عملکرد ساختمانهای فولادی با نامنظمی‌مقاومت در ارتفاع در زلزله های حوزه نزدیک

میثم برعندان
دانشجوی دکتری مهندسی زلزله دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.
Maysam.Barandan@yahoo.com

آرمین عظیمی‌نژاد
عضو هیأت علمی، استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی زلزله، تهران، ایران.
Armin.Aziminejad@gmail.com

مسعود نکویی
عضو هیأت علمی، استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی زلزله، تهران، ایران.
Nekooei@srbiau.ac.ir

محمدرضا منصوری
عضو هیأت علمی، استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی زلزله، تهران، ایران.
m.mansoori@srbiau.ac.ir

کلید واژه‌ها : *نامنظمی‌مقاومت در ارتفاع ، زلزله های حوزه نزدیک، عملکرد لرزه ای.*

چکیده

عملکرد لرزه ای ساختمانهای فولادی دارای نامنظمی‌مقاومت در ارتفاع، با توجه به نوع و میزان نامنظمی‌و همچنین سطح شدت لرزه ای مورد توجه، در مقایسه با ساختمان های منظم می‌تواند به طور جدی متفاوت باشد. بطور معمول روالهای تحلیل عملکرد لرزه ای برای سازه های منظم تدوین و گسترش داده شده است از طرف دیگر در مناطق حوزه نزدیک که فاصله کم بین گسل مولّد و ساختگاه فرصت کافی جهت میرا شدن را به امواج لرزه ای نمی‌دهد، زمان موثر در رکوردهای حوزه نزدیک معمولا کمتر و همچنین دامنه ی سرعت و تغییرمکان نسبت به رکورد های دور از گسل بیشتر است و این موضوع سبب اعمال یکباره انرژی زلزله به سازه تنها در چند سیکل می‌شود.(Kien Le, 2012)

با توجه به رفتارغیر خطی سازه های نزدیک گسل و تاثیر نحوه توزیع سختی و مقاومت در ارتفاع سازه بر این رفتار غیر خطی، در این مطالعه ساختمان های با نامنظمی‌مقاومت در ارتفاعِ با اسکلت قاب خمشی ویژه فولادی تحت ضوابط لرزه ای زلزله حوزه نزدیک با استاندارد "حداقل بارهای طراحی ساختمانها، تألیف جامعه مهندسین عمران امریکا در سال ۲۰۱۰ میلادی"(ASCE/SEI 7-10) با آنالیز استاتیکی و دینامیکی خطی طیفی طراحی گردید و سپس با ضوابط استاندارد "بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود، تألیف جامعه مهندسین عمران امریکا در سال ۲۰۰۷ میلادی" (ASCE/SEI 41-06) با آنالیز دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی تحت رکوردهای حوزه دور و حوزه نزدیک در دو حالت با و بدون اثر مولفه قائم زلزله مورد بررسی قرار گرفت. عملکرد سازه های نامنظم مورد مطالعه نیز در مقایسه با سازه های منظم و با ضوابط و معیارهای دستورالعمل بهسازی بصورت میانگین حاصل از ۷ رکورد زلزله با یکدیگر مقایسه شد که با توجه به تحقیق حاضر، برای نامنظمی‌از نوع طبقه ضعیف، ضوابط آیین نامه طراحی نیازمند بررسی بیشتری بوده که پیشنهاداتی برای ارتقاء ایمنی طراحی ساختمان مورد مطالعه انجام گرفت.

مقدمه

زلزله ها همواره در هنگام وقوع بدنبال نقاط ضعیف ساختمان هستند یعنی اثر آنها بر روی این قسمت ها می‌تواند مشکل ساز شود، این نقاط ضعیف معمولاً در اثر تغییرات سریع در سختی و مقاومت و یا شکل پذیری بوجود می‌آیند و اثرات این نقاط ضعیف با توزیع نادرست جرمهای موثر برجسته تر و نمایان تر می‌گردد. عملکرد لرزه ای ساختمانهای دارای توزیع نامنظم جرم، سختی و مقاومت در ارتفاع، با توجه به نوع و میزان نامنظمی‌و همچنین سطح شدت لرزه ای مورد توجه، در مقایسه با ساختمان های منظم متفاوت است. بطور معمول روالهای تحلیل عملکرد لرزه ای

برای سازه های منظم تدوین و گسترش داده شده است.

