بسم الله الرحمن الرحیم

تمامی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از پژوهش موضوع این پایان‌نامه، متعلق به دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان است.

دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد

رشته‌ی عمران گرایش سازه

عنوان پایان‌نامه

ارتعاش سازه‌های بلند با سیستم ترکیبی قاب محیطی، هسته‌ی مرکزی، مهاربازویی و کمربند خرپایی ناشی از بار انفجار

استاد راهنما

دکتر یاسر شریفی

نگارنده

حامد آویز

مهر ۱۳۹۲

دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد

رشته‌ی عمران گرایش سازه

آقای حامد آویز با عنوان

ارتعاش سازه‌های بلند با سیستم ترکیبی قاب محیطی، هسته‌ی مرکزی، مهاربازویی و کمربند خرپایی ناشی از بار انفجار

در تاریخ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد/ استادان راهنمای پایان‌نامه دکتر یاسر شریفی با مرتبه‌ی علمی استادیار امضاء

۲- استاد/ استادان داور داخل گروه دکتر با مرتبه‌ی علمی امضاء

۳- استاد/ استادان داور خارج از گروه دکتر با مرتبه‌ی علمی امضاء

۴ – نماینده‌ی تحصیلات تکمیلی دکتر با مرتبه‌ی علمی امضاء

ستایش و سپاس بی کران بایسته آن ایزد دانایی است که چراغ علم را در اندیشه انسان فروزان می دارد، تا در پرتو آن خود را از بندگی جهل برهاند و به آزادی و بهروزی دست یابد.

سپاس بی کران از پدر و مادر بزرگوارم...

که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند و دعای خیرشان همواره بدرقه راهم بوده است.

از استاد محترم راهنما، جناب آقای دکتر یاسر شریفی به خاطر رهنمودهای ارزنده و مساعدت های بی دریغشان و همچنین از جناب آقای دکتر عباس عسکری زاده به خاطر قبول زحمت داوری این پایان نامه، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از همسرم که با صبوری در این مسیر مرا یاری نموده و همواره پشتیبان و مشوق من بوده اند، کمال تشکر را دارم.

از خواهران و برادرانم و همه کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این پژوهش یاری نموده اند سپاسگذارم. باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

مهرماه ۱۳۹۲

دست‌مایه این پژوهش را صادقانه به صفای بی‌همتای

پدر و مادر عزیزم

آنان که حس تعهد و مسئولیت را در زندگیمان، تلالوئی خدایی داده است

تقدیم می‌دارم.

چکیده:

با توجه به حوادث ناگوار دهه اخیر و احتمال بروز انفجار در اطراف انواع سازه‌ها به‌خصوص ساختمان‌های بلند مرتبه و با اهمیت زیاد که منجر به خسارات جانی و سازه‌ای می‌شود و همچنین احتمال خسارات و صدمات ساختمان‌های مسکونی و اداری موجود در نزدیکی کارخانه‌های اسلحه‌سازی، پالایشگاه‌های نفت، گاز و تأسیسات هسته‌ای نیاز به توجه بیشتر به تأثیر بارگذاری‌های ناشی از این عوامل بر سازه‌ها، علاوه بر بارگذاری متداول مرده، زنده، باد و زلزله، احساس می‌شود. رویدادهای تروریستی معمولاً ورای توانایی کشورها برای جلوگیری از چنین حوادثی هستند. در پاسخ به تهدیدهای بالقوه ناشی از حملات تروریستی به سازه‌های شهری، مؤسسات مختلف دفاعی و مراکز تحقیقات در حال بررسی روش‌های طراحی و تکنیک‌های خاص طراحی این‌گونه سازه‌ها هستند. در مطالعه حاضر، بررسی تأثیر انفجار بر پاسخ و رفتار ساختمان‌های بلند با سیستم ترکیبی قاب محیطی، هسته‌ی برشی، مهار بازویی و کمربند خرپایی با ارائه روشی ساده و تقریبی مورد نظر می‌باشد.

