

نکات طلایی مبحث ۱۰ (ضوابط لرزه‌ای) مجید ذکری

تعاریف

R_y	نوع مصالح
۱/۲۵	مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل نورد شده
۱/۲	سایر مقاطع نورد شده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری
۱/۱۵	مقاطع ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها
۱/۲	میلگردها

تنش تسلیم مورد انتظار فولاد (F_{ye}) ← $F_{ye} = R_y F_y$

R_y = نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم مشخصه فولاد

ضریب (C_{pr}): ضریبی است که دربرگیرنده آثار عواملی از قبیل سخت شدگی، قیدهای موضعی و ملحقات موجود در اتصال تیر به ستون است. مقدار این ضریب به جزء در مواردی که برای آن عدد خاصی پیش‌بینی شده است از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$1/1 \leq C_{pr} = \frac{(F_y + F_u)}{2F_y} \leq 1/2$$

نکته: برای اتصال گیردار تقویت نشده جوشی ($WUF - W$) و اتصال گیردار تقویت نشده جوشی با دیافراگم عبوری از ستون ($TD - WUFW$) در طراحی لرزه‌ای قاب‌های خمشی ویژه مقدار ضریب C_{pr} برابر ۱/۴ در نظر گرفته می‌شود.

ضریب اضافه مقاومت (Ω_0): این ضریب در مواردی که عضوی از سازه باید برای نیروی زلزله تشدید یافته طراحی شود، به کار برده می‌شود. در این اعضا، اثرهای ناشی از بار جانبی زلزله باید در ضریب Ω_0 ضرب گردند. مقدار Ω_0 در سازه‌های با سیستم‌های باربری مختلف در جدول زیر ارائه شده است. این آثار در هر حال لزومی ندارد بیشتر از حداکثر آنچه اعضای متصل به عضو می‌توانند به آن منتقل نمایند در نظر گرفته شود.

Ω_0	نوع سیستم باربر جانبی لرزه‌ای
۳	کلیه قاب‌های خمشی فولادی
۲	کلیه قاب‌های ساختمانی ساده توام با مهاربندی هم محورو برون محور فولادی
۲/۵	کلیه سیستم‌های دوگانه یا ترکیبی

زلزله تشدید یافته (E_{mh}): به نیروهای به دست آمده حاصل از ضرب نیروی جانبی ناشی از زلزله طرح در ضریب اضافه مقاومت (Ω_0) اطلاق می‌شود. برای مثال:

$$1/2D + L + \Omega E + 0.2S$$

$$0.9D + \Omega E$$

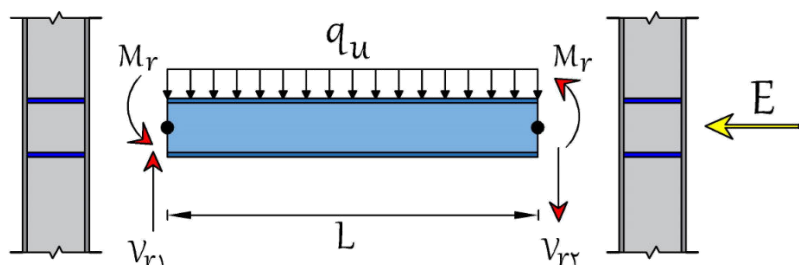
زلزله محدود به ظرفیت (E_{cl}): این نیرو معادل نیروی زلزله افقی است که مقدار آن محدود به ظرفیت اعضای شکل‌پذیر سیستم بوده و ملاک طراحی اعضای غیر شکل‌پذیر قرار می‌گیرد.

طراحی لرزه‌ای اتصال تیر به ستون

۱) تحلیل سیستم قاب خمشی با شکل‌پذیری معمولی

در قاب‌های با شکل‌پذیری کم محل تشکیل مفصل پلاستیک را می‌توان در بر ستون در نظر گرفت. چون زلزله به صورت رفت و برگشتی باید در هر دو جهت قاب را تحلیل کرده و بیشترین برش به دست آمده در بر ستون در هر دو جهت ملاک طراحی اتصال خواهد بود.

۱- الف) جهت زلزله از راست به چپ:



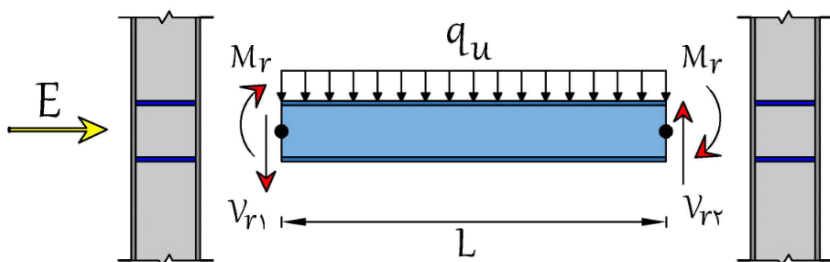
$$M_r = 1/11 R_y M_p$$

$$q_u = \max \left\{ \begin{array}{l} 1/2 D + L + E + 0.2 S \\ 0.9 D + E \end{array} \right.$$

$$V_{r1} = \frac{2M_r}{L} + \frac{q_u L}{2}$$

$$V_{r2} = \frac{2M_r}{L} - \frac{q_u L}{2}$$

۱- ب) جهت زلزله از چپ به راست:



$$M_r = 1/11 R_y M_p$$

$$q_u = \max \left\{ \begin{array}{l} 1/2 D + L + E + 0.2 S \\ 0.9 D + E \end{array} \right.$$

