



ارزیابی سازه‌های پل بتنی مسلح در زلزله‌های حوزه دور و نزدیک گسل

سونیا فکری^۱، جواد مجتهدی^{۲*}

^۱ کارشناسی ارشد مهندسی سازه، گروه مهندسی عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

^{۲*} استاد، گروه مهندسی عمران، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران (moj@iaushab.ac.ir)

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۱۲/۱۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۰۷/۰۲)

چکیده

طبیعت غیرقابل پیش‌بینی بودن زلزله، منجر به هدایت مهندسين به مطالعات آماری و احتمالاتی مسئله‌ی بررسی آثار پدیده‌ی زلزله شده است. حرکات ثبت شده‌ی زمین تحت اثر زلزله در مناطق نزدیک گسل با آنچه که در مناطق دور از گسل اتفاق می‌افتد متفاوت می‌باشد، پدیده پالس در تاریخچه شتاب، سرعت و تغییر مکان یکی از ویژگی‌هایی است که زلزله حوزه نزدیک را از زلزله حوزه دور متمایز می‌کند. در این تحقیق بعد از مقیاس کردن تاریخچه‌های زمانی شتاب‌ها، تحلیل سازه‌ی پل بتنی مسلح ۴ دهانه‌ی ۲۲ متری به روش تحلیل دینامیکی تاریخچه‌ی زمانی بروش خطی انجام شده و نتایج در قالب نیروهای داخلی اعضا و جابجایی‌ها در یک گره خاص تحت تاریخچه زمانی شتاب‌های وارده، ارائه گردیده است. نتیجه‌ی بررسی تأثیر فاصله‌ی پل از گسل در نیروهای داخلی ستون‌ها ناشی از زلزله نشان می‌دهد که نیروهای محوری شامل نیروهای فشاری و کششی و لنگر پیچشی ستون‌ها در هنگام وقوع زلزله‌های نزدیک گسل بیشترین مقدار را دارند. نتیجه‌ی بررسی تأثیر فاصله‌ی پل از گسل در نیروهای داخلی عرشه ناشی از زلزله نشان می‌دهد که نیروهای محوری و لنگر خمشی ایجاد شده در هنگام وقوع زلزله‌های دور از گسل بیشترین مقدار را دارند و مقدار آنها صرفاً وابسته به شدت زلزله می‌باشد.

کلمات کلیدی

حوزه نزدیک، حوزه دور، زلزله، پل بتنی مسلح، فاصله از گسل.



Evaluation of Reinforced Concrete Bridge Structure in Near and Far Field Earthquakes

Sonia Fekri ¹, Javad Mojtahedi ^{2*}

¹ M.Sc. of Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

^{2*} Professor, Department of Civil Engineering, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran. (moj@iaushab.ac.ir)

(Date of received: 05/03/2018, Date of accepted: 24/09/2018)

ABSTRACT

The unpredictable nature of earthquake has led to engineers to the statistical and probabilistic studies for investigating of the effects of earthquake phenomenon problem. The movement recorded of the ground under influence of earthquakes in near fault zones are different from far fields. The pulse phenomenon in the history of acceleration, velocity and displacement is one of the characteristics that distinguishes near and far field earthquakes. In this research, after scaling the time histories of accelerations, structural analysis of reinforced concrete bridge with four 22 meters openings has been performed by dynamic analysis of liner history. Then, the results in the form of internal forces of the members and displacements in a particular joint under the time history of accelerated incidents are presented. The result of investigating the effects of bridge distance from faults on internal forces of columns due to earthquake showed that axial forces including compressive, tensile and torsional moment in columns have the highest value when near field earthquake occur. Also, the result of evaluating the effects of bridge distance from faults on internal forces of deck due to earthquake showed axial force and bending moment at time of far field earthquake happen have highest value. Although, this amount is dependent on severity of earthquake.

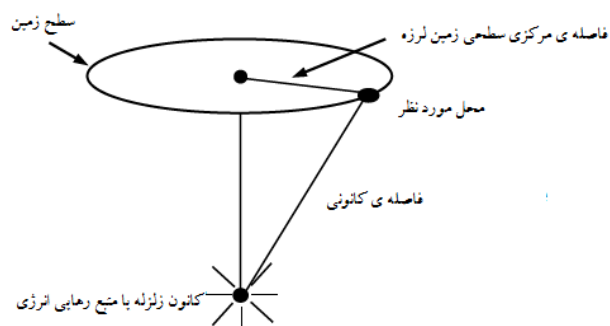
Keywords:

Near field, Far field, Earthquake, Reinforced Concrete bridge, Distance from fault.



۱- مقدمه

حرکات ثبت شده‌ی زمین تحت اثر زلزله در مناطق نزدیک گسل با آنچه که در مناطق دور از گسل اتفاق می‌افتد متفاوت می‌باشد. مهم‌ترین خصیصه رفتار نزدیک گسل که در مهندسی طراحی سازه مورد توجه قرار می‌گیرد ویژگی‌های آنی نمودارهای جابجایی و سرعت حرکت زمین است که در طراحی سازه‌های انعطاف‌پذیر بسیار حائز اهمیت می‌باشد. سازه‌های نزدیک گسل در معرض آسیب بیشتری نسبت به سازه‌های دور از گسل قرار دارند. نیروهای خارجی که باعث اعمال ضربه بر سازه می‌شوند شامل نیروی باد، زلزله‌های نزدیک گسل و نیروی انفجار می‌باشد. زمین لرزه‌های تکتونیکی در جایی که انرژی کرنشی الاستیک کافی برای گسترش شکست در طول صفحه‌ی گسل وجود داشته باشد اتفاق می‌افتد. به محض اینکه حرکت نسبی صفحات گسل اتفاق بیفتد انرژی کرنشی ذخیره شده در سنگ‌های نزدیک خطوط مرزی منجر به افزایش تنش‌های برشی در ناحیه‌ی گسل شده و هنگامی که مقدار تنش‌ها به مقاومت برشی سنگ برسد، سنگ متلاشی شده و انرژی آزاد می‌شود [۱] جهت تعریف محل وقوع یک زمین لرزه لازم است با استفاده از شکل (۱) اصطلاحات فنی تعریف گردند. انرژی که در یک زمین لرزه آزاد می‌شود انرژی کرنشی ذخیره شده در حجم پیرامون صفحه گسل است. هنگامی که شکست گسل در مجاورت یک منطقه‌ی مورد نظر اتفاق می‌افتد به آن گسل نزدیک اطلاق می‌شود. فاصله‌ی مرکزی سطحی زمین لرزه که به عنوان یک زمین لرزه‌ی گسل نزدیک تعریف می‌شود عموماً بین ۱۰ الی ۳۰ کیلومتر است. [۲]



