

پیشنهاد زوج شتاب‌نگاشت‌های مناسب برای تحلیل سه بعدی غیرخطی در حوزه دور برای تهران

مهدی قاسمیه^{۱*}، محمد حسنی سوخته‌سرای^۲، مرتضی بسطامی^۳

۱ - استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

۲ - دانشجوی دکتری مهندسی زلزله، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

۳ - دانشیار، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

*m.ghassemieh@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۵/۱۲/۲۳]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۵/۳/۳۱]

چکیده

در نواحی مستعد وقوع زلزله، طراحی سازه‌های مهم اغلب در برگیرنده تحلیل دینامیکی کمی است. پرسش‌های مهمی در مورد شدت احتمالی زلزله در نواحی تحت ساخت، مطرح است و مهندسان نیاز به دانستن حرکات یا طیف‌های اعمال شده و یا تعریف پارامتر هستند؛ و تاریخچه‌های زمانی پیش‌بینی شده برای مدل‌سازی دینامیکی در طراحی و یا ارزیابی آسیب‌پذیری مورد نیاز است. تحلیل تاریخچه‌زمانی طبیعی‌ترین روش تحلیل، سازگار با رفتار فیزیکی سازه‌ها حین زلزله است. زوج شتاب‌نگاشت‌ها که در تعیین اثر حرکت زمین استفاده می‌شوند، باید تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین در محل احداث سازه، هنگام وقوع زلزله باشند. در این پژوهش هدف اصلی تهیه فهرست مناسبی از زوج شتاب‌نگاشت‌های حوزه‌ی دور برای استفاده در تحلیل‌های غیرخطی در تهران است. تمرکز اصلی این پژوهش بررسی تمام پارامترهای مؤثر در انتخاب زوج شتاب‌نگاشت مناسب برای تهران بوده‌است و بدین منظور ۱۰۰۰ زوج شتاب‌نگاشت از زلزله‌های که در ایران بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۷ به وقوع پیوسته، بررسی شد و تمام پارامترهای مؤثر در انتخاب زوج شتاب‌نگاشت مناسب برای تهران شامل فاصله، بزرگا، محتوی فرکانسی، ساز و کار زلزله، خاک و مشخصات لایه‌های زمین بررسی شد. در نهایت فهرست مناسبی از زوج شتاب‌نگاشت‌ها برای استفاده تحلیل‌های سه بعدی غیرخطی در تهران ارائه شد. این زوج شتاب‌نگاشت‌های پیشنهادی تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین منطقه است.

واژگان کلیدی: تحلیل دینامیکی، زوج شتاب‌نگاشت، فهرست مناسب، حوزه دور، حرکت واقعی زمین.

۱- مقدمه

که خسارت‌های مالی ناشی از زلزله از سال ۱۹۲۶ تا ۱۹۵۰ حدود ۱۰ هزار میلیون دلار بالغ شده‌است [1]. کشور ما از نظر لرزه‌خیزی در منطقه فعال جهان قرار دارد؛ به گواهی اطلاعات و مستندات علمی از خطرپذیرترین مناطق

به طور متوسط هر ساله ۱۰۰۰۰ نفر به سبب زلزله جان خود را از دست می‌دهند و بررسی‌های یونسکو^۱ نشان می‌دهد

1 UNESCO

همچنین برای بررسی رفتار سازه و مؤلفه‌های آن در برابر زلزله و ایجاد یک پروتکل بارگذاری هماهنگ برای آزمایش‌ها، که مدل سازی مناسبی از واقعیت را نشان دهد؛ در اختیار داشتن تاریخچه بارگذاری منطقه لازم است. هدف پروتکل‌های بارگذاری شبیه‌سازی نیروهایی است؛ که در خود، طیف کاملی از نیروهای اعمالی زلزله را دارند. نیروهای تحمیلی زلزله باید با توجه به تاریخچه بارگذاری منطقه، که بر اساس شرایط زمین‌شناسی و گسل‌های منطقه بدست می‌آید؛ حاصل شود. یکی از مهمترین پروتکل‌های بارگذاری، ATC [11] و پروتکل آماده‌شده توسط کلارک¹ و همکاران [12] است. که برای سازه‌ها و مؤلفه‌های سازه‌های فولادی تدوین شده است. همان‌گونه که بیان شد، برای دستیابی به پروتکل بارگذاری مناسب، بیش از پیش نیاز به تهیه فهرست از شتاب‌نگاشت‌های مناسب با توجه به زلزله‌های اتفاق افتاده در منطقه است که شرایط منطقه را به خوبی در خود داشته و قابلیت اعمال به سازه و مؤلفه‌های سازه‌ای را داشته باشد. بر همین اساس در پروتکل بارگذاری پایه، که توسط کلارک و همکاران ارائه شده است؛ ۴۰ شتاب‌نگاشت حوزه‌ی دور متناسب با شرایط لرزه‌خیزی منطقه لس‌آنجلس انتخاب شد.

همچنین دستورالعمل FEMA-P695 [13]، ۲۲ شتاب-نگاشت برای زلزله‌های حوزه‌ی دور پیشنهاد کرده است. میانگین بزرگای گشتاوری برای شتاب‌نگاشت‌های انتخابی این فهرست، ۷ بوده است. و ایستگاه‌هایی که خاک آن‌ها در کلاس D و C هستند؛ پیشنهاد شده است. در مورد سازوکار چشمه-های لرزه‌زا وزن بیشتری از لرزه‌های پیشنهادی به سازوکار امتدادلغز داده شده است. زلزله‌هایی که در آمریکا اتفاق می‌افتند بیشتر در ناحیه‌ی کالیفرنیا هستند و سازوکار گسل در این منطقه امتدادلغز است.

این مطالعه با بررسی حدود ۱۰۰۰ زوج شتاب‌نگاشت تصحیح شده، از زلزله‌هایی که بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۷ که در ایران ثبت شده‌اند؛ فهرست مناسبی از شتاب‌نگاشت بر اساس پارامترهای مدنظر آیین‌نامه‌های طراحی و لرزه‌ای، برای انجام آنالیزهای تاریخچه‌زمانی سازه‌ها و ابنیه در تهران با توجه

جهان محسوب میشود؛ در سال‌های اخیر به طور متوسط هر پنج سال یک زمین لرزه با صدمات جانی و مالی بسیار بالا در نقطه‌ای از کشور رخ داده است [2] و در حال حاضر ایران در صدر کشورهایی است که وقوع زلزله در آن با تلفات جانی همراه است. شهر تهران با جمعیت بسیار که در آن زندگی می‌کنند دارای اهمیت ویژه در کشور است؛ این شهر توسط چندین گسل فعال احاطه شده است و مدیریت بحران در کلان شهر تهران از الزامات در کشور محسوب می‌شود.

