بررسی رفتار هسته‌های مقاوم بتن‌آرمه درساختمان‌های بلندمرتبه با سیستم لوله در لوله به همراه باکس پله در برابر زلزله

محمدرضا شادمان خانکندی
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه عمران، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران
اشکان خدابنده‌لو*
استادیار، گروه عمران، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران
ashkan72@rambler.ru
تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۱۲ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۶/۱۰/۱۶

چکیده:
با توجه به خسارات و تلفات ناشی از باد و زلزله در کشورهای مختلف، لزوم طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله امری انکارناپذیر است. برای طراحی ساختمان‌های بلند لازم است اطلاعاتی جامع و کامل از رفتار آن در مقابل نیروهای ناشی از زلزله و باد در دست باشد. زمین‌لرزه یکی از مهلک‌ترین پدیده‌های طبیعی جهان در سال‌های گذشته بوده است، طوری که میزان تلفات انسان‌ها در طی سال‌های ۱۹۴۷ تا ۲۰۰۵ حدود ۵۵۰ هزار نفر در سراسر جهان اعلام شده است. لذا در این تحقیق به بررسی رفتار هسته‌های مقاوم بتن‌آرمه در ساختمان‌های بلندمرتبه با سیستم لوله در لوله به همراه باکس پله در برابر زلزله، با رویکرد مطالعه یک نمونه ساختمان بلند به ارتفاع ۱۰۰ متر و ۲۵ طبقه(سه طبقه زیرزمین) تحت شش شتابنگاشت Bam، Tabas، Northridge، Loma prieta، Erzecan و Capa Mendonico از حوزه‌های دور و نزدیک گسل با استفاده از نرم‌افزار SAP2000 پرداخته شده است و نیروی برش پایه، جابجایی بام و نیروی محوری ستون مقایسه می‌شود. نتایج بدست آمده از تحقیق نشان می‌دهد که پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های بلندمرتبه با سیستم لوله در لوله تحت تاثیر زلزله بسیار تاثیرپذیر از نوع شتابنگاشت اعمالی به سازه می‌باشد. همچنین تاثیر شتاب‌نگاشتهای حوزه نزدیک گسل در بررسی لرزه‌ای سازه‌ها بیشتر از شتاب‌نگاشتهای حوزه دور گسل می‌باشد.

کلیدواژگان: ساختمان بلند، سیستم لوله در لوله، برش پایه، جابجایی بام.

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

نیاز انسان به فضاهای مناسب برای زندگی و کار از یک سو و تراکم جمعیت و افزایش قیمت زمین و ارائه خدمات شهری از قبیل آب، برق و تلفن، از سوی دیگر موجب گسترش عمودی شهرها به سمت آسمان شده است. اولین ساختمان چند طبقه، توسط رومیان و با ده طبقه با دیوارهای باربر ساخته شد[۱]. تامین ایمنی، ساخت‌پذیری، دوام و هزینه مطلوب در سازه بلند، در حقیقت از چالش‌های بزرگ به حساب می‌آید. در این مورد چه بسا تفکر و ایده های نوینی بکار گرفته شود که هیچ‌گونه سابقه قبلی نداشته باشند. بررسی رفتار و تحقیق چگونگی برخورد و ضوابط آیین‌نامه‌های سنتی در این موارد همواره در حال پژوهش است.

ساختمان‌های بلند با هسته بتن مسلح در دنیای ساخت و ساز در حال رواج بیشتر هستند. در این نوع سازه، سیستم مقاوم جانبی شامل یک هسته (با دیوارهای بتن مسلح)، ستون‌های پیرامونی و در برخی موارد دارای خرپای کمربندی بین هسته و ستون‌ها است. از آنجا که هسته بطور عمومی بسیار سخت‌تر از ستون‌های پیرامون است، قسمت اعظم بار جانبی (خصوصاً در موارد فاقد مهار بازویی (توسط دیوارهای هسته تحمل می‌شود. بدلایل اقتصادی، این نوع سازه تحت نیروی جانبی زلزله طرح ماکزیمم زلزله محتمل به گونه‌ای رفتار می کند که وارد ناحیه غیرالاستیک شود. اجازه داده می‌شود که مفصل پلاستیک خمشی تحت نیروهای بزرگ زلزله در پای دیوار هستند رخ می‌دهد، اما میزان دوران پلاستیک در ناحیه مفصل بایستی در محدوده قابل قبولی باشد و انتظار می‌رود. دیوار در قسمت فوقانی در ناحیه الاستیک باقی بماند[۲].

هسته‌های بتن مسلح معمولاً از تعدادی دیوار برشی متصل به هم تشکیل می‌شوند و یک مقطع قوطی شکل می‌سازند. اما برخی از محدودیت‌های معماری مهندس محاسب را مجبور به تعبیه بازشو در دیوارهای برشی می‌نماید. خصوصاً در سازه‌های بلند دارای هسته مرکزی بتنی پیرامون اتاقک پله محل مناسبی برای نصب دیوار برشی و متصل نمودن آنها در جهت عمود بر یکدیگر و ایجاد نمودن دیوار برشی بالدار می‌باشد اما به منظور تعبیه ورودی راه پله ناچار به ایجاد بازشو در یکی از دیوارها می‌باشیم که این امر و اتصالات بین راه پله و هسته، بر رفتار هسته مقاوم بتن‌آرمه تاثیرگذار خواهد بود. نسبت ابعاد بازشو، نوع اتصالات راه پله به هسته و همچنین درصد آرماتور بکار رفته در دیوار از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر رفتار هسته بتنی دارای بازشو می‌باشند. در این مطالعه بررسی رفتار هسته‌های مقاوم بتن‌آرمه در ساختمان‌های بلند مرتبه با سیستم لوله در لوله به همراه باکس پله صورت می‌پذیرد.

از مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به تحقیق کاظمی نیا و همکارش(۱۳۸۹) اشاره کرد که به بررسی پدیده لنگی برش در سازه‌های لوله‌ای بتن‌آرمه پرداخته و مدل‌های سازه‌ای با طبقات مختلف و دارای پلان‌های مربعی و مستطیلی شکل در تحلیل‌ها استفاده شده‌اند. مطالعه پارامتری مبتنی بر بررسی نحوه تاثیر پارامترهایی نظیر تغییر در بعد ستون‌ها و نیز تغییر در سختی تیرهای رابط آن‌ها بر اندیس لنگی برش انجام پذیرفته است. نتایج نشان داده افزایش بعد ستون نمی‌تواند به میزان زیادی مقدار لنگی برش را کاهش دهد. همچنین با افزایش سختی تیرهای رابط بین ستون‌ها در پیرامون سازه، اندیس لنگی برش، کاهش نسبتا چشمگیری داشت[۳]. بیرقی و همکارانش (۱۳۹۳) به بررسی رفتار هسته بتن مسلح ساختمان بلند (سازه ۴۰ طبقه) تحت اثر مدهای بالاتر پرداخته است. پاسخ‌های سازه با کمک روش تحلیل طیفی حاصل شده و مدل‌سازی غیرخطی سازه با فرض امکان وقوع مفصل پلاستیک در پای سازه با کمک المان‌های فیبری صورت گرفته و نگاشت‌های زلزله به سازه اعمال شده است[۴]. نتایج نشان می‌دهد مقادیر دیاگرام لنگر و برش در ارتفاع سازه و چگونگی فرم آنها با آنچه از تحلیل طیفی بدست آمده کاملا متفاوت است. بدلیل وقوع مفصل پلاستیک در پای دیوار هسته، مقدار لنگر کاهش می‌یابد ولی در اواسط ارتفاع سازه بدلیل عملکرد مدهای بالاتر مقادیر لنگر دارای تورم است و حتی در برخی موارد از مقدار لنگر پایه نیز فراتر می‌رود. این موضوع در روش‌های متداول تحلیل و طراحی دیده نشده است.

خیرالدین(۱۳۹۴) به مقایسه سیستم لوله‌ای و سیستم لوله‌ای دسته‌بندی شده، در سه ساختمان ۴۰، ۶۰ و ۱۲۰ طبقه پرداخته است. از نتایج نرم‌افزاری مشاهده شده که لنگی برش این سیستم نسبت به سیستم لوله‌ای کمتر است و بنابراین می‌توان سازه‌های اقتصادی‌تر ایجاد کرد. همچنین تغییرمکان نسبی این سیستم نسبت به سیستم لوله‌ای کمتر می‌باشد. نکته جالب توجه در این دو سیستم به اختلاف جذب برش لوله داخلی برمی‌گردد، بطوری که در سیستم لوله در لوله با افزایش ارتفاع درصد جذب برش لوله داخلی کم و حتی در طبقات آخر منفی می‌شود در حالی که در سیستم لوله‌ای دسته‌بندی شده با افزایش ارتفاع جذب برش لوله داخلی بیشتر می‌شود[۵].

