تحلیل دینامیکی طیفی، مقایسه و بررسی تنش و دریفت در ساختمان بتنی با ستون‌های دایره ای و مربعی

علی مومنی منش *

گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد یاسوج)، یاسوج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۵

ارجاع به مقاله:

علی مومنی منش، تحلیل دینامیکی طیفی، مقایسه و بررسی تنش و دریفت در ساختمان بتنی با ستون‌های دایره ای و مربعی، *مهندسی و مدیریت ساخت*، ۱۴۰۱، ۷ (۲): ۴۵-۵۰.

چکیده

یکی از مسائلی که باعث تاثیر بر رفتار سازه در هنگام وقوع زلزله می شود شکل هندسی مقطع ستونهای سازه می باشد. در ساختمانهای بتنی، امکان استفاده از ستون با اشکال مختلف وجود دارد که میتواند از لحاظ رفتار و اجرا با هم متفاوت باشند در این پژوهش برای تحلیل و طراحی سازه های مورد بررسی به مقایسه و آنالیز دو ساختمان بتنی کاملا مشابه یکی دارای ستونهای با سطح مقطع دایره ای و دیگری با سطح مقطع مربعی شکل تحت اثر نیروی زلزله پرداخته شده است. .نتایج نشان داده شده بررسی مقایسه تنش ها و دریفت در دو ساختمان چهار طبقه با ستون های دایره ای و مربعی شکل با تحلیل دینامیکی پرداخته شده است و کمترین و بیشترین دریفت و مقدار مجاز و به صورت نموداری مشخص میباشد. در این پژوهش، مدلسازی قاب بتنی خمشی با ستونهای مربعی و دایره ای تحت نیروی زلزله در نرم افزار Etabse و اعمال بارها به ان و انجام تحلیل دینامیکی، نتایج از نرم افزار مذکور استخراج گردیده و با هم مقایسه شدند نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان اتلاف انرژی ستونهای دایره‌ای بیشتر از ستون مربعی میباشد. همچنین شکل پذیری ستونهای دایره ای بیشتر از ستونهای مربعی میباشد در کل عملکرد ستونهای دایره ای در ساختمانهای کوتاه بهتر از ستونهای مربعی می باشد.

کلمات کلیدی

ستون دایره ای، ستون مربعی، تحلیل دینامیکی، دریفت

۱- مقدمه

طی سالیان متمادی، ظرفیت ستون های بتن آرمه توسط دیاگرام های اندرکنش، بصورت تغییرات نیروی محوری، نسبت به لنگر خمشی برای درصدهای مختلف آرماتورهای طولی بیان شده اند. امروزه با توجه به اهمیت بیشتر رفتار ساختمان در مقابل زلزله، شکل و نحوه قرارگیری ستونها در ساختمان هم اهمیت بیشتری پیدا کرده اند.جهان امروز با چالش های فراوانی پیش روست، این چالش ها در کشورهای مختلف متناسب با سطح توسعه و پیشرفت انها تفاوتهای بنیادین و اشکاری با هم دارند. تحولات اخیر در مبانی

Spectral dynamic analysis, comparison and investigation of stress and drift in concrete building with circular and square columns

Ali Momeni Manesh *

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University (Yasouj Branch), Yasouj, Iran

***Corresponding author's email address:**
amomeni91@yahoo.com

How to cite this article:

Ali Momeni Manesh, Spectral dynamic analysis, comparison and investigation of stress and drift in concrete building with circular and square columns, *Journal of Engineering and Construction Management (JECM)*, 2023, 7(2):45-50.

Abstract

One of the issues that affects the behavior of the structure during an earthquake is the geometrical shape of the cross section of the structure's columns. In concrete buildings, it is possible to use columns with different shapes, which can be different in terms of behavior and performance. In this research, for the analysis and design of the studied structures, two completely similar concrete buildings, one with columns with a cut surface, are compared and analyzed. Circular and the other with a square cross-section under the effect of earthquake force. The results shown in the comparison of stresses and drift in two four-story buildings with circular and square columns have been analyzed by dynamic analysis, and the minimum and maximum drift and the permissible value are specified graphically. In this research, modeling of flexural concrete frame with square and circular columns under earthquake force in Etabse software and applying loads to it and performing dynamic analysis, the results were extracted from the said software and compared. The results of this research showed that the amount The energy loss of circular columns is more than that of square columns. Also, the ductility of circular columns is more than square columns, in general, the performance of circular columns in short buildings is better than square columns.

