

Effect of foundation flexibility of concrete moment resistant frame on drift

Iman Hakamian*

M.Sc., School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

*Corresponding author's email address:

imanhakamian@alumni.iust.ac.ir

How to cite this article:

Iman Hakamian, Effect of foundation flexibility of concrete moment resistant frame on drift, engineering and construction management, 2024; 9(1):31-36.

Abstract

The effects of the foundation flexibility on Structural drift has been considered in concrete moment resisting frames in this paper. The foundation flexibility influences the total base shear reaction and its distribution directly. To analysis the base shear measurement, the near-field earthquakes were used as lateral external forces. In this study three concrete moment resisting frames 7, 10 and 15 story with 22.2m, 31.8m and 41.8m height were investigate that their bays are 5.5m in all of cases. To model the flexible foundation, Beam Nonlinear Winkler Foundation (BNWF) method was used. In this method, linear inelastic springs were used in vertical and horizontal directions. After base shear measurement, the structural drifts of concrete moment resisting frames have been compared in the case of flexible and fix-based foundation. The distribution of shear base pattern and drift values in fix-based foundation are totally different from flexible-based. The difference is observed in all height level structures.

Keywords

Foundation flexibility, Winkler beam, Structural drift

تأثیر انعطاف پذیری فونداسیون قاب خمشی بتنی بر تغییر مکان نسبی طبقات

ایمان حکمیان*

کارشناس ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۴

ارجاع به مقاله:

ایمان حکمیان، تأثیر انعطاف‌پذیری فونداسیون قاب خمشی بتنی بر تغییر مکان نسبی طبقات، مهندسی و مدیریت ساخت، ۱۴۰۳، ۹ (۱): ۳۱-۳۶.

چکیده

در این مقاله انعطاف‌پذیری فونداسیون بر تغییر مکان نسبی قاب‌های خمشی بتنی بررسی شده است. انعطاف‌پذیری فونداسیون بر مقدار برش پایه و توزیع آن در ارتفاع مستقیماً تأثیرگذار خواهد گذاشت. برای آنالیز و محاسبه برش پایه ساختمان از نیروی زلزله حوزه نزدیک استفاده شده است. برای این منظور سه ساختمان بتنی قاب خمشی متوسط با تعداد طبقات ۷ و ۱۰ و ۱۵ مورد بررسی قرار گرفته است که به ترتیب دارای ارتفاع ۲۲ متر، ۳۱/۸ متر و ۴۱/۸ متر و دهانه ۵/۵ متر می‌باشند. در این تحقیق برای مدلسازی بی انعطاف‌پذیر از روش تیر وینکلر استفاده شده است. در این مدل از یک شبکه از فنرهای غیرالاستیک غیرخطی در هر دو جهت قائم و افقی استفاده شده است. بعد از محاسبه برش پایه، جایجایی نسبی سازه در حالت انعطاف پذیر و گیردار باهم مقایسه شده است. با توجه به الگوهای به دست آمده مشاهده می‌شود که توزیع نیروی جانبی و دررفت طبقات در حالت انعطاف پذیر کاملاً با حالت گیردار متفاوت است. این الگو در هر سه تیپ ساختمان قابل مشاهده است.

کلمات کلیدی

انعطاف‌پذیری فونداسیون، تیر وینکلر، تغییر مکان نسبی سازه



9 (1), 2024

دوره ۹، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۳

دوفصلنامه پژوهشی



۱- مقدمه

اگر در طراحی و آنالیز سازه تصور کنیم که فونداسیون آن تغییر شکل می‌دهد و حالت گیردار ندارد مشاهده می‌شود که نیروهای وارد بر سازه در تکیه‌گاه آن تغییرشکل و دوران به وجود نمی‌آورند و ویژگی‌های خاک بر سازه تأثیری نمی‌گذارد [۱]. اما در واقعیت بارهایی که از سازه به فونداسیون منتقل می‌شوند باعث به وجود آمدن تغییرشکل در آن‌ها می‌شوند. حتی وجود یک سازه نحوه ارتعاش زمین اطراف خود را نسبت به حالتی که سازه‌ای وجود ندارد، تغییر می‌دهد [۲]. بنابراین با در نظر گرفتن خاک انعطاف‌پذیر خاک، پاسخ سازه به زلزله نیز تغییر خواهد کرد. لذا با توجه به این موضوع، باید بدانیم که اگر اثر انعطاف‌پذیری فونداسیون را در نظر بگیریم