۲- روش‌های تحلیل سازه‌های بلند

در سال‌های اخیر چالش‌های زیادی در طراحی سازه‌های بلند بویژه در برابر بارهای ناشی از زلزله ایجاد شده است. روش‌های طراحی در اکثر آیین‌نامه‌های فعلی بر اساس معیار مقاومت می‌باشند. در حالی که تحقیقات و رفتار ساختمان‌ها در برابر زلزله‌های اخیر نشان داد که مقاومت نمی‌تواند معیار مناسبی باشد و افزایش مقاومت لزوما به معنای افزایش ایمنی نمی‌باشد. بنابراین در آیین‌نامه‌های تازه به جای معیار مقاومت از معیار رفتار برای طراحی سازه استفاده می‌کنند. استفاده از معیار رفتار بدان معنی است که در یک ساختمان علاوه بر معیار مقاومت، نحوه توزیع مقاومت در اجزای سازه‌ای نیز مهم می باشد. این شیوه طراحی بر مبنای رفتار سازه، طراحی بر اساس عملکرد نامیده می‌شود. در طراحی بر اساس عملکرد، روش تحلیل استاتیکی غیرخطی نقش ویژه‌ای دارد و در تمام آنها از روش استاتیکی غیرخطی

Archive of SID

www.SID.ir

بعنوان روش اصلی استفاده می‌شود. روش‌های آنالیز سازه‌ها را می توان به دو دسته تقسیم‌بندی نمود:

۱-روش‌های آنالیز خطی

۲-روش‌های آنالیز غیرخطی

در آنالیزهای خطی فرض بر این است که تیرها و ستون‌ها در طول آنالیز دارای مقاومت نامحدود و سختی ثابت باشند. بر خلاف آن در مدل غیرخطی کاهش مقاومت اجزای سازه‌ای هنگام خسارت دیدن نیز مدنظر قرار می‌گیرد. آنالیزهای خطی و غیرخطی برحسب اینکه بارهای وارده استاتیکی باشد یا دینامیکی مانند زیر دسته‌بندی می‌شوند:

-آنالیز استاتیکی خطی

-آنالیز دینامیکی خطی

-آنالیز استاتیکی غیرخطی

-آنالیز دینامیکی غیرخطی

در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های غیرخطی گسترش بیشتری یافته است. چون در ارزیابی ساختمان‌های موجود کارایی بیشتری دارند. آیین‌نامه ATC-40 [۶] برای استفاده از روش‌های آنالیز غیرخطی استاتیکی برای پیش‌بینی تقاضای لرزه‌ای تأکید می کند. همچنین آیین‌نامه‌های FEMA-273 [۷] شامل دستورالعمل‌هایی برای آنالیز غیرخطی استاتیکی و دینامیکی می‌باشد. البته در آیین‌نامه‌ها توجه بیشتری به آنالیز غیرخطی استاتیکی در مقایسه با آنالیز غیرخطی دینامیکی شده است. علت آن است که آنالیز غیرخطی استاتیکی توانایی لازم در محاسبه تقریبی پارامترهای سازه‌ای بدون نیاز به مدل‌سازی و محاسبات پیچیده آنالیز غیرخطی دینامیکی را دارد.

۳- بررسی عملکرد المان‌های پله در سازه‌های بتنی در زمان زلزله

با توجه به اهمیت دستگاه پله جهت خروج ساکنین بعد از وقوع زلزله، می‌توان گفت این المان‌ها نقش شریان‌های حیاتی ساختمان را داشته و عملکرد لرزه‌ای آن حائز اهمیت می‌باشد. در آئین‌نامه بسیاری از کشورها از جمله ایران ضوابط مشخص در ارتباط با طراحی عناصر پله بیان نشده است و مهندسان جهت تحلیل و طراحی سازه‌ای، این المان‌ها را در باربری جانبی سهیم نکرده و فقط آنها را برای بارهای ثقلی تحلیل و طراحی می‌کنند و با توجه به ثابت بودن بارهای ثقلی در کلیه طبقات از یک مقاطع مشخص برای تیرها و ستون‌های اطراف دستگاه پله استفاده می‌کنند. در حالی که با توجه به شکل هندسی و نوع اتصال این المان‌ها انتظار می‌رود هنگام اعمال بار زلزله باعث کاهش تغییرمکان جانبی می‌گردد و سختی سازه افزایش می‌یابد. این اثر در سازه‌های فولادی به سبب اتصال مفصلی بین تیر نیم‌طبقه و ستون‌ها چندان قابل توجه نمی‌باشد و لیکن تجربه زلزله‌های گذشته نشان داده است که پتانسیل تشکیل مفاصل خمیری در سازه‌های بتنی بعلت اتصالات گیردار، در اطراف دستگاه پله نسبتاً زیاد است.

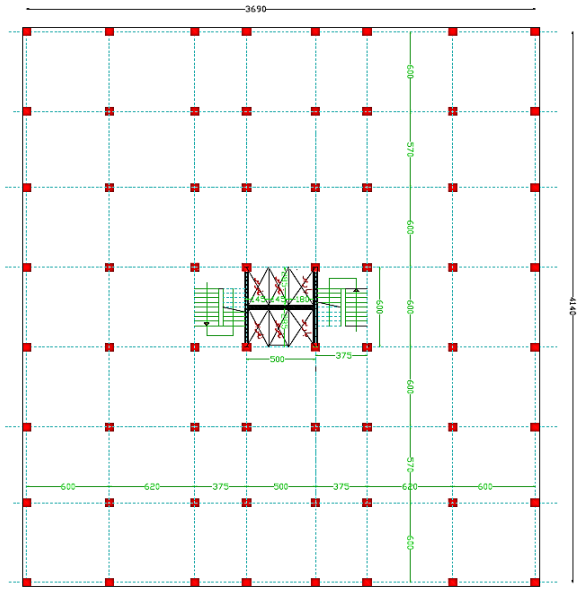
در برخی از کشورها همچون هند، چین، ایالات متحده الزامات زیادی جهت طراحی و اجرای پله در آئین‌نامه خود ملحوظ نمودند. در برخی کشورها آئین‌نامه‌هایی نیز وجود دارد که به ارائه پیشنهاداتی در این باره اکتفا کرده در این میان نیز کشورهای همچون کانادا و ایران هیچ ضابطه، بند و یا پیشنهادی جهت طراحی یا اجرای دستگاه پله ارائه نگردیده است.

در ساختمان‌های بتنی دستگاه پله به روش‌های مختلفی اجرا می گردد. این تنوع بدلیل فقدان الزامات آئین‌نامه‌ای در مورد دستگاه پله ایجاد گردیده است و بسته به سلیقه مهندسان و با دخالت مجریان در مناطق مختلف، متفاوت می‌باشد. هر چند روش‌های مختلفی جهت اجرای پله در ساختمان‌ها وجود دارد، اما در این تحقیق به بررسی یکی از رایج‌ترین روش‌های اجرای دستگاه پله در کشورمان پرداخته می‌شود. این روش مرسوم اجرای پله عبارت است از بکار بردن تیری در میان طبقه است که دال پاگرد پله بر آن تکیه داده می‌شود و هنگام اجرا، آرماتورهای دال با این تیر درگیر می‌گردد، بطوریکه بعد از بتن‌ریزی بصورت یکپارچه درآیند. مشکل این گونه پله‌ها این است که بعلت اجرای تیر میان طبقه، پدیده ستون کوتاه بوجود می‌آید که این امر به خاطر اتصال گیردار تیر و ستون در سازه‌های بتنی می‌باشد.

