



پاسخ‌های تشریحی آزمون محاسبات عمران

(دی ماه ۱۴۰۱، اردیبهشت، مهر و اسفند سال ۱۴۰۲ و مرداد ۱۴۰۳)

فهرست

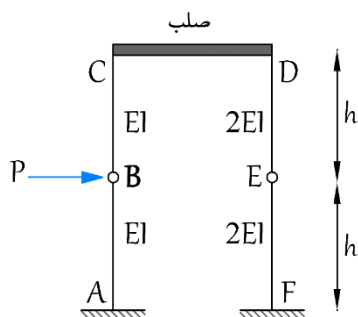
سوالات درس تحلیل سازه	۴
سوالات درس استاندارد ۲۸۰۰	۳۲
سوالات درس مبحث ۶	۶۲
سوالات درس مبحث ۷	۸۲
سوالات درس مبحث ۸	۱۰۲
سوالات درس مبحث ۹	۱۱۸
سوالات درس مبحث ۱۰	۱۹۸



سوالات تحلیل سازه

تحلیل سازه (دی ۱۴۰۱)

۱- در قاب زیر اگر از تغییر طول محوری و تغییر شکل برشی اعضا صرف نظر شود، حداکثر جابجایی افقی در تراز طبقه به کدام یک از موارد زیر نزدیکتر است؟



$$\frac{Ph^3}{9EI} \quad (۱)$$

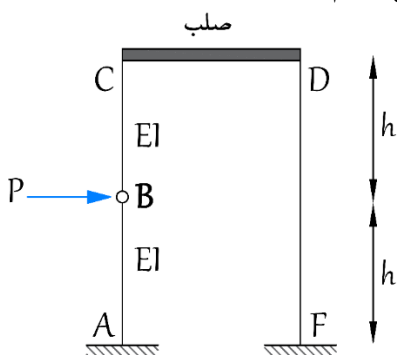
$$\frac{2Ph^3}{9EI} \quad (۲)$$

$$\frac{3Ph^3}{9EI} \quad (۳)$$

$$\frac{4Ph^3}{9EI} \quad (۴)$$

حل:

در سازه فوق ستون‌های ED و EF رفتار سری داشته لذا این ستون را معادل می‌کنیم.



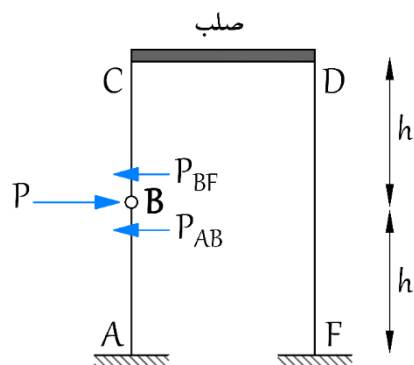
$$\frac{1}{K_{DF}} = \frac{1}{K_{DE}} + \frac{1}{K_{EF}} = \frac{1}{\frac{3(2EI)}{h^3}} + \frac{1}{\frac{3(2EI)}{h^3}} =$$

$$\rightarrow K_{DF} = \frac{3EI}{h^3}$$

در سازه مقابل ستون DF با ستون BC رفتار موازی داشته و برآیند آن با ستون AB (بدلیل جابجایی یکسان) رفتار موازی خواهد داشت.

$$\frac{1}{K_{BF}} = \frac{1}{K_{DF}} + \frac{1}{K_{DF}} = \frac{1}{\frac{3EI}{h^3}} + \frac{1}{\frac{3EI}{h^3}}$$

$$\rightarrow K_{BF} = \frac{3EI}{2h^3}$$



$$P_{BF} = \frac{K_{BF}}{K_{BF} + K_{AB}} \times P = \frac{\frac{3EI}{2h^3}}{\frac{3EI}{2h^3} + \frac{3EI}{h^3}} \times P = \frac{P}{3}$$

$$P_{BF} = \frac{K_{AB}}{K_{BF} + K_{AB}} \times P = \frac{\frac{3EI}{h^3}}{\frac{3EI}{2h^3} + \frac{3EI}{h^3}} \times P = \frac{2P}{3}$$

با توجه رفتار سری دو ستون CB و DF نیروی هر دو ستون باهم برابر خواهد بود

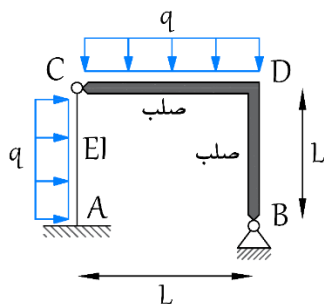
$$P_{BF} = P_D = \frac{P}{3}$$

با توجه به اینکه تیر CD صلب است، جابجایی نقطه C با نقطه D برابر است.

$$\Delta_{\text{طبقه}} = \Delta_D = \frac{F_D}{K_{DF}} = \frac{\frac{P}{3}}{\frac{3EI}{h^3}} = \frac{Ph^3}{9EI}$$

گزینه ۱ صحیح است.

۲- مطابق شکل زیر یک ستون طره‌ای به یک میله صلب L شکل متصل شده است. اگر از تغییر طول محوری و تغییر شکل برشی ستون و نیز آثار مرتبه دوم صرف نظر شود، عکس العمل قائم تکیه‌گاه A به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است.



$$\frac{1}{2} qL \quad (۱)$$

$$\frac{3}{8} qL \quad (۲)$$

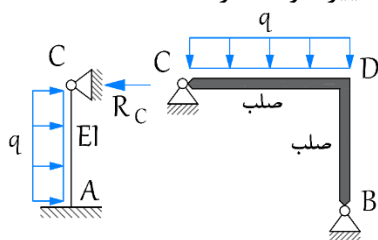
$$\frac{1}{8} qL \quad (۳)$$

$$\frac{5}{8} qL \quad (۴)$$

حل:

روش اول:

با توجه به اینکه در صورت سوال از تغییر شکل‌های محوری صرف نظر شده است، می‌توان دریافت که جابجایی افقی و قائم نقطه C برابر صفر است. زیرا در صورت جابجایی افقی یا قائم، طول میله AC تغییر خواهد کرد. در سازه AC جابجایی افقی نقطه C صفر است.



