بررسی اثر پیچش در رفتار غیر خطی ساختمانهای متعارف بتنی با دیوار برشی

ابوذر احمدی
کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، موسسه آموزش عالی علوم و فناوری آریان، بابل
abouzar_ahmadi90@yahoo.com

حامد حمیدی جمنانی
استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
h_hamidi@iust.ac.ir

غلامرضا قدرتی امیری
استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران
ghodrati@iust.ac.ir

کلمات کلیدی: *پیچش ، ساختمان متعارف بتنی ، دیوار برشی ، تحلیل دینامیکی غیر خطی*

چکیده

دیوار برشی یکی از عناصر سازه ای مقاوم در برابر زلزله می باشد که در اکثر ساختمانهای بتنی موجود یا مقاوم سازی شده بکار می‌رود. گاهی اوقات بدلیل محدودیت های معماری و مشکلات قالبندی به ناچار ملزم به قرار دادن دیوار برشی در حالت های مختلف و شکل مختلف برای یک سازه می باشیم که این امر سبب تفاوت در فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی شده و در نتیجه موجب پیچش در سازه می گردد (آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله استاندارد - ۲۸۰۰) برای بررسی اثرات این پیچش از دو ساختمان متعارف بتنی نامنظم با هشت و دوازده طبقه که چیدمان دیوار برشی آن در حالتهای مختلف قرار می گیرند، استفاده شده است . قرارگیری دیوار برشی در کنار راه پله و آسا نسور و همچنین رفتار آن در سطوح عملکردی مختلف که در هر حالت فاصله مرکز جرم با مرکز سختی تغییر می نماید مورد بررسی قرار می گیرد. واضح است که این تغییرات منجر به ایجاد پیچش در سازه می گردد. بمنظور بررسی اثر پیچش در سازه های مذکور از آنالیز دینامیکی غیر خطی و بصورت مدل 3D استفاده می‌شود.

مقدمه

اگرچه تحلیل و طراحی دیوار برشی دارای سابقه طولانی می باشد، ولی بررسی اثرات پیچش برای یک سازه خاص و در نظر گرفتن چندین حالت قرار گیری دیوار برشی در آن سازه مورد بررسی قرار نگرفته است. در این مقاله سعی شده است که بوسیله آنالیز دینامیکی غیر خطی که یکی از قویترین نوع آنالیز می باشد . این اثرات را که شامل بررسی قرار گیری دیوار و یا قرار گیری دیوار برشی ها در کنار راه پله (که خود شمشیری راه پله به عنوان یک عضو صلب عمل می نماید) و نیز قرار گیری دیوار ها در کنار مسیر آسانسور که بدون سقف می باشد مورد بررسی کامل قرار می گیرد. و نیز کنترل می گردد در سطوح عملکردی مختلف رفتار سازه چگونه هست آیا طراحی مورد نظر در سطوح یک با دو متفاوت خواهد بود و یا یکسان.

سطوح عملکرد

یک سطح عملکرد بیانگر محدوده ای از تخریب است که برای یک ساختمان مشخص و زلزله معین مناسب باشد.سطوح عملکردی برای اجزای سازه ای و غیر سازه ای به صورت مجزا تعیین می شوند.

براساس دستورالعمل FEMA356 (Federal Emergency Management Agency) برای اجزای سازه‌ای ۵ سطح عملکرد در نظر گرفته است که ۲ سطح آن بصورت میانی و ۳ سطح بصورت اصلی می‌باشد. در این تحقیق شاخص‌های خسارت براساس تحلیل استاتیکی غیرخطی با سطوح عملکرد اصلی مقایسه می‌شود. سه سطح اصلی عملکرد بصورت زیر می باشد :

۱- سطح عملکرد IO قابلیت استفاده بدون وقفه.در این سطح عملکرد خسارت زیاد به اعضای سازه‌ای وارد نمی‌شود و این اعضا تقریباً تمام مقاومت و سختی پیش از زلزله خود را دارا هستند. اجزای غیرسازه‌ای ایمن هستند و کارایی خود را دارند. ساختمان برای اهداف مورد نظر قابل استفاده می‌باشند.

۲- سطح عملکرد ایمنی جانی (LS) ، در این سطح عملکرد خسارت قابل توجه و افت اساسی در سختی اعضای سازه ای پدید آمده، لیکن هنوز حاشیه امنی تا فرو ریزش باقی است. اعضای غیر سازه‌ای ایمن هستند ممکن است استفاده از ساختمان قبل از تعمیر وجود نداشته باشد.

