



بررسی رفتار قابهای نیمه-صلب تحت رکوردهای نزدیک گسل

فخرالدین دانش آشتیانی^۱، ابراهیم محمدرضاپور^۲

۱- دانشیار دانشکده عمران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

۲- کارشناس ارشد زلزله، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

rezapour.e.m@gmail.com

خلاصه

هدف از این تحقیق بررسی رفتار قاب های نیمه صلب تحت رکوردهای نزدیک گسل بود. بدین منظور سه قاب خمشی ۶،۳ و ۱۲ طبقه با ضوابط آئین نامه UBC97 و با و بدون در نظرگرفتن ضرایب نزدیک گسل و صلبیت اتصالات در دو حالت صلب و نیمه صلب طراحی شد. قابهای صلب و نیمه-صلب تحت رکوردهای نزدیک و دور از گسل قرار گرفت و نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی این قابها نشان داد قاب های نیمه-صلب با مقاومت جزئی که بر اساس نزدیک گسل طراحی شده است، مشروط بر کنترل تغییرمکان جانبی برای مناطقی نزدیک گسل می تواند مناسب باشد. کلمات کلیدی: قاب نیمه-صلب، اتصالات نیمه-صلب، نزدیک منبع، زلزله

مقدمه

حرکت پالس گونه، اعمال انرژی حجیم در مدت زمان کوتاه و ضربه گونه زلزله های نزدیک منبع، باعث اعمال نیاز شکل پذیری دورانی زیاد در بعضی طبقات و اتصالات، گسیختگی ترد اتصالات، تخریب آبی سازه و ایجاد طبقه نرم می شود که در طی زلزله ۱۹۹۴ نورث ریچ و ۱۹۹۵ کوبه آشکار گردید. از آن موقع برای رفع گسیختگی اتصالات صلب، اتصالات متعددی برای بهسازی و طراحی جدید قابهای خمشی فولادی در مناطق با لرزه خیزی بالا ارائه گردید. یکی از اتصالات پیشنهادی اتصالات با پیچهای پر مقاومت بودند. بسیاری از اتصالات پیچی که اغلب اتصالات نیمه صلب نامیده می شوند بسیار انعطاف پذیرتر از اتصالات جوش متناظر خود می باشند

برای اهداف طراحی لرزه ای اتصالات صلب جوشی در قاب های خمشی استفاده می شود. بیشتر انواع اقتصادی اتصالات پیچی اساساً به علت انعطاف-پذیری نسبی آنها در مقایسه با اتصالات صلب جوشی که ممکن است منجر به تغییر شکل های بزرگ تحت تیرهای یکسان شود مورد استفاده قرار نمی-گیرد. از آنجائیکه این رفتار برای شرایط استاتیکی اعمال می شود پاسخ تحت بارهای دینامیکی ممکن است اساساً متفاوت باشد. به علت افزایش پرید قاب همانند پخش انرژی بیشتر در اتصالات قاب های نیمه-صلب ممکن است نیروهای کمتر و شاید میرائی بیشتری جذب کنند. آزمایشات میز لرزان همراه با آنالیز نشان می دهد که قاب خمشی با اتصالات نیمه صلب پیچی لزوماً در یافت بزرگتری از قاب خمشی صلب، تحت ارتعاش زمین نخواهد داشت. مشاهدات مشابه نیز با بررسی اتصالات نیمه صلب مرکب با نبشی پیچی و دال بتنی سقف حاصل گردیده است. لازم به ذکر است که اثر تغییر نوع شتاب زمین بر رفتار سازه اغلب اثر تغییر سختی سازه ونوع اتصالات را تحت تاثیر قرار میدهد[۲]. در یک بررسی که توسط [۳] Shen و Akbas بر روی تعدادی قاب با اتصالات و ارتفاعات متفاوت تحت تحریکات پی صورت گرفت، معلوم شد که اتصالات نیمه صلب پاسخ در یافت بزرگتری از قابهای صلب تحت تحریکات پایه ضعیف تا متوسط خواهند داشت ولی برای تحریکات پی شدید این وضع بطور کامل روشن نگردید. اتصالات نیمه صلب دارای شکل پذیری بالا، منحنی سیکی پایدار، ساخت آسان و نیازی به جوش کارگاهی گران ندارند و از طرف دیگر با توجه به مشکلات اتصالات صلب قاب خمشی تحت رکوردهای نزدیک منبع، استفاده از اتصالات نیمه-صلب در قاب های خمشی بتواند رفتار مطلوبتری را حاصل کند.

