

نشریه مهندسی سازه و ساخت (علمی - پژوهشی)

www.jsce.ir

مقایسه رفتار قاب‌های خمشی مرکب (RCS) و فولادی تحت زلزله‌های حوزه نزدیک گسل

فرشته خراسانی^۱، محسن گرامی^{۲*}، علی خیرالدین^۳

۱- کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

۳- استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

چکیده

بررسی رفتار سازه تحت زلزله‌های حوزه نزدیک به علت ماهیت ویژه این زمین‌لرزه‌ها در مقایسه با زلزله‌های دور از گسل امری ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش به بررسی نیاز لرزه‌ای سازه‌های مرکب RCS و فولادی تحت زلزله‌های حوزه نزدیک گسل در مقایسه با زلزله‌های حوزه دور پرداخته شده است. به همین منظور تعداد ۵ قاب خمشی مرکب RCS و فولادی با شکل‌پذیری متوسط و در طبقات ۴، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ و ۵ دهانه طراحی شد و سپس تحلیل‌های دینامیکی توسط نرم افزار OpenSees بر روی سازه‌ها انجام شده است. نتایج بدست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که هر چه تعداد طبقات بیشتر می‌شود جابجایی سازه مرکب از سازه فولادی کمتر می‌شود. اختلاف ناشی از رکوردهای نزدیک و دور از گسل در محاسبه جابجایی و دررفت طبقات در سازه‌های فولادی به مراتب کمتر از این اختلاف در سازه‌های مرکب است. که نشان می‌دهد اثربخشی رکورد های نزدیک گسل بر سازه های مرکب بیشتر از سازه های معمول فولادی ست. افزایش دهانه به همراه افزایش ارتفاع سازه، بحرانی بودن رکورد نزدیک گسل بر جابجایی سازه مرکبی که تیرهایش شبیه سازه فولادی شده، را از بین می‌برد.

کلمات کلیدی: قاب خمشی مرکب (RCS)، زلزله نزدیک گسل، زلزله دور از گسل، تحلیل دینامیکی غیرخطی، قاب خمشی فولادی، اثر

ستون بتنی

سابقه مقاله:

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:				
10.22065/JSCE.2017.69420.1014		چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
doi:	10.22065/JSCE.2017.69420.1014	۱۳۹۷/۱۲/۲۸	۱۳۹۶/۰۳/۲۴	۱۳۹۶/۰۳/۲۴	۱۳۹۶/۰۳/۲۰	۱۳۹۵/۰۹/۲۱
				*نویسنده مسئول:		
				پست الکترونیکی:		
				محسن گرامی		
				mgerami@semnan.ac.ir		

Comparison between the Behavior of RCS and Concrete Moment Frames under Near Fault Earthquakes

Fereshteh Khorasani¹, Mohsen Gerami^{2*}, Ali Kheyroddin³

1- M.Sc. in Earthquake Engineering, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

2- Associate Professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

3- Professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

ABSTRACT

The composite RCS moment resisting frame, includes concrete columns and steel beams, it has some advantages in comparison to ordinary steel and concrete moment resisting frames. Previous studies have shown that these systems, in case of preserving sufficient strength and needed ductility in seismic condition, could be effective in design and construction. In the previous research on these structures, studies were made on the frame and RCS connections but there has not been any study on the seismic assessment of the RCS structure with time history and for the near fault earthquakes considering the effect of span length, for adopting this type of structure. Investigating the structure behavior under near the fault earthquake, due to the special nature and characteristics of these earthquakes in comparison to the far fault earthquakes seems to be essential. For this purpose 5 composite RCS intermediate moment resisting frames with 4, 7, 10, 15 and 20 stories and 5 spans were designed and then nonlinear dynamic analysis was performed on the structures using the OpenSees software. The obtained results in this research show that with increase in the number of stories the displacement of composite structure decreases with respect to the steel structure. The difference due to near and far fault earthquakes in calculation of stories displacement and drift in steel structures is far lower with respect to this difference in composite structures. This shows that effectiveness of near fault records on composite structures is more than the ordinary steel structures. Increase in the span length together with increase in the structure height would diminish the criticality of near fault record concerning the displacement of a composite structure which its columns have been made similar to the steel structure.

ARTICLE INFO

Received: 11/12/2016

Revised: 10/06/2017

Accepted: 14/06/2017

Keywords:

Composite moment frame (RCS),
Near fault earthquake,
Far fault earthquake,
Nonlinear dynamic analysis,
Steel moment frame,
Concrete column

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/JSCE.2017.69420.1014

*Corresponding author: Mohsen Gerami

Email address: mgerami@semnan.ac.ir

۱- مقدمه

سیستم قاب خمشی شامل تیر و ستون هایی است که به وسیله اتصالات خمشی به یکدیگر متصل شده‌اند. این سیستم به علت آزادی عمل در طراحی داخلی و جایگزینی مناسب در و پنجره ها و فرهنگ اجرایی، یکی از رایج ترین سیستم ها می باشد. سختی جانبی یک قاب صلب به سختی ستون‌ها، تیرها و اتصالات آن بستگی دارد. سیستم قاب صلب بتنی به علت استحکام و صلبیت اتصالات مناسب است. ولی انعطاف پذیری کم و مدت زمان طولانی اجرای سازه‌های بتنی و وزن و ابعاد تیر و ستون‌ها مخصوصا در سازه‌های بلند مساله‌ساز می‌باشد. از طرف دیگر در سیستم قاب صلب فولادی مسائلی مانند پر هزینه بودن اتصال صلب، ضعف جوش، عدم علاقه به استفاده از سخت کننده‌ها و وقوع کمانش‌های موضعی مطرح می‌شود.

سازه‌های مرکب شامل اعضای بتنی مسلح و فولادی طی ۳۰ سال گذشته محبوبیت بیشتری را بدست آورده‌اند که دلیل آن بیشتر، کارایی است که این سیستم‌ها در طراحی و ساخت ساختمان‌های چند طبقه فراهم می‌کنند. در این سیستم‌ها اجزای سازه‌های فولادی و بتن مسلحی به کار می‌روند که در آن مزیت‌های ذاتی از هر ماده در مقاومت در برابر بارهای اعمال شده، بهینه‌سازی شده است. این مفاهیم طراحی مرکب، قابلیت انعطاف را در ساخت فراهم می‌کند، به صورتیکه می‌تواند منجر به بهبود تجارت ساخت و ساز و کاهش زمان ساخت شود.

ویژگی‌های خاص موجود در پاسخ سازه در برابر زلزله‌های نزدیک گسل باعث می‌گردد تا اثر زلزله نزدیک گسل به شکل موشکافانه‌تری مورد ارزیابی قرار گیرد. از طرفی توسعه معیارهای طراحی ساختمان‌های احداث شده در مجاورت سرچشمه‌لرزه‌ها نیازمند ارزیابی و استحصال درک صحیح از پاسخ سازه در برابر زلزله نزدیک گسل است. مابقی این نوشته به صورت زیر تنظیم می‌شود.

۲- تاریخچه تحقیقات

در طول دهه ۱۹۸۰ حدود ۴۰۰ اتصال در ژاپن و ۱۷ اتصال در ایالات متحده آزمایش شد. خیلی از اتصالات آزمایش شده در ژاپن مشخصات خاصی توسط شرکت‌های ساختمانی ژاپنی با هدف اصلی اعتبار سنجی جزئیات اتصال خاص داشتند. علی‌رغم نتایج جالب از آزمایشات، مکانیزم انتقال نیروی داخلی مشخص نبود. دیرلین و همکاران نیز در سال ۱۹۸۹، ۸ نوع اتصال داخلی تحت بار چرخه‌ای با چرخش اتصال به میزان ۱٪ و ۲٪ مورد آزمایش قرار دادند. اتصالات مورد بررسی شامل صفحات فشاری اطراف ستون، میلگردهای تیر، برشگیرهای بالهای تیر، ستون‌های فولادی محاط در بتن و نبشی‌های مهارکننده بالا و پایین بال تیر بودند [۱].

بر اساس این دو بررسی، دیرلین در سال ۱۹۸۹ معادلات طراحی برای تعیین مقاومت و سختی اتصالات مرکب پیشنهاد داد [۲] که بعدها در آیین‌نامه ASCE 1994 برای طراحی اتصالات بین تیر فولادی و ستون بتن مسلح آورده شد [۳].

در سال ۲۰۰۱ مهنانی و همکاران رفتار لرزه‌ای قاب‌های RCS را در دانشگاه استنفورد بررسی و با قاب‌های فولادی مقایسه کردند. نتیجه تحقیقات نشان داده است که قاب‌های RCS و فولادی دارای پاسخ مشابهی برای حداکثر تغییر مکان نسبی میان طبقات بوده‌اند و مقطع تیرهای مورد استفاده در دو قاب نیز مشابه هم می‌باشد. تنها تفاوت در طراحی ستون‌ها و اتصالات است و بر اساس سختی اضافه شده توسط ستون‌های بتن مسلح (RC)، قاب‌های RCS بیشتر تمایل دارند که با حداقل مقاومت مورد نیاز کنترل شوند، در حالیکه قاب‌های فولادی بوسیله محدودیت در تغییر مکان نسبی کنترل می‌گردند. [۴]

در سال ۱۳۸۰ آزاد یزدانی و همکاران نیز به ارزیابی لرزه‌ای و بررسی رفتار خطی و غیرخطی سازه‌های مرکب (کامپوزیت) فولادی و بتنی مسلح پرداختند. در این کار پس از ارائه ضوابط طراحی مقاطع مرکب، ساختمان‌های نمونه در سه حالت: سازه مرکب تشکیل شده از تیر فولادی و ستون محصور شده در بتن، RCS و سازه فولادی با نرم افزارهای SAP90 و ANSYS مدل و تحت شتاب نگاشت‌های مشخص به روش‌های دینامیکی خطی و دینامیکی غیر خطی تحلیل شدند. با بررسی پارامترهای لرزه‌ای و مقاطع طراحی شده سه سیستم فوق گفته شد که سیستم مرکب نسبت به سیستم فولادی سخت تر بوده و جابجایی آن محدودتر بوده است و مفاصل پلاستیک از تیرها به ستون‌ها (گامی در جهت شکل پذیری ویژه) در سیستم مرکب نسبت به سیستم فولادی دیرتر منتقل شده و با محصور کردن مقاطع فولادی شکل پذیری سیستم بهبود بخشیده شد [۵].