به دلیل عدم قطعیت‌های موجود در زلزله، برآورد قابل قبول نیروهای زلزله و ایجاد یک رویکرد هماهنگ متناسب با لرزه-خیزی هر منطقه حایز اهمیت است. در نواحی مستعد وقوع زلزله، طراحی سازه‌های بزرگ و صنعتی از قبیل ساختمان‌های مرتفع، سدها و پل‌ها اغلب متضمن تحلیل‌های دینامیکی کمی است؛ مهندسان پرسش‌های مهمی در مورد شدت احتمالی زلزله در نواحی تحت ساخت مطرح می‌کنند و نیازمند دانستن حرکات یا طیف‌های اعمال شده و با تعریف پارامترها هستند. بنابراین تاریخچه‌های زمانی پیش‌بینی شده‌ای مورد نیاز است. تحلیل تاریخچه‌زمانی غیرخطی طبیعی‌ترین روش تحلیل سازگار با رفتار فیزیکی سازه‌ها حین زلزله است [3]. شتاب‌نگاشت‌هایی که در تحلیل تاریخچه زمانی در تعیین اثر حرکت زمین استفاده می‌شوند باید تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین در محل احداث سازه هنگام وقوع زلزله باشند [4]. متأسفانه این نکته که رکوردهای مناسب باید با توجه به شرایط حاکم بر چشمه لرزه‌زا، ویژگی‌های زمین‌شناسی، تکتونیکی، فاصله از گسل و بزرگا منطقه انتخاب شوند، مورد غفلت قرار می‌گیرد. حال آن که آیین‌نامه‌های طراحی و لرزه‌ای مانند، استاندارد ۲۸۰۰ [5&6]، بارگذاری آمریکا ASCE-7 [7&8] و استاندارد اروپا EuroCode-8 [9] به صراحت بیان میکنند که رکوردهای مناسب، باید به گونه‌ای انتخاب شوند که ویژگی‌های زمین‌شناسی، تکتونیکی و همچنین ساز و کار چشمه لرزه‌زا فاصله از گسل و بزرگا در فهرست انتخابی رعایت شوند. بنابراین انتخاب شتاب‌نگاشت در تحلیل تاریخچه زمانی مهم است و نتایج تحلیل مورد نظر به طور کامل به انتخاب فهرست بستگی خواهد داشت [10].

در ادامه با استفاده از منابع و اطلاعات USGS [16]، به تخمین سرعت موج برشی در عمق ۳۰ متری و طبقه‌بندی نوع خاک تمامی ایستگاه‌های بانک اطلاعاتی صورت گرفته است. مطابق نقشه توپوگرافی شکل‌های (۱ و ۲) و آزمایش‌های میدانی در نقاط مختلف منطقه، قسمت اعظم تهران دارای میانگین سرعت موج برشی بیش از ۳۰۰ متر بر ثانیه است و با توجه به طبقه‌بندی تپ‌های مختلف خاک مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ [5 و 6]، عمده خاک منطقه دارای تپ یک و دو است.

شکل ۱. نقشه توپوگرافی ایران، ارایه سرعت موج برشی در عمق ۳۰ متری از زمین [16]

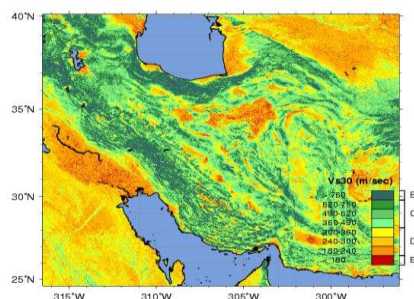


Fig. 1. Zoning map of shear wave velocity at depth of 30 m from ground surface for Iran [16]

شکل ۲. نقشه توپوگرافی تهران و ارائه سرعت موج برشی در عمق ۳۰ متری [16]

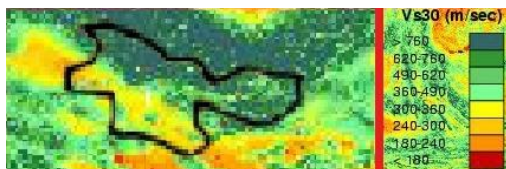


Fig. 2. Zoning map of shear wave velocity at depth of 30 m from ground surface for Tehran [16]

جدول ۱. میانگین سرعت موج برشی در عمق ۳۰ متری در ایستگاه‌های شتاب‌نگاری در تهران [15]

Average shear wave velocities at depth of 30 m	Height from sea level	acceleration record station
718	976	Pakdasht
733	1490	Abbaspour University
696	1283	Azadi Stadium
1078	1909	Firouzkouh
821	1737	Ghazal Park
886	1265	Hashtgerd
1116	1405	Housing and building research center
586	1812	Jamshidiyeh Park
605	444	Kahrizak
789	1220	Sharif industrial Park
783	1220	Takhti Stadium
357	1117	Vahidiyeh

Table 1. Average shear wave velocities at depth of 30 m in acceleration record stations located in Tehran [15]

به شرایط توپوگرافی، زمین‌شناسی و تکتونیکی منطقه مدنظر، پیشنهاد شده‌است. جامعه اطلاعاتی شتاب‌نگاشتی این مطالعه از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی بوده‌است. تمامی رکوردهای این مطالعه بر اساس روش موجک تصحیح شدند؛ در این روش هر سیگنال به چندین سیگنال در محدوده تواتری مختلف تجزیه می‌شود و با توجه به معیارهای مشخص برآوردی از نوفه در محدوده فرکانسی به دست می‌آید و سپس آن نوفه حذف می‌شود و سیگنال به دست آمده تصحیح می‌شود.

۲- بررسی زمین‌شناسی و سازوکار گسل‌های فعال منطقه

به طور معمول در ادبیات فنی از سرعت موج برشی در عمق ۳۰ متری لایه زمین برای طبقه‌بندی خاک منطقه استفاده می‌شود [14]. استاندارد ۲۸۰۰ [5 و 6] نیز طبقه‌بندی خاک را بر اساس سرعت امواج برشی انجام داده‌است. در این مطالعه ابتدا بررسی زمین‌شناسی و مشخصات لایه‌های زمین در شهر تهران صورت گرفته است. بدین منظور از گزارش مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن [15] استفاده شد. در این گزارش با استفاده از روش‌های لرزه‌نگاری شکست مرزی، میانگین سرعت موج برشی در عمق ۳۰ متری برای نقاط مختلف شهر تهران بدست آمده است. در جدول زیر میانگین سرعت موج-برشی در عمق ۳۰ متری در برخی از ایستگاه‌های شتاب‌نگاری شهر تهران آمده‌است. این نقاط به طور پراکنده در سطح شهر انتخاب شده است

است.