Keywords

Circular column, square column, dynamic analysis, drift

مهندسی و معماری ساختمان، ساختارهای جدیدی را به ارمغان آورده است. ساختمان های بسیار بزرگ و مرتفع با حداکثر امکانات رفاهی زندگی شهری با زیبایی‌های قابل توجه و با ایمنی بالا ازجمله این دستاوردهاست. وجود چنین وضعیتی در مناطق زلزله خیز جهان حکایت از توسعه یافتگی ان جوامع دارد بی شک تمرکز جدی و سریع و همه جانبه بر صنعت ساختمان در کشور ما به دلیل زلزله خیز بودن ان از مهمترین چالش های مطرح می باشد. یکی از تفاوتهای عمده جوامع توسعه یافته توانایی انان در شناخت نیازمندی های اجتماعی و همچنین فرصت ها و تهدیدهای پیش روی آن هاست تا با استفاده از فرصت ها وتبدیل تهدیدها به

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
7 (2) , 2023
دوره ۷، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۱
فصلنامه پژوهشی

شرایطی برای پیشگیری و بهتر شدن حداکثر نتایج ساز و کارهای لازم برای توسعه را برای خود مهیا کنند و نبود چنین رویکردی باعث ایجاد بحرانهای موجود در جوامع عقب افتاده می باشد. زلزله به عنوان پدیده ای در طبیعت واقعیتی انکار ناپذیر است، وقوع آن در جوامع ذکر شده باعث ایجاد بحران های جانکاه ، دردناک و مخرب می باشد که با بلعیدن امکانات وسیع انسانی، روحی و روانی واقتصادی وغیره تا مدت ها اثرات نامطلوبی برجای میگذارد که برخی غیر قابل جبران و برگشت ناپذیرند در حالی که میتوان با شناخت دقیق وضعیت زمین و برنامه ریزی و سازو کارهای مهندسی وعملیات ساختمانی مورد نیاز و بهبود در ساخت وساز از همه این بحران ها با موفقیت عبور کرد. در این میان نقش مسئولان و مهندسان در عرصه برنامه ریزی و ساخت وساز بسیار مهم وحساس و راهگشا می باشد.

۲- پیشینه تحقیق

برخی از ساختمان های بتن مسلح که با آیین نامه های قدیمی طراحی شده بودند در طی زمین لرزه های شدید باعث ایجاد برش، خمش و یا پیچش در ستونها شده اند. ابعاد هندسی یک ستون تاثیر بسزایی در رفتار، میزان تنش و نوع شکست آن دارد. با توجه به بررسی های انجام شده در تحقیقات گذشته، پیشینه زیادی در مورد مقایسه رفتار و عملکرد ستون های مربعی و دایره ای وجود ندارد. اما در مورد سایر اشکال دیگر ستونها و مچنین مقایسه ستون های مرکب دایره ای و مربعی، تحقیقات جامعی صورت گرفته است. تحقیقات زیادی در مورد رفتار ستونهای بتنی تحت بار خمشی، برشی با و بدون بار محوری صورت گرفته است park و همکاران در سال ۱۹۸۵، priestly و همکاران در سال ۱۹۹۶، lehman و همکاران مدل های مختلف را برای پاسخ لرزه ای ستونهای بتنی پیشنهاد نمودند. Otsaka و همکاران در سال ۲۰۰۴ تعداد و مدل ستونهای خمشی مستطیلی تحت بار رفت و برگشت و پیچش خالص، خمش و برش مورد بررسی قرار دادند و ضرایب مختلف ممان پیچشی و ممان خمشی را بررسی نمودند. آنها دریافتند که فاصله بین میلگردهای عرضی به طور قابل ملاحظه ای بر روی شکل حلقه هیسترزیس پیچشی تاثیر دارد. در سال ۲۰۰۵ tirasit و kawashima ستونهای بتن آرمه را در اثر ترکیب بار رفت و برگشتی و پیچشی با سه نسبت مختلف دوران به جابه جایی نسبی مورد آزمایش قرار دادند و مدل هیسترزیس آنها را در حالت پیچش غیر خطی فرموله کردند.

آنها نتیجه گرفتند که ظرفیت شکل پذیری ستونهای بتنی تقویت شده با افزایش نسبت پیچش به دریفت افزایش می یابد. و آسیب بیشتری را در ناحیه لولای پلاستیک می گردد. بلاربی و همکاران در سال ۲۰۰۸ گزارشی از وضعیت رفتار ستونهای بتنی قاب خمشی در اثر بار گذاری در محدوده های مختلف را ارائه کردند. انها به این نتیجه رسیدند که عملکرد سطوح مختلف مقاومت بتن در مقابل برش و بارهای پیچشی متفاوت است و میزان محصور سازی در هسته بتن تاثیر مستقیم بر مقاومت نهایی قطعه بتنی تحت بارهای ترکیبی دارد.

