

سامان یغمایی سابق^۱، ویدا وطندوست شیشوان^۲ (تاریخ دریافت ۹۲/۰۲/۱۲ ، تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۶)

چکیدہ

برخورد ساختمانهای پایه ثابت در اثر حرکتهای قوی زمین، می تواند موجب آسیبهای موضعی و یا فرو ریزی سازهها گردد. در واقع، نبود فاصله کافی جهت تسهیل جابجایی نسبی موجب برخورد سازههای مجاور شده، رفتار لرزه ای آنها را متاثر خواهد نمود. این مسئله برای سیستمهای نوین لرزه ای مانند جداگرهای لرزهای کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. در مقالهی حاضر بمنظور بررسی اثر حوزههای دور و نزدیک گسل، امکان برخورد سازهی ایزوله شده با دیوار پیرامونی و سازههای پایهثابت مجاور فراهم گردیده است. نتایج حاصل نشان میدهد علاوه بر پریود غالب، هر چه زمان تناوب متوسط رکورد (Tm) به زمان تناوب طبیعی سازهها نزدیک باشد، برخورد بحرانی تر خواهد بود. همچنین هرچه ارتفاع سازههای مجاور به سازهی ایزوله شده نزدیکتر باشد، اثرات زلزلههای نزدیک گسل بحرانی تر خواهد بود. نتایج تحلیل ها نشان داد، رکورد (Tm) به زمان تناوب طبیعی سازهها نزدیک باشد، برخورد بحرانی تر خواهد بود. نتایج تحلیل ها نشان داد، مجاور به سازهی ایزوله شده نزدیکتر باشد، اثرات زلزلههای نزدیک گسل بحرانی تر خواهد بود. نتایج تحلیل ها نشان داد، ریزان تأثیر پذیری نیروی ضربه در زلزلههای نزدیک گسل با افزایش ارتفاع سازههای مجاور میتواند تا حدود ٤ برابر بیشتر از زلزلوههای دور از گسل باشد.

كلمات كليدى

ضربهی وارد بر سازهها، برخورد لرزهای، جداگرهای لرزهای، ساختمانهای مجاور، درز جدایی، اثرات نزدیک گسل

Effects of Near- and Far-Field Earthquakes on Pounding Analysis of Isolated Structures with (LRB) Isolator

S. Yaghmaei-Sabegh, V. Vatandoost-Shishavan

ABSTRACT

Pounding problem between fixed-based structures due to large earthquakes may cause local damages or lead to the structure's total collapse. Inadequate gap distance between structures could influence pounding between adjacent structures. Limited studies could be found on pounding analysis of modern systems as based-isolation buildings. In the present paper, we have modeled two adjacent structures, fixed base building and base isolated one in order to assess the effects of near and far properties of earthquakes on their response. Results show that critical impact could occur when mean period (Tm) is close to the natural period of structures. Also, if the highs of adjacent structures are nearer to isolated structures, the effects of near field earthquakes would increase. As a results, with increasing the height of adjacent structure, the amount of affected impact force in near-field motions is amplified 4 times more than far-field ones.

KEYWORDS

Structural Pounding, Impact, Seismic isolation, Adjacent structure, Separation gap, Near-field effect

v.vatandoost88@gmail.com
دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه تبریز، mail.com



ذشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد /۵

۱- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، s_yaghmaei@tabrizu.ac.ir (نویسنده مسئول)

نوین جهت تأمین مقاومت لرزهای سازهها میباشد. در

جداسازهای لرزهای افزایش دوره تناوب طبیعی سازه،

موجب کاهش پاسخ لرزهای سازهها می گردد. کاهش شتاب

با توجه به رفتار نيرو _ تغيير مكان جداساز انجام مي

پذیرد، اما ممکن است نیاز به کاهش شتاب، منجر به

طراحی جداساز با سختی کمی گردد که این خود احتمال

بوجود آمدن تغییر مکانهای قابل توجه در طی زلزله را

افزایش میدهد. از این رو احتمال برخورد در این سازهها

مخصوصاً در تراز جداسازی شده با سازههای مجاور بسیار

مهم می باشد [۱۰–۷]. در رکوردهای حوزهی نزدیک به

علت فاصلهی کوتاه بین منبع تولید موج زلزله و محل

دریافت آن، فرصتی جهت میرا شدن فرکانسهای بالا

نبوده، به همین علت تاریخچه زمانی شتاب آنها، محتوای

فركانسی بالایی دارند [۱۱]. بررسی زمین لرزههای نزدیک

گسل از موضوعات مهم مطرح در مهندسی زلزله میباشد.

اخیراً مطالعات زیادی بر روی رفتار سازهها و پلها تحت

اثر اعمال زلزلههای نزدیک گسل و مقایسهی آن با اثر

زمینلرزههای دور از گسل، انجام گرفته است. به علت

تشدید پاسخهای سازهای در نواحی نزدیک گسل و

خسارات فراوان گزارش شده پس از زلزلههای

Northridge در سال ۱۹۹۶ و Kobe در سال ۱۹۹۵ و چند

زلزلهی دیگر، بررسی این رکوردها از اهمیت ویژهای

زلزلههای گوناگون به علت متفاوت بودن مقادیر ماکزیمم

شتاب و سرعت (PGA و PGV)، شدت زلزله (Mw)،

فاصله از گسل (R) و محتوای انرژی لرزهای، اثرات

مختلفی را بر روی ارتعاشات سازهها خواهند داشت. تغییر

پريود ارتعاشي سازهها، بر نحوهي برخورد سازهها

تأثیرگذار میباشد. ساختمانهای مجهز به سیستمهای

جداساز، معمولاً با هدف بالا بردن سطح عملكرد سازهها

برای زلزلههای قوی طراحی میشوند. کارایی ذکر شده با

افزایش پریود طبیعی سازهها باعث افزایش دورهی تناوب و

جابجایی تراز جداسازی میشود. بنابراین توجه به موضوع

برخورد سازههای ایزوله شده با سازههای مجاور نه تنها در

برخوردار ميباشد [١٢].