تفاوت بین پاسخ واقعی و تئوری سازه را نشان داده می‌شود و تأثیر عوامل بالا را به‌طور هم‌زمان در تحلیل و طراحی لحاظ می‌گردد [۳]. در واقع در حالت دینامیکی، به دلیل نیروهای اینرسی وارد بر سازه و ارتعاش سازه در هنگام زلزله، نیروهای متفاوتی نسبت به حالت استاتیکی در پایه سازه به وجود می‌آید. وجود این نیروها باعث می‌شود تا در پی و خاک زیر آن جایجایی و دوران ایجاد شود که می‌تواند روی رفتار کل سیستم خاک-پی-سازه تأثیر گذارد، به این پدیده اصطلاحاً اندرکنش اینرسی می‌گویند. اندرکنش اینرسی باعث تغییر پارامترهای دینامیکی از قبیل زمان تناوب و میرایی مؤثر سیستم می‌شود [۲]. علاوه بر آن، اندرکنش سینماتیکی به دلیل حضور پی سخت روی خاک یا درون آن رخ می‌دهد که موجب می‌شود حرکات پی متفاوت از حالت حرکت زمین آزاد باشد. به عبارت دیگر به دلیل سختی زیاد پی در مقایسه با خاک

۲- مدل سازی

۲-۱- مدل سازه

در این مقاله سه قاب خمشی بتنی متوسط سه دهانه ۷ و ۱۰ و ۱۵ طبقه با المان‌های خطی و غیرخطی مورد بررسی قرار گرفته است. ارتفاع طبقه اول در هر سازه ۳ متر و طبقات بالاتر ۳/۲ متر است. فاصله دهانه‌ها برابر ۵/۵ متر است. هر سازه به‌طور جداگانه بر روی تکیه‌گاه ثابت، خاک انعطاف‌پذیر و پی صلب، خاک و پی انعطاف‌پذیر قرار گرفته است تا تأثیر سختی و انعطاف‌پذیری سازه و بستر بهتر مشاهده شود.

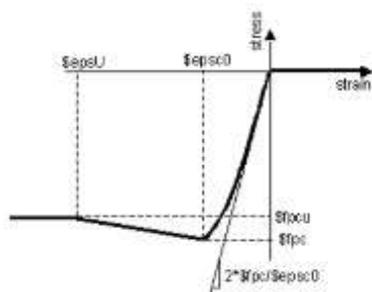
۲-۲- مشخصات مصالح

برای ستون‌ها و تیرها و پی در سازه خطی، از بتن و فولاد با مشخصات زیر استفاده شده است.

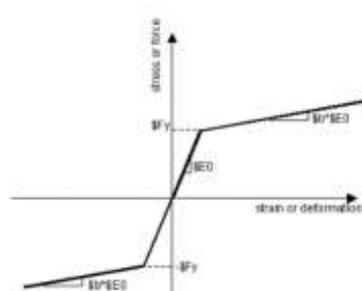
مدول الاستیسیته	$E = 2.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^3$
مقاومت مشخصه	$300 \text{ kg/cm}^2 f_c$
ضریب پواسن	$\nu = 0.2$

مدول الاستیسیته	$E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^3$
تنش تسلیم	$F_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$
ضریب پواسن	$\nu = 0.3$

در سازه با المان‌های غیرخطی از مشخصات مصالح به‌صورت غیرخطی بهره گرفته شده است. در نرم افزار opensees از مصالح concrete01 و steel01 برای بتن و فولاد استفاده شده است. مشخصات رفتاری این مصالح در شکل (۱) آمده است.



