

چکیده:

طی سالیان اخیر مطالعات زیادی درباره خرابی پیشرونده در سازه‌های ساختمانی صورت گرفته است. خرابی پیشرونده پدیده‌ای است که در آن خرابی جزئی محلی از المانی به المان دیگر گسترش می‌یابد و نهایتاً باعث خرابی کل سازه یا گسترش غیرمتجانس خرابی اولیه می‌گردد. اغلب مطالعات صورت گرفته در این زمینه بر سازه‌های قابی متمرکز بوده است. مطالعات محدودی طی چند سال اخیر روی بحث خرابی پیشرونده در سازه‌های لوله‌ای صورت گرفته که شیوه کار در آنها بر پایه حذف گزینشی برخی ستونها و کنترل میزان پتانسیل خرابی کلی در سازه لوله‌ای استوار بوده است.

در این تحقیق، خرابی پیشرونده در سازه‌های لوله در لوله فولادی تحت اثر بارهای لرزه‌ای بررسی شده است. به این منظور سه تیپ سازه لوله در لوله فولادی با سه ارتفاع متفاوت طراحی و مورد آنالیز قرار گرفته است. این سازه‌ها در سه نوع با فواصل ستونهای ۲، ۲/۶۷ و ۳/۲ متر و تعداد طبقات ۳۰، ۴۵ و ۶۰ طبقه مدلسازی شده‌اند. آنالیز انجام شده به صورت دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی بوده است. به این منظور سه زوج شتابنگاشت متناسب با شرایط محل احداث سازه‌ها انتخاب و برای آنالیز مقیاس شده‌اند.

با اعمال شتابنگاشتهای افزایش یافته با ضرایب متفاوت، سطوح عملکرد در المانهای تیر و ستون بررسی و براساس آن المانها با اعضای مدل شده منطبق بر زاویه چرخش انتهای عضو جایگزین شده‌اند. برخی المانها که سطح عملکرد آستانه فروریزش را پشت سر گذاشته‌اند از محل خود حذف و نیروهای درون آن در محل گره‌های اتصال به صورت تاریخچه زمانی اعمال شده است. سپس سازه مدل شده جدید آنالیز و میزان تغییرمکان قائم و افقی به عنوان معیار کنترل خرابی پیشرونده بررسی شده است.

نتایج آنالیزهای صورت گرفته نشان می‌دهد در سازه‌های با تعداد طبقات کمتر (۳۰ و ۴۵ طبقه)، با افزایش فاصله ستونها پتانسیل خرابی پیشرونده افزایش می‌یابد. علت این امر شکل‌گیری مفاصل پلاستیک در طبقات پایینی سازه و وجود تأخیر برشی منفی در طبقات بالای سازه است. در سازه ۶۰ طبقه با افزایش فاصله ستونها تا ۳/۲ متر، پتانسیل خرابی پیشرونده کاهش یافته است. علت این موضوع توزیع مفاصل پلاستیک در ارتفاع سازه و عدم وجود تأخیر برشی منفی در سازه است.

نتایج بالا کفایت سیستم لوله در لوله برای سازه بلند مرتبه را بیشتر توجیه می‌نماید. افزایش ارتفاع سازه، افزایش فاصله ستونها و کاهش پتانسیل خرابی پیشرونده نتایج مطلوبی است که در این تحقیق در سازه‌های با سیستم لوله در لوله فولادی مدل شده، قابل مشاهده است.

کلمات کلیدی: خرابی پیشرونده، سازه لوله در لوله فولادی، سطوح عملکرد سازه، آنالیز غیرخطی تاریخچه زمانی، زوج شتابنگاشت.

فهرست مطالب

فصل اول - کلیات و طرح مسأله ----- ۷-۱

مقدمه

۱-۱- انواع سیستم‌های لوله‌ای

۱-۱-۱- سیستم قاب لوله‌ای با لوله خارجی (External Tube Frame System)

۱-۱-۲- سیستم لوله در لوله (Tube in Tube system)

۱-۱-۳- سیستم لوله‌های دسته بندی شده (Bundled Tube system)

۱-۱-۴- سیستم لوله مهاربندی شده (Braced Tube System)