۳- روش تحقیق

در این پژوهش به مقایسه و آنالیز دو ساختمان بتنی کاملا مشابه یکی دارای ستونهای با سطح مقطع دایره ای و دیگری با سطح مقطع مربعی شکل تحت اثر نیروی زلزله پرداخته شده است. بدین ترتیب که دو ساختمان ۴ طبقه بتنی را براساس مبحث ۹ ویرایش ۱۳۹۹ و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۸ و همچنین آئین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش چهارم ، یک بار با ستونهای دایره ای و یک بار با ستونهای مربعی شکل در نرم افزار ایتبس مدل سازی و طراحی کرده و پاسخ های لرزه ای در دو حالت با هم مقایسه شده است. که نوع سازه ساختمانی مورد مطالعه از نوع ساختمان بتنی با قاب خمشی بتن ارمه متوسط در دو جهت و در دو سازه مورد نظر می باشد. در این نوع سیستم سازه ای، ستونها به صورت یکسره تا انتها ادامه یافته و کلیه تیرها با اتصالات گیردار در ارتفاع مورد نظر به ستونها متصل می شوند.

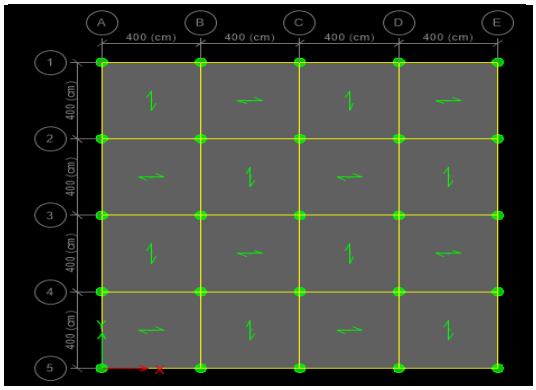
طبق آیین نامه مبحث ششم ویرایش ۱۳۹۸ (بارهای وارد بر ساختمان) ساختمان‌های با سیستم قاب خمشی متوسط بتن آرمه، حداکثر ارتفاع مجاز ۵۰ متر از روی پی را میتواند داشته باشد که به لحاظ ایین نامه ساختمان‌های مورد مطالعه ما دارای ارتفاع سیستم سازه ای مورد قبول آیین‌نامه می‌باشند. مشخصات نوع زمین و همچنین نوع سازه به شکل زیر می‌باشند.

جدول۱ مشخصات نوع زمین و همچنین نوع سازه

نوع اسکلت سازه	بتنی
آیین نامه طراحی مورد استفاده در نرم افزار	ACI 318-14
آیین نامه طراحی ایران	مبحث ۹ سال ۱۳۹۹
نرم افزار تحلیل و طراحی	ETABS 16.2.1
آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله	استاندارد ۲۸۰۰ - ویرایش ۴
آیین نامه بارگذاری سازه	مبحث ششم مقررات ملی ساختمان سال ۱۳۹۸
روش تحلیل	طیفی
سیستم باربرجانبی در جهت X	قاب خمشی : قاب خمشی بتن آرمه متوسط
سیستم باربرجانبی در جهت Y	قاب خمشی : قاب خمشی بتن آرمه متوسط
نوع دیوار تیغه بندی	بلوک سفالی
سیستم پی های سطحی	پی نواری
تیپ خاک	III
درجه اهمیت ساختمان (I)	1
نسبت شتاب مبنای طرح (A)	0.30
بالاترین تراز جهت توزیع نیروی زلزله	Story4
بالاترین تراز جهت محاسبه پریود تجربی	Story4
تراز پایه برای جهت X	Base
تراز پایه برای جهت Y	Base
دوره تناوب تحلیلی در جهت X برای ستونهای مربعی	0.61
دوره تناوب تحلیلی در جهت Y برای ستونهای مربعی	0.61
دوره تناوب تحلیلی در جهت X برای ستونهای دایره ای	0.66
دوره تناوب تحلیلی در جهت Y برای ستونهای دایره ای	0.66

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
2023 , 7 (2)
دوره ۷، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۱
فصلنامه پژوهشی

تعداد سقف	4
ارتفاع کل سازه به متر	12
بعد سازه در جهت X به متر	16
بعد سازه در جهت Y به متر	16



