

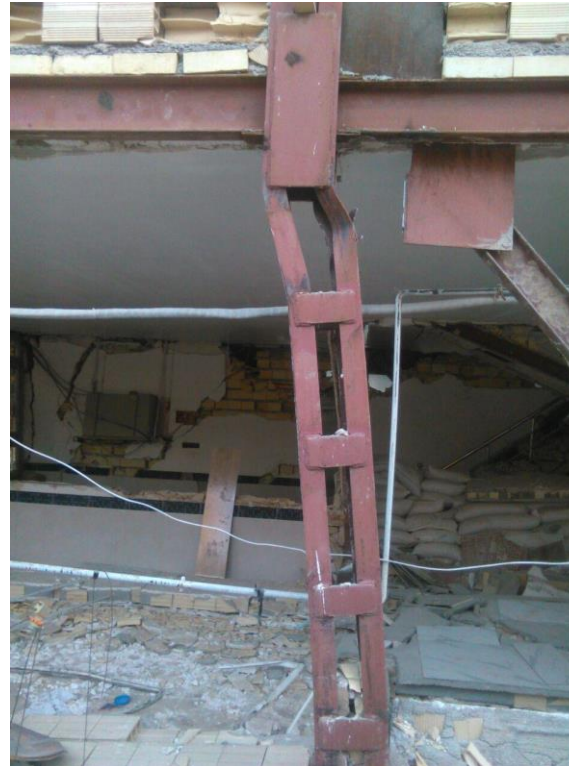


طراحی سازه‌های فولادی ۲

مدرس: دکتر شهاب‌الدین حاتمی

اصول طراحی لرزه‌ای سازه‌های فولادی

نمونه‌های خرابی در سازه‌های فولادی در زلزله



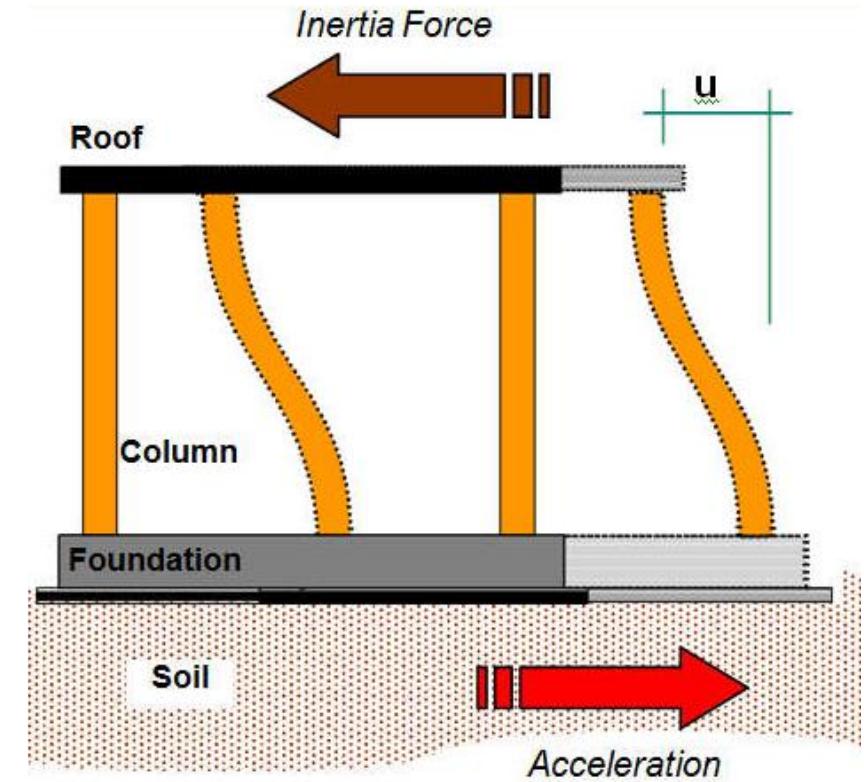
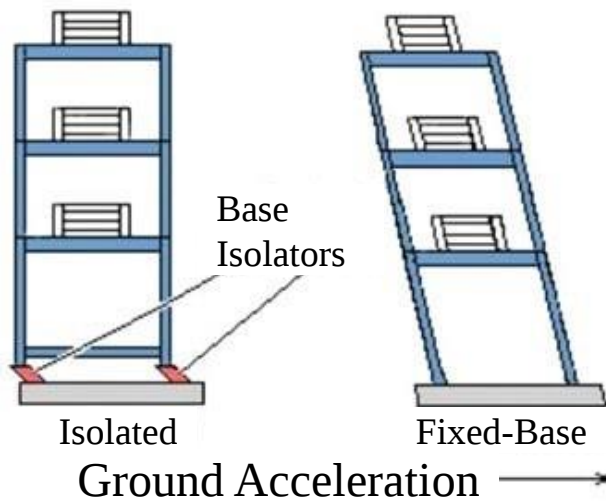
زلزله غرب کشور (آزگله) - ۱۳۹۶
به بزرگی ۷/۳ ریشتر

نمونه‌های خرابی در سازه‌های فولادی در زلزله

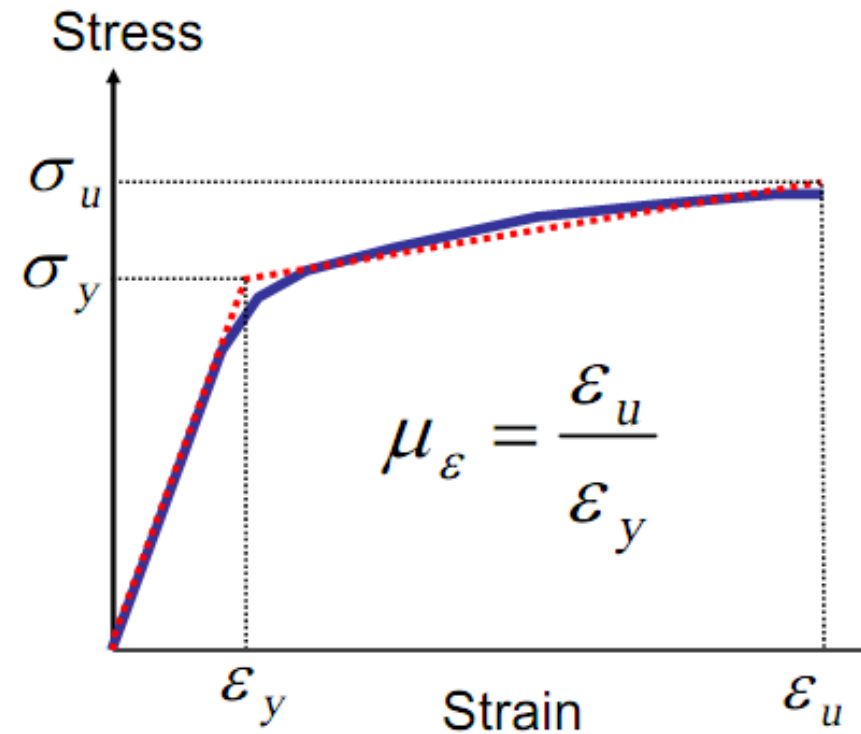
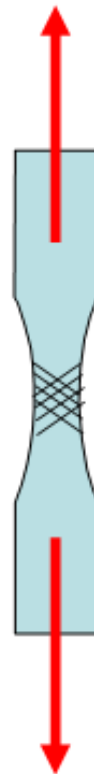


زلزله بم - ۱۳۸۲
به بزرگی ۶/۵ ریشتر

رفتار سازه در برابر زلزله (اینرسی)

