بسم الله الرحمن الرحیم

پردیس بین المللی ارس

گروه سازه

رساله برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته عمران گرایش سازه

عنوان:

بررسی رفتار و مقایسه اقتصادی قابهای خمشی بتنی متوسط و ویژه

استاد راهنما:

دکتر بهمن فرهمند آذر

استاد مشاور:

دکتر مسعود فرزام

نگارش:

حسین سجودی قراخانلو

آذر ۹۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ۱

فصل اول

مقدمه ۲

فصل دوم

بررسی رفتار اعضای قابهای خمشی در سازه‌های بتنی ٤

۲-۱- رفتار بتن ۴

۲-۱-۱ تاثیر میلگرد عرضی ۷

۲-۱-۲- تاثیر پارامترهای مختلف بر روی منحنی تنش-کرنش ۸

۲-۱-۳- نسبت قطر آرماتور عرضی به طول آزاد آرماتور عرضی ۹

۲-۱-۴- درصد و اندازه‌ی میلگرد طولی ۱۰

۲-۱-۵- مقاومت بتن ۱۰

۲-۱-۶- سرعت بارگذاری ۱۰

۲-۲- رفتار فولاد ۱۱

۲-۳ اندرکنش میلگرد و بتن ۱۵

۲-۴- رفتار تیرهای بتنی ۱۸

۲-۴-۱ شکل‌پذیری اعضا با رفتار خمشی ۱۹

ب- عوامل موثر بر شکل‌پذیری اعضای خمشی ۲۰

۱- مقدار فولاد کششی ۲۰

۲- مقدار فولاد فشاری ۲۱

۳- مقاومت بتن ۲۱

۴- مقاومت فولاد ۲۱

۵- شکل مقطع عرضی تیر ۲۱

۶- بار محوری فشاری ۲۱

۷- فولادهای عرضی ۲۲

۸- برش ۲۲

۹- پیوستگی و مهار نمودن فولادها در بتن ۲۲

۲-۵ رفتار ستونهای بتنی ۲۳

۲-۵-۱ شکل‌پذیری اعضای تحت اثرفشاروخمش ۲۴

فصل‌سوم

تأثیر شکل‌پذیری بر کاهش بارهای طراحی در مقابل زلزله ۲۶

۳-۱ مقدمه ۲۶
۳-۲- ضریب رفتار (R) و عوامل موثر بر آن ۲۶
۳-۲-۱- ضریب کاهش ناشی از شکل‌پذیری ۲۷
۳-۲-۲- ضریب کاهش در اثر اضافه مقاومت موجود در سازه ۲۹
ضریب اضافه مقاومت برای قابهای خمشی بتن آرمه ۳۰
۳-۲-۳- ضریب کاهش ناشی از ضریب اطمینان طرح (Ry) ۳۰
۳-۳- تعیین مقادیر $Ry, R\Omega, Ru$ و با استفاده از نمودار و فرمول ۳۱
۳-۴- ضریب رفتار در آئین نامه ۲۸۰۰ ایران ۳۲
۳- ۵ ضوابط آئین نامه بتن ایران در مورد قابهای خمشی متوسط و ویژه ۳۴
۳-۵-۱ ضوابط سازهای با شکل‌پذیری زیاد ۳۴
۳-۵-۱-۱ اعضای تحت خمش در قابها ۳۴
۳-۵-۱-۲ آرماتورهای طولی و عرضی ۳۵
۳-۵-۱-۳ اعضای تحت فشار و خمش در قابها ۳۷
۳-۵-۲ ضوابط سازهای با شکل‌پذیری متوسط ۴۲
۳-۵-۲-۱ اعضای تحت خمش در قابها ۴۲
۳-۵-۲-۲ آرماتورهای طولی و عرضی ۴۲
۳-۵-۲-۳ اعضای تحت فشار و خمش در قابها ۴۴
۳-۵-۲-۴ اتصالات تیر به ستونها در قابها ۴۵

فصل چهارم

تحلیل استاتیکی غیر خطی (آنالیز پوش آور) ۴۷

۴-۱ طراحی براساس عملکرد ۴۷
۴-۲- انواع روش‌های تحلیل سازه ۴۹
۴-۲-۱ خلاصه‌ای از مراحل انجام تحلیل بار افزون در نرم‌افزار ۵۰
۴-۳- روند انجام تحلیل غیرخطی ۵۱
۴-۳-۱ تعریف ترکیب بارهای ثقلی ۵۱
۴-۳-۲ تعریف الگوهای بار جانبی ۵۳
۴-۳-۲-۱ معرفی الگوی بار یکنواخت ۵۴
۴-۳-۲-۱-۱ محاسبه تغییرمکان هدف ۵۵
۴-۴- اختصاص مفاصل به تیرها و ستونها ۶۱

۴-۵- بررسی خروجیهای تحلیل ۶۳
۴-۶- اصلاح مشخصات مفاصل ۶۷
۴-۶-۱- اصلاح مفاصل ستونها ۶۷
۴-۷- تحلیل مجدد سازه و کنترل خروجی‌ها ۷۳
۴-۷-۱ کنترل بند ۳-۱۲-۱ از پیوست ۲ استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۷۴
۴-۷-۲ کنترل بند ۳-۱۲-۲ از پیوست ۲ استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۷۵