از طرف دیگر رکوردهای حاصل از زلزله های حوزه نزدیک به جهت نزدیکی فاصله محل منبع انتشار موج دارای خواص ویژه ای می‌باشند که رفتار آنها را از سایر رکوردها متفاوت می‌سازد. زلزله های حوزه نزدیک دارای شتاب بالاتر و محتوای فرکانسی محدودتری در فرکانس های بالا نسبت به حوزه دور می‌باشند. نگاشت این زلزله ها، خصوصاً زمانی که تحت انتشار گسلش قرار می‌گیرند، دارای پالس های پریود بلند با دامنه بزرگ می‌باشند که اغلب در ابتدای رکورد زلزله دیده می‌شود. همچنین در مناطق حوزه نزدیک که فاصله کم بین گسل مولّد و ساختگاه فرصت کافی جهت میرا شدن را به امواج لرزه ای نمی‌دهد، زمان موثر در رکوردهای حوزه نزدیک معمولا کمتر و همچنین دامنه ی سرعت و تغییرمکان نسبت به رکورد های دور از گسل بیشتر است و اینگونه رکوردها در صورت وجود پیش روندگی یا جهت پذیری رو به جلو دارند و معمولا پالس گونه نیز میباشد. این موضوع سبب اعمال یکباره انرژی زلزله به سازه تنها در چند سیکل می‌شود. این نوع بارگذاری نیاز شکل پذیری سازه را افزایش داده و در مقایسه با زلزله های دور از گسل سبب افزایش خسارت و رفتار غیر خطی می‌گردد.

جدول ۱ : خلاصه انواع نامنظمی‌ها و مقادیر آنها و نتایج حاصل از اعمال آن که تاکنون بررسی شده اند (Devesh. Et all 2006). .

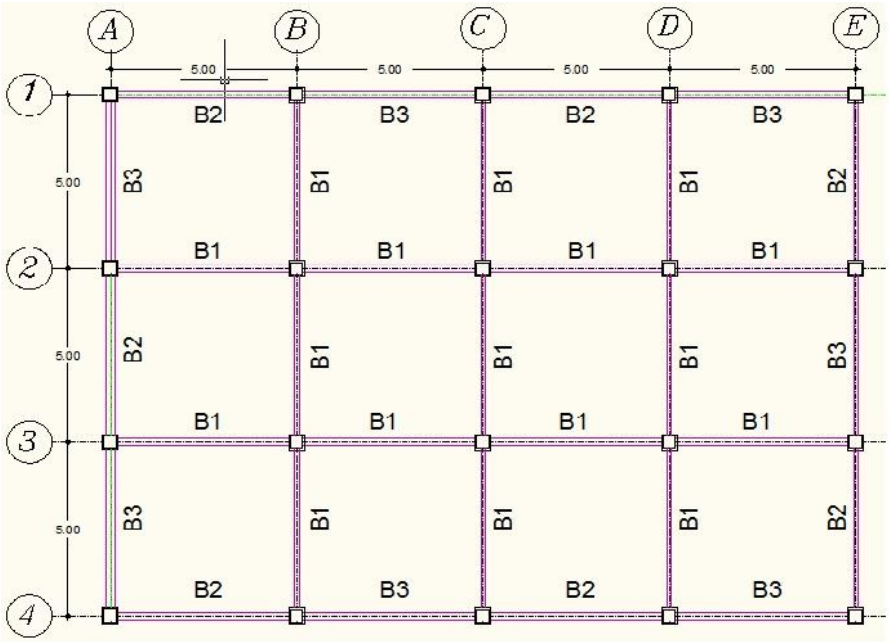
Serial No.	Reference	Type of Building	Extent of Vertical Irregularities			Remarks
			Mass Ratio	Stiffness Ratio	Strength Ratio	
1	Ruiz and Diederich (1989)	5-Story (with Brittle Infill Walls)	-	4.0	0.65-2.0	Mass irregularities have not been studied and infill walls have been provided at all floors except at the first floor
		12-Story (with Brittle Infill Walls)	-	0.9	1.0-2.0	
		5-Story (with Ductile Infill Walls)	-	4.0	1.0-2.0	
2	Valmudsson and Nau (1997)	5-Story	0.1, 0.5, 1.5, 2.0, 5.0	0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9	0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9	
		10-Story	0.1, 0.5, 1.5, 2.0, 5.0			
		20-Story	0.1, 0.5, 1.5, 5.0			
3	Al-Ali and Krawinkler (1998)	10-Story	0.25, 0.5, 2.0, 4.0	0.1, 0.25, 0.5, 2.0, 4.0, 10.0	0.5	
4	Das and Nau (2003)	5-Story	2.5-5.0	0.09-1.6	0.27-1.05	
		10-Story	2.5-5.0	0.09-1.71	0.27-1.05	
		20-Story	2.5-5.0	0.08-1.89	0.27-1.07	
5	Chintanapakdee and Chopra (2004)	12-Story	-	0.2, 0.5, 2.0, 5.0	0.2, 0.5, 2.0, 5.0	Mass irregularities have not been studied
6	Fragiadakis et al. (2006)	9-Story	-	0.5, 2.0	0.5, 2.0	Mass irregularities have not been studied