شکل ۱: اصطلاحات فنی محل وقوع یک زمین لرزه [۳]

برخی مطالعات نشان می‌دهد که رکوردهای زلزله‌های نزدیک گسل را می‌توان به دو بخش، با پالس و بدون پالس تقسیم بندی کرد که در بعضی مواقع، پدیده پالس در تاریخچه شتاب، سرعت و تغییر مکان یکی از ویژگی‌هایی است که زلزله حوزه نزدیک را از زلزله حوزه دور متمایز می‌کند. پالس در زمین لرزه به صورت پالس شتاب، پالس سرعت و پالس جابجایی می‌باشد که می‌توان آنها را به تغییرات بزرگ در تاریخچه‌های شتاب، سرعت و جابجایی تعریف کرد. [۴] به دلیل نزدیکی محل تا گسل، رکورد حاصل از سرعت و جابجایی زمین به جهت اینکه نسبت به شتاب دارای پیروید بالاتری هستند دارای شکل پالس مانند با پیروید بالا می‌باشند که یادآور تحریکی به صورت ضربه هستند. در زمین لرزه‌های حوزه نزدیک به جهت فاصله کوتاه بین محل شکست (منبع تولید موج) و محل دریافت آن فرصتی جهت میرا شدن فرکانس‌های بالا نبوده از همین رو تاریخچه زمانی شتاب آنها محتوای فرکانسی بالایی دارند. [۴]

شاید تا دو دهه پیش بحث مربوط به فاصله کانون زلزله تا سایت مخاطب چندانی نداشت و تنها به صورتی کلی و در موارد خاصی چون روابط کاهندگی بدان پرداخته می‌شد. علت این امر، عدم وجود موردی خلاف فرضیه‌های متعارف و نیز در دسترس نبودن هیچ گونه اطلاعات مستند مانند رکوردهای ثبت شده در این خصوص بود. ولی پس از وقوع زلزله‌های مخرب و قوی ۱۹۹۴ Northridge



، Kobe ۱۹۹۵ و Chi-Chi ۱۹۹۹، توجه محققین به زلزله‌های نزدیک به منبع لرزه‌ای یا نزدیک گسل و خصوصیات منحصر به فرد آنها جلب شد. بنابراین از سال ۱۹۹۴ تحقیقات گسترده‌ای در مورد زلزله‌های نزدیک منبع لرزه‌ای و آثار مخرب آن در جنبه‌های مختلف طراحی سازه‌ها آغاز شد. در کشور ما ایران نیز پس از وقوع زلزله وحشتناک و خانمان برانداز بم، توجه بسیاری از مهندسیین محاسب به ویژگی‌های خاص این زمین‌لرزه معطوف گردید. ویژگی‌های منحصر به فرد این زمین لرزه از جمله وجود همزمانی مولفه قائم و افقی به میزان زیاد، نزدیکی گسل، سطحی بودن کانون زلزله و جهت داری آن به دلیل راستا لغز بودن، مقوله ضوابط طراحی سازه‌ها را تا حد قابل ملاحظه‌ای مخدوش نموده است. مولینا و همکارانش [۵] مطالعه‌ای در ارتباط با خطر لرزه‌ای یک ساختمان بلند مرتبه واقع در شهر اوسلوی نروژ، انجام دادند که شامل دو منبع لرزه‌ای می‌شد که یکی از آنها در نزدیکی شهر و دیگری در نزدیکی کانون زلزله سال ۱۹۰۴ در آن ناحیه، قرار داشت. در هر دو مورد وابستگی نتایج به لایه‌ی نرم رسی عظیم واقع در قسمت بزرگی از شهر، مشهود بود. نتایج حاکی از این مطلب بود که در صورت وقوع زلزله به شدت ۶ ریشتر در مرز گسل شرقی نزدیک شهر، بیشتر از ۴۵ درصد ساختمان‌های شهر تخریب خواهند شد. همچنین نتایج، اهمیت تحلیل انواع ساختمان‌های خاص که تحت اثر زمین لرزه‌های ۶ ریشتر و نزدیک گسل قرار داشتند را نشان می‌داد. مطالعه‌ای در مورد تأثیرات جهت گسیختگی بر روابط میرایی حرکت زمین توسط ساموریل [۶] نشان می‌دهد که پیوند ضربه وابسته به ابعاد گسل می‌باشد و با افزایش ابعاد گسل، پیوند ضربه افزایش می‌یابد. بیرای و همکارانش [۷] براساس تحقیق خود چنین بیان نمودند که علی‌رغم نظریات قبلی فاصله و جهت گسل در زلزله‌های کمتر از ۶ ریشتر نیز می‌تواند موثر باشد. به طور کلی تغییر مکان ماندگار زمین در زلزله‌های حوزه نزدیک به جهت حرکت نسبی دو لبه گسل روی می‌دهد. این تغییر مکان‌ها در عرض یک گسل دارای سطح گسیختگی، ناپیوسته بوده و می‌تواند پل‌های واقع در عرض گسل را در معرض تغییر شکل‌های ناهمگون و بزرگ قرار دهد. همچنین، تغییر مکان ماندگار همزمان با جنبش شدید دینامیکی روی می‌دهد که در این حالت می‌بایست تغییر مکان ماندگار و تغییر مکان دینامیکی به صورت بارگذاری ترکیبی در نظر گرفته شود. [۸]