در تحقیق حاضر، روشی ساده، جهت محاسبه‌ی پاسخ دینامیکی سازه‌های بلند قاب محیطی که دارای سیستم مهاربند بازویی، کمربند خرپایی و هسته‌ی دیوار برشی می‌باشند، در برابر بار ایجاد شده از انفجار ارائه شده است. در این مجموعه جهت مدل نمودن ساختمان، ابتدا سازه بلند با سیستم ترکیبی قاب محیطی به همراه مهار بازویی، کمربند خرپایی و هسته‌ی برشی را به یک تیر طره که اثرات تغییر شکل برشی و خمشی در آن در نظر گرفته شده مدل‌سازی می‌شود. فنر پیچشی در تراز کمربند خرپایی و مهار بازویی، بر تیر اثر می‌کند، و سپس با استفاده از روش لنگر- سطح معادله تابع شکل تیر طره با بار یکنواخت، خطی و درجه دوم به دست آورده می‌شود. در نهایت با مساوی قرار دادن انرژی جنبشی، انرژی کرنشی و کار انجام شده بر روی تیر طره، و سازه یک درجه آزادی معادل، ضرایب مورد نظر استخراج می‌شود که می‌توان با تغییر محل مهار بازویی در هر موقعیت دلخواه، ضریب بار- جرم را به دست آورد. بنابراین سازه با سیستم ترکیبی را به سازه یک درجه آزادی معادل تبدیل کرده و سپس پاسخ این سیستم، در برابر بار حاصل از انفجار بررسی می‌شود. نتایج به دست آمده از روش تقریبی ارائه شده و انجام شده در گزارش حاضر، و روش نسبتاً دقیق اجزاء محدود، با هم اختلاف بسیار جزئی دارند و این نشان می‌دهد که دقت روش ارائه شده مناسب می‌باشد.

کلمات کلیدی: بار انفجار، ساختمان‌های بلند، مهاربازویی، هسته‌ی برشی، سیستم یک درجه آزادی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- اهداف ۵

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده

۲-۱- مروری بر تحقیقات انجام شده ۶

فصل سوم : تاریخچه ساختمان‌های بلند

۳-۱ تاریخچه ساختمان‌های بلند ۱۳

فصل چهارم: بررسی انواع سیستم‌های مقاوم در برابر بار جانبی در ساختمان‌های بلند

۴-۱- مقدمه ۲۱

۴-۲- بررسی انواع سیستم‌های مقاوم در برابر بارهای جانبی ۲۴

۴-۲-۱- قاب‌های مهاربندی شده ۲۱

۴-۲-۲- قاب‌های صلب ۲۳

۴-۲-۳- دیوار برشی ۲۴

۴-۲-۴- دیوارهای برشی کوپل ۲۵

۴-۲-۵- سازه های قاب- دیوار ۲۵

۴-۲-۶- قاب‌های محیطی ۲۶

۴-۲-۷- سیستم‌های مرکب از دیوار برشی و قاب توأم با خرپاهای کمربندی ۲۸

۴-۲-۸- سیستم لوله‌ای تو در تو و قاب محیطی مهاربندی شده ۲۹

فصل پنجم: معرفی و بارگذاری ناشی از انفجار

۵-۱- مقدمه ۳۲

۵-۲- امواج ناشی از انفجار ۳۲

۵-۲-۱- موج ضربه ۳۲

۵-۲-۲- موج فشار ۳۳

۵-۳- انتشار موج انفجار ۳۳

۵-۴- طبقه‌بندی بارهای انفجاری ۳۴

۵-۵- انفجار در هوا ۳۵

۵-۵-۱- فشار مبنای انفجار p_{so} ۳۵

۵-۵-۱-۱- روابط براد ۳۵

۵-۵-۱-۲- روابط هنریش ۳۶
۵-۵-۲- فشار دینامیکی ۳۶
۵-۵-۳- بازتاب (انعکاس) موج انفجار و فشارهای ناشی از آن ۳۶
۵-۵-۴- پارامترهای مهم موج انفجار در هوا ۳۷
۵-۵-۵- بارگذاری خارجی سازه در اثر انفجار ۳۸
۵-۵-۵-۱- بارگذاری دیوار جلویی (روبروی جبهه موج انفجار) ۳۹
۵-۵-۵-۲- دیوارهای جانبی ۳۹
۵-۵-۵-۳- بارگذاری سقف ۴۰
۵-۵-۵-۴- بارگذاری دیوار پشت ۴۰
۵-۶- انفجارهای سطحی ۴۰

فصل ششم: پاسخ دینامیکی سازه‌های بلند با سیستم ترکیبی قاب‌محیطی، هسته‌ی مرکزی، مهاربازویی و کمربند خرپایی در برابر بار انفجار

۶-۱- مقدمه ۴۲
۶-۲- روش تقریبی برای تحلیل سازه‌های ترکیبی ۴۳
۶-۲-۱- فرمول‌بندی و حل مسئله ۴۳
۶-۲-۲- ضریب بار- جرم برای تیر لاغر ۴۸
۶-۲-۳- ضریب بار- جرم برای تیر برشی ساده ۵۱
۶-۲-۴- ضریب بار- جرم برای تیر غیرلاغر ۵۲
۶-۳- پاسخ دینامیکی سیستم یک درجه آزادی به بار انفجار ۵۴
۶-۳-۱- پاسخ به ضربه واحد ۵۵