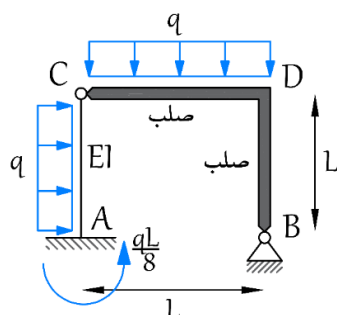
پس با توجه به الگو تیر طره می‌توان گفت جابجایی ناشی از نیروی افقی تکیه - گاه C با جابجایی افقی ناشی از بار گسترده برابر است.

$$\Delta_{R_C} = \Delta_q \rightarrow \frac{R_C L^3}{3EI} = \frac{qL^4}{8EI} \rightarrow R_C = \frac{3qL}{8}$$

اکنون با لنگر گیری حول نقطه A مقدار لنگر تکیه‌گاه A را محاسبه می‌کنیم

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0 &\rightarrow q \times L \times \frac{L}{2} - \frac{3qL}{8} \times L = M_A \\ &\rightarrow M_A = \frac{qL^2}{8} \end{aligned}$$

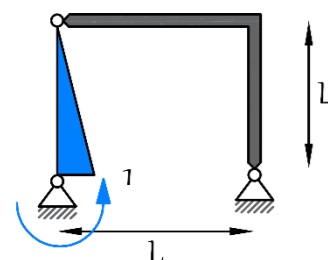
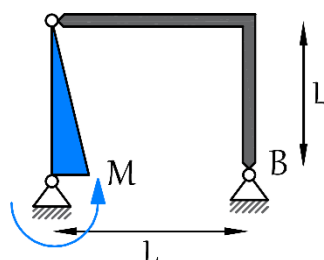
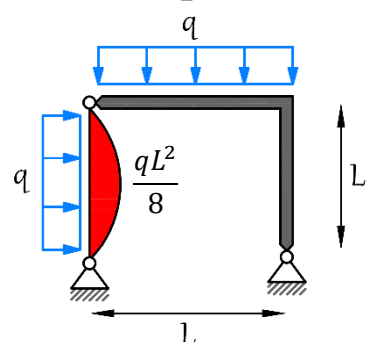
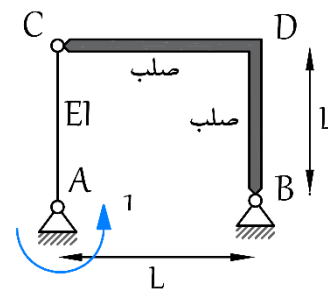
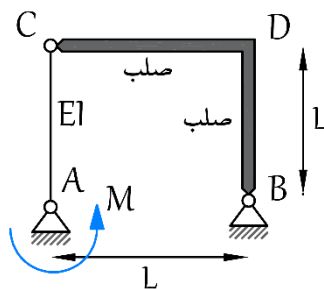
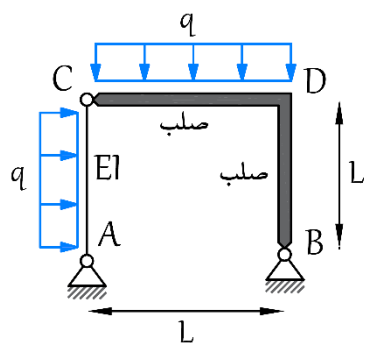
در سازه کلی نسبت به نقطه B تعادل لنگر را بررسی می‌کنیم.



$$\begin{aligned} \sum M_B = 0 &\rightarrow R_A \times L - qL \times \frac{L}{2} + qL \times \frac{L}{2} - \frac{qL^2}{8} = 0 \\ &\rightarrow R_A = \frac{qL}{8} \end{aligned}$$

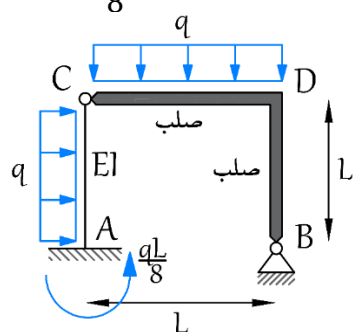
روش دوم:

سازه اصلی دارای یک درجه نامعینی است. پس به روش کار مجازی می‌توان یکی از عکس بر اساس تغییر مکان یا تغییر دوران صفر، محاسبه نمود. در شکل زیر دوران تکیه‌گاه A برابر صفر است. پس دوران تکیه‌گاه A را آزاد کرده و جای آن M_A را می‌نویسم. براساس جمع آثار قوا (*SuperPosition*) مجموع دوران نقطه A برابر صفر می‌باشد.



$$1 \times \theta_A = \int \frac{M(x)m(x)}{EI} dx = \frac{qL^2}{8EI} \times \frac{L}{2} \times \frac{2}{3} \left(\frac{5}{16} \right) + \frac{qL^2}{8EI} \times \frac{L}{2} \times \frac{2}{3} \left(\frac{11}{16} \right) - \frac{M}{EI} \times L \times \frac{1}{2} \left(\frac{2}{3} \right) = 0$$

$$\rightarrow M = \frac{qL^2}{8}$$



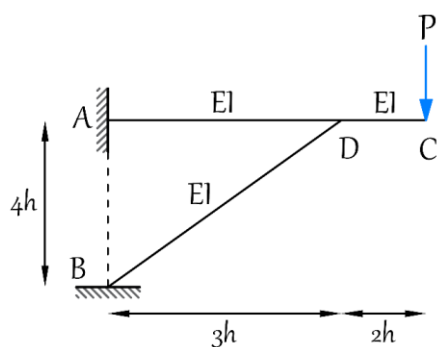
در سازه کلی نسبت به نقطه B تعادل لنگر را بررسی می‌کنیم.

$$\sum M_B = 0 \rightarrow R_A \times L - qL \times \frac{L}{2} + qL \times \frac{L}{2} - \frac{qL^2}{8} = 0$$

$$\rightarrow R_A = \frac{qL}{8}$$

گزینه ۳ صحیح است

۳- در سازه شکل زیر اگر از تغییر طول محوری و تغییر شکل برشی اعضا صرف نظر شود، مقدار لنگر خمشی در تکیه‌گاه B به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟



$$\frac{3}{8}Ph \quad (۱)$$

$$\frac{3}{4}Ph \quad (۲)$$

$$\frac{5}{2}Ph \quad (۳)$$

$$\frac{5}{4}Ph \quad (۴)$$

حل:



سوالات استاندارد ۲۸۰۰

استاندارد ۲۸۰۰ (دی ۱۴۰۱)

۱- در یک بیمارستان ۸ طبقه از روی تراز پایه از نوع قاب خمشی فولادی ویژه، زمان تناوب اصلی تجربی برابر ۰/۸ ثانیه و زمان تناوب اصلی تحلیلی برابر ۱/۲ ثانیه محاسبه شده است. برای محاسبه مقدار تغییرمکان جانبی نسبی طبقات حداکثر زمان تناوب اصلی قابل قبول برای تعیین برش پایه به روش استاتیکی معادل این ساختمان مطابق کدام یک از گزینه‌های زیر است؟ فرض کنید جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمی‌کنند.