۱– مقدمه

در طی زلزلههای شدید، سازههایی که در مجاورت یکدیگر ساخته شدهاند و فاصلهی مناسبی از یکدیگر ندارند، به هم برخورد میکنند که این پدیده به عنوان برخورد لرزه ای ٔ شناخته شده است [۱]. برخورد لرزهای پدیدهی پیچیدهای است که شامل تغییر شکلهای پلاستیک در نقاط تماس، ترک خوردگی موضعی، شکست در اثر ضربه، اصطکاک و غیره می باشد. نیروهای ایجاد شده در اثر برخورد، در طول بازهی زمانی کوتاه اعمال شده و حذف می شوند. انتقال انرژی زلزله در طول برخورد بسیار پیچیده بوده و تحلیل رياضي اين پديده را مشكل مي سازد [۲]. اين انرژي به صورت حرارت در اثر ارتعاشات مولکولی و اصطکاک داخلی اجسام برخورد کننده مستهلک می شود [۳]. تفاوت بین مشخصات دینامیکی از قبیل جرم، سختی و ارتفاع سازههای مجاور می تواند باعث ارتعاشهای غیرهمفاز ً سازهها شده، مسئله ضربه را بوجود بیاورد [٤]. برخورد بین سازهها شامل دو مرحله میباشد. مرحلهی اول که از لحظه برخورد سازهها شروع و تا زمانی که بیشترین تغییر شکل بوجود آید ادامه خواهد داشت. مرحلهی دوم شامل بازگشت سازهها به سمت یکدیگر می باشد که با بسته شدن درز انقطاع بین سازهها به پایان می رسد. در ابتدای مرحلهی اول، مصالح رفتار الاستیک از خود نشان میدهند اما بلافاصله تغییر شکلهای پلاستیک و ترکهای موضعی ایجاد خواهد شد. بیشترین مقدار استهلاک انرژی در طول مرحلهی اول اتفاق خواهد افتاد و میزان اتلاف انرژی در مرحلهی دوم در اثر اصطکاک بسیار اندک میباشد [0]. در طول مرحلهي اول سرعت افزايش نيروى برخورد بيشتر خواهد بود و هنگامی که سازهها وارد مرحلهی دوم می شوند نیروی برخورد با سرعت کمتری کاهش مییابد [7]. در سالهای اخیر نیاز به کاهش آسیبهای سازهای و غیرسازهای مخصوصاً در سازههایی که دارای اهمیت كاربرى بالايي هستند، افزايش پيدا كرده است. رويكرد طراحی و استفاده ازسیستمهای جداساز لرزهای یک ابتکار



¹ Pounding

² Out-of-phase

سختی بیشتر باشد، اثر ضربه در سازهی ایزوله شده بیشتر

Komodromos و همکارانش با تحلیل پارامتریک روی

پاسخ لرزهای این سیستمها، تأثیر پدیدهی برخورد را بر

روی کارکرد سیستمهای جداساز بررسی نمودند

[۲۱ و ۲۲]. آنها در این تحقیق سیستم جداساز را بصورت

Agarwala و همکارانش [۲۳] برخورد میان دو سازهی دو

طبقهی پایه ثابت و دو سازهی دو طبقهی ایزوله شده را بررسی کردند. آنها ازسیستم جداساز اصطکاکی برای

ایزوله کردن سازهها استفاده کرده و ضریب اصطکاک

در هیچکدام از تحقیقات انجام گرفته فوق الذکر، برخورد

میان سازههای پایه ثابت و سازهی ایزوله شده در نظر

در سال ۲۰۱۰ Polycarpou و Komodromos [۱۷] یک

ساختمان چهار طبقه را تحت شرایط مختلف، مورد ارزیابی

قرار داده اند. پاسخهای لرزهای حاصل از برخورد سازهها

نشان داد که وجود سیستمهای جداگر لرزمای باعث کاهش

تغییرشکل داخلی طبقات می گردد، ازطرفی در اثر برخورد،

شتاب سازهی ایزوله شده افزایش پیدا میکند. در مطالعهی

آنها، که جامعترین تحقیق در این موضوع میباشد، تأثیر

حوزههای دور و نزدیک گسل در تحلیل مسئلهی برخورد

در این مقاله اثر زلزلههای دور و نزدیک گسل در تحلیل

سازهی ایزوله شده و ساختمانهای پایه ثابت بررسی شده

است. سیستم جداساز در سازهها به صورت دو خطی مدل

گردیده است و به منظور مدلسازی نیروی برخورد از

لینک غیرخطیGAP استفاده شده است. برخورد سازهی

ایزوله شده یکی در مجاورت با دیوار پیرامونی

(Moat Wall) و دیگری در مجاورت با سازههای پایه

ثابت با ارتفاعهای مختلف مدلسازی شدهاند.

سیستم جداساز را بعنوان پارامتر متغییر در نظرگرفتند.

خواهد بود.

دو خطي مدل كردند.

گرفته نشده است.

مورد توجه قرار نگرفته است.

تراز جداسازی شده بلکه در دیگر طبقات ساختمان نیز بسیار مهم میباشد.

در این مقاله ابتدا تأثیر رکوردهای دور و نزدیک گسل برای سازهی ایزوله شدهای که تنها در معرض برخورد در تراز جداسازی شده میباشد، بررسی میشود. در ادامه ارزیابی برخورد سازههای ایزوله شده با انواع ساختمانهای پایه ثابت مجاور تحت اثر هر دو گروه از زلزله ها، تکمیل خواهد شد. همچنین در بخش پایانی این مقاله به بررسی تأثیر انتخاب نوع رکورد بر مقدار نیروی ناشی از برخورد خواهیم پرداخت.

۲- تحقیقات انجام شده در زمینهی برخورد سازههای ایزوله شده

مطالعات زیادی در زمینهی برخورد سازههای پایه ثابت ویا برخورد پایههای پلها به عنوان یکی از موضوعات اساسی در مهندسی زلزله انجام گرفته است [۱۳].

Anagnostopoulos [۱۵] جزء اولین محققانی است که مطالعات عددی در این زمینه انجام داده است. او با در نظر گرفتن سیستمهای یک درجه آزادی، پدیدهی برخورد را مدلسازی کرد. بعد از او محققان زیادی به صورت عددی و آزمایشگاهی این پدیده را مورد ارزیابی قرار دادهاند [۱۷–۱۰]. در نقطه مقابل، مطالعات اندکی در زمینهی برخورد سازههای ایزوله شده انجام شدهاست.Tsai [۱۸] و برخورد سازههای ایزوله شده انجام شدهاست.Tsai [۱۸] و آنها به بررسی امکان برخورد سازههای ایزوله شده با دیوار پیرامونی ⁽ پرداختند. محققان ذکر شده از تئوری انتشار موج برای بررسی پاسخ سازهی ایزوله در حین برخورد استفاده کردند.

Matsagar و Jangid [۲۰] یک ساختمان ایزوله شده را بصورت سازهی یک درجه آزادی برای انواع سیستمهای جداساز در دو حالت عددی و پارامتری مورد بررسی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که هنگامی که سازهی کناری ساختمان ایزوله شده دارای تعداد طبقات زیادتر و یا



نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد /۷

¹ Moat wall

۳- مدلهای تحلیلی

۳–۱– مدلسازی سیستم جداساز در این تحقیق از سیستم جداساز هسته سربی^۱ که به اختصار (LRB) نامیده می شود استفاده شده است. سیستمهای جداساز توسط مدلهای غیر الاستیک دوخطی مدلسازی شدهاند. پارامترهای طراحی برای این سیستمها، نیروی تسلیم (fy)، سختی الاستیک اولیه (K1) و سختی غیرالاستیک ثانویه (K2) بصورت تجربی انتخاب شدهاند [۱۷]. شکل (۱) رفتار دوخطی سیستم جداساز را نشان میدهد.