۲- حرکات زمین ثبت شده در مناطق نزدیک و دور از گسل

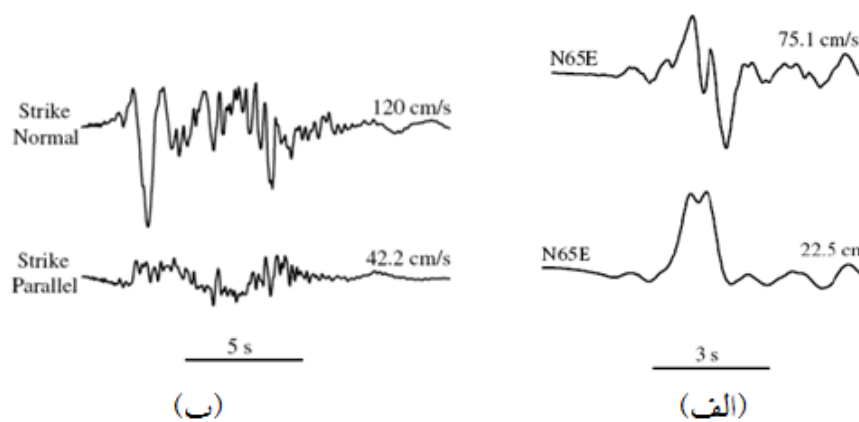
حرکات زمین ثبت شده در نواحی نزدیک گسل با حرکات زمین ثبت شده در نواحی دور از گسل متفاوت می‌باشد. مهم‌ترین ویژگی زلزله‌های نزدیک گسل که توجه مهندسیین سازه را جلب کرده است خصوصیات ضربه‌ای سرعت حرکت و جابجایی زمین در یک پیوند طولانی است که منجر به تغییر شکل‌های جبران ناپذیر در سازه‌های منعطف و انهدام ترد سازه‌های شکننده می‌شود. از لحاظ تاریخی، زلزله‌های پارکفیلد در سال ۱۹۶۶ و سانفرانسیسکو در سال ۱۹۷۱ در کالیفرنیا را می‌توان بعنوان نکته‌ی آغاز شناخت آسیب‌های حرکات زمین نزدیک گسل قلمداد نمود. بعنوان یک مثال از تفاوت رفتار ضربه‌ای حرکات زمین ثبت شده در نواحی نزدیک گسل، نمودار تاریخچه زمانی جابجایی و سرعت زلزله پارکفیلد سال ۱۹۶۶ کالیفرنیا در شکل (۲) نشان داده شده است. اگرچه این ضربات با پیوند طولانی می‌توانند به عنوان خصیصه‌ی عمومی در حرکات زمین در نواحی نزدیک گسل قلمداد شوند اما همیشه قابل مشاهده نیستند و حرکات زمین در نزدیک گسل می‌تواند تحت تاثیر پارامترهای متفاوتی قرار داشته باشد که مربوط به مکانسیم کانون زلزله و محل ساختگاه از منبع می‌باشد. در ارتباط با عامل موثر و زاویه شیب، حرکات زمین ثبت شده، می‌تواند نرمال، موازی و قائم با ضربه باشد. این ویژگی‌ها به اختصار به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- وجود پالس‌های بزرگ در نگاشت سرعت حرکت زمین (مربوط به پدیده جهت‌داری)



-مشاهده تغییرشکل‌های ماندگار در نواحی مجاور گسل‌ها (مربوط به پدیده لگدزدگی)
 -محتوای فرکانسی غنی.

در هنگام وقوع زلزله، چنانچه سرعت انتشار گسلش به سوی یک ساختمان قابل مقایسه با سرعت موج برشی در خاک آن ساختمان باشد، مقدار قابل توجهی از انرژی به صورت تجمعی و در قالب یک مؤلفه پالس‌گونه در نگاشت سرعت حرکت زمین ظاهر خواهد شد. بدیهی است، آزادسازی این مقدار انرژی در مدت زمان اندک موجب تحمیل تقاضای لرزه‌ای بزرگی به سازه‌های مهندسی موجود خواهد شد. از سوی دیگر، تغییرشکل‌های ماندگار نیز در نواحی نزدیک به گسل، میزان تقاضای تغییرمکان را افزایش می‌دهند. البته، به دلیل اینکه محدوده اثر پدیده اخیر کم است، در درجه دوم اهمیت قرار دارد. پالس‌های یکطرفه ناشی از جهت‌داری نیز در نگاشت سرعت، عملاً، تولیدکننده این تغییرشکل‌ها هستند گرچه، برای تخمین دقیق این پدیده، اخیراً، روشهایی برای تفکیک آن از آثار جهت‌داری ارائه شده است. [۶] در شکل (۲) تفاوت در نمودار تاریخچه‌ی زمانی سرعت به لحاظ جهت‌داری نشان داده شده است. مشاهدات حرکات زمین ثبت شده در نواحی نزدیک گسل نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد آنها دارای نمودارهای تاریخچه‌ی زمانی دارای پالس با پریود طولانی هستند که منجر به آسیب شدید در سازه‌های منعطف می‌شوند.

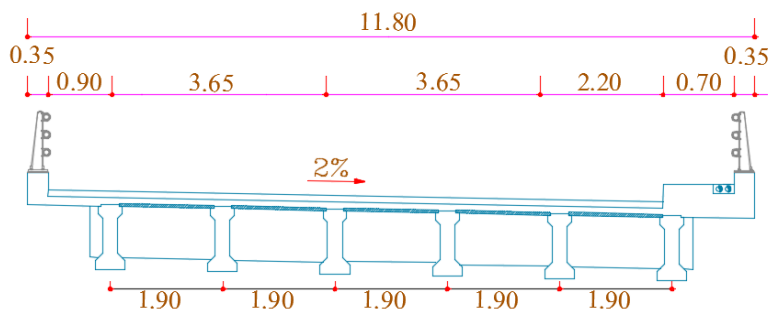


شکل ۲: (الف) ضربات (پالس‌های) نمودار تاریخچه‌ی زمانی جابجایی و سرعت ثبت شده در زلزله‌ی بارکفیلد سال ۱۹۶۶ در کالیفرنیا (ب) مؤلفه‌های ضربات نرمال و عمودی نمودار تاریخچه‌ی زمانی سرعت ثبت شده در زلزله‌ی سانفرانسیسکو سال ۱۹۷۱ در کالیفرنیا [۲]