۴- مشخصات سازه‌ای ساختمان لوله در لوله

ارتفاع سازه ۲۳ طبقه بتن مسلح ۱۰۱ متر می‌باشد که ارتفاع سه طبقه اول زیرزمین ۳ متر و ارتفاع بیست طبقه فوقانی ۴ متر در نظر گرفته شده است. پلان سازه مورد بررسی مستطیلی بوده و طول سازه در جهت شرق به غرب ۳۶/۹۰ متر و در جهت شمال به جنوب ۴۱/۴۰ متر می‌باشد. پلان ستون‌گذاری مدل مورد بحث در شکل (۱) در نظر گرفته شده است. ساختمان در منطقه با خطر نسبی زیاد زلزله (شهر ارومیه) و زمین نوع ۳ واقع گردیده و در گروه ساختمان‌های با اهمیت زیاد قرار گرفته شده است، در اجرای سقف‌ها از سیستم دال بتنی استفاده گردیده همچنین برای بارگذاری لرزه‌ای سازه از روش تحلیل دینامیکی یا همان تحلیل طیفی مبتنی بر استاندارد ۲۸۰۰ ایران استفاده شده است. طراحی اسکلت بتنی سازه نیز مطابق آیین‌نامه بتن ایران صورت گرفته و خلاصه نتایج آن در جدول (۱) است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱- نمای سه بعدی ساختمان

جدول ۱- مشخصات مقاطع تیر و ستون‌ها

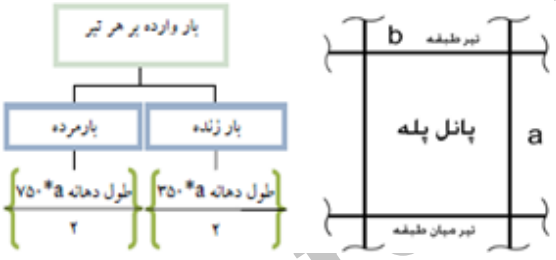
مشخصات طبقات	تیر	ستون	دیوار برشی
۱- تا ۳-	B80X80	C100X100	60cm-4 mesh Q22@15 قائم Q36@15افقی
همکف	B80X80	C100X100	60cm-4 mesh Q22@15 قائم Q36@15افقی
۵-۱	B80X80	C100X100	50cm-4 mesh Q22@15 قائم Q36@15افقی
۹-۶	B80X80	C90X90	40cm-3 mesh Q20@15 قائم Q32@15افقی
۱۵-۱۰	B80X80	C80X80	30cm-2 mesh Q16@15 قائم Q32@20افقی
۱۸-۱۶	B60X60	C70X70	25cm-2 mesh Q16@15 قائم Q32@20افقی
۲۲-۱۹	B45X45	C45X45	25cm-2 mesh Q16@15 قائم Q32@20افقی

از فضای داخلی لوله‌های داخلی برای جایگیری پله، آسانسور و تاسیسات سازه‌ای استفاده شده است. بارگذاری ثقلی ساختمان مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان انجام شده است. دو نوع مصالح عمده بکار گرفته شده در این تحقیق شامل بتن و فولاد می‌باشد. مشخصات مکانیکی آن‌ها در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- مقادیر عددی مشخصات مصالح معرفی شده به نرم‌افزار

مشخصات مصالح	وزن واحد حجم (kg/m^3)	مدول الاستیسیته (kg/m^2)	مقاومت فشاری/ تنش تسلیم (kg/m^2)
بتن	2450	$2.23e^9$	$4.0e^6$
فولاد	7850	$2.1e^{10}$	$4.0e^7$

در این تحقیق بار سطحی در قسمت راه پله عبارتست از بار مرده ۷۵۰ و بار زنده ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع که در مدل بدون پله (مدل سنتی) بارهای مذکور بر تیرهای حامل شمشیری‌ها وارد می‌شوند (شکل (۲)). بعبارت دیگر با ضرب این بارها در طول دهانه پله و تقسیم عدد حاصل بر تعداد تیرهای حامل، بار وارده بر هر تیر (که یکی در طبقه و دیگری در تراز میان طبقه قرار دارد) بدست می‌آید.



شکل ۲- پانل پله در مدلسازی (حالت ۱)

در روش دیگر مدل‌سازی، برخی از طراحان در محل پله، سقف تعریف می‌کنند (محل پله را توپر فرض می‌کنند). که در این تحقیق جهت بررسی و مقایسه، به تعریف مدلی با این شرایط نیز پرداخته‌ایم. در این مدل با تعریف یک سقف Deck در محل پانل پله، بار این قسمت بصورت سطحی بر روی دهانه قرار می‌گیرد. در خصوص پله دوطرفه با تیر میان طبقه که در این تحقیق مدنظر است، دو مدل بدون پله (به روش مدلسازی سنتی) و مدل با تعریف کامل المان‌های پله و بارگذاری دقیق آن صورت گرفته است. در تمام موارد اتصالات راه پله به هسته گیردار در نظر گرفته شده است. بارگذاری مدل با پله به دو صورت امکان‌پذیر است. در روش اول که روش دقیق‌تری است، بارهای سطحی مرده و زنده (مثلاً ۷۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع) در عرض پانل پله ضرب و حاصل بر تعداد شمشیری‌ها تقسیم می‌شود. در روش دوم بارهای سطحی در عرض بارگیر متوسط و

Archive of SID

www.SID.ir

مناسبی از هر شمشیری ضرب و سپس بارگذاری روی شمشیری صورت می‌گیرد.

جدول ۳- شتاب‌نگاشت برداشت شده به همراه مشخصات آن

شتاب‌نگاشت	ایستگاه ثبت زلزله	فاصله تا مرکز کانون زلزله	سال وقوع
Bam	BAM	6.00 km	2003
Tabas	TBS-A	54.00 Km	1978
Northridge	24087 Arleta	9.20 km	1994
Loma prieta	Gilroy Array≠2	11.07 km	1989
Turkey	Erizcan	6.70 km	1994
Capa Mendonico	Petrolia	8.18 km	1992

شتاب‌نگاشت اعمال شده برای تحلیل مدل‌ها مطابق جدول (۳) مورد استفاده قرار گرفته است. در روش تحلیل دینامیکی سازه‌های بلند، با اثر دادن شتاب زمین بصورت تابعی از زمان در تراز پایه ساختمان و بکارگیری محاسبات متعارف دینامیک سازه‌ها انجام می شود. هر زوج شتاب‌نگاشت همزمان در دو جهت عمود بر هم در امتدادهای اصلی سازه به آن اثر داده می‌شوند و بازتاب‌های سازه بصورت تابعی از زمان تعیین می‌گردند. بازتاب نهایی سازه در هر لحظه زمانی برابر با حداکثر بازتاب‌های بدست آمده از تحلیل مورد نظر است. طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایران، نسبت میرایی را هم می‌توان ۵ ٪ در نظر گرفت مگر آنکه بتوان نشان داد که مقدار دیگری برای سازه مناسب‌تر است.

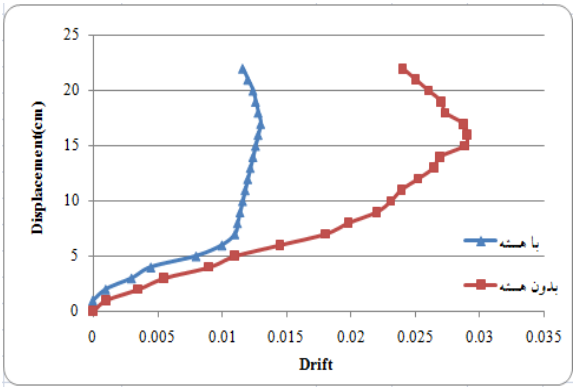
۵- نتایج بدست آمده از تحلیل مدل

۵-۱- جابجائی مرکز جرم و مرکز سختی طبقات

تغییر مختصات مرکز جرم و سختی دیافراگم برای تعداد محدودی از طبقات، بررسی گردیده است. مدلسازی پله در مختصات مرکز جرم تغییر قابل ملاحظه‌ای ایجاد نکرده است و لیکن به سبب سختی بسیار زیاد دال شمشیری راه پله مختصات مرکز سختی تغییر زیادی یافته است. این امر موجب افزایش لنگر پیچشی در سازه می شود.

۵-۲-رفتار هسته

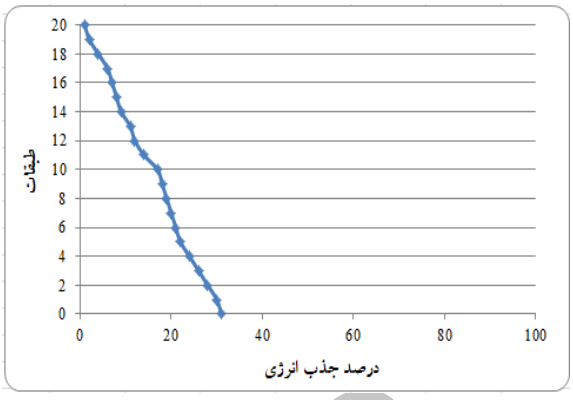
رفتار سیستم هسته تحت اثر بارهای جانبی مانند خمش یک طره توخالی می‌باشد که در اثر آن تارهای سمت مخالف نیروهای جانبی کوتاه شده و تارهای سمت نیروی جانبی طویل می‌گردد. هسته در کنترل انحرافات نقش قابل توجهی ایفا می‌کنند. برای نشان دادن تغییرمکان نسبی جانبی، نمودار شکل (۴) ارایه شده است. با توجه به شکل (۴) روشن هست که وجود هسته در ساختمان مورد مطالعه تا حدود زیادی در کنترل تغییرمکان نسبی ساختمان موثر می‌باشد. نکته مهم دیگر، تغییر بوجود آمده در روند نمودار از طبقه ۱۴ تا ۱۸ می باشد، که دلیل اصلی آن به نحوه توزیع نیروی جانبی در تحلیل دینامیکی و همچنین نوع تیپ‌بندی مقاطع طراحی بر می‌گردد. همچنین تفاوت تغییرمکان جانبی نسبی زیاد در طبقات پایین مرتبط با عمق کم تیر در این طبقات می‌باشد.