فصل هفتم: کاربرد روش ارائه شده

۷-۱- مقدمه ۵۷
۷-۲- مثال‌هایی از پاسخ دینامیکی سازه‌های بلند تحت اثر بار انفجار ۵۷
۷-۲-۱- سازه ترکیبی قاب محیطی، هسته‌ی برشی، کمربند خرپایی و مهار بازویی و قرارگیری کمربند در محل‌های مختلف ارتفاع ، تحت بار یکنواخت ۵۷

۷-۲- ۲- سازه ترکیبی قاب محیطی، هسته‌ی برشی، کمربند خرپایی و مهار بازویی و قرارگیری کمربند در محل بهینه، تحت بار یکنواخت، خطی و درجه دوم ناشی از انفجار ۶۶

فصل هشتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۸-۱- نتیجه‌گیری ۷۷

۸-۲- پیشنهادهائی برای مطالعات آینده ۷۹

مراجع ۸۰

فهرست اشکال

فصل دوم

شکل (۲-۱) ساختمان فدرال مورا در کنار ساختمان‌های اطراف ۱۱

شکل (۲-۲) قسمت نزدیک به محل انفجار ۱۱

شکل (۲-۳) نمای کلی ساختمان آسیب دیده مورا ۱۱

شکل (۲-۴) ساختمان الخبر در عربستان ۱۲

فصل سوم

شکل (۳-۱) ساختمان مونادنک ۱۴

شکل (۳-۲) ساختمان ۲۰ طبقه ماسونیک تمپل ۱۵

شکل (۳-۳) برج متروپولیتن ۱۵

شکل (۳-۴) ساختمان ۱۰۲طبقه امپایراستیت ۱۵

شکل (۳-۵) ساختمان جان هانکوک ۱۵

شکل (۳-۶) ساختمان مرکز تجارت جهانی ۱۶

شکل (۳-۷) برج سیرز ۱۶

شکل (۳-۸) برج‌های دوقلوی پطروناس ۱۶

شکل (۳-۹) ساختمان آپارتمانی اوگوست پرت ۱۷

شکل (۳-۱۰) ساختمان ۱۶ طبقه اینگال ۱۷

شکل (۳-۱۱) برج خلیفه ۱۷

شکل (۳-۱۲) گل صحرایی هیمنوکالیس ۱۷

شکل (۳-۱۳) ساختمان‌های مرتفع ۱۸

شکل (۳-۱۴) برج میلنیوم ۱۹

شکل (۳-۱۵) انواع برج ۱۹

فصل چهارم

شکل (۴-۱) انواع بادبندها ۲۲

شکل (۴-۲) ساختار دیوارهای برشی کوپل ۲۴

شکل (۴-۳) ساختار قاب- دیوار ۲۵
شکل (۴-۴) الف- دیوارتحت اثر بار افقی گسترده، ب- قاب تحت اثر بار افقی گسترده، پ- سازه قاب-دیوار تحت اثر بار افقی ۲۶
شکل (۴-۵) الف- سازه قاب محیطی. ب- توزیع تنش‌های محوری در قاب محیطی ۲۷
شکل (۴-۶) سیستم خرپای کمربندی ۲۹
شکل (۴-۷) قاب لوله‌ای معادل سازی شده با لوله‌های داخلی ۳۰
شکل (۴-۸) پلان سازه لوله در لوله معادل ۳۰
شکل (۴-۹) قاب لوله‌ای مهاربندی شده ۳۰

فصل پنجم

شکل (۵-۱) موج ضربه ناشی از انفجار ۳۳
شکل (۵-۲) افت فشار نسبت به فاصله از محل انفجار ۳۳
شکل (۵-۳) اعمال بار انفجار روی سازه در فاصله نسبتاً دور ۳۴
شکل (۵-۴) موقعیت بارهای انفجار ۳۵
شکل (۵-۵) پارامترهای انفجار برای مقدار TNT معادل ۳۷
شکل (۵-۶) فشار استاتیکی (p) و دینامیکی (q) حاصل از انفجار بر حسب فاصله مقیاس شده ۳۸
شکل (۵-۷) بارگذاری عمومی انفجار برای یک ساختمان معمولی ۳۹
شکل (۵-۸) مقادیر ضریب کاهشی C_e اضافه فشار حداکثر انفجار ۳۹

