

## مطالعه و ارزیابی دقت روش تحلیل استاتیکی غیرخطی در تعیین بازتاب لرزه‌ای سازه‌ها در ساختگاه حوزه نزدیک و دور از گسل

سردار سیدقادی مگری

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه، دانشگاه کاشان، ایران  
sardar.ghaderi@yahoo.com

حسین تحقیقی

استاد یار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه کاشان، ایران  
tahghighi@kashanu.ac.ir

**کلید واژه‌ها:** جهت پذیری پیشرونده، ارزیابی لرزه‌ای، تحلیل استاتیکی غیرخطی، تحلیل تاریخیچه زمانی غیرخطی، قاب خمشی

### چکیده

رکوردهای ثبت شده در نواحی نزدیک گسل در مقایسه با نواحی دور، معمولا دارای پالس‌های قوی و محتوای فرکانسی نسبتا پایین در مولفه سرعت زمین می‌باشند. مطالعه اثر زلزله‌های نیرومند گذشته نشان می‌دهد که نیروهای طراحی و تقاضای شکل پذیری سازه واقع در نزدیک گسل می‌تواند افزایش قابل توجهی داشته باشد. این ویژگی عمدتا ناشی از پدیده مخرب جهت‌پذیری پیشرونده در گسیختگی گسل بوده و تجمع امواج برشی در این رکوردها سبب انتقال نیروی قابل توجه در یک مدت زمانی کوتاه به سازه می‌شود. در این تحقیق، ابتدا تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی روی قاب‌های خمشی فولادی با تعداد طبقات گوناگون تحت رکوردهای حوزه نزدیک و دور از گسل انجام می‌گیرد. سپس بمنظور ارزیابی میزان و نحوه تغییر پارامترهای رفتار لرزه‌ای، از تحلیل تاریخیچه زمانی غیرخطی بعنوان روش دقیق استفاده می‌شود. مقایسه و بررسی نتایج نشان می‌دهد که بسته به مشخصات سازه و محتوای فرکانسی تحریک، تخمین نیازهای لرزه‌ای توسط روش تحلیل استاتیکی غیرخطی برای سازه‌های با دوره تناوب کم از دقت قابل قبولی برخوردار می‌باشد.

### مقدمه

اثر تخریبی زلزله‌به عواملی چون مکانیزم شکست گسل، فاصله گسل تا ساختگاه، نوع خاک، مشخصات حرکت زمین و همچنین به خصوصیات دینامیکی سازه وابسته است. زلزله‌ها را می‌توان برحسب فاصله محل ثبت رکورد تا گسل (محل اصلی لغزش) به دو دسته زلزله‌های نزدیک گسل و دور از گسل یا زلزله‌های معمولی تقسیم بندی کرد. به محدوده‌ای که در فاصله 10-15 Km از گسل مسبب زلزله باشد، محدوده نزدیک گسل گفته می‌شود هرچند فاصله مشخصی را برای این منظور نمی‌توان برای تمام زلزله‌ها مشخص کرد زیرا این محدوده به عوامل خاصی از جمله بزرگی زلزله، طول گسل و شرایط ساختگاهی وابسته می‌باشد (Tahghighi, 2012). رکوردهای حاصل از زلزله‌های حوزه نزدیک به دلیل نزدیکی فاصله محل منبع انتشار موج تا محل دریافت آن، دارای مشخصه‌های ویژه‌ای از جمله اثر جهت‌پذیری پیشرونده شکست و محتوای فرکانسی بالا می‌باشند که آنها را از دیگر رکوردها متمایز می‌کند. زمانیکه انتشار گسیختگی گسل با دور شدن از مرکز زلزله، به سمت سایت گسترش یابد، به علت نزدیک بودن سرعت گسیختگی گسل به سرعت انتشار موج برشی، امواج آزاد شده در لغزش‌های متوالی در قسمت‌های جلوی مسیر گسیختگی جمع می‌شوند که با تجمع امواج برشی رسیده به سایت مواجه خواهیم بود، در نتیجه جبهه موج تشکیل شده به طور ناگهانی و به صورت یک شوک قوی به سایت می‌رسد که این امواج باعث ایجاد یک یا چند پالس نیرومند می‌شوند که معمولا در ابتدای رکورد مربوط به سرعت زلزله‌های نزدیک گسل دیده می‌شود. همچنین الگوی تابش جابه‌جایی برشی گسل باعث می‌شود که این پالس بزرگ در جهت عمود بر صفحه گسل متمایل شده، و باعث مولفه عمود بر گسل بزرگتر از مولفه موازی با گسل شود. (Somervil, 2005)