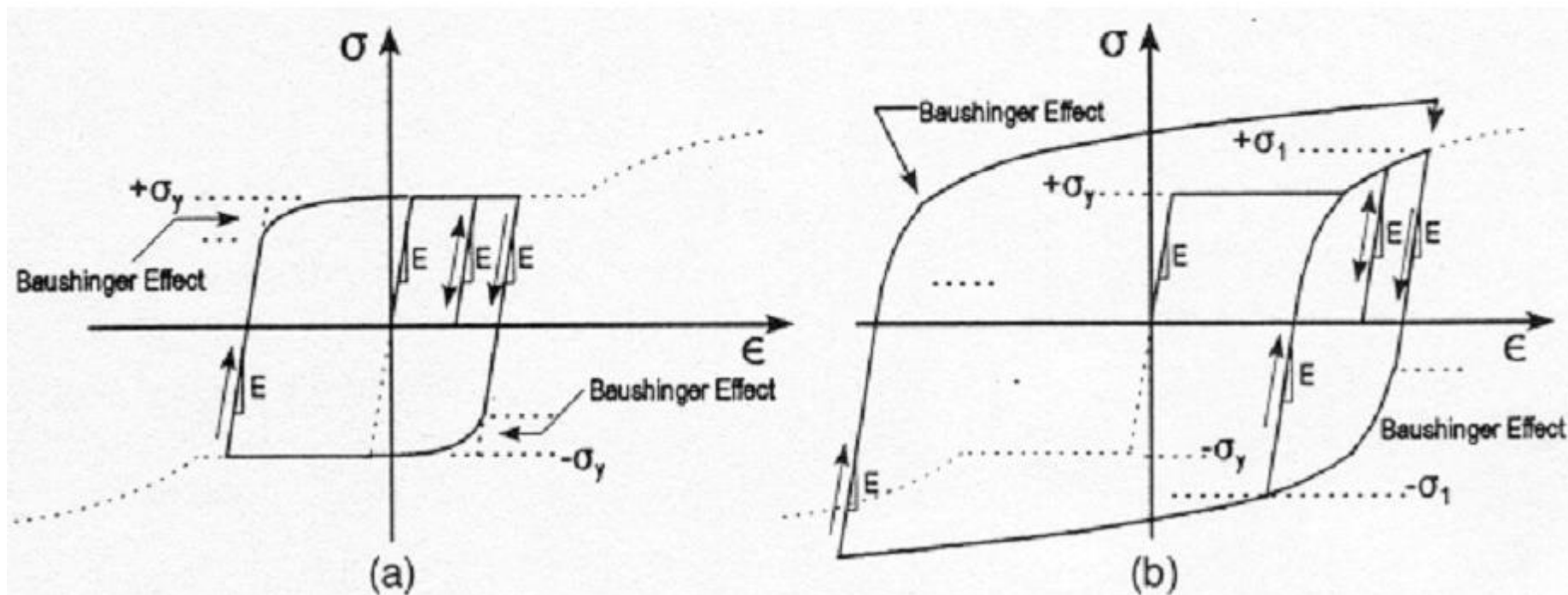


Idealized Inelastic Behavior From Material.....

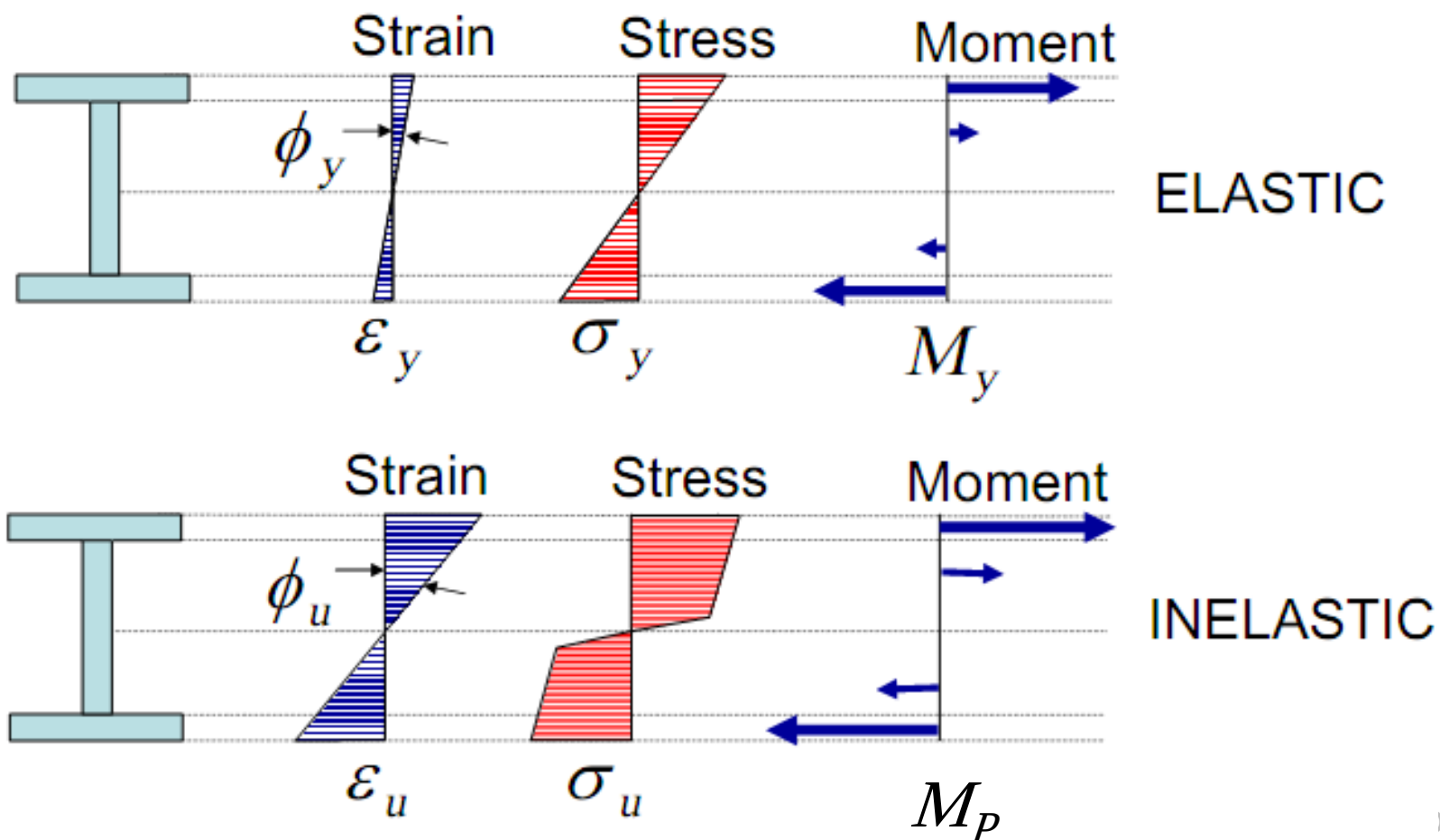


شکل پذیری

Stress-Strain Relationships for Steel

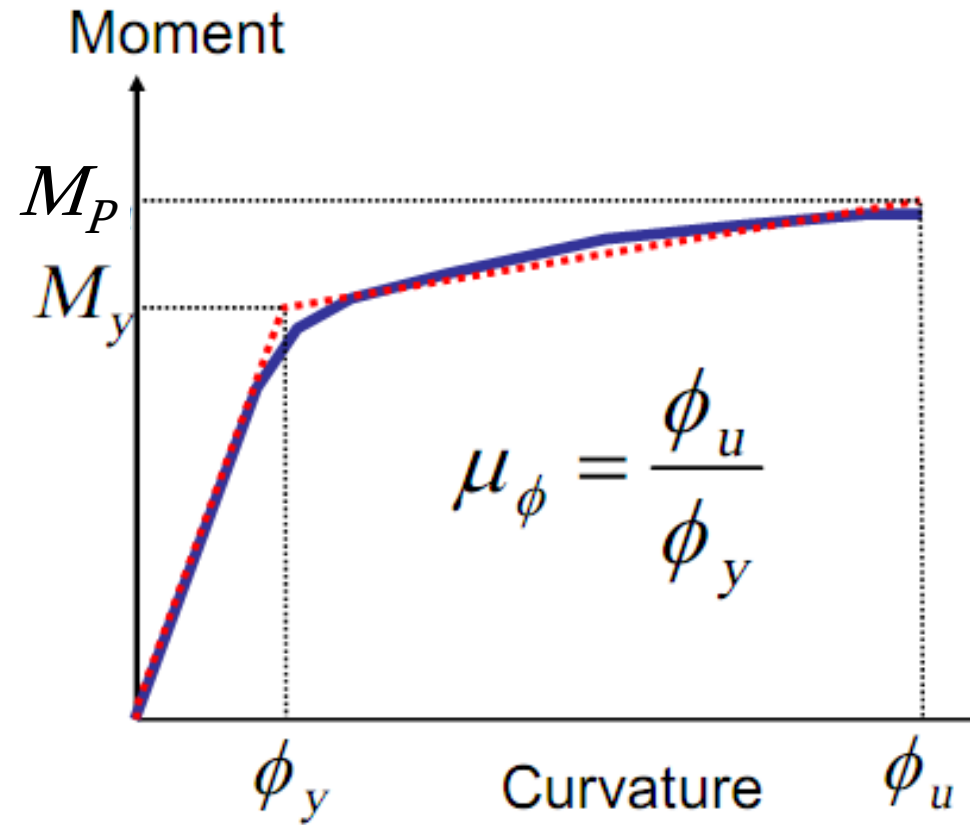


شکل پذیری

Idealized Inelastic Behavior
To Section.....

Idealized Inelastic Behavior To Section.....