فصل ششم

شکل (۶-۱) تبدیل سازه ترکیبی به سیستم یک درجه آزادی معادل ۴۴
شکل (۶-۲) مدل شماتیک اثر سه نوع بار گسترده یکنواخت، خطی و درجه دو ۴۶
شکل (۶-۳) الف- مهاربازویی متصل به لبه هسته ؛ ب- تیر معادل مهاربازویی متصل به مرکز هسته ۴۷
شکل (۶-۴) مدل جرم- فنر سیستم یک درجه آزادی ۵۵
شکل (۶-۵) پروفایل فشار- زمان ایده‌آل ۵۵

فصل هفتم

شکل (۷-۱) پلان سازه با سیستم ترکیبی ۵۸
شکل (۷-۲) محل قرارگیری کمربند خرپایی در نقاط مختلف ارتفاع سازه ۵۹

شکل (۷-۳) مقایسه روش تقریبی و نرم افزار در جابجایی بالای سازه شماره ۳ (محل بهینه کمربند) ۶۱
شکل (۷-۴) جابجایی ماکزیمم بالای سازه تحت اثر بار یکنواخت حاصل از انفجار ۶۳
شکل (۷-۵) جابجایی سازه در تراز کمربند خرپایی در محل‌های مختلف ۶۴
شکل (۷-۶) مقایسه برش پایه سازه با در نظر گرفتن کمربند در محل‌های مختلف تحت اثر بار انفجار ۶۴
شکل (۷-۷) اثر میرایی در جابجایی تراز کمربند خرپایی در سازه شماره ۳ (محل بهینه کمربند) ۶۵
شکل (۷-۸) تغییر شکل ساختمان در بازه‌های زمانی مختلف تحت اثر انفجار ۶۶
شکل (۷-۹) شکل مد اولین فرکانس ارتعاشی سازه با یک کمربندخرپایی در موقعیت‌های مختلف تحت اثر انفجار ۶۷
شکل (۷-۱۰) تغییر شکل سازه تحت اثر انفجار در لحظه $t = .02$ ثانیه ۶۷
شکل (۷-۱۱) پلان سازه با سیستم ترکیبی ۶۸
شکل (۷-۱۲) سازه با یک کمربند خرپایی در موقعیت بهینه ۶۹
شکل (۷-۱۳) مقایسه جابجایی ماکزیمم سازه با روش تقریبی و نرم افزار تحت بار یکنواخت حاصل از انفجار ۷۱
شکل (۷-۱۴) مقایسه جابجایی ماکزیمم سازه با روش تقریبی و نرم افزار تحت بار خطی حاصل از انفجار ۷۱
شکل (۷-۱۵) مقایسه جابجایی ماکزیمم سازه با روش تقریبی و نرم افزار تحت بار درجه دو حاصل از انفجار ۷۱
شکل (۷-۱۶) جابجایی ماکزیمم سازه تحت اثر بارهای مختلف حاصل از انفجار ۷۲
شکل (۷-۱۷) جابجایی سازه در تراز قرارگیری کمربند خرپایی ۷۳
شکل (۷-۱۸) برش پایه سازه تحت اثر بارهای مختلف حاصل از انفجار ۷۳
شکل (۷-۱۹) تغییر شکل سازه تحت اثر بار یکنواخت حاصل از انفجار در زمان‌های مختلف ۷۴
شکل (۷-۲۰) تغییر شکل سازه تحت اثر بار خطی حاصل از انفجار در زمان‌های مختلف ۷۴
شکل (۷-۲۱) تغییر شکل سازه تحت اثر بار درجه دو حاصل از انفجار در زمان‌های مختلف ۷۴
شکل (۷-۲۲) مد شکل سازه تحت اثر بار یکنواخت حاصل از انفجار ۷۵
شکل (۷-۲۳) مد شکل سازه تحت اثر بار خطی حاصل از انفجار ۷۵
شکل (۷-۲۴) مد شکل سازه تحت اثر بار درجه دو حاصل از انفجار ۷۵
شکل (۷-۲۵) تغییر شکل سازه تحت اثر بار یکنواخت و درجه دوم حاصل از انفجار در لحظه $t = .07$ ثانیه ۷۶