شکل (۱): مدل غیرالاستیک دوخطی جهت مدلسازی رفتار سیستم جداساز لرزهای

۲-۳- تهیهی مدلهای سازهای مختلف

یک ساختمان چهار طبقه در چهار حالت زیر به کمک نرم افزار SAP2000 مدلسازی شده است: a) ساختمان پایه ثابت b) ساختمان ایزوله شده بدون امکان برخورد c) ساختمان ایزوله شده با امکان برخورد با Moat wall d) ساختمان ایزوله شده با امکان برخورد با ساختمانهای پایه ثابت مجاور

۳-۳- مشخصات مدل انتخابی

مشخصات هندسی سازهی مورد مطالعه همراه با مشخصات مصالح در جدول (۱) ارائه شده است. رفتار این سازه به صورت برشی و با در نظر گرفتن درجات آزادی در جهت

جرم متمرکز در مرکز جرم طبقه اعمال شدهاست. رفتارسازهی پایه ثابت الاستیک فرض شده و نوع تحلیلها، تحلیل تاریخچه زمانی می باشد. خاک ساختگاه از نوع B فرض شدهاست. مدلسازهی پایه ثابت در شکل (۲) نشان داده شده است. برای مدلسازی جداساز هسته سربی در نرمافزار، از لینک غیرخطی LRB استفاده شدهاست. این لینک با توجه به دادههای جدول (۲) تعریف شده و توسط ابزار موجود در نرمافزار جایگزین تکیهگاههای ثابت سازه شده است. درز انقطاع بر اساس ۹۰ درصد بیشترین جابجایی کف سازهی ایزوله شده تحت اثر زلزلههای مختلف در نظرگرفته شده است. جهت مدلسازی برخورد سازهی ایزوله با دیوار پیرامونی در هر دو طرف سازه، گرههایی تعیین شده و سپس این گرهها با محدود کردن تمام درجات آزادی، به گرههای ثابت تبدیل شدهاند. مابین سازهی جداسازی شده وگرههای ذکر شده، لینک غیرخطی GAP تخصيص يافته است. اين لينک براساس مقادير ذکر شده در جدول (۳) در نرم افزار تعریف شده است. در شكل (۳) مدل تهيه شده جهت تحليل مسئلهي برخورد سازهی جداسازی شده به Moat wall نمایش داده شده است.

X مدلسازی شده است. مقادیر جرم هر طبقه به صورت

جدول (۱): مشخصات سازهی پایه ثابت و روسازهی سازهی ا م ا

أيرونه					
مقدار	پارامتر فرض شده				
٤ طبقه	تعداد طبقات				
۳m	ارتفاع طبقات				
٦m	عرض طبقات				
۳۲۰ ton	جرم طبقات				
۲٥٠ ton	جرم بام سازه				
ヽ・ MN/m	سختی طبقات و بام				
$\Upsilon \times 1 \cdot ^{11} N/m^2$	مدول الاستيسيته (E)				
$r/\epsilon\epsilonv \times 1$ · ^ N/m ²	تنش تسليم فولاد (F _y)				
ϵ/ϵ γ γ γ γ N/m^2	تنش کششی فولاد (F _u)				

*فرضیات انجام شده برای سازهی پایه ثابت و روسازهی سازهی ایزوله



¹ Lead rubber bearing



شکل (۲): مدلسازی سازهی پایه ثابت

جدول (۲): مقادیر فرض شده برای سیستم جداساز سازهی

ايزوله					
فرضیات طراحی برای سیستم جداساز (LRB)					
۲۰۰ MN/m	سختى اوليه جداساز (k ₁)				
۲º MN/m	سختی ثانویه جداساز (k ₂)				
۰/۱W _{tot} =۱۵۳ ton	تنش تسليم (f _y)				

برخورد

فرضیات در نظر گرفته شده برای لینک غیرخطی (GAP)						
٤٥٠٠ kN/mm	سختي غير خطي					
(ماکزیمم جابجایی کف سازهی ایزوله شده)×۰/۹	مقدار درزع انقطاع					

برای بررسی اثرات زلزلههای مختلف در برخورد رخ داده در تراز جداسازی شده از دو گروه زلزلههای نزدیک گسل و دور ازگسل که مشخصات آنها به ترتیب در جدول (٤) و (٥) ذکر شده، استفاده شده است. زلزلههای انتخابی به منظور تحلیلهای دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی بر اساس ماکزیمم شتاب زمین برابر با ۱/۲g مقیاس شده است.





شکل (۳): مدلسازی برخورد سازهی جداسازی شده به Moat wall

در شکلهای (٤) و (٥)، طیفهای پاسخ نرمال شدهی زلزلههای نزدیک و دور ازگسل برای نسبت میرایی ویسکوز ٥ درصد نشان داده شده است.

ساختمانها در پنج حالت با ارتفاعهای مختلف در مجاورت سازهی ایزوله شده مدلسازی شدهاند. جرم و سختی طبقات و بام در همهی سازههای پایه ثابت، مطابق جدول (۱) میباشد. این سازهها نیز مشابه حالت قبل توسط لینک غیرخطی GAP بهم متصل گردیده و تحت اثر زلزلههای مختلف تحلیل شدهاند. با توجه به اینکه زلزلههای مختلف باعث ایجاد جابجاییهای متفاوت در زلزلههای مختلف باعث ایجاد جابجاییهای متفاوت در نظر گرفته شده برای تحلیل ها یکسان نخواهد بود. در این مقاله مجموعاً ۱۶۰ مدل تحلیلی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این مدلسازیها به بیان تفاوتهای موجود در برخورد سازهی ایزوله شده با ساختمانهای مجاور بین رکورهای نزدیک گسل و دور از گسل، خواهد پرداخت که اهمیت آن برای طراحان سازههای ایزوله شده بسیار زیاد میباشد.

ذشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد /۹

T _p (s)	T _m (s)	فاصله از گسل (Km)	PGA (g)	ایستگاه	مۇلفە	M _w	تاريخ وقوع	نام زلزله	شماره
• /٣٨	•/£V9	۲/۸	1/777	279 Pacoima Dam	SFERN/PCD16 4	٦/٦	19V1/•7/•9	San Fernando	١
•/٣٤	•/٦٤١	•/٦	•///٢١	0 KJMA	KJM000	٦/٩	1990/•1/17	Kobe	٢
•/07	1/27.	٩/٧	•/\V•	TCU128	TCU128-N	٧/٦	१९९९/•९/४•	Chi-Chi, Taiwan	٣
•/•٨	•/2·V	٣/١	•/٣٧٩	Sakarya	SKR090	٧/٤	1999/•٨/1٧	Kocaeli, Turkey	٤
• /٣٢	١/•٧•	٩/٧	•/120	NSY	NSY-E	٧/٦	१९९९/•९/४•	Chi-Chi, Taiwan	٥
•/7٨	١/•٧•	• /V	•/200	5051 Parachute Test Site	B-PTS225	٧/٦	19/1/1/25	Superstitn Hills(B)	٦
•/٦٨	•/70٣	٣/١	•/٤٣٤	57383 Gilroy Array #6	G06230	٥/V	1979/•7/•7	Coyote Lake	٧
•/1٦	•/٣٨٩	Λ/•	• /٣٣١	12149 Desert Hot Springs	DSP000	٦/•	۱۹۸٦/۰۷/۰۸	N. Palm Springs	٨
•/V£	•/972	۳٦/١	•/130	23559 Barstow	BRS090	٧/٤	1997/•7/78	Landers	٩
•/٣•	•/£٧١	٥/١	•/٦٤٤	57007 Corralitos	CLS000	٦/٩	19/9/10/17	Loma Prieta	١.