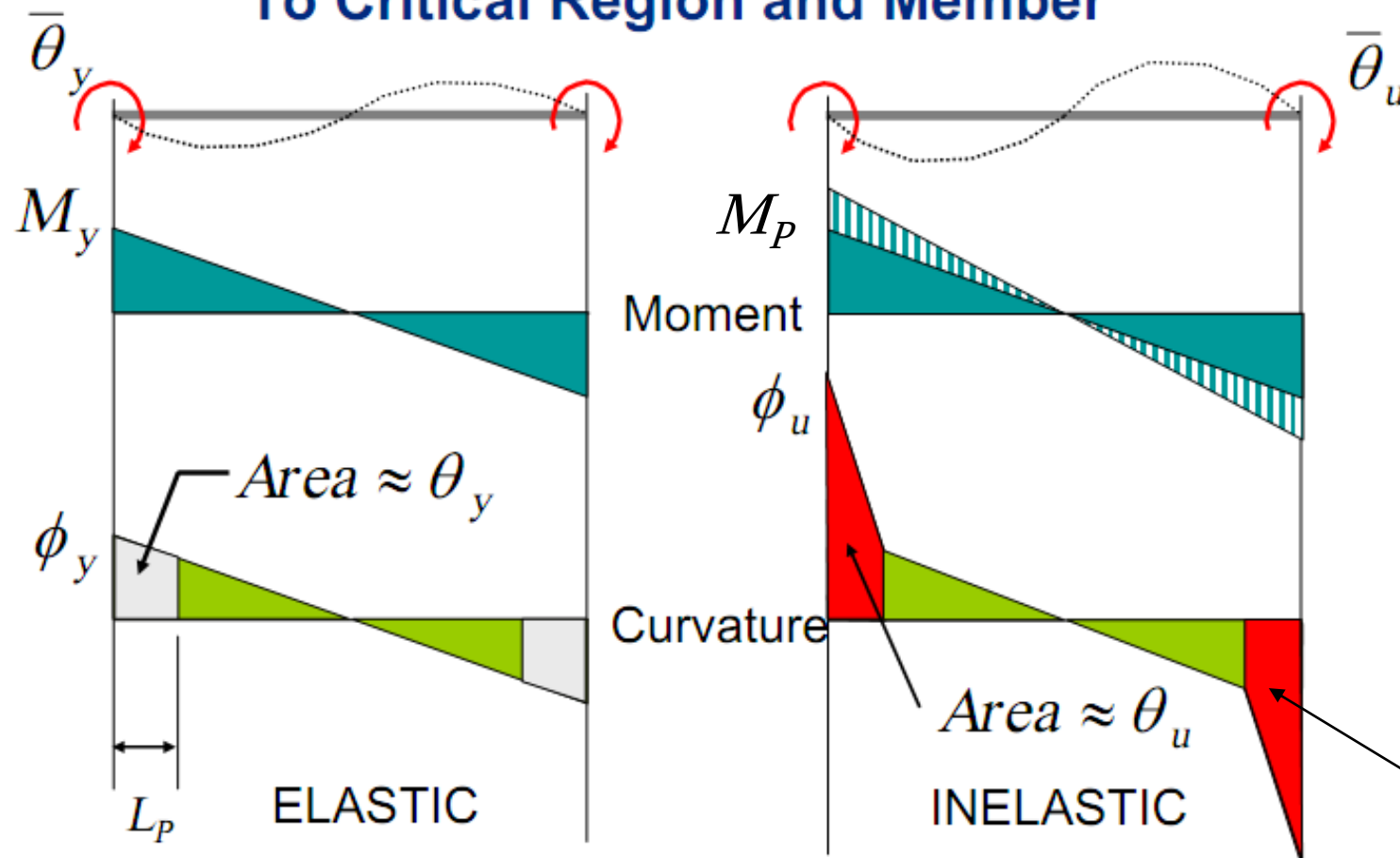
شکل پذیری



NOTE: $\mu_\phi \leq \mu_\varepsilon$

شکل پذیری

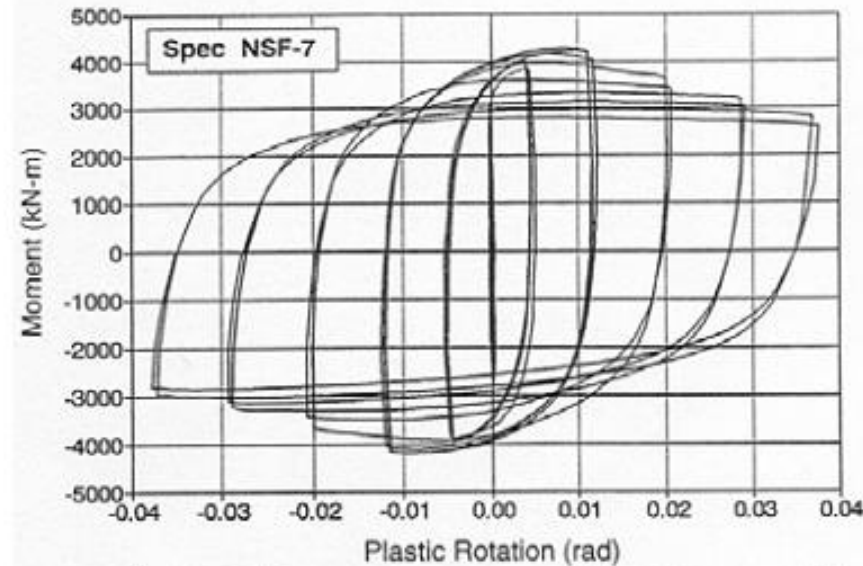
Idealized Inelastic Behavior To Critical Region and Member



Plastic Hinge
مفصل پلاستیک

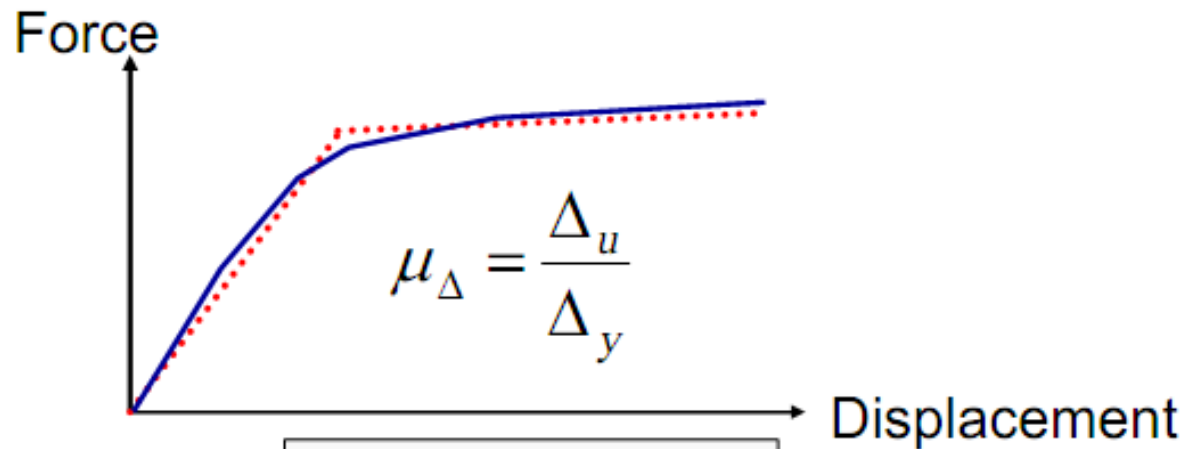
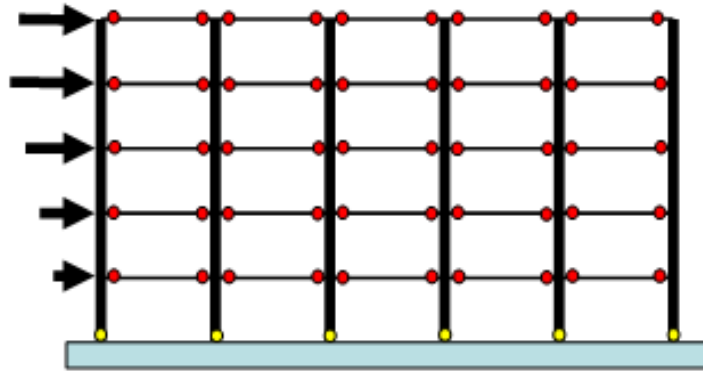
Critical Region Behavior of a Steel Girder

شکل پذیری



شکل‌پذیری

Idealized Inelastic Behavior To Structure.....



Note: $\mu_{\Delta} \leq \mu_{\bar{\theta}}$

Loss of Ductility Through Hierarchy

Strain $\mu_{\epsilon} = 100$

Curvature $\mu_{\phi} = 12 \text{ to } 20$

even though a material might be highly ductile (like **mild steel**), the system ductility may only be moderate.

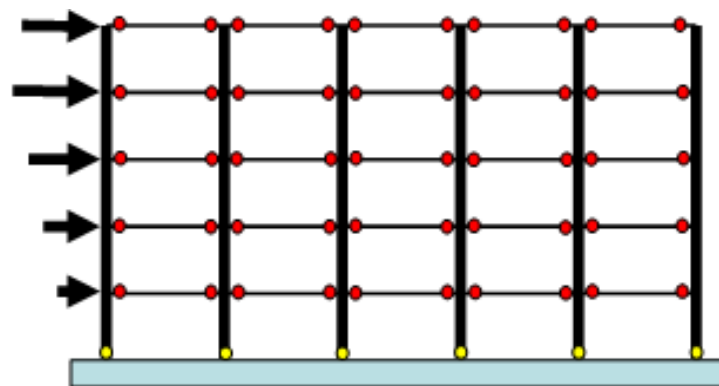
Displacement $\mu_{\Delta} = 4 \text{ to } 10$

However, system level ductility SUPPLY of 4 to 6 is all that is needed for good seismic performance because the ductility DEMANDS rarely exceed 4 to 6 (for structures designed for the larger R factors.)

