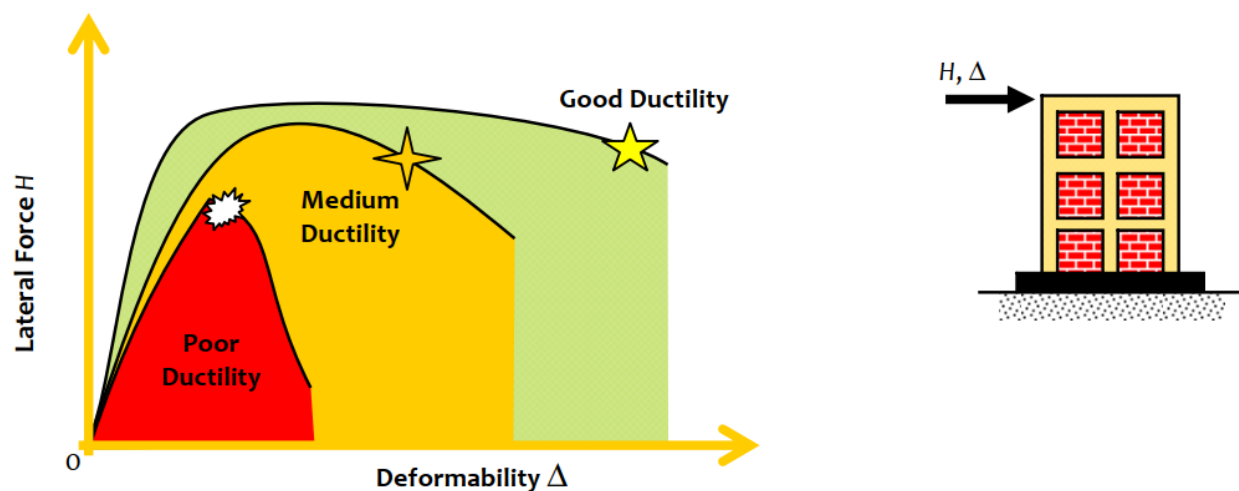


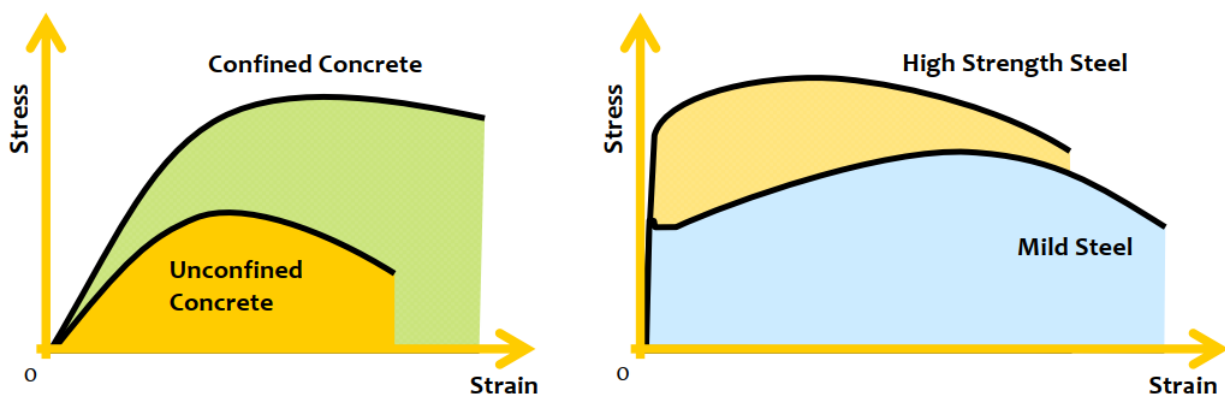
این ویژگی مناسب ساختمان (شکل پذیری)، تنها این امکان را فراهم می سازد که ساختمان را برای درصدی از نیروهای وارده به آن طراحی کنیم تا در تمام حالت ها الاستیک باقی بماند. به دلیل اینکه برخی تلاشهای ناشی از ارتعاشات زلزله کنترل شونده توسط تغییر شکل است در یک ساختمان شکل پذیر، اعضا و مصالح استفاده شده در آن باید بتوانند بعد از حالت الاستیک، بدون از دست رفتن مقاومت، پایداری خود را در حالت غیر الاستیک حفظ کنند. شکل پذیری کمک می کند که انرژی ورودی ناشی از زلزله در یک چرخه هیستریزیس مستهلک شود.



طراحی مقاوم لرزه ای ساختمان، کاملاً به شکل پذیری ساختمان برای تحمل تغییر شکل های اعمال شده بستگی دارد. شکل پذیری کلی یک ساختمان به شکل پذیری در جزئیات مختلف بستگی دارد مانند: سازه ای یا کلی، اعضا، مقطع و مصالح. شکل پذیری خوب مصالح، به شکل پذیری بهتر مقطع کمک می کند و به صورت مستقیم با شکل پذیری اعضا مرتبط است.

شکل پذیری کلی وابسته به هر سه مورد گفته شده فوق است که شامل شکل پذیری اعضا، مقطع و مصالح است. شکل پذیر ساختن اعضای قاب یک ساختمان یک مزیت مهم در ساخت و طراحی لرزه ای مقاوم در برابر زلزله است. ایجاد اعضای شکل پذیر در قاب های بتن مسلح یک چالش بزرگ محسوب می شود، به دلیل اینکه حجم بسیار زیادی از بتن وجود دارد که در مقایسه با فولاد به شدت شکننده و دارای رفتار ترد است. بتن داخل

دور پیچ ها به وسیله گره هایی با خم انتهای قلاب 135 درجه محدود می شوند ، این موضوع از شکست بتن در مقابل ارتعاشات زلزله جلوگیری می کند.