فصل پنجم

مقایسه اقتصادی قابهای خمشی بتن آرمه با شکل پذیریهای مختلف ۷۶

۵-۱- مقدمه ۷۶
۵-۲- مفروضات ۷۷
۵-۳- بارگذاری ۷۸
۵-۳-۱- بارهای ثقلی ۷۹
۵-۳-۲- بارهای جانبی ۸۰
- توزیع نیروی زلزله در طبقات ۸۴
۵-۴- طراحی مقدماتی ۸۹
۵-۵- تحلیل ساختمانها ۹۰
۵-۶- طراحی دقیق ساختمانها ۹۰
۵-۶-۱- طراحی قابهای ۴ طبقه ۹۲
۵-۶-۲- طراحی قابهای ۸ طبقه ۹۳
۵-۶-۳- طراحی قابهای ۱۲ طبقه ۹۴
۵-۶-۴- طراحی قابهای ۱۶ طبقه ۹۶
۵-۹- مقایسه مقادیر مصالح مصرفی در سازه ها با شکل پذیریهای مختلف ۹۷

فصل ۶

ارزیابی لرزه‌ای سازه‌های مورد مطالعه، با تحلیل PUSHOVER ۱۰۱

۶-۱-مقدمه ۱۰۱
۶-۲- معرفی ساختمانهای نمونه ۱۰۱
۶-۳- ارزیابی عملکرد لرزه‌ای نمونهٔ I4 ..... ۱۰۴

۶-۴- ارزیابی عملکرد لرزه‌ای نمونهٔ I8 ..... ۱۰۶
۶-۵- ارزیابی عملکرد لرزه‌ای نمونهٔ I12 ..... ۱۰۸
۶-۶- ارزیابی عملکرد لرزه‌ای نمونه S4 ..... ۱۱۱
۶-۷- ارزیابی عملکرد لرزه‌ای نمونهٔ S8 ..... ۱۱۴
۶-۸- ارزیابی عملکرد لرزه‌ای نمونهٔ S12..... ۱۱۶
نتایج این فصل..... ۱۱۸
نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۲۱
منابع ۱۲۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- ضرایب رفتار در آئین نامه ۲۸۰۰ جدید ۳۳
جدول ۶-۸: پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش برای روشهای غیرخطی- ستونهای بتن مسلح ۷۰
جدول ۶-۷: پارامترهای مدلسازی و معیارهای پذیرش برای روشهای غیرخطی- تیرهای بتن مسلح ۷۲
جدول ۵-۱- خلاصه بارهای ثقلی مورد استفاده در طراحیها ۸۰
جدول ۵-۲: محاسبه ضریب B برای ساختمانها با تعداد طبقات مختلف ۸۲
جدول ۵-۳: محاسبه ضریب زلزله برای ساختمانهای مورد بررسی ۸۳
جدول ۵-۴: محاسبه نیروی برش پایه طراحی ساختمانها ۸۴
جدول ۵-۵: محاسبه نیروی شلاقی ساختمانها ۸۵
جدول ۵-۶: نتایج نهایی طراحی ستونها قابهای ۴ طبقه ۹۲
جدول ۵-۷: نتایج نهایی طراحی تیرهای قابهای ۴ طبقه ۹۳
جدول ۵-۸: نتایج طراحی ستونهای ساختمانهای ۸ طبقه ۹۴
جدول ۵-۹: نتایج طراحی تیرهای ساختمانهای ۸ طبقه ۹۴
جدول ۵-۱۰: نتایج طراحی ستونهای ساختمانهای ۱۲ طبقه ۹۵
جدول ۵-۱۱: نتایج طراحی تیرهای ساختمانهای ۱۲ طبقه ۹۵
جدول ۵-۱۲: نتایج طراحی ستونهای ساختمانهای ۱۶ طبقه ۹۶
جدول ۵-۱۳: نتایج طراحی تیرهای ساختمانهای ۱۶ طبقه ۹۷
جدول ۵-۴۱: مقایسه آرماتور مصرفی در سطح ساختمانهای ۴ طبقه با شکل پذیریهای مختلف ۹۸
جدول ۵-۴۲: مقایسه آرماتور مصرفی در واحد سطح ساختمانهای ۸ طبقه با شکل پذیریهای مختلف ۹۸
جدول ۵-۴۳: مقایسه آرماتور مصرفی در واحد سطح ساختمانهای ۱۲ طبقه با شکل پذیریهای مختلف ۹۸
جدول ۵-۴۴: مقایسه آرماتور مصرفی در واحد سطح ساختمانی ۱۶ طبقه با شکل پذیریهای مختلف ۹۹
جدول ۶-۱- ضریب بازتاب و ضریب برش پایه برای قابهای ۴، ۸ و ۱۲ طبقه ۱۰۳