شکل۱ پلان مدل سازی در نرم افزار

۴- بررسی نمونه ها

۴-۱- ابعاد و چیدمان میلگرد نمونه ها

پس از طراحی مقاطع در نرم افزار ایتبس مقاطع بدست آمده برای ساختمان چهار طبقه بتنی با ستونهای با مقطع دایره ای در جدول ۲ و برای ساختمان چهار طبقه بتنی با ستونهای با مقطع مربعی در جدول ۳ نشان داده شده است. مقاطع ستون بتنی دایره ای به صورتی انتخاب و مدل سازی گردیدند که مساحت انها با مساحت ستون مربعی برابر باشد و تعداد ونوع میلگردها نیز به همان اندازه میباشند با این تفاوت که چیدمان میلگردهای طولی و خاموتها دایره ای میباشند تا رفتار انها در شرایط برابر با هم مقایسه گردند با توجه به اینکه هدف این تحقیق بررسی رفتار ستونها میباشد از مدل سازی خاموت تیر جهت کاهش تعداد المانها و افزایش سرعت تحلیل صرفنظر شده است .

جدول۳ مقاطع و آرایش میلگردهای ستونهای دایره ای

طبقه	نوع مقطع	قطر مقطع	تعداد میلگرد	نوع میلگرد
طبقه اول	ستون	۵۰	۱۶	۱۸
طبقه دوم	ستون	۵۰	۱۶	۱۸
طبقه سوم	ستون	۴۵	۱۲	۱۸
طبقه چهارم	ستون	۴۵	۱۲	۱۸

جدول۴ مقاطع و آرایش میلگردهای ستونهای دایره ای

طبقه	نوع مقطع	قطر مقطع	ارتفاع مقطع	تعداد میلگرد	نوع میلگرد
طبقه اول	ستون	۴۵	۴۵	۱۶	۱۸
طبقه دوم	ستون	۴۵	۴۵	۱۶	۱۸
طبقه سوم	ستون	۴۰	۴۰	۱۲	۱۸
طبقه چهارم	ستون	۴۰	۴۰	۱۲	۱۸

۴-۲- مصالح

مصالح مورد استفاده در مدل سازی شامل بتن و فولاد بوده که از میلگرد AIII و از بتن با مقاومت مشخصه ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و وزن مخصوص ۲۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ضریب پواسون ۰,۱۵ استفاده شده است.

۴-۳- بارهای ثقلی

باتوجه به اینکه در پروژه حاضر یک ساختمان بتن ارمه قاب خمشی انتخاب شده است و سقف نیز از نوع تیرچه بلوک پلی استایرن انتخاب شده میزان بارها طبق کاربری مسکونی و متعارف اعمال شده است.

۴-۴- بار زلزله

از تحلیل دینامیکی طیفی برای بررسی رفتار ساختمان استفاده شده است. تحلیل طبقی یکی از روشهای مناسب تحلیل دینامیکی میباشد جهت تحلیل نیاز به بار گذاری زلزله میباشد که مطابق جدول زیر در دو جهت X و Y انجام گرفته است.

جدول۴ بارگذاری زلزله در دو جهت X و Y

پارامتر	مقدار
توضیحات در رابطه با دوره تناوب	افزایش ۲۵ درصدی دوره تناوب در نظر گرفته شده است
سیستم باربر جانبی	قاب خمشی بتن آرمه متوسط
ضریب رفتار	Rx,y = 5
ضریب اضافه مقاومت	Ω0x,y= 3
ضریب بزرگنمایی تغییر مکان	Cdx,y = 4.5
ارتفاع مجاز برای سیستم باربر جانبی	Hmx = 35 m
دوره تناوب مورد استفاده	Tx,y = 0.58
ضریب اصلاح طیف	Nx,y = 1
ضریب بازتاب	Bx,y = 2.75
ضریب توزیع نیرو در ارتفاع	Kx,y = 1.04
تراز پایه	Base
بالاترین تراز سازه جهت محاسبه دوره تناوب تجربی	Story4
ارتفاع بدست آمده جهت محاسبه دوره تناوب تجربی	H = 12 m
کنترل ضریب زلزله حداقل	C > Cmin , Cmin = 0.12AI , 0.165>0.036 Ok
ضریب زلزله	Cx,y = 0.165