بررسی رویدادهای گذشته نشان می‌دهد که ساختمانهای واقع در حوزه نزدیک گسل از آسیب‌پذیری نسبتا چشمگیری برخوردار می‌باشند (Alavi and Krawinkler, 2004). بهمین دلیل اکثر استانداردهای طراحی شبیه آیین نامه ۲۸۰۰ توصیه می‌کنند که از ساخت و ساز در مجاورت گسل‌های فعال باید پرهیز شود. مطابق این آیین نامه‌ها، در مواردی که احداث ساختمان در محدوده گسل اجتناب ناپذیر است باید تمهیدات فنی



ویژه در طراحی منظور گردد. لذا با توجه به اهمیت زلزله‌های نزدیک گسل و قرار گرفتن تعدادی از شهرهای بزرگ کشور در اطراف گسل‌های فعال (سیدقادی مکر، ۱۳۹۲)، در مقاله حاضر به بررسی تاثیر جهت‌پذیری پیشرونده بر پاسخ سه مدل ساختمان فولادی دارای سیستم باربر جانبی قاب خمشی با تعداد طبقات گوناگون پرداخته می‌شود. سپس بمنظور ارزیابی دقت در تخمین پارامترهای بازتاب لرزه‌ای، علاوه بر روش تحلیل استاتیکی غیرخطی از تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی نیز بعنوان روش دقیق استفاده می‌شود.

## تشریح تحلیل غیر خطی

تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی هم اثرات دینامیکی بارگذاری زلزله و هم رفتار غیرخطی سازه را در نظر می‌گیرد. در این روش فرض بر آن است که ماتریس سختی و میرایی از یک گام به گام بعدی می‌تواند تغییر کند، اما در فواصل هر گام زمانی ثابت است و پاسخ مدل تحت شتاب زلزله به روش‌های عددی و برای هر گام زمانی محاسبه می‌شود. این تحلیل به تغییر خصوصیات شتابنگاشت بسیار حساس است. به همین علت برای کاهش پراکندگی نتایج و برآورد صحیح نیازهای لرزه‌ای لازم است تحلیل‌های تاریخچه زمانی متعددی انجام شود. در روش تاریخچه زمانی غیرخطی، تغییر مکان‌های طراحی براساس نیرو تعیین می‌شود و از آنجا که در مدل تحلیلی اثرات غیرخطی بودن مصالح در نظر گرفته می‌شود، نیروهای داخلی محاسبه شده از این طریق نزدیک به نیروهای ایجاد شده در حین زلزله می‌باشند. روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی آثار مودهای بالاتر و تغییرات در الگوی بار اینرسی به علت نرم شدن سازه را در نظر می‌گیرد. ولی دلایلی از جمله پیچیدگی‌ها در مدل سازی و تفسیر نتایج، محاسبات زیاد و زمان بر بودن تحلیل، باعث می‌گردد که این روش در جامعه مهندسی مورد مقبولیت فراوانی واقع نشود و بیشتر برای کارهای تحقیقاتی و یا طراحی سازه‌های خاص مورد استفاده قرار گیرد.

تحلیل استاتیکی غیرخطی (تحلیل پوش‌آور) در سال‌های اخیر مورد استقبال مهندسين و طراحان سازه در سطح کشور قرار گرفته است و در سطح گسترده‌ای برای طراحی و بهسازی سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش تحلیل استاتیکی غیرخطی و ملزومات آن در دستورالعمل بهسازی ایران، نشریه ۳۶۰ (دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای، ۱۳۸۵) تشریح شده است. در تحلیل پوش‌آور، بار جانبی اعمال شده به سازه تدریجاً افزایش داده می‌شود، تا جاییکه تغییر مکان در نقطه معینی از سازه (نقطه کنترل) به حد تعیین شده و هدف برسد. معمولاً مرکز جرم طبقه بام به عنوان نقطه کنترل سازه در نظر گرفته می‌شود. رابطه ۱ تغییر مکان هدف را از روش ضرایب تغییر مکان معرفی می‌کند.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (1)$$

که در آن  $T_e$  زمان تناوب اصلی موثر ساختمان و  $S_a$  شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر  $T_e$  می‌باشد، همچنین  $C_0$  ضریب اصلاح برای ارتباط تغییر مکان طیفی سیستمیک در جهات آزادی تغییر مکان با سیستم چنددرجه‌آزادی،  $C_1$  ضریب تصحیح برای اعمال تغییر مکان‌های غیرارتجاعی سیستم،  $C_2$  اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضای سازه‌ای را بر تغییر مکان‌ها به دلیل رفتار غیرارتجاعی آن‌ها منظور می‌کند و ضریب  $C_3$  برای اعمال اثرات P- $\Delta$  با رفتار غیرخطی مصالح، بر تغییر مکان‌ها می‌باشد.

