٣٠٥٣١

«هرگز ز یاد تو غافل نبوده‌ایم

یا برده‌ایم نام تو را یا شنیده‌ایم»

همیشه به یاد تو

و

برای تو

۳۰۰۳۱

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی سازه

عنوان:

بررسی اثرات تغییر سختی دیوار برشی در ارتفاع سازه‌های بلند بر روی اندرکنش قاب و دیوار

اساتید راهنما:

آقای دکتر ابراهیم ثنایی

آقای مهندس سید سعید سیادت نژاد

۱۴۲۹ /۵/ ۲۵

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۶۹۷۱

تهیه کننده:

علیرضا غلامحسینی

آذرماه ۱۳۷۸

تقدیم به پدر عزیز

و

مادر مهربانم

آنانکه زندگی خود را وقف فرزندانشان نموده‌اند.

چکیده:

همگام با پیشرفت علم مهندسی زلزله و تاکید بر امر مقاوم سازی سازه‌ها درمقابل زلزله، استفاده از سیستمهای مناسب و با عملکردهای مطمئن احساس می‌شود. با توجه به تجربیات بدست آمده از زلزله‌های اخیر، رفتار دیوارهای برشی تکی یاکوپله و یا در تداخل با قاب خمشی حاکی از اطمینان ذکر شده می‌باشد. در سازه‌های قاب - دیوار مرسوم است که دیوارهای برشی به علت رفتار نا مناسب آنها در طبقات فوقانی قطع یا نازک شوند. این عمل باعث تغییرات پیچیده‌ای در نیروهای اندرکنشی بین دیوار و قاب شده و تاثیرات عمده‌ای بر نیروهای داخلی قاب خمشی و دیوار برشی و جابجایی راس سازه دارد. در این پایان نامه با تحلیل سازه‌های نمونه‌ای، رفتار سازه‌های قاب - دیوار برای دو حالت بارگذاری یکنواخت که نمایانگر بارباد و بارگذاری مثلثی که نمایانگر بار زلزله می‌باشند، بررسی شده‌است. برای هر بارگذاری دو روش تغییر سختی دیوار به شکل قطع دیوار و کاهش سختی دیوار تا ۵۰٪ در نظرگرفته شده است. نهایتاً نمودارهای مربوط به ترازهای بهینهٔ تغییر سختی دیوار و نمودارهای در صد تغییر در جابجایی راس سازه برای سازه‌های مختلف برای حالات بارگذاری فوق داده شده است. اثرات تغییر سختی دیوار به شکل قطع دیوار یا کاهش سختی دیوار تا ۵۰٪، بر روی سختی طبقات، جهت ارضای ملاحظات مربوط به عدم تشکیل طبقه نرم در ارتفاع سازه نیز بررسی شده‌است.

تقدیر و تشکر:

پس از حمد و سپاس به درگاه ایزد یکتا که توفیق انجام و ارائه این پایان نامه را به اینجانب مرحمت فرمود برخود واجب می‌دانم که از زحمات و راهنمایی‌های اساتید گرانقدر آقایان: دکتر ابراهیم ثنایی و مهندس سعید سیادت نژاد در تهیهٔ این پایان نامه تشکر نمایم.

اساتید محترم آقایان: دکتر احمد نیکنام و دکتر رضا عباس‌نیا بر من منت نهاده و در جلسه دفاعیه تشریف آوردند که از آنها سپاسگزارم.

در تهیه این مجموعه دوستان عزیزم مهندس حمیدرضا ولی‌پورگودرزی، مهندس حمیدرضا ایمانی‌کیا، مهندس مراد شاهسوار، مهندس محمدرضا حبیبی و مهندس محمدطاهر کمالی نهایت همکاری را با اینجانب داشته‌اند که از آنها نیز متشکرم.

زحمت تایپ این پایان نامه را سرکار خانم کلاته برعهده داشته‌اند که از ایشان نیز سپاسگزارم.

فهرست مطالب

عنوان | شماره صفحه

فصل اول- معرفی دیوارهای برشی ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲- دیوارهای ساده ۴

