

Investigation on the Seismic Response Behavior of the Pipe Rack Equipped with Viscos Damper

Ali Parvari^{1*}, Mohamad Amin Hoshmand²

1- Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khomein Branch, Islamic Azad University, Khomein, Iran

2- Master of Science in Structural Engineering, Khomein Branch, Islamic Azad University, Khomein, Iran

ABSTRACT

Pipe racks or pipe bridges are one of the most important refinery structures which are used to maintain pipes and other equipment at the required levels and are usually made of concrete, steel or a combination of these two. Measures should be taken to reduce the damage of piping system due to separation of pipe-racks, the separate behavior of each of these parts during the earthquake, and also the large force involved in the separation of the pipe supports. Dampers are one of the most powerful earthquake engineering tools as a passive control system. Although the use of dampers in pipe-rack structures is unusual, it can be very useful in some cases. In this study, the function of dampers in a four-part pipe-rack under the influence of faults near faults and earthquakes was investigated. Our Findings revealed that when dampers placed in a longitudinal braces, the use of dampers in the pipe-rack has a very good performance and reduces the damage to the structures and piping system after the earthquake. Adding dampers to these structures can dramatically reduce the inter-levels drainage and acceleration of floors, and thus protect the pipes. In this way, these structures can fully maintain their usability during the earthquake and can be exploited immediately after the earthquake, which is very important in refineries.

ARTICLE INFO

Receive Date: 16 December 2018

Revise Date: 09 January 2020

Accept Date: 09 March 2020

Keywords:

Structure control;

Seismic response;

Pipe rack;

Viscos damper;

Time history analysis

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/JSCE.2020.161187.1742

*Corresponding author: Ali parvari

Email address: Aliparvari@iaukhomein.ac.ir

بررسی پاسخ لرزه ای پایپ رک های مجهز به میراگر

علی پروری^{۱*}، محمدامین هوشمند^۲

۱- عضو هیئت علمی، گروه عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خمین، خمین ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خمین، خمین ایران

چکیده

یکی از مهمترین سازه‌های پالایشگاهی، 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 به کار می‌روند. به علت جدا نمودن پایپ‌رک‌ها در یک طول مشخص و رفتار جداگانه هر یک از این بخش‌ها در هنگام وقوع زلزله و همچنین به دلیل وارد شدن نیروی بسیار زیاد در محل جوشدگی به تکیه‌گاه لوله‌ها، باید تدابیری اندیشیده شود تا خسارات وارده به لوله‌ها کاهش داده شوند. میراگرها یکی از قدرتمندترین ابزارهای مهندسی زلزله در زمینه کنترل غیرفعال می‌باشد. اگرچه، بررسی پایپ‌رک‌های موجود نشان می‌دهد که استفاده از میراگرها در این سازه‌ها امری غیر معمولی می‌باشد ولی در برخی پایپ‌رک‌ها می‌تواند بسیار مفید باشد. در این تحقیق عملکرد میراگرها در یک پایپ رک که از ۴ بخش تشکیل شده است و میراگرها در محل مهاربندهای طولی قرار داده شده، تحت اثر زلزله‌های نزدیک گسل و دور از گسل مورد مطالعه قرار گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد استفاده از میراگرها در پایپ‌رک‌ها باعث کاهش آسیب به سازه و لوله‌ها پس از زلزله می‌شود و عملکرد بسیار مناسبی دارد. افزودن میراگرها به این سازه‌ها می‌تواند دررفت بین طبقات، برش پایه و شتاب کف طبقات را به مقدار چشمگیری کاهش داده و در نتیجه از لوله‌ها به خوبی محافظت کند. به این ترتیب، این سازه‌ها می‌توانند قابلیت استفاده خود را در حین زلزله به طور کامل حفظ نموده و بلافاصله پس از زلزله نیز قابل بهره‌برداری باشند، که این موضوع در پالایشگاه‌ها امری بسیار مهم و ضروری می‌باشد.

کلمات کلیدی: کنترل سازه، پایپ رک، پاسخ لرزه ای، میراگر، آنالیز تاریخچه زمانی

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:				
doi:	10.22065/JSCE.2020.161187.1742	چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
	https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2020.161187.1742	۱۴۰۰/۰۶/۳۰	۱۳۹۸/۱۱/۱۹	۱۳۹۸/۱۱/۱۹	۱۳۹۸/۱۰/۱۹	۱۳۹۷/۰۹/۲۵
علی پروری					*نویسنده مسئول: پست الکترونیکی:	
aliparvari@iaukhomein.ac.ir						