با توجه به رفتارغیر خطی سازه های نزدیک گسل و تاثیر پارامتر نامنظمی‌عمودی سختی و مقاومت بر این رفتار غیر خطی، در این مطالعه برآنیم تا مطالعات انجام گرفته در رابطه با ساختمان های با نامنظمی‌مقاومت و سختی در ارتفاع را بررسی کنیم. برای این کار مدلهای ساختمانهای با نامنظمی‌مقاومت و سختی در ارتفاعِ با اسکلت قاب خمشی ویژه فولادی تحت ضوابط لرزه ای زلزله حوزه نزدیک با استاندارد طراحی ASCE/SEI 7-10 با آنالیز استاتیکی و دینامیکی خطی طیفی طراحی می‌شوند و سپس با ضوابط استاندارد کنترل لرزه ای و بهسازی ASCE/SEI 41-06 با آنالیز دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی تحت رکوردهای حوزه دور و حوزه نزدیک در دو حالت با و بدون اثر مولفه قائم زلزله مورد بررسی قرار می‌گیرند. بدیهی است که سازه های طراحی شده بر اساس استاندارد طراحی که کلیه ملزومات تعریف شده را رعایت نموده اند، در رکوردهای حوزه دور باید معیارهای پذیرش قابل قبولی را از خود ارائه دهند. در رکوردهای زلزله حوزه نزدیک عملکرد مدل های ساختمان

ها با اعمال نامنظمی‌در ارتفاع مورد هدف و بررسی این تحقیق است. همچنین برخی نتایج قبلی در رابطه با موضوع تحقیق کنترل و با نتایج جدید مقایسه خواهد شد. به عنوان مثال، اثر مولفه قائم در سازه ها با افزایش ارتفاع سازه بیشتر شده، در نتیجه باید در ساختمانهای بلند اثر مولفه قائم زلزله های حوزه نزدیک را در نظر بگیریم، و یا نتایج حاصل از مطالعات قبلی نشان می‌دهد که آیین نامه های کنونی که بر مبنای زلزله های حوزه دور معمولی توسعه داده شده اند در بسیاری موارد نیاز به تدقیق دارند. بنابراین رفتار دقیق تر سازه و صحت آیین نامه های طراحی و کنترل لرزه‌ای مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

مشخصات سازه منظم و نامنظم مورد مطالعه

سازه اصلی مورد استفاده در این تحقیق ساختمان ۷ طبقه با شکل و مشخصات ارتفاعی و پلان که در شکل (۱) نشان داده شده است می‌باشد. سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی در دو جهت متعامد سازه قاب مقاوم خمشی فولادی ویژه می‌باشد. اتصالات خمشی کاملاً گیردار و با جوش نفوذی کامل برای اینکه ورق پوشش بال را کاملاً در بر گیرد فرض شده است.



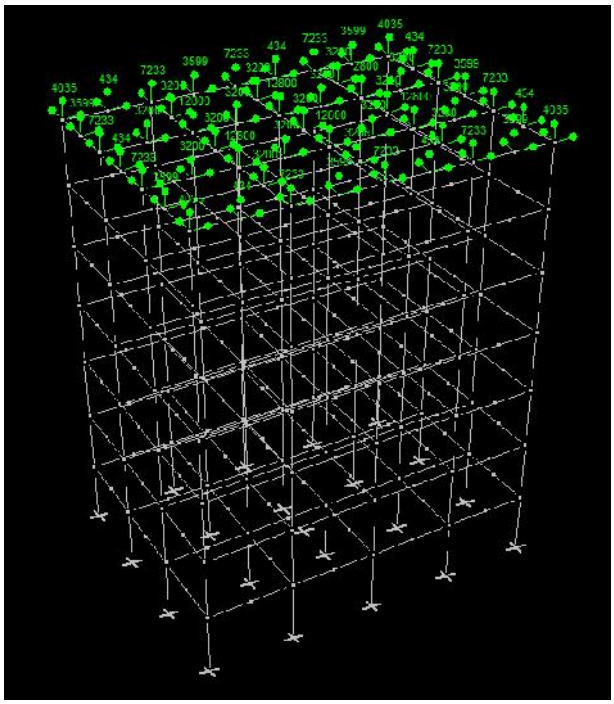
شکل ۱: پلان ساختمان ۷ طبقه مورد مطالعه

مقاطع ستونها از نوع چهارگوش توخالی با ورق و تیرها نیز از تیر ورق به شکل مقاطع I شکل می‌باشند، به ترتیب برای ستون ها و تیرها استفاده شده اند. تیپ بندی تیرها و ستونهای ساختمان ۷ طبقه مورد مطالعه مطابق شکل (۱) می‌باشد. ارتفاع هر طبقه مدل ۷ طبقه ۳/۵۰ متر می‌باشد. پریود اصلی مدل مرجع مقدارش۱/۰۷ =T ثانیه می‌باشد. اثرات بارگذاری محوری بر روی مقاومت خمشی ستون ها با اندرکنش P-M-M لحاظ شد. اندرکنش خاک –سازه در مدل لحاظ نگردید.

جدول ۲: بار گسترده اعمالی به سازه مورد مطالعه

نوع بار	مقدار بار در طبقه بام(کیلوگرم بر متر مربع)	مقدار بار در سایر طبقات(کیلوگرم بر متر مربع)
مرده	۷۰۰	۸۰۰
زنده	۲۵۰	۳۰۰

سازه مورد مطالعه به طور سه بعدی در نرم افزار تحلیل سازه ای Etabs 9.7.3 برای تحلیل های خطی (استاتیکی معادل) و دینامیکی طیفی مطابق با استاندارد " حداقل بارهای طراحی ساختمانها، تألیف جامعه مهندسین عمران امریکا در سال ۲۰۱۰ میلادی" (ASCE/SEI 7-10) و در نرم افزار تحلیل سازه ای "پرفورم" Perform -3D طراحی شد. سپس برای تحلیل های غیرخطی مطابق با استاندارد "بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود، تألیف جامعه مهندسین عمران امریکا در سال ۲۰۰۷ میلادی "(ASCE/SEI 41-06) مدل و کنترل گردید. رفتار غیرخطی تیرها و ستون ها با تشکیل مفاصل پلاستیک متمرکز شده در انتهای آنها مدلسازی شد.