۳- مشخصات هندسه پل مورد نظر

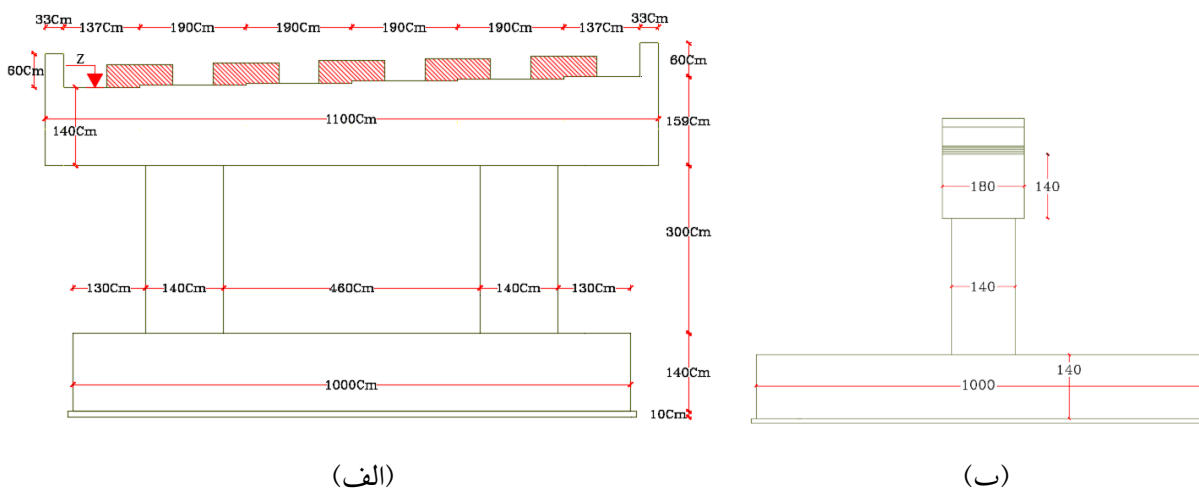
۳-۱- مشخصات هندسی عرشه پل

عرشه‌ی پل مورد نظر، از تیرهای بتنی پیش‌ساخته تشکیل یافته است. مقطع عرضی آن، ۱۱/۸ متر می‌باشد. این عرض شامل ۷۰ سانتی‌متر عرض جان پناه، ۳۵ سانتی‌متر عرض قرنیز، ۲۲۰ سانتی‌متر شانه راه در طرف راست و ۳۵ سانتی‌متر بتن نرده، ۹۰ سانتی‌متر شانه راه در طرف چپ به همراه دو باند ۳۶۵ سانتی‌متر عرض سواره رو می‌باشد. مقطع عرضی عرشه در شکل (۳) نشان داده شده است. فاصله محور به محور شاه‌تیرها در مقطع عرضی برابر ۱/۹ متر در نظر گرفته شده است.



شکل ۳: مقطع هندسی عرشه پل مورد نظر

ارتفاع ستون‌ها با توجه به ارتفاع عرشه، تراز خط پروژه، توپوگرافی خاک و عمق آبستگي، تعيين می‌گردند. بر همین اساس ارتفاع ستون‌ها برای پایه‌های میانی مختلف می‌تواند متفاوت باشد. با توجه به عوامل مذکور در پل مورد نظر، ارتفاع ستون‌ها در تمامی پایه‌ها یکسان در نظر گرفته شده است. تیرها نیز بصورت مفصلي روی پایه‌ها قرار گرفته‌اند. شکل هندسی پایه‌ها بصورت شکل (۴) در نظر گرفته شده است. ابعاد پی $10 \times 10 \times 1/4$ متر می‌باشد. عرض تیر سر ستون بر اساس طول نشیمنگاه مورد نیاز تعیین می‌گردد و عرض تیر سر ستون برابر $1/8$ متر در نظر گرفته شده است.



شکل ۴: (الف) نمای روبرو (ب) نمای بغل پایه‌های میانی پل مورد نظر ۱۹۴۰

۴- صحت سنجی مدل‌سازی پل در نرم افزار CSiBridge 2015

پل مورد نظر مطابق شکل (۵) در نرم‌افزار CSiBridge 2015 مدل‌سازی شده است. برای مقایسه صحت تحلیل سازه انجام یافته، تحلیل دستی سازه برای تعیین بارهای طراحی بشرح زیر انجام گردیده است. لنگر طراحی ناشی از بار عادی با توجه به شکل (۶)، بر اساس قضیه حداکثر لنگر ماکزیمم بصورت زیر تعیین شده است:

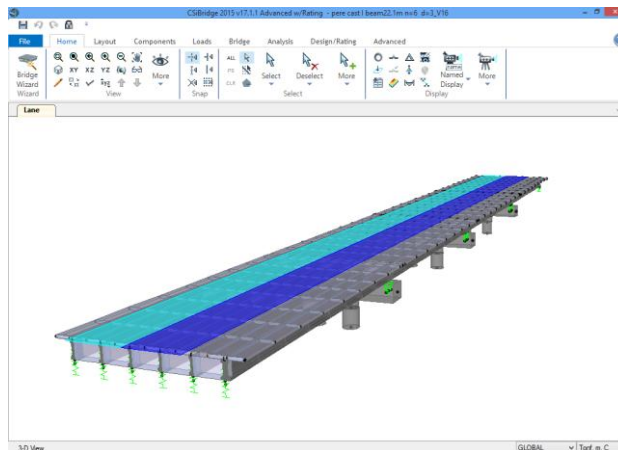
$$R_l = 39.41 \text{ ton} \quad M_{max} = 186.436 \text{ ton.m} \quad (1)$$

بر اساس روابط بالا ضرایب سیستم TMD طبق جدول زیر محاسبه گردید. با توجه به اینکه در عرض پل دو عدد کامیون به تعداد خط عبور، قرار داده می‌شود، با اعمال ضریب ضربه، داریم:

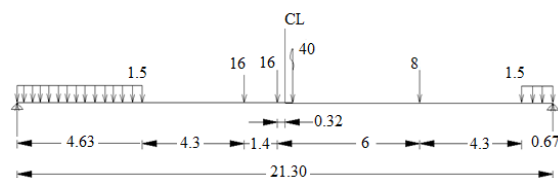


$$\rightarrow M_{max} * \delta * 2 = 445 \text{ ton.m}$$

(۲)



شکل ۵: مدلسازی پل در نرم افزار CSiBridge 2015



شکل ۶: تعیین حداکثر لنگر خمشی ناشی از بار عادی

براساس تحلیل سازه توسط نرم افزار CSiBridge 2015 نیز نتایج بشرح نشان داده شده در جدول (۱) خواهد بود. همانطوریکه در جدول (۱) مشاهده می گردد، در حالتی که تمامی عرض پل تحت بار عادی کامیون قرار می گیرد، حداکثر لنگر خمشی بدست آمده برابر $M+=445.06 \text{ ton.m}$ می باشد که با مقدار محاسبه شده براساس قضیه ی لنگر خمشی حداکثر مطلق، که برابر $M+=445 \text{ ton.m}$ است، تفاوتی ندارد. انطباق بین نتایج حاصل از تحلیل دستی و تحلیل نرم افزار ی حاکی از صحت و دقت مدلسازی سازه در نرم افزار می باشد.



