٣٤٤٩٨

۱۳۸۰ /۷/ ۲۰

سازمان اطلاعات و مدارک علمی ایران
مرکز مدارک

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

بررسی شکل پذیری قاب های بتن آرمه

نگارش:

پژمان کلاهدوزان

استاد راهنما:

دکتر رضا عطارنژاد

013760

استاد مشاور:

دکتر امیر محمد امیر ابراهیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در

رشته مهندسی عمران - گرایش سازه

۳۶۶۹۵

تابستان ۸۰

(صفحه اول)

موضوع

.....

.....بررسی شکل پذیری قاب های بتن آرمه.....

توسط

.....پژمان کاظمی زوارن.....

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته .....عمران.....گرایش سازه.....

ازاین پایان نامه درتاریخ ۱۳۸۰/۶/۲۶ درمقابل

هیئت داوران دفاع بعمل آمده ومورد تصویب قرارگرفت.

محل امضاء

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده : .....

مدیر گروه آموزشی : .....

نماینده تحصیلات تکمیلی گروه : .....

استاد راهنما : .....دکتر علی رهایی.....

عضو هیئت داوران : .....

عضو هیئت داوران : .....دکتر مرتضی کاظمی.....

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم که شکوفایی درخت عمر و زندگی‌ام را بر عهده داشته‌اند و این پایان نامه ثمره ای از فداکاری آنهاست.

سپاس و تشکر

جای دارد از استاد ارجمند **جناب آقای دکتر رضا عطارنژاد** بـرای راهنمایی‌های گرانقدر، هدایت در مسیر صحیح و صـبر و بردبـاری کـه در طول انجام این تحقیق از خود نشان دادند، صمیمانه قدردانی نمایم.

چکیده

برای طراحی قابل اعتماد سازه های بتنی که در معرض بارهای افقی مانند زلزله قرار می گیرند ، یک برآورد دقیق از شکل پذیری و مقاومت سازه ، مورد نیاز است . چرا که بتن به تنهایی دارای مقاومت یکسان در کشش و فشار نیست و از طرفی در کشش و برش ضعیف بوده و در فشار نیز ماده ای ترد و شکننده است . برای رفع این نقاط ضعف آنرا به کمک میلگردهای فولادی مسلح می کنند . با استفاده مناسب از میلگردهای طولی و عرضی در اعضای بتنی می توان مقاومت و شکل پذیری آنها را افزایش داد ، که این امر به نوبه خود ، مقاومت و شکل پذیری کل سازه را بهبود می بخشد . برای بهینه کردن روش های تسلیح بتن مطالعات تجربی و تئوری زیادی مورد نیاز است .

در این پایان نامه رفتار شکل پذیر قاب‌های بتن آرمه تحت اثر بارهای قائم و افقی مورد بررسی قرار گرفته است. در این بررسی دو قاب بتنی سه و چهار طبقه تحلیل شده‌اند و شکل پذیری و بار نهایی آنها محاسبه شده است.

برای تحلیل از نرم‌افزار ANSYS استفاده شده است. المان‌های SOLID 65 و LINK 8 به ترتیب برای مدل کردن بتن و میلگردهای فولادی بکار رفته‌اند.

پدیده ترک‌خوردگی در بتن بصورت توزیع‌شده مدل شده است. از لغزش میان بتن و میلگردهای فولادی صرفنظر شده است. همچنین جداشدن پوشش بتنی و پدیده انبساط حجمی تحت تنش‌های فشاری در محدوده پلاستیک در مدل رفتاری بتن وارد نشده است. برای معیار گسیختگی بتن معیار ویلیام وارنک در نظر گرفته شده است. فولاد نیز به صورت الاستیک کامل-پلاستیک کامل در نظر گرفته شده است.