۱- مقدمه

یکی از مهمترین سازه‌های پالایشگاهی پایپرک ۱ می‌باشد که به منظور نگهداری لوله‌ها و سایر تجهیزات در ترازهای مورد نیاز استفاده می‌شود و معمولاً سازه‌ای است بتنی یا فولادی و یا ترکیبی از این دو. این قبیل سازه‌ها معمولاً دارای نسبت طول به عرض زیاد می‌باشند. پایپرک یک سازه غیرساختمانی می‌باشد که شباهت زیادی به سازه‌های ساختمانی فولادی و بتنی دارد. پایپرک‌ها معمولاً طول بسیار زیادی دارند که در بعضی موارد به ۲ کیلومتر هم می‌رسد. طبق ضوابط طراحی این نوع سازه‌ها برای اینکه رفتار بهتری داشته باشند در طول‌های مشخص از هم جدا می‌شوند. وقتی دو سازه از هم جدا شد در زلزله هر دو سازه رفتار جداگانه‌ای خواهند داشت و بدین ترتیب نیروی برشی بسیاری بر تکیه‌گاه‌های لوله‌ها (انکر ۲ و گاید ۳) در قاب‌هایی که از هم جدا شده‌اند وارد می‌شود و باعث تخریب تکیه‌گاه لوله‌ها شده و به لوله‌ها آسیب وارد می‌شود. برای جلوگیری از این خسارت می‌توان از میراگرها استفاده نمود که یکی از مناسب‌ترین روش‌های جلوگیری از آسیب به پایپرک‌ها می‌باشد. میراگرهای ویسکوز یکی از مطمئن‌ترین وسایل استهلاک انرژی بوده که به صورت گسترده در سراسر دنیا مورد استفاده قرار گرفته است. این نوع از میراگرها به علت عدم اضافه نمودن سختی به سیستم، تغییر محسوسی در مشخصات مودال ایجاد نموده و همچنین توانایی ایجاد میرایی قابل توجهی را نیز دارا می‌باشند. در زمینه پایپرک‌ها تحقیقات کمی صورت گرفته که از جمله می‌توان به کار دراک ۴ [۱] اشاره کرد که روند کلی طراحی پایپرک‌ها را بررسی نموده است. کریمی و همکارانش [۲] ارزیابی لرزه‌ای پایپرک‌های موجود در پتروشیمی‌های ایران را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند عمده مشکل این سازه‌ها در تحمل نیروی جانبی آنها می‌باشد. اریک ۵ و همکاران [۳] سازه‌های غیر ساختمانی که بوسیله لوله‌های با قطر زیاد به هم متصل شده‌اند را بررسی نموده و اثرات اندرکنش جداسازی دو بخش به وسیله لوله با قطر زیاد را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در این گونه سازه‌ها سختی دو سازه به هم متصل شده تحت تاثیر لوله‌ی متصل بین آنها می‌باشد. اسامه ۶ [۴] روند طراحی پایپرک‌های مورد استفاده در پتروشیمی‌ها را بررسی نموده و پیشنهاداتی برای طراحی این نوع سازه‌ها ارائه داده است. میرقادی و شهیدی تبار [۵] اندرکنش لوله و پایپرک را مورد ارزیابی قرار دادند و پیشنهاد دادند برای درست مدل کردن اندرکنش لوله و پایپرک باید لوله و سازه با هم مدل شده تا رفتار واقعی آنها مدل شود. میراگرهای ویسکوز یکی از مطمئن‌ترین وسایل استهلاک انرژی بوده که به صورت گسترده در سراسر دنیا مورد استفاده قرار گرفته است. این نوع از میراگرها به علت عدم اضافه نمودن سختی به سیستم، تغییر محسوسی در مشخصات مودال ایجاد نموده و همچنین توانایی ایجاد میرایی قابل توجهی را نیز دارا می‌باشند. این موضوع توسط محققین مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. در این قسمت مروری بر تحقیقات انجام شده آورده می‌شود. منصور [۶] به توزیع ویسکوز دمپر در کاهش پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های نامنظم را مورد بررسی قرار داد و آرایش بهینه در پلان را برای بیشترین کاهش پاسخ لرزه‌ای ارائه داد. هادیان فرد [۷] مقاوم‌سازی ساختمان‌های فولادی به کمک میراگرهای اصطکاکی چرخشی مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که با استفاده از میراگر اصطکاکی چرخشی می‌توان رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی را بهبود بخشید و نیروهای داخلی در بادبندها، ستون‌ها و سایر اعضای سازه به مقدار قابل توجهی کاهش داد. کیوانی [۸] تاثیر میراگرهای لزج بر بهبود رفتار لرزه‌ای سازه و تعیین بهترین دهانه برای قرارگیری در یک قاب خمشی فولادی را مورد بررسی قرار داد. نتایج این پژوهش بدین شرح بود: الف) افزایش تعداد میراگرهای ویسکوز در هر طبقه تاثیر معناداری بر بهبود رفتار لرزه‌ای سازه و رسیدن به هدف بهسازی ندارد. ب) قرارگیری میراگر در هر دهانه تغییرات عمده‌ای در نتایج تحلیل به وجود می‌آورد. ج) در قاب متقارن با تعبیه میراگر در دهانه‌های متقارن نتایج یکسانی به دست آمد و قراردادن میراگر در دهانه‌های طبقه پایین‌تر، اصلاح رفتار سازه بسیار چشمگیرتر نسبت به طبقه فوقانی‌اش است. پراوین کومار [۹] بر روی مقایسه عملکرد دستگاه‌های غیرفعال در سیستم‌های لوله‌ای تحت تحریک لرزه‌ای پژوهشی انجام داده و به این نتیجه رسیدند که کاهش قابل ملاحظه‌ای در پاسخ لرزه‌ای سیستم لوله‌ای مانند تغییر مکان نسبی، شتاب و عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی در این سیستم‌ها رخ می‌دهد. پراوین کومار و همکاران [۱۰] به بررسی پاسخ سیستم لوله‌ای با دمپرهای نیمه فعال تحت تحریک سه جهته زلزله پرداختند، سختی دمپر را با توجه به سیستم لوله‌ای تعیین می‌شود و پاسخ‌های این سیستم تحت رکوردهای مصنوعی زلزله نشان می‌دهد که کاهش قابل توجهی در پارامترهای تغییر مکان، شتاب و

¹Pipe rack

²Anchor

³Guide

⁴ DRAKE

⁵ Eric

⁶ Osama

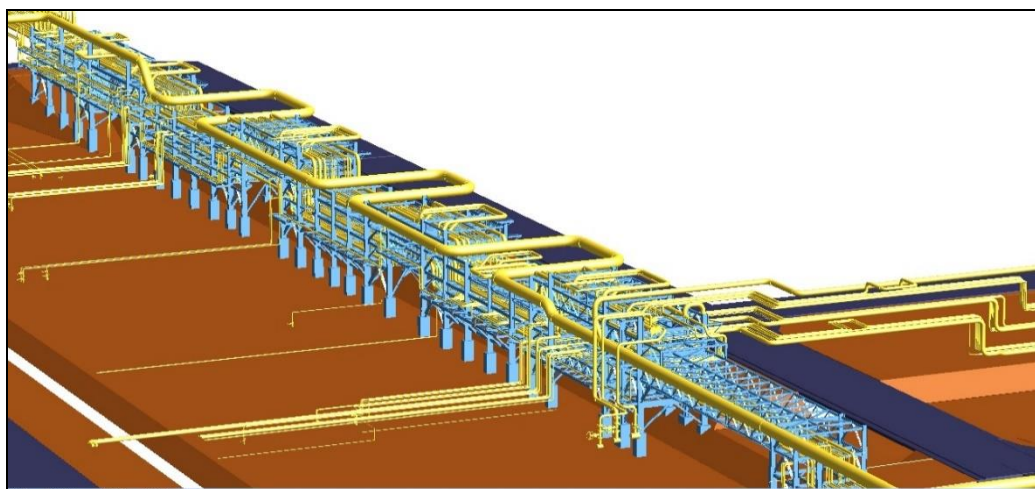
برش پایه ایجاد می‌نماید. کیلیا ریدل و همکاران [۱۱] سیستم لوله‌ای تحت زلزله سنگ بستر تحت فرکانس بالا مورد بررسی قرار دادند و پاسخ تنش در لوله‌ها و شتاب در شیرها رو مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند پاسخ شتاب در لوله‌ها با استفاده از فاصله بین ساپورت‌ها کاهش می‌یابد ولی الزامات شتاب در شیرها کاهش نمی‌یابد. هان بوم و همکاران [۱۲] در سال ۲۰۱۵ به بررسی پاسخ لرزه‌ای تحلیل سیستم لوله‌ای تحت تحریک‌های مختلف تکیه‌گاهی در سازه ایزوله شده پرداختند. تنش‌های ثانویه در لوله‌ها به طور قابل توجهی در سازه ایزوله شده کاهش پیدا کرد و نتایج تحلیل طیفی و تحریک تکیه‌گاهی محافظه کارانه‌تر از تحلیل تاریخچه زمانی می‌باشد. اوربست و همکاران [۱۳] در سال ۲۰۱۵ ارزیابی سطح عملکرد سیستم لوله‌ای پالایشگاه به صورت مقیاس واقعی تحت زلزله مورد بررسی قرار دادند.

۲- اهمیت و روش تحقیق

در این پژوهش یک پایپرک که شامل ۴ بخش مجزا می‌باشد و در محل مهاربندهای طولی مجهز به میراگرهای ویسکوز دمپر می‌باشد تحت زلزله‌های دور و نزدیک گسل قرار گرفته است و نتایج تحلیل تاریخچه زمانی که شامل دریافت، برش پایه و شتاب حداکثر روسازه می‌باشد نشان داده شده است. پایپرک مورد بررسی در این پژوهش شامل یک پایپرک 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، یک سازه کاملاً واقعی و موجود مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج این پژوهش می‌تواند برای پایپرک اشاره شده مورد استفاده قرار گیرد. هندسه پایپرک با توجه به نیازهای بخش لوله‌گذاری مبنی بر عبور لوله‌ها از روی آن، توسط این بخش مشخص گردید. باید توجه گردد که محل قرارگیری بادبندهای افقی و قائم با بخش لوله‌گذاری 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 گردیده که در مدل‌سازی اعمال شده است. با توجه به محدودیت در مکان اجرای میراگرهای ویسکوز در پایپرک‌ها به علت عبور لوله‌ها، در این پژوهش در مکان بادبندهای موجود از آنها استفاده شد.