شکل ۲ : مقدار جرم موثر(ناشی از مجموع بار مرده و ۲۵ درصد زنده)، اعمالی به نقاط معین شده در طبقه هفتم.

روش طراحی و تحلیل خطی و غیر خطی (استاتیکی معادل و دینامیکی طیفی و تاریخچه زمانی)

روش طراحی در این تحقیق بر اساس استاندارد " حداقل بارهای طراحی ساختمانها، تألیف جامعه مهندسین عمران امریکا در سال ۲۰۱۰ میلادی"، روش مقاومت می‌باشد. محدوده ی Risk Category برای ساختمان مورد مطالعه از روی جدول ۱.۵.۱ از آیین نامه طراحی مذکور رده III (با اهمیت زیاد) در نظر گرفته شده است. ملزومات این استاندارد در جدول ۴ بطور خلاصه آورده شده است.

جدول ۳ : خلاصه ملزومات استاندارد " حداقل بارهای طراحی ساختمانها، تألیف جامعه مهندسین عمران امریکا در سال ۲۰۱۰ میلادی" برای سازه های دارای نامنظمی‌مقاومت و سختی در ارتفاع

دسته لرزه ای مجاز از بین دسته های B,C,D,E,F	دسته لرزه ای غیر مجاز از بین دسته های B,C,D,E,F	بند آیین نامه ASCE7	نوع نامنظمی‌در ارتفاع طبق آیین نامه ASCE7
۱-دسته لرزه ای B,C در ریسک I,II مجاز است. ۲-دسته لرزه ای E,F،D در ریسک I,II غیرمجاز است. ۳-دسته لرزه ای E,F،D در ریسک III,VI مجاز است (پروژه حاضر)		جدول ۱۲.۶.۱	1a (طبقه نرم)
۱-دسته لرزه ای B,C در ریسک I,II تا دو طبقه مجاز است ۲-دسته لرزه ای E,F،D در ریسک III,VI مجاز (قابل طراحی) است(پروژه حاضر)	دسته لرزه ای E,F،D در ریسک I,II غیر مجاز است	جدول ۱۲.۶.۱	1b (طبقه خیلی نرم)
D,B,C با لحاظ دو شرط فوق مجاز است	دسته لرزه ای E,F غیر مجاز است	بند ۱۲.۳.۳.۱	
دسته لرزه ای B,C در ریسک I,II تا دو طبقه مجاز است	دسته لرزه ای E,F،D در ریسک I,II غیر مجاز است	جدول ۱۲.۶.۱	5a (طبقه ضعیف)
D,B,C با لحاظ شرط فوق مجاز است(پروژه حاضر)	دسته لرزه ای E,F غیر مجاز است	بند ۱۲.۳.۳.۱	
B,C با ارتفاع کمتر از ۹متر (۳۰ft) مجاز است	دسته لرزه ای E,F،D کلاً غیر مجاز است	بند۱۲.۳.۳.۱و جدول۱۲.۶.۱	5b(طبقه خیلی ضعیف)
B,C با ارتفاع کمتر از ۹متر (۳۰ft) مجاز است	دسته لرزه ای B,C با ارتفاع بیشتر از ۹متر (۳۰ft) غیرمجاز است	بند ۱۲.۳.۳.۲	

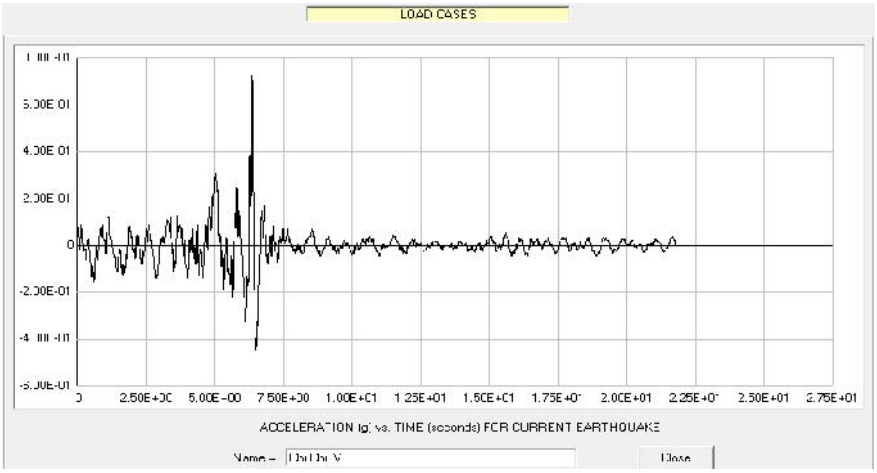
با توجه به محدوده ی خطر لرزه ای (Risk Category) برای ساختمان که نوع III و نوع بار مورد نظر (لرزه ای) از روی جدول ۱.۵.۲ مقدار ضریب اهمیت به مقدار Ie=1.25 تعیین می‌شود. دسته بندی خاک محل ساختمان مورد مطالعه در رده A قرار دارد و مطابق Figure 22-1 و Figure 22-2 مقادیر S_S و S_1 به ترتیب ۱/۵۰ و ۰/۷۴ معیّن می‌شوند.

