امکان سنجی جداسازی پایپ‌رک از پایه برای کاهش اثرات زلزله

محمد رشوند *
کارشناس ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندس عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
حمید محرمی
دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشکده مهندس عمران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۷

ارجاع به مقاله:
محمد رشوند، حمید محرمی، امکان سنجی جداسازی پایپ‌رک از پایه برای کاهش اثرات زلزله، *مهندسی و مدیریت ساخت*، ۱۴۰۳؛ ۹ (۲): ۱۰-۷.

چکیده

یکی از مهمترین سازه‌ها، پایپ‌رک‌ها می‌باشند که معمولاً سازه‌هایی بتنی، فولادی و یا ترکیبی از این دو هستند که جهت نگهداری لوله‌ها و سایر تجهیزات در ترازهای مورد نیاز به‌کار می‌روند. جداسازی لرزه‌ای یکی از قدرتمندترین ابزارهای مهندسی زلزله در زمینه کنترل غیرفعال می‌باشد. این روش می‌تواند به نحو موثری از سازه‌های ساختمانی و غیر ساختمانی در مقابل یک رویداد لرزه‌ای ویرانگر محافظت کند. به بیان دیگر جداسازی لرزه ای می‌توان به منظور افزایش سطح عملکرد پایپ‌رک‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله عملکرد جداسازهای لرزه‌ای در یک پایپ رک که از ۴ بخش تشکیل شده است، توسط دو نوع جداساز سربی-لاستیکی و آونگ اصطکاکی، تحت اثر زلزله های نزدیک گسل و دور از گسل مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد استفاده از جداسازهای لرزه‌ای در پایپ‌رک‌ها باعث کاهش آسیب به سازه و لوله ها پس از زلزله می‌شود و عملکرد بسیار مناسبی دارد. جداساز لرزه ای در این پژوهش به سه صورت استفاده شد، ابتدا جداساز در زیر سازه ها استفاده شد و در مرحله بعد کف طبقات جداسازی شد و در پایان جداسازها در زیر لوله ها قرار داده شد. رفتار این نوع جداسازها تقریبا یکسان بوده و با توجه به شرایط پروژه می‌توان تصمیم گرفت که جداسازها در کدام بخش از سازه قرار گیرد.

کلمات کلیدی
جداسازی لرزه‌ای، پایپ‌رک، پاسخ لرزه‌ای

۱- مقدمه

در زمینه پایپ‌رک ها تحقیقات کمی صورت گرفته که از جمله می توان به کار دراک اشاره کرد که روند کلی طراحی پایپ رک ها را بررسی نموده است[۱]. کریمی و همکارانش ارزیابی لرزه ای پایپ‌رک های موجود در پتروشیمی های ایران را مورد بررسی قرار دادند[۲]. اریک و همکاران سازه های غیر ساختمانی که بوسیله لوله های با قطر زیاد به هم متصل شده اند را بررسی نموده و اثرات اندرکنش جداسازی دو بخش به وسیله لوله با قطر زیاد را بررسی کردند[۳]. اسامه روند طراحی پایپ رک های مورد استفاده در پتروشیمی ها را بررسی نموده و پیشنهاداتی برای طراحی این نوع سازه ها ارائه داده است[۴]. میرقادری و شهیدی‌تبار اندرکنش لوله و پایپ رک را مورد ارزیابی قرار دادند[۵]. هدف از احداث پایپ رک ها عبور لوله ها و سایر تجهیزات از روی آنها می باشد پس باید بعد از زلزله کمترین

The feasibility of separating the pipe rack from the foundation to reduce the effects of earthquakes

Mohammad Rashvand*
M.Sc., School of Civil Engineering, Iran University of Tarbiat Modarres, Tehran, Iran
Hamid Moharrami
School of Civil Engineering, Iran University of Tarbiat Modarres, Tehran, Iran

*Corresponding author's email address:
m69rashvand@gmail.com

How to cite this article:
Mohammad Rashvand, Hamid Moharrami, The feasibility of separating the pipe rack from the foundation to reduce the effects of earthquakes, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2025; 9(2):7-10.