۳- سطح عملکرد آستانه فروریزش(CP) در این سطح عملکرد خسارت زیادی به اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای وارد آمده است مقاومت و سختی اعضای سازه‌ای بصورت قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرده است. خطر ریزش قطعات وجود دارد.

تغییرمکان نسبی طبقات

تغییرمکان جانبی نسبی[1] هر طبقه اختلاف تغییرمکان‌های مراکزجرم کف در بالا و پایین آن طبقه می‌باشد (De-la-Colina, 2003) . این تغییرمکان معمولا برای زلزله طرح و بهره برداری محاسبه می شود .تغییرمکان نسبی هر طبقه ، تغییر مکانی است که با فرض رفتار خطی سازه زیر اثربار جانبی زلزله تعیین شده باشد .در تعیین این تغییرمکان باید اثر عواملی که در سختی سازه مؤثرند، از جمله ترک خوردگی اعضا در سازه های بتن مسلح منظور شوند .

تغییرمکان جانبی نسبی واقعی طرح یا تغییر مکان جانبی نسبی غیر ارتجاعی طرح ، در هر طبقه تغییر مکانی است که در صورت رفتار واقعی سازه ، رفتارغیر خطی ، در تحلیل آن بدست می آید .این رفتار تنها در زلزله طرح قابل ملاحظه است .در مواردی که تحلیل سازه با فرض خطی بودن آن انجام می شود ، این تغییر مکان را می توان از رابطه زیر بدست آورد .

$$\Delta_M = 0.7.R.\Delta_W \quad (۱)$$

در این رابطه

Δ_M : تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح در منطقه

Δ_W : تغییر مکان جانبی طرح در منطقه

R : ضریب رفتار سازه

به صورت کلی تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح در محل مرکز جرم هر طبقه با رعایت آثار ناشی از P-Δ نباید ازمقادیر زیر بیشتر شود.

$$T < 0.7 \quad \rightarrow \Delta_M < 0.025\,h \quad (۲)$$

$$T > 0.7 \quad \rightarrow \Delta_M \leq 0.02\,h \quad (۳)$$

در این رابطه ها ، T زمان تناوب ساختمان و h ارتفاع طبقه می باشند .

به نسبت تغییر مکان جانبی نسبی طرح در طبقه ، به ارتفاع طبقه، نسبت تغییر مکان طبقه یا $\text{drift}_{\text{Ratio}}$ گفته می شود .

$$\text{drift}_{\text{Ratio}} = \frac{\Delta_W}{h} \quad (۴)$$

مدل‌سازی سازه‌ها

به این منظور ۴ سازه بتنی قاب خمشی با شکل پذیری متوسط با دیوار برشی بتن آرمه متوسط با پلان نامنظم برروی خاک نوع S_d مورد تحلیل قرار گرفته اند.

این سازه‌ها توسط نرم افزار SAP 2000 بر اساس آیین نامه ACI 318 (FEMA, 1997) و به روش حالت حدی طراحی شده است. سازه‌ها با ۲ ترکیب متفاوت قرارگیری دیوار برشی در پلان و با ۲ ارتفاع ۸ و ۱۲ طبقه طراحی شده اند. سازه های مورد مطالعه، در منطقه با خطرپذیری بالا (Z=0.35) فرض می‌شوند. در تمام طبقات بار مرده ۶۰۰ و بار زنده ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع هستند. اهمیت سازه ها از نوع متوسط طبق استاندارد ۲۸۰۰ فرض شده است. تحلیل استاتیکی و دینامیکی غیر خطی بر روی مدلهای مورد بررسی، از طریق نرم افزار-Perform 3D v5.0 (PERFOM 3D version 5.0) که یکی از نرم‌افزارهای توانمند در زمینه تحلیل غیر خطی سازه‌ها در برابر زلزله است، انجام شده است. در فرایند تحلیل و طراحی این مدلها مقاومت مشخصه بتن برابر ۲۵ مگاپاسکال ، مدول الاستیسیته بتن برابر ۲۵۳۱۰ مگاپاسکال ، کرنش متناظر

[1] drift

با حداکثر مقاومت بتن برابر ۰/۰۰۲ ، کرنش نهایی بتن برابر ۰/۰۰۳، مقاومت جاری شدن فولاد ۳۰۰ مگاپاسکال و مدول الاستیسیته فولاد برابر ۲۰۰۰۰۰ مگاپاسکال فرض شده است.