جدول ۱: مقادیر لنگر خمشی ناشی از بار عادی برای عرض پل (نتایج CSiBridge 2015)

M3LL=22.1m (Entire Bridge)			M3LL=22.1m (Entire Bridge)		
Distance	M^+ (Tonf.m)	M^- (Tonf.m)	Distance	M^+ (Tonf.m)	M^- (Tonf.m)
L(m)			L(m)		
0	0.60726	-2.01E-05	11.2	444.8612	-0.0327
0.05	5.01069	-0.00017	13.7175	411.8673	-0.04005
0.05	5.01069	-0.00017	13.7175	411.6667	-0.04005
2.8375	219.5292	-0.0083	16.235	329.1439	-0.04739
2.8375	219.3281	-0.0083	16.235	328.9434	-0.04739
5.625	352.6059	-0.01643	18.7525	198.5312	-0.05474
5.625	352.4041	-0.01643	18.7525	198.3302	-0.05474
8.4125	430.5376	-0.02457	21.27	0	-0.61293
8.4125	430.3371	-0.02457	21.27	0	0
11.2	445.0617	-0.0327			

۵- زلزله های دور و نزدیک گسل وارد بر پل مورد نظر

برای بررسی رفتار سازه‌ای پل در برابر زلزله‌های دور و نزدیک گسل و مقایسه‌ی رفتار پل در برابر هر دو نوع زلزله، شتاب‌نگاشت‌هایی مطابق جدول (۲) و (۳) در نظر گرفته شده است. تمامی شتاب‌نگاشت‌ها از زلزله‌های رویداده در ایران انتخاب شده‌اند. نمودار طیف پاسخ شتاب‌نگاشت‌های نزدیک گسل در شکل (۷) نشان داده شده است و در شکل (۸) هم، میانگین طیف پاسخ زوج شتاب‌نگاشت‌ها به همراه طیف پاسخ استاندارد ۲۸۰۰ با هم نشان داده شده است. در تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی لازم است شتاب‌نگاشت‌های مورد نظر به مقیاس در آورده شوند. بعد از مقیاس کردن آنها، تحلیل تاریخچه زمانی سازه پل تحت هر یک از نمودارهای تاریخچه زمانی انجام شده و نتایج حاصله مورد بررسی واقع گردیده‌اند. بعنوان مثال، نمودار تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی حرکت زمین در زلزله طبرس سال ۱۹۷۸ میلادی که در ایستگاه طبرس در فاصله‌ی ۱/۸ کیلومتری ثبت شده است در شکل (۹) و (۱۰) نشان داده شده است در این نمودار تاریخچه‌ی زمانی جابجایی چندین پالس مشاهده می‌شود. در شکل (۱۱)، (۱۲) و (۱۳)، نمودار تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی حرکت زمین در زلزله بم سال ۲۰۰۳ در نواحی دور (ایستگاه جیرفت) و نزدیک گسل (ایستگاه بم) با هم نشان داده شده است. با مقایسه نمودارها با یکدیگر می‌توان به وضوح موارد زیر را مشاهده نمود:

۱- نقاط اوج نمودارها، در ایستگاه نزدیک گسل (ایستگاه بم) در زمان بین ۱۵ الی ۲۰ ثانیه روی داده است و نقاط اوج نمودارها، در ایستگاه دور از گسل (ایستگاه جیرفت) در زمان بین ۲۵ الی ۳۵ ثانیه روی داده است.

۲- پالس موجود در نمودار جابجایی در ایستگاه نزدیک گسل (ایستگاه بم) در بازه‌ی فاصله‌ی زمانی ۳ ثانیه‌ای روی داده است این پدیده باعث ایجاد ضربه در سازه خواهد شد. و پالس موجود در نمودار جابجایی در ایستگاه دور از گسل (ایستگاه جیرفت)، در بازه‌ی فاصله‌ی زمانی ۸ ثانیه‌ای روی داده است.



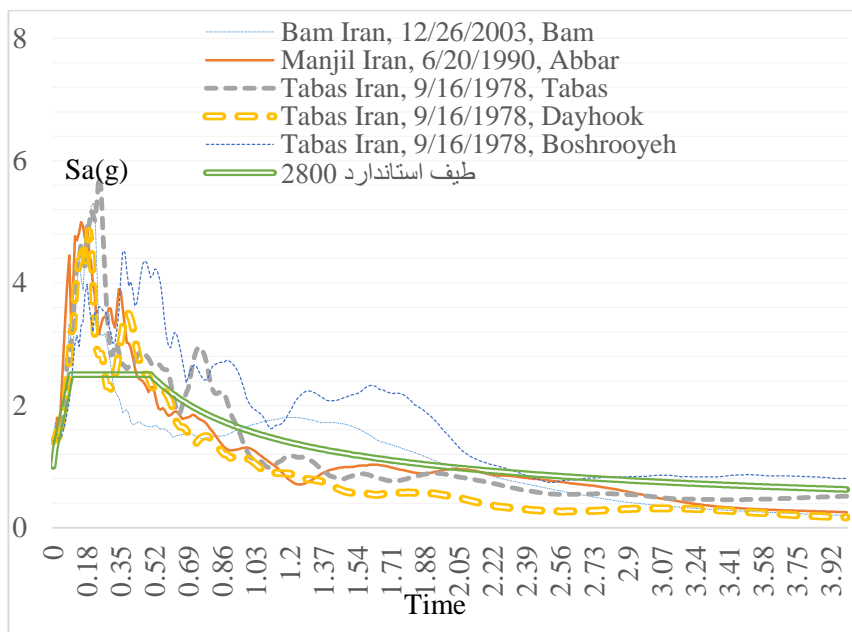
۳- مقدار PGV در نمودار سرعت در ایستگاه نزدیک گسل (ایستگاه بم) بیشتر از PGV در نمودار سرعت در ایستگاه دور از گسل (ایستگاه جیرفت) می باشد.