در تحلیل پوش‌آور بمنظور اینکه توزیع بار جانبی بر مدل سازه تا حد امکان شبیه به آنچه که هنگام زلزله رخ می‌دهد، باشد و حالت‌های بحرانی تغییر شکل و نیروهای داخلی را در اعضا ایجاد نماید، باید حداقل دو نوع توزیع بار جانبی به سازه اعمال گردد. به همین دلیل در این مقاله، توزیع بار متناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی طیفی و توزیع بار یکنواخت متناسب با وزن هر طبقه برای انجام تحلیل پوش‌آور انتخاب گردید که به هر قاب اعمال گردد. به منظور داشتن یک پاسخ مشخص برای تحلیل پوش‌آور، برای مقایسه با پاسخ تحلیل تاریخچه زمانی، بزرگترین پاسخ طبقات تحت بارگذاری طیفی و یکنواخت به عنوان پاسخ تحلیل پوش‌آور برای طبقات هر قاب در نظر گرفته می‌شود.

## مدل‌های سازه‌ای

مدل‌های سازه‌ای مورد مطالعه در این مقاله قاب‌های ساختمانی دوبعدی بلندمرتبه، میان مرتبه و کوتاه مرتبه در نظر گرفته شده که به ترتیب دارای ۱۵، ۱۰ و ۵ طبقه هستند و هر کدام از قاب‌ها دارای دو دهانه می‌باشند. ارتفاع طبقات ثابت و برابر ۳ متر و طول دهانه‌ها نیز برابر ۵ متر می‌باشد. تمامی قاب‌ها دارای سیستم قاب خمشی فولادی ویژه، با کاربری مسکونی‌اند و در منطقه با پهنه‌ی خطر نسبی زلزله زیاد و بر روی زمین از نوع II قرار گرفته‌اند. به منظور بارگذاری زلزله از ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ (آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، ۱۳۸۴) استفاده شده است. تحلیل و طراحی قاب‌ها تحت ترکیبات بارگذاری متعارف و همچنین ترکیبات بارگذاری ویژه، براساس پیوست ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ انجام گرفته و همچنین قاب‌ها با توجه به فلسفه تیر ضعیف و ستون قوی طراحی شده‌اند. به همین دلیل مفصل‌های خمیری تنها در انتهای تیرها و ستون‌ها در نظر گرفته می‌شود. در طراحی این قاب‌ها کنترل دررفت طبقات که ضابطه مهم و تاثیرگذاری در تعیین مقاطع قاب‌ها می‌باشد، رعایت گردیده است. براساس ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰، دررفت واقعی (غیرخطی) هر طبقه بر اثر زلزله که از حاصل



ضرب دررفت (خطی) در ۰.۷R (ضریب رفتار سازه) به دست می‌آید نباید از مقادیر مجاز آن در رابطه ۲ تجاوز کند:

$$Drift_{\text{مجاز}} = \begin{cases} 0.025 & T < 0.7 \\ 0.02 & T \geq 0.7 \end{cases} \quad (2)$$

برای طراحی قاب ها از نرم افزار ایتبز (ETABS) براساس آیین نامه AISC-ASD89 و برای انجام تحلیل های غیرخطی از نرم افزار سپ (SAP2000) استفاده گردید. در جدول ۱ مشخصات مربوط به سه مود اول هر قاب و همچنین وزن کل هر قاب که شامل بار مرده و بار زنده موثر می باشد، نشان داده شده است.