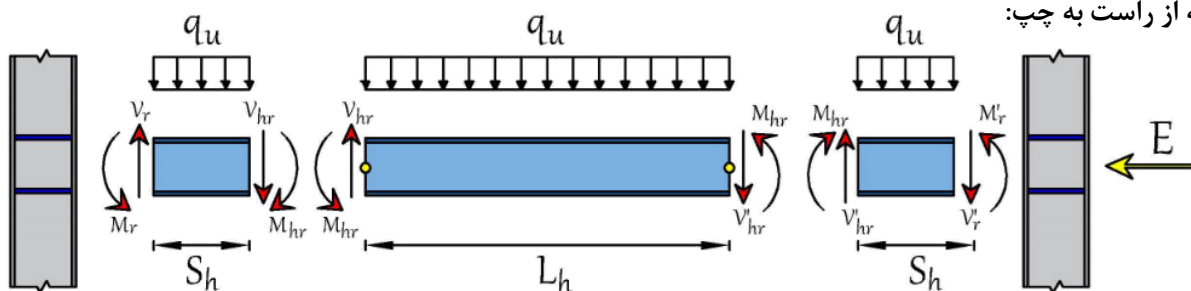
$$V_{r1} = \frac{2M_r}{L} - \frac{q_u L}{2}$$

$$V_{r2} = \frac{2M_r}{L} + \frac{q_u L}{2}$$

یادداشت‌های دانشجو :

۲ تحلیل سیستم قاب خمشی با شکل‌پذیری متوسط

۲- الف) جهت زلزله از راست به چپ:



$$q_u = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} D + L + E + \frac{1}{2} S \\ \frac{1}{9} D + E \end{array} \right.$$

$$V_{hr} = \frac{2M_{hr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2}$$

$$V'_{hr} = \frac{2M_{hr}}{L_h} - \frac{q_u L_h}{2}$$

$$M_{hr} = \frac{1}{11} R_y M_p$$

در محل تشکیل
مفاصل پلاستیک

مقادیر نیروها

$$* M_r = \frac{1}{11} R_y M_p + \left(\frac{2M_{hr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2} \right) S_h + \frac{q_u S_h^2}{2}$$

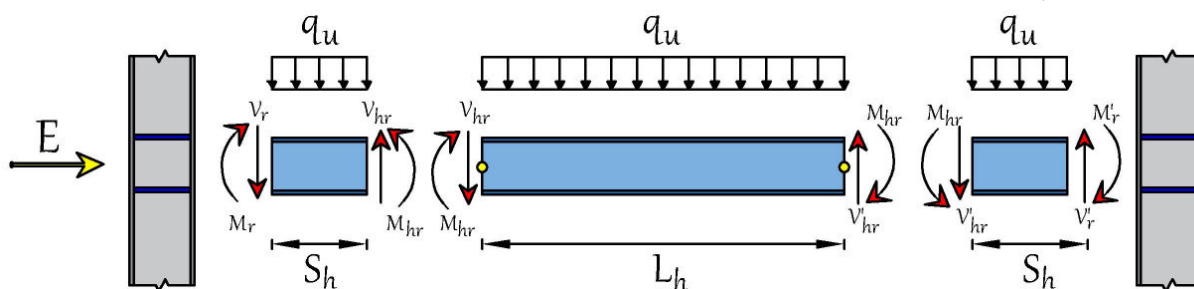
$$* V_r = \frac{2M_{hr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2} + q_u S_h$$

$$M'_r = \frac{1}{11} R_y M_p + \left(\frac{2M_{hr}}{L_h} - \frac{q_u L_h}{2} \right) S_h - \frac{q_u S_h^2}{2}$$

$$V'_r = \frac{2M_{hr}}{L_h} - \frac{q_u L_h}{2} - q_u S_h$$

در محل اتصال
(نیروی طراحی اتصال)