جدول ۲: مشخصات نگاشت‌های دور از گسل مورد استفاده در این تحقیق $R_{jb} > 20$ Km

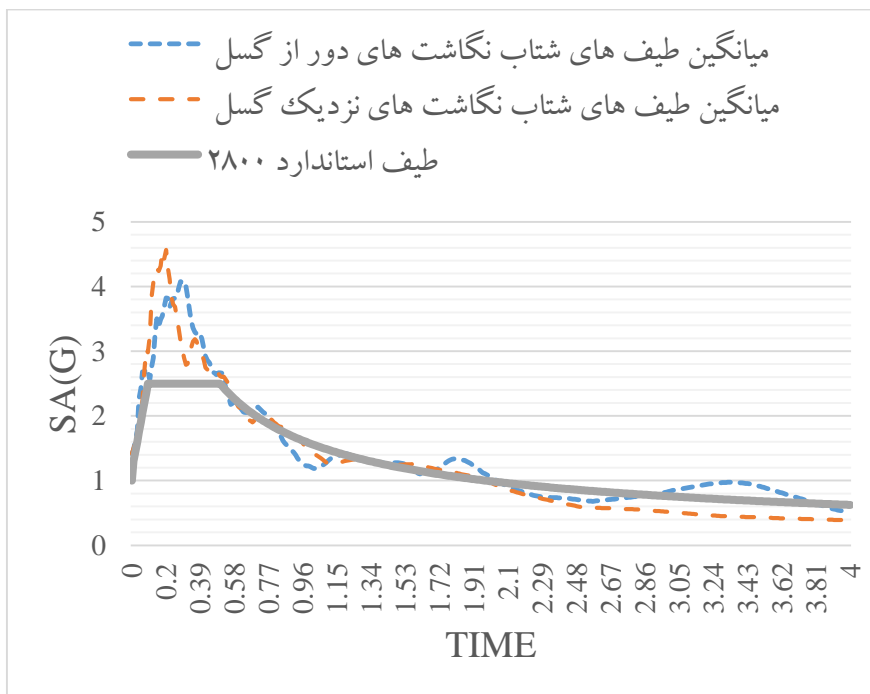
No	5-95% Duration (sec)	Arias Intensity (m/sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	R _{jb} (km)	R _{rup} (km)	V _{s30} (m/sec)
1	23.3	1.9	"Manjil_Iran"	1990	"Abhar"	7.37	75.58	75.58	302.64
2	25.7	0.4	"Manjil_Iran"	1990	"Qazvin"	7.37	49.97	49.97	302.64
3	28.8	0.3	"Manjil_Iran"	1990	"Rudsar"	7.37	63.96	64.47	242.05
4	19.4	0.3	"Bam_Iran"	2003	"Abaragh"	6.6	47.16	47.18	412.23
5	24.8	0	"Bam_Iran"	2003	"Jiroft"	6.6	69.28	69.29	302.64

جدول ۳: مشخصات نگاشت‌های نزدیک گسل مورد استفاده در این تحقیق $R_{jb} < 25$ Km

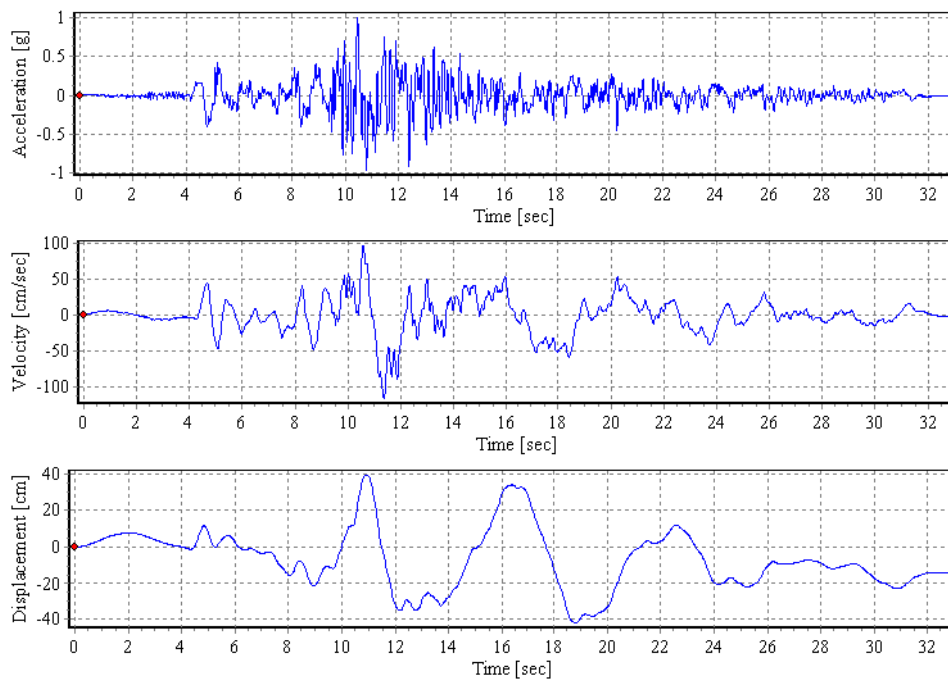
No	5-95% Duration (sec)	Arias Intensity (m/sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Magnitude	R _{jb} (km)	R _{rup} (km)	V _{s30} (m/sec)
6	19.5	0.3	"Tabas_Iran"	1978	"Boshrooyeh"	7.35	24.07	28.79	324.57
7	11.3	1.4	"Tabas_Iran"	1978	"Dayhook"	7.35	0	13.94	471.53
8	16.5	11.8	"Tabas_Iran"	1978	"Tabas"	7.35	1.79	2.05	766.77
9	29.1	7.5	"Manjil_Iran"	1990	"Abbar"	7.37	12.55	12.55	723.95
10	9.6	8	"Bam_Iran"	2003	"Bam"	6.6	0.05	1.7	487.4



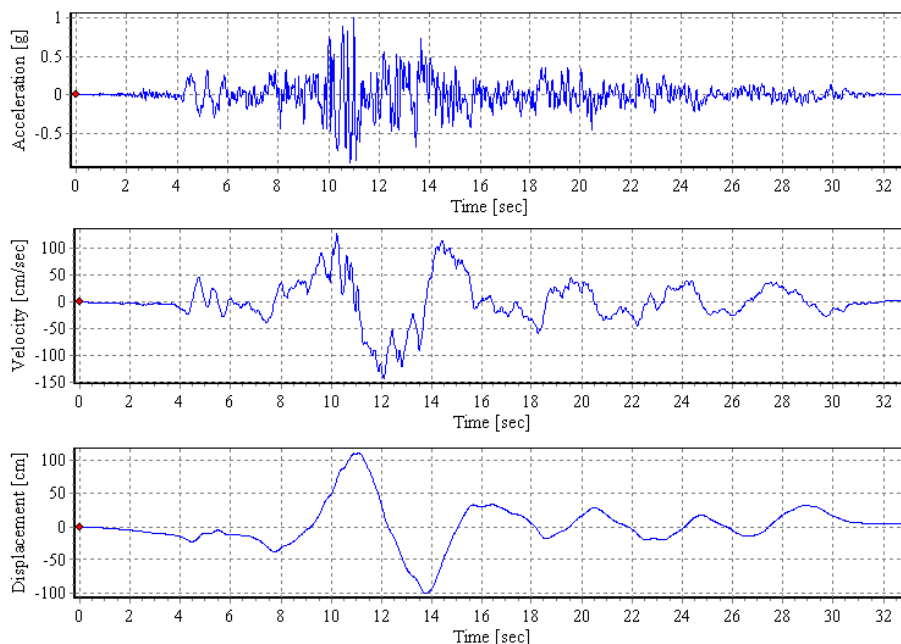
شکل ۷: طیف پاسخ زوج شتاب نگاشت‌های نزدیک گسل به همراه طیف پاسخ استاندارد ۲۸۰۰