¹ - دانشیار دانشکده عمران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، www.danesh@kntu.ac.ir

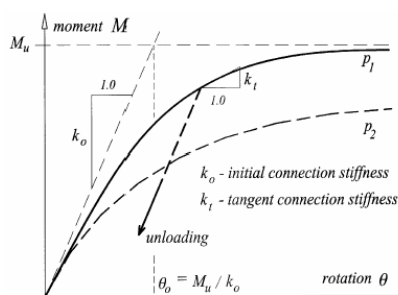
² - کارشناس ارشد زلزله، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تلفن ۰۹۱۲۳۰۵۹۱۹۶ - rezapour.e.m@gmail.com

مروری بر کارهای انجام شده

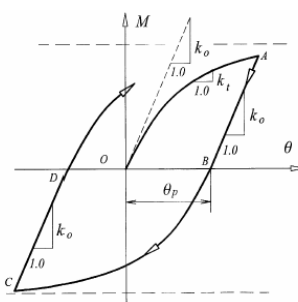
برای بررسی رفتار اتصالات نبشی نشمین، آزمایش‌ها و آنالیز اجزاء محدود غیر خطی زیادی انجام شده است که با مقایسه این نتایج معلوم گردید که رفتار غیر خطی اتصالات نبشی نشمین با تغییر شکل‌های بزرگ را می‌توان با استفاده از روش آنالیز اجزاء محدود و با در نظر گرفتن نیروی پیش-تنیدگی پیچها و تماس و اثرات لغزش بررسی کرد. علاوه بر آن کارآیی مدل توانی سه پارمتری در تخمین منحنی‌های $M-\theta$ اتصال در حد قابل قبولی بوده و می‌تواند در تحلیل غیر خطی قابهای فولادی با اتصالات نیمه-صلب بکار رود [۵ و ۴]. در مطالعات اخیر، روشهای ساده ریاضی برای بدست آوردن منحنی‌های ممان-دوران با روش منطبق کردن منحنی‌های نتایج تجربی ایجاد گردیده اند. مدل سه پارمتری توانی به وسیله Richard, Abbott پیشنهاد گردید و برای بیان رفتار ممان-دوران اتصال تحت بارهای یکنواخت استفاده کرد. این مدل به وسیله فرمول زیر بیان می‌شود که K_0 سختی اولیه اتصال، n پارامتر شکل، $\theta_0 = \frac{M_u}{K_0}$ دوران پلاستیک و M_u ظرفیت لنگرنهائی است [۶].

$$M = \frac{K_0 \theta}{\left[1 + \left(\frac{\theta}{\theta_0}\right)^n\right]^{\frac{1}{n}}} \quad (1)$$

مطابق با فرمول بالا سختی $M-\theta$ برای دو نوع اتصال پیچی نبشی بالا و پائین (DWA) و پیچی نبشی بالا و پائین با دوپل نبشی جان (TSWA) در شکل (۱-الف) نشان داده شده است. برای مدلسازی رفتار غیر الاستیک اتصال تحت بارهای سیکلی می‌توان مدل سختی شوندهگی مستقل استفاده کرد که در شکل (۱-ب) نشان داده شده است. [۲]



الف



ب

شکل ۱- الف - مدل توانی سه پارمتری و ب- مدل سختی شوندهگی مستقل [۲]

مدلسازی نمونه‌ها

در این تحقیق قاب خمشی در طبقات ۳، ۶ و ۱۲ طبقه مدل شده است و فرض شده که ساختمان با کاربری مسکونی می‌باشد. قاب‌ها دارای سیستم قاب خمشی معمولی است. قاب‌ها در دو حالت کلی قاب‌های با اتصالات صلب و اتصالات نیمه صلب طراحی شد. هر کدام از قاب‌ها در دو حالت طراحی معمولی و طراحی برای شرایط نزدیک گسل انجام شد. در طراحی از آیین نامه UBC 97 استفاده شد که شرایط نزدیک گسل در آن به وسیله ضرایبی اعمال می‌شود. در کلیه قاب‌ها ارتفاع طبقات ۳/۲ متر ثابت فرض شده و قاب‌های سه و شش طبقه سه دهانه و قاب‌های ۱۲ طبقه دو دهانه می‌باشد. همچنین فرض شده است که تمام سازه‌ها در منطقه لرزه‌ای شدید (منطقه ۴) و بر روی خاک سخت واقع شده است. در کلیه قاب‌ها بارهای مرده در واحد طول تیرهای طبقات 2000 kg/m و در طبقه آخر 1800 kg/m ، بار زنده 600 kg/m و در بام 450 kg/m فرض شد.

برای طراحی قاب‌ها از نرم افزار ETABS 2000 استفاده شد. در این نرم افزار از پیش فرض UBC97-ASD برای طراحی استفاده شد و برای طراحی قاب تحت شرایط نزدیک منبع، ضرایب نزدیک منبع طبق آیین نامه UBC97 با تخصیص مقدار 1.2 برای N_a و 1.6 برای N_v اعمال شد [۷]. در کلیه قابها از مقاطع IPB و IPBv برای تیرها و ستونها استفاده شده است.