در شکل(۱) پلان طبقات سازه های مورد بررسی و نحوه چیدمان دیوار برشی در سازه ها را نشان می دهد.

شکل (۱): پلان سازه های مورد بررسی و نحوه قرارگیری دیوار برشی

در این جدول(۱) شماره طبقات با نماد S و چیدمان دیوار برشی در پوسته را با SHW1 و دیوار برشی در هسته را با نماد SHW2 مشخص می‌کنیم .

جدول(۱): مشخصات کلی قاب‌های مورد مطالعه

شماره قاب	ارتفاع کل (متر)	پریود سازه(S)	برش پایه(ton)
S8 , SHW1	۲۵/۴	۰/۳۸	۳۲۸/۹۷۷
S12 , SHW1	۳۸/۲	۰/۹۲	۵۴۹/۸۷
S8 , SHW2	۲۵/۴	۰/۴۸	۳۰۴/۶۱
S12 , SHW2	۳۸/۲	۱/۰۱	۴۹۲/۰۲۸

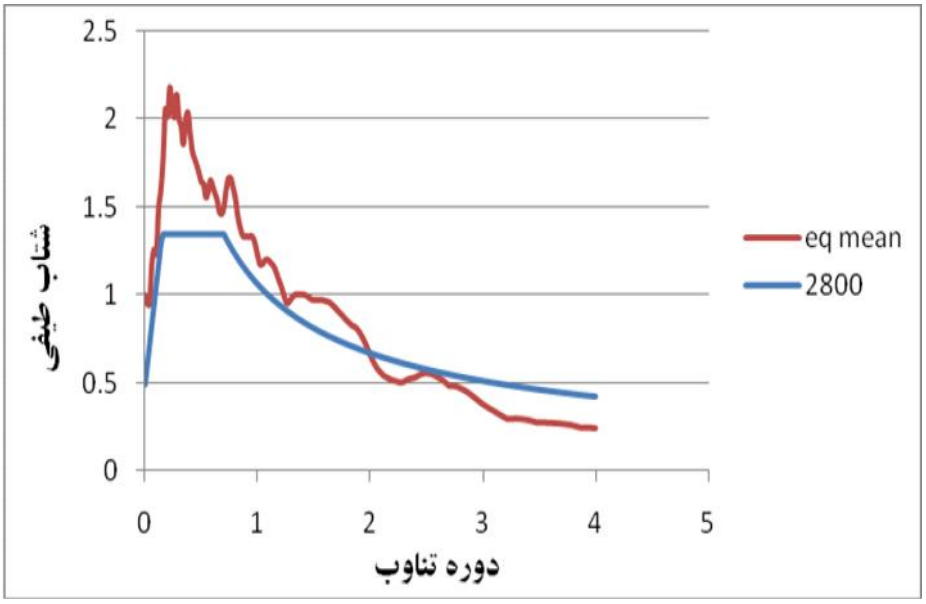
انتخاب زلزله

در جدول (۲) مشخصات زلزله‌های انتخابی برای نوع خاک نوع S_d (نوع ۴) نشان می‌دهد. قابل ذکر است که زلزله‌های انتخابی همگی دور از گسل می‌باشد.