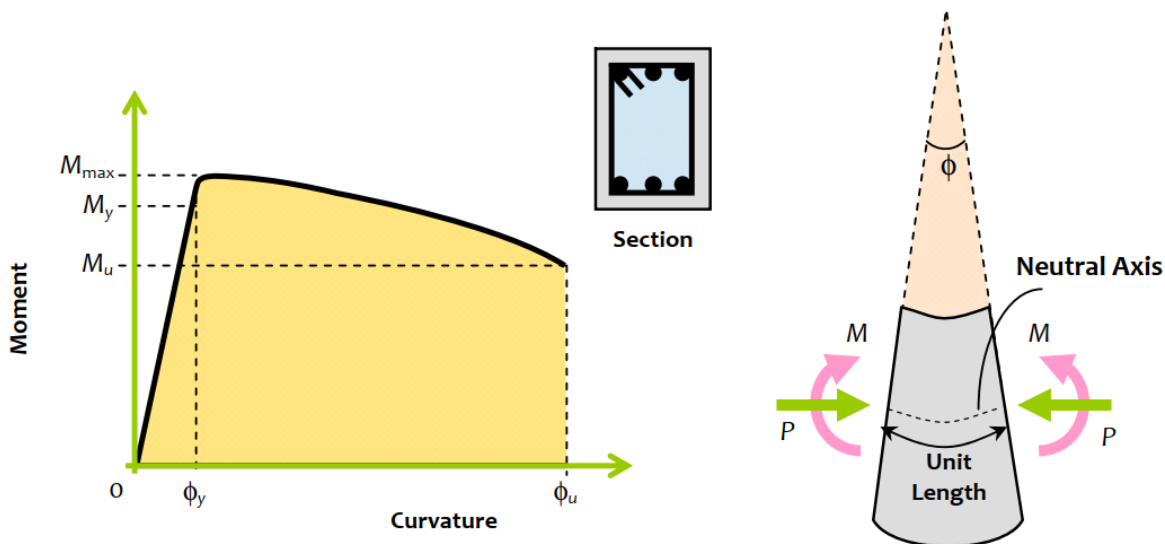


معمولا مقاومت بتن مکعبی برابر 20 تا 40 مگاپاسکال است که به آن بتن معمولی گفته می شود. اما بتن با مقاومت بیش از 60 مگاپاسکال بتن با مقاومت بالا محسوب می شود. در هر دو مورد ، حداکثر کرنش فشاری بتن یک مشخصه بسیار مهم (وابسته به مقاومت) ، که شکل پذیری نهایی عضو را تعیین می کند. عموما ، با افزایش مقاومت حداکثر ، شکل پذیری نهایی بتن کاهش می یابد. تمام این موارد ، در مورد بتن های محصور نشده صادق است. در اعضای بتن مسلح ، آرماتورهای عرضی به گونه ای طراحی می شوند که نقش مهمی در مقاومت برشی بتن محصور شده دارند. این موضوع ، فارغ از آرماتورهای طولی است که برای مقاومت در برابر نیروی فشاری طراحی می شوند. بتن محصور شده در میان آرماتورهای طولی و عرضی توسط این اعضا نگه داشته شده که باعث می شود ، بتن به حداکثر شکل پذیری و مقاومت خود برسد. (به شکل بالا دقت کنید)

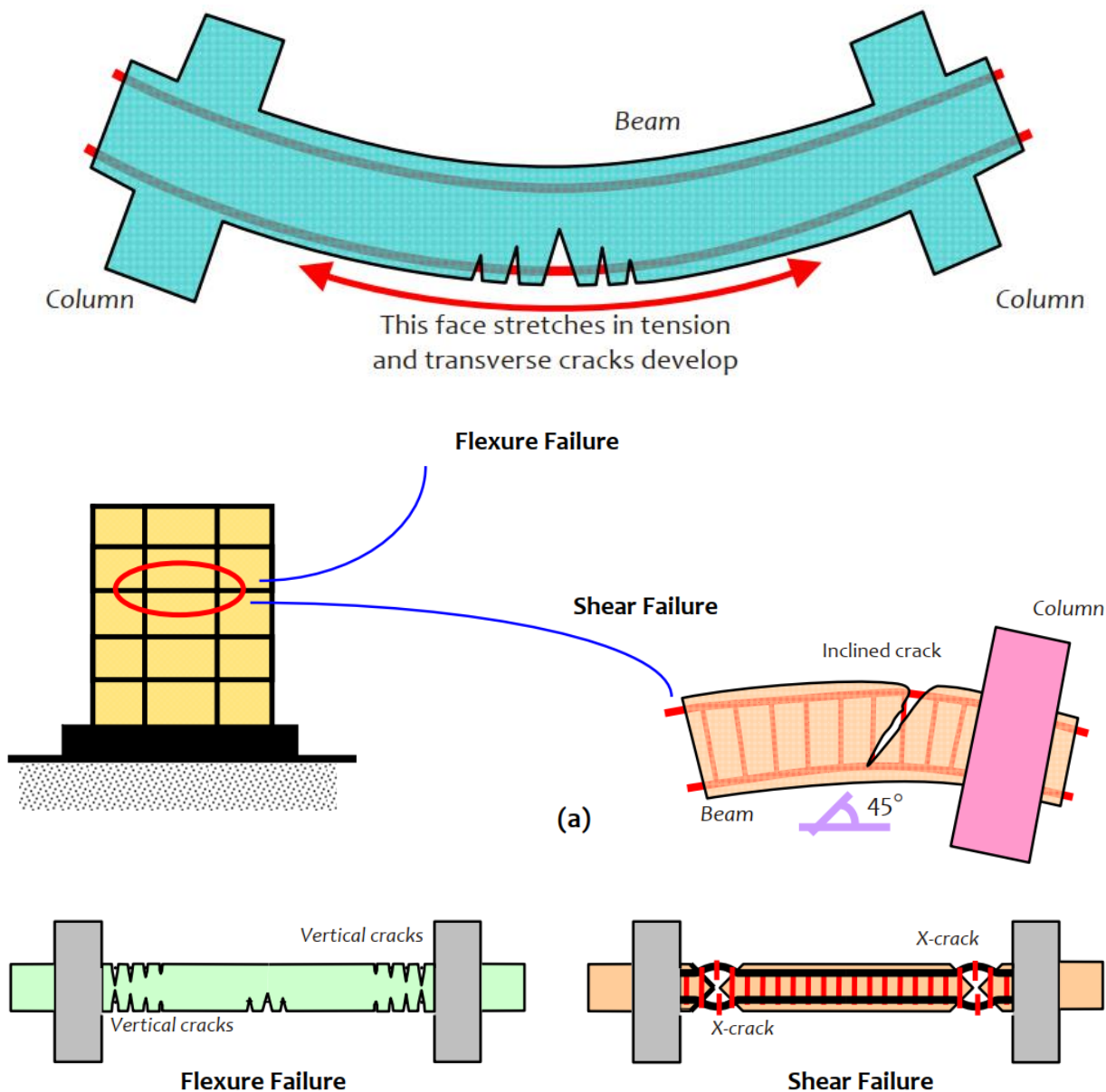
به طور محلی و موضعی ، اثر محصور کردن در نزدیکی آرماتورهای عرضی بیشتر از سایر قسمت ها است. استفاده از آرماتورهای عرضی نزدیک تر به یکدیگر ، عمل محصور کردن قسمت فشاری را یکنواخت و مؤثرتر می کند. هنگامی که یک نمونه استوانه ای بدون هر گونه محصورشدگی ، شکسته می شود ، تنش های فشاری شدیدتری در آن ایجاد می شود و هنگامی که بتن شروع به شکست می کند ، مقاومت فولاد نیز کاهش می یابد. برعکس ، در صورتی که بتن داخل دورپیچ (خاموت) محصور شود ، نه تنها بتن می تواند در مقابل تنشهای فشاری بالاتری مقاومت کند ، بلکه می تواند در برابر بارهای ضربه ای نیز مقاومت کند ، این موضوع بیانگر رفتار شکل پذیر بتن است. به همین دلیل بتن که عموما یک ماده شکننده است ، با استفاده از دور پیچها (خاموت ها) می تواند شکل پذیری بالاتری داشته باشد. این گونه تمهیدات برای ایجاد یک عضو شکل پذیر ضروری است.