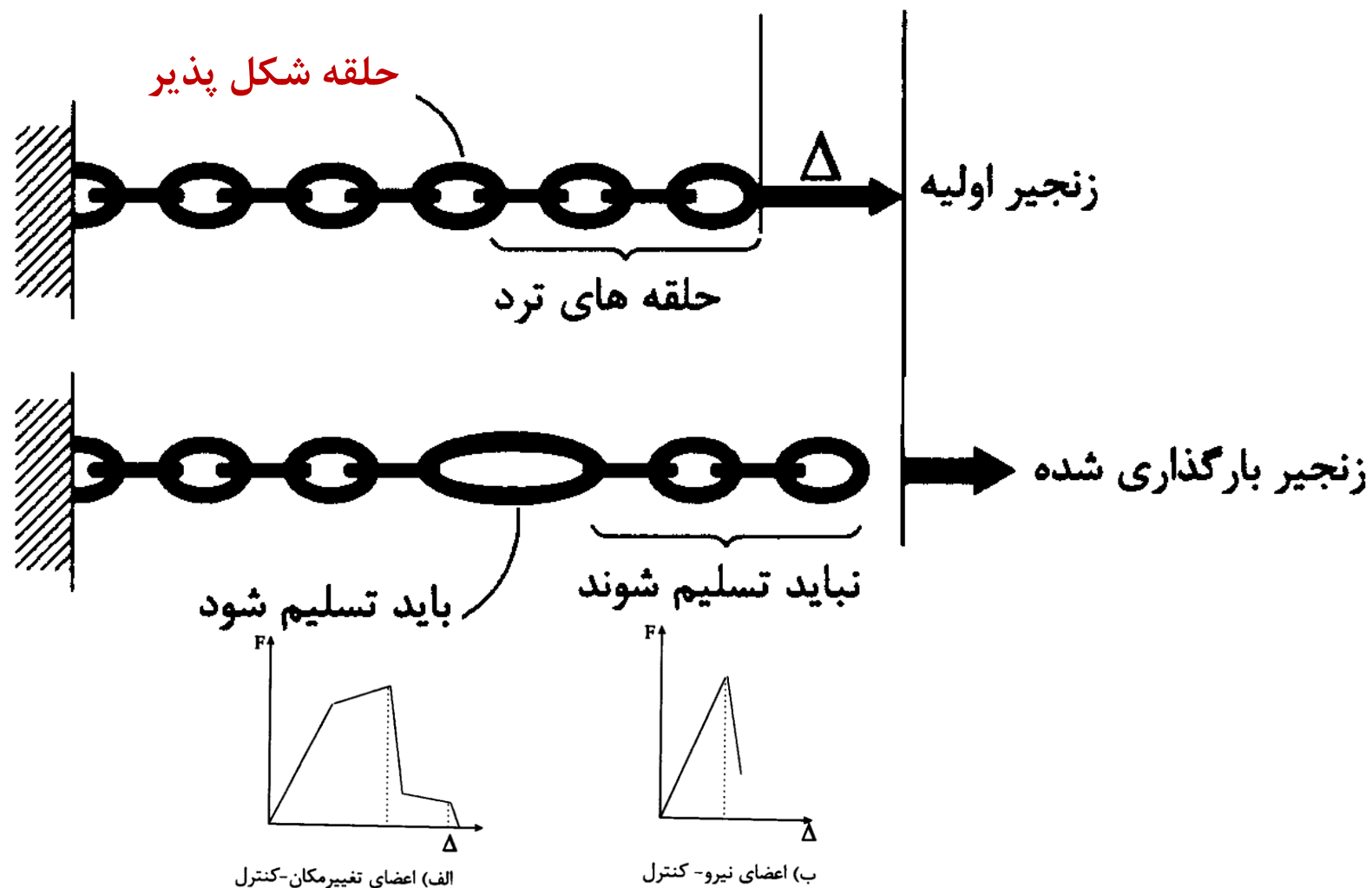


تعریف شکل‌پذیری (بند ۱۰-۳-۲-۱ از الزامات طراحی لرزه‌ای مبحث دهم)

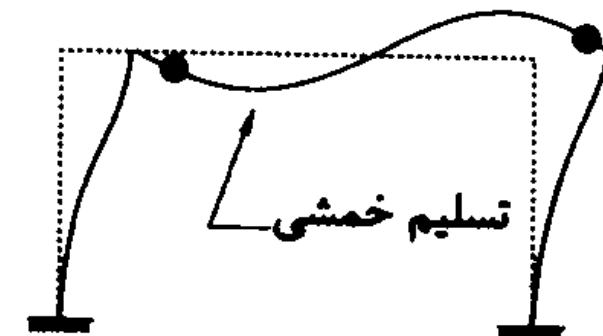
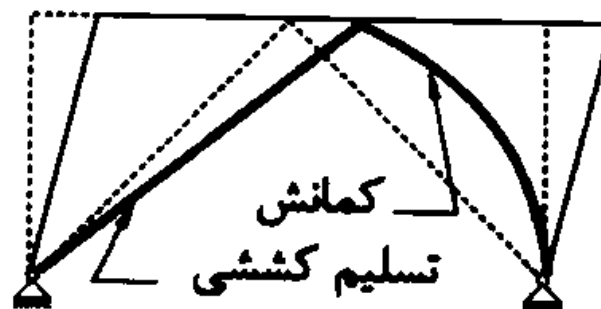
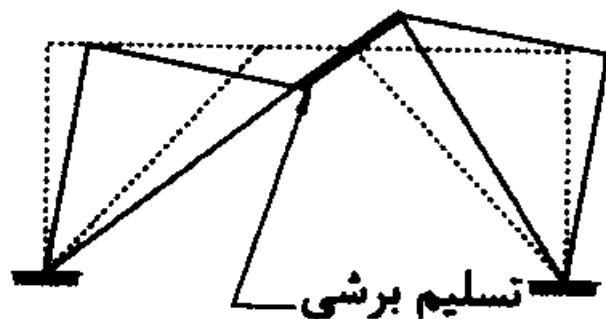
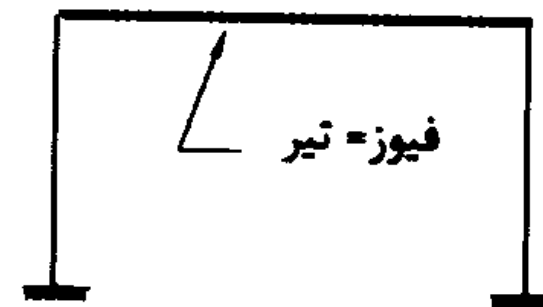
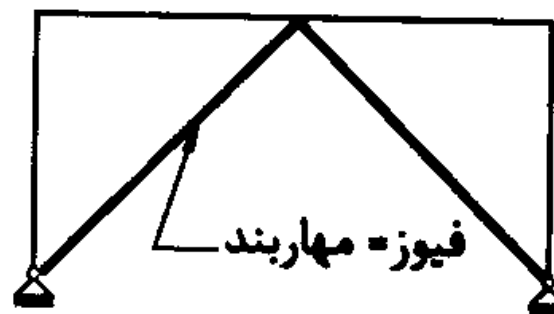
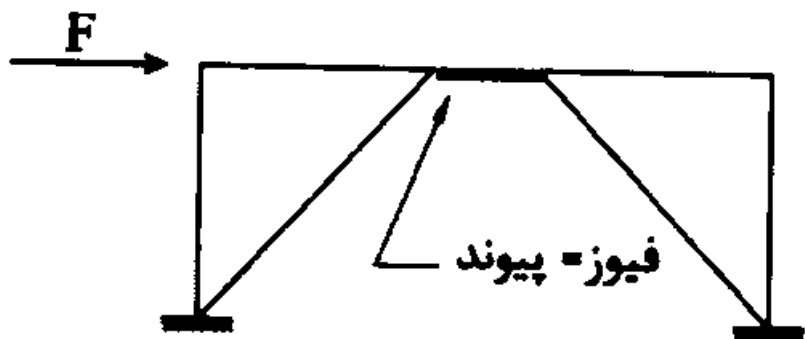
سازه‌های باربر لرزه‌ای بسته به آن‌که چه اندازه بتوانند در مقاطع خاصی از خود تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی را پذیرا باشند و این ویژگی را در بارگذاری‌های رفت و برگشتی حفظ کرده و با کاهش مقاومت و سختی قابل ملاحظه روبرو نشوند، شکل‌پذیر تلقی می‌گردند.