Abstract

One of the most important structures are pipe racks, which are usually made from concrete, steel, or a combination of the two materials that are used to maintain pipes and other equipment at the required levels. Seismic isolation is one of the most powerful earthquake engineering tools in the field of passive control. This method can effectively protect building and non-building structures against a devastating earthquake. In other words, seismic isolation can be used to increase the performance level of pipe racks. In this article, the performance of seismic isolators in a pipe rack that consists of 4 parts, by two types of lead-rubber isolators and friction pendulum, under the effect of near and far-field earthquakes, has been studied. The results show that the use of seismic isolators in pipe racks reduces the damage to the structure and pipes after an earthquake and has a very good performance. The seismic isolator was used in three ways in this research, firstly, the isolator was used under the structures, and in the next step, the floor of the floors was isolated, and at the end, the isolators were placed under the pipes. The behavior of this type of isolators is almost the same, and according to the project conditions, it is possible to decide which part of the structure the isolators should be placed in.

Keywords
Seismic Isolator, Pipe rack, Seismic response

JECM
9 (2) , 2025
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

آسیب به لوله ها و تجهیزات وارد شود. به علت جدا کردن پایپ رک ها در یک طول مشخص و رفتار جداگانه هر یک از بخش ها در زلزله و نیز وارد شدن نیروی بسیار زیاد در محل جداشدگی به تکیه گاه لوله ها باید تدابیری اندیشیده شود تا خسارات وارده به لوله ها کاهش داده شوند. از دلایل دیگر آسیب به لوله ها در محل انکرها طولانی بودن طول پایپ رک می باشد که موجب اختلاف فاز در نیروی ورودی زلزله خواهد شد. نداشتن دیافراگم صلب در سطوح مختلف هر قاب می‌تواند موجب آسیب به لوله ها در قاب های مختلف بشود. در هنگام وقوع زلزله، تغییر مکان‌های نسبی بزرگ طبقات سبب وارد آمدن خسارت به اجزاء غیرسازه‌ای و تجهیزات متصل به طبقات می‌شود. راه حل عملی برای کاهش اثرات زلزله بر سازه و اجزای غیر سازه‌ای استفاده از جداسازی پی است که سازه را از حرکات لرزه‌ای مخرب زمین و یا تکیه‌گاه جدا می‌کند[۶].

از آنجا که بخشی از هدف این مطالعه برآورد خطرپذیری پایپ رک ها در حوزه نزدیک زلزله می‌باشد، در این بخش در مورد برخی از ویژگی‌های این رکوردها توضیح داده شده است. آیین‌نامه FEMA-P695 و همین‌طور مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که شتاب‌نگاشت‌های حوزه نزدیک به دو بخش با و بدون پالس تقسیم می‌شوند. این پالس‌ها به صورت پالس شتاب،سرعت و جابجایی می‌باشند که می‌توان آن‌ها را به تغییرات بزرگ در تاریخچه شتاب،سرعت و جابجایی تعریف کرد [۷]. در شتاب‌نگاشت‌های نزدیک گسل رکوردهای حاصل از سرعت به‌دلیل آن‌که نسبت به شتاب دارای پریودهای بالاتری هستند،دارای یک شکل پالس‌گونه با پریود بالا می‌باشند.در زلزله‌های حوزه نزدیک به‌دلیل فاصله کوتاه بین محل شکست و محل دریافت موج،فرصتی برای میرا شدن فرکانس‌های بالا نبوده و به‌همین دلیل شتاب‌نگاشت آنها محتوای فرکانسی بالایی دارند [۸]. زلزله های نزدیک گسل دارای خصوصیات ویژه ای هستند که آن از جمله می توان به سه خصوصیت بارز جهت گیری، تغییر مکان دائمی و محتوای فرکانسی بالا اشاره نمود. از میان سه خصوصیت فوق جهت گیری عاملی است که باعث ایجاد حرکاتی پالس گونه با دامنه نسبتاً زیاد و مدت زمان استمرار کم (پالس های ناشی از جهت گیری پیشرونده انتشار شکست) در تاریخچه زمانی نگاشت های سرعت زمین در حوزه‌ی نزدیک گسل گردیده و انرژی ورودی بالایی را در ابتدای شتاب نگاشت و در مدت زمان کوتاه به دلیل عدم امکان کاهیدگی مناسب، بر سازه تحمیل می نماید [۹].