جدول ۱: مشخصات مربوط به سه مود اول و وزن قاب ها

	قاب ۵ طبقه			قاب ۱۰ طبقه			قاب ۱۵ طبقه		
	مود ۱	مود ۲	مود ۳	مود ۱	مود ۲	مود ۳	مود ۱	مود ۲	مود ۳
دوره تناوب	۱.۲	۰.۳۷	۰.۱۹	۱.۹۶	۰.۶۹	۰.۳۸	۲.۶۶	۰.۹۶	۰.۵۳
ضریب مشارکت جرمی	۰.۸	۰.۱۱	۰.۰۵	۰.۷۵	۰.۱۳	۰.۰۵	۰.۷۵	۰.۱۲	۰.۰۴
کل وزن سازه (Kg)	۱۴۲۳۳۸.۶			۲۸۷۶۰۷.۵			۴۴۲۶۸۶.۴		

## انتخاب رکوردهای زلزله

در این تحقیق از ۷ رکورد نزدیک گسل و ۷ رکورد دور از گسل که مربوط به ۷ زلزله با بزرگای بیش از ۶.۵ می باشند، استفاده شده است. معیارهایی که برای انتخاب ۷ رکورد نزدیک گسل در نظر گرفته شده عبارتند از: محل ثبت رکورد به مرکز زلزله، نزدیک و کمتر از ۱۵Km باشد، حداقل یک پالس مشخص در نگاشت سرعت موجود باشد، سرعت موج برشی خاک محل ثبت رکوردها باید در محدوده سرعت برشی خاک نوع II یعنی ۳۷۵ تا ۷۵۰ متر بر مجذور ثانیه باشد و نسبت حداکثر سرعت به حداکثر شتاب زمین رکورد قابل توجه باشد. مشخصات رکوردهای انتخابی نزدیک گسل در جدول ۲ نشان داده شده است.

لازم به ذکر است که از همان زلزله‌های جدول ۲ برای انتخاب ۷ رکورد دور از گسل استفاده شده است. بطوریکه فاصله محل ثبت این رکوردها باید از مرکز زلزله نسبتا دور باشد و نیز محل ثبت آنها در خاک نوع II مدنظر قرار گرفته است. جدول ۳ مشخصات رکوردهای دور از گسل را نشان می‌دهد. بمنظور مقایسه پاسخ مدل‌های سازه، تمام رکوردها به حداکثر شتاب زمین برابر ۰.۳g مقیاس گردیده اند. (Sehhati et al, 2011)

جدول ۲: مشخصات رکوردهای نزدیک گسل

Earthquake	Year	M	Station	Component	Closest distance to fault (Km)	Soil	PGA (g)	PGV (cm/s)
Bam	2003	6.5	Bam	Horizontal-L	0	-	0.81	334.573
Tabas	1978	7.35	Dayhook	Day-LN	13.94	II	0.406	26.174
Chi chi	1999	7.62	TCU052	TCU 052-E	0.66	II	0.348	159.045
Duzce	1999	7.14	Lamont	1058-N	0.21	II	0.073	13.462
Loma prieta	1989	6.93	Saratoga	WVC270	9.31	II	0.332	61.537
Northridge	1994	6.69	Pacoima	PKC360	7.26	II	0.433	51.23
Kobe	1995	6.9	KJMA	JMA090	0.96	II	0.598	74.355

جدول ۳: مشخصات رکوردهای دور از گسل

Earthquake	Year	M	Station	Component	Closest distance to fault (Km)	Soil	PGA (g)	PGV (cm/s)
Bam	2003	6.5	Golbaf	GOLBAF-L1	114	-	0.031	2.056
Tabas	1978	7.35	Sedeh	SED-L1	151.16	II	0.026	5.584
Chi chi	1999	7.62	TAP052	TAP 052-E	99.24	II	0.066	16.668
Duzce	1999	7.14	Sakarya	SKR090	45.16	II	0.023	5.495
Loma prieta	1989	6.93	Presidio	PRS000	77.43	II	0.099	12.912
Northridge	1994	6.69	Riverside	RIV270	98.96	II	0.064	3.084
Kobe	1995	6.9	OKA	OKA090	86.94	II	0.059	3.198

## بررسی نتایج

به منظور داشتن یک پاسخ مشخص برای تحلیل پوش اور و مقایسه با پاسخ تحلیل تاریخچه زمانی، بزرگترین پاسخ طبقات تحت بارگذاری طیفی و یکنواخت به عنوان پاسخ تحلیل پوش اور برای طبقات هر قاب در نظر گرفته می شود. در شکل (۱) حداکثر دررفت طبقات تحلیل پوش اور و