طراحی براساس ظرفیت



طراحی براساس ظرفیت



(ج) قاب مهاربندی واگرا

(ب) قاب مهاربندی همگرا

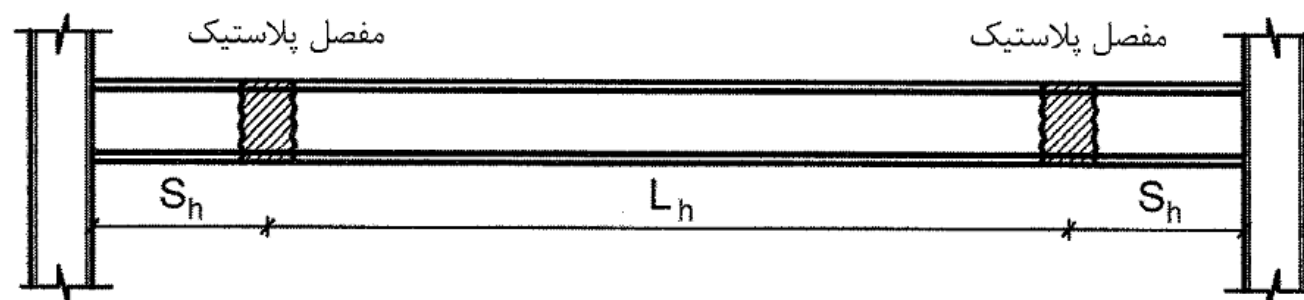
(الف) قاب خمشی

ناحیه حفاظت شده اعضا

ناحیه حفاظت‌شده در یک عضو از سازه، که به ناحیه شکل‌پذیر عضو نیز موسوم است، به ناحیه‌ای از عضو اطلاق می‌شود که انتظار می‌رود در آن مفصل پلاستیک تشکیل شود. نظر به اهمیت این ناحیه و رفتار حساس آن در حرکات رفت و برگشتی سازه، این ناحیه باید عاری از هر گونه عملیاتی که موجب دگرگونی عملکرد عضو در این ناحیه می‌شود، باشد.



نواحی حفاظت شده

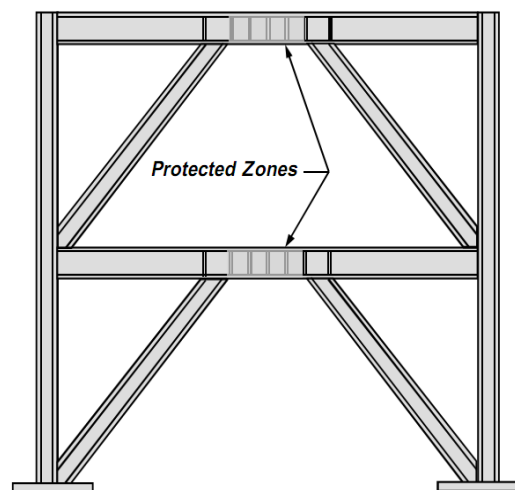


تیرها در قاب های خمشی

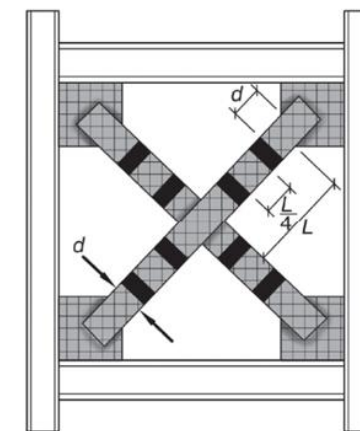
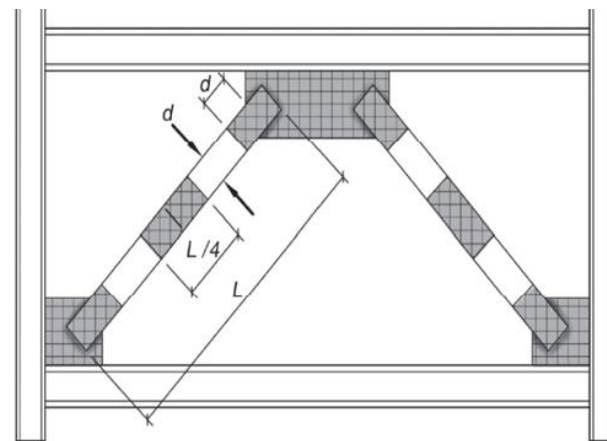
ناحیه حفاظت شده در دو انتهای تیر فاصله بین بر ستون تا نصف عمق تیر از محل تشکیل مفصل پلاستیک به سمت داخل دهانه در نظر گرفته می شود.

(بند ۱۰-۳-۲-۲ از الزامات طراحی لرزه ای مبحث دهم)

نواحی حفاظت شده



تیر پیوند در مهاربندهای واگرا



مهاربندهای همگرای X و ۷ یا ۸

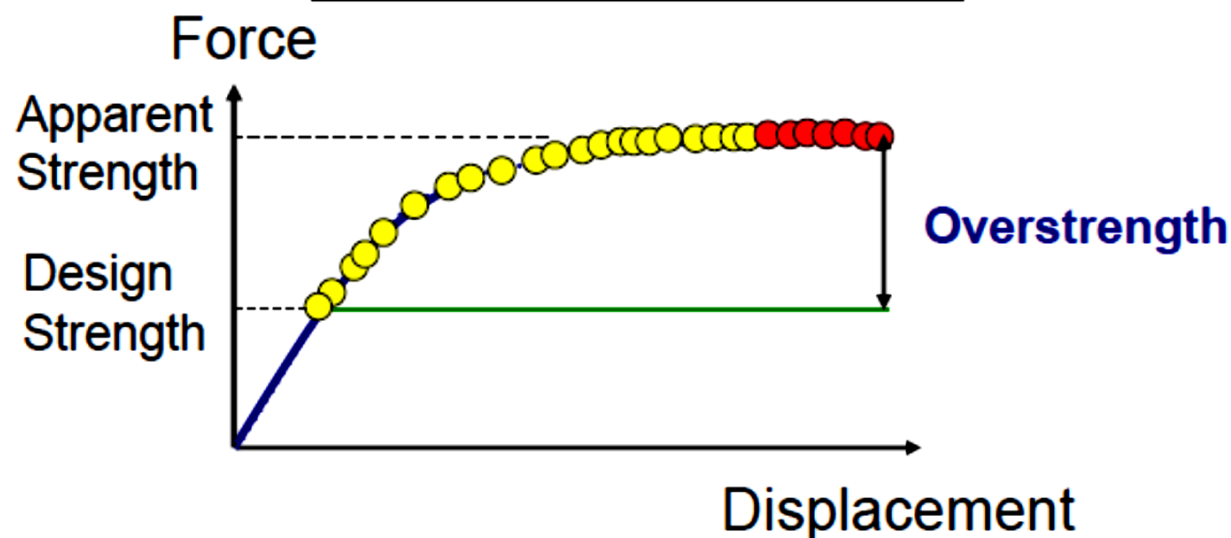
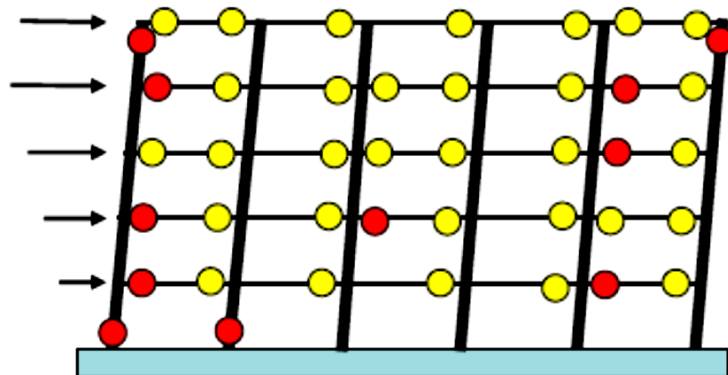
ناحیه حفاظت شده برای مهاربندی‌های ویژه در تمام طول عضو و برای تیرهای پیوند قابهای مهاربندی شده واگرا تمام طول آن می‌باشد.

ناحیه حفاظت شده اعضا

۱. به کار بردن وصله مستقیم یا غیرمستقیم جوشی یا پیچی نیمرخ‌ها یا ورق‌های تشکیل‌دهنده عضو در ناحیه حفاظت‌شده ممنوع است.
۲. هر گونه ناپیوستگی ناشی از عملیات ساخت و نصب مانند جوش‌های موضعی، وسایل کمکی برای نصب، ناصافی‌های ناشی از برش‌های حرارتی در ناحیه حفاظت‌شده ممنوع بوده و در صورت وجود باید به نحو مناسبی بر طرف شده و تعمیر گردد.
۳. خال جوش کردن ورق‌های دوزنقه‌ای تیرهای مختلط و نیز جوش برشگیرهای از نوع گل‌میخ در تیرهای مختلط در ناحیه حفاظت‌شده، در صورت تأمین الزامات بخش ۱۰-۳-۱۳ مجاز است.