۲-۱- خرابی پیشرونده در سازه ها

فصل دوم - مروری بر تحقیقات پیشین ----- ۱۵-۸

۱-۲- روشهای مطالعه و آنالیز خرابی پیشرونده

۱-۲-۱- روشهای آنالیز خطی

۱-۲-۲- روشهای آنالیز غیرخطی

۲-۲- خرابی پیشرونده در سازه‌های لوله‌ای

۳-۲- خرابی پیشرونده در آیین نامه‌ها و مقررات ساختمانی

فصل سوم - روش تحقیق، معرفی نرم افزار، مدلسازی و صحت سنجی نرم افزار ----- ۴۷-۱۶

۱-۳- مشخصات اولیه و پلان سازه‌های مدل

۲-۳- تعیین بارهای طراحی

۱-۲-۳- بارهای ثقلی

۳-۲-۲- بارهای لرزه‌ای

۳-۳- معرفی نرم افزار آنالیز Perform 3D

۳-۳-۱- معرفی کلی نرم افزار

۳-۳-۲- روش مدلسازی سازه‌های مدل در نرم افزار

۳-۳-۳- طراحی اعضای باربر سازه‌های مدل

۳-۴- صحت سنجی نرم افزار

فصل چهارم- بررسی یافته‌ها ----- ۱۰۲-۴۸

۴-۱- تأخیر برشی در سازه‌های مدل

۴-۱-۱- سازه‌های مدل Tube30

۴-۱-۲- سازه‌های مدل Tube45

۴-۱-۳- سازه‌های مدل Tube60

۴-۱-۴- مقایسه تأخیر برشی در سه سازه مدل ۳۰، ۴۵ و ۶۰ طبقه

۴-۱-۵- بررسی تأخیر برشی در شتابنگاشت حوزه نزدیک

۴-۲- روند شکل‌گیری مفاصل پلاستیک تحت اثر بار لرزه‌ای در سازه‌های مدل

۴-۲-۱- سازه‌های مدل Tube30

۴-۲-۲- سازه‌های مدل Tube45

۴-۲-۳- سازه‌های مدل Tube60

۴-۲-۴- مقایسه سازه‌های مدل ۳۰، ۴۵ و ۶۰ طبقه از نظر شکل‌گیری مفاصل پلاستیک در ستونها

۴-۳- بررسی عملکرد سازه‌های مدل در مقابل خرابی پیشرونده تحت بارهای لرزه‌ای افزایش یافته

۴-۳-۱- عملکرد سازه‌های مدل ۳۰ طبقه تحت شتابنگاشت افزایش یافته

۴-۳-۱-۱- بررسی خرابی پیشرونده در سازه Tube30(2D)

۴-۳-۱-۲- بررسی خرابی پیشرونده در سازه Tube30(2.67D)

Tube30(3.2D) بررسی خرابی پیشرونده در سازه ۳-۱-۳-۴

۲-۳-۴- عملکرد سازه‌های مدل ۴۵ طبقه تحت شتابنگاشت افزایش یافته

Tube45(2D) بررسی خرابی پیشرونده در سازه ۱-۲-۳-۴

Tube45(2.67D) بررسی خرابی پیشرونده در سازه ۲-۲-۳-۴

Tube45(3.2D) بررسی خرابی پیشرونده در سازه ۳-۲-۳-۴

۳-۳-۴- عملکرد سازه‌های مدل ۶۰ طبقه تحت شتابنگاشت افزایش یافته

Tube60(2D) بررسی خرابی پیشرونده در سازه ۱-۳-۳-۴

Tube60(2.67D) بررسی خرابی پیشرونده در سازه ۲-۳-۳-۴

Tube60(3.2D) بررسی خرابی پیشرونده در سازه ۳-۳-۳-۴

Tube60(4D) بررسی خرابی پیشرونده در سازه ۴-۳-۳-۴

فصل پنجم- جمع بندی و نتیجه گیری ----- ۱۱۱-۱۰۳

۱-۵- بررسی پتانسیل خرابی پیشرونده در سازه‌های مدل براساس فواصل ستونها

۱-۱-۵- بررسی پتانسیل خرابی پیشرونده در سازه‌های مدل ۳۰ طبقه

۲-۱-۵- بررسی پتانسیل خرابی پیشرونده در سازه‌های مدل ۴۵ طبقه

۳-۱-۵- بررسی پتانسیل خرابی پیشرونده در سازه‌های مدل ۶۰ طبقه

۲-۵- بررسی پتانسیل خرابی پیشرونده در سازه‌های مدل براساس ارتفاع سازه‌ها

۱-۲-۵- بررسی پتانسیل خرابی پیشرونده در سازه‌های با فواصل ستون ۲ متر

۲-۲-۵- بررسی پتانسیل خرابی پیشرونده در سازه‌های با فواصل ستون ۲/۶۷ متر

۳-۲-۵- بررسی پتانسیل خرابی پیشرونده در سازه‌های با فواصل ستون ۳/۲ متر

۳-۵- نتیجه گیری

فهرست منابع ----- ۱۱۴-۱۱۲

فهرست شکل ها و جداول

فصل اول

- شکل ۱-۱- تقسیم بندی سیستم های سازه ای ساختمانهای بلند توسط فضلورخان ----- ۳
- شکل ۲-۱- سیستم قاب لوله ای ----- ۴
- شکل ۳-۱- سیستم لوله در لوله ----- ۴
- شکل ۴-۱- سیستم لوله دسته بندی شده ----- ۵
- شکل ۵-۱- خرابی پیشرونده در (الف) برج Ronan Point، (ب) ساختمان Alfred P. Murrah --- ۷
و (ج) برج مرکز تجارت جهانی آمریکا

فصل دوم

- جدول ۱-۲- ضوابط پذیرش برای خرابی پیشرونده در GSA 2003 ----- ۱۰
- شکل ۱-۲- روش اندازه گیری θ پس از شکل گیری مفاصل پلاستیک ----- ۱۰
- شکل ۲-۲- چرخش انتهای اعضاء (θ) برای قابها ----- ۱۱
- شکل ۳-۲- تاریخچه زمان بارهای اعمالی به گره اتصال المانهای محذوف در آنالیز دینامیکی ----- ۱۲
- شکل ۴-۲- نمونه ای از حداکثر محدوده مجاز خرابی در آیین نامه GSA ----- ۱۳
- شکل ۵-۲- بار ثقلی اعمالی پس از حذف المان براساس راهنمای GSA ----- ۱۵