در سال ۱۳۹۴ فهیمه اسکندریان و همکاران نیز به بررسی رفتار خطی و غیر خطی قابهای مهاربند شده مرکب RCS پرداختند، برای دستیابی به این هدف با انجام آنالیزهای خطی بر روی ساختمانهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه قابهای مرکب RCS با مهاربند ضربدری، به بررسی تاثیر مهاربند بر پارامترهای مختلفی مانند حداکثر جابجایی سازه، دررفت، نیروی برشی وارد بر طبقات، اندرکنش بین قابهای خمشی مرکب و مهاربند فولادی، نکات تحلیلی برای این سیستمها و اثر افزایش ارتفاع بر روی رفتار لرزه‌ای مورد بحث پرداخته شد و نتایج آن با قابهای بتنی و فولادی مشابه مقایسه شد و همچنین با تحلیل غیرخطی قابهای مرکب با و بدون مهاربند دو طبقه ۱/۳ مقیاس و مقیاس کامل با تعداد دهانه‌های ۱، ۲ و ۳، رفتار غیرخطی این سازه‌ها بررسی و با قابهای بتنی و فولادی مقایسه شد. بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل خطی سازه‌ها، اضافه کردن مهاربند باعث افزایش برش پایه و کاهش جابجایی طبقات شد. نتایج تحلیل غیرخطی نیز نشان داد که مهاربندها مقاومت تسلیم و مقاومت نهایی و سختی قابهای مرکب را به مقدار زیادی افزایش می‌دهند [۶].

در سال ۲۰۰۴ چن و همکاران از مرکز تحقیقات زلزله تایوان به همراه دیرلین و کوردوا از دانشگاه استنفورد، نتایج آزمایشات قاب سه طبقه با مقیاس واقعی را مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. البته این آزمایش مربوط به رساله دکتری کوردوا در دانشگاه استنفورد بوده که در سال ۲۰۰۵ دفاع گردیده است [۷، ۸]. نتایج آزمایشات نشان داده که علاوه بر اقتصادی بودن استفاده از سیستم RCS به دلیل استفاده مؤثر از مصالح نسبت به سیستم‌های فولادی و بتنی خالص، امکان ایجاد مقاومت و شکل پذیری اتصالات تیر-ستون در سیستم‌های RCS بیشتر از قابهای خمشی بتنی و فولادی متداول می‌باشد. این آزمایش فرصت‌های بیشتری را برای آزمایش روش‌های پیش ساخته و ارزیابی عملکرد مدل‌های شبیه سازی شده فراهم نموده است. قاب مورد نظر تحت بارگذاری شبه دینامیکی قرار گرفته بود، که اینکار به منظور شبیه‌سازی پاسخ سازه‌ای تحت حرکات زمین متناظر با خطر لرزه‌ای برای ناحیه با لرزه‌خیزی بالا با احتمال زلزله ۵۰٪، ۱۰٪ و ۲٪ در ۵۰ سال بوده است [۹].

۳- معرفی مدل‌ها

در این پژوهش تعداد ۵ قاب خمشی مرکب و فولادی با شکل‌پذیری متوسط و در طبقات ۴، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ و با تعداد ۵ دهانه ۵ متری طراحی شده است و تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی با استفاده از نرم افزار [۱۰] OpenSees تحت شتاب‌نگاشت‌های دور و نزدیک گسل بر روی مدل‌های مورد بررسی انجام می‌شود. در این تحقیق نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی و دینامیکی غیرخطی بر روی مدل‌های مورد بررسی ارائه می‌شوند و به منظور بررسی نیازهای لرزه‌ای قابهای خمشی مرکب تحت زلزله‌های دور و نزدیک گسل، نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی تحت رکوردهای دور و نزدیک گسل مقایسه می‌شوند. به همین منظور تعداد ۱۰ رکورد نزدیک گسل و ۱۰ رکورد دور از گسل، بر روی سازه‌های انتخابی بررسی می‌شوند و نتایج به تفکیک ارائه خواهند شد. به‌منظور طراحی سازه‌ها برای مقاطع بتنی از آیین‌نامه [۱۱] ACI 318-08 و اعضای فولادی از آیین‌نامه [۱۲] AISC 360-05 و برای بارگذاری سازه مرکب از آیین‌نامه [۱۳] ASCE7-10 و بارگذاری سازه فولادی از آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰ [۱۴]) استفاده شده است و فرضیه‌های طراحی شامل خاک نوع III و منطقه با خطر نسبی زیاد است. مقاطع مورد استفاده در این قاب‌ها شامل مقاطع جعبه‌ای برای ستون‌های فولادی و مقاطع مستطیلی بتنی با آرماتور آجدار برای ستون‌های بتنی و تیروورق برای تیرها است. در جداول ۳-۱ و ۳-۵ جدول مقاطع مورد استفاده برای سازه‌های مختلف ارائه شده است.

جدول ۱-۳: مقاطع مدل ۴ طبقه

قاب خمشی مرکب (RCS)			
ستون‌ها	طبقات	تیرها	طبقات
C40-12Ø20	۲و۱	PG38X0.8X15X1.5	۳-۱
C40-12Ø18	۴و۳	PG32X0.6X15X1	۴
قاب خمشی فولادی (ST)			
ستون‌ها	طبقات	تیرها	طبقات
C40X1.5	۱	PG38X0.8X15X1.5	۳-۱
C35X1	۴-۲	PG32X0.6X15X1	۴

جدول ۲-۳: مقاطع مدل ۷ طبقه

قاب خمشی مرکب (RCS)			
ستون‌ها	طبقات	تیرها	طبقات
C40x50-16Ø20	۴-۱	PG43X0.8X15X1.5	۳-۱
C40-12Ø20	۷-۵	PG38X0.8X15X1.5	۶-۴
----	----	PG32X0.6X15X1	۷
قاب خمشی فولادی (ST)			
ستون‌ها	طبقات	تیرها	طبقات
C45X1.5	۲و۱	PG43X0.8X15X1.5	۳-۱
C40X1.5	۴و۳	PG38X0.8X15X1.5	۶-۴
C35X1.5	۶و۵	PG32X0.6X15X1	۷
C35X1	۷	----	----

جدول ۳-۳: مقاطع مدل ۱۰ طبقه

قاب خمشی مرکب (RCS)			
ستون‌ها	طبقات	تیرها	طبقات
C40x60-20Ø20	۳-۱	PG48X0.8X15X1.5	۴-۱
C40x50-16Ø22	۶-۴	PG43X0.8X15X1.5	۶و۵
C40x40-12Ø20	۱۰-۷	PG38X0.8X15X1.5	۹-۷
----	----	PG32X0.6X15X1	۱۰
قاب خمشی فولادی (ST)			
ستون‌ها	طبقات	تیرها	طبقات
C50X1.5	۲و۱	PG48X0.8X15X1.5	۴-۱
C45X1.5	۵-۳	PG43X0.8X15X1.5	۶و۵
C40X1.5	۸-۶	PG38X0.8X15X1.5	۹-۷
C35X1	۱۰و۹	PG32X0.6X15X1	۱۰

جدول ۳-۴: مقاطع مدل ۱۵ طبقه

قاب خمشی مرکب (RCS)			
ستون‌ها	طبقات	تیرها	طبقات
C40x70-24Ø20	۴-۱	PG54X0.8X20X2	۳-۱
C40x60-20Ø20	۸-۵	PG49X0.8X20X2	۶-۴
C40x50-16Ø20	۱۲-۹	PG48X0.8X15X1.5	۹-۷
C40x40-12Ø20	۱۵-۱۳	PG43X0.8X15X1.5	۱۲-۱۰
---	---	PG38X0.8X15X1.5	۱۵-۱۳
قاب خمشی فولادی (ST)			
ستون‌ها	طبقات	تیرها	طبقات
C55X2	۳-۱	PG54X0.8X20X2	۳-۱
C50X2	۶-۴	PG49X0.8X20X2	۶-۴
C50X1.5	۹-۷	PG48X0.8X15X1.5	۹-۷
C45X1.5	۱۲-۱۰	PG43X0.8X15X1.5	۱۲-۱۰
C40X1.5	۱۵-۱۳	PG38X0.8X15X1.5	۱۵-۱۳

جدول ۳-۵: مقاطع مدل ۲۰ طبقه

قاب خمشی مرکب (RCS)			
ستون‌ها	تیرها	طبقات	طبقات
C40x80-20Ø22	PG54X0.8X20X2	۴-۱	
C40x70-20Ø20	PG49X0.8X20X2	۸-۵	
C40x60-20Ø20	PG48X0.8X15X1.5	۱۲-۹	
C40x50-16Ø20	PG43X0.8X15X1.5	۱۶-۱۳	
C40x50-12Ø20	PG38X0.8X15X1.5	۲۰-۱۷	
قاب خمشی فولادی (ST)			
ستون‌ها	طبقات	تیرها	طبقات
C60x2.5	۳-۱	PG59X0.8X20X2	۳-۱
C60X2	۵و۴	PG54X0.8X20X2	۸-۴
C55X2	۸-۶	PG49X0.8X20X2	۱۱-۹
C50X2	۱۱-۹	PG48X0.8X15X1.5	۱۴-۱۲
C50X1.5	۱۴-۱۲	PG43X0.8X15X1.5	۱۷-۱۵
C45X1.5	۱۷-۱۵	PG38X0.8X15X1.5	۲۰-۱۸
C40X1.5	۲۰-۱۸	----	----

۴- معرفی شتاب‌نگاشت‌ها

به منظور انجام تحلیل دینامیکی غیرخطی از ۱۰ شتاب‌نگاشت نزدیک گسل و ۱۰ شتاب‌نگاشت دور از گسل به ترتیب مطابق جدول ۴-۱ و جدول ۴-۲ استفاده شده است. تمامی نگاشت‌های مورد استفاده که از سایت [۱۵] Peer [9] دریافت شده است، دارای مشخصات مربوط به خاک نوع III بر اساس آیین‌نامه طراحی لرزه‌ای ایران (استاندارد ۲۸۰۰) و یا خاک کلاس D بر اساس طبقه‌بندی دستورالعمل [۱۶] FEMA 356 است. برای ترسیم طیف پاسخ ارتجاعی مختلف از نرم‌افزار [۱۷] SeismoSignal استفاده شده است و کلیه شتاب‌نگاشت‌ها قبل از مقیاس‌سازی، به مقدار حداکثر شتاب (PGA) خود هم‌پایه شده‌اند.