جدول (٤): مشخصات زلزله های نزدیک گسل در نظر گرفته شده به منظور تحلیل سازهها

جدول (٥): مشخصات زلزله های دور از گسل در نظر گرفته شده به منظور تحلیل سازهها

T _p (s)	T _m (s)	فاصله از گسل (Km)	PGA (g)	ایستگاه	مۇلفە	M _w	تاريخ وقوع	نام زلزله	شماره
•/1٦	•/٢٥٢	۱۳/٥	•/٢٦•	8014 Forgaria Cornino	FOC000	٦/١	1971/•9/10	Friuli, Italy	١
•/٣٤	•/٣٥٣	72/9	•/٣٢٤	24278 Castaic - Old Ridge Route	ORR021	٦/٢	1911/•7/•9	San Fernando	۲
• /٣٢	•/٣٨١	23/22	•/٧١٢	TCU095	TCU095-N	٧/٦	१९९ /•९/۲•	Chi-Chi, Taiwan	٣
•/٢•	•/٤٧٤	10/7	•/1•٨	1377 San Juan Bautista	SJB213	0/V	1979/•7/•7	Coyote Lake	٤
•/١٦	•/707	٣٢	•/70•	12204 San Jacinto - Soboba	H08000	٦/•	١٩٨٦/•٧/•٨	N. Palm Springs	٥
•/77	•/٣٩٣	11/1	•/•٩٧	1492 SJB Overpass, Bent 3 g.l.	SJ3067	0/V	1979/•7/•7	Coyote Lake	٦
•/٢٦	•/201	٣•/٩	•/117	67070 Antioch - 510 G St	B-ANT270	٥/٤	١٩٨٠/٠١/٢٧	Livermore	V
•/1A	•/٤١٢	11/1	•/•٧٣	1492 SJB Overpass, Bent 5 g.l.	SJ5067	0/V	1979/•7/•7	Coyote Lake	٨
•/77	•/٣٣٤	۲۹	• / 2 • 1	90021 LA - N Westmoreland	WST000	٦/٧	1998/•1/1V	Northridge	٩
•/1٦	•/7٨٧	٣٢	•/٣٣٩	12204 San Jacinto – Soboba	H08090	٦/•	19/1/•//•/	N. Palm Springs	۱.



۱۰/ نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد



در این فرمول مقدار C_i، دامنهی فوریهی رکورد و f_i مقادیر فرکانس ها را در فاصلهی ۰/۲۵ تا ۲۰ هرتز نشان میدهد.

٥- تشديد ماكزيمم شتاب

بررسی شتاب طبقات مختلف سازه، خصوصاً در زمینهی برخورد سازه ها بسیار مهم میباشد. در این مقاله به منظور بررسی این پارامتر برای سازه های واقع در نزدیک گسل و دور از گسل، ابتدا طیف پاسخ شتاب برای شش نوع مدل مختلف، تحت رکوردهای ذکر شده تهیه شده است. سپس نسبت ماکزیمم شتاب ها در حالت برخورد سازهی ایزوله شده به قبل از برخورد آن، برای هر دو گروه رکوردهای ذکر شده مورد توجه قرار گرفته است که به اختصار (APA) عنوان شده است.

۲- تشدید جابجایی نسبی

جابجایی نسبی طبقات در سازههای ایزوله شده (به علت وجود جداسازها) نسبت به سازههای پایه ثابت کمتر میباشد. وجود جداسازها در سازه باعث میشود روسازه در برابر زلزله رفتار صلبی از خودش نشان دهد. نحوهی متأثر شدن جابجایی نسبی داخل طبقات در حین برخورد در برابر رکوردهای دور و نزدیک گسل، نسبت به حالت قبل از برخورد در این مقاله ارائه گردیده است. این نسبت در بحث و بررسی نتایج به اختصار (APD) نامیده شده است.

۷- ارائەى نتايج

تحلیل برخورد سازهها از عوامل مختلفی متأثر میشود. از مهمترین این عوامل میتوان به مشخصات سازههای برخوردکننده مانند جرم، میرایی و پریود سازهها، درز انقطاع مابین سازهها و ویژگیهای رکوردهای انتخابی اشاره کرد.

هدف کلی از بررسیهای انجام گرفته در این مقاله، تعیین تأثیر انواع رکوردهای انتخابی در تحلیل پارامترهای مهم



شکل (۵): طیف پاسخ نرمال شدهی زلزلههای دور ازگسل با نسبت میرایی ویسکوز ۵ درصد

 (T_m) مفهوم زمان تناوب متوسط ($-\epsilon$

گارسیا و همکارانش [۲۵] در سال ۲۰۰۹ دقت روش تفاضل طیفی^۱ را برای محاسبه ی درز انقطاع سازههای دارای یک درجه ی آزادی مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیقات آنان ثابت نمود که دقت این روش که درز انقطاع لازم را با استفاده از ترکیب تفاضل دوبل^۲ (DDC) محاسبه می کند، علاوه بر نسبت پریود سازهها به ارتباط این پریودها به زمان تناوب متوسط (m) که مربوط به فرکانس اصلی تحریک m می باشد، بستگی دارد. زمان نتاوب متوسط (m) یکی از مشخصات مهم حرکت زمین محسوب می شود که از رابطه ی (۱) محاسبه می شود [۲۵].



ذشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد /۱۱

¹ Spectral difference method

² Double difference combnation

سازه مانند نسبت ماکزیمم شتاب طبقات، نسبت ماکزیمم جابجایی داخل طبقهی سازهی ایزوله شده و مقدار نیروی برخورد میباشد. برای درک بهتر این اثرات، نتایج بررسی پارامترهای (APA) و (APD) بصورت نمودارهای مقایسهای ارائه شده است.