۲- ب) جهت زلزله از چپ به راست:



$$q_u = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} D + L + E + \frac{1}{2} S \\ \frac{1}{9} D + E \end{array} \right.$$

$$M_r = \frac{1}{11} R_y M_p + \left(\frac{2M_{hr}}{L_h} - \frac{q_u L_h}{2} \right) S_h - \frac{q_u S_h^2}{2}$$

$$V_r = \frac{2M_{hr}}{L_h} - \frac{q_u L_h}{2} - q_u S_h$$

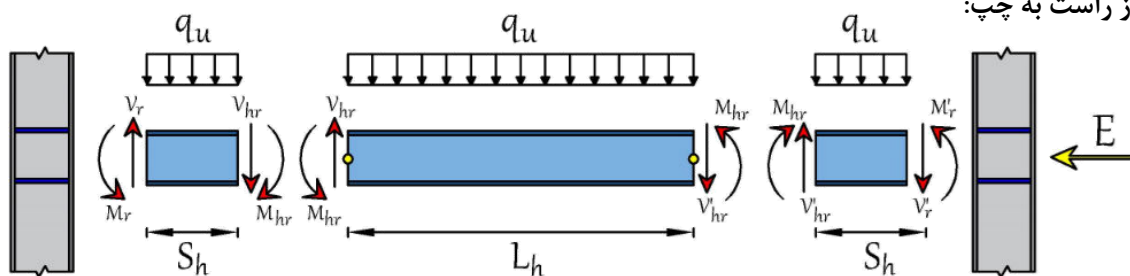
$$* M'_r = \frac{1}{11} R_y M_p + \left(\frac{2M_{hr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2} \right) S_h + \frac{q_u S_h^2}{2}$$

$$* V'_r = \frac{2M_{hr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2} + q_u S_h$$

مقادیر نیروها در
محل اتصال

$$M_{hr} = \frac{1}{11} R_y M_p$$

۳- الف) جهت زلزله از راست به چپ:



$$V_{hr} = \frac{\gamma M_{hr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2}$$

$$V'_{hr} = \frac{\gamma M_{hr}}{L_h} - \frac{q_u L_h}{2}$$

$$M_{hr} = C_{pr} R_y M_p$$

در محل تشکیل
مفاصل پلاستیک

مقادیر نیروها

$$q_u = \max \begin{cases} 1/2 D + L + E + 0.5 S \\ 0.5 D + E \end{cases}$$

$$* M_r = C_{pr} R_y M_p + \left(\frac{\gamma M_{hr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2} \right) S_h + \frac{q_u S_h^2}{2}$$

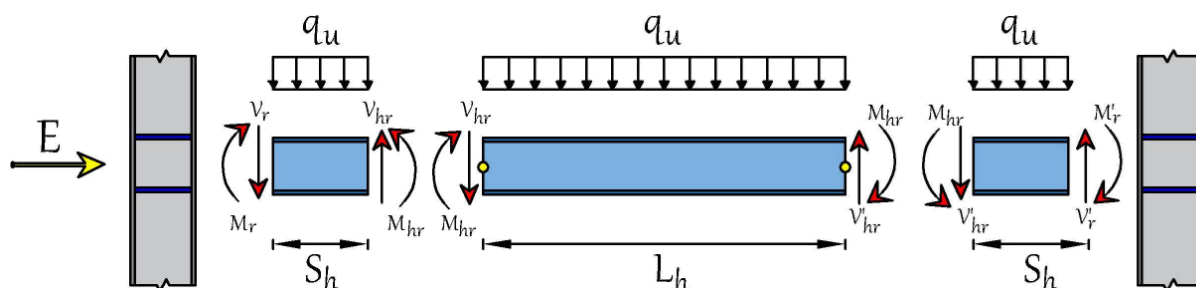
$$* V_r = \frac{\gamma M_{hr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2} + q_u S_h$$

در محل اتصال
(نیروی طراحی اتصال)

$$M'_r = C_{pr} R_y M_p + \left(\frac{\gamma M_{hr}}{L_h} - \frac{q_u L_h}{2} \right) S_h - \frac{q_u S_h^2}{2}$$

$$V'_r = \frac{\gamma M_{hr}}{L_h} - \frac{q_u L_h}{2} - q_u S_h$$

۳- ب) جهت چپ از راست به راست:



$$M_r = C_{pr} R_y M_p + \left(\frac{\gamma M_{hr}}{L_h} - \frac{q_u L_h}{2} \right) S_h - \frac{q_u S_h^2}{2}$$

$$V_r = \frac{\gamma M_{hr}}{L_h} - \frac{q_u L_h}{2} - q_u S_h$$

مقادیر نیروها در
محل اتصال

$$q_u = \max \begin{cases} 1/2 D + L + E + 0.5 S \\ 0.5 D + E \end{cases}$$

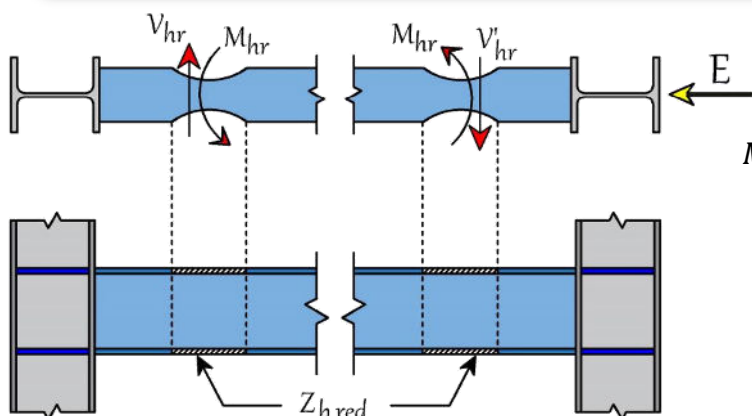
$$M_{hr} = C_{pr} R_y M_p$$

$$* M'_r = C_{pr} R_y M_p + \left(\frac{\gamma M_{hr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2} \right) S_h + \frac{q_u S_h^2}{2}$$