شکل ۴- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی ساختمان

پارامتر دیگر جهت بررسی رفتار سیستم هسته، درصد جذب برش می‌باشد. هنگامی که نیروی جانبی به سازه اعمال می‌شود، ستون‌های طبقات باید بتوانند این نیرو را تحمل کنند، بعبارت دیگر ستون‌های هر طبقه باید نیروی برشی وارد بر هر طبقه را مهار کنند. در اینجا نیز هدف بدست آوردن مقدار جذب برش هسته است، یعنی ستون‌های موجود، چند درصد از کل نیروی جانبی را تحمل می‌کنند. این موضوع از آن جهت حائز اهمیت است که بررسی آن باعث درک بهتر مکانیزم جذب نیروی جانبی توسط سیستم مقاوم سازه‌ای می‌شود، بعبارت دیگر می‌توان دریافت که کدام ستون‌ها در جذب نیروی جانبی تاثیر بیشتری دارند. نمودار درصد جذب برش در سیستم هسته برای طبقات مختلف در شکل (۵) ارایه شده است. بیشترین مقدار جذب برش در طبقات پایین اتفاق افتاده و با افزایش تعداد طبقات از مقدار آن کاسته شده است. بعبارت دیگر در طبقات بالایی سیستم لوله در لوله کمک چندانی در تحمل نیروی جانبی ندارد و شاید با افزایش وزن سازه نیروی اضافی نیز به ساختمان وارد می‌کند. از این معیار می‌توان برای تشخیص قطع سیستم لوله در لوله در طبقات بالایی بهره برد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵- نمودار درصد جذب برش

جدول ۴- شتاب‌نگاشت برداشت شده به همراه مشخصات آن

تحلیل	Roof Displacement (cm)	P-C_5 (ton)	Base Shaer	
			X	Y
Bam	۶۲/۵	۷۹۵	۲۹۳۰	۳۴۷۱
Tabas	۴۴/۴	۴۳۹	۲۵۰۷	۳۵۷۱
Northridge	۲۸/۰	۸۸۳	۸۲۰۸	۸۹۰۲
Loma prieta	۳۲/۱	۸۱۵	۲۶۸۰	۳۴۹۹
Erzecan	۳۹/۴	۸۲۵	۲۸۹۳	۳۶۱۹
Capa Mendonico	۴۱/۲	۸۶۳	۲۴۶۷	۳۷۱۲

۵-۳- نتایج تحلیل زلزله

به جهت سهولت در بررسی نتایج بدست آمده از مدل‌سازی ساختمان‌های بلندمرتبه با سیستم لوله در لوله دارای هسته‌های مقاوم بتن‌آرمه و مقایسه آنها، تمام نتایج بدست آمده از مدل‌ها از نقطه نظر جابجایی حداکثر بام، برش پایه در راستای محورهای اصلی و نیروی محوری ستون C5 در جدول (۴) ارائه شده است.

۶- نتیجه‌گیری

۱- با بررسی مدل با و بدون هسته در ساختمان مورد مطالعه مشخص گردید که جابجایی جانبی ساختمان در حالت عدم وجود هسته بیش از مقدار مجاز تعیین شده توسط آیین‌نامه می‌باشد و با اعمال هسته تا حدود زیادی تغییرمکان نسبی ساختمان کنترل می‌شود. همچنین جابجایی‌ها برای پله در محدوده مجاز قرار داشته و قابلیت بهره‌برداری دارند.

۲- مقدار جابجایی بام تحت زلزله bam و tabas بیش از حد مجاز تعیین شده توسط آیین‌نامه طراحی در نظر گرفته شده برای این پژوهش (۳۰ سانتیمتر) می‌باشد ولی نتایج تحلیل ناشی از شتابنگاشت Northridge در محدوده مجاز تعیین شده قرار دارد. از اینرو نوع شتاب‌نگاشت انتخاب شده در پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های بلندمرتبه با سیستم لوله در لوله بسیار تاثیرگذار است.

۳- بیشترین نیروی محوری تحت تاثیر زلزله Northridge ایجاد شده است. این نیرو تحت تاثیر نیروی زلزله Tabas دارای کمترین مقدار می‌باشد.

۴- همانند نیروی محوری، برش پایه هم تحت تاثیر زلزله Northridge در هر دو جهت منجر به ارائه جواب بیشتر در قیاس با شتاب‌نگاشت‌های دیگر می‌شود. کمترین برش پایه هم مرتبط با تحلیل تحت تاثیر شتابنگاشت Tabas می‌باشد.

۵- نتایج تحلیل نشان می‌دهد، وجود شمشیری پله بصورت شبه بادبندی عمل کرده که در اثر آن سختی سازه افزایش یافته و تغییرات قابل توجهی را در رفتار دینامیکی و شکل‌های مدی و زمان تناوب ایجاد گردیده و بالطبع برش پایه سازه افزایش یافته و جذب نیرو علی الخصوص در ناحیه باکس راه پله بیشتر گردیده و باعث افزایش تنش در المان‌های مربوطه می‌شود، همچنین مختصات مرکز سختی تغییر می‌کند که پیچش قابل ملاحظه‌ای را موجب می‌گردد

۶- با بررسی آشفتگی بوجود آمده در نمودار تغییرمکان نسبی جانبی و جذب برش در سیستم لوله در لوله، می‌توان به این نکته پی برد که این تغییرات در جذب برش لوله‌ها از توزیع نیروی جانبی بدست آمده از تحلیل دینامیکی (تحلیل طیفی) و همچنین تیپ بندی مقاطع طراحی ناشی می‌شود. در بررسی چگونگی توزیع نیروی جانبی در تحلیل طیفی، به پارامتر اثر مدهای بالاتر و همچنین تیپ‌بندی مقاطع طراحی اشاره می‌شود (به این معنی که علت چنین توزیع نیروی جانبی در تحلیل طیفی، اثرات مدهای بالاتر و همچنین تیپ بندی مقاطع طراحی است، البته باید اشاره کرد که منظور از اثر تیپ‌بندی مقاطع طراحی همان سختی می‌باشد). بنابراین با توجه به مطالب بالا ملاحظه می‌شود که مدهای بالاتر و همچنین سختی مقاطع در سیستم لوله در لوله نقش مهمی ایفاء می‌کنند.

۷- بعنوان نتیجه‌گیری کلی، پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های بلندمرتبه با سیستم لوله در لوله تحت تاثیر زلزله بسیار تاثیرپذیر از نوع شتابنگاشت اعمالی به سازه می‌باشد. همچنین تاثیر شتاب‌نگاشتهای حوزه نزدیک گسل در بررسی لرزه‌ای سازه‌ها بیشتر از شتاب‌نگاشتهای حوزه دور گسل می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

۷- منابع

1- ELISA Y. CHEN, (2012), MULTI-HAZARD DESIGN OF MID- TO HIGH-RISE STRUCTURES, Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil Engineeringin the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign.

2- Hiroshi Akiyama, (1985), Earthquake-resistant limit-state design for buildings, University of Tokyo Press

۳-کاظمی‌نیاکرانی، ح.ر، و خوشـــنودیان، ف، (۱۳۸۹)، رفتار لرزه‌ای سـازه‌های بلند و روش‌های حل مشـکل تأخیر برشـی در این سازه‌ها، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۴-خیرالدین، ع، و آرامش، س، (۱۳۹۴)، سیستم‌های مقاوم سازه‌ای در ساختمان‌های بلند، انتشارات سیمای دانش، تهران .

۵-بیرقی؛ ح، و خیرالدین، ع و کافی، م.ع، (۱۳۹۳)، بررســی رفتار هســته بتن مســلح ســاختمان بلند تحت اثر مدهای بالاتر، ش شمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، تهران، انجمن بتن ایران

6-Applied Technology Council, ATC40; (1997) "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings California Seismic Safety Commission.

7-Federal Emergency Management Agency, FEMA273. "NEHRP Guideline for The Seismic Rehabilitation of Building", Building Seismic Safety Council, Washington DC.1997

8-Y.C.Wang, L. Xue, Experimental study ofmoment–rotation characteristics of reverse channel connections to tubular columns, J. Constr. Steel Res. 85, pp 92–104, 2013.

9-ELISA Y. CHEN, (2012), MULTI-HAZARD DESIGN OF MID- TO HIGH-RISE STRUCTURES, Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil Engineering in the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign.