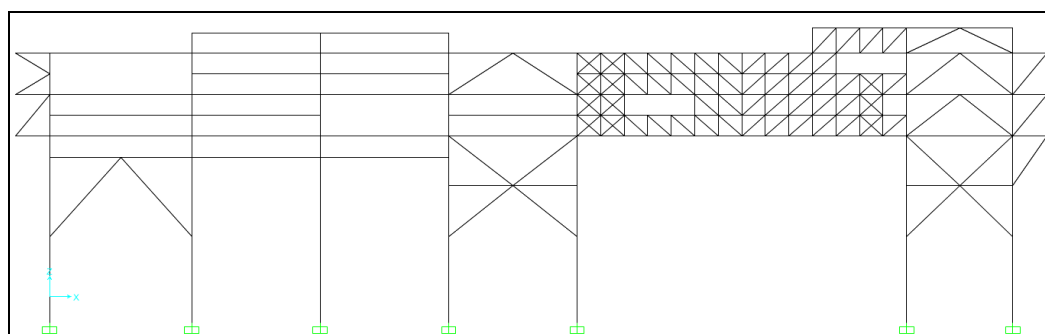
سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی برای پایپرک‌های فولادی، از نوع قاب خمشی متوسط در راستای عرضی و مهاربند هم‌مرکز معمولی در جهت طولی در نظر گرفته شد. در راستای عرضی در صورتی که امکان تعبیه مهاربند وجود داشته باشد، بعد از هماهنگی با بخش لوله‌گذاری استفاده از مهاربند هم‌مرکز توصیه می‌گردد، که در یکی دو بخش به علت جوابگو نبودن دریافت‌ها از این نوع مهاربند استفاده شود. به علت نبود سقف در این نوع سازه‌ها از مهاربندهای افقی جهت یکپارچه‌سازی و عملکرد بهتر این نوع سازه‌ها در زلزله استفاده شد.

پایپرک مورد مطالعه در این پژوهش از ۴ بخش تشکیل شده است که با استفاده از نرم افزار SAP مدل‌سازی شده است. در شکل شماره ۱ نمای سه بعدی از پایپرک به همراه لوله‌های عبوری نشان داده شده است.

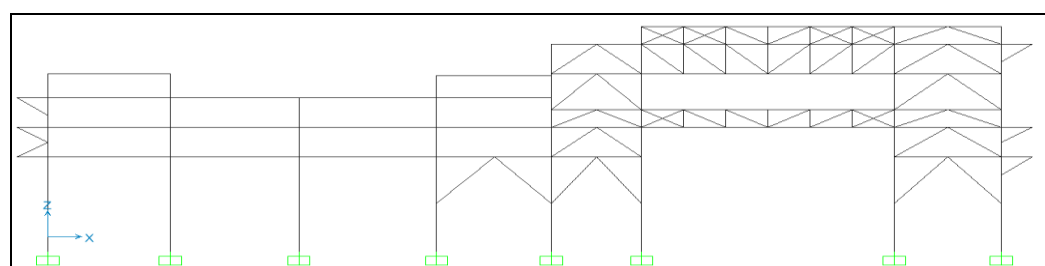


شکل ۱: نمای سه بعدی از پایپرک مورد مطالعه به همراه لوله‌های عبوری

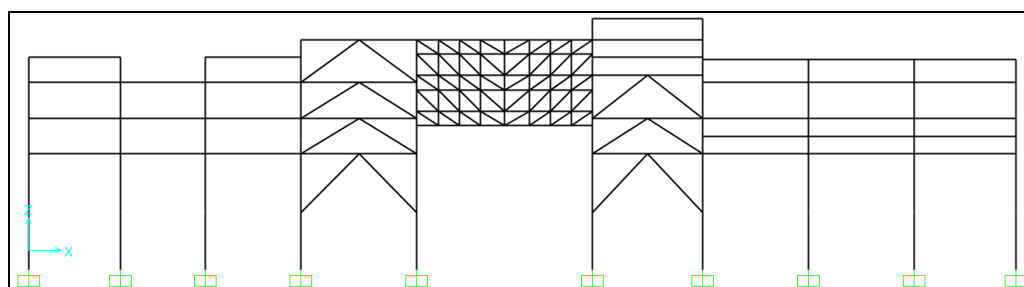
در شکل‌های ۲ تا ۵ نمای دو بعدی از بخش‌های مختلف پایپرک نشان داده شده است. در محل بادبندهای طولی میراگرهای ویسکوز قرار داده شده است.



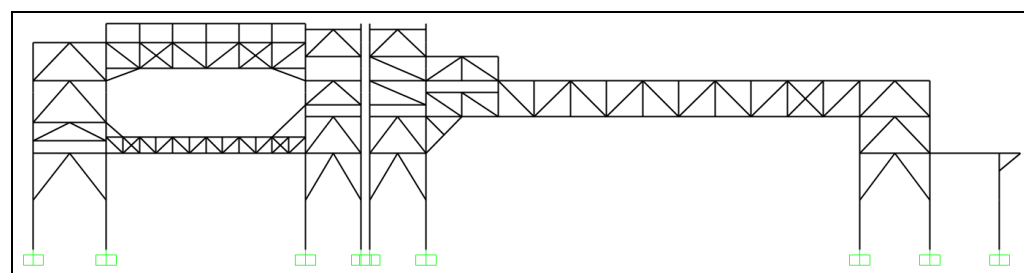
شکل ۲: نمای دو بعدی از بخش ۱ از پایپرک مورد مطالعه