برای طراحی قاب‌های با اتصالات نیمه صلب و در نظر گرفتن سختی اتصالات نیمه-صلب، مقدار سختی تیرها را در انتهای آن کاهش داده شد. نسبت سختی اتصال به سختی تیر در تمام قاب‌ها 0.67 فرض شد که با پارامتر Γ نشان داده شده و براساس فرمول (۲) است که L ، I ، E و K_0 به ترتیب مدول الاستیسیته، ممان اینرسی، طول تیر و سختی اولیه اتصال می‌باشد [۸ و ۶]. در جدول ۱ پریرود قاب‌های صلب و نیمه-صلب طراحی شده آورده شده است.

برای مدلسازی و بررسی رفتار دینامیکی غیر خطی سازه‌ها تحت رکوردهای زلزله از نرم افزار Ram-Perform استفاده شد. این نرم افزار یک برنامه کاربردی و موثر برای طراحی سازه بر اساس عملکرد و با استفاده از روش‌های غیر-خطی می‌باشد. تیرها، ستونها و اتصالات نیمه-صلب با معرفی منحنی ممان-دوران و حالت‌های حدی قابلیت استفاده بی‌وقفه، ایمنی جانی و آستانه فرو ریزش طبق دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای مدلسازی شده است. [۹ و ۱]



جدول ۱- پریود قاب های صلب و نیمه-صلب

$$r = \frac{1}{1 + \frac{3EI}{K_0 L}} \quad (2)$$

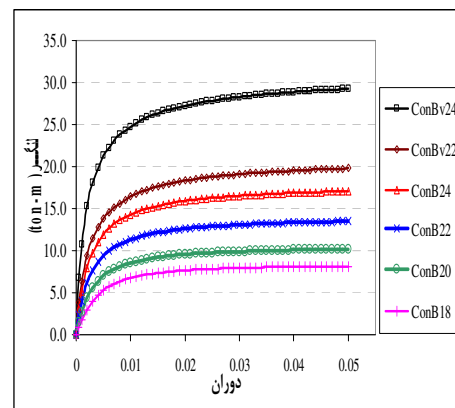
	قاب های طراحی شده بر اساس دور از گسل			قاب های طراحی شده بر اساس نزدیک گسل		
	۳ طبقه	۶ طبقه	۱۲ طبقه	۳ طبقه	۶ طبقه	۱۲ طبقه
صلب	0.68	1.11	1.99	0.66	0.91	1.48
نیمه-صلب	0.719	1.24	2.08	0.67	0.998	1.85

طراحی اتصالات نیمه صلب

در این تحقیق از اتصالات پیچی با نبشی بالا و پایین و دویل نبشی جان به عنوان اتصال نیمه-صلب استفاده شد زیرا این اتصالات دارای انعطاف پذیری خوب و جذب انرژی بالایی هستند. برای طراحی اتصالات نیمه صلب از مدل رفتار توانی سه پارامتری [۶] Abbott و Richart استفاده شد که به وسیله فرمول ۱ بیان می شود. در این مدل رفتاری سه مجهول سختی اولیه (K) و لنگر نمائی (M) و ضریب شکل (n) وجود دارد که سختی اولیه در اتصال معلوم بوده و با در نظر گرفتن ابعاد تیر، فرض کردن ابعاد نبشی جان، بال، قطر و نوع پیچ طبق فرمول های [۸] Kishi-chen پارامترهای سختی اولیه و لنگر نهائی و ضریب n محاسبه شده و مقدار سختی اولیه اتصالات با سختی اولیه مورد انتظار در طراحی چک شده و در نهایت با تغییر ابعاد نبشی به مقدار سختی مورد انتظار رسیده شد. مشخصات اتصالات طراحی شده در جدول ۲ و منحنی ممان-دوران این اتصالات در شکل ۲ آمده است.

جدول ۲- مشخصات اتصالات پیچی با نبشی بالا و پایین و دویل نبشی جان طراحی شده

نام اتصال	مقطع تیر	ابعاد نبشی	طول نبشی (mm)	ابعاد نبشی	طول نبشی (mm)
ConB18	IPB180	L 100*200*12	200	L 80*80*10	140
ConB20	IPB200	L 100*200*12	220	L 80*80*10	140
ConB22	IPB220	L 100*200*14	240	L 80*80*10	160
ConB24	IPB240	L 100*200*14	260	L 100*100*12	180
ConBv22	IPBv 220	L 100*200*16	280	L 100*100*14	160
ConBv24	IPBv 240	L 100*200*20	300	L 100*100*14	200



شکل ۲- منحنی ممان-دوران اتصالات پیچی با نبشی بالا و پایین و دویل نبشی جان

انتخاب رکوردها

برای بررسی رفتار لرزه ای سازه ها، طیف وسیعی از رکوردها انتخاب شده است و خصوصیات رکوردهای زمین لرزه مانند انرژی، پیک شتاب و مدت زمان زلزله در انتخاب رکوردها در نظر گرفته شده است. از طرف دیگر در انتخاب رکوردهای نزدیک گسل علاوه بر موارد بالا نسبت $\frac{a}{v}$ ، پالس شتاب و سرعت، تعداد پالس ها و شکل طیف شتاب و به ویژه طیف سرعت مورد توجه قرار گرفته است. رکوردهای انتخاب شده با استفاده از روش انرژی و سطح زیر منحنی طیف شتاب نرمالیزه شده است. [۱۱ و ۱۲]. با این ملاحظات مشخصات رکوردهای دور از گسل در جدول ۳ و رکوردهای نزدیک گسل انتخاب شده در جدول ۴ قید شده است. همچنین شکل ۳ و ۴ مقایسه ای بین طیف های رکوردها با طیف آیین نامه UBC97 را نشان می دهد.