مقاومت افزون

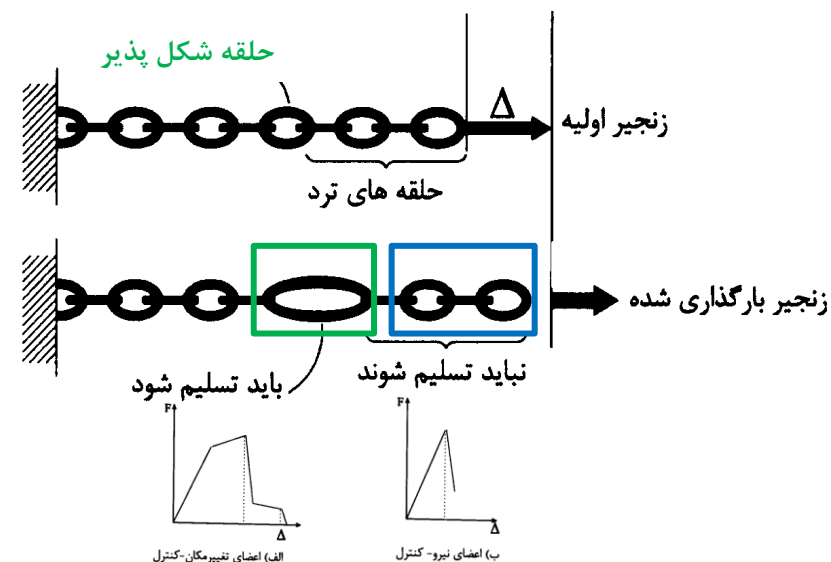
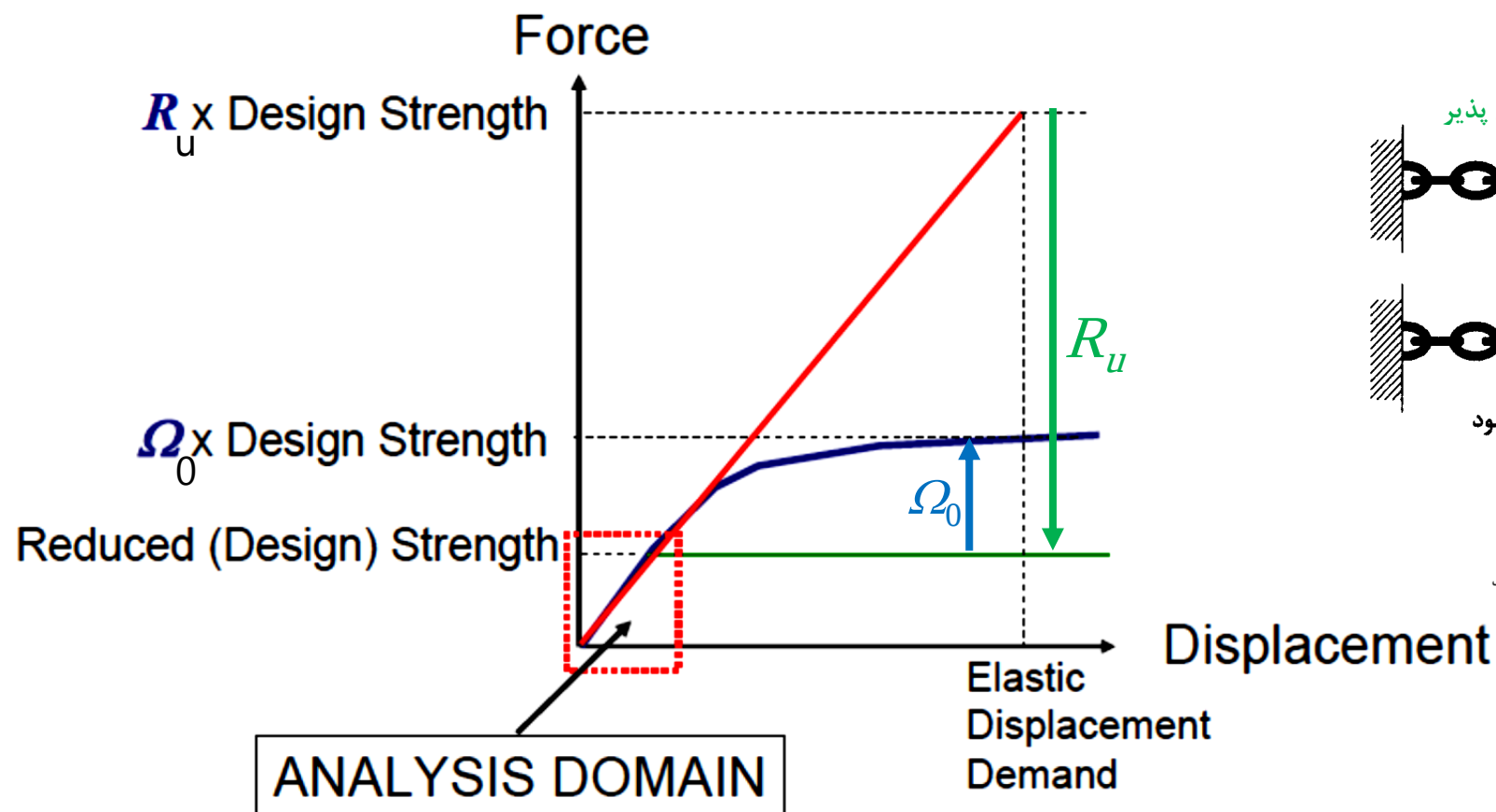


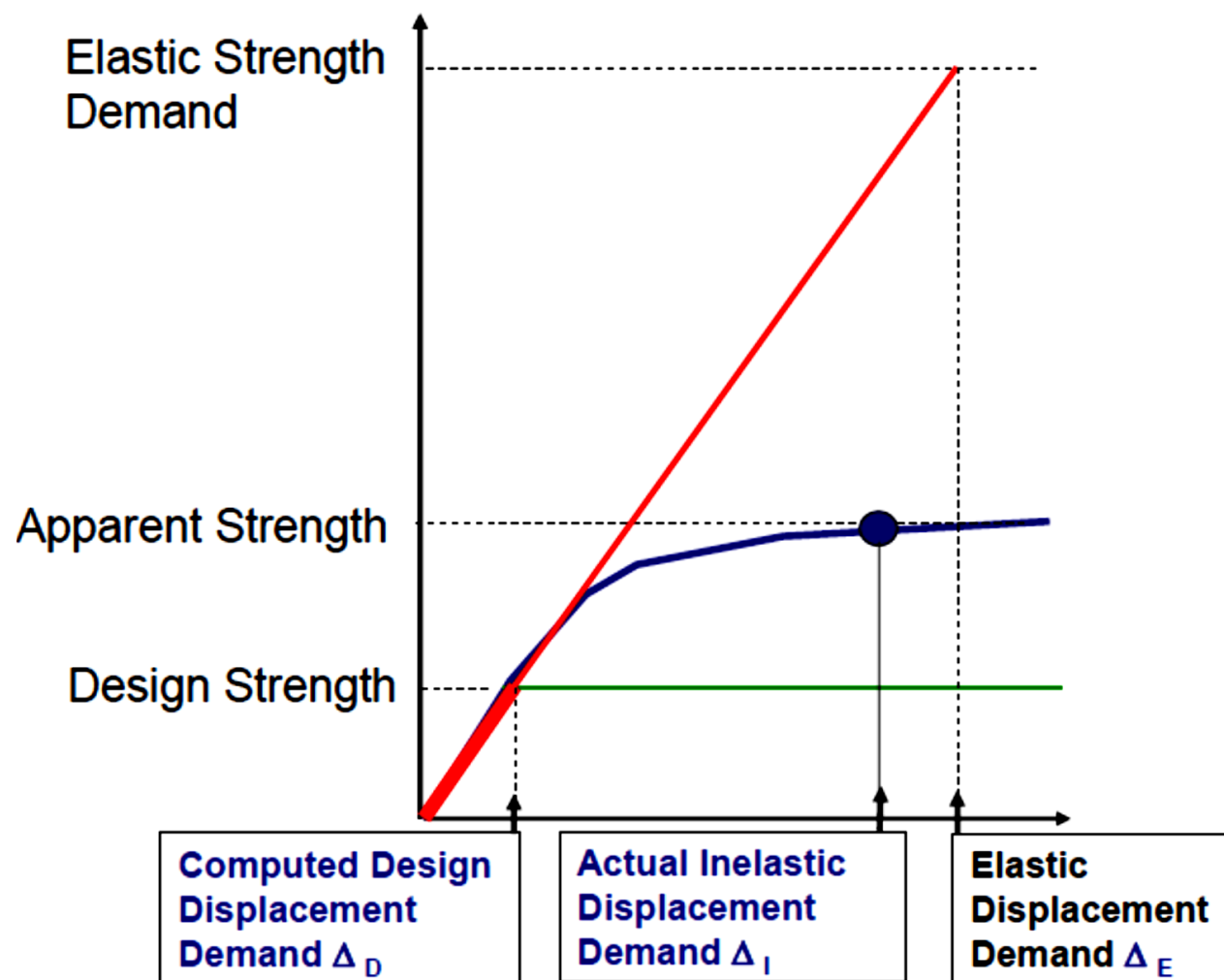
• عوامل ایجاد مقاومت افزون

- توالی تسلیم نواحی بحرانی
- مقاومت افزون مصالح
- سخت کرنشی مصالح
- ضریب کاهش مقاومت (ϕ) در طراحی
- انتخاب دست بالای مقاطع

$$\Omega_0 = \frac{\text{Apparent Strength}}{\text{Design Strength}}$$

ضریب رفتار (R_u) و ضریب مقاومت افزون (Ω_0)



