

بررسی و مقایسه مقادیر تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه و تغییر

مکان ساختمان ۵۰ طبقه بتنی در چهار حالت سیستم لوله ای

کد مقاله : 110 F

دکتر علی خیرالدین^۱، حسین اکبری ناصر^۲، محمد رئوف علیپوریانی^۳

۱ - عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان

۲ - دانشجوی دوره دکتری سازه دانشگاه آزاد واحد سمنان

۳ - دانشجوی دوره دکتری سازه دانشگاه آزاد واحد سمنان

چکیده : یکی از سیستم های سازه ای مناسب در سازه های بلند ، سیستم سازه ای لوله قابی (لوله ای) می باشد . این سیستم تکامل یافته سیستم قاب خمشی است و توسط پروفیسور فضلور خان ابداع گردید . این سازه را می توان همانند لوله ای در نظر گرفت که از زمین طره شده است . عناصر مقاوم در بیرون از ساختمان قرار گرفته و از یک سری تیر عمیق و ستون عریض با بازشوهای کاملاً منظم تشکیل شده است . این سیستم به چهار دسته تقسیم می شود : ۱ - سیستم لوله قابی ۲ - سیستم لوله خرپایی (مهاربندی شده) ۳ - سیستم لوله دسته شده ۴ - سیستم لوله در لوله . که هر کدام دارای نقاط ضعف و قوتی هستند . در این مقاله به بررسی و مقایسه تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه و تغییر مکان یک ساختمان ۵۰ طبقه بتنی تحت بارهای جانبی باد و زلزله در چهار حالت سیستم لوله ای پرداخته شده است . که طراحی و تحلیل آن با استفاده از نرم افزار ETABS2015 انجام گرفته و نتایج در قالب نمودار ها و جداول متعدد ارائه گردیده است . که نشانگر تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه و تغییر مکان کمتر سیستم لوله در لوله نسبت به سایر سیستمهای لوله ای است .

واژگان کلیدی : سیستم سازه ای لوله قابی ، سازه بتنی ، تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه ، تغییر مکان ، بار جانبی

مقدمه

در طرح سازه های بلند اخیرا ایده جدیدی ارائه شده است که موسوم به سیستم لوله ای می باشد. در طرح لوله ای فرض می شود که عناصر سازه ای پیرامونی ساختمان در مقابل بارهای جانبی همچون یک تیر با مقطع صندوقی (جعبه ای) تو خالی که از زمین طره شده است عمل کند. چون دیوارهای خارجی تمام یا بیشتر بار جانبی را تحمل می کنند، مهار بندی های قطری یا دیوارهای برشی داخلی پر هزینه حذف می گردند .

دیوارهای لوله از ستون هایی تشکیل می شوند که به فواصل کم در مجاورت یکدیگر در اطراف محیط ساختمان قرار می گیرند و به یکدیگر با تیرهای با عمق زیاد که در بالا و پایین آنها سوراخ های پنجره قرار دارند متصل می شوند. این سازه نمایی همچون دیواری با سوراخ های متعدد به نظر می رسد. سختی دیوار نما را می توان با افزودن مهار بندی های مورب (قطری) که اثر خر پا مانند ایجاد می کنند زیاد تر نمود. صلبیت لوله چنان زیاد است که در مقابل بارهای جانبی به صورت یک تیر طره ای عمل می کند. لوله خارجی می تواند به تنهایی تمام بارهای جانبی را تحمل کند یا اینکه با افزودن نوعی مهار بندی داخلی می توان لوله را بیشتر تقویت نمود و سخت تر کرد. از اینرو در این مقاله بر آنیم تا ضمن معرفی انواع سیستم های لوله ای ، به تجزیه و تحلیل پیرامون مقادیر تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه و تغییر مکان ساختمان ۵۰ طبقه بتنی در چهار حالت سیستم لوله ای در پنج گفتار بپردازیم .