جداساز لرزه‌ای یکی از قدرتمندترین ابزارهای مهندسی زلزله در زمینه فن‌آوری کنترل غیرفعال ارتعاشات سازه‌ها می‌باشد. این روش می‌تواند از سازه‌های ساختمانی و غیرساختمانی درمقابل یک رویداد لرزه‌ای ویرانگر، خواه از طریق انجام ک طراحی اولیه صحیح یا از طریق اعمال اصلاحات بعد از ساخت، محافظت کند[۱۰]. با این وجود، ابهاماتی در مورد عملکرد این سیستم در زلزله‌های پریود بلند و زلزله‌های نزدیک گسل وجود دارد. این موضوع توسط محققین مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. در این قسمت مروری بر تحقیقات انجام شده آورده می‌شود. جانگید و کلی در سال ۲۰۰۱ به بررسی اثر رکوردهای نزدیک گسل بر روی سازه‌های جداساز شده پرداختند. آن‌ها یک مدل دوجرمی از یک ساختمان چند طبقه بافرض رفتار نیرو-تغییرمکان طی با میراگر ویسکوز درنظرگرفته و مدل را تحت اثر یک مؤلفه عمود برگسل قرار دادند. براساس این مطالعه با افزایش میرایی جداساز، شتاب مطلق سازه ابتدا کاهش یافته و به یک مقدار مینیمم می‌رسد و پس از آن افزایش می‌یابد. این موضوع نشان‌دهنده وجود یک مقدار مشخص میرایی در سیستم جداساز است که در آن شتاب روسازه یک سیستم سازه‌ای داده شده حداقل می‌باشد. آن‌ها هم‌چنین رفتار غیرخطی چهار سیستم جداساز مختل، شامل: تکیه‌گاه لاستیکی خطی، تکیه‌گاه لاستیکی با میرایی بالا، تکیه‌گاه سربی-لاستیکی و سیستم EDF را تحت اثر مؤلفه نرمال شش حرکت نزدیک به گسل انتخابی مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که سیستم EDF می‌تواند به‌عنوان گزینه بهتری برای طراحی سازه‌های جداسازی شده در مناطق نزدیک گسل مورد توجه قرار گیرد [۱۱]. ویتزمن و همکاران در سال ۲۰۰۶ اثر افزایش میرایی در ناحیه پریود بلند را بر طیف پاسخ شتاب مورد بررسی قرار دادند. براساس مطالعه آن‌ها میرایی بالای معرفی به جداساز به منظور کنترل جابجایی در سیستم‌های دارای پریود بلند اختلاف بین شبه شتاب و شتاب در ناحیه پریودهای بلند را به‌صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. بنابراین روش‌های معمول طراحی سازه‌های جدا شده برای سیستم‌های جداساز دارای دارای زمان تناوب بزرگ و میرایی بالا با خطا همراه خواهد بود و لازم است مدلی که برای تحلیل و طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد این اختلافات را منعکس نماید. آن‌ها بر این اساس یک روش وابسته به پریود برای کاهش طیف پاسخ شبع شتاب و برای تبدیل آن به طیف شتاب ارائه دادند[۱۲].

۲- مدل‌سازی

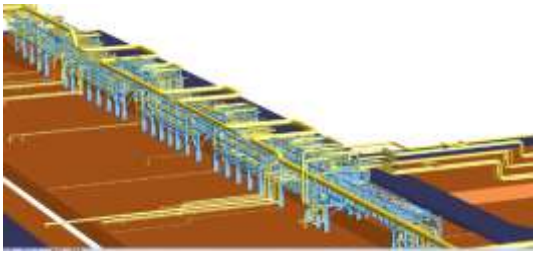
در این فصل روند مدلسازی به اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرد. ابتدا نرم افزار مورد استفاده معرفی و صحت سنجی می شود. سپس طراحی مدل‌های سازه ای و جداسازها مورد بحث قرار می‌گیرد و نکاتی در مورد طراحی جداسازهای لرزه ای مطرح می شود و در نهایت رکوردهای مورد استفاده در تحلیل معرفی و مشخصات آنها ارائه می‌گردد.

طراحی سازه‌ها با استفاده از نرم افزار SAP انجام شده است. به منظور تحلیل دینامیکی و ارزیابی رفتار مدل‌ها از نرم افزار SAP و OPENSEES استفاده شده است. این برنامه ها با قابلیت تحلیل دینامیکی غیرخطی سیستم های چند درجه آزادی جداسازی شده را دارا می باشند. امکان مدلسازی انواع مختلف جداسازهای غیرخطی شامل جداساز سربی-لاستیکی، آونگ اصطکاکی، جداساز اصطکاکی خالص و همچنین جداسازهای لاستیکی با میرایی بالا در این برنامه وجود دارد.