$$* V'_r = \frac{\gamma M_{hr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2} + q_u S_h$$

طراحی اتصال گیردار تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)

تحلیل سیستم برای تلاش‌های مورد نیاز



شکل پذیری متوسط $M_{hr} = 1/1 R_y Z_{b red} F_y$

شکل پذیری ویژه $M_{hr} = C_{pr} R_y Z_{b red} F_y$

در اتصال گیردار از نوع تیر با مقطع کاهش یافته، تحلیل همانند قاب خمشی با شکل پذیری متوسط یا ویژه (بر حسب مورد) خواهد بود تنها تفاوت در محاسبه لنگر پلاستیک مقطع (M_p) در محل تشکیل مفصل پلاستیک خواهد بود که باید در محاسبه آن، مدول پلاستیک مقطع کاهش یافته ($Z_{b red}$) قرار داده شود یعنی:

$$M_p = Z_{b red} F_y$$

مقاومت خمشی $R_y M_{po} = R_y Z_b F_y$

موجود تیر

Z_b = مدول پلاستیک مقطع در انتهای تیر (ناحیه کاهش نیافته تیر)

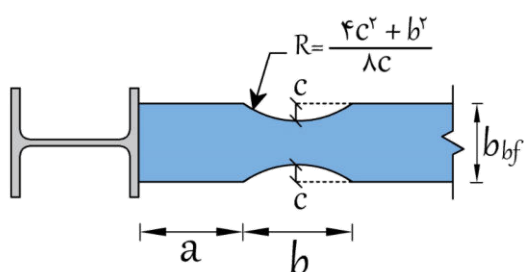
نکته: در قاب‌های دارای این نوع اتصالات، در کنترل تغییرمکان جانبی نسبی طبقه باید آثار مقطع کاهش یافته لحاظ شود. در این کنترل به جای مدل‌سازی ناحیه کاهش یافته، می‌توان تغییرمکان جانبی نسبی را در حالتی که ناحیه کاهش یافته مدل نشده است با ضریب ۱/۱ برای حالت نظیر $c = 0.25 b_{bf}$ تشدید نمود. برای سایر مقادیر c می‌توان از درون‌یابی خطی بین آن‌ها و $c = 0.25 b_{bf}$ بهره برد. یعنی:

$$\alpha = 1 + \frac{0.4c}{b_{bf}}$$

که در آن:

α = ضریب تشدید برای تغییرمکان جانبی نسبی

c = عرض ناحیه کاهش یافته بر حسب ضریبی از b_{bf}



$$0.15 b_{bf} \leq a \leq 0.75 b_{bf}$$

$$0.65 d_b \leq b \leq 0.85 d_b$$

$$0.1 b_{bf} \leq c \leq 0.25 b_{bf}$$

$$R = \frac{4c^2 + b^2}{\lambda c}$$

محدودیت‌های ناحیه

کاهش یافته تیر

d_b = ارتفاع تیر

مهارهای جانبی تیرهای فولادی

۱- هردو بال تیر باید به صورت جانبی یا مقطع تیر از طریق مهار پیچشی نقطه‌ای مهار شود.

۲- فاصله مهارهای جانبی یا پیچشی نباید از مقدار زیر کمتر باشد:

۲- الف) برای شکل پذیری متوسط:

$$L_b = \frac{0.17 r_y E}{R_y F_y}$$

۲- ب) برای شکل پذیری زیاد:

$$L_b = \frac{0.186 r_y E}{R_y F_y}$$

همچنین فاصله مهارهای جانبی باید طوری باشد که در تعیین مقاومت خمشی اسمی تیر (M_n)، حالت حدی کماتش جانبی-پیچشی تعیین کننده نباشد. یعنی:

$$L_{bmd} \leq \min \left\{ \frac{0.17 r_y E}{R_y F_y} \& \frac{M_p (L_r - L_p)}{M_p - 0.17 M_y} \times \left(1 - \frac{1}{C_b} \right) + L_p \right\}$$

$$L_{bhd} \leq \min \left\{ \frac{0.186 r_y E}{R_y F_y} \& \frac{M_p (L_r - L_p)}{M_p - 0.17 M_y} \times \left(1 - \frac{1}{C_b} \right) + L_p \right\}$$