جدول (۲) : زلزله‌های انتخابی برای خاک نوع S_d

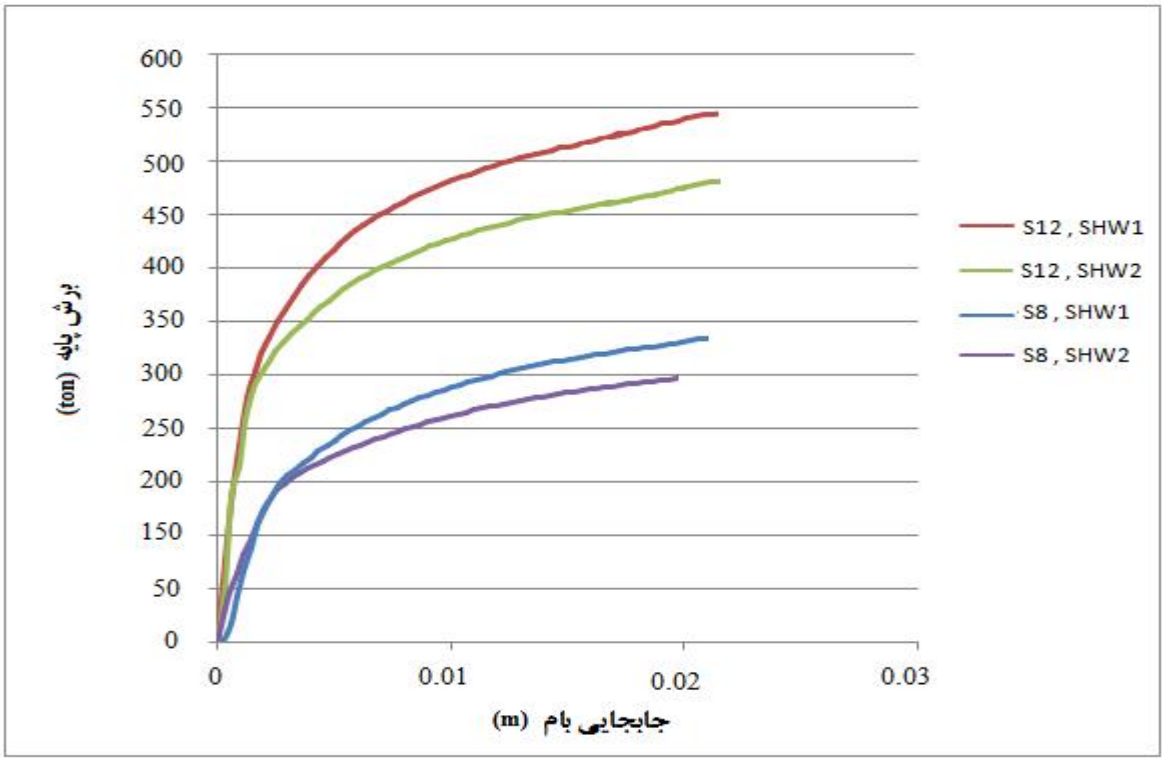
شماره	نام زلزله	مقدار	نام ایستگاه	نام مولفه	PGA
1	Chi-Chi, Taiwan	MS(7.6)	CHY041	CHY041-N	0.639
				CHY041-W	0.302
2	Kobe	MS(6.9)	Kakogawa	KOBE/KAK000	0.251
				KOBE/KAK090	0.345
3	Kocaeli, Turkey	MS(7.8)	Ambarli	KOCAELI/ATS000	0.249
				KOCAELI/ATS090	0.184
4	Landers	MS(7.4)	Yermo Fire	YER270	0.245
				YER360	0.152
5	Loma Prieta	MS(7.1)	1002 APEEL 2 - Redwood City	LOMAP/A02043	0.274
				LOMAP/A02133	0.22
6	Northridge	MS(6.7)	24303 LA - Hollywood Stor FF	NORTHR/HOL090	0.231
				NORTHR/HOL360	0.358
7	Whittier Narrows	MS(5.7)	90010 Studio City - Coldwater Can	WHITTIER/A-CO2092	0.177
				WHITTIER/A-CO2182	0.231

شکل (۲) مقایسه بین طیف میانگین زلزله‌های انتخابی نوع S_d با طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰ را نشان می‌دهد. قابل ذکر است که پارامترهای طیف طراحی آیین نامه ۲۸۰۰ برای خاک نوع S_d برابراست با C_a=۰/۵۶ ، وC_v= ۰/۶۴ است.



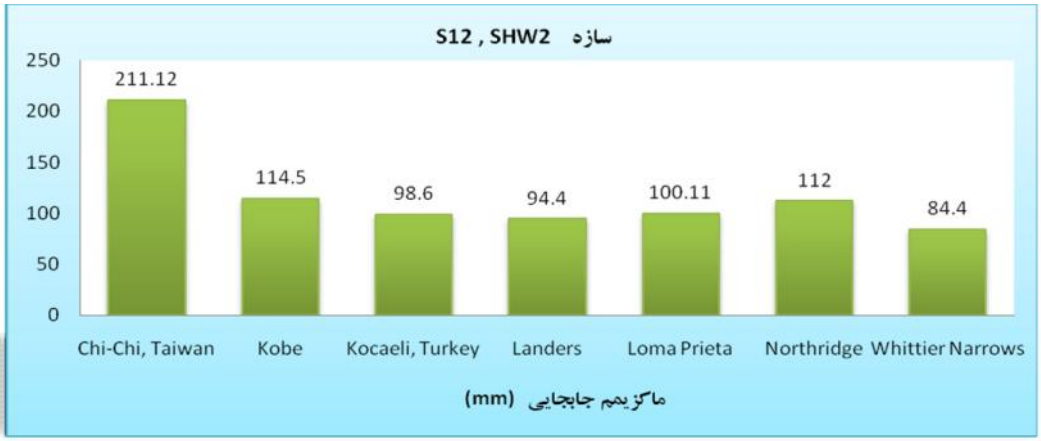
شکل (۲): مقایسه طیف میانگین زلزله با طیف آیین نامه S_d – 2800