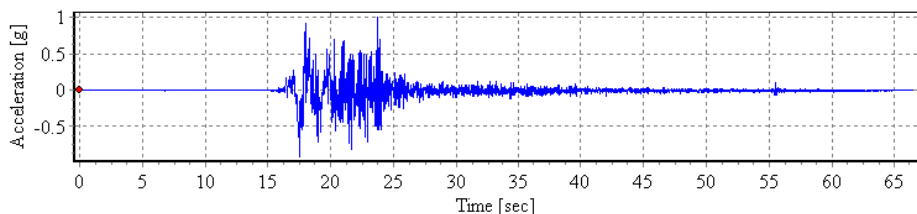
شکل ۸: میانگین طیف پاسخ زوج شتاب نگاشت‌ها به همراه طیف پاسخ استاندارد ۲۸۰۰



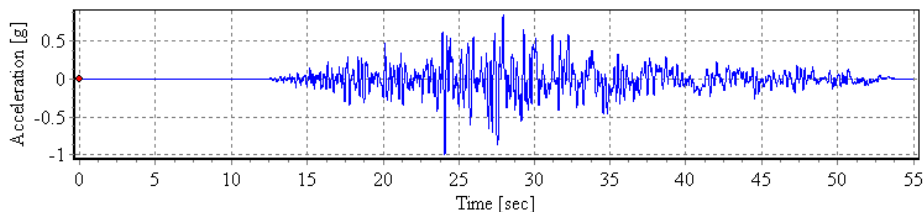
شکل ۹: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی زمین در زلزله طبس (۱۹۷۸) مولفه L



شکل ۱۰: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی زمین در زلزله طبس (۱۹۷۸) مولفه T

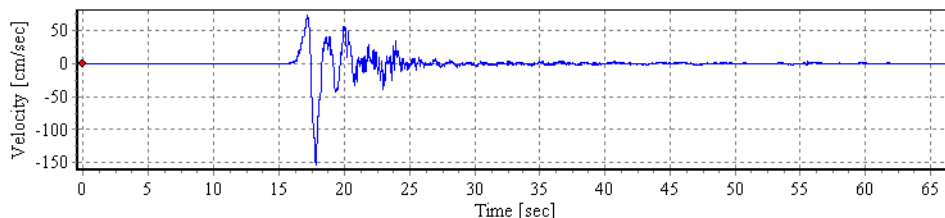


الف) نمودار تاریخچه زمانی شتاب در فاصله ۵۰ متر (ایستگاه بم)

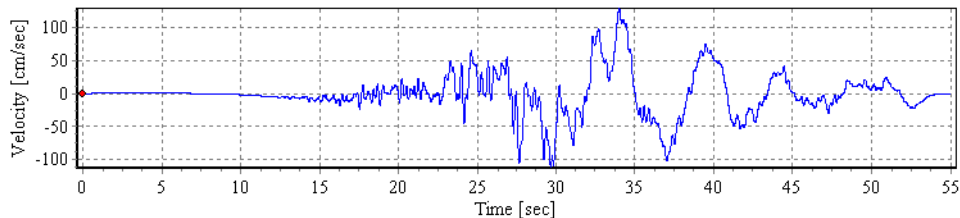


ب) نمودار تاریخچه زمانی شتاب در فاصله ۶۹/۲۸ کیلومتر (ایستگاه جیرفت)

شکل ۱۱: مقایسه‌ی نمودارهای تاریخچه زمانی شتاب زمین در زلزله بم (۲۰۰۳) در نواحی دور (ایستگاه جیرفت) و نزدیک گسل (ایستگاه بم) مولفه L

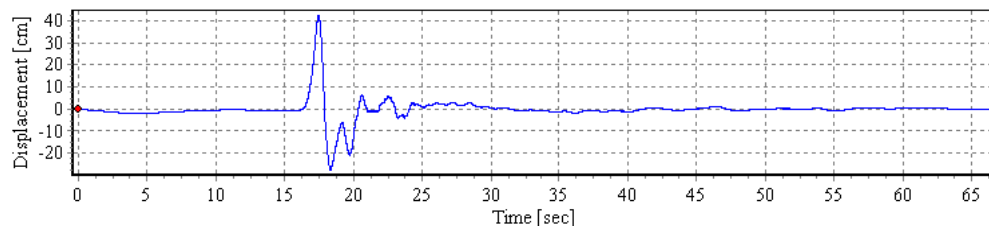


الف) نمودار تاریخچه زمانی سرعت در فاصله ۵۰ متر (ایستگاه بم)

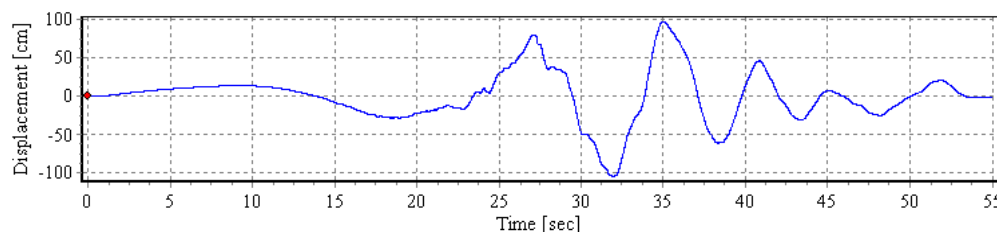


ب) نمودار تاریخچه زمانی سرعت در فاصله ۶۹/۲۸ کیلومتر (ایستگاه جیرفت)

شکل ۱۲: مقایسه‌ی نمودارهای تاریخچه زمانی سرعت در زلزله بم (۲۰۰۳) در نواحی دور (ایستگاه جیرفت) و نزدیک گسل (ایستگاه بم) مولفه L