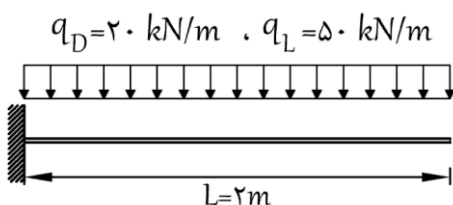
۱) 1.0 ثانیه	۲) 0.8 ثانیه	۳) 1.2 ثانیه	۴) 1.1 ثانیه
--------------	--------------	--------------	--------------

چون ساختمان با اهمیت خیلی زیاد است باید محدودیت مربوط به زمان تناوب رعایت شود:

$$T = \min(1.25T_{\text{تحلیلی}} \& T_{\text{تجربی}}) = \min(1.25 \times 0.8 \& 1.2) = 1.0 \text{ sec}$$

گزینه ۱ صحیح است.

۲- تیر طره‌ای شکل زیر مربوط به یک ساختمان تجاری سه طبقه به ارتفاع کل ۱۱ متر از تراز پایه (با محل تجمع کمتر از ۳۰۰ نفر در زیر یک سقف) در شهر آبادان با سیستم از نوع قاب خمشی فولادی معمولی است. با در نظر گرفتن نیروی قائم ناشی از زلزله در طراحی به روش $LRFD$ ، این تیر باید حداقل برای چه لنگر خمشی منفی طراحی شود؟ فضای روی تیر طره محل اجتماع عمومی فرض شود.



$$104 \text{ kN.m (۱)}$$

$$177.4 \text{ kN.m (۲)}$$

$$208 \text{ kN.m (۳)}$$

$$88.7 \text{ kN.m (۴)}$$

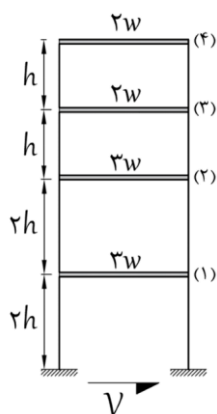
$$E_v = 0.6AIW_{D+L} = 0.6 \times 0.2 \times 1.0 \times (20 + 50) = 8.4 \text{ kN/m}$$

$$q_u = \max \begin{cases} 1.2D + 1.6L = 1.2 \times 20 + 1.6 \times 50 = 104 \text{ kN.m} \\ 1.2D + L + E = 1.2 \times 20 + 50 + 8.4 = 82.4 \text{ kN.m} \end{cases}$$

$$M_{\max} = \frac{q_u L^2}{2} = \frac{104 \times 2^2}{2} = 208 \text{ kN.m}$$

گزینه ۳ صحیح است.

۳- در یک ساختمان ۴ طبقه از نوع قاب خمشی فولادی ویژه مقدار ضریب زلزله در تحلیل به روش استاتیکی معادل برابر ۰/۲ و زمان تناوب اصلی نوسان آن برابر ۰/۴ ثانیه محاسبه شده است. اگر ارتفاع طبقات و وزن موثر لرزه‌ای آن‌ها مطابق شکل زیر باشد، برای طراحی دیافراگم طبقه اول (۱) نیروی جانبی این تراز (بدون توجه به ضریب اضافه مقاومت) باید مطابق کدام یک از گزینه‌های زیر باشد؟ ساختمان در شهر تهران واقع بوده و کاربری آن مسکونی فرض شود.



0.53w (۱)

0.6w (۲)

0.3w (۳)

1.05w (۴)

$$\sum_{j=1}^n F_{uj} = V_u = V_1 = 0.2(3W+3W+2W+2W) = 2W$$

$$F_{pui} = \left(\frac{\sum_{j=1}^n F_{uj}}{\sum_{j=1}^n W_j} \right) W_i = \frac{2W}{10W} \times 3W = 0.6W$$

$$F_{pui-max} = AIW_i = 0.35 \times 1 \times 3W = 1.05W$$

$$F_{pui-min} = 0.5AIW_i = 0.5 \times 0.35 \times 1 \times 3W = 0.525W$$

گزینه ۲ صحیح است.

۴- در محاسبه یک ساختمان کاملاً منظم برش پایه به روش استاتیکی معادل برابر $400 \times 10^3 \text{ kN}$ ، برش پایه حداقل در روش استاتیکی معادل برابر $330 \times 10^3 \text{ kN}$ و برش پایه ناشی از تحلیل طیفی برابر $360 \times 10^3 \text{ kN}$ به دست آمده است. برای طراحی این ساختمان به روش طیفی، ضریب اصلاح مقادیر بازتاب‌ها حداقل چقدر باید در نظر گرفته شود؟ نزدیک‌ترین گزینه به پاسخ را انتخاب نمایید.

1.0 (۴)

1.11 (۳)

1.2 (۲)

0.94 (۱)

چون سازه منظم است پس مقادیر بازتاب‌ها باید در ۸۵ درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه بدست آمده از تحلیل طیفی ضرب می‌شود:

$$x = \frac{0.85V_{u-static}}{V_{u-spectrum}} \geq 1.0 \Rightarrow \frac{0.85 \times 400 \times 10^3}{360 \times 10^3} = 0.94 \not\geq 1.0$$

گزینه ۴ صحیح است.

حل:

طبق بند ۳-۱۳-۶ کتاب استاندارد ۲۸۰۰ در مواردی که استفاده از ضریب اضافه مقاومت برای کنترل اجزایی از سازه ضروری باشد، ضریب اضافه مقاومت (Ω_o) در روش ساده شده برابر 2.5 فرض می‌شود.
گزینه ۲ صحیح است.