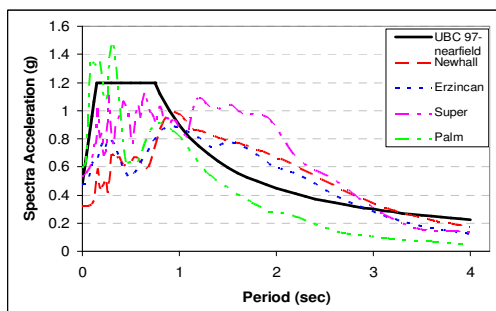


جدول ۴- مشخصات رکوردهای نزدیک گسل

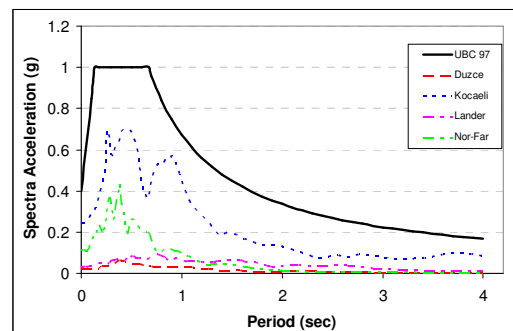
زلزله	نام اختصاری	فاصله (km)	شتاب بیشینه (g)	سرعت بیشینه (cm/s)	a / V
Northridge 1994	Newhall	7.1	0.317	93.49	0.34
Erzincan, Turkey 1992	Erzincan	2	.442	65.29	0.67
Superstitt Hills(B) 1987	Super	0.7	0.539	86.95	0.62
N. Palm Springs 1986	Palm	8.2	0.599	61.55	0.97

جدول ۳- مشخصات رکوردهای دور از گسل

زلزله	نام اختصاری	فاصله (km)	شتاب بیشینه (g)	سرعت بیشینه (cm/s)	a / V
Duzce, Turkey 1999	Duzce	134.9	.0177	1.853	0.95
Kocaeli, Turkey 1999	Kocaeli	78.9	0.256	26.26	0.97
Landers 1992	Lander	151.1	.033	4.76	0.69
Northridge 1994	Nor-far	84.2	0.113	6.99	1.61



شکل ۴- طیف شتاب رکوردهای نزدیک گسل

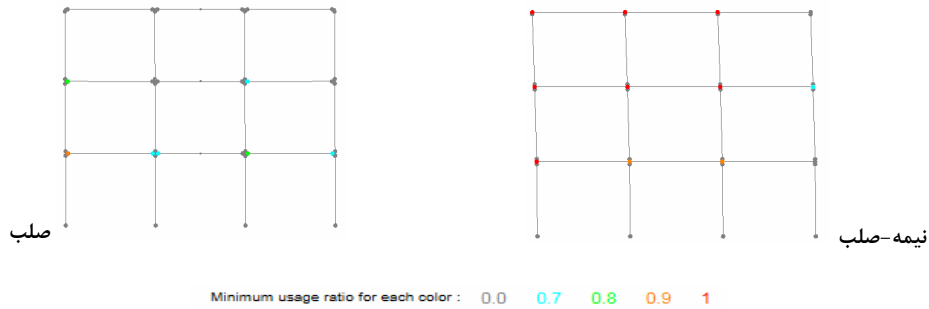


شکل ۳- طیف شتاب رکوردهای دور از گسل

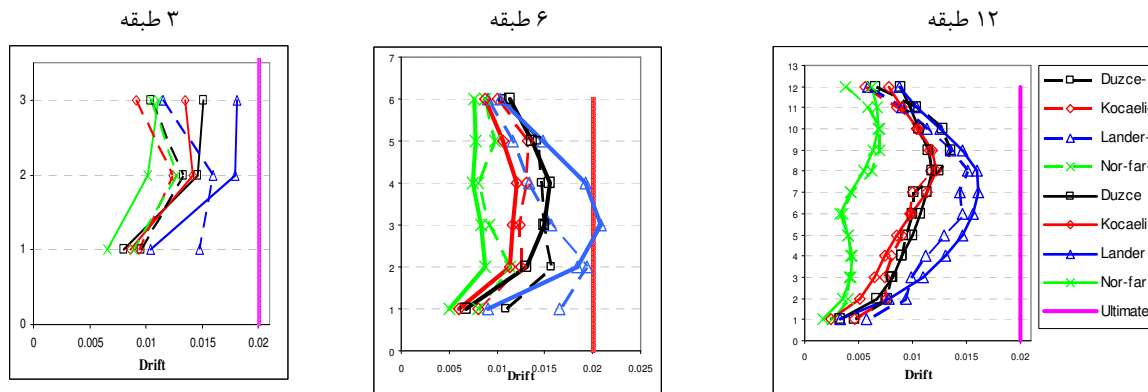
بررسی نتایج آنالیز دینامیکی غیرخطی مدل ها