فولاد معمولاً شکل پذیری بیشتری نسبت به بتن محصور شده دارد (همانطور که در شکل بالا مشخص شده است). علاوه بر این، فولاد با کربن کم (فولاد نرمه)، خیلی شکل پذیرتر از فولاد با مقاومت بالا است. معمولاً فولادهای معمولی را بیشتر از فولادهای پرمقاومت می توان تحت کشش قرار داد؛ اما، برای رسیدن به مقاومت خمشی یکسان، باید از فولاد معمولی بیشتری استفاده شود. استفاده از فولاد شکل پذیرتر به عنوان دورپیچ، باعث افزایش شکل پذیری و جلوگیری از شکست برشی می شود. اما باید این اطمینان حاصل شود که فولاد مصرفی، دارای حداقل طول مهاری در کشش باشد.

مواد شکل پذیر استفاده شده در اعضا به صورت مستقیم باعث افزایش شکل پذیری مقطع می شود، این موضوع توسط رابطه لنگر-انحنا بیان می شود. رفتار شکل پذیر یک مقطع طراحی شده تحت خمش، با انتخاب اندازه و توزیع مناسب فولاد، مقاومت بتن و شکل هندسی مقطع تامین می شود. شکل پذیری خوب عضو (ارتباط بین دوران و لنگر در انتهای عضو) بیان کننده شکل پذیر بودن مقطع است که منجر به شکل پذیر شدن کل سازه می شود (نیروی نهایی زلزله در مقابل تغییر مکان بام که در منحنی های ظرفیت حاصل از تحلیل های غیر خطی مثل پوش آور بدست می آید). هیچ گونه رابطه ای برای بیان ارتباط شکل پذیری سازه و عضو وجود ندارد؛ اما در عمل، افزایش شکل پذیری عضو، باعث افزایش شکل پذیری کل سازه می شود. با افزایش شکل پذیری مقطع، تنش تسلیم خمشی و مقاومت بتن افزایش می یابد و در نهایت مقاومت فولاد کاهش می یابد؛ ناحیه مقاوم کششی کاهش می یابد، مقاومت ناحیه فشاری افزایش می یابد و نیروی محوری در عضو کاهش نیز می یابد. از این رو تیرها شکل پذیرتر از ستون ها می باشند.