$$P_{br} = \frac{0.6 R_y F_y Z}{h_o}$$

در محل تشکیل مفصل پلاستیک

۳- مقاومت

$$P_{br} = \frac{0.2 R_y F_y Z}{h_o}$$

در سایر نقاط

فشاری لازم

r_y = شعاع ژیراسیون مقطع تیر نسبت به محور ضعیف

۱- در محل تشکیل مفصل پلاستیک

۲- در محل اعمال بارهای متمرکز خارجی

۳- در محل تغییر مقطع تیر

محل تعبیه

مهارهای جانبی

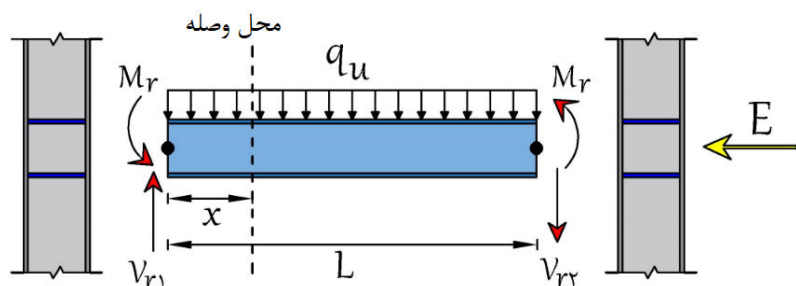
وصله تیرهای باربر جانبی لرزه‌ای

شکل پذیری کم

مقاومت خمشی ← براساس لنگر خمشی به دست آمده از پیکره آزاد شکل زیر در محل وصله به دست می‌آید.
مورد نیاز وصله یعنی ابتدا مقادیر لنگر و برش در محل مفصل پلاستیک محاسبه می‌شود و سپس براساس این نیروها و نوشتن رابطه تعادل در محل انجام وصله لنگر خمشی مورد نیاز به دست می‌آید.

مقاومت برشی ← براساس نیروی برشی به دست آمده از پیکره آزاد شکل زیر در محل وصله به دست می‌آید.
مورد نیاز وصله این مقاومت برشی نباید کمتر از $0.6F_y A_w \times 0.5$ کمتر در نظر گرفته شود.

مقاومت محوری ← براساس تحلیل سازه در برابر ترکیبات بارگذاری متعارف (در صورت وجود) تعیین می‌شود.
مورد نیاز وصله



$$M_r = 1/8 R_y M_p$$

$$q_u = \max \left\{ \frac{1}{8} D + L + E + 0.2 S, \frac{1}{9} D + E \right\}$$

$$M_{\text{مورد نیاز وصله}} = \max \begin{cases} M_r - V_{r1}x + q_u \frac{x^2}{2} \\ M_r - V_{r2}(L-x) - q_u \frac{(L-x)^2}{2} \end{cases} \geq M_p$$

کوچکترین مقطع وصله شونده تیر

$$V_{\text{مورد نیاز وصله}} = \max \begin{cases} V_{r1} - q_u x \\ V_{r2} + q_u (L-x) \end{cases} \geq 0.5 \times 0.6 F_y A_w$$

$$V_{r1} = \frac{2M_r}{L} + \frac{q_u L}{2}$$

$$V_{r2} = \frac{2M_r}{L} - \frac{q_u L}{2}$$

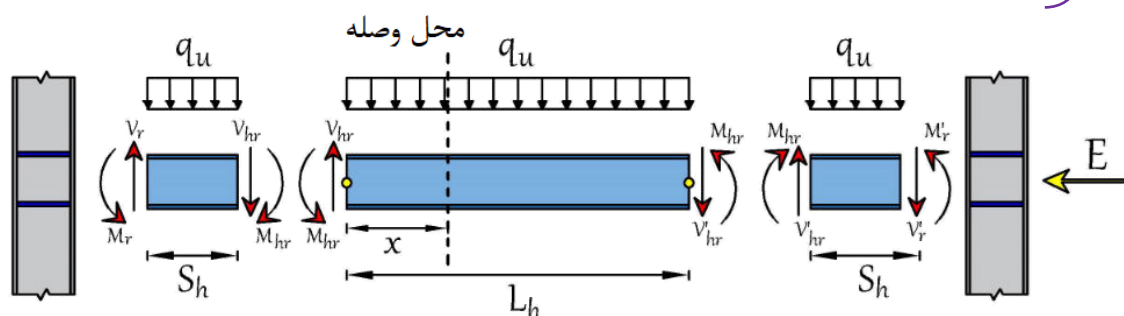
نکته: در تعیین مقاومت برشی و خمشی موجود، به دلیل این که نیروهای مورد نیاز براساس ترکیبات بارگذاری شامل زلزله محدود به ظرفیت (E_{cl}) به دست می‌آید مقدار ضریب کاهش مقاومت (ϕ) برابر ۱/۰ در نظر گرفته می‌شود.