شکل ۱ منحنی تنش-کرنش concrete01



شکل ۲ منحنی تنش-کرنش steel01

زیر آن، شالوده قادر نخواهد بود تا با خاک زیر خود به‌صورت هماهنگ حرکت کند. لذا به تغییرات تحریک اعمالی به پایه‌ی سازه، اصطلاحاً اندرکنش سینماتیکی می‌گویند. در این مقاله صرفاً اثر اندرکنش اینرسی مدنظر قرار گرفته است [۲، ۳].

نتایج بررسی آیین‌نامه‌ها نشان می‌دهد که توزیع نیرو در ارتفاع در این آیین‌نامه‌ها در سیستم قاب خمشی منظم بسیار به هم شباهت دارد [۴]. این شباهت به این دلیل است که همه آیین‌نامه‌ها زمان تناوب غالب سازه (مود اول) را ملاک عمل قرار داده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که توزیع برش در طبقات بر اساس تحلیل‌های دینامیکی انجام شده متفاوت از توزیع پیشنهاد شده در آیین‌نامه‌های UBC97 و IBC2006 است. این اختلاف توزیع برش در طبقات میانی بیشتر مشاهده می‌شود [۵].

نتایج بررسی تأثیر انعطاف‌پذیری فونداسیون در پاسخ لرزه‌ای سازه‌های قاب خمشی نشان می‌دهد که مقدار برش پایه و جابجایی نسبی درون طبقه در سازه با تکیه‌گاه گیردار و انعطاف‌پذیر بر روی نوع خاک متفاوت مقایسه شده است. نسبت برش پایه بستر انعطاف‌پذیر به برش پایه تکیه‌گاه گیردار کوچک‌تر از یک به دست آمده است که با نتایج آیین‌نامه NEHRP سازگار است [۶].

بررسی پاسخ دینامیکی ۱۰ سازه بتنی با سیستم قاب خمشی و دیوار برشی در دو تیپ خاک متفاوت با در نظر گرفتن اندرکنش خاک-سازه نشان می‌دهد که پارامترهای مورد بررسی در این مقاله حداکثر برش پایه، جابجایی نسبی طبقات و دوران مفصل‌های پلاستیک است. یکی از نتایج، کاهش برش پایه با در نظر گرفتن اندرکنش نسبت به بستر صلب است [۷].

مطابق روابط ارائه شده در آیین‌نامه ASCE-07 برای در نظر گرفتن انعطاف‌پذیری فونداسیون، مقدار تأثیر این پدیده در کاهش برش پایه به ۳۰ درصد محدود شده است، اما این موضوع به این معنی نیست که تأثیر اندرکنش خاک-سازه در واقع کمتر از این مقدار است، لذا برای بررسی بیشتر، سه سازه قاب خمشی بتنی متوسط ۷ و ۱۰ و ۱۵ طبقه با المان‌های خطی و غیرخطی بر روی بستر گیردار و انعطاف‌پذیر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند تا میزان تأثیر اندرکنش خاک-سازه به‌دست آید.

در ویرایش چهارم آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، موضوع انعطاف‌پذیری مطابق با ASCE-07 مطرح شده است. در این آیین‌نامه‌ها برای ساده‌سازی تحلیل و طراحی روابطی ارائه شده است که در شرایط خاصی می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. یکی از این شرایط این است که روش ارائه شده زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که در هنگام مدلسازی و تحلیل سازه از فرض تکیه‌گاه ثابت استفاده شده باشد. به‌عبارت دیگر چنانچه در مدلسازی سازه اثر انعطاف‌پذیری پی لحاظ شده باشد، استفاده از روابط این آیین‌نامه‌ها مجاز نیست [۸]. در این‌جا به‌منظور بررسی مستقیم اثر اندرکنش خاک-سازه از پی انعطاف‌پذیر در مدلسازی استفاده شده است، که در ادامه توضیح داده خواهد شد.