به منظور کنترل نتایج و اطمینان از تحلیل با برنامه ANSYS ،سه نمونه تیر با دهانه ساده و سه نمونه ستون با این نرم‌افزار تحلیل شده‌اند و منحنی بار تغییر مکان آنها با منحنی‌های بار-تغییر مکان آزمایشگاهی مقایسه شده‌اند. ضمناً بار نهایی محاسبه شده برای قاب‌ها نیز با نتایج تحلیل خمیری مقایسه شده‌اند.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول - اصول و مفاهیم اولیه شکل‌پذیری	٤
۱-۱- ملاحظاتی بر رفتار ساختمانهای بتن مسلح در حین زلزله	٦
۱-۱-۱- مفاهیم سازه‌ای	٦
- پیوستگی	٦
- منظم بودن	۷
- سختی	۷
- نزدیکی به ساختمانهای مجاور	۸
- جرم	۸
- تعداد و فراوانی سیستم باربر جانبی	۸
- شکل‌پذیری	۹
- خرابی‌های زلزله‌های قبلی	۹
۱-۱-۲- مفاهیم طراحی و جزئیات سازه‌ای	۹
- موقعیت تغییر شکل غیرالاستیک	۹
- تعیین عملکرد اجزاء	۹
- فولادگذاری عرضی	۱۰
- اتصالات	۱۰
۱-۲- شکل پذیری	۱۰
۱-۳- پیش‌بینی‌های ویژه در مورد تیرها و ستونها در آئین‌نامه *ACI*	۱۳
۱-۳-۱- تیرها	۱۳
۱-۳-۲- ستونها	۱٤
فصل دوم - رفتار مکانیکی مصالح	۱۵
۲-۱- رفتار مکانیکی بتن	۱٦
۲-۱-۱- رفتار بتن تحت فشار تک محوری و دو محوری	۱٦
۲-۱-۲- رفتار انبساطی در حجم	۱۷
۲-۱-۳- رفتار بتن تحت فشار سه محوری	۱۸
۲-۱-٤- رفتار بتن تحت کشش تک محوری	۱۸

عنوان	صفحه
۲ـ۱ـ۵ـ مشاهدات تجربی میکروسکوپی	۱۹
۲ـ۱ـ٦ـ رفتار نرم‌شدگی کرنش	۲۰
۲ـ۱ـ۷ـ تنزل سختی	۲۲
۲ـ۲ـ رفتار مکانیکی فولاد	۲۲
فصل سوم - معیارهای گسیختگی	۲٤
۳-۱- رویه گسیختگی	۲٦
۳-۲ - معیارهای گسیختگی	۲۸
۳-۲-۱- معیار یک پارامتری رانکین	۲۸
۳-۲-۲- معیار تسلیم ترسکا	۲۸
۳-۲-۳- معیار تسلیم فون میزس	۳۰
۳-۲-٤- معیار دو پارامتری مور کلمب	۳۰
۳-۲-۵- معیار دو پارامتری دراکر پراگر	۳۲
۳-۲-٦- معیار چهار پارامتری اتوسن	۳۳
۳-۲-۷- معیار چهار پارامتری هشی - تینگ - چن	۳٤
۳-۲-۸- معیار پنج پارامتری ویلام وارنک	۳۵
فصل چهارم - مدل رفتاری مصالح	۳۸
٤ـ۱ـ مدل رفتاری بتن	۳۹
٤ـ۱ـ۱ـ رفتار سخت شدگی	۳۹
٤ـ۱ـ۱ـ۱ـ مفاهیم اولیه پلاستیسیته بتن	۳۹
٤ـ۱ـ۱ـ۱ـ۱ـ سطح تسلیم اولیه	٤۰
٤ـ۱ـ۱ـ۱ـ۲ـ قانون سخت شدگی	٤۱
٤ـ۱ـ۱ـ۱ـ۳ـ قوانین جریان	٤۲
٤ـ۱ـ۱ـ۲ـ فرمول‌بندی سطوح تسلیم	٤۳
٤ـ۱ـ۱ـ۳ـ روابط ساختاری	٤٤
٤ـ۱ـ۲ـ رفتار نرم شدگی	٤۸
٤ـ۱ـ۲ـ۱ـ مفاهیم اولیه	٤۸
٤ـ۱ـ۲ـ۲ـ فرمولبندی روابط در فضای کرنش	۵۰
٤ـ۱ـ۳ـ شکستگی پلاستیک	۵۳