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱ منحنی تنش-کرنش با بتن با مقاومت‌های مختلف ۴
شکل ۲-۲ ..... ۵
شکل۲-۳ مدل منحنی تنش- کرنش بتن در فشار تک محوری ۵
شکل۲-۴ منحنی تنش کرنش بتن تحت بار رفت و برگشتی ۶
شکل۲-۵ منحنی تنش- کرنش بتن تحت سرعت‌های بارگذاری مختلف ۶
شکل۲-۷ ..... ۹
شکل ۲-۸ منحنی‌های پیشنهاد شده، برای درنظر گرفتن اثر خاموت مستطیلی، در منحنی تنش - کرنش ۱۱
شکل ۲-۹ منحنی تنش – کرنش میلگرد فولادی ۱۲
شکل (۲-۱۰) ۱۳
شکل ۲a – ۱۱ ..... ۱۴
شکل۲b -۱۱ ..... ۱۵
شکل ۲-۱۲ اثر محصور سازی تسلیح دور پیچ بر روی روابط تنش – کرنش ۱۶
شکل ۲-۱۳ محصور سازی بتن توسط تنگهای مربعی ۱۶
شکل ۲-۱۴ تاثیر مقدار تنگها بر روی منحنیهای تنش- کرنش بتن در اعضا ۱۷
شکل ۲-۱۶ رابطه‌ی لنگر- انحنا برای یک تیر تحت بارگذاری ۱۹
شکل۲a-۱۸ ..... ۲۳
شکل۲b-۱۸ ..... ۲۳
شکل ۲-۱۹ رابطه‌ی بین زاویه‌ی دوران برای تیر ستونهایی که تحت بار محوری ثابت ولنگر خمشی معکوس رفت و برگشتی در خمش گسیخته می‌شوند. ۲۵
شکل۳-۱: رابطه بین ضریب شکل‌پذیری و ضریب کاهش بار ۲۷
شکل ۳-۲: رابطهٔ ضریب شکل‌پذیری و زمان تناوب سازه با ضریب کاهش بار ۲۸
شکل ۳-۳: منحنی تغییرات ضریب اضافه مقاومت در قابها ۳۰
شکل ۳-۴: رفتار سازه در حالت الاستیک و غیرالاستیک ۳۱
شکل ۵-۱: پلان مفروض مورد استفاده در این پایان نامه ۷۸
شکل ۵-۲- جزئیات کفسازی در طبقات ۷۹
شکل ۵-۳- جزئیات کفسازی در بام ۷۹
شکل ۵-۴- نمایش هندسی نسبت ظرفیت نیمرخ المان ۹۱
شکل ۶-الف پلان ساختمانهای نمونه ۱۰۲
شکل ۶-۱- تشکیل مفاصل پلاستیک در نقطه عملکرد قاب 14 ..... ۱۰۴
شکل ۶-۲- جابجایی بام در تراز LS برای قاب I4 ..... ۱۰۵
شکل ۶-۳- نسبت دریفت طبقات قاب I4 در نقطه عملکرد ۱۰۶
شکل ۶-۴ تشکیل مفاصل پلاستیک در نقطه عملکرد قاب I8 ..... ۱۰۷

شکل ۶-۵- جابجایی بام در تراز LS برای قاب I8 ..... ۱۰۸
شکل ۶-۶- نسبت دریفت طبقات قاب I8 در نقطه عملکرد ۱۰۸
شکل ۶-۷ تشکیل مفاصل پلاستیک در نقطه عملکرد قاب I12 ..... ۱۰۹
شکل ۶-۸ - جابجایی بام در تراز LS برای قاب I12 ..... ۱۱۰
شکل ۶-۹- نسبت دریفت طبقات قاب I12 در نقطه عملکرد ۱۱۱
شکل۶-۱۰- تشکیل مفاصل پلاستیک در نقطه عملکرد قاب S4 ..... ۱۱۲
شکل ۶-۱۱- جابجایی بام در تراز LS برای قاب S4 ..... ۱۱۳
شکل ۶-۱۲- نسبت دریفت طبقات قاب S4 در نقطه عملکرد ۱۱۳
شکل ۶-۱۳- تشکیل مفاصل پلاستیک در نقطه عملکرد قاب S8 ..... ۱۱۴
شکل ۶-۱۴- جابجایی بام در تراز LS برای قاب S8 ..... ۱۱۵
شکل ۶-۱۵- نسبت دریفت طبقات قاب S8 در نقطه عملکرد ۱۱۶
شکل ۶-۱۶- تشکیل مفاصل پلاستیک در نقطه عملکرد قاب S12 ..... ۱۱۷
شکل ۶-۱۷- جابجایی بام در تراز LS برای قاب S12 ..... ۱۱۸
شکل ۶-۱۸- نسبت دریفت طبقات قاب S12 در نقطه عملکرد ۱۱۸

نام خانوادگی دانشجو: سجودی قراخانلو نام: حسین

عنوان پایان نامه / رساله: بررسی رفتارومقایسه ا قتصادی قا بهای خمشی بتنی متوسط و ویژه

استاد راهنما: جناب آقای دکتر بهمن فرهمند آذر
استاد مشاور: جناب آقای دکتر مسعود فرزام

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشدرشته: عمران گرایش: سازه دانشگاه: تبریز

دانشکده: پردیس بین المللی ارس تاریخ فارغ التحصیلی:آذر ۹۳تعداد صفحه:۱۳۰

کلید واژه ها:: قاب خمشی بتنی متوسط و ویژه ، شکل پذیری ، اقتصادی بودن طرح ، ضریب رفتار، جذب انرژی ، تحلیل pushover

چکیده :

امروزه مقاوم سازی ساختمانها در برابر زلزله از اهمیت ویژه‌ای بر خوردار بوده وبرای این منظور انعطاف‌پذیری سازه در مقابل تغییر شکلها و طبیعتا اتلاف انرژی زلزله مورد توجه خاص می‌باشد.