۶- فرض کنید وزن موثر لرزه‌ای یک سیلوی بتنی درجا با دیواره پیوسته تا روی پی برابر W بوده و سیلو در منطقه با خطر نسبی زیاد قرار دارد. حداقل برش پایه این سیلو به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ فرض کنید سیلو در ردیف ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد قرار دارد و بر روی زمین نوع III احداث شده است.

- (۱) $0.224 W$ (۲) $0.192 W$ (۳) $0.16 W$ (۴) $0.09 W$

حل:

$$V_{u_{min}} = 1.6 AIW/R_u = \frac{1.6 \times 0.3 \times 1.4}{2} \times W = 0.224 W$$

گزینه ۱ صحیح است.

۷- زمان تناوب اصلی نوسان با استفاده از تحلیل دینامیکی یک بیمارستان به ارتفاع ۲۰ متر از تراز پایه در تبریز که با قاب خمشی بتنی ویژه طراحی شده است، $1/25$ ثانیه می‌باشد. ضریب زلزله برای کنترل تغییرمکان جانبی نسبی طبقه چه مقدار است؟ طبقه‌بندی زمین ساختمان از نوع II بوده و جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمی‌کنند.

- (۱) 0.068 (۲) 0.075 (۳) 0.096 (۴) 0.082

حل:

$$T_{\text{تجربی}} = 0.05 \times 20^{0.9} = 0.74 \text{ sec}$$

طبق بند ۳-۵-۳ از کتاب استاندارد ۲۸۰۰ چون سازه با اهمیت خیلی زیاد است پس محدودیت زمان تناوب در محاسبه برش پایه برای کنترل دریافت باید رعایت شود:

$$T_{\text{Drift}} = \min \left(1.25 T_{\text{تجربی}} \text{ \& } T_{\text{تحلیلی}} \right) = \min(1.25 \times 0.74 \text{ \& } 1.25) = 0.926 \text{ sec}$$

$$N = \frac{0.7}{4 - 0.5} (0.926 - 0.5) + 1 = 1.085$$

$$B_1 = (1.5 + 1) \times \frac{0.5}{0.926} = 1.35$$

$$B = 1.35 \times 1.085 = 1.46$$

$$C = \frac{0.35 \times 1.46 \times 1.4}{7.5} = 0.095$$

گزینه ۳ صحیح است.

۸- در شکل زیر سختی جانبی و وزن موثر لرزه‌ای طبقات نشان داده شده است. حداقل مقدار K_1 برحسب K برای آنکه برای محاسبه این ساختمان در برابر زلزله بتوان از روش استاتیکی معادل استفاده کرد، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ پلان طبقات در ارتفاع یکنواخت و بدون نامنظمی می‌باشد.



حل:

طبق بند ۲-۳ از کتاب استاندارد ۲۸۰۰ برای اینکه بتوان از تحلیل استاتیکی معادل برای این سازه (بزرگتر از ۳ طبقه) استفاده کرد نباید طبقه نرم در سازه وجود داشته باشد:

$$K_1 \geq 0.7 \times 3K = 2.1K$$

$$K_1 \geq \frac{0.8}{3} (3K + 2K + K) = 1.6K$$

گزینه ۲ صحیح است.

استاندارد ۲۸۰۰ (مرداد ۱۴۰۳)

۱- یک ساختمان یک طبقه با پلان مستطیلی شکل، بر اثر نیروی زلزله در امتداد جنوب به شمال جابه‌جایی دو گوشه شمالی بام با احتساب پیچش تصادفی و منظور کردن $A_z = 1/0$ برابر ۴۰ و ۳۰ میلی‌متر محاسبه شده است. در صورتی که فاصله مرکز سختی و جرم در امتداد شرقی-غربی برابر ۳ متر و طول ساختمان در امتداد شرقی-غربی برابر ۳۰ متر باشد، مقدار کل بیشترین برون مرکزی نیروی زلزله (شامل برون مرکزی اتفاقی) به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ دیافراگم سقف صلب فرض شود.

۴) $3/5 \text{ m}$

۳) $1/5 \text{ m}$

۲) 3 m

۱) $4/5 \text{ m}$

حل:

کنترل سازه از لحاظ نامنظمی پیچشی:

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{ave}} = \frac{40}{\frac{40+30}{2}} = 1.14 < 1.2$$

پس سازه از لحاظ پیچشی منظم است و $A_j = 1.0$ خواهد بود

$$e_{در هر راستای ساختمان} = e_{ck} + 0.05a \times A_j = 3 + 0.05 \times 30 = 4.5 \text{ m}$$

گزینه ۱ صحیح است.

۲- یک ساختمان مسکونی دو طبقه با ارتفاع ۷ متر از تراز پایه در شهر خمینی شهر اصفهان دارای سیستم قاب خمشی بتنی متوسط در امتداد طولی و سیستم دیوار باربر از نوع دیوار برشی بتن آرمه معمولی در امتداد عرضی مفروض است. ضریب نیروی زلزله این ساختمان در امتداد طولی به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ زمین محل ساخت از نوع II بوده و از زمان تناوب تجربی استفاده نمائید. فرض کنید جداگرهای میانقاب مانعی برای حرکت قاب ایجاد می کنند و $\rho = 1$ است.

۰/۱۸ (۴)

۰/۱۳ (۳)

۰/۲۲ (۲)

۰/۱۵ (۱)

حل:

$$R_{uy} = 5 \text{ و } R_{ux} = 3.5$$

$$R_{uy} = 5 \nless R_{ux} \Rightarrow R_{uy} = R_{ux} = 3.5$$

$$T = 0.05H^{0.75} = 0.05 \times 7^{0.75} = 0.21 \text{ sec} < T_s \Rightarrow B = 2.5$$

$$C = \frac{0.25 \times 2.5 \times 1.0}{3.5} = 0.18$$

گزینه ۴ صحیح است.

۳- در پیرامون بام یک ساختمان مسکونی ۸ طبقه واقع در شهر تبریز به ارتفاع متوسط بام ۳۰ متر از تراز پایه، یک دیوار جان پناه به ارتفاع ۱/۵ متر با وزن در واحد طول $W_p = 4 \text{ kN/m}$ اجرا شده است. در صورتی که جان پناه به صورت کنسولی در پای دیوار به بام ساختمان متصل شده باشد، نیروی افقی زلزله استاتیکی معادل وارد بر دیوار جان پناه به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ جان پناه بتنی و خاک محل نوع II فرض شود. تعیین نیروی جانبی زلزله در حد مقاومت مدنظر است.