شکل‌پذیری
متوسط و ویژه

مقاومت خمشی ← براساس لنگر خمشی به دست آمده از پیکره آزاد شکل زیر در محل وصله به دست می‌آید. در مورد نیاز وصله هر حال مقاومت خمشی مورد نیاز نباید از M_p کوچکترین مقطع وصله شونده تیر کمتر در نظر گرفته شود.

مقاومت برشی ← براساس نیروی برشی به دست آمده از پیکره آزاد شکل زیر در محل وصله به دست می‌آید. مورد نیاز وصله این مقاومت برشی نباید کمتر از $0.6F_y A_w \times 0.75$ کمتر در نظر گرفته شود.

مقاومت محوری ← براساس تحلیل سازه در برابر ترکیبات بارگذاری متعارف (در صورت وجود) تعیین می‌شود. مورد نیاز وصله



$$M_{\text{مورد نیاز وصله}} = \max \begin{cases} M_{hr} - V_{hr}x + q_u \frac{x^2}{2} \\ M_{hr} - V'_{hr}(L_h - x) - q_u \frac{(L_h - x)^2}{2} \end{cases} \geq M_p$$

کوچکترین مقطع وصله شونده تیر

$$V_{\text{مورد نیاز وصله}} = \max \begin{cases} V_{hr} - q_u x \\ V'_{hr} + q_u (L_h - x) \end{cases} \geq 0.75 \times 0.6 F_y A_w$$

برای شکل‌پذیری ویژه ← $M_{hr} = C_{pr} R_y M_p$

برای شکل‌پذیری متوسط ← $M_{hr} = 1.1 R_y M_p$

$$V_{hr} = \frac{2M_{hr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2}$$

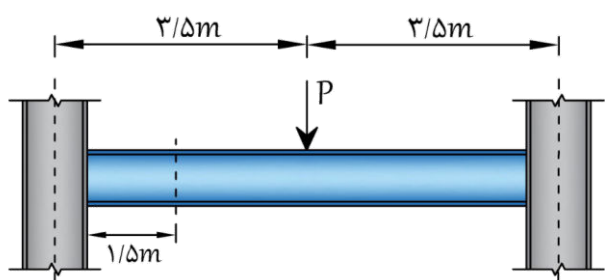
$$V'_{hr} = \frac{2M_{hr}}{L_h} - \frac{q_u L_h}{2}$$

نکته: در تعیین مقاومت برشی و خمشی موجود، به دلیل این که نیروهای مورد نیاز براساس ترکیبات بارگذاری شامل زلزله محدود به ظرفیت (E_{cl}) به دست می‌آید مقدار ضریب کاهش مقاومت (ϕ) برابر ۱/۰ در نظر گرفته می‌شود.

بررسی تست‌های مربوط به این بخش

اسفند ۱۴۰۲

در شکل زیر بخشی از یک قاب خمشی متوسط، با اتصالات از نوع WUF – W نشان داده شده است. بارهای بدون ضریب مرده و زنده (غیرقابل کاهش در مقدار و ضریب) به ترتیب برابر است با $P_D = 100 \text{ kN}$ و $P_L = 70 \text{ kN}$. در روش LRFD مقاومت خمشی مورد نیاز وصله تیر در فاصله ۱/۵ متری از هر ستون به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ ستون‌ها از قوطی با ابعاد مقطع 400×400 میلی‌متر و لنگر پلاستیک مقطع در کل تیر (ساخته شده از ورق) 360 kN.m است. واحدها در شکل به متر است. (از مولفه قائم زلزله صرف‌نظر کنید)



459 kN.m (۱)

391 kN.m (۲)

360 kN.m (۳)

407 kN.m (۴)

حل:

در این نوع اتصال محل تشکیل مفصل پلاستیک بر ستون می‌باشد.

$$M_r = M_{hr} = 1.1R_y M_p = 1.1 \times 1.15 \times 360 = 455.4 \text{ kN.m}$$

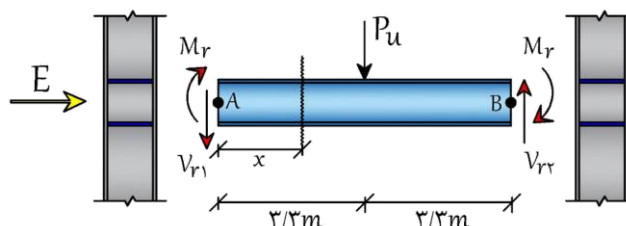
$$P_u = 1.2 \times 100 + 70 = 190 \text{ kN}$$

اگر جهت زلزله از چپ به راست باشد:

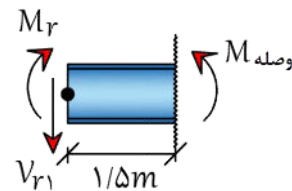
$$\sum M_B = 0 \Rightarrow V_{r1} L = 2M_r - P_u \frac{L}{2}$$

$$\Rightarrow V_{r1} = \frac{2M_r}{L} - \frac{P_u}{2} = \frac{2 \times 455.4}{6.6} - \frac{190}{2}$$

$$\Rightarrow V_{r1} = 43 \text{ kN}$$

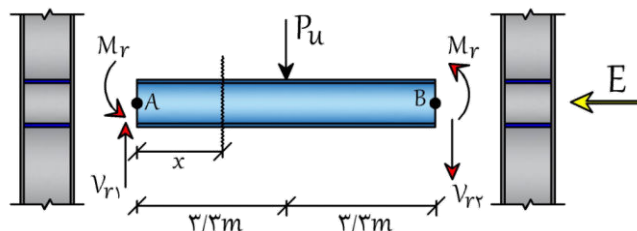


$$M_{\text{وصله}} = 455.4 - 43 \times 1.5 = 390.9 \text{ kN}$$

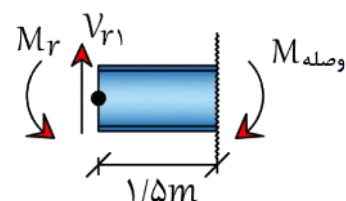


اگر جهت زلزله از راست به چپ باشد:

$$\begin{aligned} \sum M_B = 0 &\Rightarrow V_{r1}L = 2M_r + P_u \frac{L}{2} \\ \Rightarrow V_{r1} &= \frac{2M_r}{L} + \frac{P_u}{2} = \frac{2 \times 455.4}{6.6} + \frac{190}{2} \\ \Rightarrow V_{r1} &= 233 \text{ kN} \end{aligned}$$



$$M_{\text{وصله}} = 455.4 - 233 \times 1.5 = 105.9 \text{ kN}$$

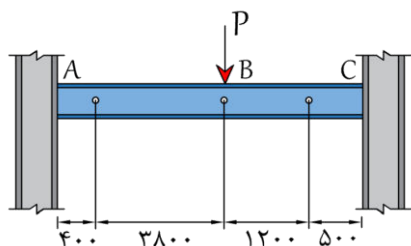


از بین دو مقدار به دست آمده، بیشترین لنگر ملاک طراحی وصله خواهد بود.

گزینه ۲ صحیح است.

نکات تلایبی مبحث ۱۰ (ضوابط لرزه‌ای) مجید ذکری

دی ۱۴۰۱- مطابق شکل زیر در یک قاب خمشی فولادی با شکل‌پذیری متوسط از تیری استفاده شده است که محل تشکیل مفصل پلاستیک در سمت چپ 400 mm و در سمت راست 500 mm از بر ستون فاصله دارد. در نقطه B بارهای متمرکز مرده و زنده بدون ضریب، به ترتیب 100 kN و 70 kN (غیر قابل کاهش چه در مقدار و چه در ضریب بار) به تیر وارد می‌شود. چنانچه در محل هردو مفصل پلاستیک $M_{pr} = 325 \text{ kN.m}$ فرض شود، نسبت مقاومت خمشی مورد نیاز اتصال C به مقاومت خمشی مورد نیاز اتصال A به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ از وزن تیر صرف‌نظر شود. در شکل ابعاد به میلی‌متر است.



(۱) 1.3

(۲) 1

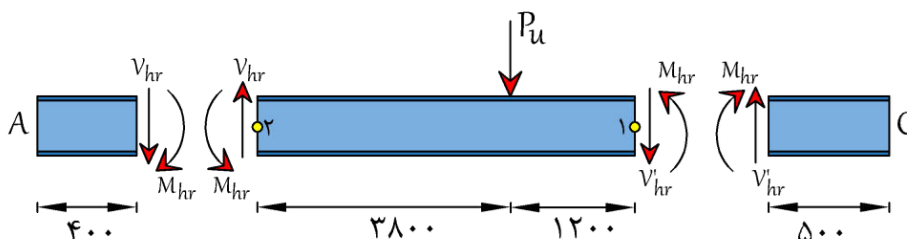
(۳) 1.1

(۴) 1.2

حل:

مقاومت خمشی و برشی مورد نیاز اتصال برای زلزله رفت و برگشتی محاسبه می‌شود و هر کدام که بزرگتر باشد برای آن نیرو طراحی می‌شود.