به جز در موارد استثنا در طرح بسیاری از سازه‌ها بخصوص آنهایی که به صورت قابی ساخته می‌شوند با قبول اینکه تنش حداکثر در بعضی از اعضا به حد تنش تسلیم میرسد میتوان به یک طرح اقتصادی دست یافت و همچنین هر چه سازه در اثر نیروی زلزله تغییر شکل بیشتری می‌دهد و نرم تر باشد نیروی اینرسی کمتری به آن وارد می‌شود از این رو خاصیت شکل‌پذیری و رفتار غیر ارتجاعی تمایل به کم کردن نیروهای ناشی از زلزله دارد.

در نهایت با توجه به این دو پارامتر مهم ۱-مقاوم در برابر زلزله ۲- اقتصادی بودن طرح، اهمیت انعطاف‌پذیری در سازه بیش از پیش مورد مورد توجه قرار گرفته وضرورت تحقیق در این باره آشکار می‌گردد. در این پایاننامه سازه‌های بتنی با قابهای خمشی متوسط و قابهای خمشی ویژه با تحلیل غیر خطی(pushover) در نرم افزار etabs رفتار واقعی سازه‌ها با ورود به حوزه‌ی غیر خطی وتشکیل مفاصل پلاستیک مورد ارزیابی قرار گرفته و با هم مقایسه می‌گردند .

فصل اول

مقدمه

در بعضی از سازه‌ها از قبیل برجهای آزاد ایستاده و سیستمهای ساختمانی معلق که پایداری آنها بستگی به یک یک عناصر تشکیل دهنده‌ی سازه دارد ویا در سازه‌های راکتورهای اتمی که در آنها محافظه کاری بیش از حد مطلوب است تسلیم شدن عناصر اصلی سازه قابل قبول نمی‌باشد در چنین حالاتی طرح سازه برای زلزله‌های متوسط وشدید اساسا بر رفتار ارتجاعی تکیه دارد و تنشهای بحرانی در سازه باید کمتر از تنش تسلیم باشند. اما در طرح بسیاری از سازه‌ها بخصوص آنهایی که به صورت قابی شکل و بطور کلی هیپر استاتیک ساخته می‌شوند با قبول کردن اینکه در زلزله‌های متوسط و شدید تنش حداکثر در بعضی از اعضا به حد تنش تسلیم میرسد می‌توان به یک طرح اقتصادی دست یافت .

در بسیاری از آیین نامه‌های زلزله معیارهایی که بطور ضمنی برای نحوه‌ی عملکرد در نظر گرفته شده لازم می‌دارد که :

الف)زلزله‌های با شدت کم را بدون خسارت تحمل نمایند در این حالت انتظار میرود که تنشهای ایجاد شده در سازه مکرر ولی کوچک و در حد ارتجاعی باقی بمانند

ب)زلزله‌هایی با شدت متوسط را بدون صدمه به عناصر سازه‌ای تحمل نماید ولی عناصر غیرسازه‌ای می‌توانند دچار آسیب شوند .

ج) زلزله‌های با شدت زیاد را بدون انهدام تحمل نمایند که در واقع در این حالت هم عناصر سازه‌ای و هم عناصر غیر سازه‌ای می‌توانند آسیب ببینند .

اصولا هدف از مقاوم سازی ساختمانها در مقابل زلزله‌های بزرگ فقط جلوگیری از تلفات جانی می‌باشد و حتی منهدم کردن ساختمان بعد از زلزله به علت صدمات زیاد قابل قبول می‌باشد. برای

این منظور انعطاف‌پذیری سازه در مقابل تغییر شکلها دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد بنابر این تعیین رفتار دقیق دینامیکی سازه‌ها نیازمند درک صحیحی از رفتار غیر ارتجاعی آنها می‌باشد زیرا به علت جذب انرژی، بواسطه‌ی تغییر شکلهای ارتجاعی، ظرفیت سازه‌ها در تحمل بارها به حد قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد و در واقع همن امر سبب تفاوت بین پاسخهای ارتجاعی سازه و نیروهای جانبی طراحی توسط آیین نامه‌های ساختمانی می‌باشد.

بنابراین استفاده از تحلیل ارتجاعی و خطی برای سازه‌هایی که در معرض تکانهای نسبتا شدید زمین لرزه قرار میگیرند، منطقا قابل قبول نبوده و بررسی پاسخ آنها در محدوده‌ی غیر خطی، اجتناب ناپذیر است و به این دلیل باید تحلیل غیر خطی صورت گیرد و تغییر مکانها، محل تشکیل مفاصل پلاستیک و نحوه‌ی توزیع آنها مشخص شود.

بنابر این می‌توان نتیجه گرفت در پاسخ به یک زلزله خاص شکل‌پذیریهای مختلفی ممکن است برای اعضا بدست آیند و شکل‌پذیری یک عضو به عوامل مختلفی بستگی دارد که هر یک از آنها در میزان شکل‌پذیری و در نتیجه در تحمل بارهای لرزه‌ای و یا به عبارت دیگر میزان جذب انرژی اثر قابل توجهی دارد.