۱–۷ بررسی پارامتر (APA) سازهی ایزوله شده در اثر برخورد، تحت رکوردهای دور و نزدیک گسل

شکل (٦) نمودارهای مربوط به برخورد سازهی ایزوله، در تراز جداسازی شده را نشان میدهد. شکلهای (۷)، (۸)، (۹)، (۱۰) و (۱۱) به ترتیب نمودارهای مربوط به برخورد سازهی ایزوله با سازههای پایه ثابت مجاور، دو، سه، چهار، پنج و شش طبقه را نشان میدهند. نام رکوردهای نوشته شده در کنار نمودارها، مطابق شمارههای متناظر آنها در جدول (٤) و (٥) مي باشد. در اين بخش از مقاله به بررسي یارامتر (APA) سازهی ایزوله در تراز جداسازی شده مى پردازيم. مدل مورد مطالعه تحت اثر ركوردهاى مختلف زلزله (مندرج در جدول (٤) و (٥)) تحليل تاريخچه زماني غیر خطی شده است. نتایج حاصل نشان می دهد هنگامی که برخورد در تراز جداسازی شده رخ دهد، شتاب کف تراز جداسازی شده از شتاب دیگر طبقات بیشتر خواهد بود. این روند در هر دو گروه از رکوردها مشابه میباشد. اما همانطور که در شکل (٦) قسمت (c) مشاهده می شود میانگین افزایش شتاب بعد از برخورد با دیوار پیرامونی تحت رکوردهای نزدیک گسل در تراز جداسازی شده دو برابر مقدار آن تحت اثر رکوردهای دور از گسل میباشد. در حالیکه در ارتفاع طبقات این مقدار به ۱/٦ برابر آن میرسد. بنابراین هنگامی که سازهای ایزوله شده فقط در تراز جداسازی شده در معرض برخورد قرار دارد، شرایط بحرانی پارامتر (APA)، در تراز جداسازی شده رخ خواهد داد. از طرفی میزان تغییرات این پارامتر برای رکوردهای نزدیک گسل بطور میانگین ۳/۳۵ برابر می باشد، در حالیکه برای رکوردهای دور پاز گسل این مقدار برابر با ۱/۷۷ برابر می باشد. با توجه به مقادیر ذکر شده، افزایش پارامتر (APA) سازهی ایزوله شده تحت رکوردهای نزدیک گسل ۱/۸۹ برابر رکورد های دور از گسل میباشد. در شکلهای

(۷) تا (۱۱) به بررسی تغییرات پارامتر (APA) سازهی ایزوله شده با ساختمانهای مجاور می پردازیم. بجز ارتفاع سازههای پایه ثابت مجاور، تمام ویژگیهای این سازهها، مشابه سازهی ایزوله شده می باشد.











ذشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد /۱۳





⊐r/ نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد

قسمتهای (الف) و (ب) شکل (۷) و (۸) بطور واضح تفاوت میان انتخاب نوع رکورد در تحلیل برخورد سازهی ایزوله را نشان میدهد. همانطور که مشاهده میشود هنگامی که سازهی ایزوله شده در برخورد با سازههای پایه ثابت مجاور دو طبقه قرار می گیرد در اکثر رکوردهای نزدیک و دور از گسل بیشترین مقدار پارامتر (APA) در تراز طبقهی دوم اتفاق میافتد و همچنین در مجاورت با سازههای سه طبقه حالت بحرانی در تراز طبقهی سوم رخ میدهد. نمودار میانگین شکل (۷) بیانگر روند افزایشی این پارامتر تا تراز طبقهی دوم و سپس کاهش آن تا تراز بام سازهی ایزوله شده میباشد، شرایط مشابهی نیز در طبقه سوم برای برخورد با سازههای پایه ثابت سه طبقه مشاهده می شود. با توجه به نمودارهای فوق می توان گفت هنگامی که ارتفاع سازههای پایه ثابت مجاور از ارتفاع سازهی ایزوله شده کمتر باشد، شرایط بحرانی پارامتر (APA) در هر دو گروه رکورد در تراز بام سازههای مجاور رخ خواهد داد. اما شایان ذکر است با توجه به نمودارهای میانگین شکل (۷) و (۸)، میزان افزایش این پارامتر تحت رکوردهای نزدیک گسل نسبت به حالت برخورد با دیوار پیرامونی به مراتب بیشتر میباشد. مقدار میانگین تغییرات این پارامتر در برخورد با سازههای پایه ثابت دو طبقه تحت زلزلههای نزدیک گسل به دور از گسل برابر با ۲/۵ و هنگام برخورد با سازههای پایه ثابت سه طبقه برابر با ۲/٤ میباشد. مطابق تحقیقات پلیکاریو و کمودرموس و نتایج ارائه شده در شکل (۷) و (۸) میزان پراکندگی نمودارها نسبت به حالت برخورد با ديوار پيراموني بيشتر مي باشد. پلیکارپو و کمودرموس در مطالعات خود اشارهای به انتخاب نوع ركورد در تحليل برخورد سازهى ايزوله شده نکردهاند. در حالیکه نمودارهای (الف) و (ب) اشکال ذکر شده بطور واضح نشان میدهد توزیع پراکندگی برای زلزلههای نزدیک گسل به مراتب بیشتر از زلزلههای دور از گسل میباشد. از طرفی با افزایش تراز طبقات برخورد کننده، تفاوت میان این دو گروه رکورد واضحتر میگردد. نمودارهای (الف) و (ب) شکل (۹)، (۱۰) و (۱۱) نشان میدهد، اگر ارتفاع سازههای پایه ثابت مجاور با ارتفاع

ذشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد /۱۵

سازه ی ایزوله شده یکسان و یا بیشتر باشد، بطورکلی ضربه به مر پارامتر (APA)، از تراز جداسازی شده تا تراز طبقه ی بام سازه ی ایزوله شده روند افزایشی خواهد داشت. اما مقدار افزایش آن با زیاد شدن ارتفاع سازه های پایه ثابت بیشتر ا**۲۰ برخورد** خواهد بود. با توجه به اینکه با افزایش ارتفاع، پریود طبیعی سازه افزایش پیدا می کند، بنابراین مقدار دوره ی تناوب سازه افزایش پیدا می کند، بنابراین مقدار دوره ی تناوب سازه ها به پریود غالب رکوردها نزدیک شده و باعث سازه ها به پریود می گردد. با توجه به نمودارهای میانگین سازه مان تغییرات پارامتر (APA) در مجاورت با سازه های میانگین نسبی طبقان نسبی طبقان میزان تغییرات پارامتر (APA) در مجاورت با سازه های میانگین نسبی طبقان میزان تغییرات پارامتر (APA) در مجاورت با سازه های میانگین نسبی طبقان برابر با ۲/۲۲ و ۲/۲۸ می باشد. این مقدار برای می دهند که میزابر با ۲/۲۳ و ۲/۲۷ می باشد. همانطور که نمودارها نشان فرکانس های می دهد با افزایش ارتفاع سازه های مچاور، تأثیر گذار

حالتهای برخورد با سازههای پنج و شش طبقه به ترتیب برابر با ۳/٦٦ و ۳/٤٧ می باشد. همانطور که نمودارها نشان می دهد با افزایش ارتفاع سازه های مچاور، تأثیر گذاری زلزله های نزدیک گسل به مراتب بیشتر از زلزله های دور از گسل می باشد و توجه به این امر ضرورت بیشتری پیدا می کند. بررسی نمودارهای این بخش را می توان به سه بخش کلی تقسیم کرد. اگر برخورد فقط در تراز جداسازی شده رخ دهد، نوع رکورد انتخابی تأثیر اندکی بر پاسخ سازه ی ایزوله شده خواهد داشت. بطوری که می توان از آن مرفه نظر کرد. میانگین تغییرات پارامتر (APA) در تراز جداسازی شده تحت رکوردهای نزدیک گسل ۸/۸ برابر زلزله های دور از گسل می باشد. نکته ی بسیار مهم در این نوع برخورد، افزایش پارامتر (APA) در تراز جداسازی نوع برخورد، افزایش پارامتر (APA) در تراز جداسازی نوع برخورد، افزایش پارامتر (APA) در تراز جداسازی نوع برخورد، افزایش پارامتر (APA) در تراز مهم در این

با افزایش ارتفاع پراکندگی نموداری مربوط به رکوردهای نزدیک گسل بیشتر از نمودار زلزلههای دور از گسل میباشد. در میان زلزلههای نزدیک گسل، رکوردهایی که پریود غالب آنها به دورهی تناوب سازهی ایزوله شده ویا سازههای پایه ثابت مجاور نزدیک باشد، اثرات مخربتری بر پاسخ سازه خواهند داشت. از آنجایی که میزان نیروی برخورد از میزان شتاب سازه تبعییت میکند، بنابراین می توان گفت در حالت برخورد با دیوار پیرامونی، نیروی

ضربه به مراتب کمتر از مقدار آن در حالتهای برخورد با سازههای پایه ثابت مجاور خواهد بود.