۱/۷ kN/m (۴)

۵/۶ kN/m (۳)

۴/۲ kN/m (۲)

۱/۰۵ kN/m (۱)

حل:

$$V_{pu} = \frac{0.4a_p A(1+S)W_p I_p}{R_{pu}} \left(1 + 2 \frac{Z}{H}\right) = \frac{0.4 \times 2.5 \times A(1+S)W_p I_p}{2.5} \left(1 + 2 \frac{H}{H}\right)$$



سوالات مبحث ششم مقررات ملی ساختمان

سوالات مبحث ششم (دی ۱۴۰۱)

۱- در یک ساختمان کاملاً منظم که در آن تغییر مکان جانبی ناشی از بارهای ثقلی برابر صفر است، برای جلوگیری از آسیب به اجزاء غیرسازه‌ای، حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات در برابر بار باد سطح طراحی (W) چقدر می‌تواند باشد؟ در جواب‌ها h ارتفاع طبقه مورد نظر بوده و نزدیک‌ترین گزینه به پاسخ را انتخاب نمایید.

$$0.0025 h \text{ (۴)}$$

$$0.0050 h \text{ (۳)}$$

$$0.0039 h \text{ (۲)}$$

$$0.0031 h \text{ (۱)}$$

ابتدا باید مقدار بار باد سطح بهره‌برداری را محاسبه کنیم:

$$P \propto q \propto V^2$$

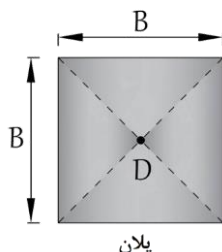
$$\frac{P_{\text{بهره برداری}}}{P_{\text{طرح}}} = 0.8^2 = 0.64$$

در بار بار سطح بهره‌برداری که فشار آن ۰.۶۴ برابر فشار باد طرح است تغییر مکان حداکثر برابر ۰.۰۰۲۵h می‌باشد بنابراین در بار باد طرح این مقدار برابر است با:

$$\Delta_{\text{بهره برداری}} = 0.64 \Delta_{\text{طرح}} \Rightarrow \Delta_{\text{طرح}} = 0.0025 h \times \frac{1}{0.64} = 0.0039 h$$

گزینه ۲ صحیح است.

۲- در یک ساختمان منظم با پلان مربعی شکل و یکسان در تمامی طبقات با بام تخت و ارتفاع بیش از ۲۰ متر از روی سطح زمین، در کل ارتفاع مقدار فشار در واحد سطح، یکسان و در جهت رو به باد برابر P_w و فشار (مکش) در جهت پشت به باد برابر P_L است. اگر ارتفاع ساختمان برابر H و مرکز سختی درست در مرکز پلان باشد، تحت اثر باد حداکثر لنگر پیچشی محتمل در پای ساختمان نسبت به نقطه D به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟



$$0.093(P_w + P_L)B^2H \text{ (۱)}$$

$$0.125(P_w + P_L)B^2H \text{ (۲)}$$

$$0.047(P_w + P_L)B^2H \text{ (۳)}$$

$$0.038(P_w + P_L)B^2H \text{ (۴)}$$

حل:

حداکثر پیچش زمانی رخ می‌دهد که یک سمت از سازه بارگذاری شده باشد:

$$\begin{cases} 1.2D + 0.5L + 1.2T \\ 1.2D + 1.6L + T \end{cases} = 240 \text{ kN}$$

براساس ترکیب بار $1.2D + 0.5L + 1.2T$:

$$1.2 \times 20 + 0.5 \times 10 + 1.2 \times T = 240 \Rightarrow T = 175.83 \text{ kN}$$

براساس ترکیب بار $1.2D + 1.6L + T$:

$$1.2 \times 20 + 1.6 \times 10 + T = 240 \Rightarrow T = 200 \text{ kN}$$

برای محاسبه مقاومت کششی مورد نیاز مقدار T به صورت کششی (منفی) در ترکیب بار قرار می گیرد:

$$1.2 \times 20 + 0.5 \times 10 - 1.2 \times (175.83) = -182 \text{ kN}$$

$$1.2 \times 20 + 1.6 \times 10 - 200 = -160 \text{ kN}$$

گزینه ۳ صحیح است.

۷- برای آنکه احتمال ارتعاش یک ساختمان در راستای عمود بر جهت باد از احتمال ارتعاش آن در جهت باد بیشتر نباشد، حداقل عرض موثر عمود بر جهت جریان باد به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ ساختمان بلند و نرم با ارتفاع طبقات یکسان، طول موثر ۱۸ متر در جهت باد و ارتفاع کل از تراز زمین ۵۰ متر است.

(۴) ۱۰ متر

(۳) ۱۲ متر

(۲) ۱۶ متر

(۱) ۱۴ متر

حل:

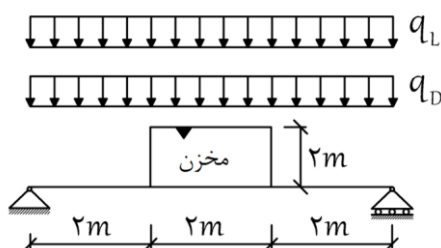
طبق بند پ ۴-۴-۶ از مبحث ششم برای آنکه ارتعاش جانبی در جهت باد بیشتر نباشد باید نامساوی زیر برقرار باشد:

$$\frac{\sqrt{wd}}{H} \geq \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{\sqrt{18w}}{50} \geq \frac{1}{3} \Rightarrow w \geq 15.43 \text{ m}$$

گزینه ۲ صحیح است.

سوالات مبحث ششم (مرداد ۱۴۰۳)

۱- در تیر دوسر ساده فولادی شکل زیر، اگر ارتفاع آب داخل مخزن ۲ متر باشد و علاوه بر آن مقدار بار مرده $q_D = 10 \text{ kN/m}$ و مقدار بار زنده $q_L = 10 \text{ kN/m}$ باشد. بدون توجه به آثار زلزله قائم، در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت، حداقل مقاومت خمشی مورد نیاز تیر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ عرض مخزن یک متر فرض شود.