فهرست جداول

جدول ۵-۱ مقادیر ضریب مکش C_d برای محاسبه حداکثر اضافه فشار ۴۰

جدول ۶-۱ ضرایب بار- جرم تیر برشی ساده ۵۱

جدول ۷-۱ مشخصات بار انفجار ۵۹

جدول ۷-۲ ضریب بار–جرم برای تیر غیرلاغر ۵۹

جدول ۷-۳ مقایسه فرکانس طبیعی سازه تحت اثر بار یکنواخت حاصل از انفجار ۶۰

جدول ۷-۴ پاسخ ماکزیمم سازه تحت اثر بار یکنواخت انفجار ۶۰

جدول ۷-۵ جابجایی ماکزیمم بالای سازه تحت اثر بار استاتیکی یکنواخت ۶۰

جدول ۷-۶ مشخصات دینامیکی بار انفجار وارده به سازه ۶۸

جدول ۷-۷ ضریب بار–جرم برای تیر غیر لاغر ۶۹

جدول ۷-۸ فرکانس طبیعی سازه با استفاده از روش تقریبی و نرم افزار ۷۰

جدول ۷-۹ ماکزیمم جابجایی بالای سازه با استفاده از روش تقریبی و نرم افزار ۷۰

فصل اول

مقدمه و اهداف

۱-۱- مقدمه

انفجار حاصل آزاد شدن ناگهانی انرژی است که می‌تواند به صورت احتراق گازها، انفجار هسته‌ای یا در اثر انواع مختلف بمب باشد. از مشخصه‌های اساسی یک انفجار که باعث وارد شدن نیرو بر سازه می‌شود، می‌توان به اتفاقی بودن موقعیت انفجار، دینامیکی و گذرا بودن نیروها و زمان اثر کم (چند میلی‌ثانیه تا چند ثانیه) اشاره کرد. هنگامی که یک انفجار صورت می‌گیرد، انرژی به صورت ناگهانی آزاد می‌شود. اثر این آزاد شدن انرژی را می‌توان به بخش تشعشعات حرارتی و انتشار امواج در زمین و هوا تقسیم کرد که در این تحقیق بخش پنجم مورد توجه است. امواجی از انفجار که در هوا منتشر می‌شوند، عامل اصلی تخریب سازه هستند. این امواج با سرعتی بیش از سرعت صوت حرکت کرده و به سازه برخورد می‌کنند. در اثر بازتاب این امواج بر روی سطح سازه، فشار حاصل از آن‌ها افزایش می‌یابد. همچنین بخشی از امواج هوایی از طریق درها، پنجره و بازشوها به داخل سازه نفوذ کرده و اعضای داخلی سازه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در حین این جریان، انکسار امواج نیز در گوشه‌های سازه رخ می‌دهد که می‌تواند سبب کاهش یا افزایش فشار حاصل از موج شود. این فرایند تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که همه محیط قابل دسترسی سازه تحت اثر فشار موج قرار گیرد. از طرف دیگر، امواجی که با زمین برخورد می‌کنند، در مسیر حرکت خود، مولکول‌های هوا را فشرده کرده و یک فشار کلی محیطی (فشار اتفاقی) ایجاد می‌کند. بسیاری از کشورها قربانی حملات تروریستی در شکل وسیعی هستند. با توجه به حوادث دهه اخیر و

احتمال بروز انفجار در اطراف ساختمان‌های با اهمیت زیاد که منجر به خسارات جانی و سازه‌ای می‌شود و همچنین دیگر ساختمان‌های مسکونی و اداری موجود در نزدیکی کارخانه‌های اسلحه‌سازی و پالایشگاه‌های نفت و گاز و تأسیسات هسته‌ای که احتمال خسارات ناشی از انفجار این تأسیسات در آن‌ها وجود دارد، نیاز به توجه بیشتر به بارگذاری‌های ناشی از این دسته، علاوه بر بارگذاری متداول مرده، زنده، باد و زلزله، احساس می‌شود. رویدادهای تروریستی معمولاً ورای توانایی کشورها برای جلوگیری از چنین حوادثی هستند. در پاسخ به تهدیدهای بالقوه ناشی از حملات تروریستی به سازه‌های شهری، مؤسسات مختلف دفاعی و مرکز تحقیقات، در حال بررسی روش‌های طراحی و تکنیک‌های خاص برای طراحی‌های مقاوم و مناسب هستند.