گفتار اول - سیستم لوله ای و انواع آن :

یکی از آثار بارز پیشرفت علوم فنی و مهندسی، سازه های بلند سر به فلک کشیده ای است که با بلندی و طراحی منحصر به فرد خود، هر بیننده ای را مجذوب می کنند. امروزه با توجه به کمبود زمین در شهرهای بزرگ و افزایش روز افزون جمعیت، ساختمان های بلند جایگاه ویژه ای پیدا کرده اند. در این میان هر چه بلندی سازه ها رو به فزونی می رود، مسئله انتخاب فرم سازه ای مناسب و چگونگی مقابله آن با نیروهای جانبی اهمیت بیشتری می یابد. سیستم لوله ای یکی از انواع فرم های سازه ای در ساختمان های بلند است که در آن تیرهای عمیق و ستون های نزدیک به هم در قاب های پیرامونی متحمل بارهای جانبی هستند. سیستم لوله ای دارای چنان قابلیت است که در بسیاری از موارد، مقدار مصالح سازه ای مورد استفاده در این سیستم نسبت به ساختمان های با سیستم قاب مدولار، به نصف تقلیل می یابد.

سیستم های لوله ای را به طور کلی می توان به چهار دسته تقسیم نمود :

مبحث اول - سیستم لوله قابی :

در این سیستم تمام بار زلزله را لوله خارجی تحمل می کند . یک سری ستون نیز در وسط ساختمان قرار دارند که این ستون ها نقش تحمل بار ثقلی را ایفا می نمایند .

مبحث دوم - سیستم لوله خریایی (سیستم لوله مهاربندی شده) :

همان سیستم لوله ای است که از یک سری مهاربند بزرگ مقیاس (Large Scale) استفاده می شود . هرچند طبقه در پیرامون یک مهاربند زده می شود . ضعف سیستم های لوله قابی تغییر مکان زیاد آن در ساختمان های بلندتر از ۸۰ طبقه است که با اضافه نمودن اعضای مهاربندی می توان از میزان تغییر مکان کاست .

مبحث سوم - سیستم لوله دسته شده :

در این سیستم به جای یک لوله از چندین لوله استفاده می شود . سختی این سیستم بسیار بالا بوده و اثر لنگی برشی را به شدت کاهش می دهد .

مبحث چهارم - سیستم لوله در لوله :

در این سیستم از چند لوله تو در تو به جای یک لوله استفاده می شود . در این حالت سختی سیستم نسبت به حالت لوله تنها افزایش می یابد . لوله های داخلی محل تعبیه آسانسور ، پله ... می باشد .

در این مطالعه به صورت موردی و با استفاده از نرم افزار ETABS 2015 یک ساختمان ۵۰ طبقه بتنی با ارتفاع ۱۸۰ متر از تراز پایه با سیستم قاب خمشی بتنی ویژه در نظر گرفته شده است .

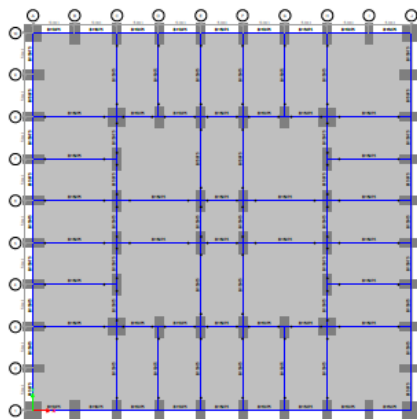
که آن را در ۴ حالت مختلف با سیستمهای لوله ای متفاوت تحت بارگذاری جانبی قرار می دهیم . سپس مقادیر تغییر مکان جانبی و تغییر مکان جانبی نسبی طبقات در این چهار حالت مقایسه می شود .