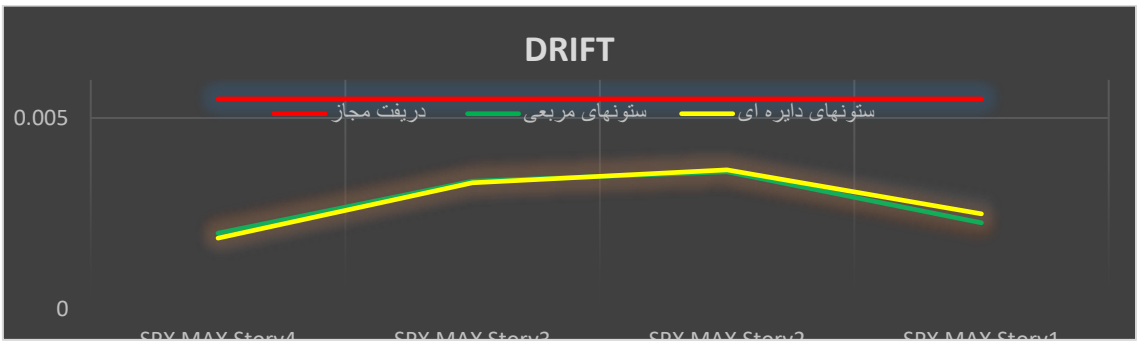
۵- تجزیه و تحلیل

در این بخش از پژوهش به بررسی و مقایسه نتایج تحلیل های انجام شده پرداخته خواهد شد. با توجه به اینکه تحلیل توسط نرم افزار ایتبس انجام شده است نتایج تحلیل ها به صورت جداگانه بررسی خواهد شد. در ایتبس تحلیل به روش دینامیکی طیفی برای یک ساختمان کامل انجام گردید تا مقاطع مناسب طراحی بدست آید. ساختمانهای مدل سازی و طراحی شده با نرم افزار ایتبس با ستونهای مربعی و دایره ای با مساحت برابر انجام شده و نتایج با هم مقایسه گردید

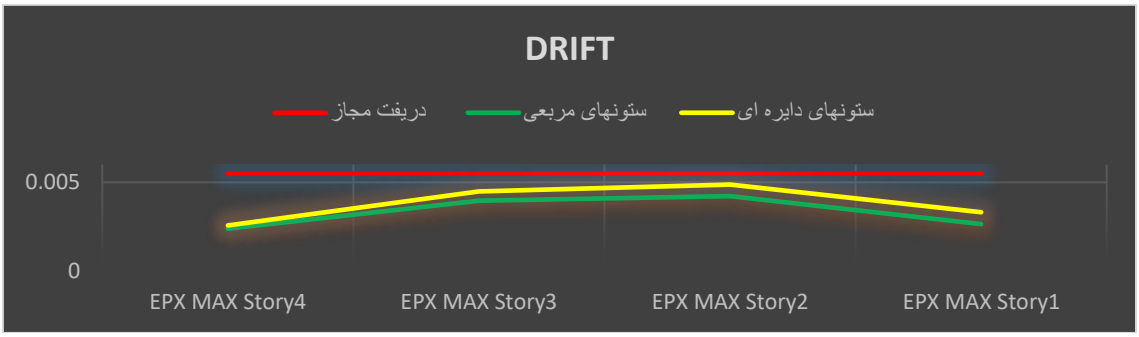
۵-۱- بررسی و کنترل نسبی جابه جایی طبقات

در این تحقیق جهت بررسی جابجایی نسبی طبقات در اثر زلزله، با توجه به اینکه نیروی زلزله در دو جهت X و Y اعمال شده است جابجایی طبقه فوقانی در جهت X و Y با هم مقایسه شده اند.

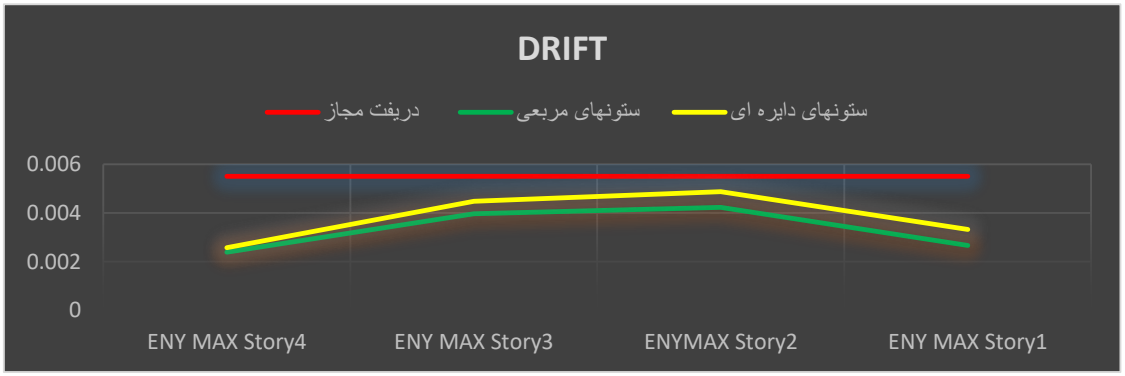
JECM
Journal of Engineering & Construction Management
7 (2) , 2023
دوره ۷، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۱
فصلنامه پژوهشی