به منظور تحلیل دینامیکی غیرخطی بر روی قاب‌های موردنظر از نرم‌افزار OpenSees استفاده شده است و نتایج مربوط به جابجایی و زاویه دررفت طبقات در ادامه ارائه شده است. رکوردهای انتخاب شده در این مطالعه، به مدل‌های مذکور اعمال شده و در نهایت میان پاسخ‌های به دست آمده میانگین گرفته شده است. برای مقیاس سازی شتاب نگاشتها نیز از روش مقیاس سازی استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم استفاده شده است.

جدول ۱-۴: مشخصات شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک گسل مورد استفاده در این مطالعه

Near Fault Records								
Num	Earthquake name	Date [yy-mm-dd]	Station	R [Km]	PGA [g]	PGV [cm/sec]	PGD [cm]	Magnitude
1	Chi-Chi,Taiwan,	۱۹۹۹/۹/۲۰	TCU051	۷/۶۶	۰/۲۰	۴۱/۲	۵۹/۱۹	۷/۶۲
2	Chi-Chi,Taiwan,	۱۹۹۹/۹/۲۰	TCU055	۶/۳۶	۰/۲۱	۳۶/۸۷	۲۲/۰۲	۷/۶۲
3	Imperial Valley-06	۱۹۷۹/۱۰/۱۵	El Centro Array #7	۰/۵۶	۰/۴۲	۷۹/۱۵	۴۰/۸۳	۶/۵۳
4	Erzican, turkey	۱۹۹۲/۳/۱۳	95 Erzincan	۴/۳۸	۰/۴۸	۷۲/۹۵	۲۴/۷۹	۶/۶۹
5	LomaPrieta,	۱۹۸۹/۱۰/۱۸	Gilroy - Historic Bldg.	۱۰/۹۷	۰/۲۶	۳۱/۳۷	۶/۴۲	۶/۹۳
6	LomaPrieta,	۱۹۸۹/۱۰/۱۸	Gilroy Array #2	۱۱/۰۷	۰/۳۵	۳۵/۱۰	۸/۵۴	۶/۹۳
7	Northridge	۱۹۹۴/۱/۱۷	DWP 75 Sylmar-Converter	۵/۱۹	۰/۶۴	۹۵/۰۷	۳۳/۴۳	۶/۶۹
8	Northridge	۱۹۹۴/۱/۱۷	DWP 74 Sylmar-Converter	۵/۳۵	۰/۷۱	۱۰۹/۳۸	۵۲/۳۵	۶/۶۹
9	Kobe, Japan	۱۹۹۵/۱/۱۶	Takatori	۱/۴۷	۰/۶۵	۱۱۷/۱۴	۳۳/۰۶	۶/۹
10	Kobe,Japan,	۱۹۹۵/۱/۱۶	KJMA	۰/۹۶	۰/۷۱	۷۷/۸۳	۱۸/۸۷	۶/۹

جدول ۲-۴: مشخصات شتاب‌نگاشت‌های حوزه دور از گسل مورد استفاده در این مطالعه

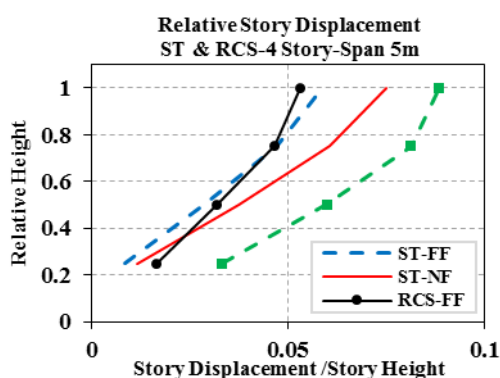
Far Fault Records								
Num	Earthquake name	Date [yy-mm-dd]	Station	R [Km]	PGA [g]	PGV [cm/sec]	PGD [cm]	Magnitude
1	Manjil, Iran	۱۹۹۰/۶/۲۰	Tonekabun	۹۳/۶۲	۰/۱۱	۱۴/۴۳	۴/۸۳	۷/۳۷
2	Manjil,Iran,	۱۹۹۰/۶/۲۰	Qazvin	۴۹/۹۷	۰/۱۳	۱۰/۸۹	۳/۳۶	۷/۳۷
3	Chi-Chi,Taiwan,	۱۹۹۹/۹/۲۰	CHY065	۸۳/۴۳	۰/۱۰	۱۳/۶۶	۸/۱۰	۷/۶۲
4	Chi-Chi,Taiwan,	۱۹۹۹/۹/۲۰	TAP095	۱۰۹/۰۱	۰/۱۳	۱۹/۹۳	۹/۰۴	۷/۶۲
5	Kobe,Japan,	۱۹۹۵/۱/۱۶	HIK	۹۵/۷۲	۰/۱۴	۱۴/۸۱	۲/۳۱	۶/۹
6	Tabas,Iran,	۱۹۷۸/۹/۱۶	Ferdows	۹۱/۱۴	۰/۱۰	۷/۰۸	۷/۱۸	۷/۳۵
7	Northridge,	۱۹۹۴/۱/۱۷	Featherly Park - Maint	۸۲/۳۲	۰/۱۰	۶/۵۸	۰/۶۶	۶/۶۹
8	Loma Prieta	۱۹۸۹/۱۰/۱۸	SF Intern. Airport	۵۸/۶۵	۰/۲۸	۲۴/۵۲	۴/۸۰	۶/۹۳
9	Loma Prieta	۱۹۸۹/۱۰/۱۸	Oakland - Title & Trust	۷۲/۲۰	۰/۲۰	۲۷/۶۱	۵/۹۴	۶/۹۳
10	Loma Prieta	۱۹۸۹/۱۰/۱۸	Oakland - Outer Harbor Wharf	۷۴/۲۶	۰/۲۸	۴۱/۸۶	۹/۶۰	۶/۹۳

۵- مقایسه قاب خمشی مرکب و فولادی تحت حوزه نزدیک گسل

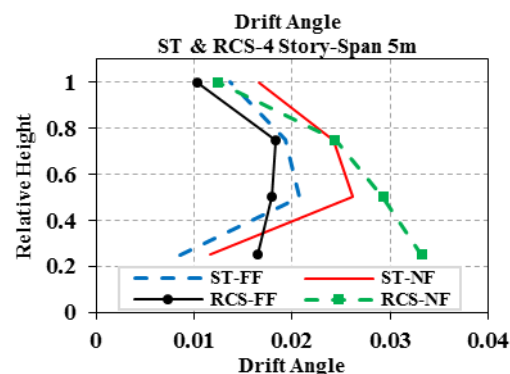
در این بخش نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی بر روی مدل‌های مورد بررسی ارائه می‌شوند و به منظور بررسی نیازهای لرزه‌ای قاب‌های خمشی مرکب و بتنی تحت زلزله‌های دور و نزدیک گسل، نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی تحت رکوردهای دور و نزدیک گسل مقایسه می‌شوند.

در شکل ۵-۱ تا شکل ۵-۱۰ نتایج جابجایی و زاویه دررفت طبقات حاصل از شتاب‌نگاشت‌های دور و نزدیک از گسل برای سازه‌های مختلف ارائه شده است.

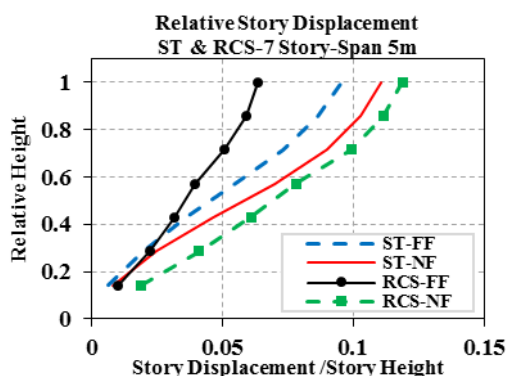
همانطور که از نمودارهای زاویه دررفت مشاهده می‌شود، زاویه دررفت سازه مرکب تحت زلزله های دور از گسل از زاویه دررفت سازه فولادی تحت همین زلزله ها کمتر است البته این در حالیست که در سازه های کوتاه مرتبه (۴ و ۷ طبقه) در طبقات پایینی دررفت سازه مرکب بیشتر از سازه فولادی است (در دو طبقه پایینی). بررسی نتایج زاویه دررفت سازه های مورد بررسی تحت زلزله های دور از گسل نشان می‌دهد که در سازه های بلندمرتبه زاویه دررفت طبقات فوقانی سازه مرکب برابر یا بیشتر از زاویه دررفت سازه های فولادی است (در سازه ۱۵ طبقه و ۲۰ طبقه به ترتیب از ۰/۸ و ۰/۹ ارتفاع به بعد).