Archive of SID

www.SID.ir

The Investigation of Resistant Reinforced Concrete Core in High-Rise Building of the Tube in Tube System with Stairs Box Against Earthquakes

Mohammad Reza Shadman khankandi
Department of engineering, Islamic azad univercity, Oroumiyeh branch, Oroumiyeh, Iran
Ashkan khodabandehlou
Assistant Professor, Department of engineering, Islamic azad univercity, Oroumiyeh branch, Oroumiyeh, Iran

Abstract:

The design of structures against wind and earthquakes due to losses caused by these phenomena in different countries is very important. Designing of tall buildings should be have comprehensive and complete against the forces of wind and earthquake. Earthquake is one of the world's natural phenomena, so that in recent years the human losses during 1947 and 2005 have been announced about 550 thousand people worldwide. The main goal of this study is to investigate the behavior of resistant reinforced concrete core in high-rise building of the tube in tube system with stairs against earthquakes in building with 100 meters height and 25 floors under the influence of three Accelerogram Bam, Tapas and Northridge via SAP2000 software. Base shear, roof displacement and column axial force compared together. The results of the research showed that modeling stepping on the coordinates of the center of mass has not made a significant change, but rigidity center has mainly changed due to stiffness of stair slab. Also high-rise building's seismic response affected by the earthquake Accelerogram type

Keywords: High-Rise Building, Tube in Tube System, Base Shear, Roof Displacement

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

نیاز انسان به فضاهای مناسب برای زندگی و کار از یک سو و تراکم جمعیت و افزایش قیمت زمین و ارائه خدمات شهری از قبیل آب، برق و تلفن، از سوی دیگر موجب گسترش عمودی شهرها به سمت آسمان شده است. اولین ساختمان چند طبقه، توسط رومیان و با ده طبقه با دیوارهای باربر ساخته شد[۱]. تامین ایمنی، ساخت‌پذیری، دوام و هزینه مطلوب در سازه بلند، در حقیقت از چالش‌های بزرگ به حساب می‌آید. در این مورد چه بسا تفکر و ایده های نوینی بکار گرفته شود که هیچ‌گونه سابقه قبلی نداشته باشند. بررسی رفتار و تحقیق چگونگی برخورد و ضوابط آیین‌نامه‌های سنتی در این موارد همواره در حال پژوهش است.

ساختمان‌های بلند با هسته بتن مسلح در دنیای ساخت و ساز در حال رواج بیشتر هستند. در این نوع سازه، سیستم مقاوم جانبی شامل یک هسته (با دیوارهای بتن مسلح)، ستون‌های پیرامونی و در برخی موارد دارای خرپای کمربندی بین هسته و ستون‌ها است. از آنجا که هسته بطور عمومی بسیار سخت‌تر از ستون‌های پیرامون است، قسمت اعظم بار جانبی (خصوصاً در موارد فاقد مهار بازویی (توسط دیوارهای هسته تحمل می‌شود. بدلایل اقتصادی، این نوع سازه تحت نیروی جانبی زلزله طرح ماکزیمم زلزله محتمل به گونه‌ای رفتار می کند که وارد ناحیه غیرالاستیک شود. اجازه داده می‌شود که مفصل پلاستیک خمشی تحت نیروهای بزرگ زلزله در پای دیوار هستند رخ می‌دهد، اما میزان دوران پلاستیک در ناحیه مفصل بایستی در محدوده قابل قبولی باشد و انتظار می‌رود. دیوار در قسمت فوقانی در ناحیه الاستیک باقی بماند[۲].

هسته‌های بتن مسلح معمولاً از تعدادی دیوار برشی متصل به هم تشکیل می‌شوند و یک مقطع قوطی شکل می‌سازند. اما برخی از محدودیت‌های معماری مهندس محاسب را مجبور به تعبیه بازشو در دیوارهای برشی می‌نماید. خصوصاً در سازه‌های بلند دارای هسته مرکزی بتنی پیرامون اتاقک پله محل مناسبی برای نصب دیوار برشی و متصل نمودن آنها در جهت عمود بر یکدیگر و ایجاد نمودن دیوار برشی بالدار می‌باشد اما به منظور تعبیه ورودی راه پله ناچار به ایجاد بازشو در یکی از دیوارها می‌باشیم که این امر و اتصالات بین راه پله و هسته، بر رفتار هسته مقاوم بتن‌آرمه تاثیرگذار خواهد بود. نسبت ابعاد بازشو، نوع اتصالات راه پله به هسته و همچنین درصد آرماتور بکار رفته در دیوار از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر رفتار هسته بتنی دارای بازشو می‌باشند. در این مطالعه بررسی رفتار هسته‌های مقاوم بتن‌آرمه در ساختمان‌های بلند مرتبه با سیستم لوله در لوله به همراه باکس پله صورت می‌پذیرد.

از مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به تحقیق کاظمی نیا و همکارش(۱۳۸۹) اشاره کرد که به بررسی پدیده لنگی برش در سازه‌های لوله‌ای بتن‌آرمه پرداخته و مدل‌های سازه‌ای با طبقات مختلف و دارای پلان‌های مربعی و مستطیلی شکل در تحلیل‌ها استفاده شده‌اند. مطالعه پارامتری مبتنی بر بررسی نحوه تاثیر پارامترهایی نظیر تغییر در بعد ستون‌ها و نیز تغییر در سختی تیرهای رابط آن‌ها بر اندیس لنگی برش انجام پذیرفته است. نتایج نشان داده افزایش بعد ستون نمی‌تواند به میزان زیادی مقدار لنگی برش را کاهش دهد. همچنین با افزایش سختی تیرهای رابط بین ستون‌ها در پیرامون سازه، اندیس لنگی برش، کاهش نسبتا چشمگیری داشت[۳]. بیرقی و همکارانش (۱۳۹۳) به بررسی رفتار هسته بتن مسلح ساختمان بلند (سازه ۴۰ طبقه) تحت اثر مدهای بالاتر پرداخته است. پاسخ‌های سازه با کمک روش تحلیل طیفی حاصل شده و مدل‌سازی غیرخطی سازه با فرض امکان وقوع مفصل پلاستیک در پای سازه با کمک المان‌های فیبری صورت گرفته و نگاشت‌های زلزله به سازه اعمال شده است[۴]. نتایج نشان می‌دهد مقادیر دیاگرام لنگر و برش در ارتفاع سازه و چگونگی فرم آنها با آنچه از تحلیل طیفی بدست آمده کاملا متفاوت است. بدلیل وقوع مفصل پلاستیک در پای دیوار هسته، مقدار لنگر کاهش می‌یابد ولی در اواسط ارتفاع سازه بدلیل عملکرد مدهای بالاتر مقادیر لنگر دارای تورم است و حتی در برخی موارد از مقدار لنگر پایه نیز فراتر می‌رود. این موضوع در روش‌های متداول تحلیل و طراحی دیده نشده است.

خیرالدین(۱۳۹۴) به مقایسه سیستم لوله‌ای و سیستم لوله‌ای دسته‌بندی شده، در سه ساختمان ۴۰، ۶۰ و ۱۲۰ طبقه پرداخته است. از نتایج نرم‌افزاری مشاهده شده که لنگی برش این سیستم نسبت به سیستم لوله‌ای کمتر است و بنابراین می‌توان سازه‌های اقتصادی‌تر ایجاد کرد. همچنین تغییرمکان نسبی این سیستم نسبت به سیستم لوله‌ای کمتر می‌باشد. نکته جالب توجه در این دو سیستم به اختلاف جذب برش لوله داخلی برمی‌گردد، بطوری که در سیستم لوله در لوله با افزایش ارتفاع درصد جذب برش لوله داخلی کم و حتی در طبقات آخر منفی می‌شود در حالی که در سیستم لوله‌ای دسته‌بندی شده با افزایش ارتفاع جذب برش لوله داخلی بیشتر می‌شود[۵].