از ابتدای تمدن بشری، برج‌ها و ساختمان‌های بلند مورد توجه بوده‌اند. ساخت ساختمان‌های بلند ابتدا با هدف دفاع شروع شده و سپس جنبه‌های نمادی و کاربردی پیدا کرد. رشد و توسعه ساختمان‌های بلند جدید در دهه ۸۰ قرن نوزدهم با کاربرد تجاری و مسکونی شروع شد. ایجاد ساختمان‌های تجاری در ابتدا پاسخی به تقاضای جامعه بازرگانی بود، که نیاز داشتند تا حد امکان به یکدیگر و به مراکز شهرها نزدیک باشند. این مسأله باعث شد که بر فضای افقی محدوده مراکز شهرها فشار زیادی اعمال شود. سازه‌های بلند به خاطر این که معمولاً از نظر ظاهری شاخص هستند، مدیریت‌های تجاری از آن به عنوان وسیله تبلیغی نیز استفاده می‌کنند. از طرف دیگر جامعه تجاری و توریستی، به دلیل کثرت مراجعه و بازدهی اقتصادی مطلوب، علاقه‌مند به ایجاد هتل‌های مرتفع در مراکز شهرها می‌باشد. افزایش سریع جمعیت شهری و محدودیت فضا نیز بر معماری سازه‌های مسکونی اثر گذاشته است. علاوه بر مطالب ذکر شده در بالا افزایش قیمت زمین، نیاز به محدود نمودن گسترش افقی شهرها و حفظ زمین‌های کشاورزی، از عواملی هستند که بر توسعه و ساخت سازه‌های بلند موثر بوده‌اند. هدف از ایجاد ساختمان‌های بلند، استفاده از فضای بیشتر به منظور پاسخگویی به نیازهای مختلف شهروندان است. این مورد ضمن صرفه‌جویی در مصرف زمین و تسهیم قیمت آن به نسبت استفاده‌کنندگان، راه‌حلی در جهت جلوگیری از مصرف بی‌رویه زمین، مقابله با کمبود آن و گسترده شدن سطوح شهری محسوب می‌شود. در بعضی شهرها مانند هنگ‌کنگ[1] و ریودوژانیرو[2]، به خاطر شرایط توپوگرافی منطقه، ساخت سازه‌های بلند تنها راه حل تأمین مسکن است. اگر چه در سطح شهرهای جهان، ایجاد ساختمان‌های بلند، بیشتر در اراضی متراکم و گران قیمت شهرها و به ویژه در محدوده‌ای تجاری و اداری و غالباً در جهت پاسخ به همین

[1] Hong Kong

[2] Rio de Janeiro

عملکردها صورت می‌گیرد، ولی در چند دهه اخیر ایجاد ساختمان‌ها به منظور پاسخگویی به نیازهای مسکونی نیز مورد توجه قرارگرفته و در قسمت‌هایی از محله‌های شهری، ایجاد چنین ساختمان‌هایی گسترش یافته است. در عصر صنعت، کشورهای پیشرفته صنعتی در تجربه ایجاد ساختمان‌های بلند تقدم دارند ولی این پدیده در شهرهای بزرگ و پرتراکم کشورهای در حال توسعه نیز در طول چند دهه اخیر شدت یافته است. هدف از ایجاد ساختمان‌های بلند بیشتر از آن جهت است که ضمن صرفه‌جویی در مساحت زمین و سرشکن کردن قیمت آن برای ساکنان، قیمت مسکن را با سطح درآمد خانوارها هماهنگ ساخته و راه حل مناسبی را در جهت پاسخگویی به نیاز مسکونی ساکنان شهرها در پیش روی می‌گذارد. در عین حال قبل از ایجاد ساختمان‌های بلند مسکونی، باید تمهیدات مقدماتی لازم در زمینه همجواری‌های شهری، ظرفیت راه‌ها، تأسیسات عمومی و زیر بنایی شهر انجام گرفته باشد. یکی از مهمترین مسائل پیش روی طراحان ساختمان انتخاب نوع سیستم مقاوم در برابر بارهای اعمالی به ساختمان است. از دیدگاه یک مهندس سازه، بهترین فرم سازه‌ای، انتخابی است که در آن اعضای اصلی ترکیب‌های مختلف بارهای قائم و افقی را به صورت بهینه تحمل نمایند. ولی در عمل معمولاً ملاحظات غیر سازه‌ای، تأثیرات مهمی بر انتخاب فرم سازه دارند و ممکن است تعیین‌کننده باشند. با در نظر گرفتن هر یک از انواع سیستم‌های سازه‌ای نمی‌توان به راه حل معقول و بهینه‌ای دست یافت. یکی از راه‌های اقتصادی پذیرفته شده جهت احداث ساختمان‌های بلند استفاده از قاب محیطی[1] است. فرم اولیه قاب‌های محیطی شامل ستون‌هایی نزدیک به هم در پیرامون سازه می‌باشد که در تراز طبقات توسط تیرهای عمیق به یکدیگر متصل شده‌اند و تشکیل یک مستطیل شامل چهار قاب صلب عمود بر هم را می‌دهند. در قاب‌های محیطی متغیرهای زیادی باعث توزیع نیروهای داخلی می‌شود که از آن جمله می‌توان به ممان اینرسی، سطح مقطع تیر و ستون‌ها، فاصله بین ستون‌ها، ارتفاع طبقات، ابعاد سازه و غیره اشاره کرد. رفتار قاب‌های محیطی بسیار پیچیده‌تر از رفتار یک مقطع مستطیلی بسته می‌باشد و در عین حال سختی آن نیز کمتر است. اگر چه سیستم قاب محیطی، سازه‌ای پربازده برای مقابله در برابر نیروهای جانبی است ولی پتانسیل سختی آن با رفتار طره‌ای قاب‌های جان (در اثر خمش ستون‌ها و تیرها) و لنگی برش[2] در قاب‌های بال که موجب تقلیل سهم آن‌ها در تحمل لنگرهای خمشی می‌شود، کاهش می‌یابد و در نتیجه تغییر جانبی قابل ملاحظه‌ای خواهند داشت. افزایش تنش‌های محوری در ستون‌های کناری و کاهش آن در ستون‌های میانی لنگی برش مثبت و افزایش تنش‌های محوری در ستون‌های میانی و کاهش آن در