تحلیل تاریخیچه زمانی برای هر سه قاب ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه تحت رکوردهای نزدیک گسل و در شکل (۲) حداکثر دررفت طبقات تحت رکوردهای دور از گسل نشان داده شده است. در این شکلها میانگین و انحراف معیار هر یک از قابها به منظور نشان دادن نحوه پراکندگی نتایج، نشان داده شده است. تحت هر دو مجموعه رکوردهای نزدیک و دور از گسل، پاسخ تحلیل پوش اور به پاسخ تحلیل تاریخیچه زمانی برای قاب ۵ طبقه نزدیک می باشد، ولی برای قابهای ۱۰ و ۱۵ طبقه پاسخ تحلیل پوش اور در مقابل پاسخ تحلیل تاریخیچه زمانی اختلاف بیشتری پیدا می کند که می تواند ناشی از اعمال بارگذاری غیرمتغیر و در نظر نگرفتن اثرات مودهای بالاتر و تغییر مشخصه های دینامیکیسازه توسط تحلیل پوش اور، در حین زلزله باشد، تحلیل پوش اور ممکن است برخی از مودهای مهم تغییر شکل که می تواند در سازه تحت زلزله های قوی اتفاق بیاقتد را نشان ندهد و یا به صورت اغراق آمیز آن ها را نشان دهد. نمودار انحراف معیار هر یک از قاب ها نشان می دهد که پراکندگی پاسخ های ناشی از تحلیل پوش اور در مقایسه با پاسخ های تحلیل تاریخیچه زمانی تحت رکورد زلزله ها به ویژه رکوردهای نزدیک گسل، بیشتر می باشد. نحوه توزیع پاسخ تحلیل پوش اور در ارتفاع قاب ها برای هر سه قاب، تقریباً تحت تمامی رکوردها یکسان می باشد ولی نحوه توزیع پاسخ تحلیل تاریخیچه زمانی به خصوص دررفت طبقات که در اشکال (۱) و (۲) نشان داده شده، تنها برای قاب ۵ طبقه برای تمامی رکوردها یکسان و مشابه با توزیع تحلیل پوش اور می باشد و تنها برای قاب ۵ طبقه تغییرات پاسخ تحلیل پوش اور در مقایسه با تحلیل تاریخیچه زمانی در حد قابل قبولی می باشد.

در جدول (۴) حداکثر برش پایه تحلیل پوش اور و تحلیل تاریخیچه زمانی برای هر سه قاب مدنظر تحت رکوردهای نزدیک گسل و در جدول (۵) حداکثر برش پایه تحت رکوردهای دور از گسل نشان داده شده است. مقادیر ذکر شده در این جداول از تقسیم حداکثر برش پایه بدست آمده تحت هر رکورد بر وزن کل سازه گردیده است. در این جداول مقادیر میانگین و انحراف معیار نیز نشان داده شده است. با مقایسه نتایج بدست آمده از جداول ۴ و ۵ مشاهده می شود که میانگین برش پایه تحلیل پوش اور برای قاب ۵ و ۱۰ طبقه بیشتر از برش پایه تحلیل تاریخیچه می باشد ولی در قاب ۱۵ طبقه برش پایه تحلیل تاریخیچه زمانی از برش پایه تحلیل پوش اور بیشتر می باشد که به دلیل اثرات مودهای بالاتر می باشد که می تواند به طور قابل توجهی نیروهای برشی طبقه را تقویت کند. این اختلاف می تواند به حدی باشد که تحلیل تاریخیچه، مود شکست برشی را در سازه نشان دهد در صورتی که تحلیل پوش اور به دلیل نحوه بارگذاری جانبی، مفاصل خمشی را در پایه نشان دهد که باعث ایجاد نتایج گمراه کننده ای می شود. مقایسه مقادیر برش پایه قاب ها تحت رکوردهای نزدیک گسل با رکوردهای دور از گسل نیز نشان می دهد که رکوردهای نزدیک گسل تقاضای بالاتری را به سازه اعمال می کنند. بعلاوه، مقایسه نتایج مربوط به رکوردهای نزدیک گسل با نتایج مربوط به رکوردهای دور از گسل نشان می دهد پاسخ سازه تحت رکوردهای نزدیک گسل به طور محسوسی بزرگ تر از پاسخ سازه تحت رکوردهای دور از گسل می باشند و رکوردهای نزدیک گسل تقاضای بزرگ تری به سازه اعمال می کنند، اگرچه تمام رکوردها به حداکثر شتابی برابر  $0.3g$  مقیاس گردیده اند، حداکثر سرعت رکوردهای نزدیک گسل به دلیل وجود پالس سرعت ابتدایی به طور مشخص با یکدیگر متفاوت می باشد. این پالس ابتدایی منجر به غیرخطی شدن بیشتر و تقاضای شکل پذیری بالاتری در سازه می گردد.