۲–۷ بررسی پارامتر (APD) سازهی ایزوله شده در اثر برخورد، تحت رکوردهای دور و نزدیک گسل

سازهی ایزوله شده مطابق بخش قبل، در معرض برخورد قرار گرفته است. شکل های ()۱۲ تا (۱۷) نسبت جابجایی نسبی طبقات سازهی ایزوله شده در حالت برخورد با دیوار پیرامونی را نسبت به قبل از برخورد نشان میدهد. نمودارهای (الف) و (ب) شکلهای (۱۲) تا (۱٤) نشان میدهند که هرچه مقدار T_m به دورهی تناوب سازه ایزوله شده نزدیک باشد، شدت برخورد رخ داده یه دلیل تحریک فرکانس های طبیعی سازه بیشتر خواهد بود. همانطور که قبلاً ذکر شدهاست T_m پارامتری است که جهت توصیف محتوای فرکانسی رکورد مورد استفاده قرار گرفته است. مقایسهی نمودارهای (الف) و (ب) بیانگر این موضوع میباشد که پراکندگی در زلزلههای نزدیک گسل نسبت به زلزلههای دور از گسل بیشتر میباشد. از طرفی در رکوردهای نزدیک گسل، هرچه فاصله از مرکز گسل کمتر باشد در تشدید شرایط برخورد مخصوصاً در بررسی پارامتر جابجایی نسبی نقش پر رنگتری خواهد داشت. همانطور که در قسمت (الف) شکل های (۱۲) تا (۱٤) مشاهده می شود در رکورد شمارهی ٦ (زلزلهی به دلیل نزدیکی زمان T_m به دلیل نزدیکی زمان (Superstitn Hills B تناوب سازهی ایزوله شده و همچنین کم بودن فاصلهی آن از محل گسل نسبت به دیگر رکوردها شرایط بحرانی تر ایجاد شده است. مطابق جدول (٤) فاصله از گسل برای اين ركورد ٧/٠ كيلومتر مي باشد. نكته قابل ذكر اينكه، اين عامل به تنهایی نمی تواند پاسخ سازه را در حین برخورد بحرانی کند. بر اساس جدول (٤)، فاصله از گسل برای زلزلهی کوبه نیز برابر با ۰/٦ کیلومتر میباشد. اما از آنجاییکه زمان T_m آن ۲/۰۶ بوده و دورهی تناوب سازهی ایزوله شده وسازههای پایه ثابت مجاور دو و سه طبقه به ترتيب برابر با ٠/٩٤، ٢١/٠ و ٢/٣ مي باشد لذا پاسخ سازهي ایزوله شده برای این رکورد بحرانی نخواهد کرد.

شکل (۱۳): نسبت ماکزیمم جابجایی داخل طبقات بعد از برخورد سازهی ایزوله به قبل از برخورد آن (APD) با سازهی ۲طبقه مجاور

نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد /۱۷

D

۱۸/ ذشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد

نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد /۱۹

زلزلههای نزدیک گسل ۱/۵۹ برابر آن تحت زلزلههای دور از گسل میباشد. نتایج نشان میدهد میزان تغییرات پارامتر (APD) حین برخورد در تراز طبقات نسبت به حالتی که شرایط برخورد فقط در تراز جداسازی شده فراهم باشد تفاوت چشمگیری با هم ندارند. در نتیجه، استفاده از سیستمهای جداساز در سازه باعث میشود جابجایی نسبی طبقات کمتر شده و روسازه در هنگام زلزله رفتار صلب مانندی داشته باشد. از این ویژگی میتوان برای کاهش اثرات ناشی از برخورد سازهی ایزوله شده با سازههای مجاور استفاده کرد. همچنین نمودارهای میانگین برای شش حالت مدلسازی بیانگر این موضوع می باشند که با افزایش ارتفاع سازههای مجاور میزان پارامتر (APD) سازهی ایزوله شده بطور میانگین افزایش پیدا میکند.

۷-۳- تأثیر رکوردهای دور و نزدیک گسل بر مقدار نیروی ضربه

مقدار نیروی ضربه به عوامل متعددی مانند سرعت نسبی سازهها، ضریب سختی فنر، ضریب میرایی برخورد و همچنین نوع رکورد مورد تحلیل بستگی دارد. در این قسمت از مقاله جهت بررسی مقدار نیروی ضربه و زمان برخورد، نتایج حاصل از تحلیل سازهی ایزوله شده در حالتهای برخورد با دیوار پیرامونی در سازههای مجاور چهار و شش طبقه ارائه شدهاست. برای بررسی تأثیر رکوردهای دور و نزدیک گسل بر مقدار نیروی ضربه، این سازهها تحت زلزلههای نزدیک گسل San Fernando، Kobe و Ki-Chi, Taiwan (رکوردهای شمارهی ۱، ۲ و ۳) مندرج در جدول (٤) و زلزلههای دور از گسل Livermore ،Friuli ،Italy و Coyote Lake (ركوردهاى شمارهی ۱، ٤ و ۷) مندرج در جدول (۵) قرارگرفتهاند. نتایج حاصل در شکلهای (۱۸) تا (۲۰) ارائه شدهاست. بر اساس این اشکال مقدار و الگوی نیروی ضربه در زلزلههای نزدیک گسل نسبت به زلزلههای دور از گسل متفاوت میباشد. از آنجایی که سازهی ایزوله شده در هر دو طرف در معرض برخورد قرار دارد بنابراین برای نشان دادن طیف ضربه، مقدار نیروی بوجود آمده در اثر برخورد با دیوار سمت چپ را با علامت مثبت و دیوار سمت