عنوان	صفحه
٤ـ١ـ٣ـ١ـ فرمول بندی روابط و معادله ساختاری	٥٤
٤ـ١ـ٤ـ ترک خوردگی کششی	٥٨
٤ـ١ـ٤ـ١ـ کرنش‌ها در ناحیه شکست	٥٩
٤ـ١ـ٤ـ٢ـ روابط تنش ـ کرنش	٦٠
٤ـ١ـ٤ـ٣ـ تعیین پارامتر نرم شدگی کرنش کششی	٦٣
٤ـ١ـ٥ـ فرمول بندی مدل مرکب	٦٥
٤ـ١ـ٥ـ١ـ رفتار قبل از گسیختگی	٦٥
ناحیه الاستیک خطی	٦٥
ناحیه سخت شدگی پلاستیک	٦٦
٤ـ١ـ٥ـ٢ـ رفتار بعد از گسیختگی	٦٧
بتن ترک خورده	٦٧
شکستگی فشاری بتن	٦٧
خردشدگی بتن	٦٧
٤ـ٢ـ مدل رفتاری فولاد	٦٧
فصل پنجم - روش مدلسازی و تحلیل	٦٩
٥ـ١ـ فرمول‌بندی اجزاء محدود	٧١
٥ـ٢ـ روشهای حل مسائل غیرخطی	٧٧
٥ـ٢ـ١ـ روش تکرار مستقیم	٧٨
٥ـ٢ـ٢ـ روش نیوتون ـ رافسون	٧٨
٥ـ٢ـ٣ـ روش سختی مماسی (روش نیوتن ـ رافسون تعمیم یافته)	٨٠
٥ـ٢ـ٤ـ روش سختی اولیه	٨٠
٥ـ٣ـ توضیحاتی بر نرم‌افزار ANSYS	٨١
٥ـ٤ـ المان‌های مورد استفاده	٨٢
٥ـ٤ـ١ـ المان فضایی شش وجهی (SOLID 65-3D Reinforced Concrete Solid)	٨٢
٥ـ٤ـ٢ـ المان محوری سه بعدی (LINK 8-3D Spar)	٨٣
٥ـ٥ـ مدلسازی	٨٣
فصل ششم - حل مسایل عددی و بررسی نتایج	٨٥
٦-١- مدلهای مورد بررسی	٨٦

عنوان	صفحه
٦-٢- محاسبه ضریب بار (δ) به روش تحلیل خمیری سازه ها	٩١
٦-٢-١- قاب چهار طبقه و یک دهانه-مدل١	٩٢
٦-٢-٢- قاب سه طبقه و دو دهانه-مدل٢	٩٧
٦-٣ منحنی های بار-تغییر مکان مدل‌ها و مقایسه با نتایج تحلیل خمیری	١٠٢
٦-٤- نتیجه گیری	١١٦
٦-٤-١- بررسی منحنی‌های بار- تغییر مکان	١١٦
٦-٤-٢- نتیجه گیری	١١٦
مطالعات بعدی و زمینه های تحقیق آینده	١١٨
مراجع	١١٩
پیوست ١ - کنترل نتایج نرم‌افزار ANSYS	١٢٠
الف) مدل های تیر	١٢١
ب) مدل‌های ستون	١٢٤
پیوست ٢ - بتن (بخش 4.7 از راهنمای نرم‌افزار ANSYS)	١٢٧
پ٢-١- حوزهٔ $0 \geq \sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$	١٣٠
پ ٢-٢- حوزهٔ $\sigma_1 \geq 0 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$	١٣٣
پ ٢-٣- حوزهٔ $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq 0 \geq \sigma_3$	١٣٤
پ٢-٤- حوزهٔ $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3 \geq 0$	١٣٤
پیوست ٣ - مکانیک شکست (فصل 10 از راهنمای نرم‌افزار ANSYS)	١٣٦
پ٣-١- مدلسازی محدودهٔ ترک	١٣٨
پ٣-١-١- مدل‌های شکست دو بعدی	١٣٩
پ٣-١-٢- مدل‌های شکست سه بعدی	١٤١
پ ٣-٢- محاسبه پارامترهای شکست	١٤١
پ٣-٢-١ ضریب چگالی تنش	١٤٢
پ٣-٢-٢- انتگرال J	١٤٥
پ٣-٢-٣- نرخ آزادسازی انرژی	١٤٦

مقدمه

تجربیات حاصل از زلزله‌های سالهای اخیر نشان داده است که می‌توان با رعایت مقررات طرح ومحاسبهٔ ساختمان‌ها در مقابل زلزله تلفات و صدمات ناشی از زلزله را کاهش داد. این توانایی مرهون تلاش مهندسان برای مقابله با اثرات مخرب زلزله می‌باشد.