در ادامه ابتدا جداول و نمودارهای مربوط به داده های ورودی ارائه گردیده و در نهایت نتایج این آنالیز بیان می شود :

گفتار دوم - سیستم لوله ای قابی :

این سیستم تکامل یافته سیستم قاب خمشی است و بوسیله پروفور فلور خان ابداع گردیده است . این سازه را می توان همانند لوله ای در نظر گرفت که از زمین طره شده است . در این سیستم سازه مشابه یک لوله طره شده در نظر گرفته می شود . عناصر مقاوم در پیرامون ساختمان قرار میگیرند . این سیستم به طور کلی شامل یک سری تیر عمیق و یک سری ستون عریض در پیرامون ساختمان و با بازشوهای منظم می باشد . در این سیستم فاصله ستون ها بین ۲ تا ۳ متر (حداکثر ۴.۵ متر) می باشد . عمق تیرهای محیطی ۰.۶ تا ۱.۳ متر (حداکثر ۱.۵ متر) است . لوله خارجی علاوه بر تحمل برش حاصل از زلزله مقدار زیادی از بار ثقلی را تحمل می کند . این سیستم که فضای مناسبی را برای عملکرد معماری ایجاد می کند را می توان تا ۸۰ طبقه با صرفه اقتصادی اجرا نمود . مقاومت پیشگی سیستم بسیار بالاست که در آن لوله را می توان همانند یک تیر آهن فرض نمود . که بالهای ، خمش و جان ، برش را تحمل می کند . اما ضعف عمده سیستم پدیده لنگی برشی (Shear lag) می باشد ، که علت آن هم تغییر مکانهای ناهمگون در ستون ها می باشد . که باعث کاهش ممان مقاوم و عدم استفاده بهینه تر مصالح می گردد .

در سیستم لوله ای قابی مدلسازی بدین شیوه است که تیرها و ستون های داخلی پلان عملکرد مفصلی داشته و تنها به منظور انتقال بارهای ثقلی مورد استفاده قرار می گیرند . به منظور مقابله با بارهای جانبی در محیط سازه مجموعه ای تیرهای عمیق و ستون ها با رفتار خمشی مورد استفاده قرار می گیرند . پلان مورد استفاده در این حالت و چیدمان ستون ها در شکل زیر نمایش داده شده است . (شکل ۱)



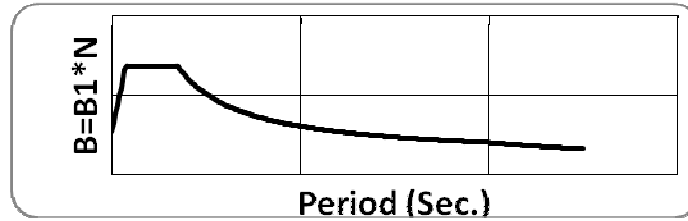
شکل ۱- پلان ساختمان و چیدمان ستونها در حالت اول

محاسبه ضریب زلزله بر اساس ویرایش ۴ استاندارد ۲۸۰۰: (جدول ۱)

جدول ۱ - محاسبه ضریب زلزله در حالت اول

ویرایش چهار استاندارد 2800	
ارتفاع سازه از تراز پایه (متر)	180
درجه اهمیت سازه	I=1
ضریب A	A=0.35
نوع زمین	III
سیستم سازه	قاب خمشیبتنی
Ru=	7.5
سازه میانقاب دارد؟	خیر
زمان تناوب نرم افزار (T _{ETABS})	4.00
T ₀ =	0.15
T _s =	0.7
S ₀ =	1.1
S=	1.75
(T= Min تحلیلی، 1.25 تجربی)	5.35
N=1.7=	1.70000
B1=(S+1)(Ts/T)=	0.35951
B=B1*N=	0.61117
C-min=0.12*A*I=	0.0420
C=A.B.I/R=	0.0420
k=2=	2.0000
C _{DRIFT} =	0.042
K _{DRIFT} =	2

با توجه به ارتفاع سازه استفاده از آنالیز دینامیکی طیفی الزامی است، بدین منظور از طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰ استفاده می گردد: (شکل شماره ۲)



شکل شماره ۲- طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰

بر اساس آیین نامه لازم است برش پایه دینامیکی و استاتیکی همپایه گردند. این کار با توجه به منظمی سازه و مقادیر برش پایه به دست آمده از تحلیل دینامیکی طیفی و استاتیکی معادل صورت می پذیرد.