(۱) 206 kN.m

(۲) 186 kN.m

(۳) 176 kN.m

(۴) 126 kN.m

حل:

ترکیب بارهای محتمل:

$$\begin{cases} (1) 1.2D + 1.6L + 1.2F \\ (2) 1.4D + 1.4F \end{cases}$$

برای ترکیب بار ۱:

$$1.2 \times 10 + 1.6 \times 10 = 28 \text{ kN/m}, M_{u1} = \frac{28 \times 6^2}{8} = 126 \text{ kN.m}$$

$$q_F (\text{سیال}) = 1.2 \times 2 \times 10 = 24 \text{ kN/m}$$

$$M_F (\text{سیال}) = \frac{24 \times 2}{2} \times 3 - 24 \times 10.5 = 60 \text{ kN.m}$$

$$\Rightarrow 126 + 60 = 186 \text{ kN.m}$$

برای ترکیب بار ۲:

$$q_u = 1.4D = 1.4 \times 10 = 14 \text{ kN/m}$$

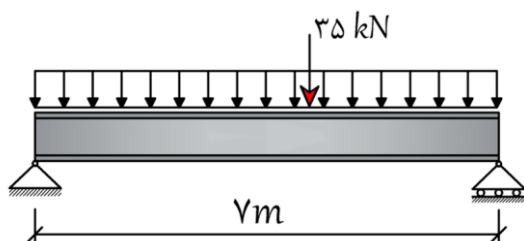
$$M_{u(D)} = \frac{14 \times 6^2}{8} = 63 \text{ kN.m}$$

$$M_{u(F)} = 1.4 \times 10 \times 2 \times \frac{2}{2} \times 3 - 1.4 \times 10 \times 2 \times 1 \times 0.5 \approx 70 \text{ kN.m}$$

$$M_u (\text{کل}) = 63 + 70 = 133 \text{ kN.m}$$

گزینه ۲ صحیح است.

۲- تیر فولادی زیر با مقطع I شکل با بار مرده و زنده به ترتیب برابر 7 kN/m و 8 kN/m مفروض است. در صورتی که یک بار متمرکز غیرعادی ۳۵ کیلو نیوتنی در محل نامعلوم به این تیر وارد شود، مقاومت خمشی مورد نیاز تیر در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت به کدام گزینه نزدیک تر است؟ از وزن تیر صرف نظر گردد.



$$(1) 228 \text{ kN.m}$$

$$(2) 60 \text{ kN.m}$$

$$(3) 130 \text{ kN.m}$$

$$(4) 138 \text{ kN.m}$$

حل:

ترکیب بارهای محتمل:



سوالات مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان

سوالات مبحث ۷ (دی ۱۴۰۱)

۱- برای تعیین ظرفیت باربری خاک، آزمایش انجام شده و نتایج آزمایش‌ها بر حسب مگاپاسکال گزارش شده‌اند. در کدام یک از حالت‌های زیر نیاز به آزمایش‌های اضافی نبوده و بر اساس همین سه آزمایش ظرفیت باربری می‌تواند تعیین شود؟

- (۱) 0.76 و 0.55 و 0.49
(۲) 0.65 و 0.65 و 0.50
(۳) 0.70 و 0.60 و 0.50
(۴) 0.65 و 0.63 و 0.52

حل:

براساس بند ۷-۱-۳-۲ صفحه ۱۴ مبحث ۷ (ویرایش ۱۴۰۰)

ارزیابی نتایج آزمایش بر اساس نتایج به دست آمده از حداقل سه آزمایش انجام شود باید انحراف نتایج به دست آمده از هر آزمایش بیش از ۱۵ درصد نسبت به میانگین تایج تمام آزمایش‌ها نباشد.
در هر سه گزینه میانگین نمونه‌ها ۰/۶ بوده و می‌توان گفت که اعداد باید در دامنه ۰/۵۱ تا ۰/۶۹ قرار بگیرند.
تنها در گزینه ۴ هر سه نمونه در این دامنه قرار دارند.
گزینه ۴ صحیح است.

۲- یک پی منفرد مربعی شکل به ابعاد $B \times B \times h$ تحت اثر یک بار محوری فشاری برابر P و لنگر خمشی یک طرفه برابر $P \times e$ قرار دارد. در طراحی به روش تنش مجاز، تحت اثر این نیروها که از ترکیبات بارگذاری نظیر روش تنش مجاز ناشی شده‌اند، $\frac{1}{6}$ عرض پی به کشش کار می‌کند و مقدار تنش حداکثر کمتر از تنش مجاز است. مقدار e به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ از وزن پی و خاک روی آن صرف نظر شود.

- (۱) $\frac{2}{9} B$ (۲) $\frac{1}{4} B$ (۳) $\frac{1}{6} B$ (۴) $\frac{4}{15} B$

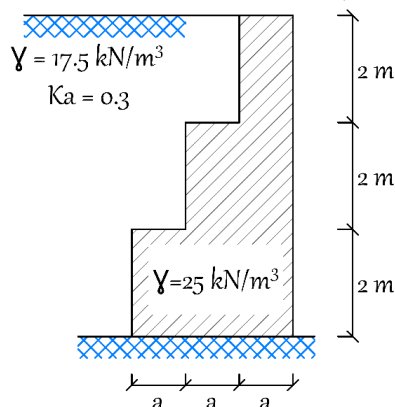
حل:

براساس بند ۷-۴-۵-۱-۸ صفحه ۴۶ مبحث ۷

$$B' = 1.5(B - 2e) = \frac{5}{6}B \rightarrow 1.5B - \frac{5}{6}B = 3e \rightarrow e = \frac{2}{9}B$$

گزینه ۱ صحیح است

۳- برای نگهداری خاکی به ارتفاع ۶ متر از یک دیوار حائل وزنی با مقطع مطابق شکل زیر استفاده شده است. حداقل مقدار a برای کنترل واژگونی به روش تنش مجاز در حالت استاتیکی به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ مقاومت برشی خاک پشت دیوار ناچیز بوده و فرض کنید شرایط محرک بر دیوار حاکم است.