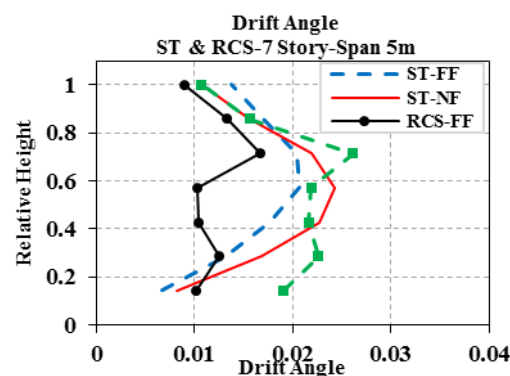
شکل ۴-۵: جابجایی طبقات سازه ۴ طبقه فولادی و مرکب



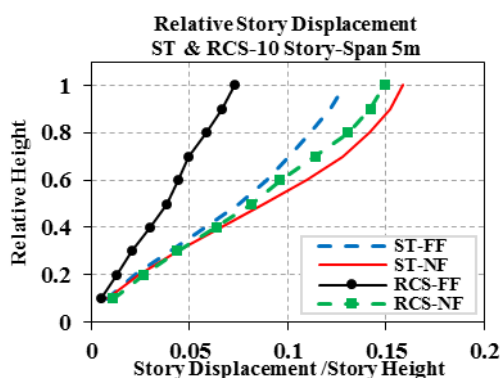
شکل ۴-۵: زاویه دررفت طبقات سازه ۴ طبقه فولادی و مرکب



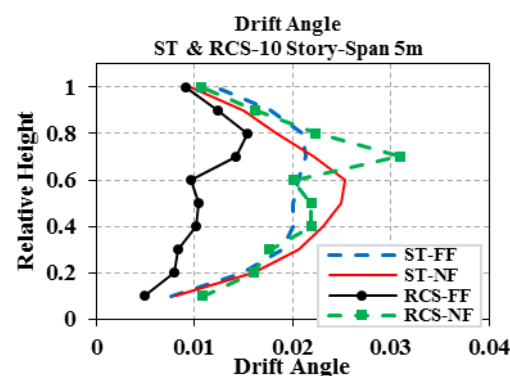
شکل ۴-۵: جابجایی طبقات سازه ۷ طبقه فولادی و مرکب



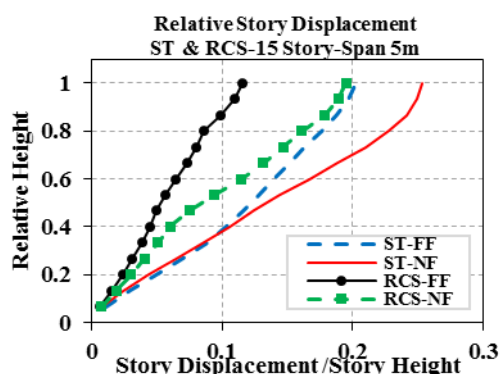
شکل ۴-۵: زاویه دررفت طبقات سازه ۷ طبقه فولادی و مرکب



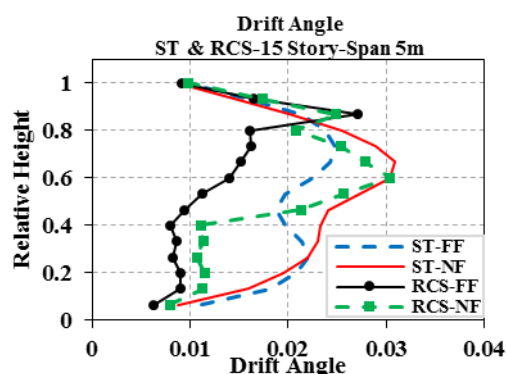
شکل ۴-۵: جابجایی طبقات سازه ۱۰ طبقه فولادی و مرکب



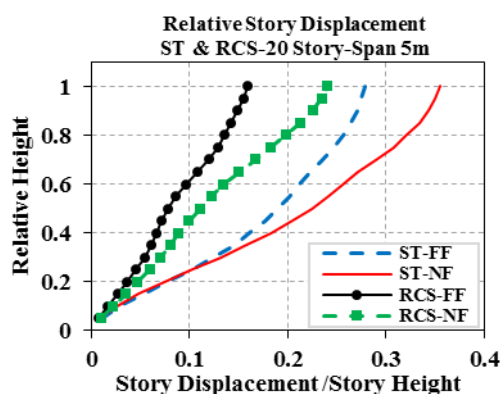
شکل ۴-۵: زاویه دررفت طبقات سازه ۱۰ طبقه فولادی و مرکب



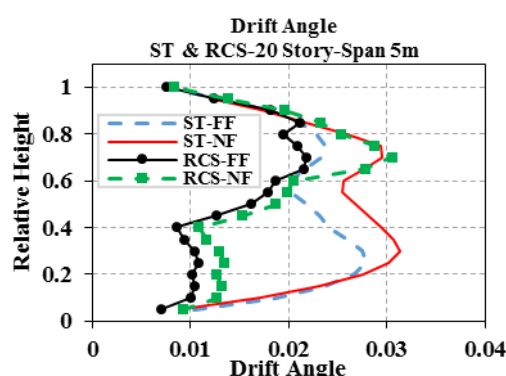
شکل ۵-۸: جابجایی طبقات سازه ۱۵ طبقه فولادی و مرکب



شکل ۷-۵: زاویه دررفت طبقات سازه ۱۵ طبقه فولادی و مرکب



شکل ۵-۱۰: جابجایی طبقات سازه ۲۰ طبقه فولادی و مرکب



شکل ۵-۹: زاویه دررفت طبقات سازه ۲۰ طبقه فولادی و مرکب

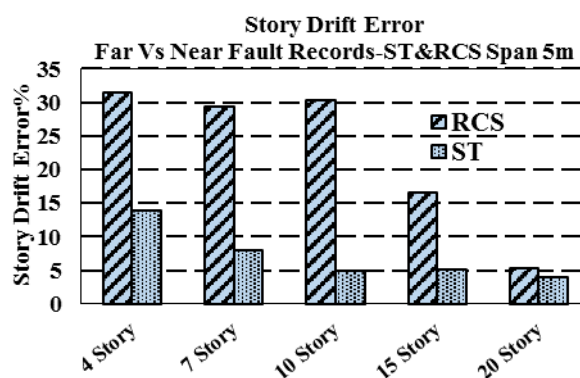
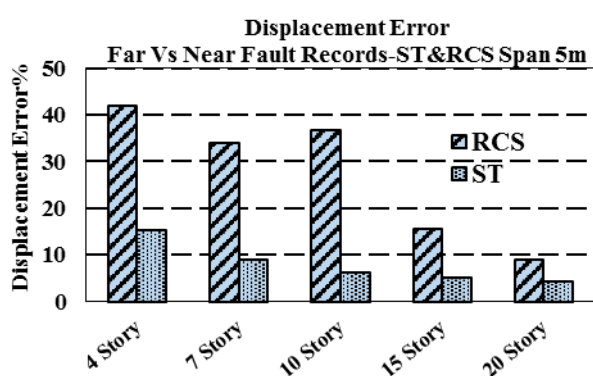
از طرفی زاویه دررفت سازه های مرکب و فولادی تحت زلزله نزدیک گسل در طبقات فوقانی در هر دو نوع سازه و در همه مدل ها با هم برابر و یا نزدیک به هم هستند. و با افزایش تعداد طبقات این برابری از طبقات میانی شروع شده و تا انتهای سازه ادامه می یابد. در طبقات پایینی نیز در سازه های کوتاه مرتبه زاویه دررفت و جابجایی سازه های مرکب ناشی از رکورد نزدیک گسل بیشتر از سازه فولادی تحت همین رکورد است اما با افزایش تعداد طبقات (از سازه ۱۰ طبقه به بعد) دررفت و جابجایی سازه های مرکب ناشی از رکورد نزدیک گسل در طبقات پایینی کمتر از دررفت و جابجایی سازه فولادی می شود و این اختلاف رفته رفته با افزایش تعداد طبقات بیشتر می شود. با مقایسه نمودارهای زاویه دررفت نزدیک گسل و دور از گسل می توان دریافت که زاویه دررفت سازه فولادی تحت زلزله نزدیک گسل در تمام طول طبقات بیشتر از زاویه دررفت ناشی از زلزله دور از گسل است، که البته در سازه های میان مرتبه فولادی در طبقات فوقانی زاویه دررفت ناشی از زلزله های دور از گسل اندکی بیشتر از زاویه دررفت ناشی از رکوردهای نزدیک گسل شده است (سازه های ۷، ۱۰ و ۱۵ طبقه)، البته در سازه ۱۵ و ۲۰ طبقه فولادی زاویه دررفت ناشی از زلزله دور از گسل در طبقات فوقانی با زاویه دررفت ناشی از زلزله نزدیک گسل برابر شده اند. بررسی ناشی از زاویه دررفت طبقات سازه های مرکب نشان می دهد که در تمام سازه های مرکب زاویه دررفت ناشی از رکورد نزدیک گسل بیشتر از زاویه دررفت ناشی از دور از گسل است و از طرفی در طبقات فوقانی مقادیر زاویه دررفت حاصل از زلزله نزدیک گسل به زاویه دررفت حاصل از زلزله دور از گسل نزدیک می شود. در حقیقت با افزایش تعداد طبقات اختلاف کم می شود. در سازه های ۷ و ۱۰ طبقه مرکب در کلیه طبقات زاویه دررفت حاصل از زلزله های نزدیک گسل بیشتر از زاویه دررفت ناشی از زلزله های دور از گسل است و در سازه ۱۵ طبقه مرکب در سه طبقه فوقانی و در سازه ۲۰ طبقه مرکب در ۴ طبقه فوقانی زاویه دررفت حاصل از زلزله های دور از گسل به زاویه دررفت ناشی از زلزله های نزدیک گسل نزدیک می شود. و هر چه تعداد طبقات سازه مرکب بالاتر می رود اختلاف بین زاویه دررفت حاصل از دور از گسل و نزدیک گسل در کل طبقات سازه کمتر می شود.