۲- روش‌های تحلیل سازه‌های بلند

در سال‌های اخیر چالش‌های زیادی در طراحی سازه‌های بلند بویژه در برابر بارهای ناشی از زلزله ایجاد شده است. روش‌های طراحی در اکثر آیین‌نامه‌های فعلی بر اساس معیار مقاومت می‌باشند. در حالی که تحقیقات و رفتار ساختمان‌ها در برابر زلزله‌های اخیر نشان داد که مقاومت نمی‌تواند معیار مناسبی باشد و افزایش مقاومت لزوما به معنای افزایش ایمنی نمی‌باشد. بنابراین در آیین‌نامه‌های تازه به جای معیار مقاومت از معیار رفتار برای طراحی سازه استفاده می‌کنند. استفاده از معیار رفتار بدان معنی است که در یک ساختمان علاوه بر معیار مقاومت، نحوه توزیع مقاومت در اجزای سازه‌ای نیز مهم می باشد. این شیوه طراحی بر مبنای رفتار سازه، طراحی بر اساس عملکرد نامیده می‌شود. در طراحی بر اساس عملکرد، روش تحلیل استاتیکی غیرخطی نقش ویژه‌ای دارد و در تمام آنها از روش استاتیکی غیرخطی

Archive of SID

www.SID.ir

بعنوان روش اصلی استفاده می‌شود. روش‌های آنالیز سازه‌ها را می توان به دو دسته تقسیم‌بندی نمود:

۱-روش‌های آنالیز خطی

۲-روش‌های آنالیز غیرخطی

در آنالیزهای خطی فرض بر این است که تیرها و ستون‌ها در طول آنالیز دارای مقاومت نامحدود و سختی ثابت باشند. بر خلاف آن در مدل غیرخطی کاهش مقاومت اجزای سازه‌ای هنگام خسارت دیدن نیز مدنظر قرار می‌گیرد. آنالیزهای خطی و غیرخطی برحسب اینکه بارهای وارده استاتیکی باشد یا دینامیکی مانند زیر دسته‌بندی می‌شوند:

-آنالیز استاتیکی خطی

-آنالیز دینامیکی خطی

-آنالیز استاتیکی غیرخطی

-آنالیز دینامیکی غیرخطی

در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های غیرخطی گسترش بیشتری یافته است. چون در ارزیابی ساختمان‌های موجود کارایی بیشتری دارند. آیین‌نامه ATC-40 [۶] برای استفاده از روش‌های آنالیز غیرخطی استاتیکی برای پیش‌بینی تقاضای لرزه‌ای تأکید می کند. همچنین آیین‌نامه‌های FEMA-273 [۷] شامل دستورالعمل‌هایی برای آنالیز غیرخطی استاتیکی و دینامیکی می‌باشد. البته در آیین‌نامه‌ها توجه بیشتری به آنالیز غیرخطی استاتیکی در مقایسه با آنالیز غیرخطی دینامیکی شده است. علت آن است که آنالیز غیرخطی استاتیکی توانایی لازم در محاسبه تقریبی پارامترهای سازه‌ای بدون نیاز به مدل‌سازی و محاسبات پیچیده آنالیز غیرخطی دینامیکی را دارد.

۳- بررسی عملکرد المان‌های پله در سازه‌های بتنی در زمان زلزله

با توجه به اهمیت دستگاه پله جهت خروج ساکنین بعد از وقوع زلزله، می‌توان گفت این المان‌ها نقش شریان‌های حیاتی ساختمان را داشته و عملکرد لرزه‌ای آن حائز اهمیت می‌باشد. در آئین‌نامه بسیاری از کشورها از جمله ایران ضوابط مشخص در ارتباط با طراحی عناصر پله بیان نشده است و مهندسان جهت تحلیل و طراحی سازه‌ای، این المان‌ها را در باربری جانبی سهیم نکرده و فقط آنها را برای بارهای ثقلی تحلیل و طراحی می‌کنند و با توجه به ثابت بودن بارهای ثقلی در کلیه طبقات از یک مقاطع مشخص برای تیرها و ستون‌های اطراف دستگاه پله استفاده می‌کنند. در حالی که با توجه به شکل هندسی و نوع اتصال این المان‌ها انتظار می‌رود هنگام اعمال بار زلزله باعث کاهش تغییرمکان جانبی می‌گردد و سختی سازه افزایش می‌یابد. این اثر در سازه‌های فولادی به سبب اتصال مفصلی بین تیر نیم‌طبقه و ستون‌ها چندان قابل توجه نمی‌باشد و لیکن تجربه زلزله‌های گذشته نشان داده است که پتانسیل تشکیل مفاصل خمیری در سازه‌های بتنی بعلت اتصالات گیردار، در اطراف دستگاه پله نسبتاً زیاد است.

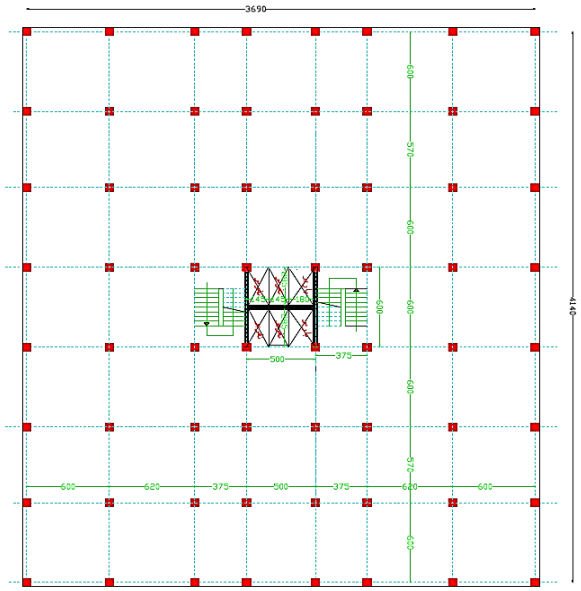
در برخی از کشورها همچون هند، چین، ایالات متحده الزامات زیادی جهت طراحی و اجرای پله در آئین‌نامه خود ملحوظ نمودند. در برخی کشورها آئین‌نامه‌هایی نیز وجود دارد که به ارائه پیشنهاداتی در این باره اکتفا کرده در این میان نیز کشورهای همچون کانادا و ایران هیچ ضابطه، بند و یا پیشنهادی جهت طراحی یا اجرای دستگاه پله ارائه نگردیده است.

در ساختمان‌های بتنی دستگاه پله به روش‌های مختلفی اجرا می گردد. این تنوع بدلیل فقدان الزامات آئین‌نامه‌ای در مورد دستگاه پله ایجاد گردیده است و بسته به سلیقه مهندسان و با دخالت مجریان در مناطق مختلف، متفاوت می‌باشد. هر چند روش‌های مختلفی جهت اجرای پله در ساختمان‌ها وجود دارد، اما در این تحقیق به بررسی یکی از رایج‌ترین روش‌های اجرای دستگاه پله در کشورمان پرداخته می‌شود. این روش مرسوم اجرای پله عبارت است از بکار بردن تیری در میان طبقه است که دال پاگرد پله بر آن تکیه داده می‌شود و هنگام اجرا، آرماتورهای دال با این تیر درگیر می‌گردد، بطوریکه بعد از بتن‌ریزی بصورت یکپارچه درآیند. مشکل این گونه پله‌ها این است که بعلت اجرای تیر میان طبقه، پدیده ستون کوتاه بوجود می‌آید که این امر به خاطر اتصال گیردار تیر و ستون در سازه‌های بتنی می‌باشد.

۴- مشخصات سازه‌ای ساختمان لوله در لوله

ارتفاع سازه ۲۳ طبقه بتن مسلح ۱۰۱ متر می‌باشد که ارتفاع سه طبقه اول زیرزمین ۳ متر و ارتفاع بیست طبقه فوقانی ۴ متر در نظر گرفته شده است. پلان سازه مورد بررسی مستطیلی بوده و طول سازه در جهت شرق به غرب ۳۶/۹۰ متر و در جهت شمال به جنوب ۴۱/۴۰ متر می‌باشد. پلان ستون‌گذاری مدل مورد بحث در شکل (۱) در نظر گرفته شده است. ساختمان در منطقه با خطر نسبی زیاد زلزله (شهر ارومیه) و زمین نوع ۳ واقع گردیده و در گروه ساختمان‌های با اهمیت زیاد قرار گرفته شده است، در اجرای سقف‌ها از سیستم دال بتنی استفاده گردیده همچنین برای بارگذاری لرزه‌ای سازه از روش تحلیل دینامیکی یا همان تحلیل طیفی مبتنی بر استاندارد ۲۸۰۰ ایران استفاده شده است. طراحی اسکلت بتنی سازه نیز مطابق آیین‌نامه بتن ایران صورت گرفته و خلاصه نتایج آن در جدول (۱) است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱- نمای سه بعدی ساختمان

جدول ۱- مشخصات مقاطع تیر و ستون‌ها

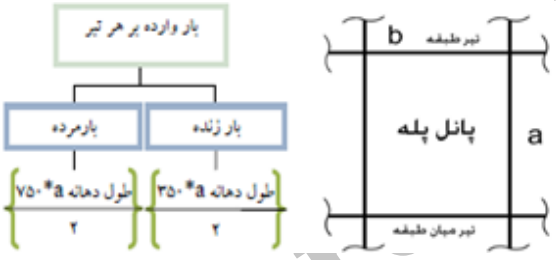
مشخصات طبقات	تیر	ستون	دیوار برشی
۱- تا ۳-	B80X80	C100X100	60cm-4 mesh Q22@15 قائم Q36@15افقی
همکف	B80X80	C100X100	60cm-4 mesh Q22@15 قائم Q36@15افقی
۵-۱	B80X80	C100X100	50cm-4 mesh Q22@15 قائم Q36@15افقی
۹-۶	B80X80	C90X90	40cm-3 mesh Q20@15 قائم Q32@15افقی
۱۵-۱۰	B80X80	C80X80	30cm-2 mesh Q16@15 قائم Q32@20افقی
۱۸-۱۶	B60X60	C70X70	25cm-2 mesh Q16@15 قائم Q32@20افقی
۲۲-۱۹	B45X45	C45X45	25cm-2 mesh Q16@15 قائم Q32@20افقی