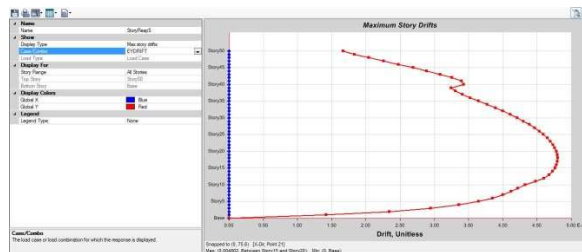
کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طبقات سازه

با توجه به بند ۵-۳ آیین نامه ۲۸۰۰ تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه که از رابطه $C_d \Delta_{eu}$ به دست می آید نباید از مقدار $0.02h$ تجاوز نماید.

با توجه به اینکه مقدار C_d برای سیستم مورد استفاده برابر با 0.5 می باشد بنابراین مقدار مجاز تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه برابر است با :

$$drift = \frac{\Delta_{eu}}{h} \leq \frac{0.02}{C_d} = 0.003636$$

نتایج مربوط به تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه سازه در ادامه آورده شده است. (شکل شماره ۳)

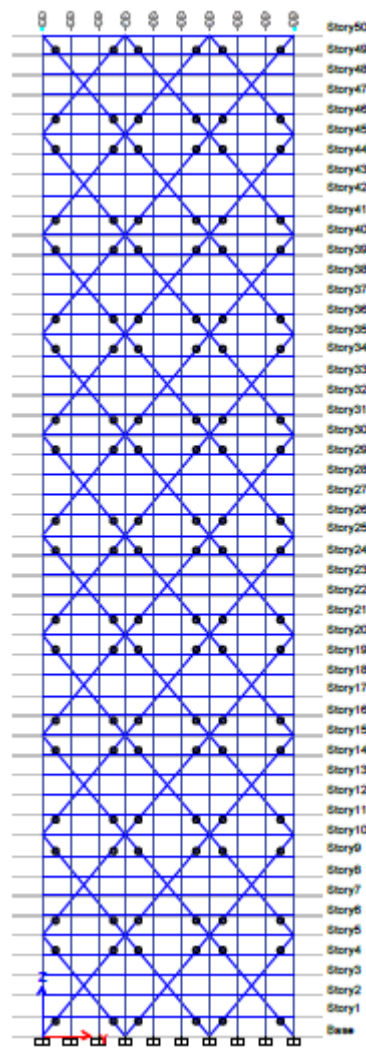


شکل شماره ۳- تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه سازه

مشاهده می شود مقداری تخطی از مقدار مجاز تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه وجود دارد که لازم است آنرا با افزایش ابعاد مقاطع و با استفاده از سیستم های کمکی مثل مهاربند اصلاح نمود. علاوه بر کنترل تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه و تغییر شکل لازم است مقادیر نسبت تنش های موجود در هر یک از اعضا در محدوده مجاز باشد.

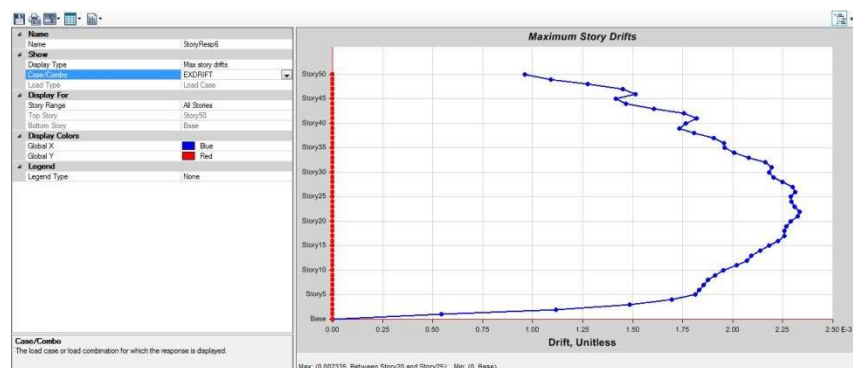
گفتار سوم - سیستم لوله ای قابی با مهار بند :

افزودن مهاربندهای بزرگ در ارتفاع سازه می تواند به بهبود عملکرد و رفتار سازه کمک نماید. بدین منظور می توان بادبند ها را با چیدمان های مختلفی در محیط سازه قرار داد. در این پروژه از چیدمانی به شکل زیر در ارتفاع سازه و در محیط پیرامونی پلان استفاده گردیده است. (شکل شماره ۴)