مقایسه قاب های صلب و نیمه صلب طراحی شده بر اساس دور از گسل تحت رکوردهای دور از گسل
 قاب های طراحی شده بر اساس دور از گسل ، در واقع نمونه ای از سازه های هستند که در ایران بدون در نظر گرفتن اثرات نزدیک منبع طراحی شده اند. مقایسه نتایج نشان می دهد محل تشکیل مفاصل پلاستیک در قاب های کوتاه صلب در تیرها و در پای ستونهای طبقه همکف است ولی در قاب های نیمه-صلب مفاصل پلاستیک در اتصالات نیمه-صلب است چون اتصالات نیمه-صلب با داشتن سختی کمتر نسبت به تیر و ستون انرژی زلزله را به سمت خود جذب می کنند. شکل ۵ سطح عملکرد IO قاب ۳ طبقه صلب و نیمه-صلب را نشان میدهد. مقایسه ای بین پوشش برش طبقات قاب های صلب و نیمه صلب نشان می دهد که قاب های نیمه صلب همواره دارای برش کمتری نسبت به قاب- های صلب هستند ، که در قاب ۳ و ۶ طبقه بطور متوسط کاهش در تمام طبقات وجود دارد. در قاب ۱۲ طبقه نیز به غیر از ۳ طبقه آخر، بقیه طبقات کاهش برش وجود دارد. زیرا استفاده از اتصالات نیمه-صلب باعث کاهش مقاومت سازه و کاهش جذب نیروهای سازه می شود. مقایسه بین پوشش دررفت نشان میدهد که دررفت طبقات پائین قاب های نیمه-صلب نسبت به قاب های صلب کاهش و طبقات بالایی افزایش می یابد و تغییر سیستم قاب ها از صلب به نیمه-صلب باعث انتقال جذب انرژی از طبقات پائینی به طبقات بالایی می شود. همچنین مقایسه تغییرشکل ها نشان می دهد که قاب های نیمه-صلب در مقایسه با قاب های صلب در طبقات بالایی تغییر شکل زیاد می دهند. شکل ۶ مقایسه دررفت قاب های صلب و نیمه-صلب را نشان میدهد که خطوط توپر مربوط به قاب های نیمه-صلب و خطوط خط چین مربوط به قاب های صلب است.

حداکثر دوران ستونها و تیرهای قاب صلب به دوران تسلیم و حداکثر دوران به دوران تسلیم برای اتصالات قاب نیمه-صلب تحت رکوردهای دور از گسل محاسبه شده است که مقایسه نتایج نشان می دهد که شکل پذیری زیادی برای تیرها و ستونهای طبقات پائین در قاب های صلب ۳ و ۶ طبقه نسبت به طبقات بالایی و در قاب ۱۲ طبقه صلب نیز در تیرها و ستونهای طبقات میانی نیاز است و در قاب های نیمه-صلب شکل پذیری زیاد در اتصالات نیاز است که این نیاز شکل پذیری در اکثر طبقات توزیع شده است.



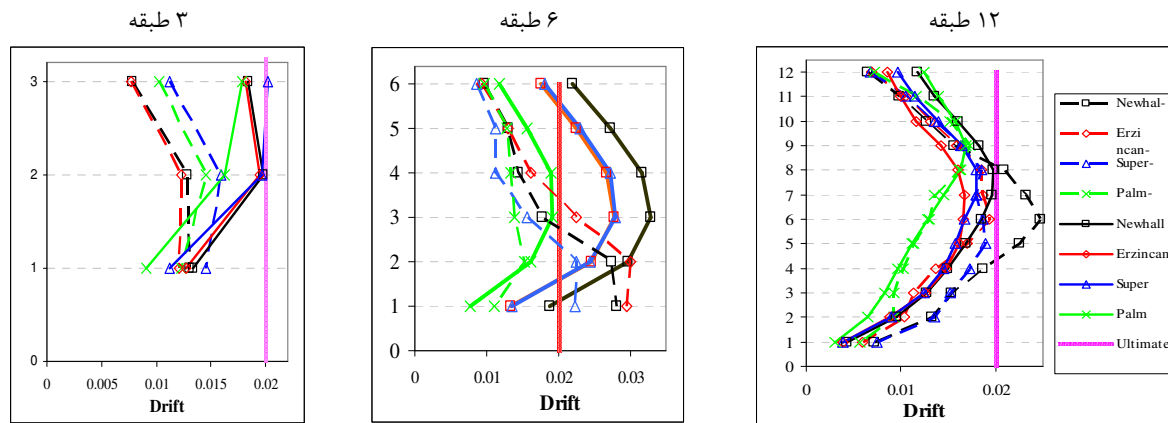
شکل ۵- سطح عملکرد IO قاب ۳ طبقه صلب و نیمه-صلب تحت رکوردهای دور از گسل