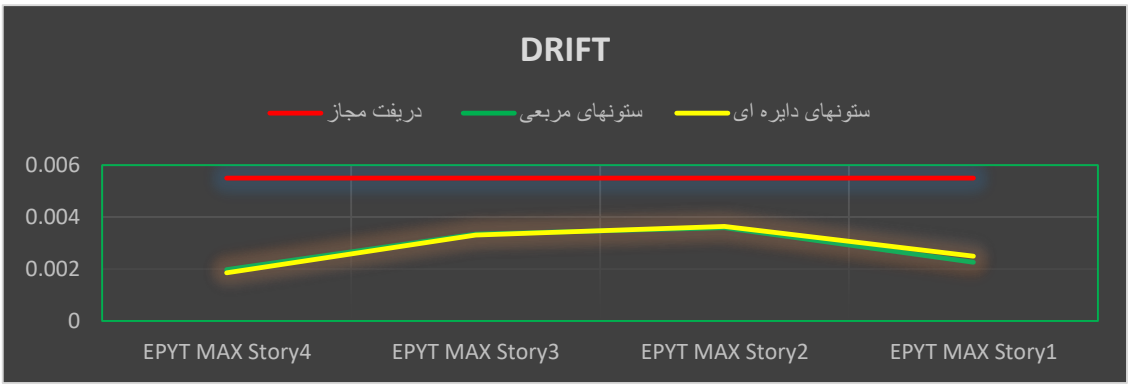
شکل ۲ حداکثر دریفت ساختمان 4 طبقه با ستونهای مربعی و دایره ای با تحلیل دینامیکی طیفی تحت حالت بار SPX



شکل ۳ حداکثر دریفت ساختمان 4طبقه با ستونهای مربعی و دایره ای با تحلیل دینامیکی طیفی تحت حالت بار EPX

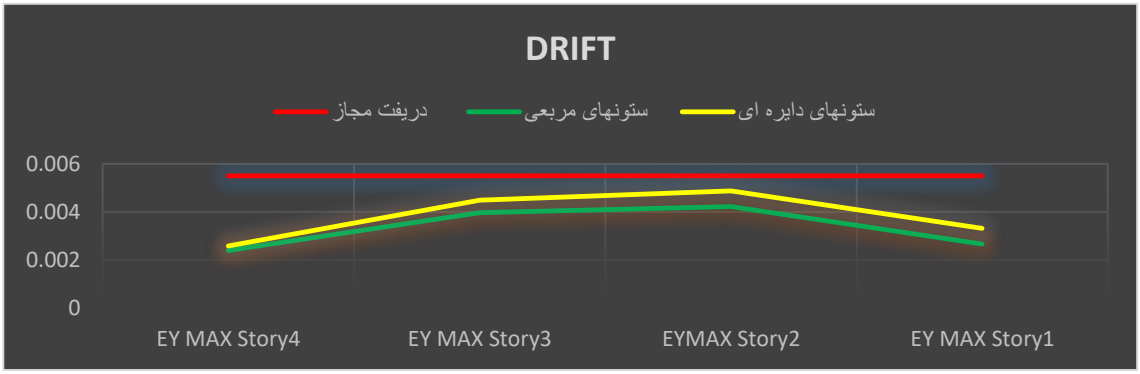


شکل ۴ حداکثر دریفت ساختمان 4 طبقه با ستونهای مربعی و دایره ای با تحلیل دینامیکی طیفی تحت حالت بار ENY