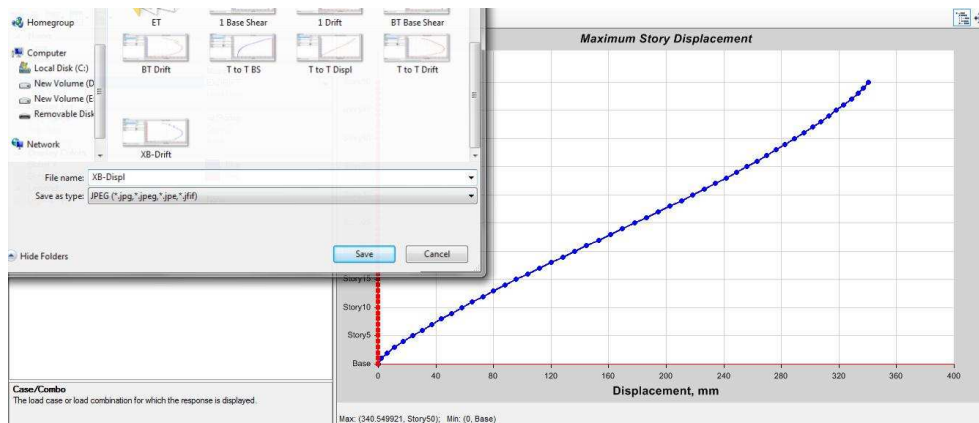
شکل شماره ۴- چیدمان در ارتفاع سازه

افزودن بادبندها تاثیر به سزایی در کاهش تغییر شکل ها و تغییر مکان جانبی نسبی طبقات دارد. تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه سازه در شکل زیر نمایش داده شده است. (شکل شماره ۵)



شکل شماره ۵- تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه

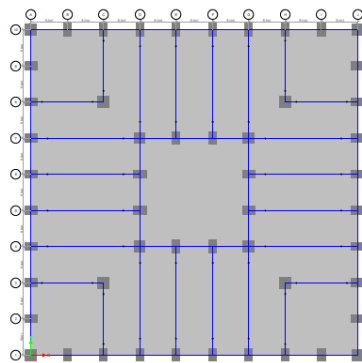
جزئیات مربوط به محاسبات تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه سازه در انتهای گزارش آورده شده است. نحوه تغییر شکل طبقات در شکل زیر قابل مشاهده می باشد. (شکل شماره ۶)



شکل شماره ۶- نحوه تغییر شکل طبقات

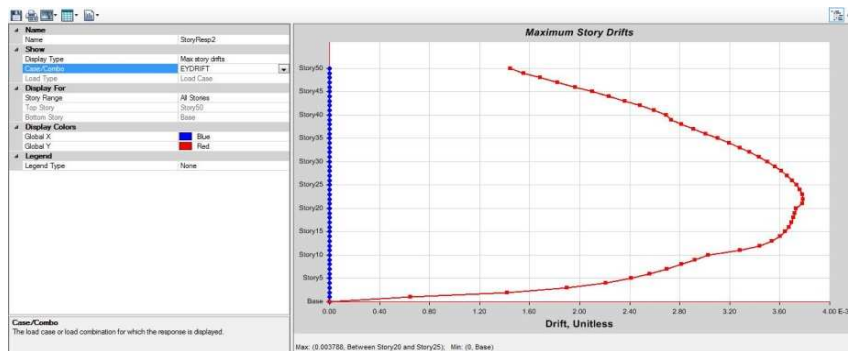
گفتار چهارم - سیستم لوله در لوله :

در این سیستم علاوه بر لوله پیرامونی سازه یک لوله داخلی به صورت هسته مرکزی نیز مورد استفاده قرار می گیرد. بدین منظور از پلان و چیدمان زیر استفاده می گردد: (شکل شماره ۷)