زلزله‌ای که توسط یک گسل به وقوع می‌پیوندد فاصله مشخصی را تحت تاثیر قرار می‌دهد پس نمی‌توان به صورت خاص یک عدد خام را برای مرز بین حوزه‌ی دور و حوزه‌ی نزدیک مشخص نمود که این امر در تفاوت معیارهای ارایه شده توسط افراد مختلف در ادبیات فنی مشاهده می‌شود.

شکل ۳. مولفه در امتداد گسل شتاب‌نگاشت تصحیح شده زلزله گرمخان ثبت در ایستگاه گیفان

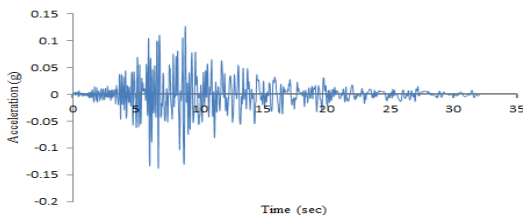
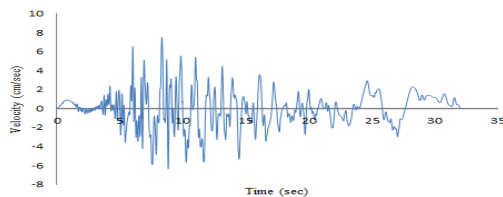


Fig. 3. Corrected acceleration record component perpendicular to the fault (Garmkhan event, Gifan station)

شکل ۴. بیشینه‌ی زمانی سرعت انتگرال‌گیری شده، برای مولفه در امتداد با گسل زلزله گرمخان ثبت در ایستگاه گیفان



Fi. 4. Maximum integrated velocity for component along with the fault (Garmkhan event, Gifan station)

ضریب تشدید حوزه‌ی نزدیک برای اولین بار در آیین‌نامه UBC-97 [22] ارایه شد از طرفی آیین‌نامه بارگذاری آمریکا ASCE-7-10 [8] در سال ۲۰۱۰ مرز بین حوزه‌ی دور و حوزه‌ی نزدیک در بخش شانزدهم آیین‌نامه فوق که مربوط به چگونگی هم پایه کردن رکوردهایی که برای آنالیز تاریخیچه- زمانی انتخاب می‌شوند، است برابر ۵ کیلومتر از گسل فعال در نظر گرفته است. همچنین در سال ۲۰۱۱ گزارشی توسط موسسه NEHRP [21] منتشر شد که در پیوست C این گزارش عدد ۱۶ کیلومتر را مرز ناحیه حوزه‌ی نزدیک و دور عنوان کرد. اعداد و ارقام مختلف در ادبیات فنی حکایت از عدم قطعیت و عدم نتیجه‌گیری نهایی است.

در گام بعدی مطالعه، سازوکار گسل‌های فعال در منطقه بررسی شد. برای نیل به این هدف داده‌هایی هم‌چون گزارش جایکا [17] که به ریز پهنه‌بندی مناطق تهران پرداخته است، و همچنین مطالعه اشتیری جعفری [18] بررسی شدند. جعفری در این مطالعه به گسل‌های اطراف تهران و دوره بازگشت آن‌ها پرداخته است. و در ادامه، ساز و کار گسل‌های فعال در ایران و در نهایت ساز و کار گسل‌هایی که تاکنون باعث زلزله در منطقه شده‌اند [19]، بررسی شد. قسمت اعظم گسل فعال تهران دارای ساز و کار معکوس و امتدادلغز است. که می‌توان به گسل مشا و شمال اشاره کرد؛ این دو گسل دارای طول بیشتر نسبت به سایر گسل‌های فعال در منطقه هستند، گسل‌های مشا و شمال در بیشتر طول خود دارای سازوکار معکوس و در قسمتی از طول نیز، خود دارای سازوکار امتدادلغز است. بنابراین سهم متناسبی از ساز و کارهای معکوس و امتدادلغز برای فهرست پیشنهادی در نظر گرفته شد.

۳- انتخاب شتاب‌نگاشت‌های مناسب برای زلزله‌های حوزه‌ی دور

مقادیر بیشینه شتاب زمین^۱، سرعت زمین^۲ و جابه‌جایی زمین^۳ در تحلیل و طراحی لرزه‌ای اهمیت دارند. اما این پارامترها به تنهایی شدت لرزش‌هایی را که سازه‌ها با تجهیزات درون سازه‌ها دستخوش آن می‌شود، توصیف نمی‌کنند. عواملی دیگر از قبیل بزرگی زلزله، فاصله از گسل یا مرکز زلزله، مدت زمان حرکت شدید زلزله، وضعیت خاک منطقه و محتوی فرکانسی حرکت نیز بر پاسخ سازه تاثیر می‌گذارد. بر همین اساس در این مطالعه ۱۴ زوج شتاب‌نگاشت با توجه به تمامی پارامترهای تاثیر گذار و مؤثر در انتخاب شتاب‌نگاشت در تحلیل های غیرخطی در حوزه‌ی دور برای منطقه تهران پیشنهاد می‌شود. در جدول (۱) تمامی ۱۴ زوج شتاب‌نگاشت ارایه شده-

- 1 PGA
- 2 PGV
- 3 PGD

جدول ۲. زوج شتاب‌نگاشت‌های پیشنهادی

Number	Event Name	Event Magnitude(Richter)	year	Station	Component
1	Aghghala	5.6	2004	Gorgan	Transvers & Longitudinal
2	Bam	6.5	2003	Mohamadabad	Transvers & Longitudinal
3	Changoreh	6.4	2002	Razan	Transvers & Longitudinal
4	Gharmkhan	6.5	1997	Gifan	Transvers & Longitudinal
5	Gheshm	5.9	2005	Suza	Transvers & Longitudinal
6	Karebas	6.1	1999	Khanzeynion	Transvers & Longitudinal
7	Khuli-baniabad	7.1	1979	Ghaen	Transvers & Longitudinal
8	Kojour	6.2	2004	dam.karaj	Transvers & Longitudinal
9	Rudbar	7.3	1990	Abhar	Transvers & Longitudinal
10	Silakhor	6.1	2006	Chaghalvandi	Transvers & Longitudinal
11	Tabas	7.4	1978	Deyhok	Transvers & Longitudinal
12	Zanjiran	5.8	1994	Firouzabad	Transvers & Longitudinal
13	Zarand	6.3	2005	Dam.shirinroud	Transvers & Longitudinal
14	Zirkoh	7.2	1997	Sangan	Transvers & Longitudinal