فصل سوم

- شکل ۱-۳- پلان و نمای سازه های مدل ۳۰، ۴۵ و ۶۰ طبقه با فواصل ستون ۲ متر ----- ۱۸
- شکل ۲-۳- پلان و نمای سازه های مدل ۳۰، ۴۵ و ۶۰ طبقه با فواصل ستون ۲/۶۷ متر ----- ۱۹

- شکل ۳-۳- پلان و نمای سازه های مدل ۳۰، ۴۵ و ۶۰ طبقه با فواصل ستون ۳/۲ متر ----- ۲۰
- شکل ۳-۴- توزیع بارهای ثقلی روی تیرهای پلان سازه ----- ۲۲
- شکل ۳-۵- توزیع بار روی تیرهای خارجی سازه های 2D و 2.67D (مرده + زنده*۰/۲۵) ----- ۲۳
- شکل ۳-۶- توزیع بار روی تیرهای خارجی سازه های 3.2D (مرده + زنده*۰/۲۵) ----- ۲۳
- شکل ۳-۷- توزیع بار روی تیرهای داخلی سازه های 2D و 2.67D (مرده + زنده*۰/۲۵) ----- ۲۴
- شکل ۳-۸- توزیع بار روی تیرهای داخلی سازه های 3.2D (مرده + زنده*۰/۲۵) ----- ۲۵
- جدول ۳-۱- مقایسه ۱۳ زلزله از نظر بزرگ، نوع زمین ساختگاه و مکانیزم گسل ----- ۲۷
- شکل ۳-۹- رکورد شتابنگاشت زلزله Tabas در دو امتداد متعامد ----- ۲۸
- جدول ۳-۲- نتایج طیف پاسخ شتابنگاشت زلزله Tabas و ترکیب نتایج دو امتداد طیف پاسخ ----- ۳۰
- جدول ۳-۳- نتایج طیف پاسخ شتابنگاشت زلزله Chi-Chi و ترکیب نتایج دو امتداد طیف پاسخ ----- ۳۱
- جدول ۳-۴- نتایج طیف پاسخ شتابنگاشت زلزله Cape Mendocino و ترکیب نتایج ----- ۳۲
- دو امتداد طیف پاسخ
- شکل ۳-۱۰- طیف پاسخ شتاب زوج شتابنگاشت زلزله Tabas در بازه 0.2T تا 1.5T ----- ۳۳
- جدول ۳-۵- مقایسه طیف پاسخ ترکیبی سه زوج شتابنگاشت با ۱/۴ برابر طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ ----- ۳۵
- شکل ۳-۱۱- منحنی نیرو- تغییرشکل تعمیم یافته برای اعضاء و اجزای فولادی ----- ۳۷
- شکل ۳-۱۲- منحنی نیرو- تغییرشکل تعمیم یافته برای ستونها ----- ۳۹
- جدول ۳-۶- جدول ۳-۵ دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود ----- ۴۰
- شکل ۳-۱۳- هندسه مفاصل پلاستیک ستون با مقطع 5*60*60 C برای ----- ۴۱
- نسبتهای گوناگون P/P_{CL}
- شکل ۳-۱۴- منحنی نیرو- تغییرشکل تعمیم یافته برای تیرها ----- ۴۲
- شکل ۳-۱۵- هندسه مفصل پلاستیک تیر با مقطع 2.2*3.8*80*40 B ----- ۴۲
- شکل ۳-۱۶- تاریخچه زمان اعمال بارهای ثقلی به سازه تحت آنالیز ----- ۴۶

شکل ۳-۱۷- پلان و نمای سازه ۳ طبقه قاب خمشی فولادی ----- ۴۶

شکل ۳-۱۸- تغییرمکان قائم سازه ۳ طبقه قاب خمشی فولادی پس از حذف ستون
طبقه اول (آنالیز شده با نرم افزار OpenSees)

شکل ۳-۱۹- تغییرمکان قائم سازه ۳ طبقه قاب خمشی فولادی پس از حذف ستون
طبقه اول (آنالیز شده با نرم افزار Perform 3D)

فصل چهارم

شکل ۴-۱- نیروی محوری ستونها در طبقات مختلف قابهای سازه Tube30(2D) ----- ۵۰
برای مقایسه تأخیر برشی در ثانیه ۱۵ ام اعمال شتابنگاشت زلزله Tabas

شکل ۴-۲- نیروی محوری ستونها در طبقات مختلف قابهای سازه Tube30(2.67D) ----- ۵۲
برای مقایسه تأخیر برشی در ثانیه ۱۵ ام اعمال شتابنگاشت زلزله Tabas

شکل ۴-۳- نیروی محوری ستونها در طبقات مختلف قابهای سازه Tube30(3.2D) ----- ۵۳
برای مقایسه تأخیر برشی در ثانیه ۱۵ ام اعمال شتابنگاشت زلزله Tabas

شکل ۴-۴- نیروی محوری ستونها در طبقات مختلف قابهای سازه Tube45(2D) ----- ۵۵
برای مقایسه تأخیر برشی در ثانیه ۱۵ ام اعمال شتابنگاشت زلزله Tabas