پایپرک مورد بررسی در این مقاله شامل یک پایپ رک طویل به طول حدود ۲۵۰ متر می‌باشد که به جهت طول زیاد آن در طول‌های مشخص از یکدیگر جدا شده تا عملکرد بهتری داشته باشند و به ۴ بخش تقسیم شده‌اند. پایپرک مورد اشاره از یکی از پایپرک‌های موجود در یکی از پالایشگاه‌های ایران می‌باشد که از این نظر، ما با یک سازه کاملا واقعی و موجود سرکار داریم و نتایج این پژوهش می‌تواند برای پایپرک اشاره شده مورد استفاده قرار گیرد. هندسه پایپرک با توجه به نیازهای بخش پایپینگ مبنی بر عبور لوله‌ها از روی آن، توسط این بخش مشخص گردید. باید توجه گردد که محل

JECM
2025 , 9 (2)
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

قرارگیری بادبندهای افقی و قائم با بخش پایپینگ هماهنگ گردد تا با لوله‌های عبوری همپوشانی نداشته باشد. بارهای گسترده و متمرکز لوله‌ها و تجهیزات و محل قرارگیری و نیروهای انکر و گاید لوله‌ها نیز توسط بخش مکانیک ارائه است. سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی برای پایپ‌رک‌های فولادی، از نوع قاب خمشی متوسط در راستای عرضی و مهاربند هم‌مرکز معمولی در جهت طولی در نظر گرفته شد. در راستای عرضی در صورتی که امکان تعبیه مهاربند وجود داشته باشد، بعد از هماهنگی با بخش پایپینگ استفاده از مهاربند هم‌مرکز توصیه می‌گردد، که در یکی دو بخش به علت جوابگو نبودن دریفت‌ها از این نوع مهاربند استفاده شد. به علت نبود سقف در این نوع سازه‌ها از مهاربندهای افقی جهت یکپارچه‌سازی و عملکرد بهتر این نوع سازه‌ها در زلزله استفاده شد.



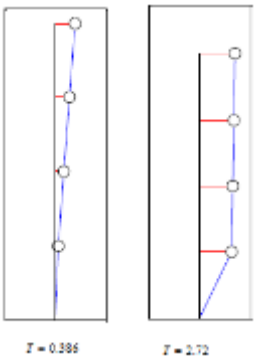
شکل ۱ نمای سه بعدی از پایپ رک مورد مطالعه به همراه لوله های عبوری