9 (1) , 2024

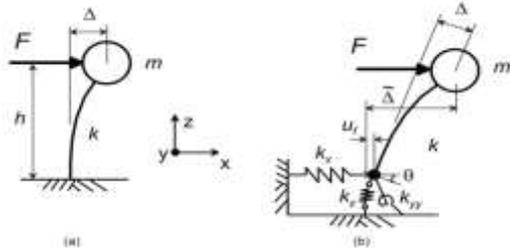
دوره ۹، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۳

دوفصلنامه پژوهشی



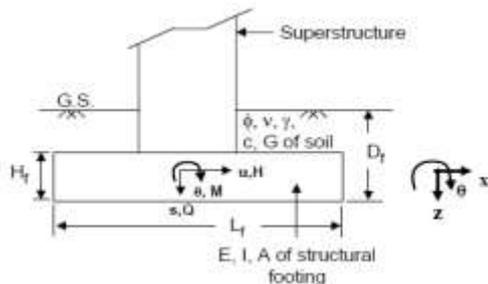
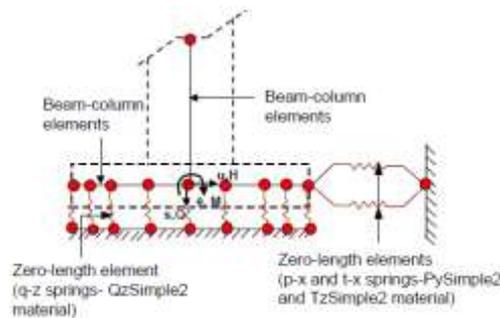
فهرهای قائم، افقی و چرخشی در پایه سازه می‌توان اثر انعطاف‌پذیری را نیز لحاظ کرد. فنر قائم در راستای Z با Kz، فنر افقی در راستای X با Kx، و فنر پیچشی با Ky در محور y-y در شکل ۳-ب نشان داده شده است.



شکل ۳ مدل‌سازی شماتیک سازه (الف) سازه با تکیه‌گاه گیردار (ب) سازه با تکیه‌گاه انعطاف‌پذیر

۴- مدل پی انعطاف‌پذیر

برای مدل‌سازی فونداسیون انعطاف‌پذیر از مدل تیر وینکلر استفاده شده است که به اختصار BNWF نامیده می‌شود [۹]. در این روش از یک المان تیر-ستون برای مدل‌سازی رفتار پی استفاده شده است و برای در نظر گرفتن تأثیر خاک از فنر استفاده شده است. این روش برای تحلیل‌های دوبعدی کاربرد دارد. بنابراین سه درجه آزادی حرکت افقی و قائم و حرکت دورانی لحاظ می‌شود که برای شبیه‌سازی رفتار پی دوبعدی مناسب می‌باشد [۱۰]. شکل شماتیک تیر وینکلر در شکل‌های (۴) نشان داده شده است.



شکل ۴ شکل شماتیک تیر وینکلر

سختی قائم و جانبی و همین‌طور سختی دورانی پی با احتساب تغییرات جابجایی‌های فنرهای عمودی محاسبه می‌شود. آیین‌نامه ATC-40 پیشنهاد می‌دهد که در نواحی انتهایی پی فنرهای با سختی بیشتر قرار گیرد. تا عکس العمل‌های وارد شده در انتهای پی بیشتر باشند تا موجب به وجود آمدن حرکت گهواره‌ای پی زیر

المان‌های تیر و ستون و دیوار استفاده شده در نرم‌افزار از نوع المان برمبنای جابجایی و با پلاستیسیته گسترده همراه با شش نقطه انتگرال‌گیری بر اساس قانون گوس-لوباتو مدل شده‌اند. تیرهای موجود در ناحیه‌ای که داخل دیوار برشی محسوب می‌شود به صورت المان‌های صلب در نظر گرفته شده‌اند و تغییر مکان و دوران آن‌ها کاملاً مقید به تغییر مکان و دوران گره‌های متناظر در المان دیوار می‌باشد که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

۳-۲- مشخصات المان‌های سازه‌ای

ابعاد تیر و ستون‌های سازه‌های مورد مطالعه، مطابق جدول (۳) و (۴) و (۵) است.