بررسی حاصل از نتایج جابجایی نیز نشان می دهد که جابجایی سازه مرکب تحت زلزله نزدیک گسل در سازه کوتاه مرتبه (۴ و ۷ طبقه) بیشتر از جابجایی سازه فولادی است. این در حالیست که هر چه تعداد طبقات بیشتر می شود جابجایی سازه مرکب کمتر می شود (که البته در سازه ۱۰ طبقه در طبقات پایینی برابری جابجایی سازه فولادی و مرکب تحت زلزله نزدیک گسل مشاهده می شود). این کمتر شدن با افزایش تعداد طبقات افزایش می یابد. همچنین در تمام سازه های مورد بررسی جابجایی ناشی از زلزله نزدیک گسل بیشتر از جابجایی ناشی از زلزله دور از گسل است.

شکل ۵-۱۱ و شکل ۵-۱۲، مقادیر اختلاف زاویه دررفت و جابجایی تحت رکوردهای دور از گسل را در مقایسه با شتابنگاشت های نزدیک از گسل نشان می دهد. به منظور محاسبه درصد خطای هر روش از رابطه (۱) که توسط پینهو و همکاران معرفی شده است، استفاده می شود.

$$Error(\%) = \frac{100}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta_{iFar\ Fault} - \Delta_{iNear\ Fault}}{\Delta_{iFar\ Fault}} \right)^2} \quad (1)$$

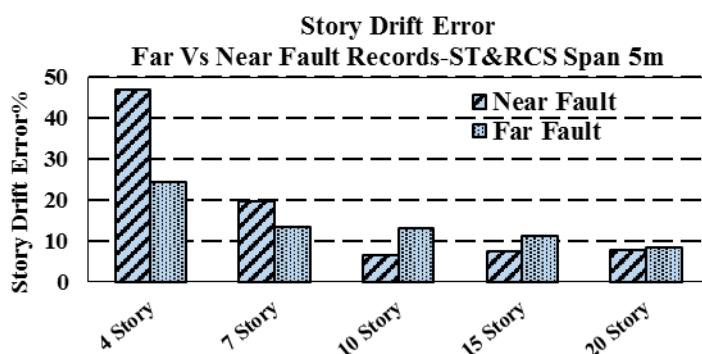
در رابطه ی فوق، n تعداد طبقات سازه، $\Delta_{iNear\ Fault}$ حداکثر تغییر مکان نسبی یا مطلق در طبقه i حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی تحت رکوردهای نزدیک از گسل، $\Delta_{iFar\ Fault}$ حداکثر تغییر مکان نسبی یا مطلق در طبقه i حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی تحت رکوردهای دور از گسل می باشد. بررسی میزان اختلاف نتایج حاصل از رکوردهای دور و نزدیک گسل نشان می دهد که با افزایش تعداد طبقات و دوره تناوب سازه، مقدار اختلاف دررفت و جابجایی ناشی از رکورد دور از گسل و نزدیک گسل عمدتاً کاهش پیدا می کند.



شکل ۵-۱۲: اختلاف ناشی از رکوردهای نزدیک و دور از گسل در محاسبه زاویه دررفت طبقات در سازه های مورد مطالعه

شکل ۵-۱۱: اختلاف ناشی از رکوردهای نزدیک و دور از گسل در محاسبه جابجایی طبقات در سازه های مورد مطالعه

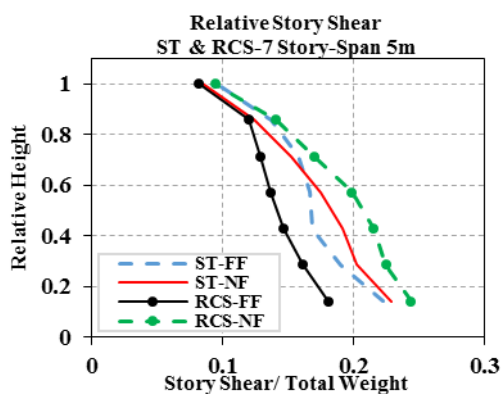
از طرفی اختلاف ناشی از رکوردهای نزدیک و دور از گسل در محاسبه جابجایی و دررفت طبقات در سازه های فولادی به مراتب کمتر از این اختلاف در سازه های مرکب است. که نشان می دهد اثربخشی رکورد های نزدیک گسل بر سازه های مرکب بیشتر از سازه های معمول فولادی ست. بیشترین اختلاف ناشی از رکوردهای نزدیک و دور از گسل در محاسبه زاویه دررفت و جابجایی طبقات سازه مرکب به ترتیب حدود ۳۲ و ۴۲ درصد برای سازه مرکب و برای سازه فولادی حدود ۱۴ و ۱۵ درصد مربوط به سازه کوتاه مرتبه است. کمترین اختلاف ناشی از رکوردهای نزدیک و دور از گسل در محاسبه زاویه دررفت و جابجایی طبقات سازه مرکب حدود به ترتیب ۵ و ۹ درصد و برای سازه فولادی حدود ۴ درصد مربوط به سازه بلندمرتبه است.



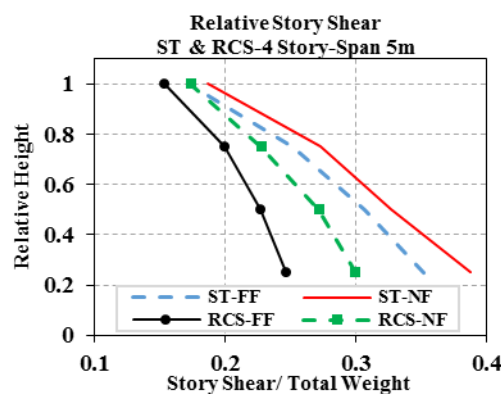
شکل ۵-۱۳: اختلاف زاویه دررفت طبقات بین سازه مرکب و فولادی تحت رکوردهای نزدیک و دور از گسل

در سازه های کوتاه مرتبه ناشی از رکوردهای نزدیک گسل اختلاف زاویه دررفت بین سازه های مرکب و فولادی زیاد است که طبق نمودارهای زاویه دررفت می توان نتیجه گرفت ناشی از بیشتر بودن زاویه دررفت سازه های مرکب تحت زلزله نزدیک گسل است لذا بهتر است از منظر زاویه دررفت برای سازه های کوتاه مرتبه تحت زلزله نزدیک گسل به سراغ سازه های فولادی رفت. از طرفی در سازه های میان مرتبه و بلند مرتبه اختلاف بین زاویه دررفت سازه های مرکب و فولادی کمتر است که طبق نمودارهای زاویه دررفت می توان گفت ناشی از کمتر بودن زاویه دررفت سازه های مرکب است لذا برای سازه های میان مرتبه و بلندمرتبه تحت زلزله نزدیک گسل بهتر است به سراغ سازه های مرکب رفت. برای رکوردهای دور از گسل برای همه سازه های مورد مطالعه (از نظر تعداد طبقات) سازه های مرکب انتخاب بهتری از نقطه نظر زاویه دررفت به نظر می رسند.

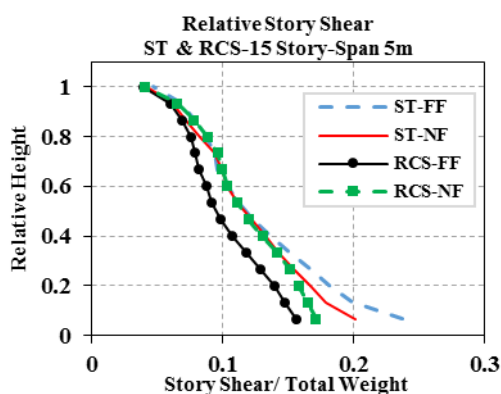
با افزایش تعداد طبقات اختلاف زاویه دررفت سازه های مرکب و فولادی تحت زلزله های دور از گسل بیشتر از نزدیک گسل است. در شکل ۵-۱۴ تا شکل ۵-۱۸ نتایج برش طبقات حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی بر روی مدل های مورد بررسی تحت حوزه نزدیک گسل و دور از گسل ارائه می شوند.