Table 2. Suggested pair acceleration records

تخریب شدید در سازه می‌شود. با توجه به دینامیک سازه‌ها، رفتار و پاسخ سازه‌ها در صورت تحریک پالس گونه و به صورت تک ضربه تابع میرایی نیست [23]. بنابراین افزایش میرایی‌های مختلف از قبیل هیستریزیس، ویسکوز و ... به لحاظ فنی امکان‌پذیر نیست و پیشنهاد شد که در صورت الزام به تحلیل چنین سازه‌هایی در برابر حرکت پالس گونه از آثار کاهنده میرایی چشم‌پوشی شود [24]. شایان ذکر است که این موضوع در تمامی زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک مشاهده نمی‌شود. عامل اصلی تولید پالس در رکوردهای حوزه‌ی نزدیک اثرات جهت‌گیری پیش‌رونده^۲ است. از طرفی عدم وجود پالس در رکوردها دلیل بر حوزه‌ی دور بودن رکورد نیست به دلیل آن که ممکن است محل ثبت زلزله حوزه‌ی نزدیک در ناحیه خنثی یا پشت به گسیختگی گسل^۳ باشد. که در این صورت تمامی آثار حوزه‌ی نزدیک از قبیل انرژی بالا و محتوی فرکانسی میرا نشده در رکوردها قابل لمس است.

نکته قابل توجه دیگر سرعت بارگذاری در زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک است. زلزله فوق به دلیل ماهیت ضربه‌ای خود سرعت بالایی در انتقال بار و انرژی به سازه را خواهند داشت [25]. لازم به گفتن است که نرخ بارگذاری و سرعت اعمالی به سازه در حوزه‌ی نزدیک در حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر بر ثانیه است که در زلزله‌های دور در محدوده‌ی ۳۰ تا ۴۰ سانتی-

بنابراین باید علت تمایز زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک و حوزه-ی دور بررسی شود. اولین تفاوت میان زلزله‌های این دو حوزه، عدم وجود آثار مسیر در زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک است. در مسیر عبور امواج زلزله به دلیل تغییر شکل و توانایی جذب انرژی، میزان قابل توجهی از انرژی زلزله میرا می‌شود. بنابراین در زلزله‌ها با بزرگا و شرایط ساخت‌گاهی مشابه، زلزله‌های حوزی دور از سطح انرژی پایین‌تری نسبت به زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک برخوردار هستند. از طرفی به دلیل تاثیر محتوی فرکانسی خاک مسیر عبور امواج زلزله شاهد آرام شدن^۱ رکوردهای حوزه‌ی دور خواهیم بود. در نتیجه محتوی فرکانسی زلزله‌های حوزه‌ی دور به صورت قابل توجهی به سمت فرکانس‌های پایین حرکت خواهد کرد، که این موضوع در طیف فوریه رکوردهای حوزه‌ی دور کاملاً قابل لمس است. بنابراین زلزله‌های حوزه‌ی دور در طی حرکت در مسیر، نامنظمی و اغتشاشات خود را به مرور از دست داده و به علت میرایی خاک به سمت هارمونیک شدن حرکت می‌نماید که در نمودار تاریخچه شتاب و سرعت به طور محسوسی قابل لمس است. یکی از اساسی‌ترین تفاوت بین زلزله‌های این دو حوزه این است که زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک شبیه به اثر ضربه است که در نتیجه‌ی آن درصد بالایی از انرژی زلزله طی حرکت شبیه به ضربه که به پالس موسوم است، به سازه وارد شده و موجب

2 Forward Directivity
3 Backward Directivity

1 Smothing

در گام بعد بررسی عمق کانونی زلزله صورت گرفت؛ و عمق کانونی برای تمامی رکوردها بر اساس بانک اطلاعاتی [19] به دست آمد. و مقایسه فاصله ایستگاه‌های ثبت رکورد تا محل وقوع زلزله و عمق کانونی هر زلزله صورت گرفت. در ادامه برای شتاب‌نگاشت‌هایی که فاصله ثبت رکورد تا محل وقوع زلزله کمتر از دو برابر عمق کانونی زلزله شد، بررسی پیک سرعت رکورد در نمودار سرعت‌نگاشت و سپس طیف پاسخ یک درجه آزادی با میرایی ۵ درصد شتاب‌نگاشت-ها صورت گرفت. و رکوردهایی که دارای پیک سرعت بیشتر از ۵۰ سانتی‌متر بر ثانیه به همراه پالس پیرودی بلند بودند؛ و همچنین رکوردهایی که دارای جهش در پیرودهای بلند در طیف پاسخ بودند؛ در جامعه اطلاعاتی قرار نگرفتند. به عبارتی شتاب‌نگاشت‌هایی که مولفه‌های زلزله‌های حوزه نزدیک با جهت‌گیری پیش‌رونده در آن وجود دارد، از جامعه اطلاعاتی کنار گذاشته شدند. در جدول (۳) عمق کانونی و فاصله ایستگاه ثبت رکورد تا مرکز زلزله برای فهرست شتاب‌نگاشتی پیشنهادی آورده شده است. کمترین فاصله ثبت تا محل وقوع زلزله برای فهرست پیشنهادی برابر ۱۷/۱ کیلومتر است. شایان ذکر است که در فهرست پیشنهادی [13] FEMA-P 695 کمترین فاصله برابر ۱۱/۱ کیلومتر بوده است.

متر بر ثانیه جای خواهند گرفت. زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک که دارای پالس پیرودی بلند هستند، می‌توانند سازه‌های با ارتفاع زیاد که در محدوده‌ی فرکانسی این پالس هستند را به شدت تحریک نماید. پالس فوق به صورت معمول پیرودی در حدود یک تا چهار ثانیه داشته پس به دلیل وجود پالس فوق، طیف زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک توانایی تحریک سازه‌های در محدوده‌ی پیرودی این پالس را دارد. بنابراین طیف پاسخ زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک معمولاً دارای دو پیک است. پیک اول ناشی از محتوی فرکانسی زلزله و پیک دوم ناشی از افزایش پاسخ سازه یک درجه تشدید شده به وسیله شتاب-نگاشت پالس دار است. شایان ذکر است در همین راستا آیین‌نامه UBC-97 [22] اقدام به تغییر شکل طیف طراحی در صورت قرار گرفتن در ناحیه حوزه‌ی نزدیک گسل نموده است.