جدول ۴: مشخصات رکوردهای حوزه نزدیک با و بدون مولفه قائم مورد اعمال ساختمان ۷ طبقه در نرم افزار پرفورم.

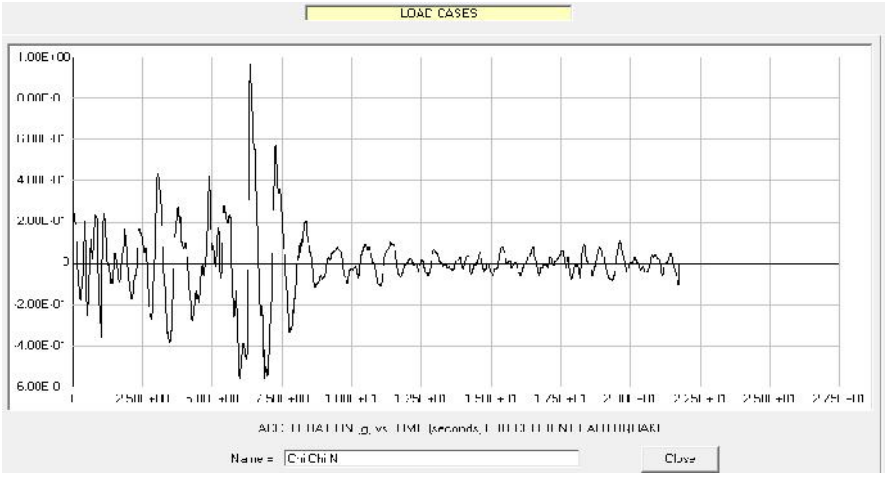
شماره رکوردها		نام رکوردها	بزرگا به ریشتر	نام ایستگاه	PGA	فاصله از گسل کیلومتر	T_P زمان (ثانیه)	PGV	نوع خاک
حوزه نزدیک گسل با مولفه قائم	۱	Tabas 3D Near Field	۷/۴	TABAS	۰/۸۵۲	۲/۱	۵/۲	۱۰۶	A
	۲	Loma Prieta 3D Near Field	۶/۹	LGPC	۰/۹۶۶	۳/۹	۳/۹	۱۰۹	A
	۳	Northridge 3D Near Field	۶/۷	PACOIMA DAM	۱/۵۸۵	۷	۰/۸	۱۰۷	A
	۴	Sanfernando 3D Near Field	۶/۶۰	PACOIMA DAM	۱/۲۲۶	۱/۸۰	۱/۲	۱۱۹	A
	۵	Morganhill 3D Near Field	۶/۲۰	COYOTE LAKE DAM	۱/۲۹۸	۰/۵۰	۰/۸	۸۱	A
	۶	Cobe 3D Near Field	۶/۹	TAKARAZUKA	۰/۸۲۱	۰/۳۰	۱/۶	۹۰	A
	۷	Chi Chi 3D Near Field	۷/۶	TCU102	۰/۹۶۸	۱/۵	۲/۷	۱۱۸	A
حوزه نزدیک گسل بدون مولفه قائم	۱	Tabas 2D Near Field	۷/۴	TABAS	۰/۸۵۲	۲/۱	۵/۲	۱۰۶	A
	۲	Loma Prieta 2D Near Field	۶/۹	LGPC	۰/۹۶۶	۳/۹	۳/۹	۱۰۹	A
	۳	Northridge 2D Near Field	۶/۷	PACOIMA DAM	۱/۵۸۵	۷	۰/۸	۱۰۷	A
	۴	Sanfernando 2D Near Field	۶/۶۰	PACOIMA DAM	۱/۲۲۶	۱/۸۰	۱/۲	۱۱۹	A
	۵	Morganhill 2D Near Field	۶/۲۰	COYOTE LAKE DAM	۱/۲۹۸	۰/۵۰	۰/۸	۸۱	A
	۶	Cobe 2D Near Field	۶/۹	TAKARAZUKA	۰/۸۲۱	۰/۳۰	۱/۶	۹۰	A
	۷	Chi Chi 2D Near Field	۷/۶	TCU102	۰/۹۶۸	۱/۵	۲/۷	۱۱۸	A