اگر جهت زلزله از راست به چپ باشد:



$$P_u = 1.2 \times 70 + 100 = 184 \text{ kN}$$

$$\sum M_1 = 0 \Rightarrow 2M_{hr} - P_u \times 3.8 - V'_{hr} \times 5 = 0 \Rightarrow V'_{hr} = \frac{2 \times 325}{5} - \frac{184 \times 3.8}{5}$$

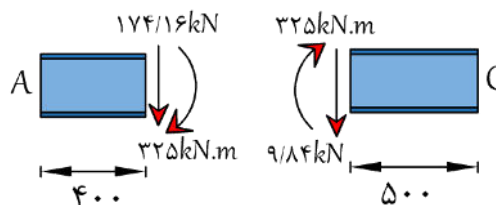
$$\Rightarrow V'_{hr} = -9.84 \text{ kN}$$

$$\sum M_2 = 0 \Rightarrow V_{hr} \times 5 - 2M_{hr} - P_u \times 1.2 = 0 \Rightarrow V_{hr} = \frac{2 \times 325}{5} + \frac{184 \times 1.2}{5}$$

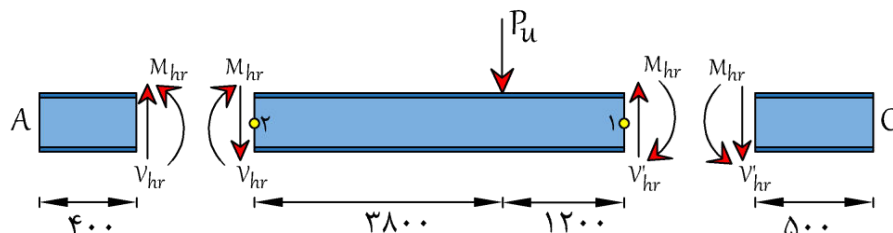
$$\Rightarrow V_{hr} = 174.16 \text{ kN}$$

$$\{ M_A = 325 + 174.16 \times 0.4 = 394.66 \text{ kN.m}$$

$$\{ M_C = 325 - 9.84 \times 0.5 = 320.08 \text{ kN.m}$$



اگر جهت زلزله از چپ به راست باشد:



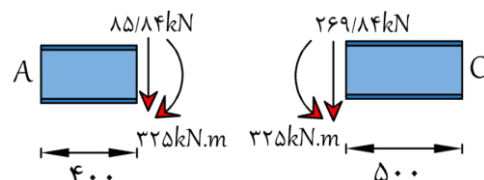
$$\sum M_1 = 0 \Rightarrow 2M_{hr} + P_u \times 3.8 - V'_{hr} \times 5 = 0 \Rightarrow V'_{hr} = \frac{2 \times 325}{5} + \frac{184 \times 3.8}{5}$$

$$\Rightarrow V'_{hr} = 269.84 \text{ kN}$$

$$\sum M_2 = 0 \Rightarrow 2M_{hr} - V_{hr} \times 5 - P_u \times 1.2 = 0 \Rightarrow V_{hr} = \frac{2 \times 325}{5} - \frac{184 \times 1.2}{5}$$

$$\Rightarrow V_{hr} = 85.84 \text{ kN}$$

$$\begin{cases} M_A = 325 + 85.84 \times 0.4 = 359.34 \text{ kN.m} \\ M_C = 325 + 269.84 \times 0.5 = 459.92 \text{ kN.m} \end{cases}$$



هر دو نقطه A و C باید برای بیشترین نیروی ایجاد شده طراحی شوند که برای نقطه C، هنگامی که جهت زلزله از چپ به راست باشد نیروی بیشتری وارد می‌شود و برای نقطه A، بیشترین نیرو زمانی ایجاد می‌شود که جهت زلزله از راست به چپ باشد و باید برای نیروی 394.66 طراحی شود بنابراین:

$$\frac{(\sum M_C)_{max}}{(\sum M_A)_{max}} = \frac{459.92}{394.66} = 1.165$$

گزینه ۴ صحیح است.

دی ۱۴۰۱ - در شکل زیر یک دهانه از یک قاب خمشی معمولی با اتصال از نوع $WUF - W$ نشان داده شده است. فرض کنید تیر در یک فضای با کاربری مسکونی (بدون کاهش در مقدار بار زنده ولی کاهش در ضریب بار زنده) قرار دارد. حداقل مقاومت برشی مورد نیاز (V_u) اتصال تیر به ستون به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟

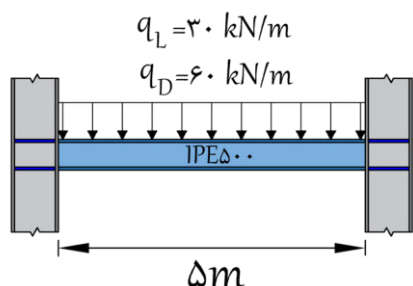
($F_y = 360 \text{ MPa}$)

495 kN (۱)

750 kN (۲)

635 kN (۳)

420 kN (۴)



حل:

$$q_u = 1.2D + 0.5L = 1.2 \times 60 + 0.5 \times 30 = 87 \text{ kN/m} = 87 \text{ N/mm}$$

$$V_r = \left(\frac{2 \times 1.1 R_y M_p}{L} + \frac{q_u \times L}{2} \right)$$

$$V_r = \left(\frac{2 \times 1.1 \times 1.2 \times 2194 \times 10^3 \times 360}{5000} + \frac{87 \times 5000}{2} \right) \times 10^{-3} = 634.5 \text{ kN}$$

گزینه ۳ صحیح است.