ضریب بزرگنمایی تغییرمکان (C_d)

$$\Delta_I = C_d \Delta_D$$



ضرائب R_u ، Ω_0 و C_d براساس آیین نامه ۲۸۰۰

جدول ۳-۴ مقادیر ضریب رفتار ساختمان، R_u ، همراه با حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان H_m

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
ب-سیستم قاب ساختمانی	۵- مهاربندی واگرای ویژه فولادی [۲] و [۳]	۷	۲	۴	۵۰
	۶- مهاربندی کمانش تاب	۷	۲/۵	۵	۵۰
	۷- مهاربندی همگرای معمولی فولادی	۳/۵	۲	۳/۵	۱۵
	۸- مهاربندی همگرای ویژه فولادی [۲]	۵/۵	۲	۵	۵۰



ضرائب R_u ، Ω_0 و C_d براساس آیین نامه ۲۸۰۰

جدول ۳-۴ مقادیر ضریب رفتار ساختمان، R_u ، همراه با حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان H_m

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
پ- سیستم قاب خمشی					
	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	۵	۳	۴	۵۰
	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۱]	۳/۵	۳	۳	-

ضریب R_y تولیدات فولاد

$$R_y = \frac{F_{ye}}{F_y}$$

= نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم تعیین شده‌ی مصالح تیر

جدول ۱۰-۳-۲-۱ مقادیر R_y برای انواع تولیدات فولاد

R_y	نوع محصول
۱/۲۵	مقاطع لوله‌ای و قوطی‌شکل نوردشده
۱/۲۰	سایر مقاطع نوردشده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری
۱/۱۵	مقاطع ساخته‌شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها

(بند ۱۰-۳-۲-۳ از الزامات طراحی لرزه‌ای مبحث دهم)

ترکیبات بار زلزله تشدید یافته

ترکیبات بار زلزله تشدید یافته با جایگزینی نیروهای زلزله طرح (E) با زلزله تشدید یافته ($\Omega_0 E$) در ترکیبات متعارف بارها به دست می‌آیند

جدول ۱۰-۳-۲ ضریب اضافه مقاومت Ω_0 برای انواع سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای

Ω_0	نوع سیستم باربر جانبی لرزه‌ای
۳	کلیه قاب‌های خمشی فولادی
۲	کلیه قاب‌های ساختمانی ساده توأم با مهاربندی هم‌محور و برون‌محور فولادی
۲/۵	کلیه سیستم‌های دوگانه یا ترکیبی

(بند ۱۰-۳-۲-۴ از الزامات طراحی لرزه‌ای مبحث دهم)

الزامات لرزه‌ای کمانش موضعی

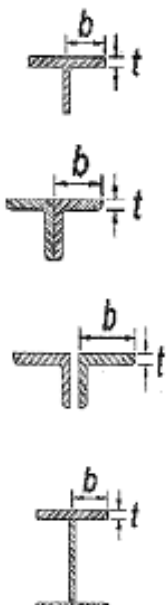
مقطع فشرده لرزه‌ای همان تعریف مقطع فشرده بخش ۱۰-۲-۲ را دارد، با این تفاوت که در آن نسبت پهنا یا ارتفاع به ضخامت اجزای مقطع برای سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد و متوسط به اعدادی که در جدول ۱۰-۳-۴ عنوان شده، محدود می‌گردد.

(بند ۱۰-۳-۴ از الزامات طراحی لرزه‌ای مبحث دهم)



الزامات لرزه‌ای کمانش موضعی

جدول ۱۰-۳-۴ محدودیت نسبت پهنای به ضخامت در اجزای فشاری اعضای با شکل‌پذیری متوسط و زیاد

مثال‌های نمونه	حداکثر نسبت پهنای به ضخامت		نسبت پهنای به ضخامت	شرح اجزا	$\frac{b}{t}$
	λ_{hd} اعضای با شکل‌پذیری زیاد	λ_{md} اعضای با شکل‌پذیری متوسط			
	$0.73 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.738 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	b/t	بال‌های مقاطع I شکل نوردشده و ساخته‌شده از ورق، ناودانی‌ها، سپری‌ها، ساق نیشی‌های تک و نیشی‌های دویل با فاصله و ساق برجسته نیشی‌های دویل به هم چسبیده	۱

(بند ۱۰-۳-۴ از الزامات
طراحی لرزه‌ای مبحث دهم)

الزامات عمومی مقاطع

استفاده از تیرهای با جان سوراخ‌دار متوالی (لانه زنبوری) به عنوان اعضای باربر جانبی مجاز نیست. در صورت لزوم ایجاد سوراخ دسترسی در جان تیر، این سوراخ باید خارج از ناحیه حفاظت‌شده دو انتهای تیر و در نیمه میانی طولی دهانه تیر قرار گیرد

(الزامات طراحی لرزه‌ای مبحث دهم)

- کاربرد مقاطع ساخته شده با جوش منقطع به دلیل غیر فشردگی تنها به موارد زیر محدود می شود:
- الف) تیرها در قابهای ساده البته به جز تیرهای دهانه مهار بندی شده.
- ب) ستونهای غیر باربر لرزه ای در قابهای ساده معمولی.

با استنباط از بند (۱۰-۲-۲-۲-۲-الف) و نیز ضوابط لرزه ای مبحث دهم



الزامات لرزه‌ای ستون‌ها، وصله ستون‌ها و کف‌ستون‌ها

کلیه ستون‌ها، وصله ستون‌ها و کف‌ستون‌ها باید قادر به تحمل:

بیشترین نیروهای داخلی (شامل نیروی

محوری، نیروی برشی و لنگرهای خمشی به

طور همزمان) تحت اثر ترکیبات بار متعارف

باشند.



(بند ۱۰-۳-۵ از مبحث دهم)

- ۱) $1/4D$
- ۲) $1/2D + 1/6L + 0/5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۳) $1/2D + 1/6(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0/5(1/4W)]$
- ۴) $1/2D + 1/10(1/4W) + L + 0/5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- ۵) $1/2D + 1/10E + L + 0/2S$
- ۶) $0/9D + 1/10(1/4W)$
- ۷) $0/9D + 1/10E$



الزامات لرزه‌ای ستون‌ها، وصله ستون‌ها و کف‌ستون‌ها

ستون‌ها، وصله ستون‌ها و کف‌ستون‌های **باربر جانبی لرزه‌ای** باید قادر به تحمل:

بیشترین نیروی محوری (بدون حضور نیروهای برشی و لنگرهای خمشی) تحت
اثر ترکیبات بار زلزله تشدید یافته باشند.

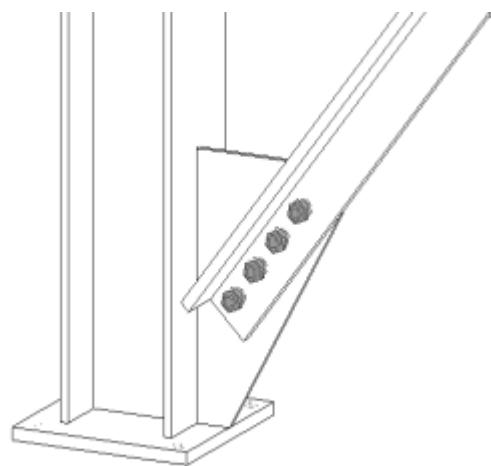
تبصره ۱: برای ستون‌های باربر جانبی لرزه‌ای که در معرض بار جانبی در بین دو انتهای ستون قرار دارند، اثر لنگر خمشی ناشی از این بار جانبی باید با نیروی محوری ناشی از ترکیبات بار زلزله تشدید یافته به صورت توأم در نظر گرفته شود.

تبصره ۲: در مواردی که مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ترکیب نیروی زلزله راستاهای متعامد ضرورت داشته باشد، الزامات عمومی طراحی لرزه‌ای ستون‌ها باید برای ترکیب نیروهای زلزله راستاهای متعامد نیز مورد کنترل قرار گیرد.