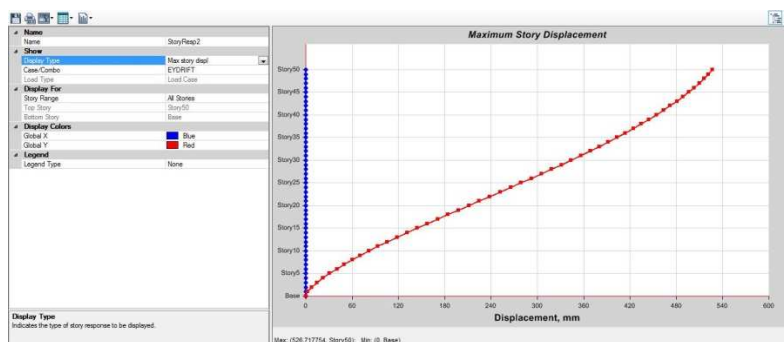


تیرها و ستونهای مابین دو لوله عملکرد مفصلی داشته و تنها به منظور انتقال بارهای ثقلی مورد استفاده قرار می گیرند. نحوه تغییر شکل ها و تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه سازه و نحوه توزیع نیروی جانبی در طبقات در شکل های زیر نمایش داده شده است. شکل های شماره (۸ و ۹ و ۱۰)

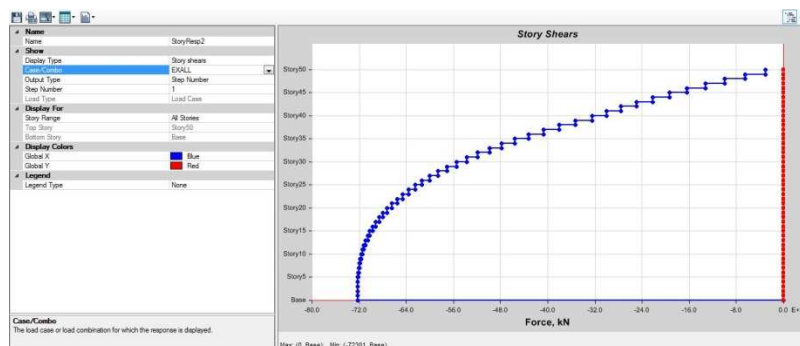
همانگونه که ملاحظه می گردد تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه سازه در محدوده مجاز قرار دارد. در زیر اطلاعات مربوط به تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه و مقادیر نسبت تنش های اعضا در انتهای گزارش آورده شده است.



شکل شماره ۸- تغییر شکل های طبقات سازه



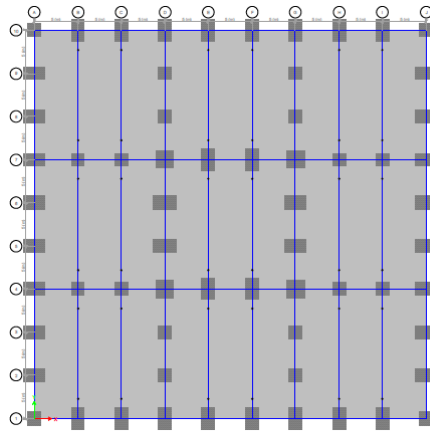
شکل شماره ۹- تغییر مکان جانبی نسبی طبقات سازه



شکل شماره ۱۰- نحوه توزیع نیروی جانبی در طبقات سازه

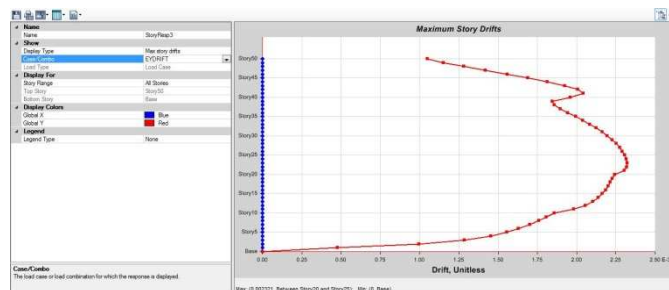
گفتار پنجم - سیستم لوله های دسته شده :