شکل ۳: نمای دو بعدی از بخش ۲ از پایپرک مورد مطالعه



شکل ۴: نمای دو بعدی از بخش ۳ از پایپرک مورد مطالعه



شکل ۵: نمای دو بعدی از بخش ۴ از پایپرک مورد مطالعه

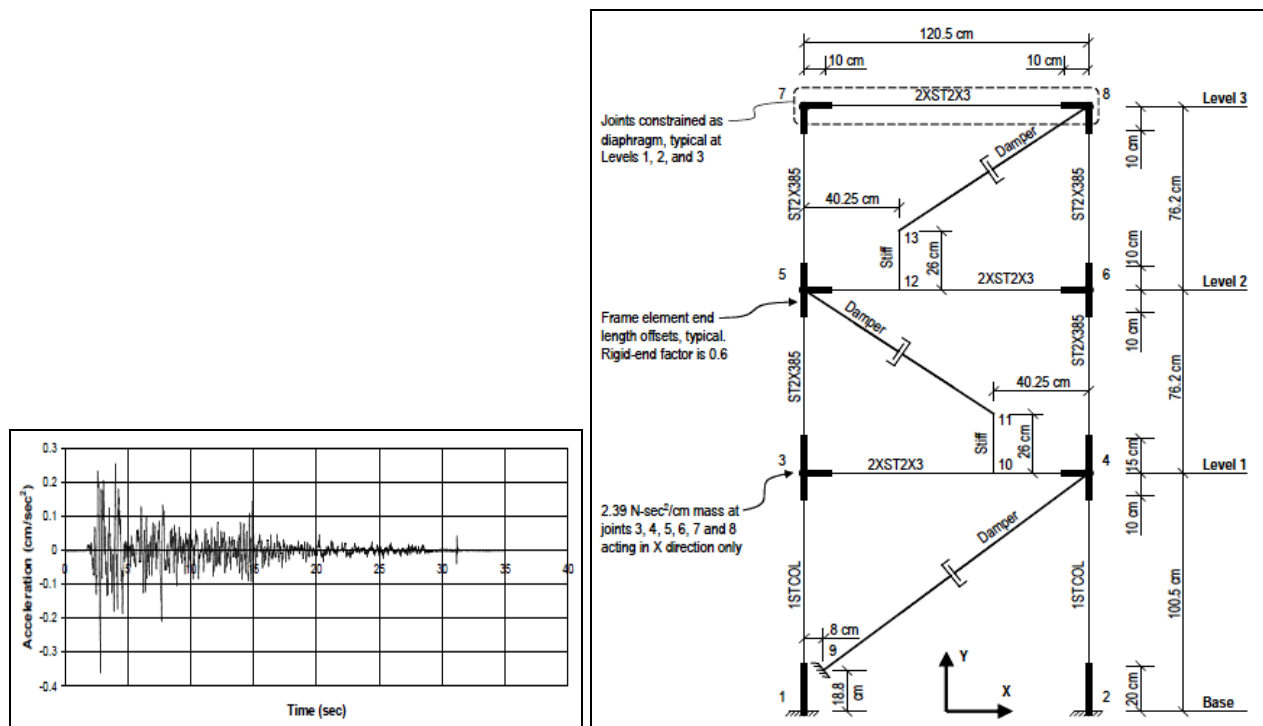
۳- صحت سنجی

این مثال در بخش ۵ گزارش دانشگاه بوفالو [۱۴] که توسط شلر و همکاران تهیه شده است آورده شده است. مثال مذکور یک ساختمان ۳ طبقه دو بعدی به همراه میراگر ویسکوز دمپر می‌باشد. مدل مذکور تحت رکورد زلزله ال سنترو ۱۹۴۰ قرار گرفته است. در شکل ۶ سازه مذکور نشان داده شده است.

در جدول ۱ نتایج حاصل از مدل آزمایشگاهی و نرم افزار SAP نمایش داده شده است و همانطور که مشخص می باشد نتایج قابل قبول بوده و می توان از نرم افزار SAP برای مدلسازی میراگرها استفاده نمود.

جدول ۱: مقایسه نتایج برش پایه و دررفت بین طبقات حاصل از تست آزمایشگاهی و نتایج بدست آمده از نرم افزار SAP

output parameter	load case	story level	sap2000	independent experimental	percent difference
maximum normalized story shear	MHIST1	Level1	0.256	0.324	-21%
		Level2	0.204	0.248	-18%
		Level3	0.112	0.136	-18%
	NLMHISTI	Level1	0.291	0.324	-10%
		Level2	0.223	0.248	-10%
		Level3	0.121	0.136	-11%
	DHIST1	Level1	0.276	0.324	-15%
		Level2	0.223	0.248	-10%
		Level3	0.121	\	-11%
	NLMHISTI	Level1	0.291	0.324	-10%
		Level2	0.223	0.248	-10%
		Level3	0.121	0.136	-11%
minimum normalized story shear	MHIST1	Level1	-0.208	-0.322	-35%
		Level2	-0.19	-0.280	-32%
		Level3	-0.122	-0.174	-30%
	NLMHISTI	Level1	-0.271	-0.322	-16%
		Level2	-0.239	-0.280	-15%
		Level3	-0.144	-0.174	-17%
	DHIST1	Level1	-0.234	-0.322	-27%
		Level2	-0.238	-0.280	-15%
		Level3	-0.143	-0.174	-18%
	NLMHISTI	Level1	-0.271	-0.322	-16%
		Level2	-0.239	-0.280	-15%
		Level3	-0.144	-0.174	-17%
maximum story Drift	MHIST1	Level1	0.734	0.750	-2%
		Level2	0.877	0.947	-7%
		Level3	0.538	\	-12%
	NLMHISTI	Level1	0.764	0.750	2%
		Level2	0.879	0.947	-7%
		Level3	0.524	0.608	-14%
	DHIST1	Level1	0.764	0.750	2%
		Level2	0.879	0.947	-7%
		Level3	0.524	0.608	-14%
	NLMHISTI	Level1	0.764	0.750	2%
		Level2	0.879	0.947	-7%
		Level3	0.524	0.608	-14%
minimum story Drift	MHIST1	Level1	-0.589	-0.615	4%
		Level2	-0.789	-0.878	-10%
		Level3	-0.551	-0.629	-12%
	NLMHISTI	Level1	-0.639	-0.615	4%
		Level2	-0.807	-0.878	-8%
		Level3	-0.526	-0.629	-16%
	DHIST1	Level1	-0.638	-0.615	4%
		Level2	-0.806	-0.878	-8%
		Level3	-0.526	-0.629	-16%
	NLMHISTI	Level1	-0.638	-0.615	4%
		Level2	-0.806	-0.878	-8%
		Level3	-0.526	-0.629	-16%



شکل ۶: سازه سه طبقه با میراگر و رکورد مورد استفاده

مشخصات میراگرهای مورد استفاده در این ساختمان در رابطه زیر داده شده است.

Linear (K is in parallel with c)

$$k = 0 \frac{N}{cm}$$

$$c = 160 \frac{N \cdot sec}{cm}$$

Linear (K is in parallel with c)

$$k = 1000000 \frac{N}{cm}$$

$$c = 160 \frac{N \cdot sec}{cm}$$

$$exp = 1$$

(۱)

۴- رکوردهای استفاده شده

زلزله‌های نزدیک گسل دارای خصوصیات ویژه‌ای هستند که از آن جمله می‌توان به سه خصوصیت بارز جهت‌گیری، تغییر مکان دائمی و محتوای فرکانسی بالا اشاره نمود. از میان سه خصوصیت فوق جهت‌گیری عاملی است که باعث ایجاد حرکتی پالس‌گونه با دامنه نسبتاً زیاد و مدت زمان استمرار کم (پالس‌های ناشی از جهت‌گیری پیشرونده انتشار شکست) در تاریخچه زمانی نگاشت‌های 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 کاهش‌دهی مناسب، بر سازه تحمیل می‌نماید. معیار اصلی در انتخاب رکوردهای نیرومند زلزله، وجود پال‌های پر انرژی و بلندمدت در تاریخچه زمانی سرعت زمین بوده است. جهت انجام تحلیل دینامیکی از ۱۰ رکورد حوزه نزدیک گسل و ۱۰ رکورد حوزه دور از گسل استفاده شده است. رکوردهای انتخاب شده همراه با بخشی از خصوصیات در جدول شماره ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۲: رکوردهای نزدیک گسل

NO	Event	Year	Station Name	Magnitude	Fault Type	R-jb[km]	R-rup[km]	Vs30 [m/s]	Low. freq[Hz]	Durati on[s]	dt[s]	PGA[g]
NF3	Imperial-Valley	1979	Bonds-Corner	6.5	Strike-Slip	0.5	2.7	223	0.1	37.6	0.00	0.58837
NF4	Imperial-Valley	1979	Bonds-Corner	6.5	Strike-Slip	0.5	2.7	223	0.1	37.6	0.00	0.77476
NF5	Imperial-Valley	1979	Chihuahua	6.5	Strike-Slip	7.3	7.3	274.5	0.1	39.99	0.01	0.27043
NF6	Imperial-Valley	1979	Chihuahua	6.5	Strike-Slip	7.3	7.3	274.5	0.1	39.99	0.01	0.25408
NF7	Nahanni-Canada	1985	Site-1	6.8	Reverse	2.5	9.6	659.6	0.1	20.56	0.00	0.97782
NF8	Nahanni-Canada	1985	Site-1	6.8	Reverse	2.5	9.6	659.6	0.1	20.56	0.00	1.09568
NF9	Nahanni-Canada	1985	Site-2	6.8	Reverse	0	4.9	659.6	0.1	19.95	0.00	0.48898
NF10	Nahanni-Canada	1985	Site-2	6.8	Reverse	0	4.9	659.6	0.1	19.95	0.00	0.32263
NF11	Loma-Prieta	1989	BRAN	6.9	Reverse	3.9	10.7	376.1	0.1	25	0.00	0.48100
NF12	Loma-Prieta	1989	BRAN	6.9	Oblique Reverse	3.9	10.7	376.1	0.1	25	0.00	0.52645

جدول ۳: رکوردهای دور از گسل

NO	Name Earthquake	Name Recording Station	Year	Magnitude	Fault Type	PGA max (g)	PGV max (cm/s.)
FF1	Northridge	Beverly Hills - Mulhol Canyon	1994	6.7	Thrust	0.52	63
FF2	Northridge	Country-WLC	1994	6.7	Thrust	0.48	45
FF3	Imperial Valley	Delta	1979	6.5	Strike-slip	0.35	33
FF4	Imperial Valley	El Centro Array #11	1979	6.5	Strike-slip	0.38	42
FF5	Kobe, Japan	Nishi-Akashi	1995	6.9	Strike-slip	0.51	37
FF6	Kobe, Japan	Shin-Osaka	1995	6.9	Strike-slip	0.24	38
FF7	Landers	Yermo Fire Station	1992	7.3	Strike-slip	0.24	52
FF8	Landers	Cool water	1992	7.3	Strike-slip	0.42	42
FF9	Manjil, Iran	Abbar	1990	7.4	Strike-slip	0.51	54
FF10	Duzce, Turkey	Bolu	1999	7.1	Strike-slip	0.82	62

۵ مشخصات میراگرها:

در این پژوهش روند محاسبه میراگر صرفاً برای بخش دوم پایپرک را به عنوان نمونه مطابق آئین نامه ASCE7-10 شرح داده شده است.

۵-۱- وزن لرزه‌ای طبقات:

وزن لرزه‌ای در پایپرک‌ها شامل بار مرده و بخشی از بار زنده می‌باشد که در این بخش از پایپرک حدود ۴۱۰ تن می‌باشد.

۲-۵- تعیین شکل مودی و پیوند مودها:

پس از تحلیل مودال سازه بایستی مقادیر مود شکل سازه در مودهای ۱، ۴، ۷ و همچنین پیوند این مودها از نرم افزار استخراج شده است.

۳-۵- تعیین ضریب بزرگ نمایی

از چیدمان toggle در طبقات استفاده گردیده است. برخلاف چیدمانهایی مانند شورون و قطری، بی نهایت حالت نصب برای این چیدمان با توجه به زوایا و طولهای مختلف وجود خواهد داشت. در شکل ۷ تصویر نصب میراگر در یکی از قابهای بخش ۲ نشان داده شده است. طول و زاویه قرارگیری میراگر در این قسمت محاسبه شده است.

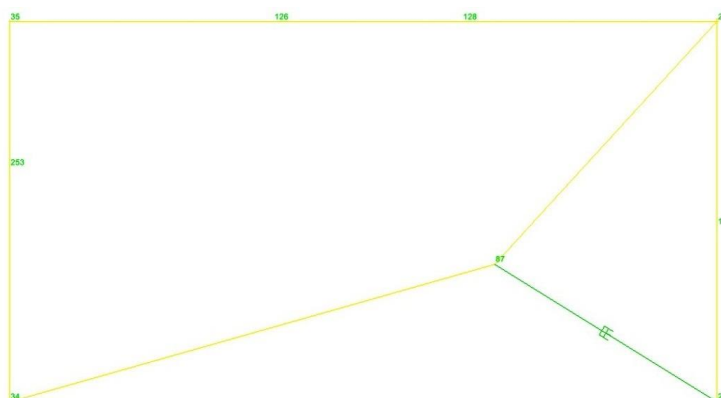
$$L_1 = 5.33m, \theta_1 = 15.33, \theta_2 = 38.58, \theta_3 = 29.7$$

$$\theta_1 = 15.33 \leq \tan^{-1}\left(\frac{3.9}{7.5}\right) = 27.5$$

$$L_1 \cos \theta \leq D \rightarrow 5.33 \cos 15.33 \leq 7.5$$

(۲)

$$\theta_1 = \frac{\sin \theta_2 \sin(\theta_1 + \theta_2)}{\cos(\theta_1 + \theta_2)}$$



شکل ۷: تصویر مربوط به میراگر نصب شده در بخش ۲

۴-۵- پاسخ مودهای سازه:

در این قسمت صرفاً پاسخ مود اول بخش ۲ ارائه شده است.

$$T_1 = 0.298$$

(۳)

$$\bar{w}_m = \frac{(\sum w_i \phi_{im})^2}{\sum w_i \phi_{im}^2} = 748$$

$$\Gamma_m = \frac{\bar{w}_m}{\sum w_i \phi_{im}} = \frac{748 \times 10^2}{552 \times 10^2} = 1.376$$

(۴)

$$T_2 = \frac{0.27}{0.85} = 0.318$$

(۵)

$$\text{for } T_{1D} \leq T_2, \mu_{max} = \frac{\left[\left(\frac{R}{\sqrt{D_{eff}}}\right)^2 + 1\right]}{2} = \frac{\left[\left(\frac{8}{3}\right)^2 + 1\right]}{2} = 4.055$$

(۶)

$$T_{1D} = T_1 \sqrt{\mu_D} = 0.298 \sqrt{1.6} = 0.374 \quad (7)$$

$$q_H = 0.67 \frac{0.318}{0.298} = 0.715 \quad (8)$$

$$\beta_{HD} = q_H (0.64 - \beta_1) \left(1 - \frac{1}{\mu_D}\right) \sqrt{\mu_D} = 0.715 (0.64 - 0.05) \left(1 - \frac{1}{1.6}\right) = 0.158 \quad (9)$$

$$\beta_{1D} = \beta_{HD} + \beta_1 + \sqrt{\mu_D} \times \beta_{v1D} = 0.158 + 0.05 + 1.26 + 0.15 = 0.397 \rightarrow \beta_{1D} = 2.04 \quad (10)$$

$$\text{for } T_{1D} > T_2, C_{21} = \left(\frac{R}{C_d}\right) \frac{S_{D1}}{T_{1D} \Omega_D \beta_{1D}} = \frac{8 \times 0.27}{5.5 \times 0.374 \times 3 \times 2.04} = 0.1722 \quad (11)$$

$$V_1 = C_{21} \overline{W_m} = 0.1722 \times 748 = 128.8 \text{ ton} \quad (12)$$

$$\text{for } T_{1D} > T_2, D_{1D} = \left(\frac{g}{4\pi^2}\right) 1.376 \frac{0.27 \times 0.374}{2.04} = 0.0169 \quad (13)$$

$$D_r = \left(\frac{g}{4\pi^2}\right) \left(\frac{\Omega_D C_d}{R}\right) \Omega_D C_d T_1^2 = \left(\frac{g}{4\pi^2}\right) \left(\frac{3 \times 5.5}{8}\right) 1.376 \times 0.1722 \times 0.298^2 = 0.01007 \quad (14)$$

$$\mu_D = \frac{0.169}{0.01007} = 1.68 \quad (15)$$

$$\beta_{v1} = \frac{T_1^{2-\lambda} \sum_j C_j |(f_k)_j(\phi_k)_{-j} - (f_v)_j(\phi_k)_{-j}|^{1+\lambda}}{(2\pi)^{2-\lambda} A^{1-\lambda} \sum_i m_i (\phi_k)_i^2} \rightarrow C = 401 \frac{\text{ton} \cdot \text{sec}^{0.5}}{\text{m}^{0.5}} \quad (16)$$

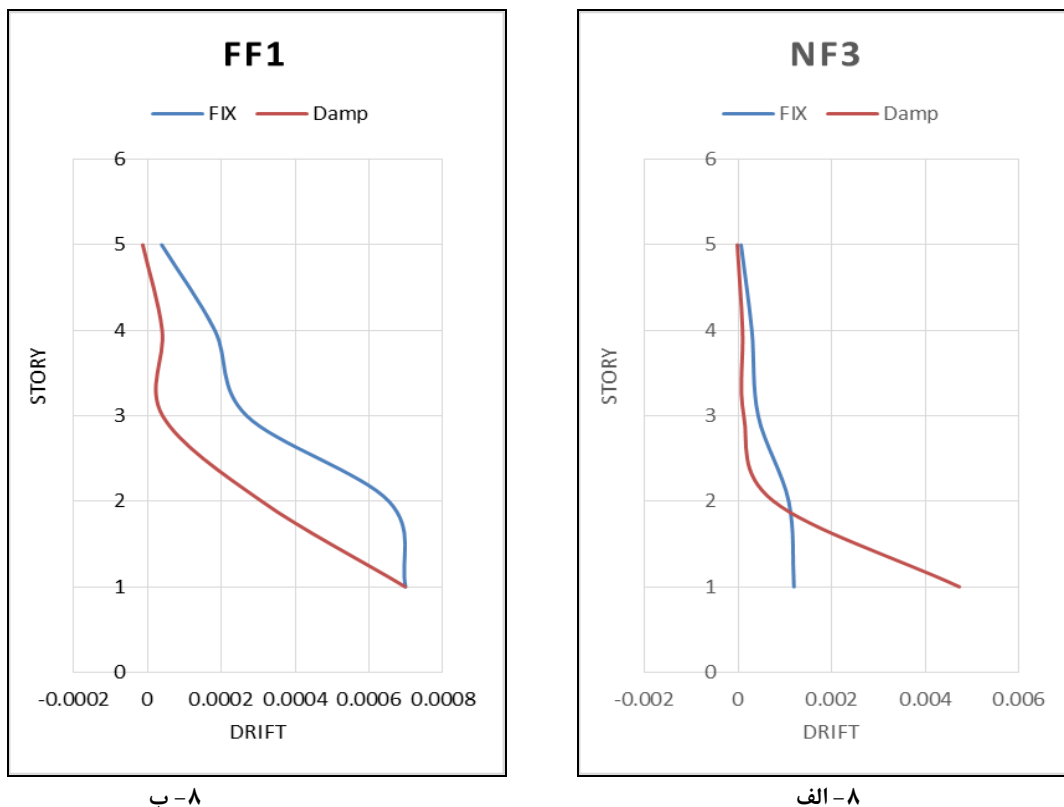
۶- بررسی نتایج

در این بخش عملکرد پایپرک‌های مجهز به میراگر با استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. محل قرارگیری میراگر در محل مهاربندهای طولی قرار دارد.

۶-۱- دریفت حداکثر روسازه

در اکثر موارد میراگرها منجر به کاهش قابل توجه در دریفت روسازه پایپرک‌ها شده است. کاهش دریفت کل طبقات از این نظر نیز حائز اهمیت می‌باشد که در بعضی قسمت‌های سازه لوله‌های 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 لوله‌ها و تکیه‌گاه‌های آنها می‌شود. در شکل ۸ دریفت سازه برای حالت با میراگر و بدون میراگر تحت اثر رکورد حوزه دور و نزدیک از گسل نمایش داده شده است. همانطور که از مقایسه نمودارها مشخص است وجود میراگر باعث کاهش دریفت در پایپرک‌ها شده است که این موضوع سبب می‌شود که پایپرک و لوله‌های عبوری دچار آسیب کمتری شوند.

در جدول شماره ۴ تا شماره ۷، درصد کاهش دریفت پایپرک مجهز به میراگر برای رکوردهای حوزه دور و نزدیک از گسل نشان داده شده است همانطور که مشاهده می‌شود در اکثر موارد باعث کاهش دریفت پایپرک‌ها شده است و این عملکرد در این نوع سازه‌ها به علت عبور لوله‌ها در ترازهای مختلف بسیار مطلوب می‌باشد و هر مقدار دریفت سازه کاهش یابد پایپرک و لوله‌های عبوری آسیب کمتری خواهند دید. به علت اینکه مقدار دریفت‌ها بسیار ناچیز می‌باشد به همین دلیل درصد کاهش دریفت در اکثر موارد بسیار قابل ملاحظه می‌باشد. اثرگذاری این دریفت در لوله‌ها بدین صورت می‌باشد که باعث ایجاد نیرو در محل تکیه‌گاه این لوله‌ها (انکر و گاید) می‌شود.



ب-۸

الف-۸

شکل ۸: مقایسه دررفت حداکثر سازه با و بدون میراگر تحت رکورد حوزه دور و نزدیک از گسل (بخش ۱)

جدول ۴: درصد کاهش دررفت در پایپرک مجهز به میراگر برای رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۱)

Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	52.7	NF3	29.7
FF2	24.3	NF4	61.1
FF3	54.8	NF5	70.8
FF4	60.4	NF6	71.5
FF5	42.9	NF7	72.6
FF6	60.0	NF8	38.3
FF7	63.2	NF9	43.3
FF8	69.7	NF10	76.3
FF9	52.5	NF11	37.3
FF10	60.8	NF12	18.9

جدول ۵: درصد کاهش دررفت در پایپرک مجهز به میراگر برای رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۲)

Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	23.57	NF3	15.18
FF2	12.83	NF4	10.78
FF3	24.51	NF5	47.70
FF4	49.24	NF6	5.87
FF5	-26.89	NF7	27.06
FF6	13.53	NF8	8.92
FF7	13.88	NF9	-0.41
FF8	34.30	NF10	4.66
FF9	19.29	NF11	23.33
FF10	-2.02	NF12	2.03

جدول ۶: درصد کاهش در یافت در پایپرک مجهز به میراگر برای رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۳)

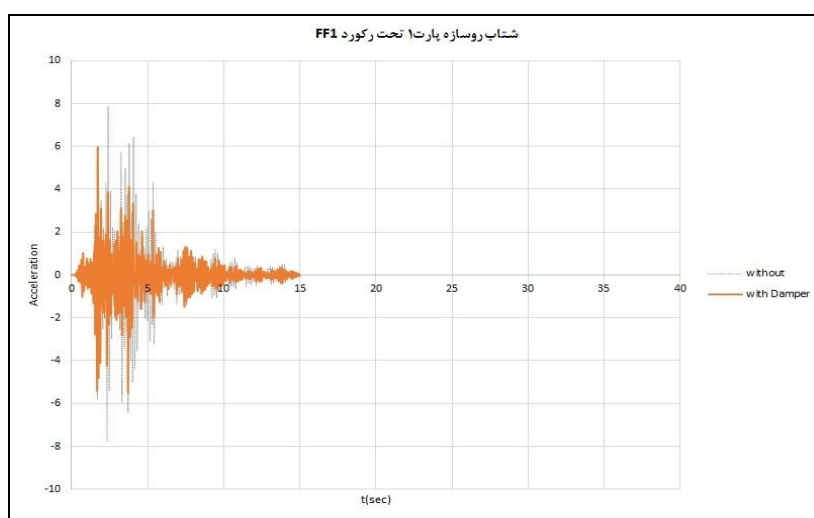
Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	111.46	NF3	113.20
FF2	109.61	NF4	110.39
FF3	103.61	NF5	109.83
FF4	116.23	NF6	110.45
FF5	105.88	NF7	111.48
FF6	101.89	NF8	113.01
FF7	102.19	NF9	111.03
FF8	111.78	NF10	100.56
FF9	101.32	NF11	116.49
FF10	104.02	NF12	109.42

جدول ۷: درصد کاهش در یافت در پایپرک مجهز به میراگر برای رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۴)

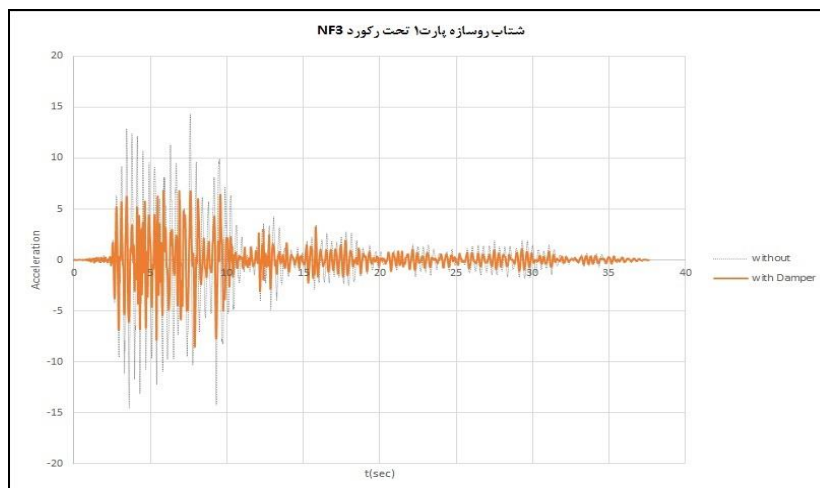
Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	54.48	NF3	85.32
FF2	79.18	NF4	84.97
FF3	91.12	NF5	86.33
FF4	90.32	NF6	80.10
FF5	99.05	NF7	94.03
FF6	86.79	NF8	77.99
FF7	49.62	NF9	79.88
FF8	96.96	NF10	92.25
FF9	68.76	NF11	96.18
FF10	84.88	NF12	98.96

۶-۲- شتاب حداکثر روسازه

در مورد شتاب نیز روند کلی رفتار سازه مشابه نتایج حاصل از دریافت بوده و فقط در بعضی بخش‌های سازه شتاب افزایش داشته است. در شکل‌های ۹ و ۱۰ نمودار تاریخچه زمانی شتاب پایپرک مجهز به میراگر و بدون میراگر بخش یک سازه به علت محدودیت مکانی نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود میراگرها باعث کاهش شتاب روسازه شده است که این رفتار مناسبی برای سازه محسوب می‌شود.



شکل ۹: تاریخچه زمانی شتاب روسازه بخش ۱ تحت رکورد دور از گسل (FF1)



شکل ۱۰: تاریخچه زمانی شتاب روسازه بخش ۱ تحت رکورد نزدیک گسل (NF3)

در جداول ۱۱ تا ۱۴ میزان درصد کاهش شتاب پایپرک مجهز به میراگر نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود در بیشتر موارد میراگر باعث کاهش شتاب روسازه شده است. میزان درصد کاهش در رکوردهای دور از گسل بیشتر از نزدیک به گسل می‌باشد.

جدول ۱۱: میزان درصد کاهش شتاب روسازه تحت رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۱)

Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	24.2	NF3	23.0
FF2	45.2	NF4	40.2
FF3	49.4	NF5	23.3
FF4	12.9	NF6	33.3
FF5	-14.3	NF7	20.4
FF6	27.0	NF8	17.0
FF7	26.8	NF9	40.6
FF8	48.9	NF10	-0.9
FF9	15.0	NF11	41.5
FF10	35.3	NF12	52.1

جدول ۱۲: میزان درصد کاهش شتاب روسازه تحت رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۲)

Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	22.3	NF3	41.4
FF2	34.0	NF4	50.5
FF3	48.7	NF5	44.5
FF4	48.6	NF6	28.0
FF5	51.3	NF7	46.2
FF6	79.7	NF8	38.6
FF7	42.7	NF9	-1.7
FF8	37.3	NF10	16.0
FF9	10.4	NF11	24.6
FF10	52.2	NF12	26.7

جدول ۱۳: میزان درصد کاهش شتاب روسازه تحت رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۳)

Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	56.3	NF3	40.0
FF2	47.8	NF4	55.2
FF3	58.8	NF5	23.7
FF4	1.1	NF6	28.4
FF5	66.8	NF7	42.9
FF6	66.9	NF8	31.9
FF7	69.3	NF9	-38.9
FF8	71.5	NF10	-53.9
FF9	40.9	NF11	4.8
FF10	63.1	NF12	27.9

جدول ۱۴: میزان درصد کاهش شتاب روسازه تحت رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۴)

Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	45.5	NF3	23.6
FF2	52.0	NF4	61.3
FF3	46.8	NF5	39.9
FF4	31.8	NF6	18.3
FF5	25.2	NF7	58.1
FF6	51.6	NF8	60.4
FF7	74.7	NF9	1.4
FF8	63.2	NF10	4.7
FF9	17.1	NF11	43.7
FF10	39.2	NF12	45.7

۳-۶- برش پایه

در جداول شماره ۱۵ تا ۱۸ حداکثر برش پایه بخش‌های مختلف پایپرک مجهز به میراگر نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که در تمامی رکوردها میراگرها منجر به کاهش برش پایه شده است. ضمناً ملاحظه می‌گردد برش پایه در رکوردهای حوزه نزدیک گسل کاهش بیشتری داشته است.

جدول ۱۵: میزان درصد کاهش برش پایه تحت رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۱)

Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	18.9	NF3	42.0
FF2	37.7	NF4	36.4
FF3	48.0	NF5	-4.8
FF4	18.8	NF6	24.4
FF5	2.4	NF7	41.6
FF6	32.3	NF8	33.2
FF7	23.2	NF9	21.8
FF8	42.9	NF10	10.8
FF9	11.4	NF11	43.2
FF10	38.0	NF12	49.2

جدول ۱۶: میزان درصد کاهش برش پایه تحت رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۲)

Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	17.3	NF3	14.7
FF2	17.5	NF4	44.3
FF3	16.2	NF5	34.2
FF4	48.4	NF6	15.1
FF5	22.8	NF7	16.5
FF6	33.9	NF8	13.9
FF7	37.2	NF9	20.6
FF8	11.9	NF10	-11.6
FF9	9.4	NF11	10.1
FF10	44.7	NF12	10.6

جدول ۱۷: میزان درصد کاهش برش پایه پایه تحت رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۳)

Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	81.3	NF3	82.9
FF2	81.3	NF4	84.6
FF3	81.7	NF5	85.9
FF4	67.2	NF6	76.9
FF5	86.4	NF7	84.7
FF6	88.5	NF8	80.5
FF7	89.5	NF9	73.9
FF8	87.9	NF10	67.5
FF9	80.8	NF11	83.8
FF10	84.6	NF12	81.3

جدول ۱۸: میزان درصد کاهش برش پایه تحت رکوردهای دور و نزدیک از گسل (بخش ۴)

Record	درصد کاهش سازه با میراگر	Record	درصد کاهش سازه با میراگر
FF1	13.2	NF3	-6.8
FF2	-4.7	NF4	38.4
FF3	18.5	NF5	-10.6
FF4	-24.7	NF6	-42.9
FF5	-34.0	NF7	45.0
FF6	0.6	NF8	42.6
FF7	36.4	NF9	-16.4
FF8	21.7	NF10	-65.4
FF9	-26.7	NF11	-32.7
FF10	-8.4	NF12	-14.2

۷- نتیجه گیری

در این پژوهش رفتار یک پایپرک مجهز به میراگر ویسکوز تحت اثر زلزله‌های حوزه دور و نزدیک از گسل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود:

۱- استفاده از میراگرها باعث کاهش دررفت، شتاب روسازه و برش پایه به مقدار قابل ملاحظه‌ای شد، کاهش دررفت از این نظر حائز اهمیت است که در مواقعی که مسیر خط لوله دارای تغییر تراز می‌باشد باعث کاهش نیروی وارد بر انکر و گاید لوله می‌شود. کاهش شتاب روسازه باعث وارد شدن نیروی کمتری به لوله‌ها در حین زلزله می‌شود و مانع از آسیب دیدن لوله‌ها و سازه می‌شود.

۲- میراگرها باعث کاهش تغییر مکان بخش‌های پایپرک نسبت به هم شده و باعث کاهش آسیب به لوله‌های عبوری از بخش‌های مختلف پایپرک می‌شود به این ترتیب، این سازه‌ها می‌توانند قابلیت استفاده خود را در حین زلزله به طور کامل حفظ نموده و بلافاصله پس از زلزله نیز قابل بهره‌برداری باشند، که این موضوع در پالایشگاه‌ها امری بسیار مهم و ضروری می‌باشد.

۳- انتخاب نوع میراگر از نوع زانویی با توجه به تغییر مکان زیاد آن امری مطلوب در پایپرک‌ها می‌باشد.

۴- پایپرک‌ها با توجه به اهمیتی که دارند استفاده از میراگرها در این سازه‌ها امری مطلوب می‌باشد، مخصوصاً در پایپرک‌های تشکیل شده از بخش‌های نامتقارن، به این دلیل که این پایپرک‌ها دارای زمان تناوب مختلف و سختی‌های مختلف و بالطبع رفتار مختلف در طول زلزله خواهند بود.

۵- انتخاب نوع میراگر از نوع زانویی با توجه به تغییر مکان زیاد آن امری مطلوب در پایپرک‌ها می‌باشد.

۶- میراگرها در اکثر موارد باعث کاستن انرژی ورودی زلزله به پایپرک‌ها شده و این امری مطلوب برای آسیب ندیدن این سازه‌ها در زلزله می‌باشد.

۷- تاثیر میراگرهای که در جهت طولی پایپرک قرار داده شده است بیشتر از میراگرهای جهت عرضی می‌باشد.

مراجع

- [1] Drake RM, Walter RJ. Design of structural steel pipe racks. AISC Engineering Journal. 2010 Jan 1;47(4):241-52.
- [2] Karimi M, Hosseinzadeh N, Hosseini F, Kazem N, Kazem H. Seismic Evaluation of Pipe Rack Supporting Structures in a Petrochemical Complex in Iran. IJASE. 2011 Jul;3(1):112.
- [3] Wey E, Naqvi D, Glasscock D, Sepaha A. Analysis of Nonbuilding Structures Connected by Large Diameter Pipe while Subjected to Seismic Loads. InStructures Congress 2011 (pp. 2417-2431).
- [4] Bedair O. Rational design of pipe racks used for oil sands and petrochemical facilities. Practice Periodical on Structural Design and Construction. 2014 Mar 17;20(2):04014029.

- [5] Shahiditabar A, Mirghaderi SR. Pipe and Pipe Rack Interaction. International Journal of Applied Science and Technology. 2013 May;3(5).
- [6] Mansoori MR, Moghadam AS. Using viscous damper distribution to reduce multiple seismic responses of asymmetric structures. Journal of Constructional Steel Research. 2009 Dec 1;65(12):2176-85.
- [7] Hadianfard, M.A. Rehabilitation of Steel Structures by Using the Rotational Friction Dampers. Journal of Ferdowsi Civil Engineering, 2015 Vol 26 No 2
- [8] Keyvani, J., Rahimiasl, M. IMPROVEMENT OF SEISMIC PERFORMANCE OF STRUCTURE BEHAVIOR UTILIZING VISCOUS DAMPERS AND OPTIMAL VISCOUS DAMPER ARRANGEMENTS IN STEEL FRAMES. Sharif Journal of Civil Engineering, 2012; Volume 2-28(2): 81-88.
- [9] Kumar P, Jangid RS, Reddy GR. Comparative performance of passive devices for piping system under seismic excitation. Nuclear Engineering and Design. 2016 Mar 1;298:121-34.
- [10] Kumar P, Jangid RS, Reddy GR. Response of piping system with semi-active variable stiffness damper under tri-directional seismic excitation. Nuclear Engineering and Design. 2013 May 1;258:130-43.
- [11] Rydell C, Malm R, Ansell A. Piping system subjected to seismic hard rock high frequencies. Nuclear Engineering and Design. 2014 Oct 15;278:302-9.
- [12] Surh HB, Ryu TY, Park JS, Ahn EW, Choi CS, Koo JC, Choi JB, Kim MK. Seismic response analysis of a piping system subjected to multiple support excitations in a base isolated NPP building. Nuclear Engineering and Design. 2015 Oct 1;292:283-95.
- [13] Bursi OS, Reza MS, Abbiati G, Paolacci F. Performance-based earthquake evaluation of a full-scale petrochemical piping system. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2015 Jan 1;33:10-22.
- [14] Scheller J, Constantinou MC. Response history analysis of structures with seismic isolation and energy dissipation systems: verification examples for program SAP2000.