۱-۳- دیوارهای برشی کوپله ۱۲

۱-۴- تداخل قاب و دیوار ۱۷

۱-۴-۱- روش مؤلفه سختی : ۲۰

۱-۴-۲ روش فضلور خان ۲۳

۱-۴-۳- روش *PCA* ۲۷

فصل دوم - رفتار سازه‌های قاب - دیوار ۲۸

۲-۱- مقدمه ۲۹

۲-۲- رفتار قاب - دیوارهای متقارن ۳۲

۲-۳- تئوری تقریبی قاب - دیوارها ۳۴

۲-۳-۱- معادلات دیفرانسیل حاکم ۳۵

۲-۳-۲- حل بارگذاری گسترده یکنواخت ۳۷

۲-۳-۳- نیروهای دیوار و قاب ۴۰

۲-۳-۴- حل بارگذاری متناوب ۴۳

۲-۳-۵- تعیین صلبیت برشی ۴۳

۲-۳-۶- قاب صلب، دیوار و تیرهای اتصالی : ۴۴

فهرست مطالب

عنوان — شماره صفحه

۴-۲- آنالیز کامپیوتری ۴۶

۵-۲- ویژگیهای طراحی سازه‌های قاب - دیوار ۴۶

۱-۵-۲- سازهٔ بهینه ۴۷

۲-۵-۲- قطع دیوارهای برشی ۴۷

۳-۵-۲- افزایش اندرکنش متمرکز ۴۸

فصل سوم - رفتار تئوریک سازه‌های قاب - دیوار با دیوارهای کوتاه شده

یا دیوارهای نازک شده ۵۰

۱-۳- مقدمه ۵۱

۲-۳- مدلسازی صفحه‌ای برای سازه‌های قاب - دیوار ۵۲

۳-۳- رفتار سازه‌های قاب - دیوار با دیوارهای کوتاه شده

(قطع شده) ۵۶

۴-۳- راه حل تقریبی برای رفتار سازه‌های قاب - دیوار کوتاه شده ۵۸

۵-۳- تحلیل پیوستهٔ سازهٔ قاب - دیوار کوتاه شده ۶۲

۱-۵-۳- حل زیر سازهٔ *1* ۶۴

۲-۵-۳- حل زیر سازهٔ 2 ..... ۶۸

۶-۳- تراز قطع دیوار با ایجاد کمترین تغییر مکان جانبی ۷۰

۷-۳- سازه‌های قاب - دیوار واقعی ۷۳

۸-۳- معادلات تغییر شکل سازه‌های قاب - دیوار ۷۵

فهرست مطالب

عنوان — شماره صفحه

۱-۸-۳- تغییر شکل سازهٔ قاب - دیوار با دیوار کامل و بارگذاری یکنواخت باشدت W ۷۵

۲-۸-۳- تغییر شکل سازهٔ قاب - دیوار کوتاه شده ۷۷

فصل چهارم - تحلیل سازه‌های نمونه برای تهیه نمودارهای ترازهای بهینه و درصد تغییر در جابجایی رأس سازه در بارگذاری‌های یکنواخت و مثلثی ۷۸

۱-۴- مقدمه ۷۹

۲-۴- تحلیل سازه‌های قاب - دیوار نمونه ۸۱

۳-۴- نحوه استفاده از نمودارهای بدست آمده ۹۰

۴-۴- اثر تغییر سختی خمشی دیوار برشی بر روی سختی طبقه و ملاحظات آئین‌نامه زلزله در این مورد ۹۲

فصل پنجم - نتیجه گیری ۹۹

پیوست .....

فهرست مراجع .....

فهرست اشکال و نمودارها

فصل اول — صفحه

شکل ۱-۱- دیوارهای برشی ساده ۴

شکل ۲-۱- دیوارهای برشی با اشکال مرکب ۵

شکل ۳-۱- دیوارهای برشی متناسب و نامتناسب ۶

شکل ۴-۱- پلان با دیوارهای متقارن ۷

شکل ۵-۱- پلان با دیوارهای متقارن و در یک جهت ۸

شکل ۶-۱- پلان با دیوارهای نا متقارن و در دو جهت ۹

شکل ۷-۱- اثر بازشدگی در وسط دیواردر طبقه اول ۱۰

شکل ۸-۱- اثر بازشدگی درکناره‌های دیوار در طبقه اول ۱۱

شکل ۹-۱- دیوارهای برشی کوپله ۱۲

شکل ۱۰-۱- روی هم گذاری تنشهای طره مستقل و مرکب، برای تعیین تنش حقیقی دیوارها ۱۳

شکل ۱۱-۱- نیروهای داخلی در تیر رابط ۱۴

شکل ۱۲-۱- مدل اتصال برشی پیوسته ۱۵

شکل ۱۳-۱- دیوارهای برشی و قابهای خمشی ۱۸

شکل ۱۴-۱- الف - دیوار تحت اثر بار افقی گستردهٔ یکنواخت ب - قاب تحت اثر بار افقی گستردهٔ یکنواخت پ - سازهٔ قاب - دیوار تحت اثر بار افقی گستردهٔ یکنواخت. ۱۹