در این پایاننامه سعی شده است که برای شکل‌پذیریهای مختلف روی سازه‌های بتنی قابی شکل که بخصوص برای انعطاف‌پذیری بهترین بازده را دارند (قابهای خمشی متوسط و قابهای خمشی ویژه) و همچنین کاربرد فراوانی در ساختمان سازی دارند انجام شده و مقایسه‌های فنی و اقتصادی برای هر دو شکل‌پذیری بر روی چند نمونه ساختمان صورت گیرد.

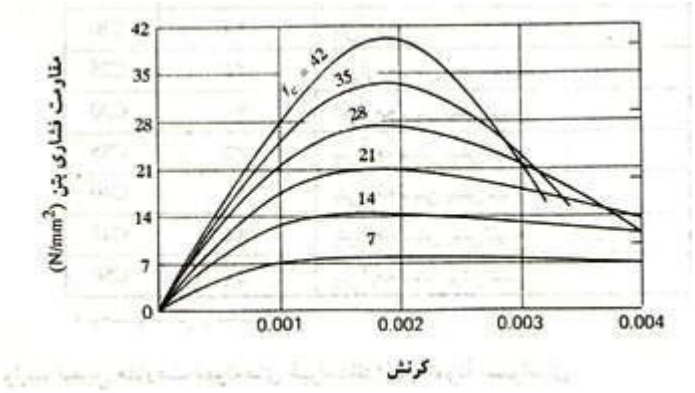
فصل دوم

بررسی رفتار اعضای قابهای خمشی در سازه‌های بتنی

۲-۱- رفتار بتن

در بیشتر اوقات بتن تحت اثر مولفه‌های مختلف تنش بطور همزمان واقع می‌شود و بندرت تحت اثر تنش تک محوری قرار می‌گیرد.شناخت دقیق از رفتار بتن تحت تنش تک محوری می‌تواند برای حالات مختلف نسبتا ساده مستقیما به کار رفته و در حالات چند محوری به شناخت رفتار بتن کمک نماید.

مقاومت فشاری بتن معمولا با آزمایش بر روی نمونه‌ی استوانه‌ای حاصل می‌شود .محدوده‌ی این مقاومت برای بتن معمولی از $۱۵۰kg/cm^2$ تا $۵۵۰kg/cm^2$ است شکل ۲-۱ منحنی تنش- کرنش حاصل از چند آزمایش بار گذاری فشاری را نشان می‌دهد. این منحنی تا رسیدن به نصف مقاومت فشاری خطی هستند ودر قسمت حداکثر تنش، منحنی تنش- کرنش با مقاومت بالا دارای انحنای بیشتری نسبت به بتن با مقاومت پایین است. برای تمام نمونه‌ها کرنش نظیر ماگزیمم تنش تقریبا یکسان وبرابر ۰/۰۰۲ است شیب منحنی پس ازکرنش نظیرتنش حداکثر منفی می‌باشد.

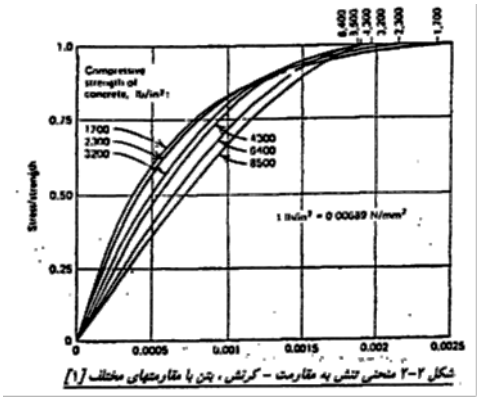


شکل۲-۱ منحنی تنش-کرنش بتن با مقاومت‌های مختلف

مدول الاستیسیته‌ی بتن E_C با استفاده از روابط تجربی بدست می‌آید. براساس مطالعات انجام شده رابطه‌ی زیر توسط آیین نامه‌ی بتن (ACI) پیشنهاد شده است

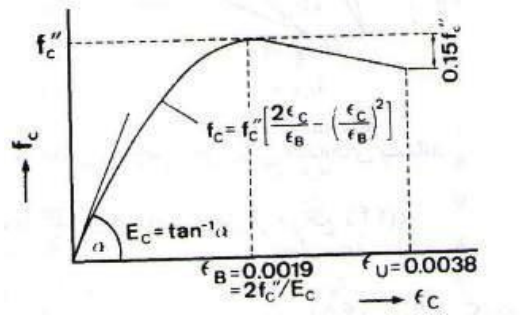
$$E_C = 15100\sqrt{f'_c} \qquad (۱-۲)$$

در این رابطه ، f'_c مقاومت فشاری بتن بر حسب kg/cm^2 **است** قابل توجه است که مدول الاستیسیته‌ی بتن حاصل از این رابطه شیب منحنی تنش–کرنش در نقطه **۰/۵fc** میباشد بررسی نتایج آزمایشها مشخص می‌نماید که شکل منحنی تنش-کرنش قبل از رسیدن به تنش ماکزیمم وابسته به مقاومت بتن است شکل ۲-۲ این بررسی را نشان می‌دهد .