بارهای وارد بر سازه اصولاً قابل تفکیک به بارهای ناشی از خود سازه و تجهیزات مستقر بر روی آن می‌باشد. در این قسمت، بارهای ناشی از خود سازه و لوله‌ها و تجهیزات به طور جداگانه معرفی می‌گردد. این بخش شامل بارهای مرده و زنده سازه می‌باشد که تفاوت خاصی با سازه‌های معمولی ندارد. نیروی زلزله ناشی از سازه با استفاده از آئین‌نامه UBC97 محاسبه شده و به سازه وارد می‌گردد. باید به این نکته توجه نمود که نیروی زلزله استخراجی از آئین‌نامه UBC97 در ترکیبات بارگذاری به علت تفاوت سطح زلزله باید اصلاح گردد. لازم است نیروی زلزله استخراج شده از آئین‌نامه، بر ضریب ۱/۴ تقسیم گردد. نیروی قائم زلزله، مطابق آنچه در آئین‌نامه تصریح گردیده، در روش تنش مجاز قابل صرف نظر نمودن می‌باشد. در این تحقیق نیز چون طراحی با روش تنش مجاز انجام پذیرفته، از نیروی قائم زلزله صرف نظر شده است. بار ناشی از تغییرات درجه حرارت به علت طول زیاد سازه باید در نظر گرفته شود. که در این پایپرک ها برابر ۳۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد. جهت رعایت مسائل ایمنی، تا ارتفاع مشخصی از سطح زمین، اعضای سازه در مقابل آتش‌سوزی ایمن می‌گردند. ایمن‌سازی بدین صورت می‌باشد که المان‌های فولادی با استفاده از بتن به ضخامت مشخصی پوشانده می‌شوند که البته بار ناشی از ایمن‌سازی در برابر حریق نیز باید در طراحی در نظر گرفته شود. جزئیات بارگذاری در پیوست نمایش داده می‌شود. عمده تفاوت قابل ملاحظه که نسبت به سایر سازه‌ها می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، بارهای اعلامی از سوی بخش پایپینگ مربوط به لوله‌ها، بار تجهیزات واقع بر روی پایپرک و همچنین شرایط مربوط به بارهای ناشی از زلزله می‌باشد. نکته مهم دیگر این است که زلزله مربوط به سازه پایپرک و زلزله مربوط به لوله‌ها، به‌طور جداگانه باید محاسبه گردد. بار مرده لوله‌ها عمدتاً مربوط به لوله‌های خالی می‌باشد که از بخش پایپینگ دریافت می‌گردد. بار مرده لوله‌ها و محتویات آن‌ها در حالت بهره برداری نیز باری است که توسط بخش پایپینگ ارائه شده و بر سازه اعمال می‌گردد. بار افقی لوله‌ها وارد بر سازه در محل تکیه‌گاه‌های انکر و گاید در جهت‌های x و y در حالت بهره برداری ناشی از حرکت سیال داخل لوله‌ها، انبساط و انقباض و سایر عوامل نیز باید در نظر گرفته شده و بر سازه اعمال گردد. همچنین باید به این نکته توجه نمود که در محل تکیه‌گاه‌های انکر و گاید نیروی اصطکاک وجود نداشته و در نظر گرفته نمی‌شود. بار اصطکاکی ناشی از عبور لوله‌ها از روی سازه، باید در جهت‌های x و y در نقاطی که انکر و گاید وجود ندارد، وارد گردد. این بار برابر حداقل ۳۰ درصد نیروی قائم زلزله در حالت منفرد می‌باشد. نیروی زلزله لوله‌ها مستقیماً توسط انکر و گاید به پایپرک اعمال می‌گردد. در نظر گرفتن بار مرده لوله‌ها جهت محاسبه وزن موثر سازه در بارگذاری زلزله، جزء موارد اختلافی در طراحی معمول پایپرک‌ها می‌باشد. توصیه می‌گردد که وزن لوله‌ها در نظر گرفته شود، زیرا نیروی زلزله در روش استاتیکی معادل، متناسب با وزن در ارتفاع توزیع می‌گردد و در ضمن، در نظر گرفتن این وزن لوله‌ها باعث می‌شود به خود سازه هم نیروی بیشتری وارد گردد. همچنین نیروی زلزله‌ای که بخش پایپینگ می‌دهد فقط در نقاط انکر و گاید وارد می‌شود، در حالی که نیروی وزن لوله‌ها باعث افزایش نیروی زلزله به کل سازه می‌گردد. معمولاً چون ضریب لرزه‌خیزی منطقه‌ای که سازه پاپرک در آن قرار داشت، زیاد بود، بار باد در طراحی غالب نشد.

۳- تفسیر نتایج

در این قسمت عملکرد پایپرک های جداسازی شده با استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. پارامترهایی که مورد مطالعه قرار گرفته‌اند عبارت اند از: حداکثر جابه‌جایی جداساز، بیشینه دریفت بین طبقات .

با توجه به اینکه نسبت زمان تناوب روسازه به زمان تناوب سیستم جداساز به مقدار کافی بزرگ انتخاب شده است انتظار می‌رود که کاهش قابل ملاحظه‌ای در دریفت روسازه به علت تغییر شکل مود اول حاصل شود. شکل مد اول پایه-ثابت و جداشده در شکل (۲) ارائه شده است.

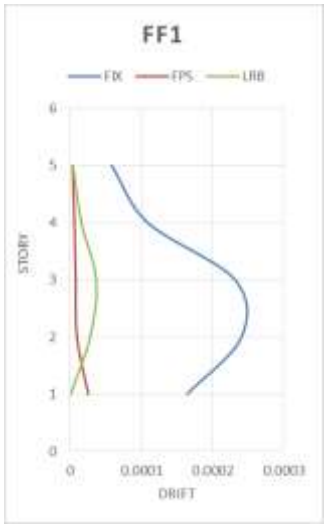


شکل ۲ مقایسه شکل مود اول با و بدون جداساز

تقریبا در اکثر موارد جداسازی منجر به کاهش قابل توجه در دریفت روسازه در جداسازی شده نسبت به سازه پایه-ثابت شده است. کاهش

JECM
9 (2) , 2025
دوره ۹، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۳
دوفصلنامه پژوهشی

دریفت کل طبقات از این نظر نیز حائز اهمیت می باشد که در بعضی قسمت های سازه لوله های عبوری از یک طبقه وارد طبقه دیگر می‌شوند و به نوعی ارتفاع آنها تغییر می‌کند و دریفت طبقات در این لوله‌ها باعث آسیب جدی به لوله ها و تکیه گاه های آنها می شود. در این قسمت در شکل (۳) دریفت سازه جداسازی شده و پایه-ثابت نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می شود جداسازی باعث کاهش دریف پایپ‌رک ها شده است