جدول ۳ ابعاد تیر و ستون سازه ۷ طبقه

ابعاد تیر (cm ²)	آرماتورها	ابعاد ستون (cm ²)	طبقات
۴۰×۵۵	۲۴φ ۱۶mm	۵۵×۵۵	۱ و ۲
۳۰×۵۰	۲۲φ ۱۶mm	۵۰×۵۰	۳ و ۴ و ۵
۲۵×۴۰	۱۸φ ۱۶mm	۴۰×۴۰	۶ و ۷

جدول ۴ ابعاد تیر و ستون سازه ۱۰ طبقه

ابعاد تیر (cm ²)	آرماتورها	ابعاد ستون (cm ²)	طبقات
۴۰×۶۰	۲۶φ ۱۶mm	۶۰×۶۰	۱ و ۲ و ۳
۳۵×۵۰	۲۲φ ۱۶mm	۵۰×۵۰	۴ و ۵ و ۶ و ۷
۳۰×۴۰	۱۸φ ۱۶mm	۴۰×۴۰	۸ و ۹ و ۱۰

جدول ۵ ابعاد تیر و ستون سازه ۱۵ طبقه

ابعاد تیر (cm ²)	آرماتور	ابعاد ستون (cm ²)	طبقات
۴۰×۶۰	۱۶φ ۲۶mm	۶۰×۶۰	۱ و ۲ و ۳
۳۵×۵۵	۱۶φ ۲۴mm	۵۵×۵۵	۴ و ۵ و ۶
۳۰×۵۰	۱۶φ ۲۰mm	۴۵×۴۵	۷ و ۸ و ۹
۳۰×۴۵	۱۶φ ۱۸mm	۴۰×۴۰	۱۰ و ۱۱ و ۱۲
۳۰×۴۰	۱۶φ ۱۶mm	۳۵×۳۵	۱۳ و ۱۴ و ۱۵

۴-۲- مشخصات خاک و پی

در این مطالعه، بمنظور ارزیابی تأثیر سختی خاک زیر شالوده بر پارامترهای لرزه‌ای سازه، از خاک رس استفاده شده است. مقادیر مربوط به پارامترهای طراحی خاک در جدول (۶) آورده شده است.

جدول ۶ مشخصات خاک مورد استفاده

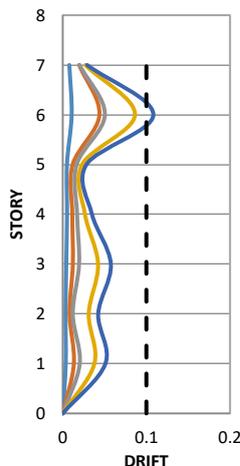
نوع خاک	رس
طبقه‌بندی خاک	نوع ۳
چسبندگی (c)	۷۰۰ Kg/cm ²
زاویه اصطکاک داخلی (φ)	۰
وزن مخصوص (γ)	۱۶۰۰ Kg/m ³
مدول برشی (G)	۲×۱۰ ^۷ Kg/cm ²
نسبت میرایی (ξ)	۰/۰۵

۳- رفتار سیستم خاک-سازه

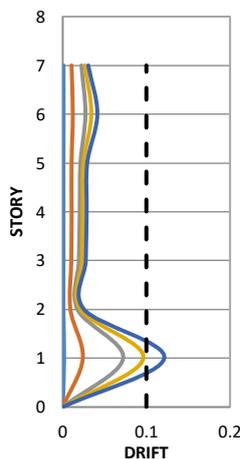
تکیه‌گاه گیردار برای یک سازه یعنی فونداسیون کاملاً صلب بر روی خاک کاملاً صلب قرار بگیرد. در مقابل پایه انعطاف‌پذیر حاصل قرار گرفتن پی منعطف روی خاک نرم است.