[1] Frame tube

[2] Shear Lag

ستون‌های کناری لنگی برش منفی می‌باشد. روش‌های متعددی جهت کاهش تغییرمکان و لنگی برش ارائه شده است. مثلاً با افزودن پانل‌های جان متشکل از قاب‌های میانی در سرتاسر عرض ساختمان و ایجاد یک سازه قاب محیطی دسته شده یا گروه‌بندی شده، لنگی برش به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. راه‌حل عملی دیگر جهت افزایش بازدهی سازه‌های قاب محیطی، اضافه کردن مهاربندی‌های قطری[1] به وجوه سازه می‌باشد. در این حالت، فاصله ستون‌های خارجی زیاد می‌شوند و اعضای قطری که معمولاً به زاویه ۴۵ درجه نسبت به قائم قرار می‌گیرند، ستون‌های خارجی و تیرهای کناری را به یکدیگر وصل نموده و تشکیل قاب‌های مهاربندی شده در نمای ساختمان می‌دهند. همچنین با افزودن کمربندی خرپایی به سازه قاب محیطی می‌توان توزیع تنش‌ها و تغییر مکان‌ها را متعادل کرد. در صورت اضافه شدن هسته‌ی مرکزی و اتصال آن به کمربند خرپایی که توسط مهارهای بازویی انجام می‌گیرد، یک سازه محیطی طره بسیار صلب که رفتاری نزدیک به سازه جداره‌ای صلب کامل دارد، ایجاد می‌گردد. جهت تسریع در آنالیز سازه و بررسی تأثیر پارامترهای مختلف موثر در رفتار سازه، نیاز به ارائه روشی جهت آنالیز تقریبی سازه قاب محیطی همراه با مهار بازویی و کمربند خرپایی و دیگر نوع سازه‌ها در برابر بار ناشی از انفجار می‌باشد. علاوه بر این، روش‌های تقریبی جهت آنالیز سازه، نیاز به داده‌های کمتری در قیاس با روش‌های تحلیل دقیق دارند و در نتیجه زمان تحلیل سازه در کامپوترهای شخصی و هزینه کاهش چشمگیری می‌یابد. نکته مهم دیگر در سازه‌های بلند تحلیل دینامیکی این گونه سازه‌ها می‌باشد که به دلیل انعطاف‌پذیری بیشترآن‌ها و در نتیجه افزایش دامنه ارتعاشی از اهمیت بسیاری برخوردار است. بنابراین محاسبه پارامترهای دینامیکی سازه‌های بلند جهت طراحی اولیه بسیار ضروری به نظر می‌رسد. پارامترهای دینامیکی از قبیل فرکانس‌های ارتعاشی و مد شکل‌ها را می‌توان به وسیله روش‌های عددی از قبیل المان محدود مقایسه نمود. در حالی که این گونه روش‌های عددی برای طراحی نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، روش‌های تقریبی برای طراحی اولیه بسیار موثر می‌باشند.

روش‌های طراحی می‌توانند طراح را در مواردی از قبیل:

(۱) طرح اولیه هنگامی که هنوز ابعاد بعضی از اعضای سازه‌ای مشخص نمی‌باشند، (۲) مقایسه نتایج بدست آمده با محاسبات روش‌های عددی پیشرفته‌تر و در نهایت (۳) آشکار ساختن رفتار سازه که می‌تواند منجر به طراحی بهتر شود، کمک نمایند. در پروژه حاضر، بررسی تأثیر انفجار روی سازه‌های بلند

[1] Diagonal braces

با سیستم ترکیبی قاب محیطی، هسته‌ی برشی[1]، مهار بازویی[2] و کمربند خرپایی[3] با ارائه روشی تقریبی و ساده برای استفاده مهندسین طراح و مشاور، مورد نظر می‌باشد.