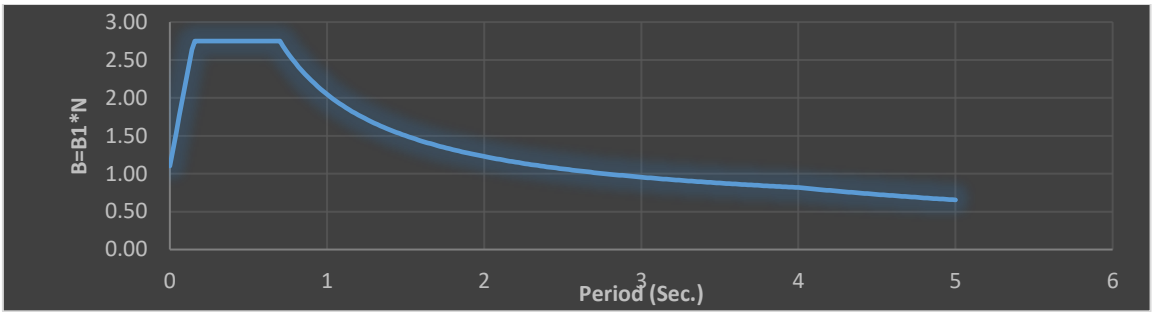


شکل ۵ حداکثر دریفت ساختمان 4 طبقه با ستونهای مربعی و دایره ای با تحلیل دینامیکی طیفی تحت حالت بار EPYT

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
7 (2) , 2023
دوره ۷، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۱
فصلنامه پژوهشی



شکل ۶ حداکثر دریفت ساختمان **4**طبقه با ستونهای مربعی و دایره ای با تحلیل دینامیکی طیفی تحت حالت بار **EY**



شکل۷ نمودار طیف پاسخ

جدول ۵ نسبت مشارکت جرمی مدها

Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
1	0.7902	0.7394	0.0808	0.00	0.7394	0.0808
2	0.7902	0.0808	0.7394	0.00	0.8202	0.8202
3	0.7025	0.00	0.00	0.00	0.8202	0.8202
4	0.2529	0.0408	0.0769	0.00	0.861	0.8971
5	0.2529	0.0769	0.0408	0.00	0.9379	0.9379
6	0.2286	0.00	0.00	0.00	0.9379	0.9379
7	0.1397	0.0308	0.009	0.00	0.9687	0.9469
8	0.1397	0.009	0.0308	0.00	0.9777	0.9777
9	0.1284	0.00	0.00	0.00	0.9777	0.9777
10	0.0953	0.0221	0.0002	0.00	0.9998	0.9779
11	0.0953	0.0002	0.0221	0.00	1.00	1.00
12	0.0889	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00

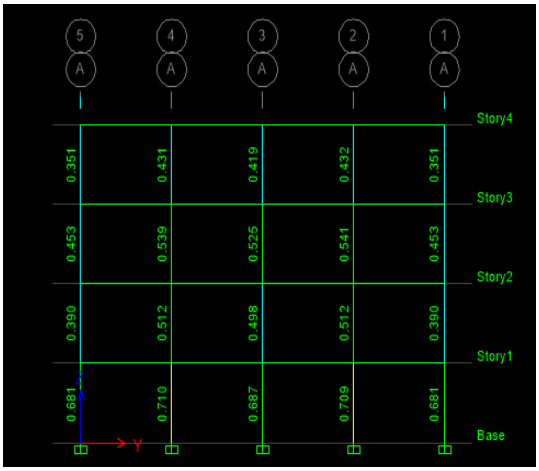
جدول۶ تعداد مودهای نوسان در سازه با ستونهای دایره ای

Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
1	0.7313	0.0625	0.745	0.00	0.0625	0.745
2	0.7313	0.745	0.0625	0.00	0.8075	0.8075
3	0.6523	0.00	0.00	0.00	0.8075	0.8075
4	0.2264	0.0015	0.1203	0.00	0.809	0.9278
5	0.2264	0.1203	0.0015	0.00	0.9293	0.9293
6	0.2054	0.00	0.00	0.00	0.9293	0.9293
7	0.1197	0.0105	0.0349	0.00	0.9398	0.9642
8	0.1197	0.0349	0.0105	0.00	0.9746	0.9746
9	0.1106	0.00	0.00	0.00	0.9746	0.9746
10	0.0782	0.0077	0.0177	0.00	0.9823	0.9923
11	0.0782	0.0177	0.0077	0.00	1.00	1.00
12	0.0732	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00

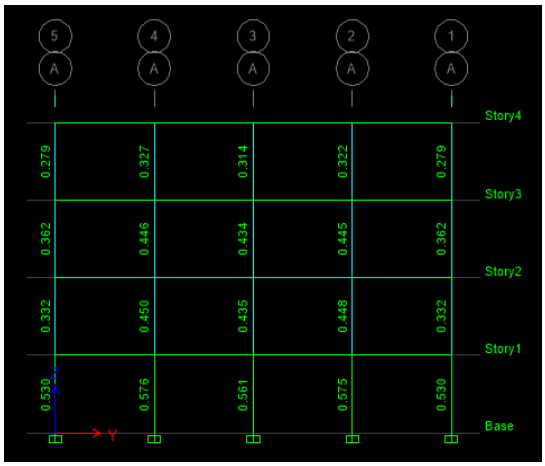
JECM
Journal of Engineering & Construction Management
7 (2) , 2023
دوره ۷، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۱
فصلنامه پژوهشی

۵-۲- بررسی تنش ها

در نمودارهای زیر بررسی نسبت تنش ها در یکی از قابهای سازه باستون های دایره ای و همان قاب با ستونهای مربعی انجام گرفته است.