مسلماً برای سالم گذشتن از بارگذاری زلزله بایست انرژی القایی از ارتعاش زلزله توسط ایجاد تغییر شکل‌های بزرگ غیرالاستیک میرا و مستهلک شود. اما ایجاد چنین تغییر شکل‌هایی نبایست باعث از بین رفتن مقاومت و یکپارچگی سازه شود.

به این ترتیب مفهوم شکل‌پذیری در مشخصات طرح و محاسبه اضافه می‌شود. عامل شکل‌پذیری نوعی ظرفیت ذخیره و استعداد جذب انرژی است که لازمهٔ آن قابلیت تغییر شکل‌های بزرگ در سازه است، بدون آنکه خرابی بوجود آید.

همانطور که می‌دانیم بتن دارای مقاومت یکسان در کشش وفشار نیست و از طرفی در کشش و برش ضعیف است. ضمناً بتن در تحمل فشار نیز مصالحی ترد و شکننده و فاقد قابلیت تغییر شکل‌های بزرگ است. به همین دلیل است که تأمین قابلیت شکل‌پذیری در سازه‌های بتنی کار آسانی نیست. برای رفع این نقیصه بتن توسط میلگردهای فولادی مسلح می‌شود. با استفاده مناسب از میلگردهای فولادی طولی و عرضی می‌توان مقاومت و شکل‌پذیری کل سازه را بهبود بخشید که مستلزم مطالعات تجربی و تئوری زیادی است.

بتن بنابر ماهیت خود رفتار مکانیکی پیچیده‌ای دارد. رفتار الاستوپلاستیک تحت تنش‌های فشاری، بروز مقاومت‌های مختلف تحت حالت‌های تنش متفاوت، ترک خوردگی در حالت کششی، نرم شدگی پس از مقاومت نهایی فشاری و نهایتاً خردشدگی.

برای مدل کردن بتن تئوری‌های مختلفی ارائه شده است که در بعضی از آنها مدل مرکب الاستیک ـ پلاستیک ـ شکست، برای مدل رفتاری بتن مورد استفاده قرار می‌گیرد. با افزایش تدریجی بارهای وارده میزان تنش‌های موجود در یک نقطه از سازه، به صورت الاستیک تا رسیدن به یک حد تسلیم افزایش می‌یابد، بعد از آن وارد مرحله پلاستیک شده و یک روند افزایشی (سخت شدگی) غیرخطی را دنبال می‌کند. پس از رسیدن به حد نهایی که حد

گسیختگی نامیده می‌شود، روند کاهشی (نرم‌شدگی) شروع شده و به تدریج با تنزل مقاومت و رسیدن انرژی تغییر شکل به انرژی حد شکست به انهدام کامل می‌رسد.

برای تحلیل یک عضو سازه‌ای متشکل از بتن و میلگردهای فولادی، بر مبنای مدل مرکب برای بتن و رفتار الاستوپلاستیک برای فولاد، ناگزیر از استفاده از یک ابزار محاسباتی قدرتمند مانند روش اجزاء محدود هستیم، به این ترتیب که سازه پیوسته مورد نظر برای تحلیل را به سازه گسسته متشکل از اجزاء مشخصی تبدیل کرده و تئوری‌های یاد شده را برای هر جزء فرمول‌بندی می‌کنیم. از این رو مسأله تحلیل یک سازه با تعداد بی‌نهایت مجهول، به یک مسأله با تعداد مجهولات محدود تبدیل می‌شود. بنابراین روش مناسبی برای برآورد نسبتاً دقیق رفتار بار تغییر مکان، شکل‌پذیری و مقاومت سازه که منظور اصلی است پیش رو خواهیم داشت.

در این پایان نامه سعی بر اینست که برای ادامه یک سری مطالعات که هدف آن دست‌یابی به طراحی قابل اعتماد است، گامی برداشته شود.