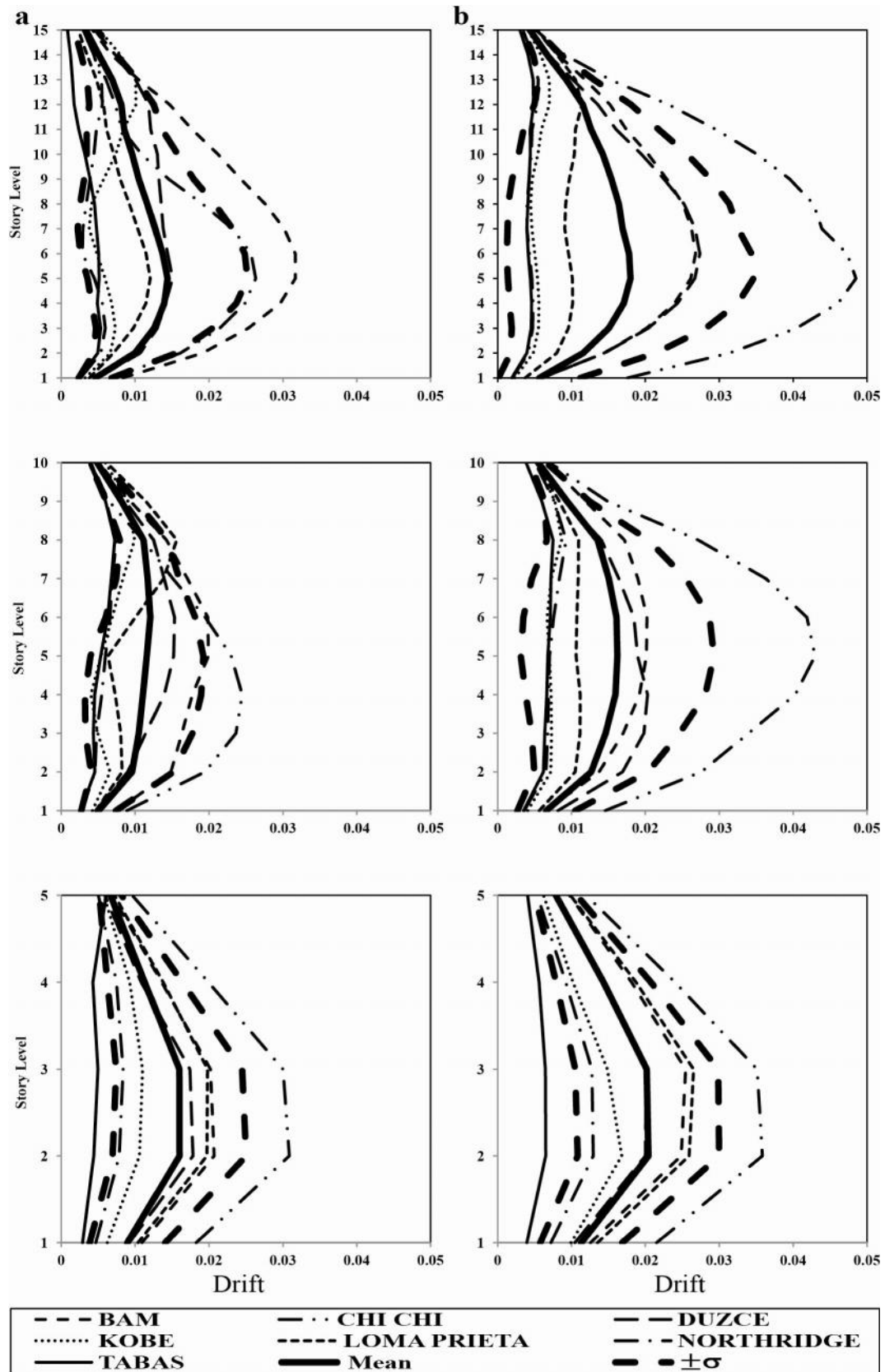
جدول ۴: نسبت حداکثر برش پایه بر وزن کل قاب ناشی از تحلیل پوش اور و تحلیل تاریخیچه زمانی تحت رکوردهای نزدیک گسل

Near Field		Bam	Tabas	Chi Chi	Duzce	Loma prieta	Northridge	Kobe	Mean	$\sigma$
5 Story	T Historic	0.267	0.122	0.321	0.25	0.2585	0.153	0.194	0.223	0.065
	Pushover	0.306	0.13	0.34	0.264	0.3285	0.221	0.278	0.267	0.067
10 Story	T Historic	0.19	0.083	0.191	0.154	0.145	0.094	0.148	0.144	0.039
	Pushover	0.165	0.11	0.202	0.189	0.159	0.111	0.13	0.152	0.034
15 Story	T Historic	0.196	0.078	0.142	0.132	0.136	0.08	0.099	0.123	0.039
	Pushover	0.133	0.06	0.11	0.132	0.107	0.061	0.071	0.096	0.03