شکل ۳ مقایسه دریفت حداکثر سازه جداسازی شده و پایه-ثابت

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله رفتار یک پایپ‌رک جداسازی شده تحت اثر زلزله‌های نزدیک گسل و دور از گسل مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی جداگرها در این نوع سیستم از دو نوع جداساز LRB و FPS استفاده گردید و نیز جداسازی هم در تراز پی و هم در زیر لوله‌ها مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این مطالعه را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

- پایپ رک ها با توجه به زمان تناوب کوتاهی که دارند و اهمیت آن‌ها برای جداسازی بسیار مطلوب می‌باشند و مخصوصا در پایپ رک ها تشکیل شده از بخش های نامتقارن امری ضروری می‌باشد به این دلیل که این پایپ رک ها دارای زمان تناوب مختلف و سختی‌های مختلف و بالطبع رفتار مختلف در طول زلزله خواهند بود.
- جداسازی پایپ‌رک از پایه و یا جداسازی لوله‌ها باید با توجه به نوع پایپ رک و اهمیت لوله‌های عبوری انتخاب گردد و هنوز نتایج قابل اطمینان آزمایشگاهی جهت صحت سنجی عملکرد جداسازی لوله‌ها در دسترس نمی‌باشد.
- جداسازی پایپ رک باعث کاهش دریفت به مقدار قابل ملاحظه‌ای شد، کاهش دریفت از این نظر حائز اهمیت است که در مواقعی که مسیر خط لوله از تراز موجود تغییر کرده و به تراز دیگری می‌رود ، کاهش شتاب روسازه باعث وارد شدن نیروی کمتری به لوله ها در حین زلزله می شود و مانع از آسیب دیدن لوله ها و سازه می شود.

۵- تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافعی ندارند.

۶- حمایت مالی

این تحقیق از هیچگونه حمایت مالی‌ای برخوردار نبوده است.

۷- مراجع

[1] Richard M.Drake, Robert J.Walter, 2010. "Design of structural steel pipe racks". Engineering Journal/fourth quarter, pp. 241

[2] MKarimi, N Hosseinzadeh, 2011 "Seismic evaluation of pipe rack supporting structures in a petrochemical complex in iran". International Journal of advanced Structural engineering/vol.3,1,pages 111-120

[3] Eric Wey,Dawar Naqvi, David Glasscock, Ankur Sepaha, 2011. "Analysis of Nonbuilding Structure Connected by Large diameter pipe while subjected to seismic". ASCE

[4] Osama Bedair, 2015. "Rational Design of pipe racks used for oil sands and petrochemical facilities"-04014029. ASCE

[5] A.shahiditabar, S.R.Mirghaderi, 2013 "Pipe and pipe rack Interaction". International Journal of applied science and Technology/vol.3,No.5,May 2013

[6] Naeim, F. and Kelly,J.M., "Design of seismic isolated structure from theory to practice".John Wiley & Sons,Inc., 1999

[7] Malhotra,p.,k.,(1999),"response of buildings to near-field pulse-like ground motions",earthquake engineering and structural dynamics,vol.28,pp.1309-1326.

[8] CHAI J.,Teng T.,LIAO W.,(2004), Numerical simulation of near-fault Ground motion and induced structural Response ,13th word coaf, on earthquake Engineering . paper No.3309.

[9] Alavi,B., and Krawinkler,H.,(2002)," Consideration of Near-Fault ground motion effect in seismic design",12th world conference of earthquake Engineering.

[10] Islam, A., M. Jameel, and M.Z. Jumaat, Seismic isolation in buildings to be a practical reality: behavior of structure and installation technique. Journal of Engineering and Technology Research, 2011. 3(4): 99-117.

[11] Jangid, R.S. and J.M. Kelly, Base isolation for near-fault motions. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 2001. 30(5): 691-707.

[12] Weitzmann, R., M. Ohsaki, and M. Nakashima, Simplified methods for design of base-isolated structures in the long-period high-damping range. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 2006. 35(4): 497-515.

JECM

9 (2) , 2025

دوره ۹، شماره ۲

زمستان ۱۴۰۳

دوفصلنامه پژوهشی

COPYRIGHTS

©2025 by the authors. Published by **Journal of Engineering & Construction Management (JECM)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)