با توجه به نمودارهای ارائه شده در شکل (۱۳) و (۱٤) می توان نتیجه گرفت که پارامتر (APD) سازهی ایزوله شده در برخورد با سازههای پایه ثابت دو طبقه، تحت رکوردهای نزدیک گسل حدودا ۱/۵۳ برابر آن تحت زلزلههای دور از گسل میباشد. در حالیکه این مقدار تحت شرایط برخورد با سازههای سه طبقهی مجاور برابر ۱/٦٢ می باشد. این بدان معنی است که افزایش ارتفاع سازههای مجاور با ویژگیهای یکسان تأثیر زلزلههای نزدیک گسل بیشتر می شود. نمودارهای (الف) و (ب) شکل های (۱۵) تا (۱۷) نشان میدهد جابجایی نسبی طبقات تحت هر دو گروه از رکوردها با افزایش ارتفاع سازهها، در تراز طبقات افزایش پیدا میکند. اما میزان افزایش این پارامتر برای رکوردهای دور و نزدیک گسل متفاوت میباشد. زمانی که پريود طبيعي سازههاي کناري در محدودهي پريود غالب ركوردها قرار مي گيرد اثرات برخورد بحراني تر خواهد شد. بنابراین نه تنها پریود طبیعی سازهی ایزوله شده بلکه دورهی تناوب سازههای مجاور در تشدید مسئله برخورد مؤثر مىباشند. مخصوصاً هنگامى كه ارتفاع سازەھاى مجاور از سازهی ایزوله شده بیشتر باشد. نمودارهای میانگین در شکلهای (۱۵) تا (۱۷) نشان میدهند که میزان تغییرات پارامتر (APD) سازهی ایزوله شده در مجاورت با سازههای پایه ثابت چهار طبقه تحت زلزلههای نزدیک گسل ۱/۵۲ برابر آن تحت رکوردهای دور از گسل می باشد. میزان این تغییرات تحت شرایط برخورد با سازههای پنج طبقهی مجاور برابر ۱/٦۱ و برای سازههای شش طبقه ۱/۹۱ می باشد.

نکته قابل توجه در بررسی این پارامتر این است که پارامتر (APD) نسبت به پارامتر (APA) در حین برخورد کمتر متأثر می گردد. مقدار میانگین این تغییرات همانطور که در بخش قبلی نیز ذکر شد، بین ۱/۵۳ و ۱/۹۱ با توجه به ارتفاع سازههای مجاور متغییر میباشد. در صورتیکه این مقدار برای پارامتر (APA) بین ۱/۸۹ و ۳/۱۳ با توجه به ارتفاع سازههای مجاور تغییر پیدا میکند. هنگامی که سازهی ایزوله شده در تراز جداسازی شده در معرض برخورد قرار می گیرد، میزان تغییرات پارامتر (APD) تحت

شکل (۱۸): نیروی ضربه در حالت برخورد با دیوار پیرامونی

شکل (۱۹): نیروی ضربه در حالت برخورد با سازههای پایه ثابت مجاور چهار طبقه

راست را با علامت منفی نشان میدهیم. نتایج حاصل نشان میدهد زمان وقوع مقدار ماکزیمم نیروی ضربه دقیقاً در زمان ماکزیمم شتاب رخ می دهد. این شرایط برای تمامی رکوردهای دور و نزدیک گسل صادق میباشد. از طرفی با توجه به نمودارهای بالا مقدار نیروی ضربه تحت زلزلههای نزدیک گسل ۲/۷ برابر مقدار آن تحت رکوردهای دور از گسل میباشد. همانطور که در بخشهای قبل اشاره شدهاست، در این نوع برخورد افزایش شتاب تحت زلزلههای نزدیک گسل ۱/۸۹ برابر زلزله های دور از گسل می باشد. بنابراین نیروی ضربه تقریباً ۱/۵ برابر بیشتر از طیف شتاب از ویژگیهای نوع رکورد انتخابی متأثر می شود. همچنین با توجه به شکل (۱۸) مشاهده می شود زمان برخورد و مقادیر ماکزیمم نیروی ضربه در رکوردهای نزدیک گسل معمولاً در پریودهای بالا رخ می،دهد در حالیکه در زلزلههای دور از گسل در پریودهای پايين اتفاق مىافتد. دليل اين موضوع را مىتوان به وجود پالس های بزرگ در الگوی طیف شتاب و سرعت در زلزله های نزدیک گسل نسبت داد. البته با توجه به مطالعات

صورت گرفته در این مقاله، زمانی که بیشترین نیروی ضربه ایجاد می شود، یک جهش ناگهانی در الگوی رفتاری انرژی ورودی سازه بوجود می آید و سپس مقدار آن کاهش پیدا می کند. نمونهای دیگر از این بررسی ها در شکل (۱۹) و (۲۰) ارائه شده است.

همانطور که در شکل (۱۹) مشاهده می شود هرچه ارتفاع سازه های پایه ثابت به ارتفاع سازه ی ایزوله شده نزدیک تر می شود الگوی طیف ضربه در هر دو گروه از زلزله های مورد تحلیل نوسان بیشتری پیدا میکند. این امر نتایج حاصل از بررسی پارامتر (APA) را نیز به نوعی تأیید میکند. بدین صورت که بررسی پارامترهای جابجایی نسبی و شتاب در برخورد سازه ی ایزوله با سازه های پایه ثابت مجاور با ارتفاع های برابر یا بیشتر، شرایط بحرانی تری را مخصوصاً تحت رکورده ای نزدیک گسل بوجود می آورد.

نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد /۹۱

¹ Input energy

۷- نتیجه گیری

با توجه به نتایج تحلیل های صورت گرفته در این مقاله، مهمترین نتایج حاصل به صورت زیر خلاصه می شود: ۱- برخورد در تراز جداسازی شده توسط دیوار پیرامونی باعث افزایش پارامتر (APA) در تراز جداسازی شده میشود. افزایش این پارامتر برای هر دو گروه از رکوردهای مورد مطالعه رخ می دهد. در این حالت توزیع پراکندگی نمودارها بسیار کم می باشد. افزایش پارامترهای (APA) و (APD) تحت زلزلههای نزدیک گسل به ترتیب ۱/۸ و ۱/۲ برابر زلزلههای دور از گسل می باشد.

۲- با توجه به ابن نتایج میتوان گفت هرگاه ارتفاع سازههای پایه ثابت مجاور کوتاهتر باشند، شرایط بحرانی در سازهی ایزوله شده در تراز بام سازههای کناری رخ خواهد داد.

۳- با افزایش ارتفاع، تفاوت تأثیر رکوردهای دور و نزدیک گسل بر رفتار سازهی ایزوله شده بیشتر خواهد بود. افزایش پارامتر (APA) و (APD) سازهی ایزوله تحت زلزلههای نزدیک گسل به ترتیب۳/٦۷ و ۱/٦۱ برابر نسبت به زلزلههای دور از گسل میباشد.