شکل ۴-۵- نیروی محوری ستونها در طبقات مختلف قابهای سازه Tube45(2.67D) ----- ۵۶
برای مقایسه تأخیر برشی در ثانیه ۱۵ ام اعمال شتابنگاشت زلزله Tabas

شکل ۴-۶- نیروی محوری ستونها در طبقات مختلف قابهای سازه Tube45(3.2D) ----- ۵۷
برای مقایسه تأخیر برشی در ثانیه ۱۵ ام اعمال شتابنگاشت زلزله Tabas

شکل ۴-۷- نیروی محوری ستونها در طبقات مختلف قابهای سازه Tube60(2D) ----- ۵۹-۶۰
برای مقایسه تأخیر برشی در ثانیه ۱۵ ام اعمال شتابنگاشت زلزله Tabas

شکل ۴-۸- نیروی محوری ستونها در طبقات مختلف قابهای سازه Tube60(2.67D) ---- ۶۱-۶۲

برای مقایسه تأخیر برشی در ثانیه ۱۵ ام اعمال شتابنگاشت زلزله Tabas

شکل ۴-۹- نیروی محوری ستونها در طبقات مختلف قابهای سازه Tube60(3.2D) ---- ۶۳-۶۴

برای مقایسه تأخیر برشی در ثانیه ۱۵ ام اعمال شتابنگاشت زلزله Tabas

شکل ۴-۱۰- نیروی محوری ستونها در قابهای سازه Tube60(3.2D) برای مقایسه ---- ۶۶

تأخیر برشی در ثانیه های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ ام اعمال شتابنگاشت زلزله حوزه نزدیک (Tabas)

شکل ۴-۱۱- تاریخچه زمان بارهای اعمالی به سازه با المان حذف شده ----- ۷۵

برای آنالیز دینامیکی

شکل ۴-۱۲- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube30(2D) با شتابنگاشت ----- ۷۸

با ضریب افزایش ۱/۴

شکل ۴-۱۳- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube30(2D) با شتابنگاشت ----- ۷۹

با ضریب افزایش ۱/۶

شکل ۴-۱۴- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube30(2D) با شتابنگاشت ----- ۷۹

با ضریب افزایش ۲

شکل ۴-۱۵- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube30(2D) با شتابنگاشت ----- ۸۰

با ضریب افزایش ۲/۳

شکل ۴-۱۶- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube30(2.67D) با شتابنگاشت ----- ۸۱

با ضریب افزایش ۱/۶

شکل ۴-۱۷- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube30(2.67D) با شتابنگاشت ----- ۸۲

با ضریب افزایش ۱/۷

شکل ۴-۱۸- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube30(2.67D) با شتابنگاشت ----- ۸۳

با ضریب افزایش ۱/۸

- شکل ۴-۱۹- حداکثر جابجایی جانبی سازه Tube30(2.67D) با شتابنگاشت ----- ۸۳
با ضریب افزایش ۱/۸
- شکل ۴-۲۰- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube30(3.2D) با شتابنگاشت ----- ۸۴
با ضریب افزایش ۱/۴
- شکل ۴-۲۱- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube30(3.2D) با شتابنگاشت ----- ۸۵
با ضریب افزایش ۱/۵
- شکل ۴-۲۲- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube45(2D) با شتابنگاشت ----- ۸۶
با ضریب افزایش ۱/۸
- شکل ۴-۲۳- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube45(2D) با شتابنگاشت ----- ۸۷
با ضریب افزایش ۲
- شکل ۴-۲۴- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube45(2D) با شتابنگاشت ----- ۸۷
با ضریب افزایش ۲/۲
- شکل ۴-۲۵- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube45(2D) با شتابنگاشت ----- ۸۸
با ضریب افزایش ۲/۳
- شکل ۴-۲۶- حداکثر جابجایی جانبی سازه Tube45(2D) با شتابنگاشت ----- ۸۸
با ضریب افزایش ۲/۳
- شکل ۴-۲۷- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube45(2.67D) با شتابنگاشت ----- ۸۹
با ضریب افزایش ۱/۵
- شکل ۴-۲۸- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube45(2.67D) با شتابنگاشت ----- ۹۰
با ضریب افزایش ۱/۶
- شکل ۴-۲۹- حداکثر جابجایی جانبی سازه Tube45(2.67D) با شتابنگاشت ----- ۹۰
با ضریب افزایش ۱/۶

- شکل ۴-۳۰- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube45(3.2D) با شتابنگاشت ----- ۹۱
با ضریب افزایش ۱/۵
- شکل ۴-۳۱- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube45(3.2D) با شتابنگاشت ----- ۹۲
با ضریب افزایش ۱/۶
- شکل ۴-۳۲- حداکثر جابجایی جانبی سازه Tube45(3.2D) با شتابنگاشت ----- ۹۲
با ضریب افزایش ۱/۶
- شکل ۴-۳۳- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube60(2D) با شتابنگاشت ----- ۹۴
با ضریب افزایش ۱/۶
- شکل ۴-۳۴- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube60(2D) با شتابنگاشت ----- ۹۴
با ضریب افزایش ۱/۷
- شکل ۴-۳۵- حداکثر جابجایی جانبی سازه Tube60(2D) با شتابنگاشت ----- ۹۵
با ضریب افزایش ۱/۷
- شکل ۴-۳۶- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube60(2.67D) با شتابنگاشت ----- ۹۶
با ضریب افزایش ۱/۶
- شکل ۴-۳۷- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube60(2.67D) با شتابنگاشت ----- ۹۶
با ضریب افزایش ۱/۷
- شکل ۴-۳۸- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube60(2.67D) با شتابنگاشت ----- ۹۷
با ضریب افزایش ۱/۸
- شکل ۴-۳۹- حداکثر جابجایی جانبی سازه Tube60(2.67D) با شتابنگاشت -- ۹۸
با ضریب افزایش ۱/۸
- شکل ۴-۴۰- حداکثر جابجایی قائم سازه Tube60(3.2D) با شتابنگاشت ----- ۹۹
با ضریب افزایش ۱/۸