شکل ۳-الف یک سازه یک درجه آزادی را با سختی K و جرم M نشان می‌دهد که بر روی پایه‌ی گیردار قرار گرفته است. با اضافه کردن

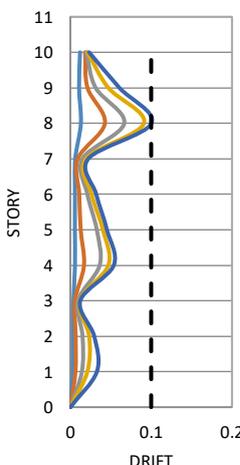
تغییر مکان نسبی طبقات که ناشی از افزایش تدریجی شدت زلزله می‌باشد، در سازه ۱۵ طبقه نیز تکرار شد.



شکل ۶ تغییر مکان نسبی طبقات در سازه ۷ طبقه تحت یک شتاب‌نگاشت حوزه نزدیک با بستر صلب

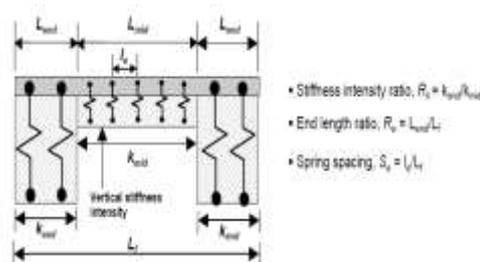


شکل ۷ تغییر مکان نسبی طبقات در سازه ۷ طبقه تحت یک شتاب‌نگاشت حوزه نزدیک با بستر انعطاف پذیر



شکل ۸ تغییر مکان نسبی طبقات در سازه ۱۵ طبقه تحت یک شتاب‌نگاشت حوزه نزدیک با بستر صلب

بارهای جانبی شود. مطابق شکل (۵) ناحیه انتهایی Lend به عنوان طولی از قسمت لبه پی که عکس العمل بیشتری دارد، تعریف شده است. مطابق آیین‌نامه ATC-40 این ناحیه به طول $B/6$ از هر انتهای پی ادامه یابد [۳].



شکل ۵ جانمایی فنرهای تیر وینکلر برای پی انعطاف پذیر

۵- نتایج حاصل از جابجایی نسبی طبقات

برای محاسبه مقدار برش پایه از روابط استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش چهارم) استفاده شده است، که نیاز است ابتدا مقدار زمان تناوب و دیگر پارامترهای مورد نیاز مانند نسبت شتاب مبنای طرح، ضریب بازتاب ساختمان، ضریب اهمیت و ضریب رفتار سازه محاسبه شود. از آنجا که در استاندارد ۲۸۰۰ ذکر شده است که روابط موجود مختص سازه با تکیه‌گاه گیردار است و در این مقاله از پی انعطاف‌پذیر استفاده شده است، مقایسه بین تکیه‌گاه گیردار و انعطاف‌پذیر به کمک روابط مربوط به تحلیل استاتیکی معادل انجام شده است.

نکته‌ای که باید به آن توجه نمود این است که فونداسیون تحت اثر زلزله دوران خواهد کرد و این دوران بر روی تغییر مکان نسبی طبقات تأثیر گذار خواهد بود. در واقع انتظار می‌رود که چرخش پی حول محور قائم موجب شود تغییر مکان نسبی طبقه اول نسبت به حالت بستر صلب افزایش یابد. اما اینکه این دوران تا چه حدی روی طبقات بالاتر تأثیر گذار خواهد بود، نیازمند بررسی می‌باشد. این مطلب در شکل ۶ و ۷ نشان داده شده است. با افزایش تدریجی شدت شتاب‌نگاشت‌ها مقدار جابجایی نسبی نیز افزایش یافته است تا جایی که به مقدار فروریزش سازه یعنی مقدار دررفت ۰/۱ برای سازه ۷ و ۱۰ طبقه و مقدار ۰/۸۵ برای سازه ۱۵ طبقه برسد. در سازه ۷ طبقه با بستر صلب، تغییر مکان نسبی طبقه ششم بیشتر از سایر طبقات می‌باشد و زودتر از طبقات دیگر به حد ۰/۱ رسیده است.