شکل ۲-۲

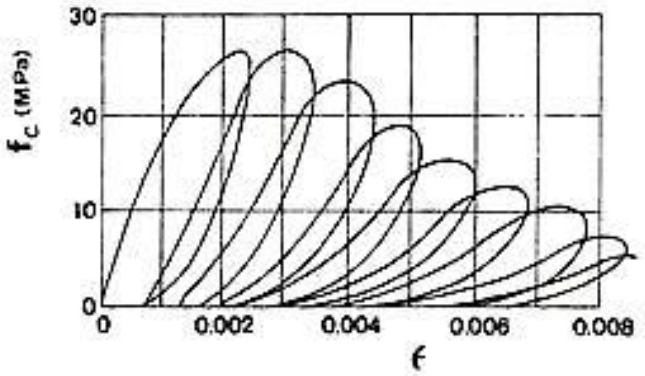
غالبا برای شکل منحنی تنش- کرنش از عبارت چند جمله‌ای درجه‌ی دوم استفاده می‌گردد بعنوان نمونه در شکل ۲-۳ یک منحنی درجه‌ی دو برای رابطه‌ی تنش – کرنش ارایه شده است



شکل۲-۳ مدل منحنی تنش- کرنش بتن در فشار تک محوری

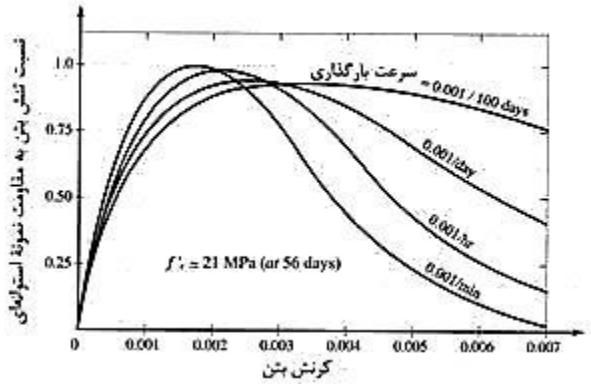
ناحیه کاهنده‌ی سختی تنش – کرنش وابسته به مقداری است که برای حد کرنش مفید بتن فرض می‌گردد.

تنش فشاری حداکثر در اعضای بتنی تحت خمش با ماکزیمم تنش فشاری نمونه‌ی استوانه‌ای متفاوت است زیرا در اندازه وشکل متفاوت هستند تکرار بارگذاری فشاری نیز بر رفتار بتن تاثیر می‌گذارد شکل زیر این اثر را نشان می‌دهد.



شکل۲-۴ منحنی تنش کرنش بتن تحت بار رفت و برگشتی

همچنین شکل زیر اثر سرعتهای مختلف بار گذاری را روی نمودار تنش- کرنش نشان می‌دهد.



شکل۲-۵ منحنی تنش- کرنش بتن تحت سرعت‌های بارگذاری مختلف

مقاومت کششی بتن کمتر از ۲۰درصد مقاومت فشاری آن است. مقدار این مقاومت را میتوان بصورت مستقیم از آزمایش نمونه‌ی کششی بدست آورد. همچنین مقدار ضریب پواسون بین اعداد ۰/۱۵ تا ۰/۲ است.ضریب پواسون برای بتن با مقاومت بالا کمتر است.

مقاومت وشکل‌پذیری بتن تحت فشار سه محوری افزایش می‌یابد. تحقیقات نشان می‌دهد زمانیکه نمونه‌ی بتنی تحت فشار هیدرواستاتیک قرار داده شود رابطه‌ی زیر برای تعیین مقاومت نمونه برقرار است :

$$f'_{cc}=f'_{c}+\alpha fc \qquad \text{۲-۲}$$

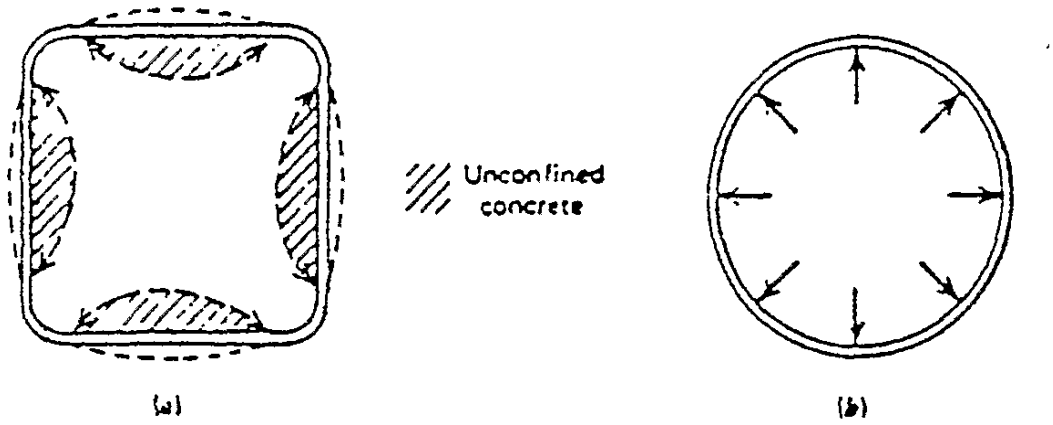
که در این رابطه f'_{cc} مقاومت فشاری نمونه در حالت محصور شده و f'_{c} مقاومت فشاری نمونه در حالتی که محصور نشده و fc فشار جانبی نمونه و α ضریب می‌باشد.