جدول ۵: نسبت حداکثر برش پایه بر وزن کل قاب ناشی از تحلیل پوش اور و تحلیل تاریخیچه زمانی تحت رکوردهای دور از گسل

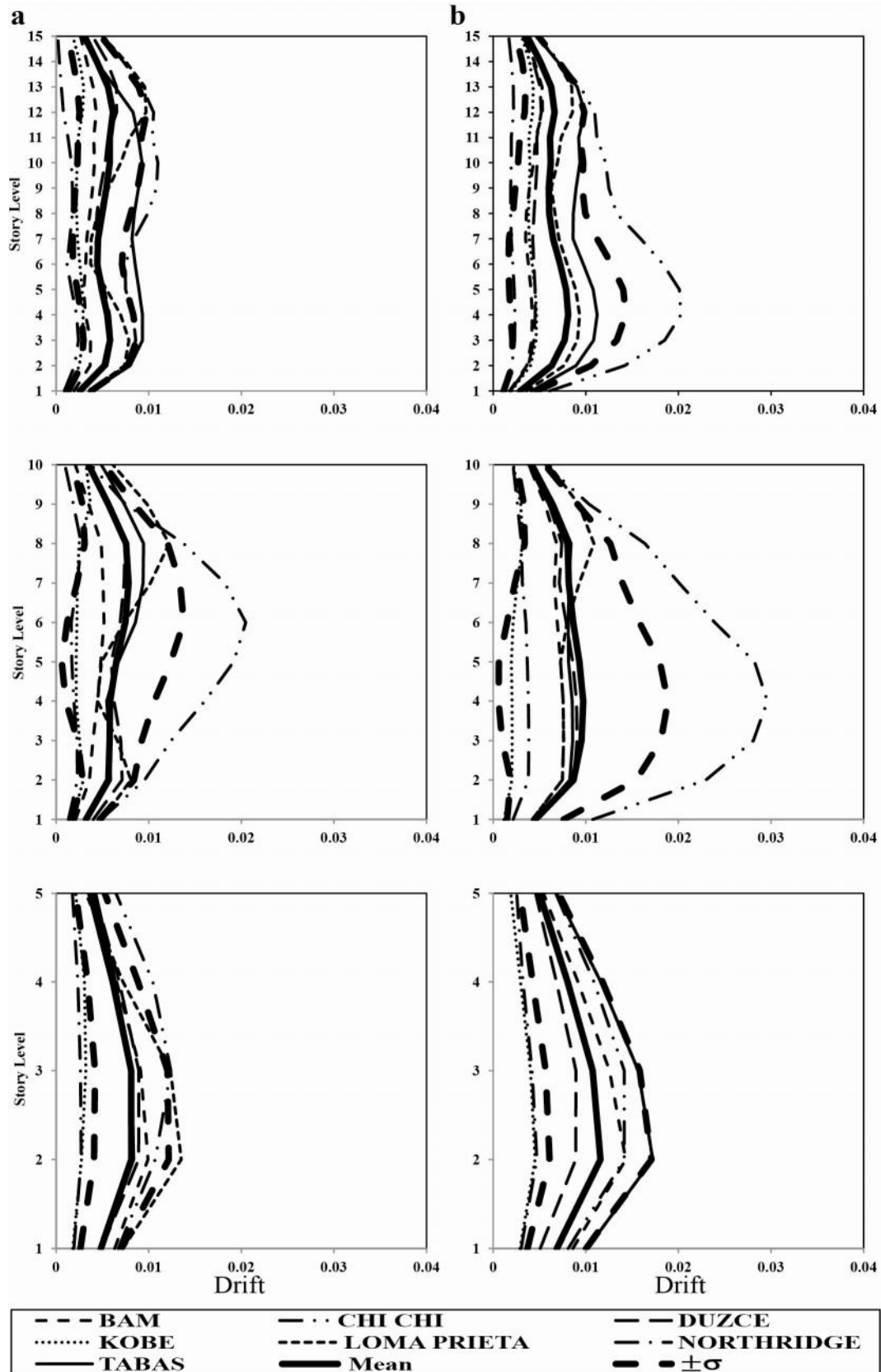
Far Field		Bam	Tabas	Chi Chi	Duzce	Loma prieta	Northridge	Kobe	Mean	$\sigma$
5 Story	T Historic	0.204	0.161	0.22	0.155	0.218	0.086	0.063	0.158	0.058
	Pushover	0.249	0.222	0.243	0.195	0.283	0.105	0.178	0.211	0.054
10 Story	T Historic	0.069	0.11	0.168	0.124	0.168	0.043	0.059	0.106	0.047
	Pushover	0.131	0.14	0.2	0.144	0.133	0.066	0.036	0.122	0.05
15 Story	T Historic	0.067	0.111	0.106	0.087	0.117	0.033	0.036	0.08	0.032
	Pushover	0.054	0.113	0.133	0.056	0.103	0.029	0.032	0.074	0.038