در سازه ۱۰ طبقه با پی انعطاف‌پذیر نیز تغییر مکان نسبی طبقات با بستر صلب تفاوت دارد. در سازه با بستر صلب تغییر مکان نسبی مکزیم در طبقه هشتم رخ داد اما در سازه با پی انعطاف‌پذیر مشابه سازه ۷ طبقه این مقدار در طبق اول رخ داده است. این نتیجه نیز گویای تأثیر دوران پی در تغییر مکان نسبی طبقات می‌باشد که بیشترین اثر را روی طبقه اول گذاشته و طبقات بالاتر به‌طور عادی تغییر مکان داشته‌اند. نتیج در شکل (۸) و (۹) مشخص است.

مانند آنچه در سازه ۷ و ۱۰ طبقه مشاهده شد، در سازه ۱۵ طبقه نیز حداکثر تغییر مکان جانبی در بستر صلب در طبقات فوقانی و در بستر انعطاف‌پذیر در پایین‌ترین طبقه اتفاق افتاد. به عبارتی الگوی افزایش

۶- نتیجه‌گیری

این مقاله به بررسی تأثیر انعطاف پذیری فونداسیون بر تغییرمکان نسبی طبقات در ساختمان‌های چند طبقه قاب خمشی بتنی متوسط واقع بر شالوده سطحی انعطاف پذیر پرداخته است. نتایج حاکی از افزایش دوره تناوب طبیعی سیستم نسبت به حالت تکیه‌گاه گیردار می‌باشد که منجر به کاهش ضریب زلزله و در نتیجه کاهش برش پایه می‌شود. این تغییرات در همه مدل‌ها دیده می‌شود. با توجه به نتایج ارائه شده در جداول می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری نمود که:

با افزایش شدت شتاب‌نگاشت ورودی به سازه تغییرمکان نسبی طبقات نیز افزایش می‌یابد اما بین سازه‌های با بستر صلب و انعطاف‌پذیر تفاوت وجود دارد. در سازه با بستر صلب حداکثر تغییرمکان نسبی در طبقات فوقانی رخ داد اما در سازه با بستر انعطاف‌پذیر به دلیل دوران پی تحت نیروهای اینرسی زلزله، حداکثر تغییرمکان نسبی در پایین‌ترین طبقه اتفاق افتاد. این موضوع در سازه‌های ۷ و ۱۰ و ۱۵ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک به‌طور مشابه اتفاق افتاد.

۷- تعارض منافع

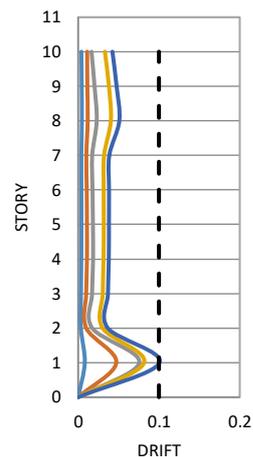
نویسندگان هیچ گونه تضاد منافع ندارند.

۸- حمایت مالی

این تحقیق از هیچ‌گونه حمایت مالی‌ای برخوردار نبوده است.