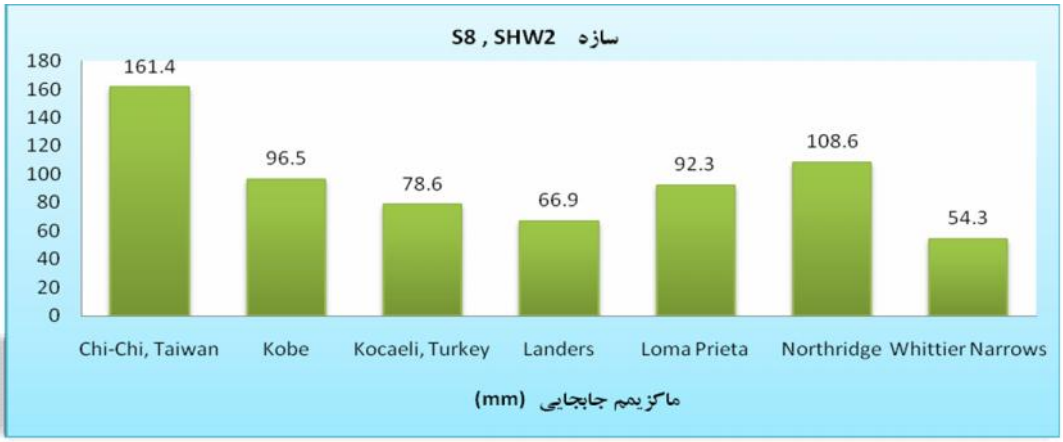
در شکل (۳) منحنی ظرفیت سازه های مورد بررسی حاصل ازتحلیل استاتیکی پرخطی را نشان می دهد .