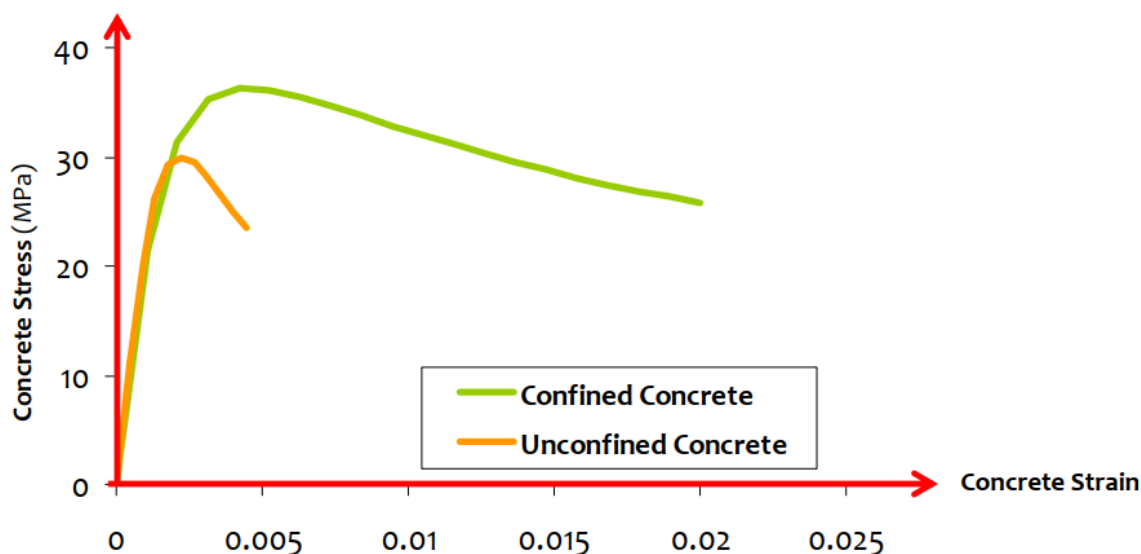


شکست اعضای قاب بتن مسلح ، باعث ایجاد ضعف هایی می شود. این شکست ها شامل ، شکست برشی ، شکست ناشی از لغزش. شکست خمشی با ترد ، شکست خمشی نرم و شکست پیچشی است. از میان موارد عنوان شده ، حالت شکست خمشی نرم ترجیح داده می شود.

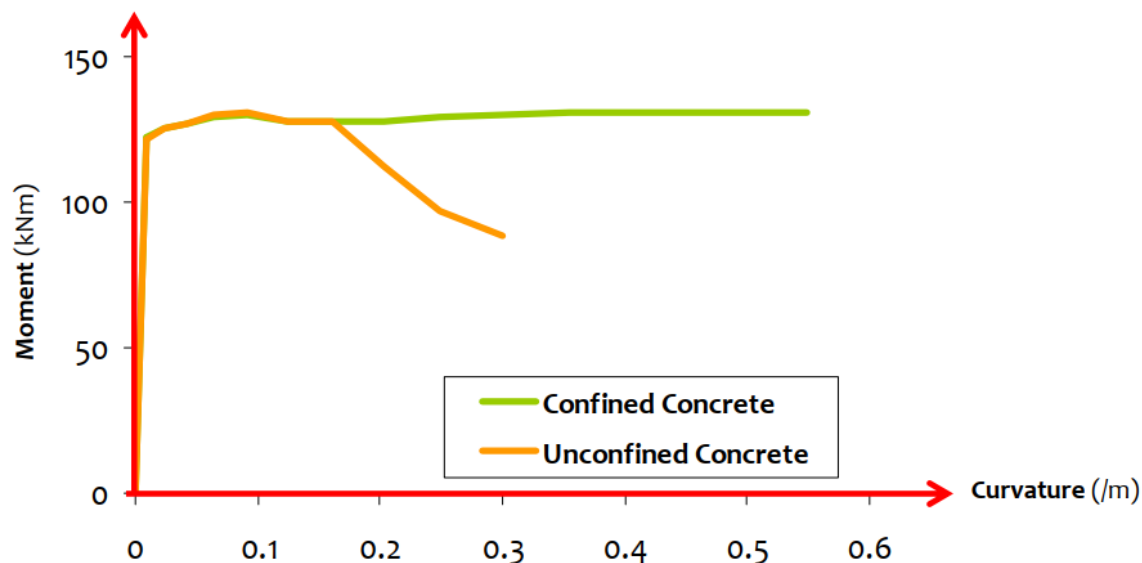


زمانی که این حالت اتفاق می افتد ، عضو تحت خمش در قسمت کششی عضو (بدون هیچ گونه شکستی در بتن ناحیه فشاری) آرماتورها را دچار تسلیم می کند و عضو با تسلیم و جاری شدن آرماتورهای طولی از شکلپذیری آن استفاده می کند. در اعضای بتن مسلح ، به این شرایط مفصل پلاستیک گفته می شود. معمولاً این مفاصل پلاستیک در طول کوتاهی از اعضا اتفاق می افتد که به آن طول مفصل پلاستیک گفته می شود.

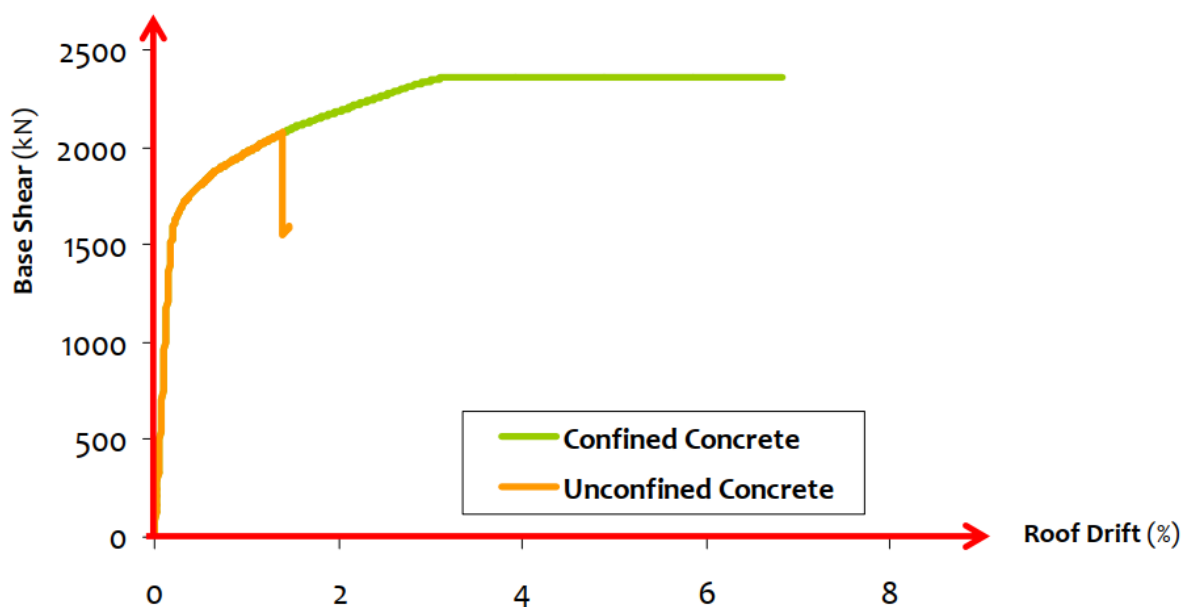
آیین نامه های طراحی پیشنهاد می کنند ، در نواحی که احتمال تشکیل مفصل پلاستیک وجود دارد ، فاصله خاموت ها تا حد امکان به یکدیگر نزدیک شوند. این افزایش محدودیت ، باعث افزایش شکل پذیری بتن می شود. اولین تأثیر آن در منحنی رفتار تنش-کرنش بتن نمایان میشود که در شکل زیر برای تیر عمیق 300*400 با مقاومت بتن 30 مگاپاسکال ، تنش تسلیم 415 کیلوگرم برسانتیمتر و با 3Ø16 در ناحیه بالا و 3Ø20 در قسمت پایین مقطع کار گذاشته شده ، نمایش داده شده است. بتن محصور نشده با خاموت های Ø8 در فواصل 300 میلی متری ، در صورتی که با خاموت های Ø8 و در فواصل 150 میلی متر قرار تقویت شوند ، ظرفیت شکلپذیری بتن را افزایش می دهد.