٤- هنگام برخورد بطور کلی میزان متأثر شدن پارامتر (APA) بیشتر از پارامتر (APD) خواهد بود. هرگاه ارتفاع سازههای مجاور سازهی جداسازی شده به ارتفاع سازهی ایزوله نزدیک باشد، اثرات زلزلههای نزدیک گسل نسبت به حالتهای قبل بیشتر خواهد بود. همچنین هرگاه Tm به

شکل (۲۰): نیروی ضربه در حالت برخورد با سازههای پایه ثابت مجاور شش طبقه

از طرفی در این نوع برخورد، نسبت میانگین ماکزیمم نیروی ضربه تحت رکوردهای نزدیک گسل ۸ برابر زلزلههای دور از گسل می باشد. با توجه به شکل (۱۹) مشاهده می شود الگوی رفتاری طیف ضربه تحت رکوردهای دور از گسل هرچند از نظر مقدار ماکزیمم، کوچکتر از زلزله های نزدیک گسل میباشد اما از نوسان بیشتری برخوردار است. این ارتعاشات را می توان به زمان T_m رکوردها نسبت داد. هرچه میزان T_m به دورهی تناوب سازههای مجاور نزدیک باشد تأثیر بیشتری بر پاسخ سازه در حین برخورد خواهد گذاشت. از طرفی زلزلههای دور از گسل به علت اینکه در طیف های شتاب و سرعت خود فاقد پالس،های بزرگ بوده، بنابراین هرگاه زمان T_m و یا پریود غالب رکورد به دورهی تناوب سازهها نزدیک باشد. طبف ضربه نوسان يشتري خواهد داشت. بررسي بين پارامتر (APA) و نیروی ضربه در این نوع برخورد نشان میدهد که میزان متأثر شدن مقدار نیروی ضربه تحت رکوردهای نزدیک گسل نسبت به رکوردهای دور از گسل ۲/۸۹ برابر پارامتر (APA) می باشد. در این نوع برخورد

[9] Makris, N. and Chang, S.P. (2000), "Effect of Viscous, Viscoplastic and Friction Damping on the Response of Seismic Isolated Structures", Engineering and Structural Dynamics, Vol. 29, pp. 85-107.

[10] Skinner, R.I., Robinson, W.H. and Mcverry, G.H. (1993), "An Introduction to Seismic Isolation", London: John Wiley and Sons.

[11] Chali, J., Tengt, T. and Llao, W. (2004), "Numerical Simulation of Near Fault Ground Motion and Induced Structural Responses", 13th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No.3309

[12] Yaghmaei-Sabegh, S. (2010), "Detection of Pulse-Like Ground Motions Based on Continues Wavelet Transform", Journal of Seismology, Vol. 14, pp. 715-726.

[13] Providakis, C.P. (2008), "Effect of LRB isolators and supplemented viscous dampers on seismic isolated buildings under nearfault excitations", Engineering Structures, Vol. 2008, pp. 1187-1198.

[14] Anagnostopoulos, S.A. (1988), "Pounding of Buildings in Series During Earthquakes", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 16, pp.443-456.

[15] Chopra, A.K. (1995), "Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering", Printice Hall, Upper saddle river, NJ.

[16] NEHRP Commentary on the Gguidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 274), Issued by FEMA in Furtherance of the Decade for Natural Disaster Reduction, 1997.

[17] Polycarpou, C. and Komodromos, P. (2010), "Earthquake-Induced Poundings of a Seismically Isolated Building with Adjacent Structures", Engineering Structures, Vol. 32, PP. 1937-1951.

[18] Tsai, H.C. (1997), "Dynamic Analysis of Base-Isolated Shear Beams Bumping Against Stops", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 26:515-28.

[19] Malhotra, P.K. (1997), "Dynamics of Seismic Impacts in Base-Isolated Buildings", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 26, pp. 797-813.

[20] Matsagar, V.A. and Jangid, R.S. (2003), "Seismic Response of Base-Isolated Structures During Impact with Adjacent Structures", Engineering Structures, Vol. 25, pp. 1311-1323.

[21] Komodromos, P., Polycarpou, P.C., Papaloizou, L. and Phocas, M.C. (2007), "Response of Seismically Isolated Buildings Considering Poundings", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 36, pp. 1605-1622.

[22] Komodromos, P. (2008), "Simulation of the Earthquake-Induced Pounding of Seismically Isolated Buildings", Computers and Structures, Vol. 86, pp. 618-626.

دورهی تناوب سازهها نزدیک باشد، باعث افزایش اثرات ناشی از برخورد میگردد. پارامتر Tm به محتوای فرکانسی رکورد وابسته بوده و به همین علت نسبت به پریود غالب پارامتر مناسبی برای ارزیابی عملکرد زلزلههای مختلف می باشد.

۵- ماکزیمم نیروی ضربه دقیقاً در زمان ماکزیمم طیف شتاب رخ میدهد. این زمان معمولاً برای زلزلههای دور از گسل در پریودهای پایین و برای زلزلههای نزدیک گسل در پریودهای بالا اتفاق میافتد. همچنین مطالعات انجام شده در این مقاله نشان میدهد مقدار نیروی ضربه تحت زلزلههای نزدیک گسل بسیار بیشتر از رکوردهای دور از گسل میباشد. از طرفی هرچه ارتفاع سازههای برخوردکننده نسبت به سازهی ایزوله شده بیشتر باشد، مقدار نیروی برخورد تحت زلزلههای نزدیک گسل بیشتر خواهد بود.

۸- مراجع

[1] Pantelides, C.P. and Ma, X. (1998), "Linear and Nonlinear Pounding of Structural Systems", Computers and Structures, Vol. 66, pp. 79-92.

[2] Jankowski, R. (2008), "Earthquake-Induced Pounding between Equal Height Buildings with Substantially Different Dynamic Properties", Engineering Structures, Vol. 30, pp. 2818-2829.

[3] Anagnostopoulos, S.A. (1992), "An Investigation of Earthquake Induced Pounding between Adjacent Buildings", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 21, pp. 289-302.

[4] Dogani, M. and Gunaydin, A. (2009), "Pounding of Adjacent RC Buildings During", Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University, Vol. XXII, No:1.

[5] Goldsmith, W. (1960), "Impact: the Theory and Physical Behavior of Colliding Solids", Edward Arnold: London, England.

[6] Jankowski, R. (2005), "Non-Linear Viscoelastic Modeling of Earthquake-Induced Structural Pounding", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 34, pp. 595-611.

[7] Taylor, A.W. and Igusa, T. (2004), "Primer on Seismic Isolation", ASCE task committee on seismic isolation.

[8] Jangid, R.S. and Kelly, J.M. (2001), "Base Isolation for Near-Fault Motions", Engineering and Structural Dynamics, Vol. 30, pp. 691-707.

ذشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد /^۹۹

Archive of SID

[23] Agarwala, V.K., Niedzweckia, J.M. and van de Lindtb, J.W. (2007), "Earthquake Induced Pounding in Friction Varying Base Isolated Buildings", Engineering Structures, Vol. 29, pp. 2825-2832.

[24] Garcia, D.L. and Soong, T.T. (2009), "Assessment of the Separation Necessary to Prevent Seismic Pounding between Linear Structural Systems", Probabilistic Engineering Mechanics, Vol. 24, pp. 210-223.

[25] Rathje, E.M., Abrahamson, N. and Bray, J.D. (1998), "Simplified Frequency Content Estimates of Earthquake Ground Motions", Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 124, pp. 150-159.

سال یازدمم _ شماره هفدهم _ بهار و تابستان ۹۴

^{عر}/ نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد