

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



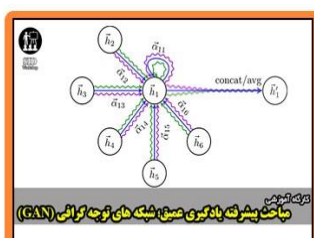
فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



آموزش آنلاین ابزار پژوهش کمی (کاربره نرم افزار SPSS)

کارگاه آنلاین کاربرد نرم افزار SPSS در پژوهش



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق شبکه های توجه گرافی (GAN)

مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



مقاله نویسی ISI (روزه علمی مهندسی)

کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی

## ارزیابی ستون های ساختمان بتن آرمه تحت اثر مؤلفه قائم زمین لرزه های حوزه نزدیک

سید محمد حسینی کردخیلی، کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، دانشگاه آزاد اسلامی سمنان؛ [hosseini.kordkheyli@gmail.com](mailto:hosseini.kordkheyli@gmail.com)؛  
علیرضا مرتضائی، استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی سمنان؛ [mohemortezaei90@yahoo.com](mailto:mohemortezaei90@yahoo.com)

### چکیده

این تحقیق به منظور پاسخ به این سوال که در تحلیل غیرخطی، پاسخ حداکثر مؤلفه قائم زلزله چه تأثیری بر روی نیروی محوری ستون های ساختمان بتن آرمه و برای چه نسبتی از مؤلفه قائم به مؤلفه افقی اهمیت دارد، انجام گرفت. ساختمان های منظم (در طبقات و پلان) با تعداد طبقات ۴ و ۱۰ طبقه (کوتاه مرتبه و میان مرتبه) با توجه به استاندارد ۲۸۰۰ ایران تحلیل و طراحی شده و سپس با سه رکورد زلزله امپریال ولی، نورث ریج، غزلی از بکستان با استفاده از تحلیل غیرخطی دینامیکی (تاریخچه زمانی) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تأثیر مؤلفه قائم زلزله نیروی محوری ستون های ساختمان بتن آرمه شناسایی گردید. نتایج تحلیل در این تحقیق نشان داد که مؤلفه قائم تأثیر قابل ملاحظه ای بر روی نیروی محوری ستون های ساختمان های بتن آرمه دارد. این مؤلفه بیشترین تأثیر را در نیروی محوری ستون های داخلی ساختمان های بتن آرمه دارد. همچنین با افزایش تعداد طبقات اثر این مؤلفه کاهش می یابد.

**کلمات کلیدی:** مؤلفه قائم، نیروی محوری ستون، حوزه نزدیک

### ۱. مقدمه

زلزله به عنوان پدیده مخرب در اغلب مناطق دنیا ایمنی ساختمان ها و زندگی ساکنین آن را در معرض تهدید قرار می دهد. دو زمین لرزه معروف با نام های پارکفیلد (۱۹۶۶) و پایکوئما سانفرانسیسکو (۱۹۷۱) از زمین لرزه های بزرگ شناخته شده در ایالات کالیفرنیا، سرچشمه و بنیان پژوهش در زمینه شناسایی ماهیت حرکات و ارتعاشات نیرومند زمین در نزدیکی مرکز زمین لرزه می باشند. این دو زمین لرزه شناخته شده اند. بعد از این دو زمین لرزه عبارت نزدیک گسل توسط بولت در سال ۱۹۷۵ عنوان شد [۱].

زلزله های حوزه نزدیک به نقاطی از زمین اطلاق می شود که فاصله آنها از مرکز سطحی زلزله کمتر از یک حد معین است. بعضی محققان این فاصله را ۵۰ کیلومتر می دانند و برخی دیگر این فاصله را ۱۵ کیلومتر در نظر می گیرند. با وقوع زلزله های نزدیک گسل مانند زلزله نورث ریج آمریکا (۱۹۹۴)، کوبه ژاپن (۱۹۹۵)، چی چی تایوان (۱۹۹۹) که خسارت های زیادی به وجود آوردند، باعث شناخته شدن مؤلفه قائم زلزله شد.

تا قبل این زلزله ها، در طی یک زمین لرزه عمدتاً نیروهای اینرسی ناشی از مؤلفه های افقی شتاب زمین لرزه باعث خرابی سازه های متعارف می شد و اغلب در طراحی سازه ها از نیروی اینرسی ناشی از مؤلفه قائم شتاب

زمین لرزه صرف نظر می شد و هم اکنون هم در اکثر طراحی ها نادیده گرفته می شود. با وقوع زلزله های اخیر که خسارت های زیادی به وجود آورد و باعث شناخته شدن مؤلفه قائم زلزله شد و نظریه محققانی که در گذشته معتقد بودند حداکثر شتاب مؤلفه افقی زلزله همواره از حداکثر شتاب مؤلفه قائم آن بسیار بزرگتر می باشد و لذا بیشترین خسارت وارده به سازه ها در هنگام زلزله، مربوط به مؤلفه افقی زلزله می باشد را نقض کنند. بر این اساس بسیاری از آیین نامه ها، از لحاظ نادیده گرفتن مؤلفه قائم در طراحی لرزه ای زیر سوال می روند. هنگامی که مؤلفه ای قائم قابل ملاحظه است، تخریب سازه ها و میزان آسیب چند برابر می گردد. از این رو بررسی زمین لرزه های با مؤلفه قائم بالا حائز اهمیت است.

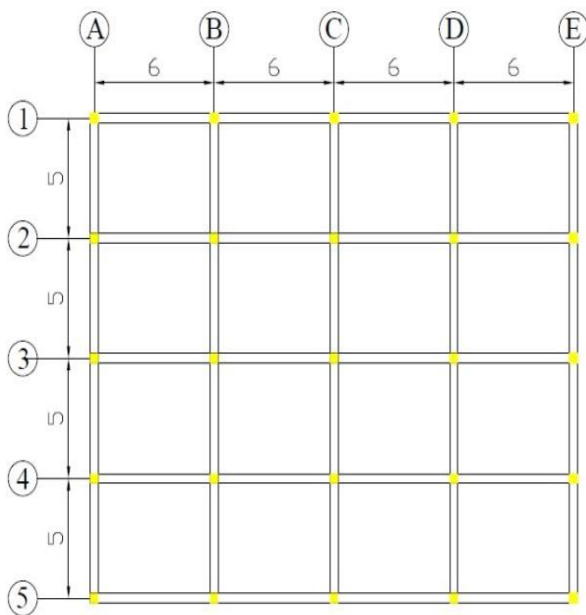
در پیماد زلزله های اخیر شواهد قابل توجهی وجود دارد که نشان می دهد، خرابی سازه ها به دلیل اثرات مؤلفه قائم حرکت لرزه ای زمین بوده است. پس از وقوع زلزله وحشتناک و خانمان برانداز بم، توجه بسیاری از مهندسیین معمار و به ویژه محاسب به ویژگی های خاص این زمین لرزه معطوف گردید. ویژگی های منحصر به فرد این زمین لرزه از جمله وجود همزمان مؤلفه قائم و افقی به میزان زیاد، نزدیکی گسل، سطحی بودن کانون زلزله و جهت داری آن به دلیل راستا لغز بودن می باشد. در حوزه نزدیک گسل مؤلفه افقی عمود بر گسل بیشترین اثر را در پاسخ سازه ها دارد و اثر این مؤلفه غالب بر مؤلفه افقی موازی با گسل و مؤلفه قائم به سطح زمین می باشد. اما اگر برای کارایی سازه مهم باشد، ارتعاش قائم به سطح زمین در نواحی نزدیک گسل نیز ممکن است، مهم باشد. در این حالت مؤلفه قائم به سطح زمین نیز بایستی تخمین زده شود [۲].

مطالعات بسیاری تاکنون در زمینه مؤلفه قائم زلزله انجام شده است، و از زوایای گوناگون مؤلفه قائم و اثرات آنرا را مورد بررسی قرار داده اند. پالاسکاس بعد از زلزله نورث ریج در شمال غربی لوس آنجلس در سال ۱۹۴۴ به بررسی اثر مؤلفه قائم زلزله بر پارکینگ های طبقاتی پرداخت و نتیجه گرفت که نیروی جانبی زلزله که به این ساختمان ها وارد شده کمتر از نیروی جانبی بود که طبق آیین نامه UBC چاپ ۱۹۹۱ برای آن طراحی شده اند، بنابراین علت خرابی این ساختمان ها اثر مؤلفه قائم بوده است [۳].

با بررسی های انجام شده، مشخص شد که در پرونده های کوتاه و در فواصل نزدیک گسل تأثیر مؤلفه قائم زلزله به مراتب بیشتر و حتی در برخی موارد شدیدتر از مؤلفه های افقی می باشد [۴].

لانگینو در مقاله ای با عنوان حرکت اجباری زلزله بر قاب های ساختمانی با مدل کردن ساختمان های بزرگ و کوچک ۴ و ۱۲ و ۲۴ طبقه و تحلیل آنها

تحت مؤلفه‌های قائم و افقی زلزله ال سنترو نتیجه‌گیری کرده است که مؤلفه قائم زلزله، نیروی محوری ستون‌ها را افزایش می‌دهد، بنابراین باید مؤلفه قائم زلزله در طراحی ساختمان‌ها در نظر گرفته شود [۵].  
صادق وزیری و فوج نیز بیان کردند که ارتعاشات قائم باعث ناپایداری در ستون‌ها می‌گردد [۶].



شکل ۱: پلان ساختمان های مدل شده

**۲. مشخصات سازه‌های مدل شده و زمین‌لرزه‌های حوزه نزدیک**  
در این تحقیق، دو ساختمان بتن‌آرمه ۴ طبقه (کوتاه‌مرتبه) و ۱۰ طبقه (میان‌مرتبه) مدل سازی شد. مدل‌ها دارای سیستم قاب‌خمشی و قاب‌های ۴ دهانه به طول ۶ متر در راستای X و طول ۵ متر در راستای Y و ارتفاع طبقات ۳/۵ متر می باشد. پلان مدل‌های مورد بررسی، در شکل ۱ نشان داده شده است. شتاب نگاشت‌های استفاده شده شامل رکوردهای امپریال ولی ۱۹۷۹، غزلی ازبکستان ۱۹۷۶ و نورث‌ریج ۱۹۹۴ می‌باشد که مشخصات این رکوردها در جدول ۱ نشان داده شده است. این رکورد ها از سایت اینترنتی PEER گرفته شده است. این گروه از رکوردها دارای بزرگای بین ۶/۵ تا ۶/۸ و در فواصل نزدیک گسل قرار دارد. نسبت شتاب قائم به افقی رکورد ها بین ۱/۰۲ تا ۱/۷۶ می باشد.  
ساختمان های توسط نرم افزار Sap2000-v14 مدل شده و با تحلیل دینامیکی غیرخطی (تاریخچه زمانی) تجزیه و تحلیل شده است.

جدول ۱: مشخصات زلزله های انتخابی

V/H	PGA			بزرگای زلزله	ایستگاه	فاصله تا گسل (Km)	نام زلزله
	مؤلفه قائم (V)	مؤلفه افقی (H2)	مؤلفه افقی (H1)				
۱/۴۷	۰/۷۰۷	۰/۴۸	۰/۳۵۲	۶/۵	السنترو	۵/۳	امپریال ولی ۱۹۷۹
۱/۷۶	۱/۲۶۴	۰/۷۱۸	۰/۶۰۸	۶/۸	کاراکایر	۳	غزلی ۱۹۷۶
۱/۰۲	۰/۸۵۲	۰/۴۷۲	۰/۸۳۸	۶/۷	رینالدی	۷/۱	نورث‌ریج ۱۹۹۴

### ۳. تجزیه و تحلیل نتایج

نتایجی مشابه با واقعیت بدهد، لذا از تحلیل دینامیکی غیرخطی (تحلیل تاریخچه زمانی) که به عنوان دقیق‌ترین روش در بررسی رفتار سازه‌ها در حین زلزله از آن یاد می‌شود، در این تحقیق استفاده شده است. جهت انجام این تحلیل نیاز به شتاب‌نگاشت‌های زمین لرزه‌های رخ داده است، از این رو با توجه به اهدافی که در این تحقیق تعیین شده است از رکوردهای حوزه نزدیک گسل استفاده شده است. جهت بررسی رکوردهای در نظر گرفته

از آنجایی که عملکرد سازه‌های بتنی در زلزله‌های گذشته نشان می‌دهد که این نوع سازه‌ها در برابر زلزله آسیب‌پذیر و با توجه به اینکه اکثر قریب به اتفاق سازه‌های متداول در هنگام زلزله وارد ناحیه غیرخطی شده و از خود رفتار غیرارتجاعی نشان می‌دهند، لذا با استفاده از روش‌های مرسوم و سنتی آیین‌نامه‌ها که بر پایه تحلیل‌های خطی استوار است، نمی‌توان کنترلی بر رفتار سازه پس از ورود آن به ناحیه غیرارتجاعی داشت. به همین جهت لازم است، تحلیلی صورت گیرد که هم از دقت خوبی برخوردار باشد و هم

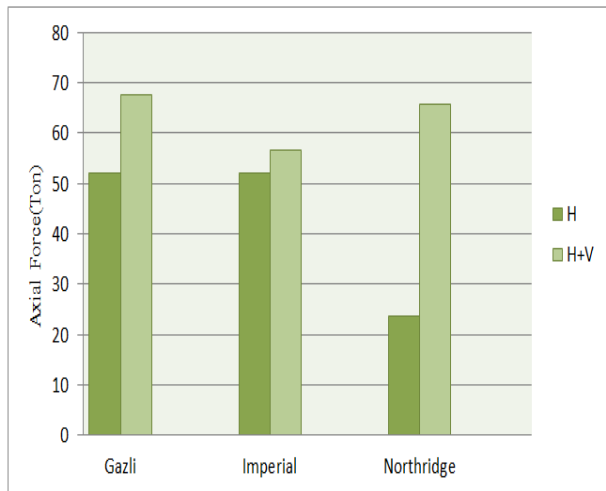
نیروهای محوری ستون‌های گوشه و داخلی مدل‌های مورد بررسی می‌پردازیم. نیروهای محوری هر یک از ستون‌ها در حالت‌های مؤلفه افقی و مؤلفه افقی و قائم با یکدیگر مقایسه شده‌اند تا مشاهده کنیم، مؤلفه قائم چه تأثیری بر روی نیروهای محوری ستون می‌گذارد.

در شکل ۲ نیروی محوری ستون‌های گوشه و داخلی طبقه اول ساختمان ۴ طبقه را تحت اثر مؤلفه افقی و مؤلفه افقی و قائم برای سه رکورد زلزله نشان داده شده است. در ساختمان ۴ طبقه برای ستون داخلی بیشترین نیروی محوری برابر ۱۱۷/۷ تن برای مؤلفه افقی و ۱۹۹/۹ تن برای مؤلفه افقی و قائم و تفاوت آنها برابر ۸۲/۲ تن متعلق به زلزله غزلی می‌باشد. در ستون گوشه بیشترین نیروی محوری برابر ۵۲ تن برای مؤلفه افقی و ۶۷/۷ تن برای مؤلفه افقی و قائم و تفاوت آنها برابر ۱۵/۷ تن متعلق به زلزله غزلی می‌باشد. مشاهده می‌شود که تأثیر مؤلفه قائم در ستون داخلی بسیار بیشتر از تأثیر این مؤلفه در ستون‌های گوشه می‌باشد. می‌توان گفت مؤلفه قائم، باعث افزایش قابل‌ملاحظه نیروی محوری ستون‌هایی که به مرکز جرم نزدیک‌ترند، می‌شود.

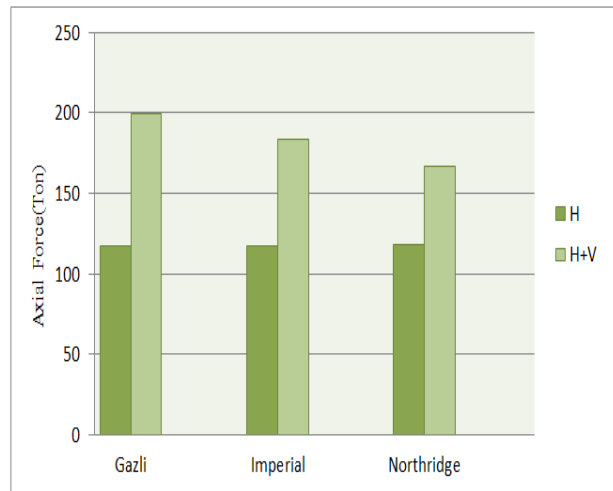
شده از نرم افزار SeisSignal استفاده شده است. از این نرم‌افزار می‌توان مشخصات رکوردها از قبیل تاریخچه زمانی، طیف پاسخ زمانی، پریود اصلی، سرعت، جابجایی، طیف فوری و طیف توان را بدست آورد.

طبق استاندارد ۲۸۰۰ چنانچه از هفت شتاب‌نگاشت یا بیش‌تر برای تحلیل استفاده شود، می‌توان مقدار متوسط اثر آنها را برای کنترل تغییر شکل‌ها و نیروهای داخلی و.. در نظر گرفت. چنانچه کم‌تر از هفت شتاب‌نگاشت برای تحلیل انتخاب شود، باید بیشینه‌ی اثر آنها برای کنترل تغییر شکل‌ها و نیروهای داخلی منظور شود. بنابراین با توجه به اینکه از سه شتاب‌نگاشت استفاده شده است، در مقایسه‌های کلی از مقدار بیشینه‌ی اثر آنها استفاده شده است [۷].

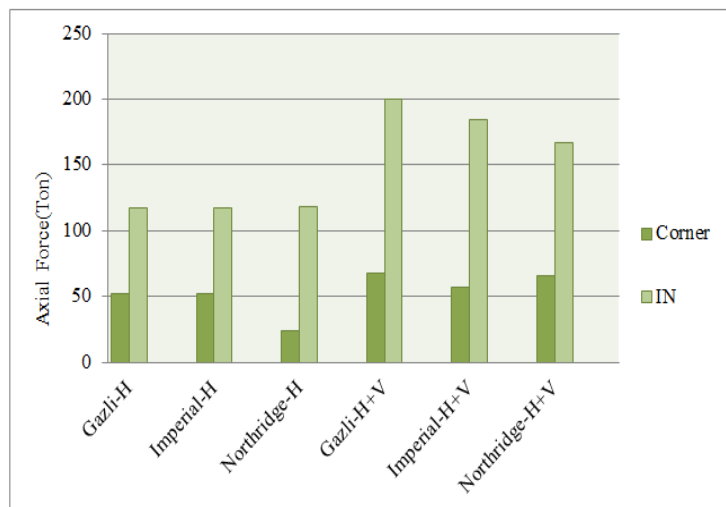
مهمترین موردی که مؤلفه قائم زلزله روی آن تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای دارد، ستون‌های ساختمان می‌باشد. تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که در زلزله‌های حوزه نزدیک مؤلفه قائم در مقایسه با مؤلفه افقی قابل‌ملاحظه می‌باشد و باعث شکست در ستون‌سازه‌ها شده است. از این رو به بررسی



(ب) ستون داخلی



(الف) ستون گوشه



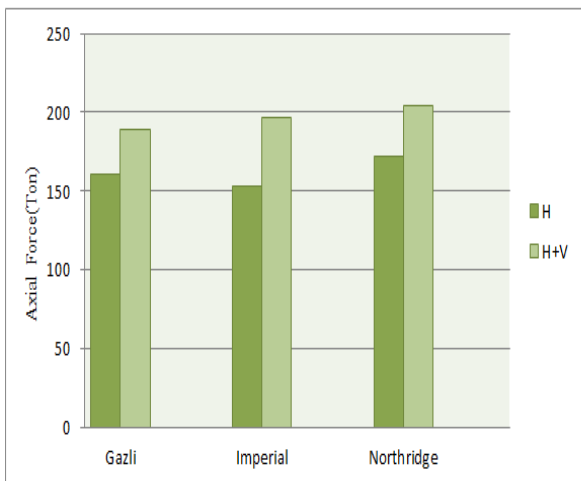
(ج) مقایسه ستون داخلی و گوشه

شکل ۲: نیروی محوری ستون داخلی و گوشه زلزله‌های مختلف ساختمان ۴ طبقه: (الف) داخلی، (ب) گوشه، (ج) مقایسه ستون داخلی و گوشه

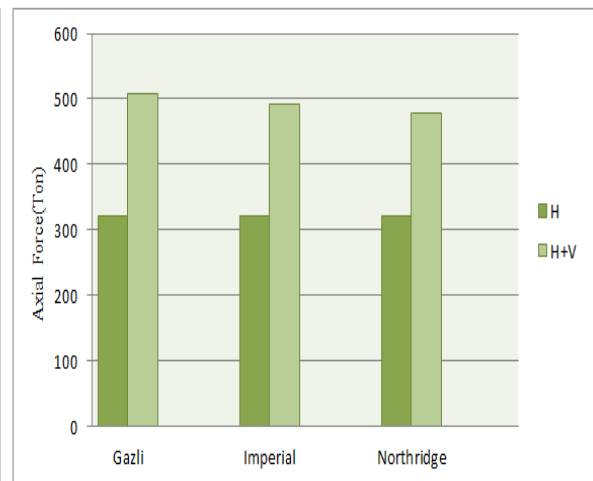
داخلی بسیار بیشتر از تأثیر این مؤلفه در ستون های گوشه می باشد. می توان گفت مؤلفه قائم، باعث افزایش قابل ملاحظه نیروی محوری ستون هایی که به مرکز جرم نزدیکترند، می شود.

در جدول ۲ مقایسه ای بین تأثیر مؤلفه قائم زلزله بر نیروی محوری ستون ساختمان های ۴ و ۱۰ طبقه انجام گرفته است. با مقایسه بین ساختمان ۴ طبقه و ۱۰ طبقه می توان نتیجه گرفت، نسبت افزایش نیروی محوری میان اثر مؤلفه افقی و قائم و مؤلفه افقی در ساختمان ۴ طبقه در هر دو ستون داخلی و گوشه بیشتر از ساختمان ۱۰ طبقه می باشد.

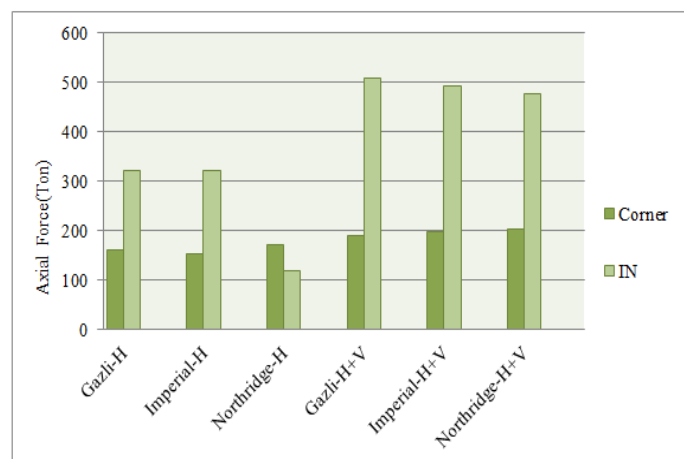
در شکل ۳ نیروی محوری ستون های گوشه و داخلی طبقه اول ساختمان ۱۰ طبقه را تحت اثر مؤلفه افقی و مؤلفه قائم برای سه رکورد زلزله نشان داده شده است. در ساختمان ۱۰ طبقه برای ستون داخلی بیشترین نیروی محوری برابر ۳۲۱/۳ تن برای مؤلفه افقی و ۵۰۷/۴ تن برای مؤلفه افقی و قائم و تفاوت آنها برابر ۱۸۶/۱ تن متعلق به زلزله غزلی می باشد. در ستون گوشه بیشترین نیروی محوری برابر ۱۶۰/۹ تن برای مؤلفه افقی و ۱۸۹/۲ تن برای مؤلفه افقی و قائم و تفاوت آنها برابر ۲۸/۳ تن متعلق به زلزله غزلی می باشد. مشاهده می شود که تأثیر مؤلفه قائم زلزله در ستون



(ب) ستون داخلی



(الف) ستون گوشه



(ج) مقایسه ستون داخلی و گوشه

شکل ۳: نیروی محوری ستون داخلی و گوشه زلزله های مختلف ساختمان ۱۰ طبقه: (الف) داخلی ، (ب) گوشه، (ج) مقایسه ستون داخلی و گوشه

جدول ۲- مقایسه نیروی محوری ستون های ساختمان

ستون	تعداد طبقات	مؤلفه افقی (Ton)	مؤلفه افقی + قائم (Ton)	نسبت افزایش افقی + قائم به افقی (%)
داخلی	۴ طبقه	۱۱۷/۷	۱۹۹/۹	۶۹/۸
	۱۰ طبقه	۳۲۱/۳	۵۰۷/۴	۵۷/۹
گوشه	۴ طبقه	۵۲	۶۷/۷	۳۰/۲
	۱۰ طبقه	۱۶۰/۹	۱۸۶/۲	۱۷/۴

## - نتیجه گیری

در این مقاله هدف بررسی اثر مؤلفه قائم زلزله بر روی نیروی محوری ستون ها مدنظر بود. ساختمان ها با تعداد طبقات ۱۰ و ۴ مدل سازی شد. تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی توسط سه شتابنگاشت امپریال ولی، غزلی، نورث ریچ انجام شد و نتایج زیر بدست آمد.

- با بررسی انجام شده مشخص شد، مؤلفه قائم نیروی زلزله تأثیر قابل ملاحظه ای روی نیروی محوری ستون ها دارد و باعث افزایش آن می شود.
- با مقایسه نیروهای محوری ستون های داخلی و گوشه مشاهده شد که مؤلفه قائم باعث افزایش قابل ملاحظه نیروی محوری ستون هایی که به مرکز جرم نزدیکترند، می شود. بنابراین می توان بیان کرد، مؤلفه قائم بیشترین تأثیر را در ستون های داخلی دارد.
- ستون های داخلی در هر دو مدل تحت اثر بیشتری از مؤلفه قائم نسبت به ستون های گوشه دارند.
- با بررسی بین نیروی محوری ستون های ساختمان کوتاه مرتبه، میان مرتبه انجام شد، مشخص گردید که هر چه تعداد طبقات بیشتر شود، اختلاف نیروی محوری میان اثر مؤلفه افقی و قائم و مؤلفه افقی کاهش می یابد.

زیرا با افزایش تعداد طبقات، بارهای ثقیلی افزایش می یابد و باعث کاهش حساسیت نیروی محوری ستون ها به اثرات قائم لرزه ای می شود. در نتیجه تأثیر مؤلفه قائم زلزله روی ساختمان های کوتاه مرتبه بیشتر از ساختمان های میان مرتبه می باشد.

## ۵. مراجع

1. Bruse A. Bolt, Seismic input motions for nonlinear structural analysis, *Journal of Earthquake Technology*, Paper No.448, December 2004.
2. In-Kil Choi, Min Kyu Kim, Young-Sun Choun, and Jeong-Moon Seo, Shaking table test of steel frame structures subjected to scenario earthquakes, *Journal of the Nuclear Engineering and Technology*, Vol.37.
3. Palaskas, M. N.: He, Limin; Chegini, Michael, "Vertical Seismic forces on Elevated concrete Slabs", *Practice Periodical on Structural Design and Construction*; Vol, 1 USA: 1996, P 88-90
4. Elgamal A, He L. Vertical earthquake ground motion records; an overview. *J Earthquake Eng* 2004: 8(5): 663-97.
5. Longinow, A; Rabinson, "Earthquake Induced Motion Environments in frame Buildings", *Shock & Vibration*; USA: 22-24 Oct 1985, P 101-122.
6. Sadeghvaziri, M. A., and Foutch, D. A., "Dynamic behavior of RC highway bridges under combined effect of vertical and horizontal motions", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 20, No. 6.

۷. استاندارد ۲۸۰۰، "آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله"، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه

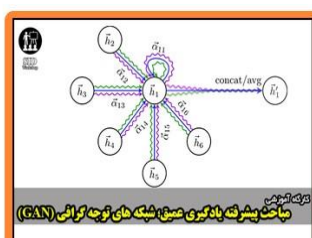


فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین کاربرد نرم افزار SPSS در پژوهش



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛  
شبکه های توجه گرافی  
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی ISI و IEEE  
ویژه فنی و مهندسی