- (۱) $a=1130 \text{ mm}$
(۲) $a=380 \text{ mm}$
(۳) $a=570 \text{ mm}$
(۴) $a=760 \text{ mm}$

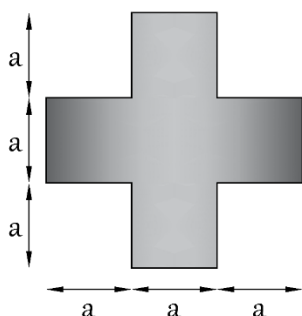
حل:



سوالات مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان

سوالات مبحث ۸ (دی ۱۴۰۱)

۱- در طراحی یک ساختمان با مصالح بنایی، از ستون با مصالح بنایی غیر مسلح شکل زیر استفاده شده است. ستون فاقد نازک کاری است. حداکثر ارتفاع آزاد مجاز ستون کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ فرض کنید ستون در بالا و پایین و در هر دو امتداد اصلی دارای تکیه‌گاه جانبی است.



35a (۱)

15a (۲)

20a (۳)

30a (۴)

براساس بند ۸-۳-۴-۵-ب صفحه ۵۱ مبحث ۸

نسبت لاغری در ستون از تقسیم ارتفاع موثر ستون بر عرض موثر در هر امتداد، هر کدام که بیشتر است، به دست می‌آید. در ستون‌های غیر مسلح، نسبت لاغری نباید از ۱۵ بیشتر باشد. در ستون‌های مسلح، این نسبت به عدد ۲۰ محدود می‌شود.

براساس بند ۸-۳-۴-۱-پ صفحه ۴۹ مبحث ۸

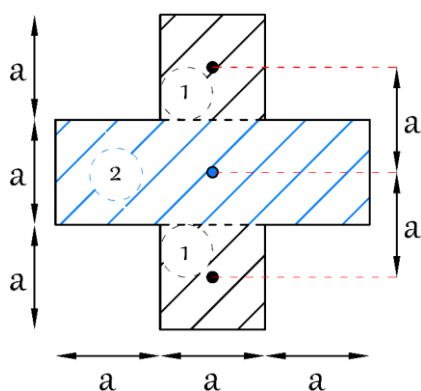
عرض موثر برای ستون‌های غیر مستطیلی، بعد یک ستون مربعی با همان ممان اینرسی، حول محوری می‌باشد که در ستون واقعی مورد نظر است

براساس بند ۸-۳-۴-۲-۲ صفحه ۴۹ مبحث ۸

ارتفاع موثر دیوار و ستون، برابر با ارتفاع آزادی است که بین تکیه‌گاه‌های جانبی بالا و پایین در امتداد عمود بر محور مورد نظر قرار داد. برای اعضای که در بالا و در امتداد عمود بر محور مورد نظر، دارای تکیه‌گاه نیستند، ارتفاع موثر، دو برابر ارتفاع عضو از بالای آن تا تکیه‌گاه پایین است.

با توجه به صورت سوال، ستون در هر دو امتداد اصلی دارای تکیه‌گاه جانبی در بالا و پایین می‌باشد.

از طرفی مقطع ستون غیر مستطیلی بوده و باید ممان اینرسی آن حول محور ضعیف‌تر (حالت بحرانی تر برای تعیین ارتفاع ستون) محاسبه شده و برابر ممان اینرسی یک ستون مربعی قرار داده شود. ستون متقارن بوده و ممان اینرسی آن حول هر دو محور یکسان می‌باشد. برای تعیین ممان اینرسی ستون، مطابق شکل ستون را به سه بخش تقسیم کرده و ممان اینرسی هر بخش را بصورت جداگانه محاسبه کرده و در نهایت جمع می‌کنیم.



$$I_{x1} = 2 \left[\frac{bh^3}{12} + A(d)^2 \right] = 2 \left[\frac{a^4}{12} + a^2(a)^2 \right] = \frac{13a^4}{6}$$

$$I_{x2} = \frac{bh^3}{12} + A(d)^2 = \frac{3a^4}{12} + 3a^2(0)^2 = \frac{a^4}{4}$$

$$I_x = I_{x1} + I_{x2} = \frac{13a^4}{6} + \frac{a^4}{4} = \frac{29a^4}{12}$$



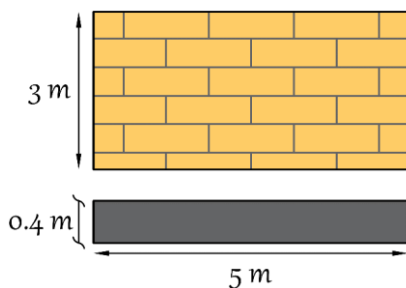
$$I_x = I_{\text{مربع}} \rightarrow \frac{29a^4}{12} = \frac{b^4}{12} \rightarrow b = \sqrt[4]{29}a = 2.32a$$

طبق بند ۸-۳-۴-۵ مبحث ۸، لاغری ستون‌های غیر مسلح باید کمتر از ۱۵ باشد.

$$\frac{\text{ارتفاع ستون}}{2.32a} = \text{لاغری} \leq 15 \rightarrow \text{ارتفاع ستون} \leq 34.8a$$

بنابراین گزینه ۱ صحیح است.

۲- برای طراحی یک ساختمان بنایی مسلح از دیوار توپر مسلح به ابعاد $5 \times 3 \times 0.4$ m استفاده شده است. اگر در این دیوار کل مساحت میلگردهای قائم 3400 mm^2 باشد، بدون توجه به مقادیر محاسباتی، حداقل مساحت کل میلگردهای افقی مورد نیاز به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟



۱) 840 mm^2

۲) 2240 mm^2

۳) 1400 mm^2

۴) 600 mm^2

براساس بند ۸-۴-۶-۹-۲ صفحه ۹۰ مبحث ۸

مساحت میلگرد افقی و قائم هر کدام نباید کمتر از 0.0007 مساحت کل مقطع، به ترتیب، قائم و عرضی دیوار باشد. همچنین، مجموع مساحت میلگردهای افقی و قائم باید حداقل 0.002 مساحت کل مقطع عرضی دیوار باشد.

$$\rho_{\text{قائم}} = \frac{A_{\text{قائم}}}{5000 \times 400} = \frac{3400}{5000 \times 400} = 0.0017 \geq 0.0007$$

$$\rho_{\text{قائم}} + \rho_{\text{افقی}} \geq 0.002 \rightarrow \frac{A_{\text{افقی}}}{3000 \times 400} + \frac{A_{\text{قائم}}}{5000 \times 400} \geq 0.002$$

$$\rho_{\text{افقی}} \geq 0.002 - \rho_{\text{قائم}} = 0.002 - 0.0017 = 0.0003 \geq 0.0007 \rightarrow \rho_{\text{افقی}} \geq 0.0007 \text{ غیر قابل قبول}$$

$$A_{\text{افقی حداقل}} = 0.0007 \times 3000 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 840 \text{ mm}^2$$

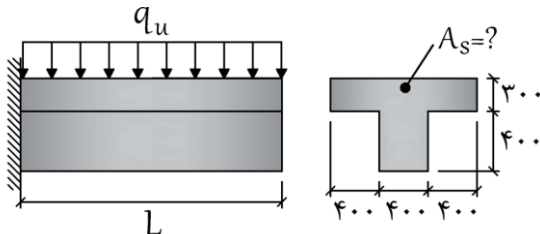
بنابراین گزینه ۱ صحیح است.