ضریب α بین ۴/۵ تا ۷ که بطور متوسط ۵/۶ است بدست آمده است که آقای $pauly$ استفاده از مقدار متوسط ۴/۱ برای این ضریب را توصیه می‌نماید.

۲-۱-۱ تاثیر میلگرد عرضی

بتن تیرها و ستونها به وسیله‌ی میلگردهای عرضی محصور می‌شود، که عمدتا به شکل خاموت مستطیلی وتنگ دایروی می‌باشند. در تنشهای پایین بتن، در میلگردهای عرضی مقدار کمی تنش ایجاد می‌شود زمانیکه تنش بتن به مقاومت فشاری آن نزدیک می‌شود در میلگردهای عرضی مقدار تنش قابل ملاحظه‌ای وجود خواهد داشت.آزمایشهای مختلف نشان می‌دهند که محصور شدگی بوسیله‌ی آرماتورهای عرضی بطور قابل ملاحظه‌ای خواص تنش- کرنش بتن را در کرنشهای بالا بهبود می‌دهد.

دلیل اختلاف قابل ملاحظه‌ی بین محصور شدگی بوسیله‌ی تنگ دایروی ومحصور شـدگی بوسـیله‌ی خاموت در شکل (۲-۶) نشان داده شده است.



شکل۲-۶ محصور شدگی بوسیله‌ی تنگ دایروی وخاموت مستطیلی a) خاموت b) تنگ دایروی

به دلیل شکل حلقوی تنگ دایروی فقط در آن تنش کششی ایجاد می‌گردد .این تنش کششی یک محصور شدگی یکنواخت پیرامون بتن ایجاد می‌نماید. در صورتیکه خاموت فقط گوشه‌ها را محصور می‌نماید. در نتیجه ناحیه‌ی قابل توجهی از بتن محصور نشده، باقی می‌ماند. محصور شدگی بتن در گوشه‌های خاموت به دلیل عملکرد قوسی خاموت در گوشه‌ها است. محصور شدگی بوسیله‌ی خاموت نیز تاثیر قابل توجهی بر روی شکل‌پذیری دارد و مقاومت را افزایش می‌دهد.

۲-۱-۲ تاثیر پارامترهای مختلف بر روی منحنی تنش-کرنش

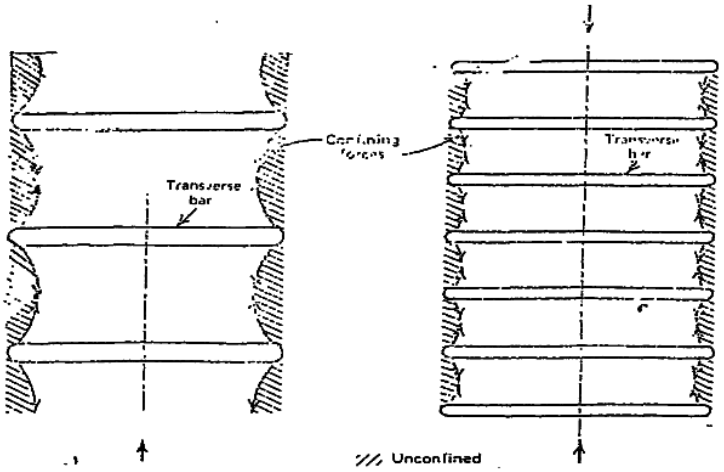
شکل منحنی تنش – کرنش، بعد از مقاومت فشاری تابعی از پارامترهای مهم زیر است :

۱- نسبت حجم فولاد عرضی به حجم بتن هسته، مقدار زیاد فولاد عرضی، محصور شدگی بتن را افزایش می‌دهد.

۲- مقاومت تسلیم فولاد عرضی- مقدارمقاومت تسلیم فولاد عرضی، حد بالای تنش محصور کننده را بیان می‌کند

۳- نسبت فاصله‌ی بین فولادهای عرضی به ابعاد هسته‌ی بتن .

همانطوری که در شکل (۲-۷) نشان داده شده است کاهش فاصله‌ی بین فولادهای عرضی سبب افزایش محصور شدگی بتن می‌گردد. بتن بوسیله‌ی عملکرد قوسی خود بین دو فولاد عرضی محصور می‌شود .در صورت افزایش فاصله‌ی بین دو لایه‌ی فولاد عرضی محدوده‌ی زیادتری از بتن محصور نشده باقی می‌ماند.



شکل۲-۷

۲-۱-۳- نسبت قطر آرماتور عرضی به طول آزاد آرماتور عرضی

با استفاده از آرماتور عرضی با قطر بالاتر می‌توان محصور شدگی آرماتور عرضی را بهبود بخشید. آرماتور عرضی با قطر کمتر فقط در گوشه‌ها عمل می‌نماید. زیرا سختی آرماتور عرضی در دهانه‌ی آزاد کم است. در فاصله‌ی میانی بین دو گوشه ایجاد محصور کنندگی نمی‌نماید. شکل (۲-۷) بالا بردن نسبت قطر آرماتور عرضی به طول آزاد آن سطح موثر بتن محصور شده را افزایش می‌دهد. این امر به دلیل افزایش منحنی آرماتور عرضی در طول آزاد آن می‌باشد. در تنگ دایروی این پارامتر مهم نمی‌باشد، زیرا محصور کنندگی یکنواخت ایجاد شده توسط تنگ دایروی در آرماتور تنگ دایروی در آرماتور تنگ فقط ایجاد کشش می‌نماید.