شکل ۴-۴۱- حداکثر جابجایی قائم سازه (Tube60(3.2D) با شتابنگاشت ----- ۹۹

با ضریب افزایش ۱/۹

شکل ۴-۴۲- حداکثر جابجایی جانبی سازه (Tube60(3.2D) با شتابنگاشت --- ۱۰۰

با ضریب افزایش ۱/۹

شکل ۴-۴۳- حداکثر جابجایی قائم سازه (Tube60(4D) با شتابنگاشت ----- ۱۰۱

با ضریب افزایش ۱/۷

شکل ۴-۴۴- حداکثر جابجایی قائم سازه (Tube60(4D) با شتابنگاشت ----- ۱۰۲

با ضریب افزایش ۱/۸

شکل ۴-۴۵- حداکثر جابجایی جانبی سازه (Tube60(4D) با شتابنگاشت ---- ۱۰۲

با ضریب افزایش ۱/۸

فصل پنجم

شکل ۵-۱- مقایسه حداکثر شتابنگاشت قابل تحمل در سازه های ۳۰ طبقه ---- ۱۰۴

لوله در لوله فولادی

شکل ۵-۲- مقایسه حداکثر شتابنگاشت قابل تحمل در سازه های ۴۵ طبقه ---- ۱۰۶

لوله در لوله فولادی

شکل ۵-۳- مقایسه حداکثر شتابنگاشت قابل تحمل در سازه های ۶۰ طبقه ---- ۱۰۶

لوله در لوله فولادی

شکل ۵-۴- مقایسه حداکثر شتابنگاشت قابل تحمل در سازه های ----- ۱۰۸

لوله در لوله با فاصله ستونهای ۲ متر

شکل ۵-۵- مقایسه حداکثر شتابنگاشت قابل تحمل در سازه های ----- ۱۰۹

لوله در لوله با فاصله ستونهای ۲/۶۷ متر

شکل ۵-۶- مقایسه حداکثر شتابنگاشت قابل تحمل در سازه‌های----- ۱۱۰

لوله در لوله با فاصله ستونهای ۳/۲ متر

فهرست پیوست‌ها

پیوست شماره ۱- طیف های پاسخ زوج های شتابنگاشت برای مقیاس کردن شتابنگاشتها ----- ۱۱۵-۱۳۵

پیوست شماره ۲- مشخصات فیزیکی مقاطع و مقاطع به کار رفته در سازه های مدل لوله در لوله -- ۱۳۶-۱۴۹

پیوست شماره ۳- مفاصل پلاستیک شکل گرفته در سازه های مدل تحت اثر شتابنگاشتهای ---- ۱۵۰-۱۸۶

افزایش یافته در بازه های زمانی متفاوت

پیوست شماره ۴- سطوح عملکرد در سازه های مدل لوله در لوله تحت اثر شتابنگاشتهای ----- ۱۸۷-۲۳۷