شکل ۸ نسبت تنش در ستونهای مربعی قاب محور A



شکل۹ نسبت تنش در ستونهای دایره ای قاب محور A (حداکثر تنش ۱ میباشد)

۶- نتیجه گیری

هر سازه ای پس از طراحی یک سری کنترل های سازه ای را باید طی کند که یکی از این کنترل ها، کنترل دریفت سازه است یکی از متداول ترین روش هایی که می تواند برای افزایش دقت تحلیل خطی سازه تحت نیروی زلزله به کار می رود، روش تحلیل طیفی می باشد. این روش که بر اساس علم دینامیک سازه ها ایجاد شده است، برخی از کاستی های روش تحلیل استاتیکی معادل را پوشش داده و می تواند برآورد واقع بینانه تری از توزیع نیروی زلزله در سازه ایجاد کند. روش تحلیل طیفی در چهار مرحله اساسی زیر انجام می گیرد:

۱- تحلیل مودال سازه

۲- محاسبه پاسخ های سازه در هر مود ارتعاشی

۳- ترکیب آثار مودها

۴- اصلاح مقادیر پاسخ های سازه روش تحلیل طیفی که نام کامل آن روش تحلیل دینامیکی طیفی است، در ادبیات فنی به نام روش تحلیل مودها نیز شناخته می شود، زیرا اساس آن بر پایه تحلیل مودال سازه استوار است.

۱- با مشاهده و بررسی نسبت تنشها در قاب با ستون دایرهای و مربعی، مشخص شد که تنش در ستونهای دایره ای کمتر از ستونهای مربعی در اثر نیروی های زلزله میباشد.

۲-زمان تناوب قاب با ستون مربعی کمتر از قاب با ستون دایرهای میباشد که باعث حرکات بیشتر در هنگام زلزله می شود.

۳-با مقایسه ستونهای مربعی و دایره ای در اثر نیروی زلزله مشخص شد که قاب با ستون دایرهای اتلاف انرژی بیشتری دارد که نشان دهنده شکل پذیری بیشتر و در نتیجه عملکرد بهتر این ستونها در مقایسه با ستونهای مربعی با مساحت همسان دارند.

۴-با بررسی کلیات پژوهش حاضر، عملکرد ستونهای دایره ای بهتر از ستونهای مربعی با مساحت یکسان می باشد که توصیه می شود در صورت امکان اجرایی، از این نوع ستونها در ساختمانهای کوتاه استفاده گردد.

۵- زمان تناوب در ستونهای مربعی به نسبت ستونهای دایره ای کمتر میشود.

۷- مراجع

[۱] آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)

[۲] مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بارگذاری سازه ها -ویرایش ۱۳۹۸

[۳] مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان- طراحی ساختمانهای بتن ارمه- ویرایش ۱۳۹۹

[۴] آیین نامه استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران - ویرایش ۴.

[۵] ع. قاسمی, ر. نوده فرهانی و ا. منصوری, " بررسی بهبود عملکرد ستون های بتنی دایره ای شکل نسبت به مربعی شکل تحت اثر انفجار,". کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین در مهندسی عمران، معماری، محیط زیست و مدیریت شهری، ۱۳۹۴.

[۶] البوغبیش, جعفر; دهقانی, ایوب; معراجی, سید حامد;, "مطالعه تأثیر هندسه مقاطع ستون های بتن مسلح دایره ای و مربع شکل

[7] Park, Y J; Ang, A H. S;, "Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete," Journal of Structural Engineering, pp. 722-739, 1985.

[8] Belarbi, A; Prakash, S S;, "Flexture-Shear-Torsion Interacion of RC Bridge Column," Proceedings of the Concrete Bridge Conference, 2008.

[9] Galal, K., Arafa, A., and Ghobarah, A., "Retrofit of RC square short columns." Engineering Structures.;27:801-813, 2005

JECM
Journal of Engineering & Construction Management
7 (2) , 2023
دوره ۷، شماره ۲
زمستان ۱۴۰۱
فصلنامه پژوهشی

COPYRIGHTS
©2023 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/)