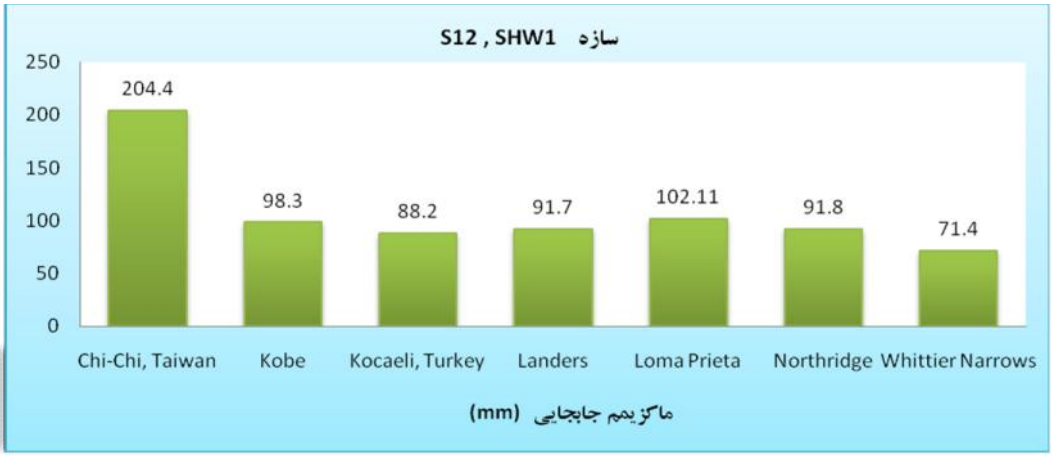


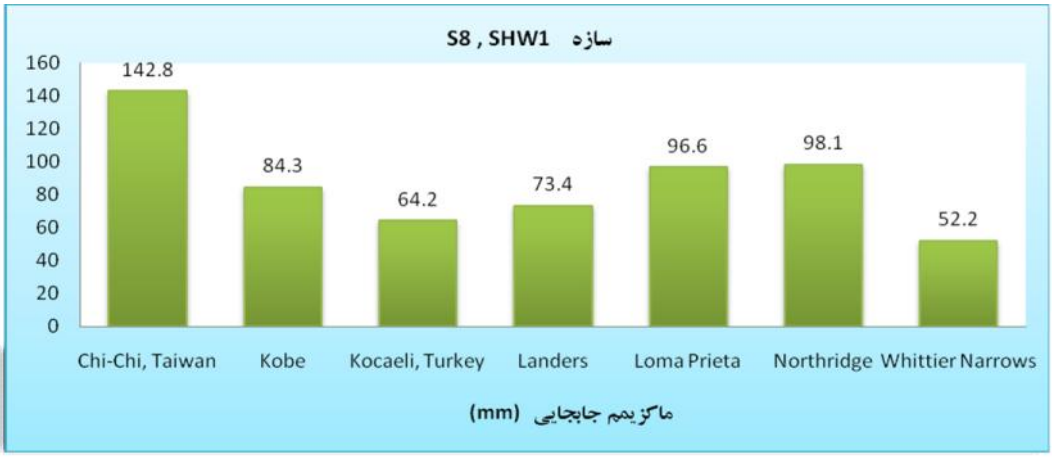
شکل (۳): منحنی ظرفیت سازه های مورد بررسی

در نمودار های شکل (۴) ماکزیمم جابجایی سازه ها در پاسخ به شتاب نگاشت های اعمال شده تحت آنالیز های دینامیکی غیر خطی نشان داده شده است .



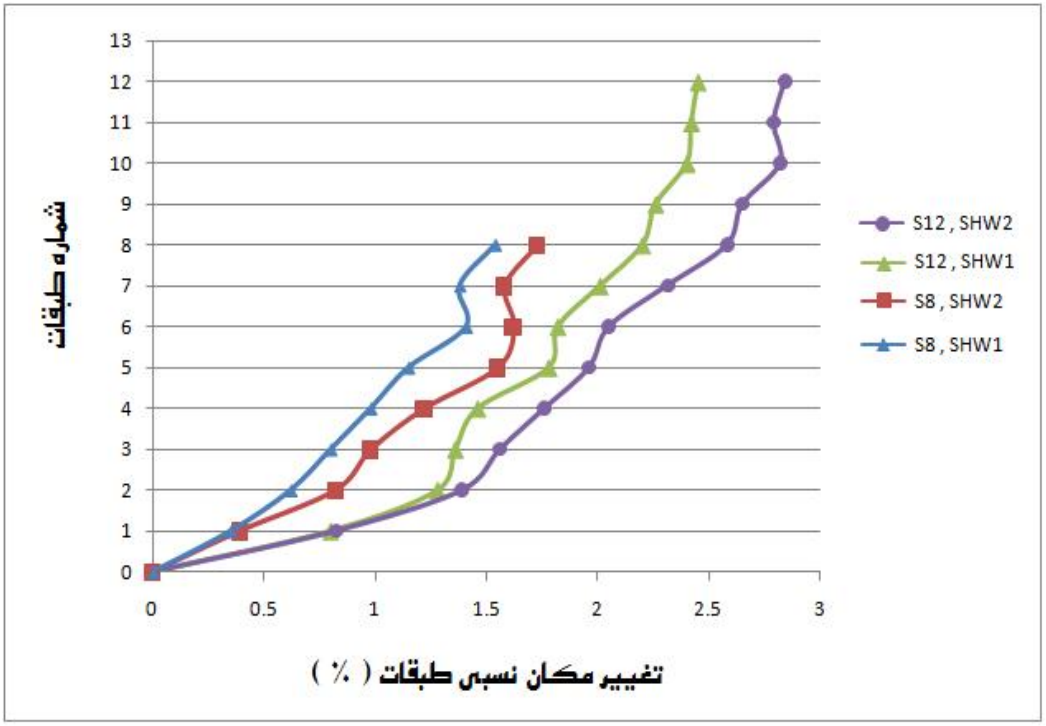






شکل (۴): ماکزیمم پاسخ جابجایی سازه ها در پاسخ آنالیز های دینامیکی غیر خطی

میانگین تغییر مکان نسبی طبقات حاصل از شتاب نگاشت های مختلف در شکل (۵) نشان داده شده است .



