study of Puget Sound Naval Shipyard Bremerton. Washington, proceeding of the U.S. National Conference on earthquake engineers, EERI, pp 113 – 122, Berkeley

- [12]-U.S Army,( 1986) seismic design guidelines for Essential building. Department of the army (TM 5-809-101) Navy (NAVFAC P355.1), Washington, DC,

۱۳- میرقادری ، مزروعی و دهقانی رنای. (۱۳۷۹) بررسی نظری و تجربی اتصالات تیرهای خورجینی به ستون و ارائه جزئیات یک اتصال گیردار جدید، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

۱۴- آقا کوچک ، وشکینی و قاسمی . (۱۳۸۰) تعیین ضریب رفتار ( R ) برای قابهای فولادی دارای اتصالات خورجینی. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

۱۵- مقدم و کریمی - محمدی. (۱۳۷۰) خواص مکانیکی اتصالات خورجینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف ، .

۱۶- آقا کوچک و حسینخانی. ( ۱۳۷۱) بررسی رفتار اتصالات خورجینی در سازه های فولادی در مقابل بارهای ناشی از زلزله. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی،

۱۷- غفوری آشتیانی ، کاظم و تپو ، ( ۱۳۷۶ ) آزمایش دینامیکی مدل ساختمان چهارطبقه اسکلت فلزی با اتصال خورجینی. مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

۱۸- مقدم و موید علائی، (۱۳۷۹) تقویت لرزه ای سازه ای اتصال خورجینی ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.

۱۹- آقا کوچک و وشکینی (۱۳۸۰) تعیین ضریب رفتار ( R ) برای قابهای فولادی دارای اتصالات خورجینی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس،

- [20]-Newmark, N. M., and Hall, W. J. (1982). *Earthquake Spectra and Design*. Berkeley, Calif. Earthquake Engineering Research Inst.

۲۱- کمیته بازنگری آیین نامه ها، (۱۳۸۴) آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله. نشریه شماره ۲۵۳ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش سوم.

۲۲- نماینده نیاسر ، علیرضا ، (۱۳۸۲) " بررسی عملکرد سازه های فولادی طراحی شده با استفاده از آیین نامه ۲۸۰۰ " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

۲۳- جعفرزاده ، رضا، (۱۳۸۲) محاسبه بزرگنمایی تغییر مکان و نیروهای داخلی اجزا برای ساختمانهای فولادی با سیستم قاب خمشی و سیستم قاب ساده مهاربندی. پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه تربیت مدرس .