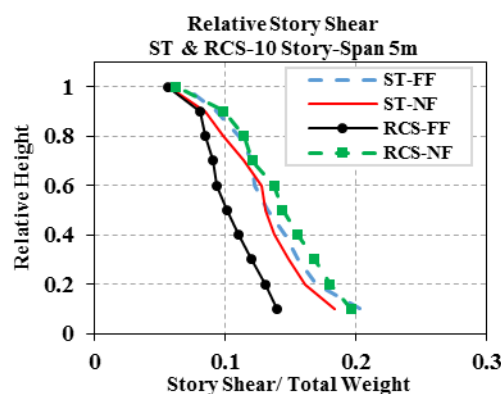
شکل ۵-۱۵: برش طبقات سازه ۷ طبقه فولادی و مرکب



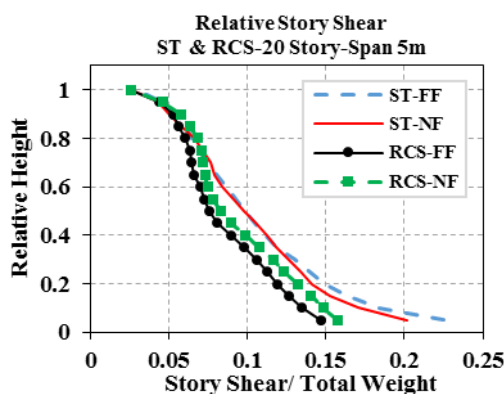
شکل ۵-۱۴: برش طبقات سازه ۴ طبقه فولادی و مرکب



شکل ۱۷-۵: برش طبقات سازه ۱۵ طبقه فولادی و مرکب



شکل ۱۶-۵: برش طبقات سازه ۱۰ طبقه فولادی و مرکب

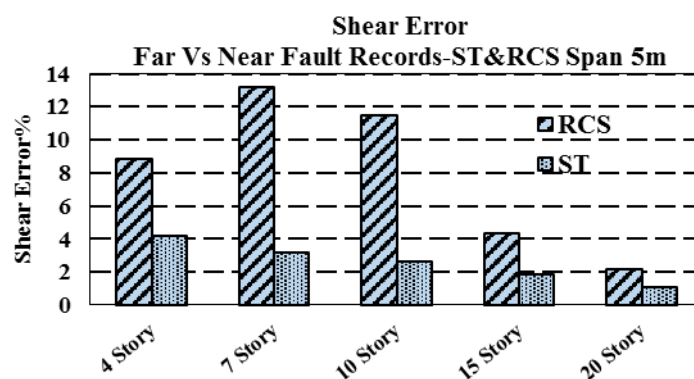


شکل ۱۸-۵: برش طبقات سازه ۲۰ طبقه فولادی و مرکب

نتایج بررسی برش طبقات تحت رکوردهای دور از گسل و نزدیک گسل نشان می‌دهد که برش طبقات در سازه‌های مورد بررسی ناشی از زلزله‌های نزدیک گسل بیشتر از برش طبقات ناشی از زلزله‌های دور از گسل است. با افزایش تعداد طبقات برش طبقات سازه فولادی ناشی از رکوردهای نزدیک گسل رفته رفته به برش ناشی از رکوردهای دور از گسل نزدیک می‌شود. افزایش تعداد طبقات تاثیر بیشتری بر کم شدن برش طبقات ناشی از رکورد نزدیک گسل نسبت به رکورد دور از گسل در سازه‌های فولادی دارد.

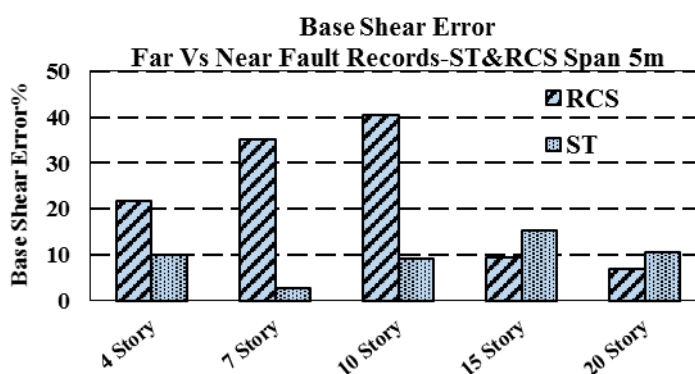
برش پایه سازه‌های کوتاه مرتبه فولادی تحت زلزله نزدیک گسل بیشتر از دور از گسل است. در حالیکه در سازه‌های میان مرتبه و بلندمرتبه برش پایه ناشی از رکورد دور از گسل بیشتر از نزدیک گسل است. لذا در سازه‌های کوتاه مرتبه رکوردهای نزدیک گسل بحرانی تر هستند.

شکل ۱۹-۵، مقادیر اختلاف برش تحت رکوردهای دور از گسل را در مقایسه با شتاب‌نگاشتهای نزدیک از گسل نشان می‌دهد. به‌منظور محاسبه درصد خطای هر روش از رابطه (۱) استفاده می‌شود.



شکل ۵-۱۹: اختلاف ناشی از رکوردهای نزدیک و دور از گسل در محاسبه برش طبقات در سازه‌های مورد مطالعه

همانطور که از اختلاف ناشی از رکوردهای نزدیک و دور از گسل در محاسبه برش طبقات در سازه‌های فولادی پیداست، با افزایش ارتفاع طبقات این اختلاف با سرعت بسیار کمی رو به کاهش است. اما اختلاف برش طبقات بین رکوردهای دور و نزدیک گسل در سازه‌های مرکب بیشتر از همین اختلاف در سازه‌های فولادی می‌باشد. بیشترین اختلاف برش طبقات ناشی از رکورد های دور و نزدیک گسل مربوط به سازه مرکب به مقدار تقریبی ۱۳ درصد و سازه فولادی به مقدار حدودی ۴ درصد برای سازه‌های کوتاه مرتبه است و کمترین اختلاف برش طبقات ناشی از رکورد های دور و نزدیک گسل مربوط به سازه مرکب حدود ۲ درصد و سازه فولادی حدود ۱ درصد برای سازه‌های بلندمرتبه است.



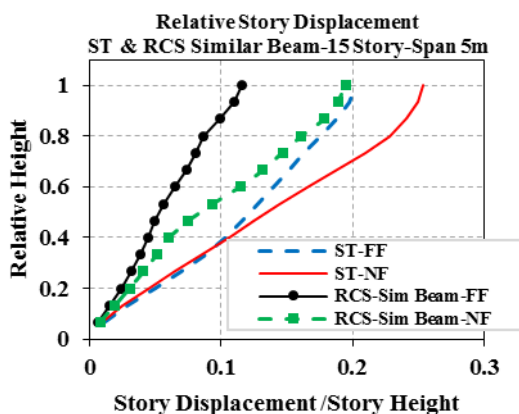
شکل ۵-۲۰: اختلاف ناشی از رکوردهای نزدیک و دور از گسل در محاسبه برش پایه در سازه‌های مورد مطالعه

همانطور که از اختلاف ناشی از رکوردهای نزدیک و دور از گسل در محاسبه برش پایه در سازه‌های بلند مرتبه فولادی می‌توان مشاهده کرد، این اختلاف بیشتر از سازه‌های بلند مرتبه مرکب و همچنین بیشتر از سازه‌های کوتاه مرتبه فولادی است که می‌توان گفت ناشی از بیشتر بودن برش پایه ناشی از زلزله دور از گسل نسبت به زلزله نزدیک گسل است. و از طرفی در سازه‌های کوتاه مرتبه و میان مرتبه اختلاف برش پایه ناشی از دور و نزدیک گسل سازه‌های مرکب به مراتب بیشتر از اختلاف برش پایه ناشی از این دو نوع رکورد در سازه‌های فولادی است.

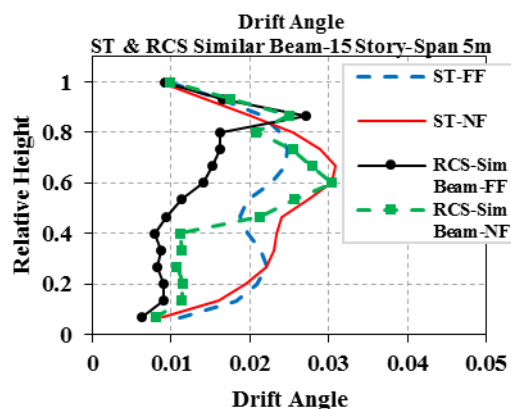
۶- اثر ستون بتنی در سازه‌های مرکب نسبت به سازه فولادی

به منظور مطالعه اثر ستون بتنی در قاب‌های مرکب، تیرهای قاب مرکب در سازه‌های ۱۵ و ۲۰ طبقه با تیرهای قاب‌های فولادی جایگزین می‌شود و در نهایت نتایج سازه جدید تحت شتابنگاشت‌های دور و نزدیک گسل مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت با مقایسه نتایج حاصل از سازه جدید با قاب‌های خمشی فولادی ۱۵ و ۲۰ طبقه اثرات ستون بتنی بررسی می‌شود. و در نهایت نیز به منظور

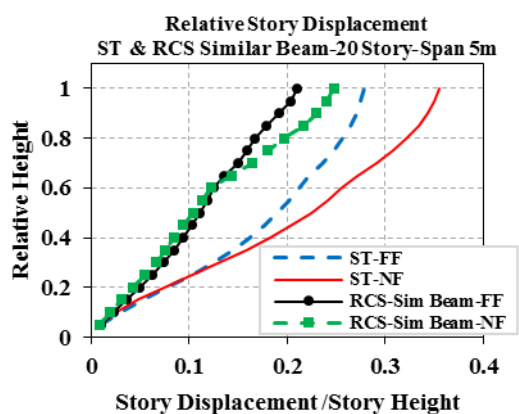
اثر ستون بتنی در افزایش طول دهانه، قاب های خمشی فولادی با دهانه ۷ متری با قابهای خمشی مرکب جدید با طول دهانه ۷ متری با هم مقایسه می شوند. در شکل ۶-۱ تا شکل ۶-۴ نتایج جابجایی و زاویه دررفت طبقات حاصل از شتاب‌نگاشت‌های دور و نزدیک از گسل برای سازه‌های دهانه ۵ متری ارائه شده است.