افزایش یافته

فصل اول

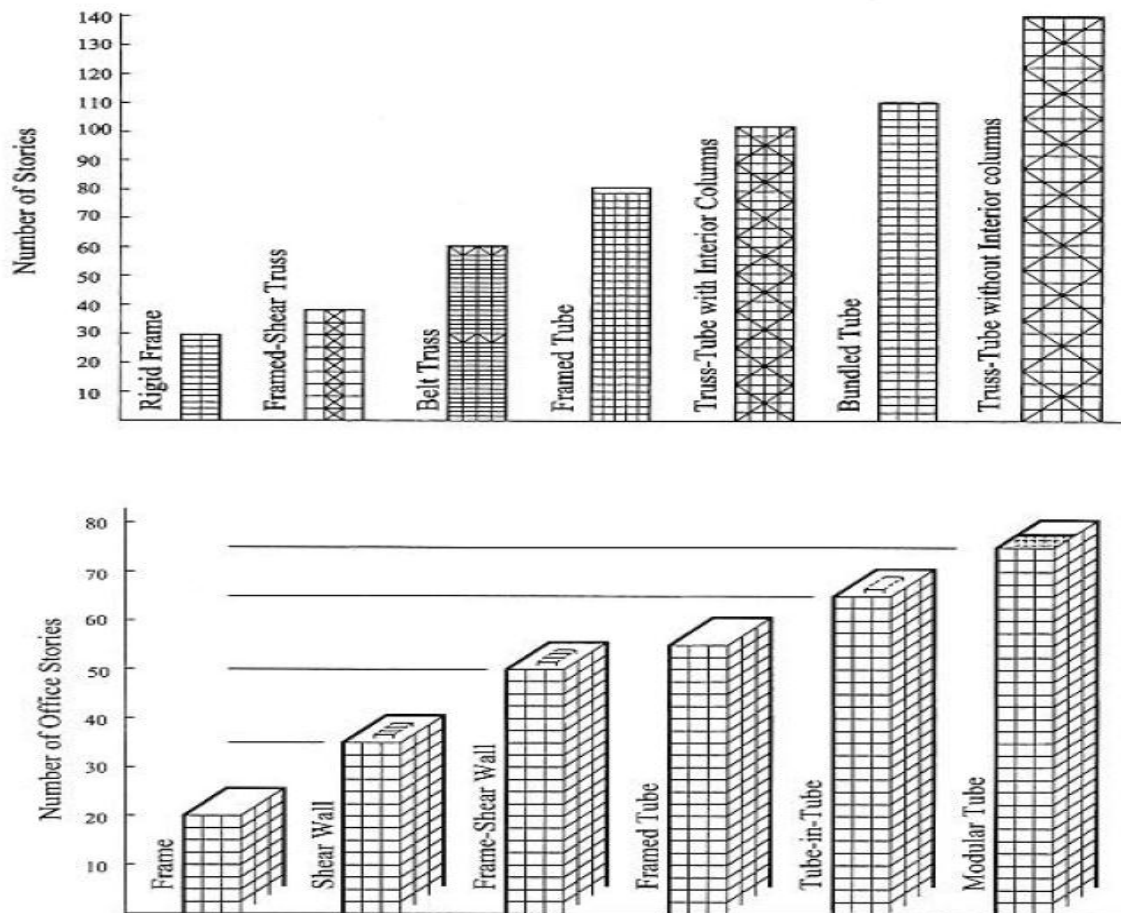
کلیات و طرح مسأله

مقدمه - اسکلت سازه های اولیه ساختمانهای بلند را می توان به عنوان تیرطره ای عمودی با پایه گیردار در زمین تصور نمود. سازه بایستی نیروهای قائم ثقلی و جانبی باد و زلزله را حمل کند. بارهای ثقلی شامل بار مرده و زنده است. بارهای جانبی تمایل به واژگونی یا شکست ساختمان دارند، بنابراین ساختمان بایستی مقاومت خمشی و برشی مناسبی داشته باشد و در عین حال نباید ظرفیت باربری قائم خود را از دست بدهد.

فضلورخان برای اولین بار متوجه شد که هرچه ساختمان بلندتر شود، افزایش ارتفاع باعث افزایش شدید بارهای جانبی و تقاضا روی سیستم سازه ای می شود و در نتیجه آن، مصالح سازه کلی به طرز شدیدی افزایش می یابد. اگر هیچ بار جانبی مانند باد یا زلزله به سازه وارد نشود، می توان سازه را صرفاً برای بارهای ثقلی طراحی نمود. سیستم قاب کف معمولاً اغلب بارهای ثقلی آن طبقه را تحمل می کند، گرچه تیرهای بین ستونها هرچه به فونداسیون نزدیکتر شویم لازم است بزرگتر شوند تا بارهای جانبی افزایش یافته را تحمل کرده و سختی ساختمان را افزایش دهند. ابعاد ستونها با نزدیک شدن به فونداسیون بدلیل افزایش بارهای ثقلی تجمعی منتقل شده از طبقات بالاتر به تدریج افزایش می یابد.

به علاوه، لازم است ابعاد ستونهای نزدیک به فونداسیون بزرگتر شوند تا در مقابل بارهای جانبی مقاومت کنند. نتیجه نهایی این است که هرچه ساختمان بلندتر شود و نوسان ساختمان در مقابل بار جانبی بحرانی شود، تقاضای بزرگتری روی تیرها و ستونها ایجاد می شود، که باعث ایجاد قاب صلب برای تحمل نیروهای جانبی می شود. بر همین اساس، فضلورخان استدلال کرد که اگر ارتفاع به بیش از ۱۰ طبقه افزایش یابد، جابجایی کنترل کننده طراحی است و سختی به جای مقاومت نقش اصلی را بازی می کند، لذا هزینه برای افزایش ارتفاع به سرعت با تعداد طبقات افزایش می یابد. به همین دلیل، خان تشخیص داد که سیستم سازه ای باید با توجه به تأثیر نسبی آن در مقاومت جانبی برای ساختمانها به بازه های ۲۰ تا ۳۰ طبقه تقسیم شود. [۱]

همچنین وی بر پایه مطالعات و تجربیات خویش برای انواع سیستمهای ساختمانی، محدودیتهای ارتفاعی را برای کاهش هزینه اجرا و بهبود عملکرد سازه ای لحاظ نمود. شکل ۱-۱ شامل این محدوده های ارتفاعی است که توسط فضلورخان تنظیم شده است. وی نمودار بالای شکل ۱-۱ را برای سازه های فولادی و نمودار پایین را برای سازه های بتنی مسلح پیشنهاد نموده است.