۲-۱-۴- درصد و اندازه‌ی میلگرد طولی

میلگردهای طولی نیز در محصور کردن بتن دخیل هستند. آرماتورهای طولی غالبا دارای قطر زیاد می‌باشند. نسبت قطر به طول آزاد یعنی فاصله‌ی بین آرماتورهای عرضی، در محصور کردن بتن موثر است میلگردهای طولی باید به فولادهای عرضی محکم شوند و تکیه گاه مناسبی برای آنها باشند تا آرماتور عرضی بتواند محصورکنندگی عکس العملی خود را ایجاد نمایند. در صورت تکان آرماتور طولی مقدار محصور کنندگی آرماتورهای عرضی کاهش می‌یابد.

۲-۱-۵- مقاومت بتن

بتن با مقاومت کمتر در مقابل بتن با مقاومت بالاتر رفتار شکل پذیر تری دارد.

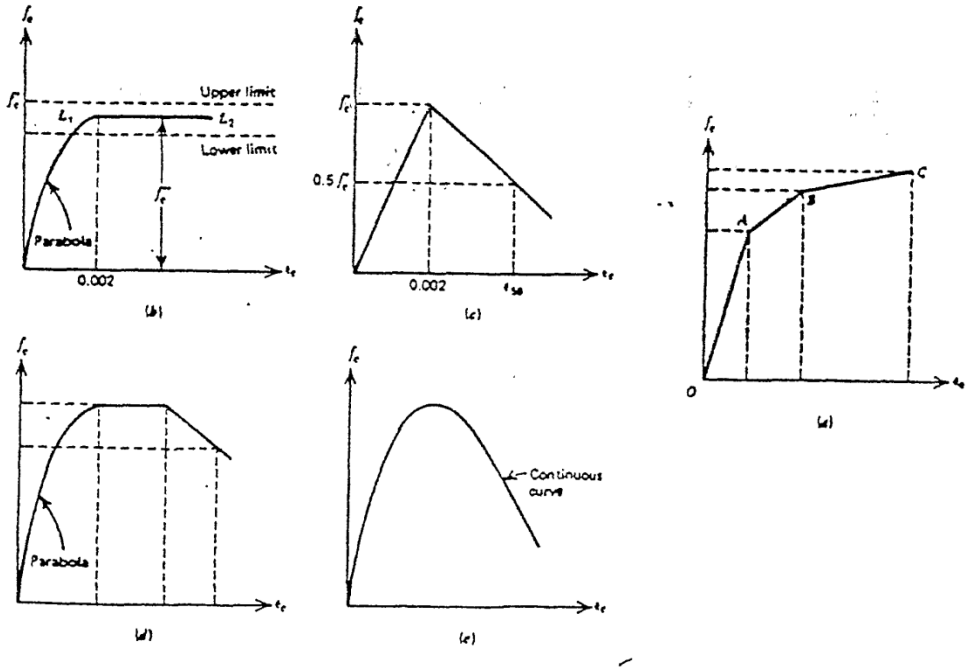
۲-۱-۶- سرعت بارگذاری

مشخصات منحنی تنش –کرنش بتن به مدت زمان بارگذاری وابسته است. بتن قرار گرفته در بیرون حلقه آرماتور عرضی محصور نمی‌باشد. منحنی تنش – کرنش این قسمت با منحنی تنش – کرنش قسمت محصور شده تفاوت دارد ومقاومت بتن پوسته برابر با مقاومت بتن محصور نشده می‌با شد.

وجود تعداد بالای میلگرد عرضی لایه‌ای ضعیف بین بتن هسته وبتن پوسته مقطع ایجاد می‌نماید. با وجود آمدن این لایه اختلاف رفتار بین این دو قسمت از مقطع مشهودتر است.

در ادامه تعدادی روش پیشنهادی پیرامون اثر میلگردهای عرضی بر مقدار مقاومت و شکل‌پذیری بتن ارایه میگردد.

شکل (۲–۸) انواع مختلفی از منحنی‌های پیشنهادشده برای رابطه‌ی تنش – کرنش بتن محصور شده با خاموت را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۸ منحنی‌های پیشنهاد شده، برای درنظر گرفتن اثر خاموت مستطیلی، در منحنی تنش – کرنش

قسمت OAB از منحنی سه خطی شکل (۲a -۸) برای بتن محصور نشده می‌باشد. قسمت BC از این منحنی وابسته به آرماتور عرضی است. $BAKER$ برای کرنشهای قبل از تنش ماکزیمم از چند جمله‌ای استفاده نمود که وابسته به شیب کرنش در عرض مقطع است (۲-۸ b) $Roy\ \&\ Sozen$ از مدول دوخطی کاهنده استفاده نمودند که از نقطه‌ی نظیر تنش OSRC درقسمت کاهنده می‌گذرد.

۲-۲- رفتار فولاد

برای بررسی رفتار فولاد آن را تحت آزمایش با بار کششی قرار می‌دهند شکل (۲ -۹) منحنی متعارف تنش – کرنش فولاد را نشان می‌دهد.