شکل ۶- مقایسه دررفت قاب های ۳، ۶ و ۱۲ طبقه صلب و نیمه-صلب تحت رکوردهای دور از گسل

مقایسه قاب های صلب و نیمه صلب طراحی شده بر اساس دور از گسل تحت رکوردهای نزدیک گسل مقایسه نتایج نشان می دهد محل تشکیل مفاصل پلاستیک در قاب های ۳ و ۶ طبقه صلب در تیرهای طبقات پایین و در پای ستونهای طبقه همکف است و در قاب ۱۲ طبقه صلب در تیرهای طبقات میانی است و در این نقاط اعضای سازه ها حالت حدی IO را رد کرده اند در حالیکه به غیر از حالت رکورد Newhall در قاب ۶ طبقه نیمه صلب ، ستونهای قاب ۳ و ۶ و ۱۲ طبقه نیمه صلب به حالت حدی IO نرسیده اند و اتصالات قاب های نیمه-صلب از حالت حدی IO گذشته و حتی در قاب ۶ طبقه نیمه صلب از حالت حدی LS نیز گذشته اند .

مقایسه بین پوشش برش طبقات قاب های صلب و نیمه صلب تحت رکوردهای نزدیک گسل نشان می دهد که در حالت کلی قاب های نیمه-صلب دارای برش پایه کمتر یا مساوی قاب های صلب هستند و مقایسه بین پوشش دررفت ها نشان می دهد برای قاب های نیمه-صلب نسبت به صلب دررفت طبقات پایین کاهش و طبقات میانی و بالایی افزایش می یابد که در قاب ۳ طبقه دررفت طبقه همکف حدود ده درصد کاهش و طبقه دوم حدود ۱۰۰٪ افزایش می یابد و برای قاب ۶ طبقه همکف حدود ۴۰ درصد کاهش در طبقه سوم تا آخر بین ۷۵ الی ۹۰ درصد افزایش می یابد و در قاب ۱۲ طبقه در طبقه همکف ۴۲ درصد کاهش، در طبقه ششم ۶ درصد کاهش و در طبقه آخر ۵۵ درصد افزایش می یابد. در قاب ۶ طبقه صلب دررفت ها در طبقات همکف و اول خیلی زیاد بوده در قاب ۶ طبقه نیمه-صلب دررفت در طبقات میانی خیلی زیاد می باشد و در هر دو حالت از حد نهائی (۲ در صد دررفت) رد شده اند لذا نمی توان گفت که به علت تغییر سیستم قاب ۶ طبقه از صلب به نیمه-صلب افزایش دررفت منجر به گسیختگی سازه می شود. شکل ۷ مقایسه دررفت قاب های صلب و نیمه-صلب را نشان میدهد که خطوط توپر مربوط به قاب های نیمه-صلب و خطوط خط چین مربوط به قاب های صلب است. مقایسه نیاز شکل پذیری اعضا قاب ها نشان می دهد که تیرهای طبقه همکف و اول و پای ستون طبقه همکف در قاب ۳ و ۶ طبقه صلب شکل پذیری بالایی نیاز دارد و در قاب ۱۲ طبقه صلب تیرهای طبقات میانی شکل پذیری متوسطی را باید تامین کنند در حالیکه در قاب های نیمه-صلب شکل پذیری زیاد در اتصالات مورد نیاز است که اتصالات پیچی نبشی بالا و پائین با دوپل نبشی جان قابلیت رسیدن به چنین دوران هائی را دارند. لذا با وجود ایجاد دوران های زیاد در اتصالات ، ستونها دچار آسیب نشده و سازه همچنان به پایداری خود ادامه می دهد . در قاب های نیمه-صلب نسبت به قاب صلب شکل پذیری مورد نیاز اعضا قاب در طبقات پخش می شود بطوریکه در قاب های صلب تمرکز نیاز شکل پذیری در طبقات خاص در تیر و ستون ها به وجود می آید در حالیکه در قاب های نیمه-صلب نیاز شکل پذیری اتصالات در تمام طبقات پخش شده و از ایجاد تمرکز در طبقات خاص جلوگیری می شود. در جدول ۵ مقادیر حداکثر دوران به دوران تسلیم برای اتصالات قاب ۶ طبقه نیمه-صلب و در جدول ۶ برای ستونها و تیرهای قاب ۶ طبقه صلب تحت رکوردهای نزدیک گسل ارائه شده است.