شکل ۱-۱: تقسیم بندی سیستمهای سازه‌ای ساختمانهای بلند توسط فضلورخان [۱]

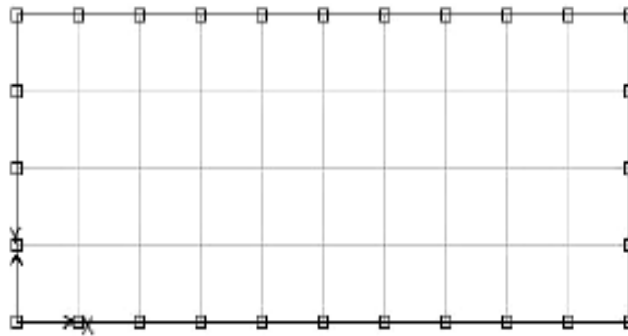
(نمودار بالا برای سازه های فولادی و نمودار پایین برای سازه های بتنی مسلح)

۱-۱- انواع سیستمهای لوله‌ای

قابهای لوله ای سازه‌های فضایی سه بعدی هستند که از اتصال قابهای متقاطع در پلان در گوشه ها با ستونهای سخت کناری ساخته می شوند. قاب لوله ای مرسوم شامل ستونهای نزدیک به هم و به فواصل حدود $1/5$ تا $4/5$ متر که در محیط پیرامونی ساختمان توزیع شده‌اند و تیرهای عمیق پیرامونی با عمق حدود $0/6$ تا $1/2$ متر که ستونهای محیطی را با اتصال صلب به هم متصل می کند، می باشد. [۱] این سیستم در طول زمان و بدلیل برخی محدودیتهای و نواقص دستخوش تغییراتی شده و انواع این سیستم ایجاد شده است که برخی از آنها به شرح زیر هستند.

۱-۱-۱- سیستم قاب لوله ای با لوله خارجی (External Tube Frame System)

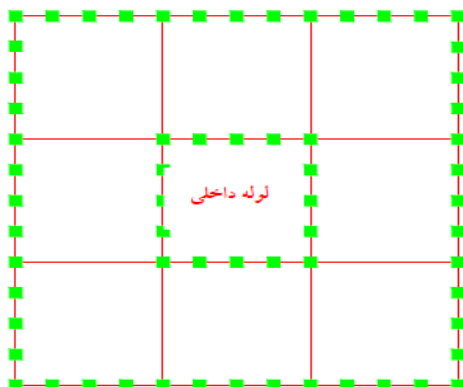
اولین نوع سیستم قاب لوله ای توسط دکتر فضلور رحمان خان معرفی گردید. در این سیستم تمام ستونها در محیط ساختمان و به فواصل نزدیک از هم قرار گرفته و توسط تیرهای پیرامونی عمیق به هم متصل شده‌اند. این نوع چیدمان به سازه اجازه می‌دهد مانند تیر جعبه‌ای توخالی طره‌ای رفتار نماید. همچنین با توجه به توزیع ستونها و تیرها در پیرامون سازه، فضای کاربری وسیعی در مرکز ساختمان فراهم می‌گردد. ضعف عمده این سیستم ایجاد تأخیر برشی در سازه و افزایش نیروی محوری در ستونهای گوشه به نسبت ستونهای میانی می‌باشد. (شکل ۲-۱)



شکل ۲-۱: سیستم قاب لوله ای [۱]

۱-۱-۲- سیستم لوله در لوله (Tube in Tube system)

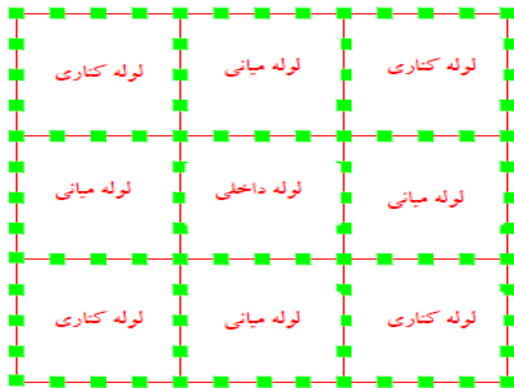
برای کم کردن اثر تأخیر برشی در قابهای لوله‌ای و توزیع یکنواخت تر نیروی محوری در ستونهای پیرامونی، سیستم لوله در لوله پیشنهاد گردید. در این سیستم یک لوله مرکزی در وسط سازه قرار می‌گیرد و دیافراگم صلب طبقات به لوله خارجی متصل می‌گردد. در این حالت عمده بارهای ثقلی توسط لوله داخلی و بارهای جانبی توسط لوله خارجی تحمل می‌شود. (شکل ۳-۱)



شکل ۳-۱: سیستم لوله در لوله [۱]

۳-۱-۱- سیستم لوله های دسته بندی شده (Bundled Tube system)

این سیستم از لوله های مجزا که در کنار یکدیگر قرار گرفته اند تشکیل شده است. در آنالیز و طراحی این سیستم اثر متقابل لوله های مجاور روی یکدیگر باید مدنظر قرار گیرد. این سیستم اثر تأخیر برشی را کاهش می دهد. یکی از قابلیت های این سیستم امکان حذف لوله ها در ارتفاع سازه می باشد. دیگر قابلیت این سیستم، تفکیک فضاها و معماری زیبای آن می باشد. (شکل ۴-۱)



شکل ۴-۱: سیستم لوله دسته بندی شده [۱]

۴-۱-۱- سیستم لوله مهاربندی شده (Braced Tube System)

هریک از سیستم های لوله ای یاد شده را می توان با استفاده از انواع مهاربند (مهاربند مورب فولادی، مهاربند خرپایی، مهاربند خرپای کمربندی و دیوار برشی بتن مسلح) در مقابل نیروی جانبی مقاوم نمود. در این حالت کل سیستم لوله ای بارهای ثقلی و مهاربندها بارهای جانبی را تحمل می کنند. در این نوع سیستم تأخیر برشی و اختلاف میزان نیروی محوری در ستونهای گوشه و میانی کاهش می یابد و سازه عملکرد مناسبی در مقابل بارهای جانبی دارد.