از فضای داخلی لوله‌های داخلی برای جایگیری پله، آسانسور و تاسیسات سازه‌ای استفاده شده است. بارگذاری ثقلی ساختمان مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان انجام شده است. دو نوع مصالح عمده بکار گرفته شده در این تحقیق شامل بتن و فولاد می‌باشد. مشخصات مکانیکی آن‌ها در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- مقادیر عددی مشخصات مصالح معرفی شده به نرم‌افزار

مشخصات مصالح	وزن واحد حجم (kg/m^3)	مدول الاستیسیته (kg/m^2)	مقاومت فشاری/ تنش تسلیم (kg/m^2)
بتن	2450	$2.23e^9$	$4.0e^6$
فولاد	7850	$2.1e^{10}$	$4.0e^7$

در این تحقیق بار سطحی در قسمت راه پله عبارتست از بار مرده ۷۵۰ و بار زنده ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع که در مدل بدون پله (مدل سنتی) بارهای مذکور بر تیرهای حامل شمشیری‌ها وارد می‌شوند (شکل (۲)). بعبارت دیگر با ضرب این بارها در طول دهانه پله و تقسیم عدد حاصل بر تعداد تیرهای حامل، بار وارده بر هر تیر (که یکی در طبقه و دیگری در تراز میان طبقه قرار دارد) بدست می‌آید.



شکل ۲- پانل پله در مدلسازی (حالت ۱)

در روش دیگر مدل‌سازی، برخی از طراحان در محل پله، سقف تعریف می‌کنند (محل پله را توپر فرض می‌کنند). که در این تحقیق جهت بررسی و مقایسه، به تعریف مدلی با این شرایط نیز پرداخته‌ایم. در این مدل با تعریف یک سقف Deck در محل پانل پله، بار این قسمت بصورت سطحی بر روی دهانه قرار می‌گیرد. در خصوص پله دوطرفه با تیر میان طبقه که در این تحقیق مدنظر است، دو مدل بدون پله (به روش مدلسازی سنتی) و مدل با تعریف کامل المان‌های پله و بارگذاری دقیق آن صورت گرفته است. در تمام موارد اتصالات راه پله به هسته گیردار در نظر گرفته شده است. بارگذاری مدل با پله به دو صورت امکان‌پذیر است. در روش اول که روش دقیق‌تری است، بارهای سطحی مرده و زنده (مثلاً ۷۵۰ و ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع) در عرض پانل پله ضرب و حاصل بر تعداد شمشیری‌ها تقسیم می‌شود. در روش دوم بارهای سطحی در عرض بارگیر متوسط و

Archive of SID

www.SID.ir

مناسبی از هر شمشیری ضرب و سپس بارگذاری روی شمشیری صورت می‌گیرد.

جدول ۳- شتاب‌نگاشت برداشت شده به همراه مشخصات آن

شتاب‌نگاشت	ایستگاه ثبت زلزله	فاصله تا مرکز کانون زلزله	سال وقوع
Bam	BAM	6.00 km	2003
Tabas	TBS-A	54.00 Km	1978
Northridge	24087 Arleta	9.20 km	1994
Loma prieta	Gilroy Array≠2	11.07 km	1989
Turkey	Erizcan	6.70 km	1994
Capa Mendonico	Petrolia	8.18 km	1992

شتاب‌نگاشت اعمال شده برای تحلیل مدل‌ها مطابق جدول (۳) مورد استفاده قرار گرفته است. در روش تحلیل دینامیکی سازه‌های بلند، با اثر دادن شتاب زمین بصورت تابعی از زمان در تراز پایه ساختمان و بکارگیری محاسبات متعارف دینامیک سازه‌ها انجام می شود. هر زوج شتاب‌نگاشت همزمان در دو جهت عمود بر هم در امتدادهای اصلی سازه به آن اثر داده می‌شوند و بازتاب‌های سازه بصورت تابعی از زمان تعیین می‌گردند. بازتاب نهایی سازه در هر لحظه زمانی برابر با حداکثر بازتاب‌های بدست آمده از تحلیل مورد نظر است. طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایران، نسبت میرایی را هم می‌توان ۵ ٪ در نظر گرفت مگر آنکه بتوان نشان داد که مقدار دیگری برای سازه مناسب‌تر است.

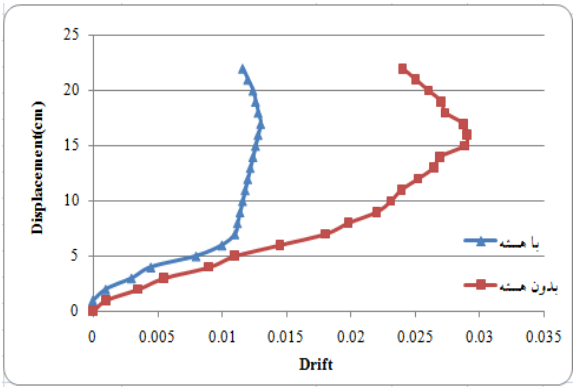
۵- نتایج بدست آمده از تحلیل مدل

۵-۱- جابجائی مرکز جرم و مرکز سختی طبقات

تغییر مختصات مرکز جرم و سختی دیافراگم برای تعداد محدودی از طبقات، بررسی گردیده است. مدلسازی پله در مختصات مرکز جرم تغییر قابل ملاحظه‌ای ایجاد نکرده است و لیکن به سبب سختی بسیار زیاد دال شمشیری راه پله مختصات مرکز سختی تغییر زیادی یافته است. این امر موجب افزایش لنگر پیچشی در سازه می شود.

۵-۲-رفتار هسته

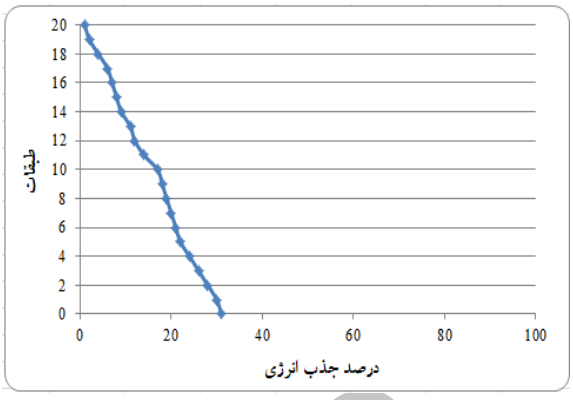
رفتار سیستم هسته تحت اثر بارهای جانبی مانند خمش یک طره توخالی می‌باشد که در اثر آن تارهای سمت مخالف نیروهای جانبی کوتاه شده و تارهای سمت نیروی جانبی طویل می‌گردد. هسته در کنترل انحرافات نقش قابل توجهی ایفا می‌کنند. برای نشان دادن تغییرمکان نسبی جانبی، نمودار شکل (۴) ارایه شده است. با توجه به شکل (۴) روشن هست که وجود هسته در ساختمان مورد مطالعه تا حدود زیادی در کنترل تغییرمکان نسبی ساختمان موثر می‌باشد. نکته مهم دیگر، تغییر بوجود آمده در روند نمودار از طبقه ۱۴ تا ۱۸ می باشد، که دلیل اصلی آن به نحوه توزیع نیروی جانبی در تحلیل دینامیکی و همچنین نوع تیپ‌بندی مقاطع طراحی بر می‌گردد. همچنین تفاوت تغییرمکان جانبی نسبی زیاد در طبقات پایین مرتبط با عمق کم تیر در این طبقات می‌باشد.