جدول ۵ : مشخصات نامنظمی‌مقاومت اعمالی به ساختمان ۷ طبقه فولادی

نام سازه مدل	تراز طبقه نامنظم	اختلاف ارتفاع (متر)	مقاومت جانبی (کیلوگرم)	مقاومت جانبی طبقه نامنظم(کیلوگرم)	نسبت نامنظمی در ارتفاع	پریود (T)
Reg 7st	همکف(تحتانی)	۰	۸۸۲۷۰۰	۸۷۶۴۰۰	SR = ۱	۱/۰۷
7 h1s=0.82	همکف(تحتانی)	۰/۵۰	۷۲۰۶۰۰	۸۷۶۴۰۰	SR = ۰/۸۲	۱/۱۰
7 h1s=0.78	همکف(تحتانی)	۰/۶۳	۶۸۶۳۰۰	۸۷۶۴۰۰	SR = ۰/۷۸	۱/۱۱
7 h1s=0.67	همکف(تحتانی)	۱/۲۰	۵۸۶۷۰۰	۸۷۶۴۰۰	SR = ۰/۶۷	۱/۱۶
7 h1s=0.63	همکف(تحتانی)	۱/۴۲	۵۴۵۷۵۰	۸۷۶۴۰۰	SR = ۰/۶۳	۱/۱۹
Reg 7st	چهارم (میانی)	۰	۶۹۱۵۰۰	۶۳۳۵۰۰	SR = ۱	۱/۰۷
7 h4s=0.82	چهارم (میانی)	۰/۴۰	۵۱۷۴۰۰	۶۳۳۵۰۰	SR = ۰/۸۲	۱/۱۰
7 h4s=0.78	چهارم (میانی)	۰/۶۰	۴۹۴۴۰۰	۶۳۳۵۰۰	SR = ۰/۷۸	۱/۱۲
7 h4s=0.67	چهارم (میانی)	۱/۰۰	۴۲۲۰۰۰	۶۳۳۵۰۰	**SR = ۰/۶۷**	۱/۱۵
7 h4s=0.63	چهارم (میانی)	۱/۳۵	۳۹۵۱۰۰	۶۳۳۵۰۰	**SR = ۰/۶۳**	۱/۱۸



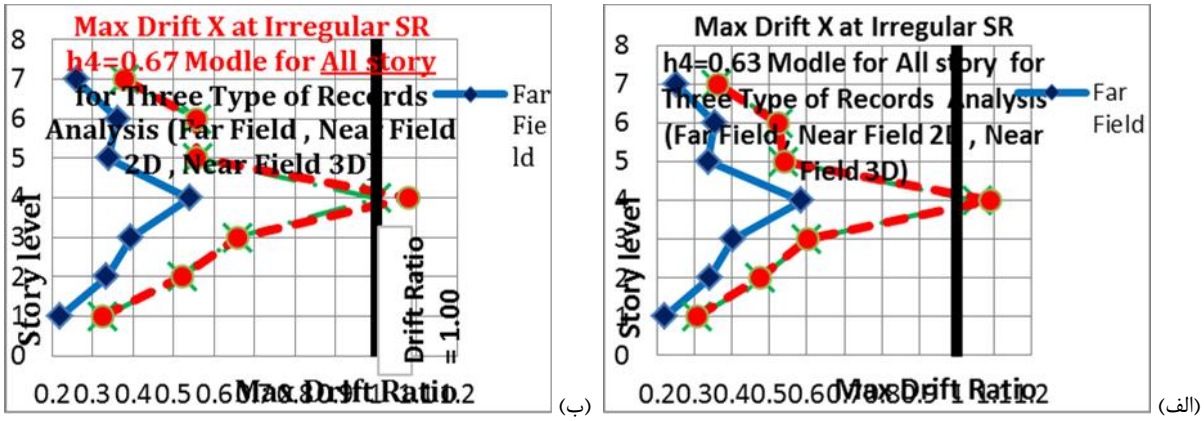
شکل ۳ : نمودار شتاب در برابر زمان برای مولفه قائم رکورد زلزله چی چی حوزه نزدیک مقیاس شده برای ساختمان ۷ طبقه مورد مطالعه در نرم افزار پرفورم



شکل ۴ : نمودار شتاب در برابر زمان برای مولفه افقی نرمال گسل رکورد زلزله چی چی حوزه نزدیک مقیاس شده برای ساختمان ۷ طبقه مورد مطالعه در نرم افزار پرفورم