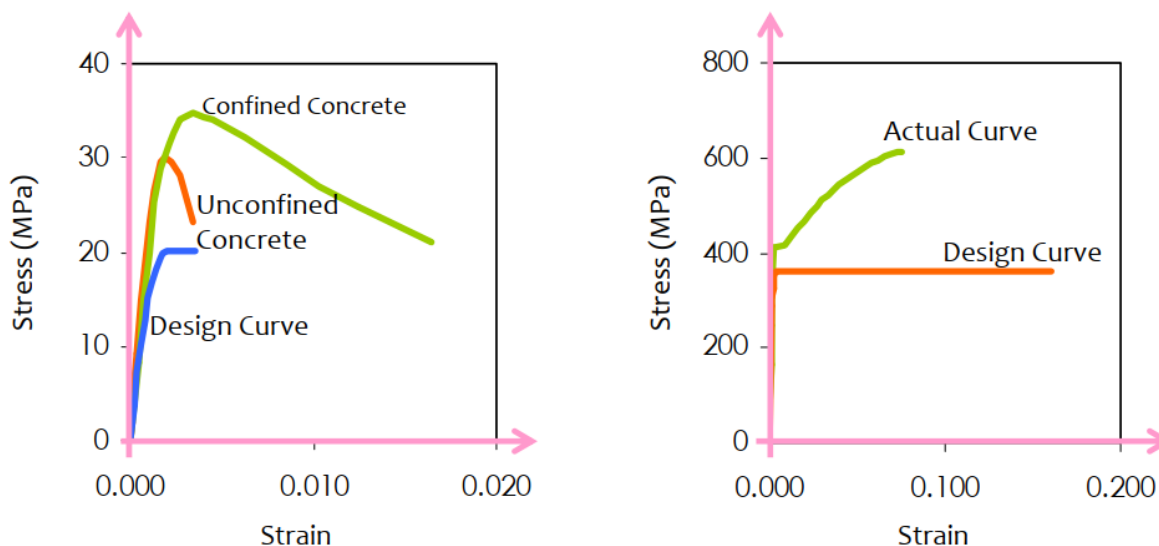
در ادامه ، اثر افزایش کرنش نهایی بتن در رابطه لنگر انحنای مقطع نمایش داده شده است (شکل زیر). شکل پذیری انحنای مقطع به طرز چشمگیری افزایش می یابد اما ظرفیت خمشی عضو افزایش نمی یابد ، به دلیل اینکه مقطع با مقاومت کم است. در این حالت بتن هیچ نقشی در مقاومت ندارد و مقاومت کششی فولاد تعیین کننده است ؛ اما مقاومت نهایی عضو در برابر شکست توسط بتن تعیین می شود. با محصورشدگی ، ظرفیت کرنشی حداکثر بتن افزایش می یابد و در نهایت شکل پذیری انحنای مقطع به تنهایی افزایش می یابد.



اثر افزایش ظرفیت کرنشی بتن و ظرفیت انحنا مقطع در پاسخ نهایی سازه نمایان می شود. پاسخ پوش آور ساختمان مرجع با و بدون خاموت های محصور کننده در شکل زیر نمایش داده شده است. ظرفیت دررفت کلی ساختمان با استفاده از محصور کنندگی افزایش قابل توجهی داشته (بیش از ۴ درصد)، در مقایسه با ساختمان بدون محصور کنندگی را نشان می دهد (با ظرفیت دررفت 1.5 درصدی).



یک ستون مربع 400×400 میلیمتر با مقاومت بتن 30 مگاپاسکال با تنش تسلیم آرماتور 415 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع که دارای آرماتور طولی $4\phi 20$ با دو مدل خاموت گذاری متفاوت شامل $\phi 8$ در فواصل 300 میلیمتر به صورت غیرمحصور و $\phi 8$ در فواصل 75 میلیمتر به صورت محصور شده می باشد. رفتار واقعی مصالح در نمودار تنش کرنش زیر نمایش داده شده است.