شکل ۷- مقایسه دررفت قاب های ۳، ۶ و ۱۲ طبقه صلب و نیمه-صلب تحت رکوردهای نزدیک گسل

جدول ۵- مقادیر حداکثر θ / θ_y برای اتصالات قاب ۶ طبقه نیمه-صلب تحت رکوردهای نزدیک گسل

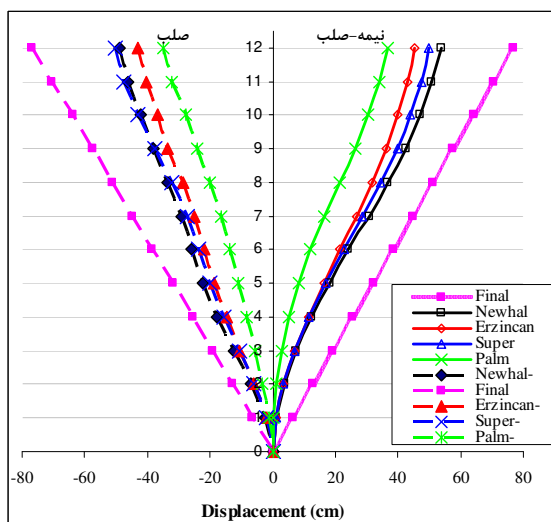
طبقه	θ_y	Newhall	Erzincan	Super	Palm
6	0.004	4.45	3.375	3.5	1.825
5	0.004	5.475	4.375	4.5	2.875
4	0.004	6.475	5.25	5.425	3.575
3	0.004	7.35	6.15	6.175	4.175
2	0.004	7.225	6	5.95	3.85
1	0.004	5.85	4.55	4.55	2.75

جدول ۶- مقادیر حداکثر θ / θ_y برای ستونها و تیرهای قاب ۶ طبقه صلب تحت رکوردهای نزدیک گسل

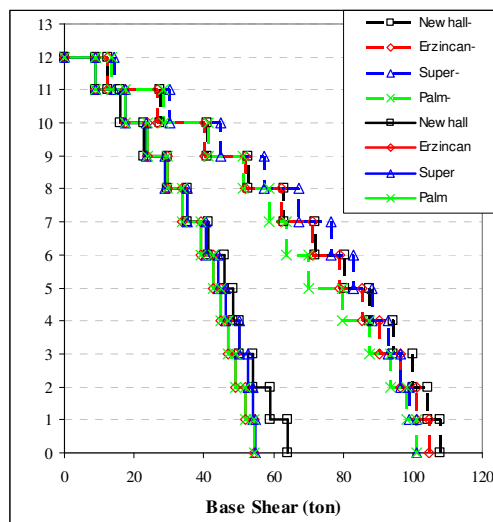
طبقه	ستون های قاب صلب					تیرهای قاب صلب				
	θ_y	Newhall	Erzincan	Super	Palm	θ_y	Newhall	Erzincan	Super	Palm
6	0.0052	0.06	0.54	0.42	0.46	0.0088	0.84	0.82	0.80	0.85
5	0.0052	0.33	0.54	0.48	0.48	0.0088	1.58	1.67	1.39	1.59
4	0.0052	0.48	0.79	0.69	0.67	0.0073	1.92	2.05	1.56	1.84
3	0.0045	1.13	1.02	0.82	0.70	0.0066	2.27	2.88	1.85	1.95
2	0.0045	1.49	1.07	0.87	0.77	0.0066	3.03	4.17	2.97	2.24
1	0.0045	5.64	5.96	4.16	1.67	0.0073	4.21	4.75	3.66	2.22

مقایسه قاب های صلب و نیمه صلب طراحی شده بر اساس نزدیک گسل تحت رکوردهای نزدیک گسل مقایسه بین سطوح عملکرد IO و LS قاب های صلب و نیمه-صلب نشان می دهد که در قاب های صلب تیرها و ستونها هر دو حالت IO را رد کرده اند و به حالت حدی LS نرسیده اند و حتی ستونها دارای مقادیر بیشتری از تیرها در حالت IO داشته اند و در مقابل در قاب های نیمه-صلب ستونها به حالت حدی IO نمی رسند و اتصالات همواره با جذب انرژی از حالت IO خارج شده اند و به حالت حدی LS نرسیده اند. مقایسه پوشش برش طبقات بین قاب های صلب و نیمه-صلب تحت رکوردهای نزدیک گسل نشان می دهد که همواره برش وارده به قاب های نیمه-صلب نسبت به قاب های صلب در تمام طبقات کاهش می یابد و این کاهش در قاب ۱۲ طبقه بیشترین مقدار (۴۰ الی ۵۰ درصد) را دارا می باشد که در شکل ۸ نشان داده شده است که خطوط خط چین در این شکل مربوط به قاب های صلب است. مقایسه پوشش دررفت نشان می دهد که در قاب های نیمه-صلب نسبت به صلب دررفت طبقات پایین کاهش و طبقات بالایی افزایش می یابد همچنین مقایسه تغییرشکل ها نشان می دهد که قاب های نیمه-صلب در مقایسه با قاب-