شکل ۱۵-۱- روش مؤلفه سختی ۲۲

شکل ۱۶-۱- مراحل حل سازهٔ دارای پیچش ۲۴

شکل ۱۷-۱- تعریف ستون معادل و دیوار معادل در روش فضلورخان ۲۴

شکل ۱۸-۱- روش فضلورخان ۲۵

شکل ۱۹-۱- تغییر شکل‌های دیوار تحت اثر نیروهای خارجی ۲۵

شکل ۲۰-۱- نیروهای داخلی در قاب تحت اثر تغییر شکل‌های دیوار ۲۶

شکل ۲۱-۱- برش در قابها و در طبقات ۲۶
شکل ۲۲-۱- روش PCA ۲۷
فصل دوم
شکل ۱-۲- سازهٔ قاب - دیوار نمونه ۲۹
شکل ۲-۲-الف - سازهٔ قاب - دیوار با پلان متقارن، قابها و دیوارها در مجموعه‌های خمشی موازی ب - سازهٔ قاب - دیوار با پلان متقارن، قابها و دیوارها در مجموعه‌های خمشی واحد پ - سازهٔ قاب - دیوار با پلان نامتقارن ۳۱
شکل ۳-۲- الف - دیوار تحت اثر بار افقی گستردهٔ یکنواخت ب - قاب تحت اثر بار افقی گستردهٔ یکنواخت پ - سازهٔ قاب - دیوار تحت اثر بار افقی ۳۳
شکل ۴-۲- الف - دیاگرام نمونه تغییر مکان سازهٔ قاب - دیوار تحت اثر بار جانبی ب - دیاگرام نمونه لنگر اجزای سازهٔ قاب - دیوار پ - دیاگرام نمونه برش اجزای سازه قاب - دیوار ۳۴
شکل ۵-۲- الف - سازهٔ قاب - دیوار مسطح ب - شبیه سازی پیوسته سازهٔ قاب - دیوار پ - دیاگرام جسم آزاد قاب و دیوار ۳۶
شکل ۶-۲- طبقه نمونه از یک قاب صلب تحت اثر برش ۴۴
شکل ۷-۲- الف - طبقه‌ای ازسازهٔ قاب - دیوار با تیر اتصالی ب - سازه تقسیم شده معادل ۴۵
فصل سوم
شکل ۱-۳- پلان یک سازهٔ قاب - دیوار ۵۱
شکل ۲-۳- سازهٔ قاب - دیوار صفحه‌ای ۵۲
شکل ۳-۳- تغییر شکل یک سازهٔ قاب - دیوار ۵۳
شکل ۴-۳- نیروهای داخلی یک سازهٔ قاب - دیوارالف - اندرکنش افقی بین قاب و دیوار ب - توزیع برش در قاب و دیوار پ - توزیع لنگر در قاب و دیوار ۵۵
شکل ۵-۳- مدل پیوسته برای یک سازهٔ قاب - دیوار ۵۹

شکل ۶-۳- مدل مربوط به تحلیل پیوسته الف - سازهٔ قاب - دیوار کوتاه شده ب - زیر سازه‌های مربوط به سازهٔ قاب - دیوار کوتاه شده ۶۳

شکل ۷-۳- تغییر مکانهای پایه زیر سازهٔ ۲ ۶۴

شکل ۸-۳- مولفه‌های جابجایی الف - تغییر مکان برشی طبقه ب - تغییر مکان طبقه به علت تغییر شکلهای محوری ستونها ۶۹

شکل ۹-۳- محل تراز بهینه برای قطع دیوارهای برشی ۷۲

شکل ۱۰-۳- درصد تغییر درجابجایی راس ساختمان به علت ٪۵۰ کاهش اینرس دیوار در ترازهای متفاوت به ازای $K^2 = 1/05$ ۷۴

فصل چهارم

شکل ۱-۴- سازه‌های نمونه‌ای مطالعه شده ۸۲

شکل ۲-۴- تیپ عمومی سازه‌های مطالعه شده ۸۳

شکل ۳-۴- تیپ عمومی یک سازهٔ قاب - دیوار با دیوار قطع شده ۸۸

شکل ۴-۴- ترازهای مربوط به سازه‌های مختلف دربارگذاری مثلثی به‌ازای $K^2 = 1/1$ ۹۰

شکل ۵-۴- نمودار درصد تغییر در جابجایی راس سازهٔ قاب - دیوار با مشخصات $\alpha H = 4$ و $K^2 = 1/12$ در اثر قطع دیوار در ترازهای مختلف دربارگذاری یکنواخت ۹۱