با توجه به نکات مطرح شده در خصوص ویژگی زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک، در این مطالعه نخست بررسی فاصله‌ی ایستگاه‌ها ثبت رکورد تا محل وقوع زلزله صورت گرفت. بدین منظور شتاب‌نگاشت‌هایی که فاصله‌ی ایستگاه ثبت رکورد و محل وقوع زلزله کمتر از ۳ مایل بودند در جامعه اطلاعاتی قرار نگرفته است. این امر با توجه به دستورالعمل [8] ASCE-07 لحاظ شده است.

جدول ۳. عمق کانونی هر زلزله و فاصله ایستگاه ثبت رکورد تا مرکز زلزله برای فهرست پیشنهادی

Event Name	Station	Component	Hypocentral Event (Km)	Epicentral Distance (Km)
Aghghala	Gorgan	Transvers & Longitudinal	12	38.58
Bam	Mohamadabad	Transvers & Longitudinal	15	49.07
Changoreh	Razan	Transvers & Longitudinal	15	31.81
Gharmkhan	Gifan	Transvers & Longitudinal	15	57.01
Gheshm	Suza	Transvers & Longitudinal	12	17.10
Karebas	Khanzeynion	Transvers & Longitudinal	17.4	57.01
Khuli-baniabad	Ghaen	Transvers & Longitudinal	25	52.00
Kojour	dam.karaj	Transvers & Longitudinal	22	56.96
Rudbar	Abhar	Transvers & Longitudinal	15	100.67
Silakhor	Chaghalvandi	Transvers & Longitudinal	17	35.88
Tabas	Deyhok	Transvers & Longitudinal	11	18.73
Zanjiran	Firouzabad	Transvers & Longitudinal	15	27.76
Zarand	Dam.shirinroud	Transvers & Longitudinal	12	28.20
Zirkoh	Sangan	Transvers & Longitudinal	15	71.49

Table 3. Focal depth and distance between the station and hypocenter

شکل ۵. منحنی انرژی مولفه در امتداد گسل زلزله گرمخان ثبت در ایستگاه گیفان

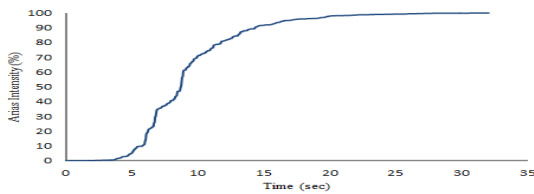


Fig. 5. Energy graph for component along with the fault direction for Garmkhan event in Gifan station

بیشینه شتاب زمین برای تعیین مقیاس طراحی زلزله و پیشینه‌ی زمانی به طور گسترده استفاده می‌شود. بنابراین یکی از مواردی که باید در انتخاب شتاب‌نگاشت توجه کرد بیشینه شتاب زمین است. در تمامی آیین‌نامه‌ها شتاب‌نگاشت‌هایی که برای انجام آنالیز تاریخچه‌زمانی انتخاب می‌شوند، باید با طیف طرح استاندارد منطقه مقایسه شوند. و ضریب مقیاس مناسب برای انجام تحلیل برای هر یک از زوج شتاب‌نگاشت در اختیار قرار گیرد. بنابراین در صورتی که در فهرست شتاب‌نگاشتی، هر مولفه شتاب‌نگاشت دارای حرکت شتاب حرکت زمین کم باشد، با اعمال ضریب مقیاس بسیار زیاد آیین‌نامه‌ای به طیف منطقه می‌رسد. که با این کار محتوی فرکانسی شتاب‌نگاشت‌ها تغییر خواهد کرد. برای این منظور که محتوی فرکانسی شتاب‌نگاشت‌های پیشنهادی در آنالیز تاریخچه‌زمانی تغییر نکند. شتاب‌نگاشت‌هایی که هر دو مولفه در امتداد با گسل و متعامد با گسل آن‌ها دارای حداکثر شتاب زمین کمتر از $0.1g$ بودند در فهرست پیشنهادی در نظر گرفته نشد. در شکل (۶) مقایسه بین میانگین طیف پاسخ ۵ درصد میرا شده فهرست پیشنهادی و طیف‌های طرح استاندارد برای خاک نوع اول و دوم در پهنه-بندی با خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد صورت گرفته است. که همپوشانی مناسبی بین میانگین طیف فهرست پیشنهادی و طیف‌های طرح استاندارد در پریودهای کوتاه و متوسط مشاهده می‌شود. در جدول (۴) بیشینه شتاب زمین، بیشینه سرعت زمین و مدت زمان حرکت شدید زمین برای فهرست پیشنهادی آمده-است. بیشترین مقدار بیشینه شتاب زمین برابر $0.501g$ برای مولفه در امتداد با گسل زلزله زرنده ثبت در ایستگاه سدشیرین-

با توجه به این که مدت زمان حرکت شدید زمین، یکی از عوامل مهم در انتخاب شتاب‌نگاشت مناسب می‌باشد و رابطه مستقیم با میزان انرژی که توسط شتاب‌نگاشت به سازه اعمال خواهد شد، دارد [25]. در ادامه روند انتخاب فهرست پیشنهادی، بررسی مدت زمان تداوم حرکت شدید زلزله برای تمامی رکوردهای جامعه اطلاعاتی صورت پذیرفت. در این زمینه چندین پژوهشگر روش‌هایی برای محاسبه‌ی مدت زمان حرکت شدید زمین یک شتاب‌نگاشت ارئه کردند.

پیچ و دیگران [26] و بولت [27] دوره‌ی گروه‌بندی شده‌ای را که فاصله‌ی زمانی بین اولین و آخرین شتاب‌های اوج بزرگتر از مقداری مشخص که معمولا $0.05g$ است، پیشنهاد کردند. تریوفوناک و برادی [28] دوره‌ی تداوم حرکت شدید زمین را به صورت فاصله‌زمانی که طی آن سهم چشمگیری از انتگرال مربع شتاب، که به شدت شتاب‌نگاشت موسوم است وجود داشته باشد تعریف می‌کنند. آن‌ها فاصله‌ی زمانی بین سهم‌های ۵ تا ۹۵ درصد را به عنوان مدت زمان حرکت شدید زمین برگزیدند. روش سوم که توسط مک‌کان و شاه [29] پیشنهاد شد بر آهنگ ورود انرژی میانگین، مبتنی است.