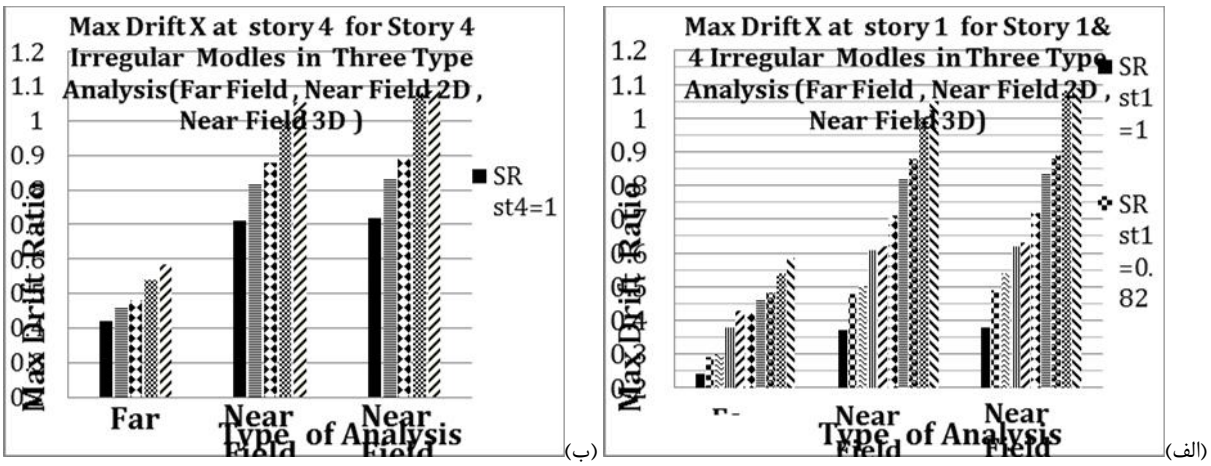
مقادیر Fa و FV نیز با توجه به جدولهای (۱۱.۴.۱) و (۱۱.۴.۲) به ترتیب اعداد **۱** و **۱** تعیین می‌شوند. برای یافتن Cs نیاز به داشتن پریود اصلی سازه (T) داریم که برای ساختمان منظم ۷ طبقه با ارتفاع (۲۴/۵متر)طبق بند ۱۲.۸.۲ برای طراحی اولیه سازه طبق استاندارد ASCE7-2010 از روش استاتیکی معادل استفاده می‌شود که مقدار Cs برای سازه منظم ۷ طبقه منظم مورد این مطالعه، مقدار Cs = 0.081 بدست می‌آید. با افزایش نامنظمی‌در ارتفاع طبقه چهارم مقدار نسبت دریفت به دریفت مجاز آیین نامه طراحی به عدد ۱ نزدیکتر می‌شود. این مقدار در نامنظمی"طبقه ضعیف" (SR st4=0.67) سازه مورد مطالعه برای رکوردهای حوزه نزدیک بزرگتر و مساوی مقدار ۱ می‌شود که در شکلهای شماره ۵ و شماره ۶ نشان داده شده است.

در نامنظمی‌مقاومت در ارتفاع طبقه همکف کلیه دریفتهای طبقه همکف از مقدار مجاز آیین نامه کمتر شده اند. بیشترین مقدار نسبت دریفت در طبقه همکف برای حالت نامنظمی‌مقاومت "طبقه خیلی ضعیف" تحت گروه رکورد حوزه نزدیک با مولفه قائم اتفاق می‌افتد. با توجه به شکلهای شماره (۵) و شماره (۶) ، مشاهده گردید که با افزایش نامنظمی‌در طبقه همکف، مقادیر حداکثر نسبت دریفت در راستای X برای طبقه همکف از ۰/۴۸ به ۰/۶۴ افزایش یافته است. برعکس این موضوع با افزایش نامنظمی‌در طبقه همکف، مقادیر حداکثر نسبت دریفت در راستای X برای طبقه هفتم از ۰/۲۹ به ۰/۲۶ کاهش یافته است. دلیل این موضوع می‌تواند جذب انرژی بیشتر در طبقه همکف نامنظم شده باشد و طبقه هفتم نسبت به حالت نامنظمی‌در خود طبقه هفتم تحمل بار و جذب انرژی و تغییر مکان و در نتیجه تغییر مکان نسبی و دریفت در راستای X کمتری دارد.



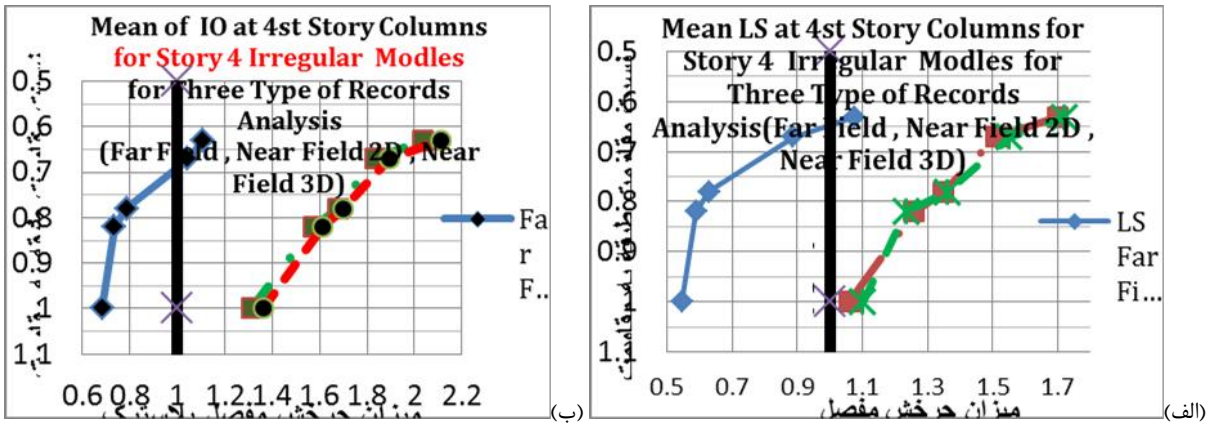
شکل ۵ : نسبت ماکزیمم دریفت راستای X طبقه چهارم" منتج از تحلیل دینامیکی غیر خطی تحت سه گروه رکورد حوزه دور، حوزه نزدیک بدون مولفه قائم و حوزه نزدیک با مولفه قائم.