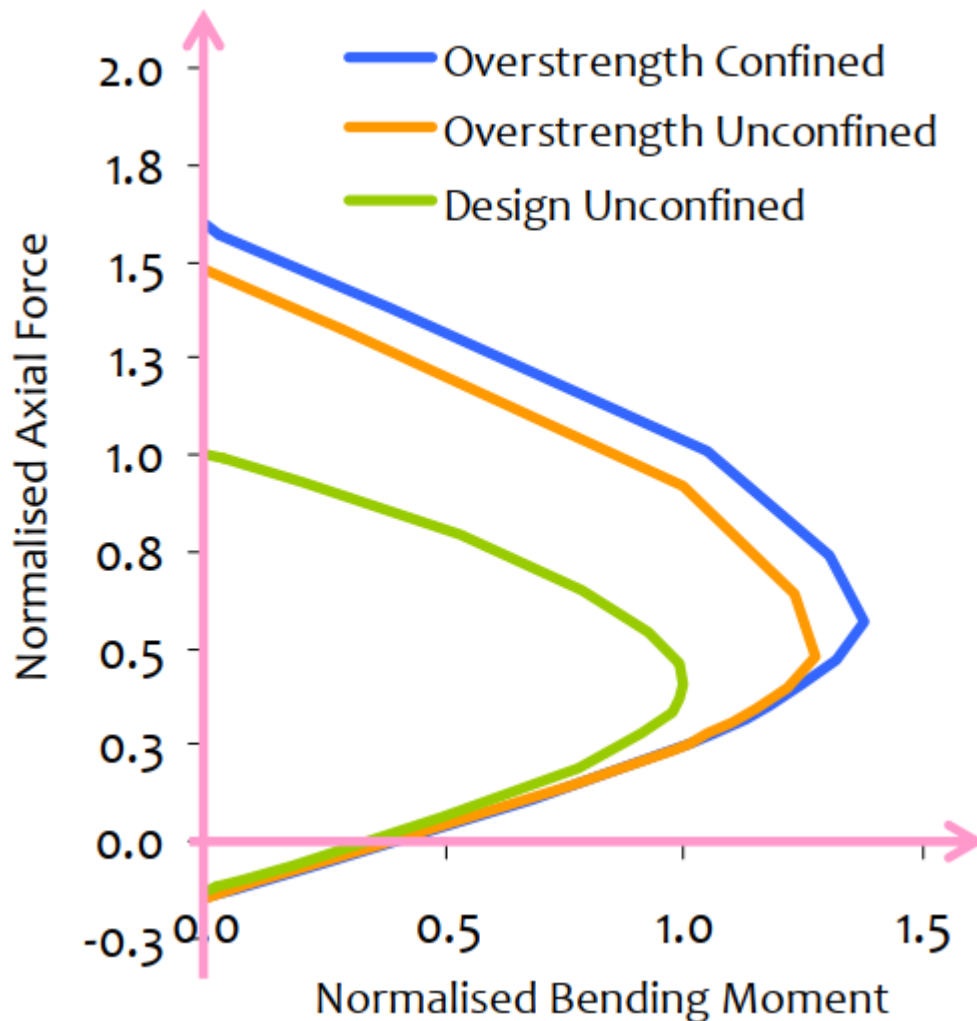
از نمودار p-m ارائه شده در شکل زیر نتایجی به شرح زیر حاصل می گردد:

1- رابطه طراحی تنش-کرنش مصالح

2- رابطه تنش کرنش واقعی فولاد و بتن محصور نشده

3- رابطه تنش کرنش واقعی فولاد و بتن محصور شده

حداکثر ظرفیت فشاری و خمشی دو برابر مقاومت طراحی هستند اما این مورد در قسمت بالای نقطه تعادل و منحنی اندرکنش p-m رخ میدهد که معمولاً در مقاطع مستطیل شکل کمتر از 0.3-0.4 ظرفیت فشاری اسمی مقطع است. ستونها نباید برای نیروی فشاری در بالای نقطه تعادل منحنی اندرکنش طراحی شوند به دلیل اینکه این مورد باعث ایجاد شکست ترد می شود.



شکلهایی که در زیر آورده شده اند نشان دهنده منحنی لنگر انحنا مقطع ستون با نیروی محوری مختلف برای سه مورد ذکر شده رفتار تنش کرنش ارائه شده است. در تمامی موارد هیچ گونه شکلپذیری انحنایی در بالای نقطه تعادل وجود ندارد. اما شکلپذیری انحنا با وجود محصور شدگی در قسمت پایین نقطه تعادل از فروپاشی ستونها حتی در ارتعاشات شدید جلوگیری می کند. از این رو (1) ستونها باید برای نیروی محوری کمتر از مقدار نیروی محوری بالانش طراحی شوند (2) فاصله نزدیک خاموت ها باعث افزایش محصور شدگی در بتن می شود. گرچه لازم است ستونها در هر مرحله از زلزله حالت الاستیک خود را حفظ کنند.