از دیگر سیستم های موجود استفاده از مجموعه ای از لوله ها به منظور مقابله با نیروهای جانبی در سازه می باشد. بدین منظور در این پروژه از پلان زیر استفاده گردیده است. (شکل شماره ۱۱)



شکل شماره ۱۱- سیستم لوله دسته شده

تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه سازه در شکل زیر نمایش داده شده است و مشاهده می گردد که در محدوده مجاز می باشد. (شکل شماره ۱۲)



شکل شماره ۱۲- تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه سازه

در ادامه برخی از مشخصات مورد استفاده در نرم افزار ارائه می گردد اما اطلاعات کامل به دلیل حجم بالا در این بخش گنجانده نشده است :

جدول شماره ۲: سایز آرماتورها

Name	Diameter mm	Area mm ²
10	10	79
20	20	314
25	25	491
32	32	804
36	36	1018
50	50	1964

جدول شماره ۳: مشخصات مصالح مورد استفاده در نرم افزار

Name	Type	E MPa	ν	Unit Weight kN/m ³	Design Strengths
All	Rebar	199947.98	0	76.9729	Fy=300 MPa, Fu=500 MPa
All	Rebar	199947.98	0.3	76.9729	Fy=400 MPa, Fu=600 MPa
C0	Concrete	23025	0.2	0	Fc=24 MPa
C30	Concrete	23025	0.2	23.5631	Fc=30 MPa
S240	Steel	199947.98	0.3	76.9729	Fy=240 MPa, Fu=370 MPa

نتیجه گیری :

همانگونه که در مطالب پیشین توضیح داده شد سیستم لوله ای از یک سری بازشوی منظم تشکیل شده و سختی پیچشی بسیار بالایی دارد و لوله را می توانیم مثل یک تیر آهن فرض کنیم که با لها خمش و جان برش را تحمل می کند. با توجه به جداول و نمودارهای ارائه شده مشاهده می گردد که در سازه فوق میزان تغییر مکان و تغییر مکان جانبی نسبی مجاز هر طبقه در سیستم های لوله در لوله نسبت به سایر سیستم های لوله ای مقادیر کمتری بوده و همچنین این مقادیر در سیستم های لوله قابی نسبت به سایر سیستم های لوله ای بیشتر می باشد.

در سیستم لوله قابی تمام زلزله را لوله خارجی تحمل می کند. سیستم مهاربندی شده (لوله خرپائی) تأخیر برشی و تغییر مکان را کم می کند. سیستم های لوله دسته شده سختی خیلی بالایی دارند و در هر لوله دیگر ستون نداریم، سیستم لوله در لوله که متشکل از لول های داخلی و خارجی می باشد بین ۰/۲ تا ۰/۴ این سیستم لوله داخلی است که لوله داخلی می تواند یک هسته مقاوم هم باشد. لوله داخلی و خارجی توسط دیافراگم صلب به هم وصل می شوند. از نظر سختی نیز اول لوله دسته شده و بعد لوله خرپائی و بعد لوله در لوله و بعد لوله قابی می باشد.

فهرست منابع و مآخذ :

۱- برایان استفورد اسمیت - الکس کول، آنالیز و طراحی سازه های بلند، ترجمه حسن حاجی کاظمی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۳

2-, *Bungale S. Taranath Reinforced Concrete Design of Tall Buildings, by CRC Press , December 14, 2009*

۳- فریبرز ناطقی اهی و رضا کاکاوند اسدی، رفتار و طراحی سازه ای ساختمان های بلند، انتشارات وزارت فرهنگ و آموزش عالی، مؤسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۵

۴- علی خیرالدین و سیما آرامش، سیستم های سازه ای در ساختمان های بلند، انتشارات دانشگاه سمنان، چاپ دوم، ۱۳۹۳

۵- علی خیرالدین و علی مسعود انوری، بارگذاری سازه ها، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه سمنان، ۱۳۹۲

۶- علی خیرالدین، آنالیز و طراحی دیوار برشی، انتشارات دانشگاه سمنان، چاپ دوم، ۱۳۹۱

۷- جزوه درسی مقطع دکتری استاد دکتر علی خیرالدین