شکل 1: حداکثر دررفت طبقات قابها تحت رکوردهای نزدیک گسل، (a) تحلیل تاریخیچه زمانی (b) تحلیل پوش اور





شکل ۲: حداکثر دریفت طبقات قابها تحت رکوردهای دور از گسل، (a) تحلیل تاریخیچه زمانی (b) تحلیل پوش اور



## نتیجه گیری

در این مقاله پاسخ سه مدل قاب خمشی ویژه فولادی تحت رکوردهای دور از گسل و همچنین رکوردهای نزدیک گسل متاثر از جهت پذیری پیشرونده توسط تحلیل پوش اور و تاریخچه زمانی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان دادند که پاسخ طبقات حاصل از تحلیل پوش اور برای سازه های کوتاه مرتبه تحت رکوردهای زلزله نزدیک و دور از گسل بسیار مشابه با پاسخ حاصل از روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی می باشد و به دلیل بارگذاری غیرمتغیر و در نظر نگرفتن مودهای بالاتر و تغییر مشخصه های دینامیکی در حین زلزله، پاسخ طبقات حاصل از تحلیل پوش اور برای سازه های میان مرتبه و بلند مرتبه در مقایسه با تحلیل تاریخچه زمانی متفاوت می باشد؛ به همین جهت استفاده از روش تحلیل پوش اور در تخمین عملکرد سازه در حین زلزله برای سازه های میان مرتبه و بلند مرتبه، نتایج نادرستی را نتیجه می دهد ولی برای سازه های کوتاه مرتبه استفاده از تحلیل پوش اور مناسب می باشد. شکل توزیع دررفت طبقات تحت رکوردهای مختلف، با آنچه آیین نامه ها فرض می کنند که حداکثر تقاضا در طبقه پایین اتفاق می افتد، متفاوت می باشد به همین دلیل بازبینی آیین نامه ها برای در نظر گرفتن این موضوع توصیه می گردد.

اثرات مودهای بالاتر به خصوص در سازه های مرتفع می تواند به طور قابل توجهی نیروهای برشی طبقه را تقویت کند به گونه ای که برش پایه بدست آمده از تحلیل تاریخچه زمانی از برش پایه تحلیل پوش اور به دلیل در نظر نگرفتن این اثرات، بیشتر باشد و با این وجود امکان شکست برشی وجود دارد در صورتی که ممکن است تحلیل پوش اور این احتمال را نادیده بگیرد. رکوردهای نزدیک گسل در مقایسه با رکوردهای دور از گسل، به مراتب تقاضای بزرگتری به سازه اعمال می کنند و باعث غیرخطی شدن و اعمال تقاضای شکل پذیری بیشتر به سازه می گردند.

## مراجع

- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش سوم (۱۳۸۴) مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود، نشریه شماره ۳۶۰ (۱۳۸۵) دفتر امور فنی و تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
- سید قادری مکرری س (۱۳۹۲) ارزیابی دقت تحلیل استاتیکی غیرخطی برای قاب های خمشی فولادی تحت زلزله های حوزه نزدیک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی دانشگاه کاشان، ایران
- Alavi B and Krawinkler H (2004) Behavior for moment-resisting frame structures subjected to near-fault ground motions, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 33, 687-706
- Sehhati R, Rodriguez-Marek A, ElGawady M and Cofer WF (2011) Effects of near-fault ground motions and equivalent pulses on multi-story structures, *Engineering Structures*, 33, 767-779
- Somervil PG (2005) Engineering characterization of near fault ground motions, *NZSEE Conference*, URS Corporation, Pasadena, CA, USA
- Tahghighi H (2012) Simulation of strong ground motion using the stochastic method: Application and validation for near-fault region, *Journal of Earthquake Engineering*, 16, 1230-1247