های صلب در طبقات بالایی تغییر شکل زیاد می دهند که در شکل ۹ برای قاب ۱۲ طبقه نشان داده شده و خطوط خط چین در این شکل مربوط به قاب های صلب است. مقایسه مقادیر نیاز شکل پذیری نشان می دهد که در قاب های صلب حداکثر نیاز شکل پذیری در تیرها و ستونهای طبقات پائین متمرکز شده است که چندین برابر مقادیر نظیر در طبقات بالائی است در حالیکه در قاب های نیمه-صلب نسبت به قاب صلب نیاز شکل پذیری بهتر در طبقات پخش شده است و از ظرفیت تمام اعضا در طبقات مختلف برای مقاومت در برابر زلزله نزدیک گسل استفاده شده است.



شکل ۹- تغییر شکل قاب های ۱۲ طبقه صلب و نیمه-صلب تحت رکوردهای نزدیک گسل



شکل ۸- پوش برش قاب ۱۲ طبقه صلب و نیمه-صلب تحت رکوردهای نزدیک گسل

نتیجه گیری

مقایسه قاب های صلب و نیمه صلب تحت رکوردهای دور از گسل نشان می دهد که تغییر سیستم قاب ها از صلب به نیمه-صلب باعث انتقال جذب انرژی از طبقات پائینی به طبقات میانی و بالایی می شود و دریفت طبقات پائین قاب های نیمه-صلب نسبت به قاب های صلب کاهش و طبقات بالائی افزایش می یابد و قاب های نیمه-صلب دارای برش کمتری نسبت به قاب های صلب هستند. این مقایسه برای رکوردهای نزدیک گسل نشان می دهد که در قاب های صلب تمرکز جذب انرژی در طبقات خاص وجود دارد و محل تشکیل مفاصل در پای ستونهای طبقه همکف و انتهای تیرها و اتصالات صلب است در حالیکه در قاب های نیمه-صلب بدون آسیب رسیدن به ستونها و جذب انرژی توسط اتصالات و دوران زیاد اتصالات نیمه-صلب و جلوگیری از تمرکز انرژی در طبقات محدود تا حد ممکن باعث رفتار مناسب سازه و شکست نرم در سازه می شود ولی به دلیل دوران زیاد اتصالات نیمه-صلب دریفت در سازه ها افزایش می یابد.

بررسی رفتار قابهای نیمه-صلب طراحی شده بر اساس نزدیک منبع، تحت رکوردهای نزدیک منبع نشان می دهد که قاب های نیمه-صلب انرژی وارده را بین اکثر طبقات توزیع می کنند و همچنین استفاده از ضرایب برای افزایش برش پایه در طراحی سازه های واقع در نزدیک گسل طبق آئین نامه UBC 97 در قاب های مورد بررسی در این تحقیق مناسب بوده و در قاب ۶ طبقه تاثیر زیادی داشته است. ولی صرف این مسئله نمی توان به رفتار مناسب سازه اطمینان داشت. لذا استفاده از قاب های نیمه-صلب با مقاومت جزئی که بر اساس نزدیک گسل طراحی شده است، مشروط بر کنترل تغییر مکان جانبی برای مناطقی نزدیک گسل می تواند مناسب باشد.

مراجع

- ۱- پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، "دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود".
- 2- Miodrag Sekulovic, Ratko Salatic, Marija Nefovska, "Dynamic analysis of steel frames with flexible connections" Computers and Structures 80 (2002)935-955.
- 3- B.Akbas, J.Shen, "Seismic behavior of steel Building with combined rigid and semi-rigid frames" Turkish J.Eng.Env. sci.2003;27;253-64
- 4- A.Ahmed, N.Kishi, K.Matsuolka, M.Komuro, "Nonlinear Analysis on prying og top and seat angle connections" Applied Mechanics. 2001: 4:227-36



- 5- F. Danesh, A. Pirmoz, A. Saedi Daryan, “ Effect of shear force on the initial stiffness of top and seat angle connections with double web angles “Constructional Steel Research 2007
- 6- W. F. Chen , “ Practical Analysis for Semi-Rigid Frame Design “ 2000
- 7- Uniform Building Code 1997
- 8- Faella, C, Piluso, V. Rizzano, G ,” Structural steel semirigid connections: theory, design and software ” 2000
- 9- Manual Ram Perform 3D
- 10- N.Kishi. W.F.Chen, K.G. Matsuoka, “ Moment-Rotation of top-and seat angle with double web-angle connections “ Structural Engineering / ce-str-87-16
- 11- Johnathan D.Bray,Adrian Rodriguez-Marek, “Characterization of forward-directivity ground motions in the near-fault region ”, Soil Dyanimics and Earthquake Engineering (2004)
- 12- Paul G. Somerville, “ Magnitude scaling of the near fault rupture directivity pulse “ , Physics of the Earth and Planetary Interiors 137 (2003) 201–212