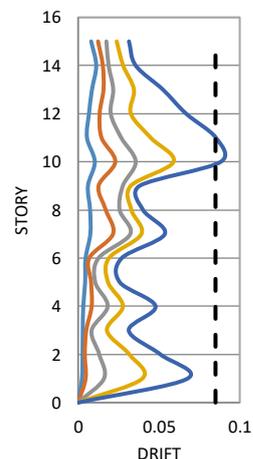
۹- مراجع

- [1] M. Mehrpoor and M. M. Memarpour, "Study of the Heterogeneous Bed Soil: Effect of Bed Soil Stiffness on the Seismic Capacity," Available at SSRN 4522737.
- [2] M. Mahsuli and M. Ghannad, "The effect of foundation embedment on inelastic behavior of structures," in 9th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Ottawa, Ontario, Canada, 2007, pp. 26-29.
- [3] I. S. Safety, "NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures (FEMA 450)," Building Seismic Safety Council, National Institute of Building Sciences: Washington, DC, USA, 2004.
- [4] M. Shayanfar, M.M. Memarpour, M.A. Barkhordari, I. Hakamian, " Comparison of static and dynamic analysis in earthquake lateral force distribution in reinforced concrete structures considering soil-structure interaction," presented at the second national conference on structural engineering in Iran, 2014. [Online]. Available: <https://civilica.com/doc/535781>. (In Persian)
- [5] K. Park, Lateral load patterns for the conceptual seismic design of moment-resisting frame structures. University of Maryland, College Park, 2007.
- [6] B. Fatahi, H. R. Tabatabaiefar, and B. Samali, "Performance based assessment of dynamic soil-structure interaction effects on seismic response of building frames," in Geo-Risk 2011: Risk Assessment and Management, 2011, pp. 344-351.
- [7] F. Behnamfar and M. Banizadeh, "Effects of soil-structure interaction on distribution of seismic vulnerability in RC structures," Soil Dynamics and Earthquake Engineering, vol. 80, pp. 73-86, 2016.
- [8] I. Hakamian, K. Taghikhani, N. Manouchehri, and M. M. Memarpour, "Soil-structure interaction effects on collapse probability of the RC buildings subjected to

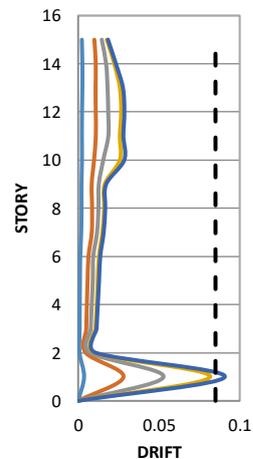


شکل ۹ تغییرمکان نسبی طبقات در سازه ۱۰ طبقه تحت یک شتاب‌نگاشت حوزه نزدیک با بستر انعطاف پذیر

در سازه ۱۵ طبقه حد دررفت مجاز 0.085 در نظر گرفته شده است. نتایج در شکل (۱۰) و (۱۱) مشهود است.



شکل ۱۰ تغییرمکان نسبی طبقات در سازه ۱۵ طبقه تحت یک شتاب‌نگاشت حوزه نزدیک با بستر صلب



شکل ۱۱ تغییرمکان نسبی طبقات در سازه ۱۵ طبقه تحت یک شتاب‌نگاشت حوزه نزدیک با بستر انعطاف پذیر

far and near-field ground motions," Earthquakes and Structures, vol. 25, no. 2, pp. 99-112, 2023.

- [9] M. Memarpour, M. Shayanfar, and M. Kimiaei, "A new BNWF model for cyclic pile-soil interaction analysis of single offshore piles," in 13th International Conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, 2011: Centre for Infrastructure Engineering and Safety, pp. ۱۳۵-۱۴۰.
- [10] A. T. Council, "Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings," Report No. SSC 96-01: ATC-40, vol. 1, 1996.



9 (1) , 2024

دوره ۹، شماره ۱

تابستان ۱۴۰۳

دوفصلنامه پژوهشی



تأثیر انعطافپذیری فونداسیون قاب خمشی بتنی بر تغییر مکان نسبی

طبقات

COPYRIGHTS

©2024 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/>)