شکل (۵) : میانگین تغییر مکان نسبی طبقات حاصل از شتاب نگاشت های مختلف

با توجه به مقادیر تغییر مکان نسبی در تحلیل دینامیکی غیر خطی سطوح عملکردی سازه های مورد بررسی به صورت جداول (۳) نشان داده می شود. با توجه دستور العمل بهسازی لرزه ای (دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود- ۱۳۸۱) , اگر ماکزیمم تغییر مکان نسبی جانبی در سازه کمتر از ۰/۵ درصد باشد سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه (IO)، در صورتیکه این نسبت بین ۰/۵ تا ۱/۵ درصد باشد، سطح عملکرد ایمنی جانی (LS) و چنانچه این مقدار بین ۱/۵ تا ۴ درصد باشد سطح عملکرد آستانه فروریزش (CP) خواهد بود.

جدول (۳) : تغییر مکان نسبی در تحلیل دینامیکی غیر خطی سطوح عملکردی سازه های مورد بررسی(الف –د)

شتاب نگاشت	Chi-Chi	Kobe	Kocaeli	Landers	Loma Prieta	Northridge	Whittier Narrows
درصد ماکزیمم تغییر مکان نسبی	۰.۵۹۷	۰.۲۹۷	۰.۱۹۴	۰.۱۸۸	۰.۵۱	۰.۳۱	۰.۱۷۷
سطح عملکرد	LS	IO	IO	IO	LS	IO	IO

الف – مدل S12 , SHW1

شتاب نگاشت	Chi-Chi	Kobe	Kocaeli	Landers	Loma Prieta	Northridge	Whittier Narrows
درصد ماکزیمم تغییر مکان نسبی	۰.۳۱۸	۰.۱۹۲	۰.۱۲۱	۰.۱۴۱	۰.۲۱	۰.۲۹	۰.۱۵۲
سطح عملکرد	IO	IO	IO	IO	IO	IO	IO

ب – مدل S8 , SHW1

شتاب نگاشت	Chi-Chi	Kobe	Kocaeli	Landers	Loma Prieta	Northridge	Whittier Narrows
درصد ماکزیمم تغییر مکان نسبی	۰.۶۷	۰.۳۱۷	۰.۲۱۴	۰.۱۲۲	۰.۴۱	۰.۲۱	۰.۱۱۴
سطح عملکرد	LS	IO	IO	IO	IO	IO	IO

ج – مدل S12 , SHW2

شتاب نگاشت	Chi-Chi	Kobe	Kocaeli	Landers	Loma Prieta	Northridge	Whittier Narrows
درصد ماکزیمم تغییر مکان نسبی	۰.۴۲۲	۰.۱۹۱	۰.۱۸	۰.۱۳۵	۰.۲۵	۰.۲۶	۰.۱۳
سطح عملکرد	IO	IO	IO	IO	IO	IO	IO

د – مدل S8 , SHW2

نتیجه‌گیری

با توجه به نمودار های تغییر مکان نسبی طبقات نشان داده شده ، می توان نتیجه گرفت که مقادیر تغییر مکان نسبی در سازه‌هایی که دارای دیوار برشی با هسته مرکزی می باشند اندکی بیشتر از حالت با دیوار برشی پیرامونی می باشد و نیز مقادیر تغییر مکان نسبی طبقات با افزایش طبقات روندی افزایشی دارد . با توجه به قرار گیری دیوار برشی و ایجاد مقاومت و سختی کافی ،سطوح عملکردی سازه های مورد بررسی برای شتاب نگاشت های مختلف در محدوده استفاده بی وقفه و در تعدادی از حالت در محدوده ایمنی جانی قرار گرفته اند .

مراجع

دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود(۱۳۸۱)، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزلزله تهران، ایران

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۵، آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش سوم

ACI 318-99 (American concreate institute) 1999.; Building Code Requirements for Structural Concrete; Whittier, California;

De-la-Colina J (2003) Assessment of design recommendations for torsionally unbalanced multistory buildings.Earthquake Spectra; 19:47– 66

FEMA (1997), FEMA356. “NEHRP Guideline for The Seismic Rehabilitation of Building”, Building Seismic Safety Council, Washington DC

PERFOM 3D version 5.0, NONLINEAR ANALYSIS AND PERFORMANCE ASSESMENT FOR 3-D STRUCTURES