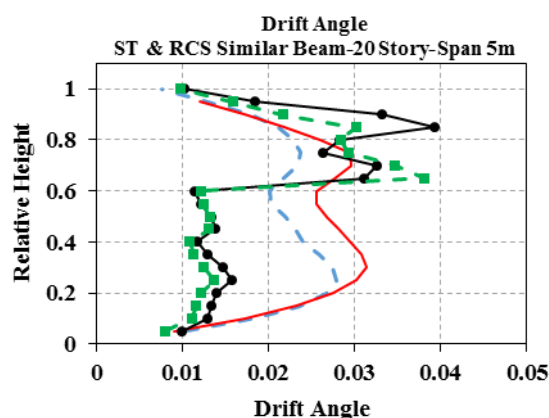
شکل ۶-۲: اثر ستون بتنی بر جابجایی طبقات سازه ۱۵ طبقه فولادی و مرکب



شکل ۶-۱: اثر ستون بتنی بر زاویه دررفت طبقات سازه ۱۵ طبقه فولادی و مرکب



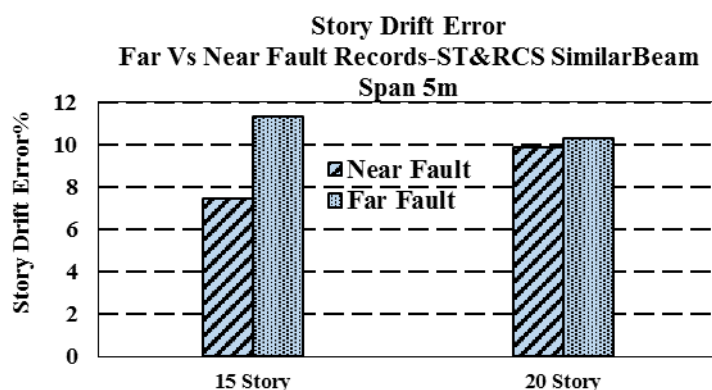
شکل ۶-۴: اثر ستون بتنی بر جابجایی طبقات سازه ۲۰ طبقه فولادی و مرکب



شکل ۶-۳: اثر ستون بتنی بر زاویه دررفت طبقات سازه ۲۰ طبقه فولادی و مرکب

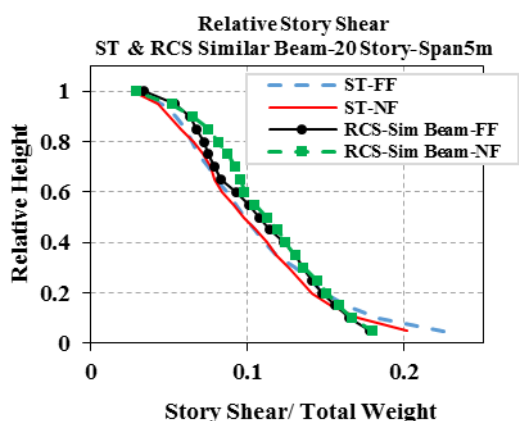
زاویه دررفت ناشی از زلزله دور و نزدیک گسل در سازه مرکب جدید کمتر از سازه فولادی است و در طبقات فوقانی کمی بیشتر شده است. که با افزایش ارتفاع سازه زاویه دررفت سازه مرکب جدید ناشی از رکوردهای مذکور در پایین سازه تا میانه سازه از زاویه دررفت قاب فولادی کمتر است اما از میانه سازه به بعد بیشتر شده است. جابجایی سازه مرکب جدید ناشی از دو نوع رکورد از جابجایی سازه فولادی کمتر است. از طرفی دررفت و جابجایی سازه مرکب جدید تحت زلزله های دور و نزدیک گسل با افزایش ارتفاع سازه همپوشانی بهتری نسبت به سازه بتنی دارن (اختلاف زاویه دررفت و جابجایی بین دو نوع رکورد در سازه مرکب جدید کمتر است).

با افزایش تعداد طبقات اختلاف زاویه دررفت ناشی از رکوردهای دور و نزدیک گسل در سازه مرکب جدید به طور چشمگیری کاهش می یابد این در حالیست که این اختلاف در سازه فولادی با مقدار کمتری کاهش یافته است. که این نشان می دهد افزایش ارتفاع بر اثر بخشی زلزله نزدیک گسل بر سازه فولادی که ستون هایش بتنی شده است (قاب مرکب جدید) اثر بیشتری دارد. شکل ۶-۵ تا ۶-۸ اثر ستون بتنی بر اختلاف زاویه دررفت طبقات بین سازه مرکب و فولادی تحت رکوردهای نزدیک و دور از گسل را نشان می دهد.

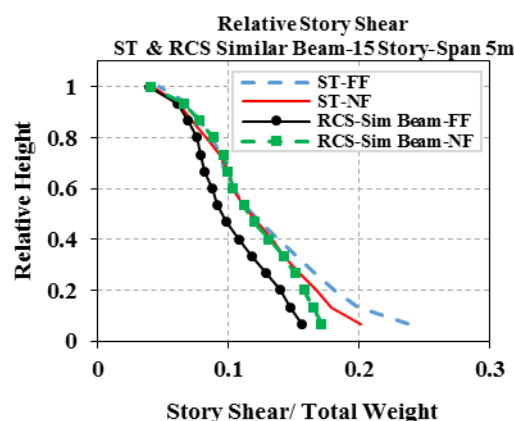


شکل ۵-۶: اثر ستون بتنی بر اختلاف زاویه دررفت طبقات بین سازه مرکب و فولادی تحت رکوردهای نزدیک و دور از گسل

با افزایش تعداد طبقات اختلاف زاویه دررفت بین دو سازه بتنی و مرکب جدید تحت رکورد نزدیک گسل با افزایش ارتفاع سازه افزایش و تحت رکورد دور از گسل کاهش می یابد. این نشان می دهد که اثر ستون بتنی در سازه مرکب تحت رکوردهای نزدیک گسل با افزایش ارتفاع سازه بیشتر خواهد شد. از طرفی با افزایش ارتفاع سازه اختلاف زاویه دررفت بین دو نوع سازه تحت رکورد نزدیک گسل با دور از گسل تقریباً برابر خواهند شد. که نشان می دهد با افزایش ارتفاع سازه نوع رکورد زلزله بر اختلاف دررفت بین دو نوع سازه تاثیری ندارد. در شکل ۵-۱۴ تا شکل ۵-۱۸ نتایج برش طبقات حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی بر روی مدل های مورد بررسی تحت زلزله های حوزه نزدیک گسل و دور از گسل ارائه می شوند.

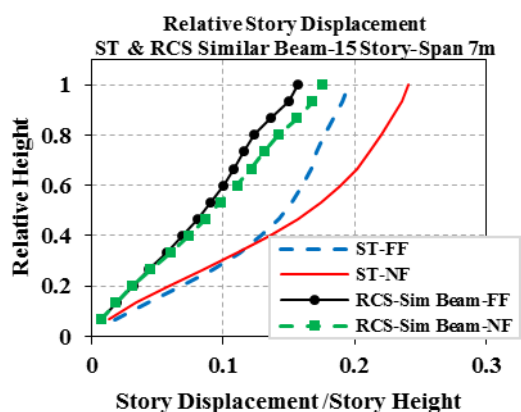


شکل ۶-۷: اثر ستون بتنی بر برش طبقات سازه ۲۰ طبقه فولادی و مرکب

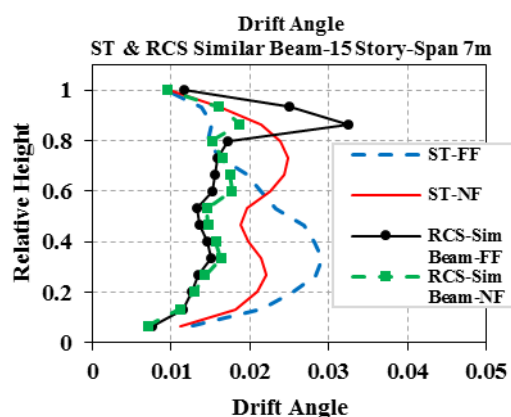


شکل ۶-۶: اثر ستون بتنی بر برش طبقات سازه ۱۵ طبقه فولادی و مرکب

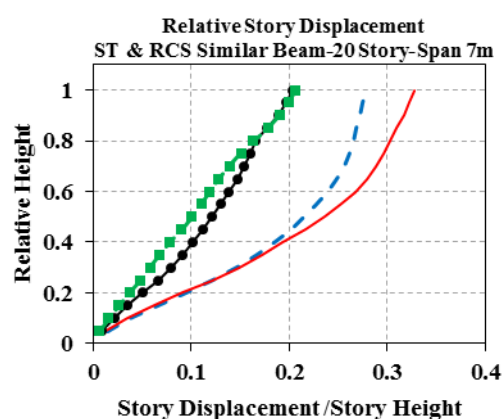
برش طبقات ناشی از رکورد دور از گسل در سازه مرکب جدید از سازه فولادی کمتر است که با افزایش ارتفاع سازه این اختلاف کمتر می شود تا جایی که بر هم منطبق می شوند. از طرفی برش طبقات ناشی از رکورد نزدیک گسل سازه مرکب جدید و فولادی از طبقات میانی تا بالای سازه بر هم منطبقند که با افزایش ارتفاع سازه این انطباق از طبقات پایین تر شروع می شود. حال به اثر طول دهانه بر اثر ستون بتنی در نتایج تحلیل پرداخته می شود. در شکل ۶-۸ تا شکل ۶-۱۱ نتایج جابجایی و زاویه دررفت طبقات حاصل از شتاب نگاشت های دور و نزدیک از گسل برای سازه های دهانه ۷ متری ارائه شده است.