در این مطالعه مبتنی بر روش تریوفوناک و برادی مدت زمان حرکت شدید زمین بررسی شد. بر همین اساس نمودار انرژی‌ی تمامی شتاب‌نگاشت‌ها در بازه‌ی بین ۵ تا ۹۵ درصد انرژی بررسی شد و شتاب‌نگاشت‌هایی که زمان حرکت شدید زمین در بازه انرژی مدنظر کمتر از ۷ ثانیه بودند، برای جامعه اطلاعاتی در نظر گرفته نشدند. بر همین اساس منحنی انرژی تمامی شتاب‌نگاشت‌ها به دست آمد و بررسی در مورد مدت زمان حرکت شدید زمین صورت گرفت. در شکل (۵) منحنی انرژی برای مولفه‌ی در امتداد گسل زلزله گرمخان، ثبت در ایستگاه گیفان آورده شده است. مدت زمان حرکت شدید زمین در بازه‌ی بین ۵ تا ۹۵ درصد انرژی به دست آمد. برای مولفه در امتداد با گسل این زلزله برابر $12/03$ ثانیه است.

امتداد لغز است. در شکل‌های (۷ و ۸) منحنی‌های، بیچ‌بال برای زلزله‌ی زنجیران و گرمخان مشاهده می‌شود. و در جدول (۴) میانگین سرعت موج برشی، تیپ‌بندی خاک مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ و ساز و کار زلزله، برای فهرست پیشنهادی آمده‌است. محتوی فرکانسی یکی از مهمترین پارامترهای است که در پاسخ سازه موثر است. میزان تحریک‌پذیری سازه‌ها با توجه به باند فرکانسی غالب در هر شتاب‌نگاشت بسیار حائز اهمیت است. در صورتی که سازه با فرکانس مدنظر در محدوده فرکانس غالب شتاب‌نگاشت قرار گیرد سازه با پدیده تشدید روبرو می‌شود. در ادامه مطالعه محتوی فرکانسی تمامی فهرست پیشنهادی شتاب‌نگاشتی بررسی شد و پررود غالب هر شتاب-نگاشت به دست آمد. در جدول (۴) پررود غالب و دامنه‌ی فرکانسی شتاب‌نگاشت‌های فهرست مدنظر آمده‌است. همچنین در شکل (۹) محتوی فرکانسی برای مولفه‌های در راستای گسل زلزله گرمخان که در ایستگاه گیفان ثبت شده، آورده شده است.

شکل ۷. منحنی بیچ‌بال مربوط به زلزله‌ی زنجیران

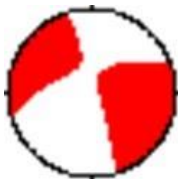


Fig. 7. Beachball diagram for Zanjiran event

شکل ۸. منحنی بیچ‌بال مربوط به زلزله‌ی گرمخان

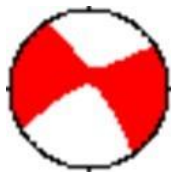


Fig. 8. Beachball diagram for Gharkhan event

شکل ۹. محتوی فرکانسی مولفه در امتداد با گسل زلزله گرمخان ثبت در ایستگاه گیفان

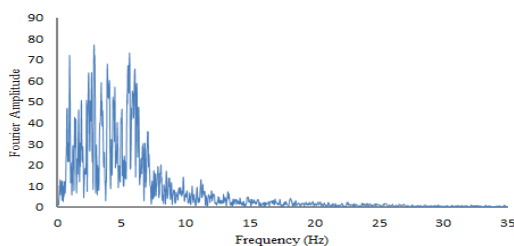


Fig. 9. Frequency content for the component along with the Garmkhan fault recorded in Gifan station

رود است. بیشترین بیشینه سرعت زمین برابر ۵۷/۸۱ سانتی‌متر بر ثانیه برای مولفه‌ی متعامد با گسل زلزله رودبار ثبت در ایستگاه ابهر است. بیشترین مدت زمان حرکت شدید زمین برابر ۳۶/۳۸ ثانیه برای مولفه در امتداد با گسل زلزله زیرکوه ثبت در ایستگاه سنگان است.

شکل ۶. مقایسه میانگین طیف پاسخ فهرست پیشنهادی با طیف‌های طرح استاندارد برای پهنه‌بندی با خطرپذیری زیاد و بسیار زیاد

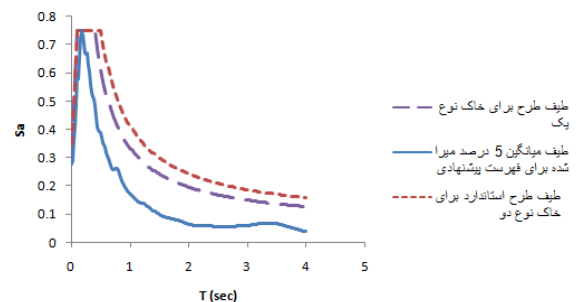


Fig. 6. Comparison of response spectra

با توجه به مطالعات زمین‌شناسی تهران و برآورد مناسبی که از میانگین سرعت موج برشی در عمق ۳۰ متری در نقاط مختلف صورت گرفت است. همان‌گونه که در قسمت ۲ به تفصیل بیان شد؛ قسمت اعظم شهر تهران دارای سرعت موج برشی بیش از ۳۰۰ متر بر ثانیه است و با توجه به دسته‌بندی خاک در استاندارد ۲۸۰۰ [5 و 6]، بیش از ۷۵ درصد خاک در شهر تهران دارای تیپ خاک ۱ و ۲ و مابقی دارای تیپ خاک ۳ است. بر همین اساس سعی شد، که در انتخاب ایستگاه‌های ثبت رکورد، سهم مناسبی از ایستگاه‌ها به این حد از سرعت موج برشی، اختصاص داده شود؛ تا بیشترین هماهنگی با شرایط خاک منطقه تهران را داشته باشد.