(الف) : برای مدل نامنظم مقاومت در ارتفاع طبقه چهارم به مقدار ۶۳ درصد، (ب) برای مدل نامنظم مقاومت در ارتفاع طبقه چهارم به مقدار ۶۷ درصد.



شکل ۶ : نسبت ماکزیمم دریفت راستای X برای مدلهای با نامنظمی‌مقاومت در ارتفاع طبقه چهارم ، منتج از تحلیل دینامیکی غیر خطی تحت سه گروه رکورد حوزه دور، حوزه نزدیک با و بدون مولفه قائم : (الف) : برای طبقه اول، (ب): برای طبقه چهارم.

همچنین همانطور که نمودارهای شکل ۷ نشان داده شده است، برای معیار پذیرش سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه (IO) سازه منظم و با نامنظمی"طبقه ضعیف" در رکوردهای حوزه دور ستونهای سازه در محدوده مجاز قرار گرفته اند. این موضوع برای مدل با نامنظمی"طبقه خیلی ضعیف" حتی در رکوردهای حوزه دور برای ستونهای سازه پاسخگو نبوده است.



شکل ۷: مقایسه میزان چرخش مفصل پلاستیک عضو اصلی در ستونهای طبقه چهارم برای مدلهای با نامنظمی‌مقاومت در ارتفاع طبقه چهارم (SR st4=0.63 ،SR st4=0.67 ، SR st4=0.78 و SR st4=0.82)، ***(الف) : به حد عملکردی*** LS ، ***(ب): به حد عملکردی*** IO .

نتیجه‌گیری

۱) با توجه به طراحی سازه مورد این تحقیق در رده ای D و دارای ریسک III (طبق آیین نامه ASCE7-2010)، که درجدول ۱۲-۳-۲ و بر اساس جدول ۱۲.۶.۱ از آیین نامه مذکور برای نامنظمی‌مقاومت در ارتفاع " طبقه ضعیف" مجاز دانسته شده است، در محدودهٔ مجاز معیارهای پذیرش LS و IO در رکوردهای "حوزه دور" قرار دارد، ولی در رکوردهای "حوزه نزدیک" و رکوردهای "حوزه نزدیک با مولفه قائم" از محدودهٔ معیارهای پذیرش LS و IO تجاوز کرده اند ولی از محدودهٔ معیارهای پذیرش CP تجاوز نکرده اند.

۲) نامنظمی‌مقاومت در ارتفاع "طبقه خیلی ضعیف" که بر اساس بند ۱۲.۳.۳.۱ و جدول ۱۲.۶.۱ آیین نامه مذکور در سازه مورد مطالعه ممنوع می‌باشد، برای معیارهای فوق پاسخگو نیست و در این مورد محدودیت آیین نامه برای تحلیل و طراحی سازه مورد این مطالعه مناسب می‌باشد.

۳) با توجه به تحلیلهای انجام شده در این تحقیق مشخص شد که پس از انجام تحلیل غیرخطی دینامیکی بر روی مدلهای طراحی شده با تحلیل خطی دینامیکی طیفی در رده های مجاز آیین نامه ، در مدلهای منظم و بعضاً نامنظم "طبقه ضعیف" فقط برای رکوردهای حوزه دور معیارهای پذیرش آیین نامه جواب داده است ولی برای رکوردهای حوزه نزدیک معیارهای پذیرش آیین نامه مناسب نمی‌باشد. در مدلهای مورد مطالعه آیین نامه طراحی هر دو نوع تحلیل مذکور را مجاز دانسته است. در آیین نامه مذکور تحلیل دینامیکی طیفی تا ۵۰ متر ارتفاع و تحلیل غیرخطی دینامیکی بدون محدودیت مجاز می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که ضوابط آیین نامه های لرزه ای باید موضوع زلزله حوزه نزدیک را برجسته تر از محدودیتهای کنونی در نظر بگیرد.

مراجع

استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم. ۱۳۸۴. "آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله"، کمیته دائمی بازنگری آیین نامه طراحی ساختمانها دربرابر زلزله، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

Alavi, B. and Krawinkler , H. (2000) “Effect of near-field ground motion on structures”. Publication No. CKIII-02, Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering CUREE , CA2000.

Kien Le-Trung1, Kihak Lee , Jaehong Lee and Do Hyung Lee, (2012) “ Evaluation of seismic behaviour of steel special moment frame buildings with vertical irregularities” , THE TRUCTURAL DESIGN OF TALL AND SPECIAL BUILDINGS , Struct. Design Tall Spec. Build. 21, 215–232 (2012)

Pirizadeh M., H. Shakib (2013) “ Probabilistic seismic performance evaluation of non-geometric vertically irregular steel buildings.” Journal of Constructional Steel Research 82 (2013) 88–98.