شکل ۶-۴- تعریف K_1 برای حالت قطع دیوار ۹۳

شکل ۷-۴- تعریف K_2 برای حالت قطع دیوار ۹۴

شکل ۸-۴- تعریف K_3 برای حالت قطع دیوار ۹۴

شکل ۹-۴- تعریف K_1 برای حالت کاهش سختی خمشی دیوار تا مقدار ٪۵۰ ۹۵

شکل ۱۰-۴- تعریف K_2 برای حالت کاهش سختی خمشی دیوار تا مقدار ٪۵۰ ۹۵

شکل ۱۱-۴- تعریف K_3 برای حالت کاهش سختی خمشی دیوار تا مقدار ٪۵۰ ۹۶

فهرست جداول

فصل اول صفحه

جدول ۱-۱- سیستم‌های مقاوم در مقابل بار جانبی در سازه‌های بتن آرمه ۳

فصل چهارم

جدول ۱-۴- مشخصات سازه‌های نمونه‌ای ۸۴

جدول ۲-۴- مشخصات سازه‌های نمونه‌ای ۸۵

جدول ۳-۴- مشخصات سازه‌های نمونه‌ای ۸۶

جدول ۴-۴- مقدار $\mathbf{K_1}$ ، $\mathbf{K_2}$ ، $\mathbf{K_3}$ برای سازه‌های با $\alpha\mathbf{H}$کم، متوسط و زیاد برای حالت قطع دیوار و کاهش سختی دیوار تا مقدار ٪۵۰ ۹۷

مقـدمـه

کشور ایران به علت موقعیت جغرافیایی ویژهٔ خود، مورد تهدید انواع حوادث طبیعی نظیر سیل، زلزله و طوفان می‌باشد. در این میان زمین لرزه از اهمیت خاصی برخوردار است. نقشه زلزله خیزی ایران به خوبی نشان می‌دهد که هیچ نقطه‌ای از ایران را نمی‌توان در مقابل زلزله مصون پنداشت. [۶]. طبق بررسی انجام شده به طور متوسط در هر سال یک زلزله باربزرگی ۶ ریشتر یا بیشتر، در طول ۸۰ سال گذشته در ایران رخ داده است، لذا امر مقاوم سازی ساختمانها در مقابل زلزله اجتناب ناپذیر است.

سیستم‌های متداول مقابله با نیروهای جانبی ناشی از زلزله در ساختمانهای متعارف کشور با تعداد طبقاتی بین ۵ الی ۳۵، عبارتند از قاب خمشی، بادبندی‌ها، دیوارهای برشی و یا ترکیبی از آنها. درساختمانهای بلندتر سیستم‌های دیگری نظیر سیستم لوله‌ای، لوله در لوله، خرپاهای متناوب و غیره بکار می‌روند که مورد بحث در این پایان نامه نمی‌باشند.

نتایج بررسی در زلزله‌های مختلف در جهان بر روی ساختمانها، حاکی از آن است که ساختمانهایی که در آنها دیوارهای برشی بکار رفته‌اند، کمترین خسارات را تحمل نموده‌اند. بطور مثال در زلزلهٔ ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی بیش از ۲۸۰ ساختمان با سیستم جانبی قاب خمشی و با تعداد طبقات ۶ الی ۱۵ فروریخت، در حالیکه تعداد ساختمانهای فروریخته شده که دارای سیستم جانبی دیوار برشی بودند، صفر بود. با توجه به این خصوصیت، معمولاً استفاده از دیوارهای برشی به عنوان سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی ناشی از زلزله توصیه می‌گردد.

اصولاً دیوار برشی در ساختمانها به سه شکل ساده، کوپله در تداخل با قاب بکار می‌روند. دیوارهای ساده به دیوارهایی اطلاق می‌گردد که اولاً مقابله در برابر نیروهای جانبی تنها توسط آن‌ها صورت بگیرد و ثانیاً ارتباط دیوارها با یکدیگر فقط توسط دیافراگم سقف برقرار گردد. این دیوارها می‌توانند بصورت ساده (مربع مستطیل) و یا مرکب **(L,T,U,I)** بکار بروند. در صورتیکه دیوارهای ساده توسط تیرهایی ممان گیر مناسبی به یکدیگر متصل گردند تشکیل دیوارهای کوپله را می‌دهند. سختی تیرهای رابط، نقش عمده‌ای را در رفتار دیوارها ایفاء می‌نماید. کاهش و یا افزایش سختی تیرهای رابط بترتیب باعث عملکرد مجزا و یا یکپارچه دیوارها می‌شود. در پروژه‌های مهم استفاده از دیوارهای کوپله به لحاظ