از مطالعات تجربی می‌توان روابط تجربی و یا نیمه تجربی را برای حالت‌های ساده بدست آورد و برای پیش‌بینی رفتار دیگر حالات استفاده کرد. ولی رفتار سازه‌های بتنی از متغیرهای متعددی پیروی می‌کند که برای هر کدام دامنهٔ گسترده‌ای وجود دارد. به همین دلیل برای انجام یک بررسی جامع در این زمینه بدیهی است که روابط بدست آمده از کارهای تجربی جوابگو نبوده و کارهای تحقیقی را به حالت‌های ساده و مشخص محدود می‌کند. به این ترتیب روش‌های تئوری و محاسباتی می‌تواند جایگزین مناسبی برای روابط تجربی در این تحقیقات بدست دهد. اما استفاده از نتایج آزمایشگاهی برای کنترل دقت نتایج روش‌های محاسباتی غیرقابل اجتناب است.

در این پایان نامه بر مبنای تئوری‌ها و مدل‌های یاد شده، و با استفاده از نرم‌افزار اجزاء محدود ANSYS رفتار قاب‌های بتن مسلح تحت بارگذاری‌های قائم و افقی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

برای مدل کردن بتن از المان‌های شش وجهی فضایی و برای میلگردهای فولادی از المان‌های محوری استفاده می‌شود. پدیده ترک خوردگی در بتن بصورت توزیع شده و چسبندگی بین بتن و میلگردها کامل فرض می‌شود.

فصل اول

اصـــول و مفـــاهیم اولیـــه شکـــل‌پذیـــری

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه شده در مرکز

تجربیات زلزله‌های سالهای اخیر نشان می‌دهد در مناطقی که مقررات طرح و محاسبه ساختمانها در برابر زلزله مورد استفاده بوده، چگونه تلفات و صدمات زلزله‌های شدید، ناچیز بوده است و در مقابل، در نواحی که فاقد چنین مقرراتی بوده‌اند، زلزله‌های متوسط نیز تلفات و صدمات زیادی بوجود آورده است. این امر اهمیت و تاثیر دانش مهندسی برای مقابله با اثر مخرب زلزله را بیان می‌کند.

در احداث ساختمان و سازه‌های مقاوم در برابر زلزله، آنچه که بیشتر رواج دارد، استفاده از سازه‌های فولادی و بتن مسلح است. مناسب‌ترین مصالح برای مقابله با زلزله، مصالح فلزی است که دارای مقاومت خوب و در عین حال شکل‌پذیری ایده‌آل است. رفتار سازه‌های بتن مسلح در زلزله در مقایسه با سازه‌های فلزی مبهم‌تر و پیش‌بینی بازتاب اعضای باربر درآن پیچیده‌تر است. ولی تجربه در زلزله‌های گذشته و آزمونهای آزمایشگاهی نشان داده است که سازه‌های بتنی اگر با توجه به شرایط شکل‌پذیری طرح و محاسبه شوند و در اجرای آنها دقت کافی مراعات گردد، در برابر زلزله مقاوم خواهند بود. با این وجود در مورد سازه‌های بتن مسلح اگر نکات فوق نیز رعایت شوند، بیشتر از سازه‌های دیگر امکان دارد که وقوع زلزله بزرگ بعدی باعث ایجاد نتایج ناخواسته شود. چنین تجربه‌ای در زلزله‌های سالهای گذشته در مورد تعدادی از ساختمانهای مدرن که مطابق مشخصات فنی روز محاسبه و ساخته شده بودند، بدست آمده است (زلزله سال ۱۹۸۵ در مکزیکو، و ۱۹۸۸ در ارمنستان).

به تجربه معلوم شده است نیروهایی که عملاً از زلزله‌های شدید بر ساختمان وارد می‌شود بزرگتر از ارقامی است که آیین‌نامه‌های محاسباتی به صورت بار استاتیک مشخص می‌کنند. در مقایسه دیده می‌شود که برش پایه اعمال شده به سازه در زلزله‌های شدید چندین برابر نیرویی است که برای همان ساختمان مطابق آیین‌نامه محاسباتی می‌توان بدست آورد. به این ترتیب انتظار می‌رود ساختمانهای بتنی تحت اثر نیروی زلزله واقعی تخریب شوند، حال آنکه در بسیاری موارد، چنین اتفاقی روی نداده است. این تناقض شاید به دلیل تغییر مقاومت مصالح در تغییر شکل، و یا کمک بعضی عناصر غیرباربر که در طراحی در نظر گرفته نشده‌اند باشد. ولی مطمئناً برای سالم گذشتن از نقطه بحرانی