الف) نمودار تاریخچه زمانی جابجایی در فاصله ۵۰ متری (ایستگاه بم)



ب) نمودار تاریخچه زمانی جابجایی در فاصله ۶۹/۲۸ کیلومتر (ایستگاه جیرفت)

شکل ۱۳: نمودارهای تاریخچه زمانی جابجایی زمین در زلزله بم (۲۰۰۳) در نواحی دور (ایستگاه جیرفت) و نزدیک گسل (ایستگاه بم)

مولفه L

۶- جمع بندی و نتیجه گیری

نتایج در قالب نیروهای داخلی اعضا و جابجایی‌ها در یک گره خاص تحت تاریخچه زمانی شتاب‌های وارده، ارائه گردیده است. در جدول (۴)، مقادیر ماکزیمم نیروهای داخلی ایجاد شده تحت شتاب‌های وارده، در پایه‌ها، در جدول (۵)، مقادیر ماکزیمم جابجایی ایجاد شده تحت شتاب‌های وارده در یک گره انتخابی بحرانی و در جدول (۶) مقادیر ماکزیمم نیروهای داخلی ایجاد شده تحت شتاب‌های وارده در عرشه نشان داده شده است.

الف- با توجه به جدول‌های (۴)، می‌توان اظهار نمود که نیروهای محوری شامل نیروهای فشاری و کششی و لنگر پیچشی ستون‌ها در هنگام وقوع زلزله‌های نزدیک گسل بیشترین مقدار را دارند و نیروهای برشی هم در هنگام وقوع زلزله‌های دور از گسل بیشترین مقدار را دارند. نیروهای خمشی که در اثر نیروهای برشی ایجاد می‌شوند نتیجه‌ای همانند نیروهای برشی بدست آمده است.

ب- با توجه به جدول‌های (۵)، می‌توان اظهار نمود که جابجایی ایجاد شده در یک گره انتخابی، در هنگام وقوع زلزله‌های دور از گسل بیشترین مقدار را دارد و مقدار آن صرفاً وابسته به شدت زلزله می‌باشد.

ج- با توجه به جدول (۶)، می‌توان اظهار نمود که نیروهای محوری و لنگر خمشی ایجاد شده در هنگام وقوع زلزله‌های دور از گسل بیشترین مقدار را دارند و مقدار آنها صرفاً وابسته به شدت زلزله می‌باشد.



جدول ۴: مقادیر ماکزیمم نیروهای داخلی ایجاد شده تحت شتاب‌های وارده در پایه‌ها

شرح	شماره ستون	نام تاریخیچه ی زمانی شتاب	P(ton)	V2(ton)	V3(ton)	M1(ton.m)	M2(ton.m)	M3(ton.m)
maximum axial foprce	P2 COL1	Near tabs tabas y	291.082	110.299	1.8273	1.91755	2.42898	206.8163
maximum axial foprce	P2 COL2	Near tabs tabas y	-287.52	-141.23	-1.8294	-1.5307	-2.47223	-263.135
maximum Shear foprce	P3 COL2	FAR Manjil Qazvin x	-3.3617	-1.2368	-411.86	-16.9691	-1167.61	-2.13513
maximum moment foprce	P3 COL2	FAR Manjil Qazvin x	3.3646	1.2911	285.437	20.89593	1675.287	2.1971
maximum torsion foprce	P2 COL2	Near bam bam y	284.047	129.572	1.7154	1.7579	2.89315	244.5044
maximum torsion foprce	P2 COL2	Near tabs tabas y	-287.52	-141.23	-1.8294	-1.5307	-2.47223	-263.135

جدول ۵: مقادیر ماکزیمم جابجایی ایجاد شده تحت شتاب‌های وارده در گره انتخابی (cm-Rad)

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2	R3
N1	FAR Manjil Qazvin x	Lin ModHist	Max	2.158	0.0016	0.0066	1.6E-05	0.00967	0.00037

جدول ۶: مقادیر ماکزیمم نیروهای داخلی ایجاد شده تحت شتاب‌های وارده در عرشه

شرح	نام تاریخیچه ی زمانی شتاب	P(ton)	M3(ton.m)
maximum axial foprce in Deck	FAR Manjil Qazvin x	337.4148	626.7249
maximum axial foprce in Deck	FAR Manjil Qazvin x	-347.1692	-559.5694
maximum moment foprce in Deck	FAR Manjil Rudsar x	237.414	736.5489
maximum moment foprce in Deck	FAR Manjil Rudsar x	-228.2883	-661.5658

۷- مراجع

- [1]- S.L.kramer, (1996). **Geotechnical Erthquake Engineering**, Washington: Pearson College Division.
- [2]- Mavroeidis, G. P., and A. S. Papageorgiou (2003). **A mathematical representation of near-fault ground motions**, Bulletin of the Seismological Society of America 93, no. 3: 1099.
- [3] <https://fa.wikipedia.org/wiki>
- [4] Malhotra P.K. (1999). **Response of Building to Near-field Pulse Like Ground Motion**. Earthquake Eng. Struct. Dyn . 28:1309-1326.
- [5] S. Molina and C. Lindholm, (2008). **A logic tree extension of the capacity spectrum method developed to estimate seismic risk in Oslo, Norway**, Journal of Earthquake Engineering, pp. 877-897.



[6] P. G. Sommerville,(2005). **Engineering characterization of near fault ground motions**, 2005 NZSEE Conference, Pasadena, CA, USA.

[7] Bray, J.D. and Rodriguez-Marek, A. (2004). **Characterisation of forward-directivity ground motions in the near-fault region**, Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering 24, 815-828.

[8] Stewart, J.P., Chiou, Sh.-J., Bray, J.D., Graves,R.W., Somerville, P.G., and Abrahamson, N.A.(2001). **Ground motion evaluation proceduresfor performance-based design PEER**, Center College of Engineering University of California, Berkeley.

[۹]- محسن گرامی و همکارانش، ۱۳۸۷، مقایسه طیف طرح چند آیین نامه طرح لرزه ای با طیف پاسخ زلزله های نزدیک گسل، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۱۳۸۷.

[۱۰]- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۷، آیین نامه طرح پلهای راه و راه آهن در برابر زلزله- نشریه شماره ۴۶۳.

[۱۱]- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۸، آیین نامه طرح و محاسبه پل های بتن آرمه-نشریه شماره ۳۸۹.

[۱۲]- پایگاه داده های علوم زمین کشور. www.ngdir.ir

[۱۳]- سایت سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. www.gsi.ir