الزامات لرزه‌ای کفستون‌ها

کلیه کفستون‌ها باید قادر به تحمل نیروی زیر باشند:

مجموع نیروهای برشی زیر، بدون حضور نیروهای محوری و لنگرهای خمشی



الف) برای مهاربندی‌های امتداد مورد نظر، مولفه‌های افقی مقاومت‌های مورد نیاز اتصال مهاربندی

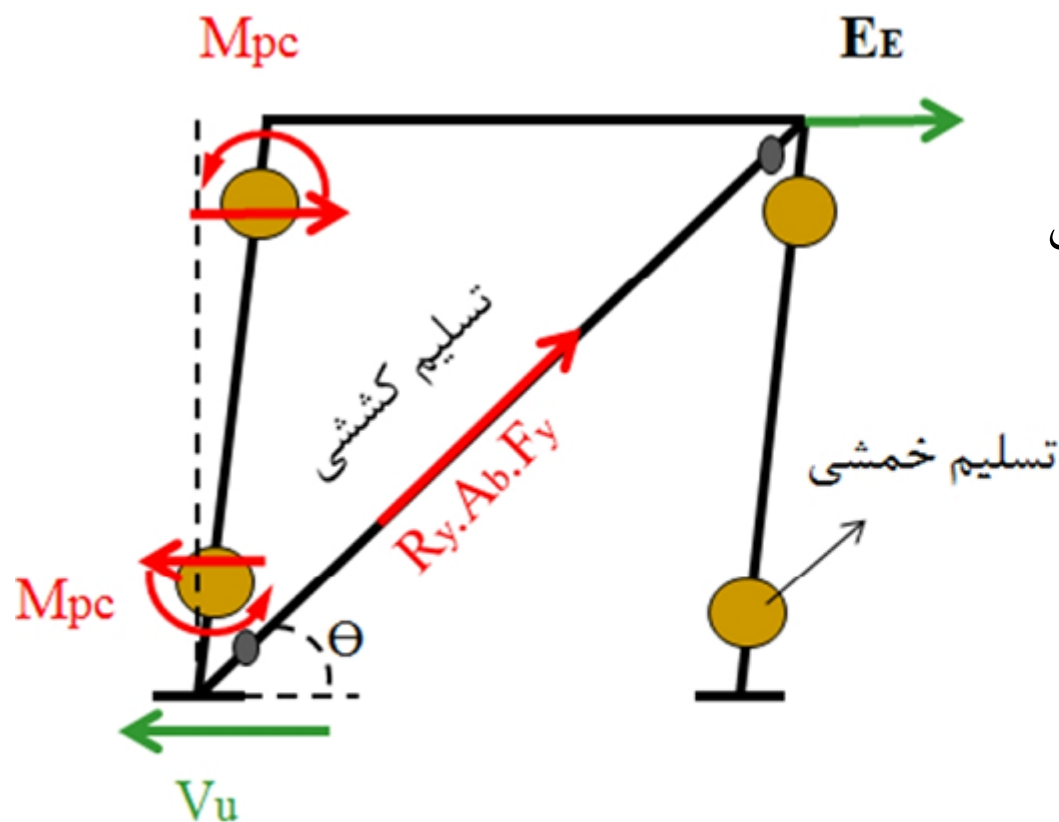
ب) برای ستون‌ها، نیروی برشی برابر $\sum M_{pc}/H_s$

$\sum M_{pc}$: مجموع لنگرهای خمشی پلاستیک در دو طرف ستون در امتداد مورد نظر

H_s : ارتفاع طبقه

(بند ۱۰-۳-۵-۳ از مبحث دهم)

الزامات لرزه‌ای کف‌ستون‌ها



$Z_c F_y = M_{pc}$: ظرفیت خمشی پلاستیک هر طرف ستون

H_s : ارتفاع طبقه

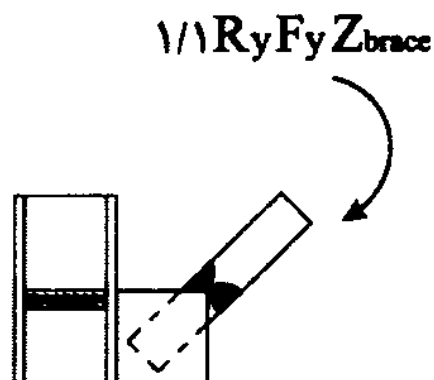
$$V_u = 2 M_{pc} / H_s + R_y . A_b . F_y . \cos(\theta)$$

برش وارد به کف ستون ناشی از تسلیم بادبند و ستون

الزامات لرزه‌ای کف‌ستون‌ها

کلیه کف‌ستون‌ها باید قادر به تحمل نیروی زیر باشند:

مجموع لنگرهای خمشی زیر، بدون حضور نیروهای برشی و محوری



الف) برای مهاربندی‌های امتداد مورد نظر، مقاومت خمشی مورد نیاز اتصال مهاربند

ب) برای ستون‌ها، کمترین دو مقدار $1.1R_y F_y Z_c$ و بیشترین لنگر خمشی تحت اثر ترکیبات بار زلزله تشدید یافته

الزامات لرزه‌ای وصله ستون‌ها

کلیه وصله ستون‌ها باید قادر به تحمل نیروهای زیر باشند:

نیروی برشی برابر $\sum M_{pc}/H_s$ بدون حضور نیروهای محوری و

لنگرهای خمشی

$\sum M_{pc}$: مجموع لنگرهای خمشی پلاستیک در دو سمت وصله در امتداد مورد نظر

H_s : ارتفاع طبقه

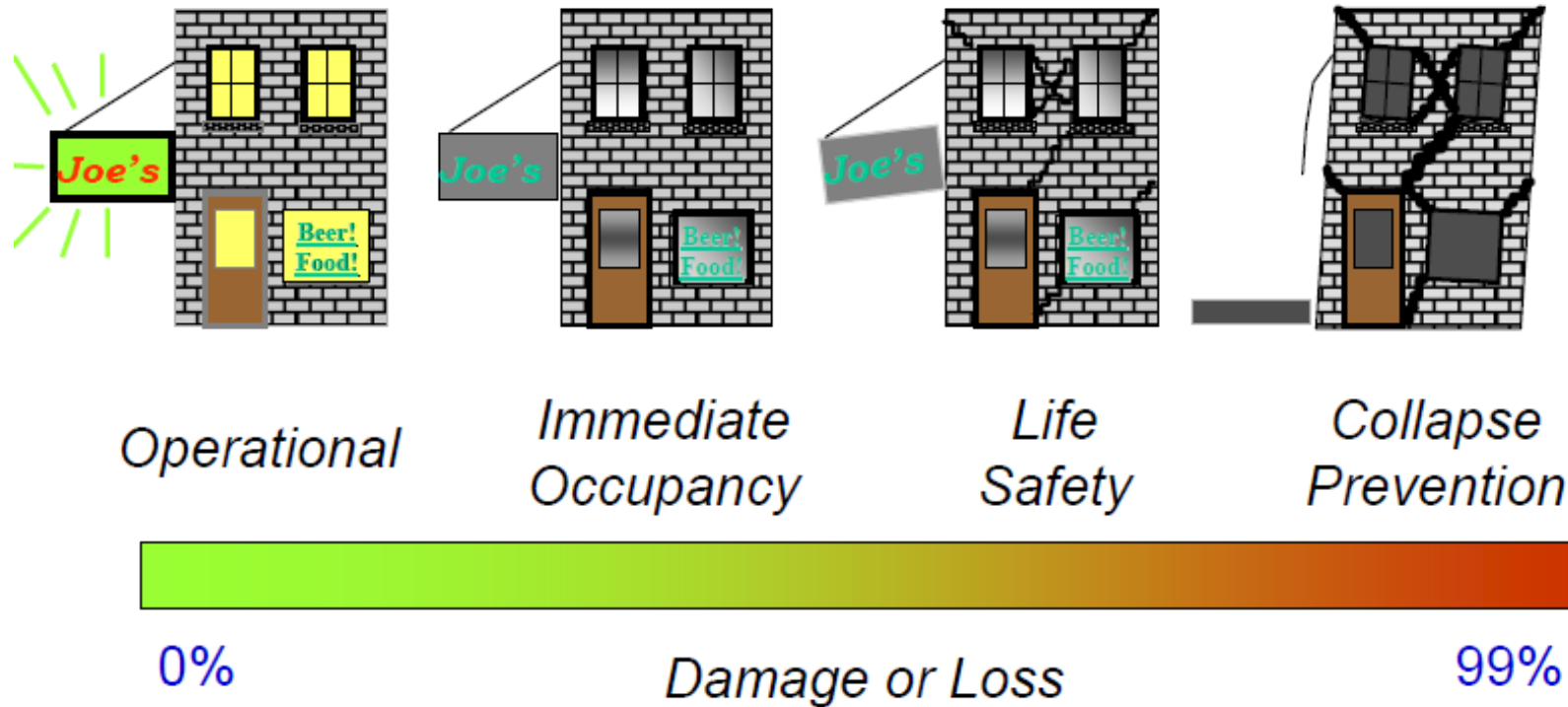
لنگر خمشی حداقل برابر $R_y M_{pc}$ بدون حضور نیروهای محوری و برشی

M_{pc} : لنگر خمشی پلاستیک ستون با مقطع کوچکتر وصله شونده



طراحی براساس عملکرد Performance-Based Design

“Standard” Structural Performance Levels



طراحی براساس عملکرد

Global Response and Performance