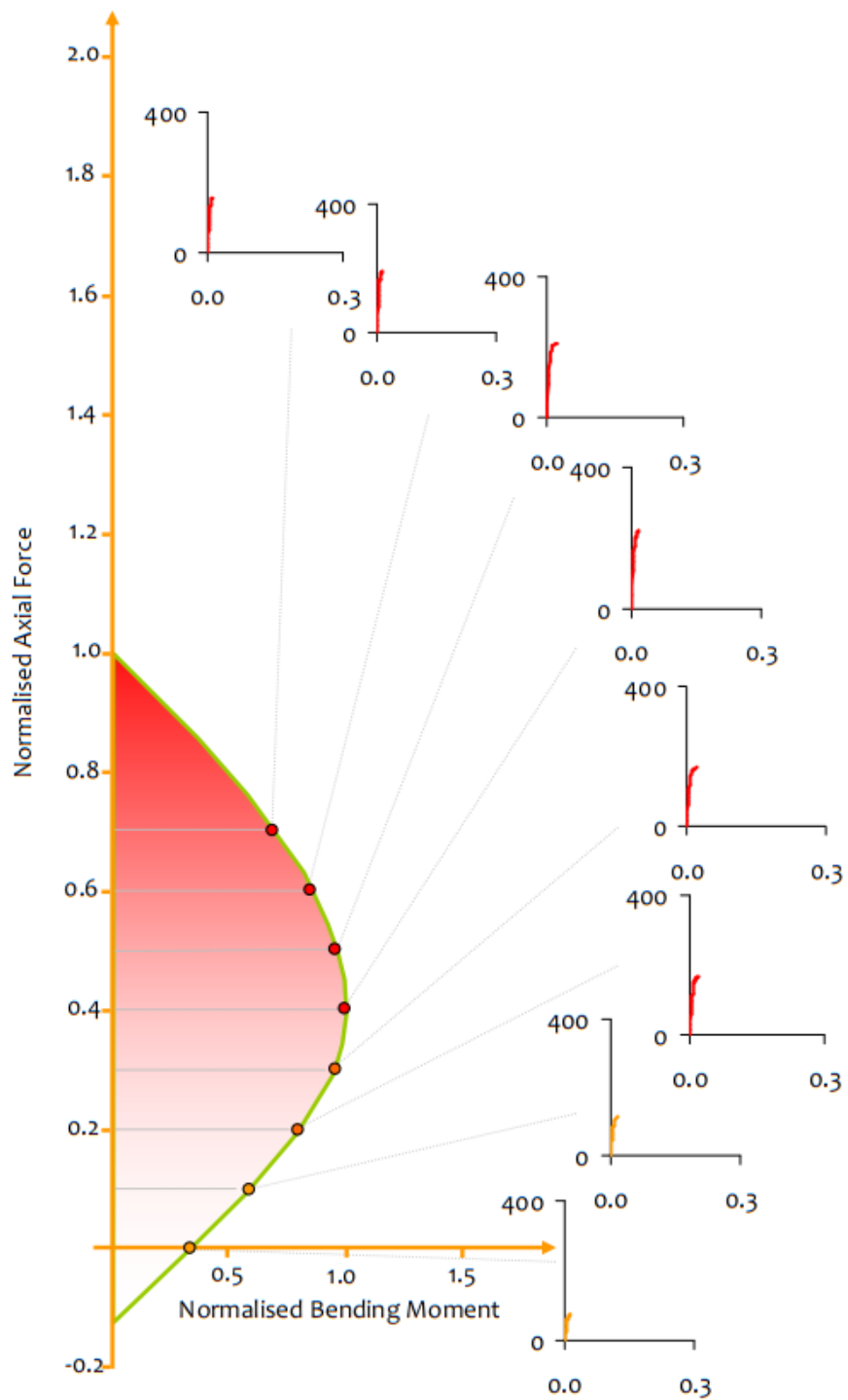


Figure 4.48: DESIGN P-M interaction envelopes: M-φ relations at different axial loads

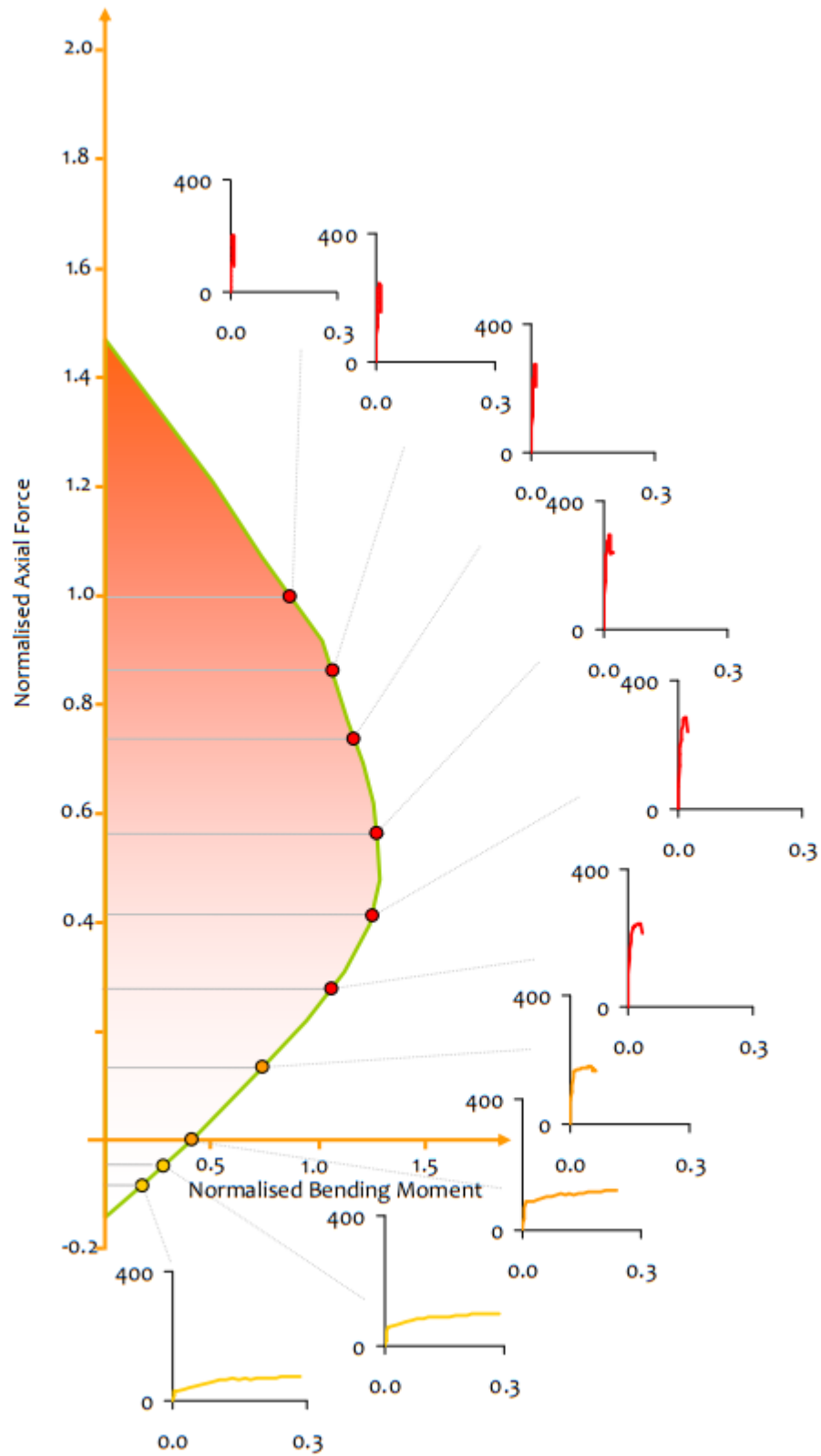


Figure 4.49: ACTUAL $P-M$ interaction envelopes: with UNCONFINED concrete $M-\phi$ relations at different axial loads