با توجه به ساز و کار گسل‌های فعال در تهران که در قسمت ۲ به تفصیل بیان شد، در فهرست پیشنهادی سهم مناسبی متناسب با ساز و کار منطقه در نظر گرفته شد. برای نیل به این هدف از جامعه اطلاعاتی و سایت معتبر Global CMT که توسط اساتید و دانشمندان دانشگاه کلمبیا و هاروارد اداره و هدایت می‌شود [19]، استفاده شده است. و با بررسی منحنی‌های بیچ‌بال زلزله‌ها، سازوکار تمامی زلزله‌ها جامعه اطلاعاتی بدست‌آمد. به عنوان نمونه زلزله‌ی زنجیران با بزرگای گشتاوری ۵/۸ که در سال ۱۹۹۴ اتفاق افتاده دارای ساز و کار

جدول ۴. اطلاعات فهرست شتاب‌نگاشتی پیشنهادی

Event Name	Station	Component	PGA (g)	PGV (cm/s)	Duration Time (sec)	Vs 30 (m/s)	Soil Profile Type	Mechanism	Dominant Period (sec)
Aghghala	Gorgan	Longitudinal	0.11	2.9	10	360-490	2	Strike-Slip and Tensile	0.24
	Gorgan	Transverse	0.06	2.8	13				0.25
Bam	Mohamadabad	Longitudinal	0.13	12.9	13.5	300-360	3	Strike-Slip and Tensile	0.403
	Mohamadabad	Transverse	0.07	4.258	23.23				0.11
Changoreh	Razan	Longitudinal	0.19	11.3	14.22	180 - 360	3	Strike-Slip	0.75
	Razan	Transverse	0.20	9.8	12.68				0.34
Gharmkhan	Gifan	Longitudinal	0.14	7.5	12.03	490-620	1 & 2	Strike-Slip	0.34
	Gifan	Transverse	0.14	11.5	13.34				0.25
Gheshm	Suza	Longitudinal	0.33	12.3	7.4	360 - 490	2	Reverse	0.21
	Suza	Transverse	0.21	9.84	7.47				0.19
Karebas	Khanzeynion	Longitudinal	0.16	11	13.02	490-620	1 & 2	Strike-Slip and Tensile	0.37
	Khanzeynion	Transverse	0.13	9.37	13.4				0.82
Khuli-baniabad	Ghaen	Longitudinal	0.22	10.9	10.64	360 - 490	2	Strike-Slip and Tensile	0.62
	Ghaen	Transverse	0.14	19.1	12.34				0.59
Kojour	dam.karaj	Longitudinal	0.19	6.89	19.57	620-760	1	Reverse	0.42
	dam.karaj	Transverse	0.04	1.85	22.94				0.49
Rudbar	Abhar	Longitudinal	0.14	23.24	23.14	360 - 490	2	Strike-Slip and Tensile	3.413
	Abhar	Transverse	0.22	57.81	19.75				3.413
Silakhor	Chaghalvandi	Longitudinal	0.18	13	19.39	620-760	1	Strike-Slip	0.999
	Chaghalvandi	Transverse	0.16	9.35	19.63				0.47
Tabas	Deyhok	Longitudinal	0.33	20.57	33.31	300 - 490	2 & 3	Reverse	0.51
	Deyhok	Transverse	0.40	26.87	34.73				0.78
Zanjiran	Firouzabad	Longitudinal	0.25	9.04	8.83	360 - 760	1	Strike-Slip	0.15
	Firouzabad	Transverse	0.29	9.12	8.93				0.16
Zarand	Dam.shirinroud	Longitudinal	0.50	18.72	8	1071	1	Reverse	0.83
	Dam.shirinroud	Transverse	0.21	18.8	10.54				0.54
Zirkoh	Sangan	Longitudinal	0.12	3.87	36.38	300-490	2 & 3	Strike-Slip	0.091
	Sangan	Transverse	0.13	39.49	35.42				0.0879

Table 4. Information of the Suggested pair acceleration records

۴ - نتیجه‌گیری

مذکور برابر ۵/۶ و بیشینه بزرگای گشتاوری برابر ۷/۴ و میانگین بزرگا در این فهرست برابر ۶/۵ است. میانگین بیشینه شتاب زمین برابر ۰/۲g است. فرکانس‌های غالب در این مجموعه شتاب‌نگاشتی محدوده‌ی فرکانسی وسیعی را شامل می‌شوند بنابراین می‌توان از این فهرست تحریک‌پذیری مناسبی برای سازه‌ها مختلف انتظار داشت. با توجه به نتایج بررسی آماری پارامترهای کمی و در نظر گرفتن تمامی پارامترهای کیفی فهرست پیشنهادی شامل طیف وسیعی از ویژگی‌ها است و با انجام تحلیل تاریخچه‌زمانی با فهرست مدنظر؛ خروجی‌های تحلیل تا حد امکان نشان دهنده تاریخچه بار در منطقه خواهند بود.

۶- مراجع

- [1] Naeim F. The seismic design handbook: Springer Science & Business Media; 1989.
- [2] Issue No 600. Loading and Seismic Analysis Guideline of Iran Lifeline. Islamic Republic of Iran. Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision, 2012. "In Persian".
- [3] Sextos AG, Pitilakis KD, Kappos AJ. Inelastic dynamic analysis of RC bridges accounting for spatial variability of ground motion, site effects and soil-structure interaction phenomena. Part 1: Methodology and analytical tools. Earthquake engineering & structural dynamics. 2003;32(4):607-27.

شهر تهران توسط چندین گسل فعال احاطه شده است. بنابراین طراحی سازه‌ها و ابنیه متضمن تحلیل دینامیکی کمی است. در این مطالعه به بررسی جامعه شتاب‌نگاشتی پژوهشگاه بین‌المللی لرزه‌شناسی و مهندسی زلزله و مرکز تحقیقات مسکن پرداخته شد. در همین راستا ۱۰۰۰ زوج شتاب‌نگاشت از زلزله-های بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۷، ایران به دقت بررسی شد. و تمام پارامترها که در انتخاب شتاب‌نگاشت مناسب وجود دارد؛ بررسی شد. و در نهایت فهرستی از ۱۴ زوج شتاب‌نگاشت برای انجام تحلیل‌های سه بعدی تاریخچه‌زمانی برای تهران پیشنهاد شد. برای نیل به این هدف مطالعه زمین‌شناسی و زمین‌ساختی منطقه صورت گرفت و همچنین ساز و کار گسل‌های فعال منطقه نیز بررسی شد. و با در نظر گرفتن پارامترهای بزرگا، عمق کانونی، فاصله ثبت ایستگاه تا محل وقوع زلزله، مطالعه زمین‌شناسی ایستگاه‌های ثبت رکورد، ساز و کار و محتوی فرکانسی مجموعه از شتاب‌نگاشت پیشنهاد می‌شود که تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین در تهران باشند. که در صورتی که مدل‌سازی و تحلیل تاریخچه‌زمانی دوبعدی باشد؛ می‌توان از ۲۸ مولفه در امتداد و متعامد با گسل فهرست پیشنهادی استفاده کرد. کمینه بزرگای گشتاوری در فهرست