۲-۱- خرابی پیشرونده در سازه ها

خرابی پیشرونده در طول زمان و در آیین نامه های مختلف به صورتهای گوناگون تعریف شده است ولی اصولاً پدیده ای که در آن خرابی جزئی محلی از المانی به المان دیگر گسترش می یابد و نهایتاً باعث خرابی کل سازه یا گسترش غیرمتجانس خرابی اولیه می گردد به عنوان خرابی پیشرونده شناخته می شود.

خرابی پیشرونده یک مکانیزم خرابی سازه ای فاجعه بار است. در ابتدا این پدیده توجه مهندسان سازه را پس از خرابی ناگهانی برج آپارتمان ۲۲ طبقه Ronan Point در شهر Canning انگلیس در ۱۶ می سال ۱۹۶۸ به خود جلب کرد. علت خرابی

ساختمان خطای انسانی و انفجار گاز بود که پانلهای بتنی نزدیک گوشه طبقه ۱۸ ام را ویران کرد. خرابی آن المان باعث خرابی طبقات بالاتر شد. پس از آن آیین نامه های ساختمانی در بسیاری کشورها به روز شد تا شامل قوانین ممانعت از این نوع خرابی گردد.

در طی حدود سه دهه از گسترش مطالعه روی خرابی پیشرونده، موارد دیگری از خرابی پیشرونده سازه در اوکلاهما سیتی آمریکا در ۱۹ آوریل ۱۹۹۵ رخ داد. ساختمان اداری Alfred P. Murrah بر اثر انفجار خودروی بمب گذاری شده که به سه ستون تراز همکف برخورد کرد و سپس خرابی پیشرونده در تمام ساختمان رخ داد، ویران شد. جهان یک بار دیگر وقتی ساختمان مرکز تجارت جهانی در شهر نیویورک آمریکا بر اثر برخورد هواپیمای جت در ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۱ تخریب گردید، شوکه شد. این سه حادثه که در شکل ۱-۵ نشان داده شده اند مرحله مهمی در گسترش آیین نامه ها و استانداردها برای جلوگیری از خرابی پیشرونده ساختمانها است. [۲]

در "بهترین عملکرد برای کاهش پتانسیل خرابی پیشرونده در ساختمانها" که توسط NIST منتشر شده، بارهای خطر غیرعادی که می تواند منجر به خرابی پیشرونده شود به صورت زیر دسته بندی شده اند:

برخورد هواپیما، خطای طراحی و اجرا، آتش، انفجار گاز، بار زیاد تصادفی باد، مصالح پرخطر، تصادف خودرو، انفجار بمب و ... از آنجا که این خطرات دارای کمترین احتمال رخداد هستند، ممکن است در طراحی سازه های مورد توجه قرار نگیرند. اغلب آنها دارای مشخصات عمل در زمان کوتاه و بزرگی اندازه و پاسخهای دینامیکی هستند.

براساس مطالب بالا مشخص است که تاکنون مطالعه و بررسی جامعی در مورد خرابی پیشرونده در سازه های لوله در لوله تحت اثر بارهای لرزه ای صورت نپذیرفته است. تحقیقات گذشته در مورد سازه های لوله ای منحصر به سازه لوله ای خارجی و حذف گزینشی المانهای ستون در طبقه اول بوده است. حال آنکه در جریان وقوع زلزله، المانهایی که دچار خرابی شده اند از قبل قابل پیش بینی نیستند. لذا لازم است با افزایش نیروی جانبی لرزه ای (در اینجا از طریق افزایش ضریب شتابنگاشت اعمالی به سازه) روند شکل گیری مفاصل پلاستیک در این نوع سازه ها کنترل و منطبق با این نتایج در مورد حذف یا جایگزینی المانها تصمیم گیری نمود.

با توجه به خاصیت دینامیکی بارهای لرزه ای و نکات ذکر شده درباره دقت و صحت انواع آنالیزها، در این مطالعه آنالیز دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی مورد استفاده قرار گرفته است. برای بررسی پتانسیل خرابی پیشرونده در سازه های لوله در لوله در اینجا از سه مدل سازه ای با تعداد طبقات ۳۰، ۴۵ و ۶۰ و فاصله محور به محور ستونهای ۲، ۲/۶۷ و ۳/۲ متر استفاده شده است. لذا نتایج امکان مقایسه رفتار این نوع سیستم سازه ای از نظر ارتفاع سازه و فاصله ستونها در برابر خرابی پیشرونده را ممکن خواهد ساخت.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۱-۵: خرابی پیشرونده در (الف) برج Ronan Point، (ب) ساختمان Alfred P. Murrah و (ج) برج مرکز تجارت جهانی آمریکا [۳]