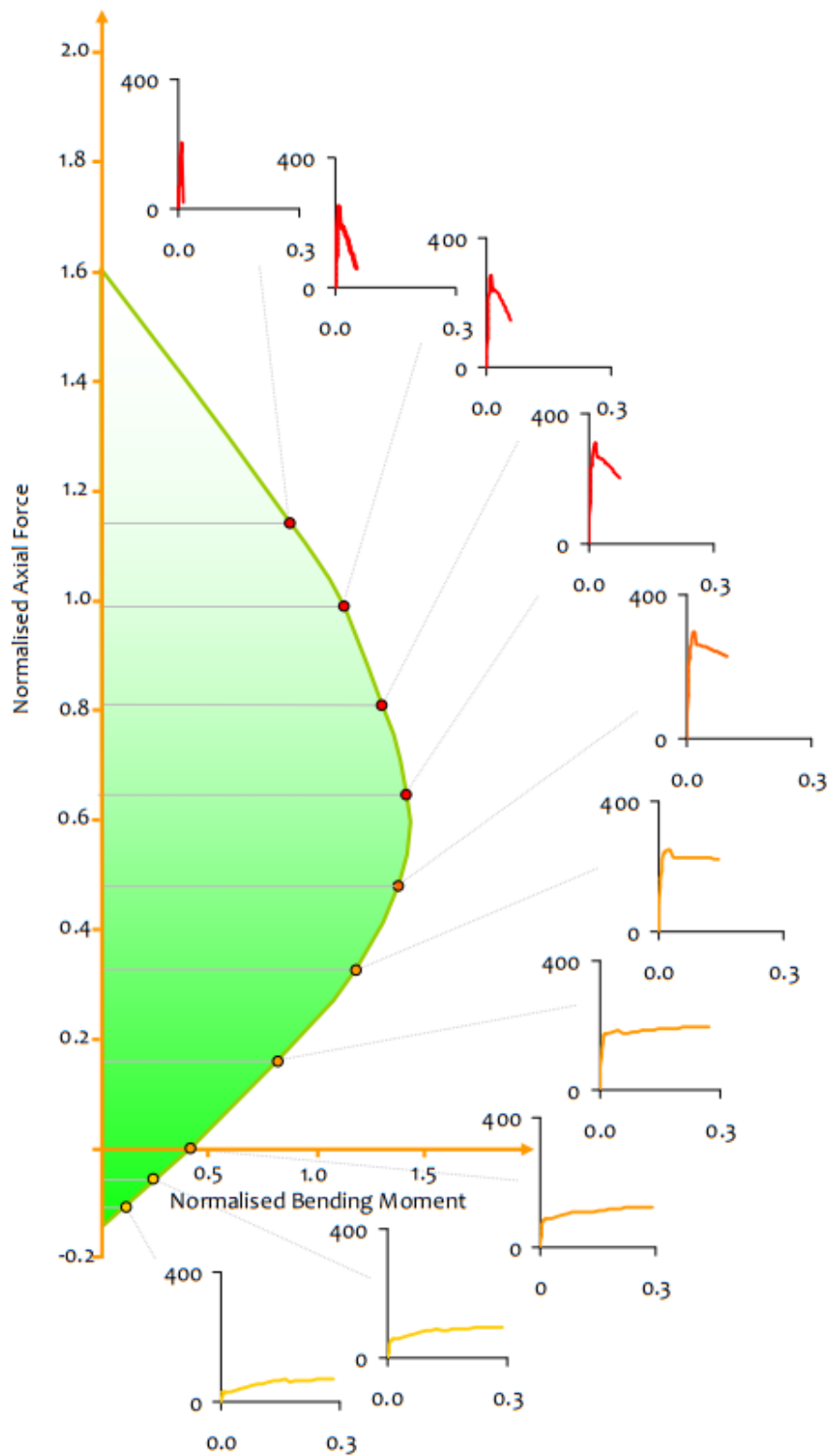


Figure 4.50: ACTUAL $P-M$ interaction envelopes: with CONFINED concrete $M-\phi$ relations at different axial loads

فایل‌های پیوست شده :

Set406 confined beam.avi , Set406 unconfined beam.avi , Set407 axial force.avi , Set407 bending moment.avi , Set407 deformation.avi , Set407 shear force.avi

در رابطه با دو ویدئوی اول می‌توانید مقایسه ای بین توانایی تغییرشکلهای دوسازه بتنی که یکی دارای اعضای سازه ای محصور شده و یکی دارای اعضای سازه ای محصور نشده می باشد انجام دهید. در سایر ویدئوها نیز می‌توانید تلاشهای ایجاد شده در اعضا را مشاهده نمایید.

منتشر شده در کانال تخصصی تحلیل غیرخطی و بهسازی لرزه ای سازه ها ، لطفا ما را در تلگرام و اینستاگرام دنبال کنید. <http://www.instagram.com/nonlinear.analysis.shiri> و https://t.me/mojtabaa_shiri مرجع:

Some concepts in Earthquake Behaviour of Buildings

authors :

C. V. R. Murty

Rupen Goswami

A. R. Vijayanarayanan

Vipul V. Mehta