شکل ۴- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی ساختمان

پارامتر دیگر جهت بررسی رفتار سیستم هسته، درصد جذب برش می‌باشد. هنگامی که نیروی جانبی به سازه اعمال می‌شود، ستون‌های طبقات باید بتوانند این نیرو را تحمل کنند، بعبارت دیگر ستون‌های هر طبقه باید نیروی برشی وارد بر هر طبقه را مهار کنند. در اینجا نیز هدف بدست آوردن مقدار جذب برش هسته است، یعنی ستون‌های موجود، چند درصد از کل نیروی جانبی را تحمل می‌کنند. این موضوع از آن جهت حائز اهمیت است که بررسی آن باعث درک بهتر مکانیزم جذب نیروی جانبی توسط سیستم مقاوم سازه‌ای می‌شود، بعبارت دیگر می‌توان دریافت که کدام ستون‌ها در جذب نیروی جانبی تاثیر بیشتری دارند. نمودار درصد جذب برش در سیستم هسته برای طبقات مختلف در شکل (۵) ارایه شده است. بیشترین مقدار جذب برش در طبقات پایین اتفاق افتاده و با افزایش تعداد طبقات از مقدار آن کاسته شده است. بعبارت دیگر در طبقات بالایی سیستم لوله در لوله کمک چندانی در تحمل نیروی جانبی ندارد و شاید با افزایش وزن سازه نیروی اضافی نیز به ساختمان وارد می‌کند. از این معیار می‌توان برای تشخیص قطع سیستم لوله در لوله در طبقات بالایی بهره برد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵- نمودار درصد جذب برش

جدول ۴- شتاب‌نگاشت برداشت شده به همراه مشخصات آن

تحلیل	Roof Displacement (cm)	P-C_5 (ton)	Base Shaer	
			X	Y
Bam	۶۲/۵	۷۹۵	۲۹۳۰	۳۴۷۱
Tabas	۴۴/۴	۴۳۹	۲۵۰۷	۳۵۷۱
Northridge	۲۸/۰	۸۸۳	۸۲۰۸	۸۹۰۲
Loma prieta	۳۲/۱	۸۱۵	۲۶۸۰	۳۴۹۹
Erzecan	۳۹/۴	۸۲۵	۲۸۹۳	۳۶۱۹
Capa Mendonico	۴۱/۲	۸۶۳	۲۴۶۷	۳۷۱۲

۵-۳- نتایج تحلیل زلزله

به جهت سهولت در بررسی نتایج بدست آمده از مدل‌سازی ساختمان‌های بلندمرتبه با سیستم لوله در لوله دارای هسته‌های مقاوم بتن‌آرمه و مقایسه آنها، تمام نتایج بدست آمده از مدل‌ها از نقطه نظر جابجایی حداکثر بام، برش پایه در راستای محورهای اصلی و نیروی محوری ستون C5 در جدول (۴) ارائه شده است.

۶- نتیجه‌گیری

۱- با بررسی مدل با و بدون هسته در ساختمان مورد مطالعه مشخص گردید که جابجایی جانبی ساختمان در حالت عدم وجود هسته بیش از مقدار مجاز تعیین شده توسط آیین‌نامه می‌باشد و با اعمال هسته تا حدود زیادی تغییرمکان نسبی ساختمان کنترل می‌شود. همچنین جابجایی‌ها برای پله در محدوده مجاز قرار داشته و قابلیت بهره‌برداری دارند.

۲- مقدار جابجایی بام تحت زلزله bam و tabas بیش از حد مجاز تعیین شده توسط آیین‌نامه طراحی در نظر گرفته شده برای این پژوهش (۳۰ سانتیمتر) می‌باشد ولی نتایج تحلیل ناشی از شتابنگاشت Northridge در محدوده مجاز تعیین شده قرار دارد. از اینرو نوع شتاب‌نگاشت انتخاب شده در پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های بلندمرتبه با سیستم لوله در لوله بسیار تاثیرگذار است.

۳- بیشترین نیروی محوری تحت تاثیر زلزله Northridge ایجاد شده است. این نیرو تحت تاثیر نیروی زلزله Tabas دارای کمترین مقدار می‌باشد.

۴- همانند نیروی محوری، برش پایه هم تحت تاثیر زلزله Northridge در هر دو جهت منجر به ارائه جواب بیشتر در قیاس با شتاب‌نگاشت‌های دیگر می‌شود. کمترین برش پایه هم مرتبط با تحلیل تحت تاثیر شتابنگاشت Tabas می‌باشد.

۵- نتایج تحلیل نشان می‌دهد، وجود شمشیری پله بصورت شبه بادبندی عمل کرده که در اثر آن سختی سازه افزایش یافته و تغییرات قابل توجهی را در رفتار دینامیکی و شکل‌های مدی و زمان تناوب ایجاد گردیده و بالطبع برش پایه سازه افزایش یافته و جذب نیرو علی الخصوص در ناحیه باکس راه پله بیشتر گردیده و باعث افزایش تنش در المان‌های مربوطه می‌شود، همچنین مختصات مرکز سختی تغییر می‌کند که پیچش قابل ملاحظه‌ای را موجب می‌گردد

۶- با بررسی آشفتگی بوجود آمده در نمودار تغییرمکان نسبی جانبی و جذب برش در سیستم لوله در لوله، می‌توان به این نکته پی برد که این تغییرات در جذب برش لوله‌ها از توزیع نیروی جانبی بدست آمده از تحلیل دینامیکی (تحلیل طیفی) و همچنین تیپ بندی مقاطع طراحی ناشی می‌شود. در بررسی چگونگی توزیع نیروی جانبی در تحلیل طیفی، به پارامتر اثر مدهای بالاتر و همچنین تیپ‌بندی مقاطع طراحی اشاره می‌شود (به این معنی که علت چنین توزیع نیروی جانبی در تحلیل طیفی، اثرات مدهای بالاتر و همچنین تیپ بندی مقاطع طراحی است، البته باید اشاره کرد که منظور از اثر تیپ‌بندی مقاطع طراحی همان سختی می‌باشد). بنابراین با توجه به مطالب بالا ملاحظه می‌شود که مدهای بالاتر و همچنین سختی مقاطع در سیستم لوله در لوله نقش مهمی ایفاء می‌کنند.

۷- بعنوان نتیجه‌گیری کلی، پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های بلندمرتبه با سیستم لوله در لوله تحت تاثیر زلزله بسیار تاثیرپذیر از نوع شتابنگاشت اعمالی به سازه می‌باشد. همچنین تاثیر شتاب‌نگاشتهای حوزه نزدیک گسل در بررسی لرزه‌ای سازه‌ها بیشتر از شتاب‌نگاشتهای حوزه دور گسل می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

۷- منابع

1- ELISA Y. CHEN, (2012), MULTI-HAZARD DESIGN OF MID- TO HIGH-RISE STRUCTURES, Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil Engineeringin the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign.

2- Hiroshi Akiyama, (1985), Earthquake-resistant limit-state design for buildings, University of Tokyo Press

۳-کاظمی‌نیاکرانی، ح.ر، و خوشـــنودیان، ف، (۱۳۸۹)، رفتار لرزه‌ای سـازه‌های بلند و روش‌های حل مشـکل تأخیر برشـی در این سازه‌ها، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۴-خیرالدین، ع، و آرامش، س، (۱۳۹۴)، سیستم‌های مقاوم سازه‌ای در ساختمان‌های بلند، انتشارات سیمای دانش، تهران .

۵-بیرقی؛ ح، و خیرالدین، ع و کافی، م.ع، (۱۳۹۳)، بررســی رفتار هســته بتن مســلح ســاختمان بلند تحت اثر مدهای بالاتر، ش شمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، تهران، انجمن بتن ایران

6-Applied Technology Council, ATC40; (1997) "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings California Seismic Safety Commission.

7-Federal Emergency Management Agency, FEMA273. "NEHRP Guideline for The Seismic Rehabilitation of Building", Building Seismic Safety Council, Washington DC.1997

8-Y.C.Wang, L. Xue, Experimental study ofmoment–rotation characteristics of reverse channel connections to tubular columns, J. Constr. Steel Res. 85, pp 92–104, 2013.

9-ELISA Y. CHEN, (2012), MULTI-HAZARD DESIGN OF MID- TO HIGH-RISE STRUCTURES, Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil Engineering in the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign.

Archive of SID

www.SID.ir

The Investigation of Resistant Reinforced Concrete Core in High-Rise Building of the Tube in Tube System with Stairs Box Against Earthquakes

Mohammad Reza Shadman khankandi
Department of Civil engineering, Urmia branch, Islamic azad univercity, Urmia, Iran
Ashkan khoda Bandehlou*
Department of Civil engineering, Urmia branch, Islamic azad univercity, Urmia, Iran

Abstract:

The design of structures against wind and earthquakes due to losses caused by these phenomena in different countries is very important. Designing of tall buildings should be have comprehensive and complete against the forces of wind and earthquake. Earthquake is one of the world's natural phenomena, so that in recent years the human losses during 1947 and 2005 have been announced about 550 thousand people worldwide. The main goal of this study is to investigate the behavior of resistant reinforced concrete core in high-rise building of the tube in tube system with stairs against earthquakes in building with 100 meters height and 25 floors under the influence of three Accelerogram Bam, Tapas and Northridge via SAP2000 software. Base shear, roof displacement and column axial force compared together. The results of the research showed that modeling stepping on the coordinates of the center of mass has not made a significant change, but rigidity center has mainly changed due to stiffness of stair slab. Also high-rise building's seismic response affected by the earthquake Accelerogram type

Keywords: High-Rise Building, Tube in Tube System, Base Shear, Roof Displacement

Archive of SID

www.SID.ir