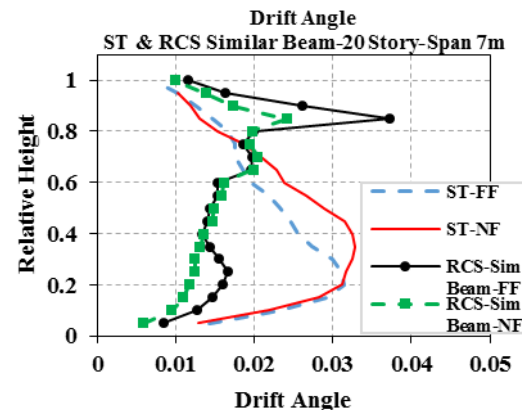
شکل ۹-۶: اثر ستون بتنی بر جابجایی طبقات سازه ۱۵ طبقه فولادی و مرکب



شکل ۸-۶: اثر ستون بتنی بر زاویه دررفت طبقات سازه ۱۵ طبقه فولادی و مرکب



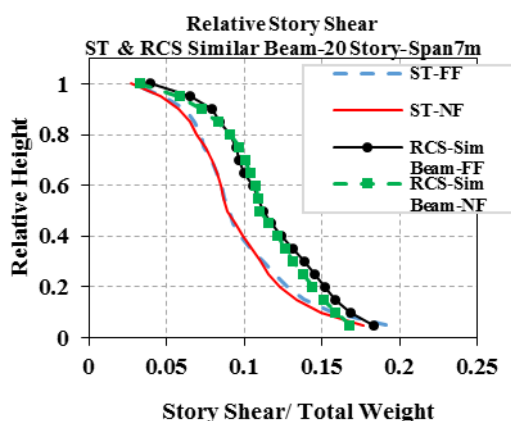
شکل ۱۱-۶: اثر ستون بتنی بر جابجایی طبقات سازه ۲۰ طبقه فولادی و مرکب



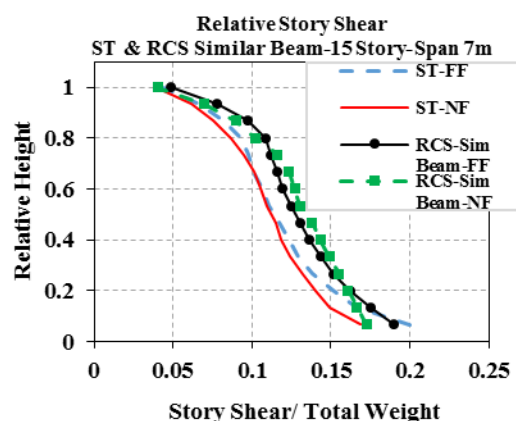
شکل ۱۰-۶: اثر ستون بتنی بر زاویه دررفت طبقات سازه ۲۰ طبقه فولادی و مرکب

زاویه دررفت ناشی از زلزله دور از گسل در سازه مرکب جدید در طبقات فوقانی بیشتر از زاویه دررفت سازه فولادی است. و زاویه دررفت ناشی از زلزله نزدیک گسل در طبقات فوقانی منطبق بر زاویه دررفت سازه فولادی است. به نوعی با افزایش طول دهانه بیشتر شدن زاویه دررفت سازه مرکب جدید از زاویه دررفت سازه فولادی در طبقات فوقانی تحت زلزله دور از گسل از سازه های با اعداد طبقات کمتر شروع می شود (در طول دهانه ۵ متری از سازه ۲۰ طبقه و در دهانه ۷ متری از سازه ۱۵ طبقه). از طرفی با افزایش طول دهانه مقدار جابجایی سازه مرکب جدید ناشی از رکورد نزدیک گسل کمتر از دور از گسل شده است. در حالیکه در سازه فولادی همچنان جابجایی رکورد دور از گسل کمتر از نزدیک گسل است. لذا افزایش دهانه به همراه افزایش ارتفاع سازه، بحرانی بودن رکورد نزدیک گسل بر جابجایی سازه مرکبی که تیرهایش شبیه سازه فولادی شده، را از بین می برد.

در شکل ۶-۱۲ و شکل ۶-۱۳ نتایج اثر ستون بتنی بر برش طبقات حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی بر روی مدل های مورد بررسی تحت زلزله های حوزه نزدیک گسل و دور از گسل ارائه می شوند.



شکل ۶-۱۳: اثر ستون بتنی بر برش طبقات سازه ۲۰ طبقه فولادی و مرکب



شکل ۶-۱۲: اثر ستون بتنی بر برش طبقات سازه ۱۵ طبقه فولادی و مرکب

برش طبقات ناشی از رکوردهای دور و نزدیک گسل در سازه مرکب جدید از برش طبقات سازه فولادی بیشتر است و با افزایش ارتفاع سازه این اختلاف تحت رکورد دور از گسل بیشتر می شود. افزایش طول دهانه باعث بیشتر شدن برش طبقات سازه مرکب جدید نسبت به سازه فولادی شده است.

۷- نتیجه گیری

- از زاویه دریافت و جابجایی ناشی از رکوردهای نزدیک گسل می توان نتیجه گرفت که در سازه های کوتاه مرتبه و میان مرتبه استفاده از سازه فولادی نسبت به سازه مرکب ارجحیت دارد ولی در سازه های بلند مرتبه سازه مرکب نسبت به سازه بلند فولادی بهتر جواب داده است. و از طرفی در سازه کوتاه، میانی و بلند مرتبه تحت زلزله دور از گسل، انتخاب سازه مرکب نسبت به سازه فولادی می تواند گزینه بهتری باشد.
- زاویه دریافت سازه های مرکب و فولادی تحت زلزله نزدیک گسل در طبقات فوقانی در هر دو نوع سازه و در همه مدل ها با هم برابر و یا نزدیک به هم هستند. و با افزایش تعداد طبقات این برابری از طبقات میانی شروع شده و تا انتهای سازه ادامه می یابد
- زاویه دریافت سازه فولادی و مرکب تحت زلزله نزدیک گسل در تمام طول طبقات بیشتر از زاویه دریافت ناشی از زلزله دور از گسل است. و با افزایش تعداد طبقات اختلاف کم می شود
- جابجایی سازه مرکب تحت زلزله نزدیک گسل در سازه کوتاه مرتبه (۴ و ۷ طبقه) بیشتر از جابجایی سازه فولادی است. و در هر دو نوع سازه جابجایی ناشی از زلزله نزدیک گسل بیشتر از جابجایی ناشی از زلزله دور از گسل است.
- برش طبقات در سازه های مورد بررسی ناشی از زلزله های نزدیک گسل بیشتر از برش طبقات ناشی از زلزله های دور از گسل است.
- برش پایه سازه های کوتاه مرتبه فولادی تحت زلزله نزدیک گسل بیشتر از دور از گسل است. در حالیکه در سازه های میان مرتبه و بلندمرتبه برش پایه ناشی از رکورد دور از گسل بیشتر از نزدیک گسل است. لذا در سازه های کوتاه مرتبه فولادی رکورد های نزدیک گسل بحرانی تر هستند
- افزایش ارتفاع بر اثر بخشی زلزله نزدیک گسل در زاویه دریافت دهانه کوتاه بر سازه فولادی که ستون هایش بتنی شده است (قاب مرکب جدید) اثر بیشتری دارد.
- افزایش دهانه به همراه افزایش ارتفاع سازه، بحرانی بودن رکورد نزدیک گسل بر جابجایی سازه مرکبی که ستونهایش شبیه سازه فولادی شده، را از بین می برد.

مراجع

- [1] Deierlein, G.G. (1988). Design of moment connections for composite framed structures. *University of Texas at Austin*.
- [2] Deierlein, G.G, Sheikh, T.M, Yura, J, Jirsa, J. (1989). Beam-column moment connections for composite frames: Part 2. *Journal of Structural Engineering*. 115(11), 2877-2896.
- [3] Mehanny, S.S, Deierlein, G.G. (2001). Seismic damage and collapse assessment of composite moment frames. *Journal of Structural Engineering*, 127(9), 1045-1053.
- [4] Cordova, P. and Deierlein, G.G. (2005). *Validation of the seismic performance of composite RCS frames: full-scale testing, analytical modeling, and seismic design*. PhD Dissertation. The John A. Blume Earthquake Engineering Center Dept. of Civil and Environmental Engineering Stanford University.
- [5] یزدانی، آ. (۱۳۸۰). *ارزیابی لرزه‌ای و بررسی رفتار خطی و غیرخطی سازه‌های مرکب (کامپوزیت) فولادی و بتنی مسلح*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
- [6] اسکندریان، ف. (۱۳۹۴). *بررسی رفتار خطی و غیرخطی قابهای مهاربند شده مرکب RCS*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سمنان، سمنان.
- [7] Chen, C-H, Lai, W-C, Cordova, P, Deierlein, G.G, Tsai K-C. (2003). Pseudo-dynamic test of full-scale RCS frame: Part I: Design, Construction and Testing. in Proceedings of International Workshop on Steel and Concrete Composite Constructions.
- [8] Cordova, P, Chen, C-H, Lai, W-C, Deierlein, G.G, Tsai, K-C. (2004). Pseudo-dynamic test of full-scale RCS frame: Part II: Analysis and design implications. in Proceedings of the 2004 Structures Congress.
- [9] طالبیان، ن. (۱۳۸۹). *ارزیابی لرزه‌ای قاب‌های RCS*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، تبریز.
- [10] OpenSees, (2009). *Open System for Earthquake Engineering Simulation*, Available at: <http://opensees.berkeley.edu>.
- [11] ACI 318-08. (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Portland Cement Association-American Concrete Institute.
- [12] AISC 360-05. (2005). *Specification for Structural Steel Buildings*. American Institute of Steel Construction. A ANSI - Inc: Chicago, IL.
- [13] ASCE 7-10. (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. American Society of Civil Engineers, ISBN 978-0-7844-1085-1.
- [۱۴] کمیته دائمی بازنگری آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله. (۱۳۸۴). *آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰-۹۲)*. ویرایش چهارم، تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- [15] <http://ngawest2.berkeley.edu/> [Online].
- [16] FEMA-356. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, ASCE (Funded by Federal Emergency Management Agency).
- [17] <http://seissoft.com/en/Download.aspx> .