۱-۲- اهداف

با توجه به روش‌های بحث شده توسط محققان مشخص می‌شود که هر یک از روش‌ها با نادیده گرفتن یک یا چند عامل موثر در تخمین فرکانس ارتعاشی با درصد خطاهای متفاوت میزان فرکانس ارتعاشی یک سازه بلند را محاسبه نموده‌اند. همچنین در مورد سازه قاب محیطی به همراه هسته‌ی برشی، کمربند خرپایی و مهاربازویی در برابر بار انفجار، تحقیقات بسیار مختصر انجام شده است. در این مجموعه سعی بر این است که مطالب بسیار ساده و در عین حال با پوشاندن تمامی مفاهیم بیان شود. فصل‌بندی مطالب بر اساس روال منطقی انجام تحقیق می‌باشد. به این منظور در فصل اول مقدمات کلی از بحث، اهداف و نتایج گردآوری شده است و سپس در فصل دوم، تحقیقات انجام شده درباره ارتعاش ساختمان‌های بلند بررسی شده است. در فصل سوم تاریخچه ساختمان‌های بلند و در فصل چهارم روش‌های مقاوم سازی این نوع ساختمان‌ها و موضوعات مهم در آن‌ها مرور شده است. در فصل پنجم به معرفی بار حاصل از انفجار شده است و روابط حاکم بر آن مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در فصل ششم سازه بلند با سیستم ترکیبی قاب محیطی، هسته‌ی مرکزی و کمربند خرپایی، به یک سیستم با یک درجه آزادی کاهش می‌یابد. در این قسمت با برابر قرار دادن کار انجام شده، انرژی جنبشی و انرژی کرنشی، سازه بلند را ابتدا به یک تیرطره معادل، با سختی معادل و جرم گسترده در ارتفاع تبدیل کرده و سپس تیر معادل را به یک سیستم یک درجه آزادی با جرم متمرکز و سختی معادل سازه بلند، جایگزین و بار اعمالی حاصل از انفجار به سازه، به صورت بار معادل به سیستم یک درجه آزادی به دست آمده، اعمال شده است. مثال‌های عددی از یک سازه بلند با پلان متقارن و مقایسه نتایج با مقادیر بدست آمده از روش المان محدود در فصل هفتم، دقت روش ارائه شده و همچنین کاربردی بودن آن‌ها نشان داده می‌شود. فصل هشتم به نتایج و پیشنهادها اختصاص یافته است و بخش پایانی نیز حاوی مراجع می‌باشد.

[1] Shear core
[2] Outrigger
[3] Belt truss

فصل دوم

مروری بر تحقیقات انجام شده

۲-۱- مروری بر تحقیقات انجام شده

در مورد ارتعاش سازه‌های بلند تحقیقات زیادی توسط محققین مختلف انجام شده است که در بیشتر موارد ارتعاش سازه را به ارتعاش یک تیر کنسول مدل کرده‌اند. محققین مختلف پارامترهای متفاوتی را در روش‌های خود در نظر گرفته‌اند و نتایج خود را به صورت‌های مختلف از قبیل نمودارها، گراف‌ها و فرمول‌ها ارائه نموده‌اند که در ادامه به صورت اختصار توضیحاتی داده شده است. تحلیل ارتعاش آزاد و ارتعاش اجباری سازه‌های بلند نقشی اساسی در طراحی سازه‌های بلند ایفا می‌کند، به ویژه مود اول ارتعاشی. چون این مود، مود غالب در پاسخ دینامیکی سازه‌های بلند تحت بارهای دینامیکی باد، زلزله و یا انفجار می‌باشد. بنابراین، این مهم است که روش‌های به کار برده شده برای محاسبه فرکانس‌های طبیعی و شکل مودهای سازه‌های بلند را بررسی نماییم.

لی[1] و همکاران [۱] روشی را برای تحلیل ارتعاشی تیر با سختی متغیر و جرم ثابت ارائه نمودند. در روش ارائه شده، فقط تغییر شکل‌های برشی برای ساختمان‌های قابی شکل در نظر گرفته شده است. ونگ[2] و لی [۲-۵]، ارتعاش تیر با سطح متغیر را مورد بررسی قرار داده‌اند و توابعی برای توزیع جرم و سختی در طول تیر ارائه کرده‌اند. اسکاتم[3] [۶] معادله دیفرانسیل ارتعاش جانبی یک نوع سیستم

[1] Li
[2] Wang
[3] Skattum