- [17] Japan International Cooperation Agency (JICA) Centre for Earthquake and Environmental Studies of Tehran (CEST) Tehran Municipality. The Study on Seismic Microzoning of the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran, November 2000.
- [18] Mohammad Ashtari Jafari. Statistical prediction of the next great earthquake around Tehran, Iran. *Journal of Geodynamics*;49 (2010) 14–18, 2010.
- [19] National Science Foundation since its inception and award EAR-0824694. March 30, 2013 (M. Nettles). Global Centroid Moment Tensor project. Available from, WWW.GLOBALCMT.ORG.
- [20] Shome N, Cornell CA, Bazzurro P, Carballo JE. Earthquakes, records, and nonlinear responses. *Earthquake Spectra*. 1998;14(3):469-500.
- [21] Venture NCJ. Selecting and scaling earthquake ground motions for performing response-history analyses. NIST GCR. 2011:11-917.
- [22] UBC. Structural engineering design provisions. Volume; 1997.
- [23] Clough RW and Penzien J. Dynamics of Structures, Third Edition. Computer and Structure, Inc. University Ave. Berkeley, 1995 , CA 94704 USA.
- [24] Anil. K. Chopra, Dynamic of Structures Theory and Application to Earth Value Engineering (Third Edition) , Person Prentice Hall, 2007.
- [25] Baker JW. Quantitative classification of near-fault ground motions using wavelet analysis. *Bulletin of the Seismological Society of America*. 2007;97(5):1486-501.
- [26] Page, R. A., Boor, D. M., Joyner, W. B., and Caulter, H. W., “Groun Motion Values for Use in the Seismic Design of the Trans-Alaska Pipeline System,” USGS Circular 672, 1972.
- [27] Bolt, B. A., “Duration of Strong Motion,” Proc 4th World Conf. Earthquake Eng., 1304-1315, Santiago, Chile, 1969.
- [28] Trifunac, M. D. and Brady, A. G., “A Study of the Duration of Strong Earthquake Ground Motion,” *Bull. Seism. Soc. Am.* 65, 581-626, 1975.
- [29] McCann, W. M. and Shah, H. C., “Determining Strong-Motion Duration of Earthquake ,” *Bull. Seism. Soc. Am.* 69, No. 4, 1253-1265, 1979.
- [4] Iervolino I, Galasso C, Cosenza E. REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. *Bulletin of Earthquake Engineering*. 2010;8(2):339-62.
- [5] Standard No 2800. Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Building, second revision, 2005. “In Persian”.
- [6] Standard No 2800. Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Building, third revision, 2015. “In Persian”.
- [7] ASCE- 7. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, ASCE- 7-05, 2005.
- [8] ASCE- 7. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, ASCE- 7-10. 2010.
- [9] Code P. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance-Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. 2005.
- [10] Katsanos EI, Sextos AG, Manolis GD. Selection of earthquake ground motion records: A state-of-the-art review from a structural engineering perspective. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2010;30(4):157-69.
- [11] ATC. Guidelines for cyclic seismic testing of components of steel structures. ATC-24, Redwood City, CA; 1992.
- [12] Venture SJ. Protocol for fabrication, inspection, testing, and documentation of beam-column connection tests and other experimental specimens. Rep No SAC/BD-97. 1997;2.
- [13] FEMA P. 695 (2009). Quantification of building seismic performance factors Federal Emergency Management Agency, Washington DC.
- [14] Lee LH, Lee HH, Han SW. Method of selecting design earthquake ground motions for tall buildings. *The Structural Design of Tall Buildings*. 2000;9(3):201-13.
- [15] Sinaeian F, MirzaeiAlavijeH H and Farzanegan E. Geological Study of Iran's Strong Motion Stations using (Seismic Refraction Method), Building and Housing Research Center, 2008. “In Persian”.
- [16] The United States Geological Survey, Wednesday, February 27, 2013, The United States Geological Survey, Available from; WWW.USGS.GOV.

Suitable Remote Range Strong Motion Accelerograms in three-dimensional non-linear analysis for Tehran, Iran

M. Ghassemieh^{1*}, M. Hasani sokhtesaraei², M. Bastami³

1- Prof., School of civil engineering, University of Tehran

2- Ph.D. Candidate, School of civil engineering, University of Tehran

3- Prof., Structural Engineering Research Center, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology

m.ghassemieh@ut.ac.ir

Abstract:

Time history analysis is the most natural analytical method compatible with the physical behaviors of structures due to the effects of earth acceleration at the structural base. The accelerograms which are used in analyzing the chronological history in determining the impacts of earth movement must reveal the actual movements of earth in the construction site of the structure during earthquake. As a result, selecting accelerogram is very important in analyzing the chronology. According to the scientific information and documents, Iran is one of the regions with high risk of earthquake in the world and is exposed to serious damages from earthquakes. In recent years, at least one earthquake with large physical and financial casualties has been reported in each of the regions of the country once in every five years. Presently, Iran is on top of the list of countries where earthquake is associated with life casualties. It is very difficult to fully prevent damages caused by high magnitude earthquakes. This is especially important in the city of Tehran with its large population and surrounded active faults. The main goal of this research is to prepare a suitable list of remote range strong motion accelerograms to be used in nonlinear analysis in Tehran. The main focus of this research is to study all parameters that are effective in selecting suitable strong motion accelerogram in Tehran. For this purpose, 1000 strong motion accelerograms were selected from the reported earthquakes in Iran during 1978 to 2007. Effective parameters including distance, magnitude, frequency contents, earthquake mechanism, soil and specifications of earth strata were reviewed in selecting suitable strong motion accelerograms for the city of Tehran. Ultimately, a suitable list of strong motion accelerograms is presented to be used in nonlinear three-dimensional analysis. To achieve this goal, the geological and geotechnical features of the region were studied. In addition, the mechanism of active faults in the region is studied considering the parameters of magnitude, focal depth, and the distance of registry stations to the earthquake place. The geology studies of the records registry stations, mechanism and the frequency contents of a series of the accelerograms are suggested to reveal the actual movement of earth in Tehran as much as possible. If modeling and chronological history analysis are bi-dimensional, it will be possible to use 28 categories alongside and orthogonal with the faults in the suggested list. It should be noted that to analyze the chronology, only the accelerograms which could be scaled with the spectrum of the standard plan of the region and are proved to be compatible with the frequency period of the structure were used. Minimum moment magnitude in the mentioned list is equal to 5.6 and maximum moment magnitude is 7.4. The mean magnitude in this list is 6.45. The mean maximum earth acceleration for the list was equal to 0.191g. The dominant frequency in this collection of accelerogram includes a large frequency range; therefore, suitable stimulation could be anticipated from this list for various structures.

Keywords: Dynamic Analysis, List of Record, Acceleration, Far field, Actual movements of earth