سوالات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

سوالات مبحث ۹ (دی ۱۴۰۱)

۱- فرض کنید در تیر بتنی طره‌ای شکل زیر مقدار سطح مقطع آرماتورهای طولی مورد نیاز محاسباتی برابر $9 \times 10^2 \text{ mm}^2$ به دست آمده است. حداقل سطح مقطع آرماتورهای طولی که باید در بال مقطع می‌شود (A_s)، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ بتن معمولی و از رده C۲۵، آرماتورها از رده S۳۴۰ و عمق موثر مقطع 620 mm است. ابعاد در شکل به میلی‌متر است.



$$(1) 21 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

$$(2) 19 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

$$(3) 9 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

$$(4) 12 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

حل: برای جلوگیری از اینکه مقطع تیر بتن‌آرمه کم فولاد نشده و رفتار بتن خالص از خود نشان ندهد، مبحث نهم مقررات ملی ساختمان حداقل سطحی را برای آرماتورهای کششی مقطع تیر در نظر گرفته که دامنه کاربرد آن برای تیرهای دارای آرماتورهای با تنش تسلیم حداکثر ۵۵۰ می‌باشد. نحوه محاسبه حداقل آرماتور طولی کششی تیر بتن‌آرمه به صورت زیر می‌باشد:

$$A_{s \min} = \min \left\{ \max \left\{ 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d, \frac{1.4}{f_y} b_w d \right\}, 1.33 A_{s \text{ محاسباتی}} \right\}$$

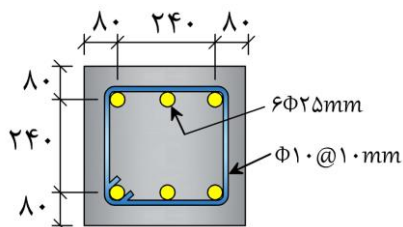
$$A_{s \min} = \min \left\{ \max \left\{ 0.25 \frac{\sqrt{25}}{340} \cdot \frac{1.4}{340} \right\} \times \min\{2 \times 400, 1200\} \times 620 = 18.24 \times 10^2 \text{ mm}^2, 1.33 \times 900 = 12 \times 10^2 \text{ mm}^2 \right\}$$

توضیحات: عرض موثر تیر T شکل تحت لنگر خمشی منفی برابر است با کمترین دو برابر عرض جان و عرض بال:

$$b_w = \min\{2 \times 400, 1200\} = 800 \text{ mm}$$

گزینه ۴ صحیح است.

۲- فرض کنید مقطع شکل زیر مربوط به یک تیر بتنی بوده که فاقد نیروی محوری است. حداکثر مقدار لنگر ضریب‌دار پیچشی وارد بر مقطع برای آنکه در مقطع نیازی به تأمین آرماتور حداقل پیچشی نباشد، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ بتن معمولی و از رده C۳۰ و آرماتورها از رده S۳۴۰ بوده و پیچش از نوع همسازی فرض شود. ابعاد در شکل به میلیمتر است.



5.46 kN.m (۲)

7.27 kN.m (۱)

28.92 kN.m (۴)

21.69 kN.m (۳)

حل: مطابق بند ۹-۸-۶-۱-۲ مبحث نهم چنانچه لنگر پیچشی وارد بر یک تیر بتن‌آرمه (T_u) از مقدار لنگر آستانه پیچشی ضریب‌دار (ϕT_{th}) کمتر باشد، تنش‌ها و اثرات ناشی از پیچش در طول تیر بحرانی نبوده و می‌توان از طراحی پیچشی تیر صرف نظر نمود.

الف) تیر تحت نیروی محوری نباشد:

$$T_{th} = 0.083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

ب) تیر تحت نیروی محوری باشد:

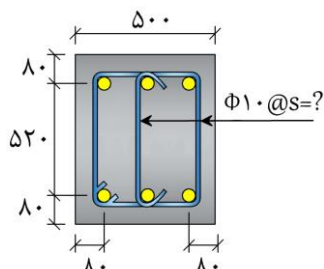
$$T_{th} = 0.083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 A_g \lambda \sqrt{f'_c}}}$$

ضریب کاهش مقاومت ϕ نیز برابر با ۰/۷۵ می‌باشد.

$$\phi T_{th} = 0.083 \times 1 \times \sqrt{30} \times \left(\frac{(400 \times 400)^2}{4 \times 400} \right) = 5.46 \text{ kN.m}$$

گزینه ۲ صحیح است.

۳- فرض کنید در مقطع بتنی شکل زیر (مربوط به یک قاب با شکل پذیری کم) آرماتورهای پیچشی لازم بوده و بر اساس محاسبات $\frac{A_v}{S} = 0.55 \frac{mm^2}{mm}$ و $\frac{A_t}{S} = 0.3 \frac{mm^2}{mm}$ به دست آمده‌اند. اگر برای این مقطع مطابق شکل از آرماتورهای عرضی به قطر 10 mm با فواصل یکسان استفاده شود، حداکثر فاصله مجاز این آرماتورهای عرضی به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ بتن معمولی از رده $C30$ و آرماتورها از رده $S340$ است. ابعاد در شکل به میلی‌متر است.



(۱) 125 mm

(۲) 150 mm

(۳) 200 mm

(۴) 100 mm

حل: برای اینکه اثر مشترک نیروی برشی و لنگر پیچشی در طراحی در نظر گرفته شود؛ باید آرماتورهای عرضی پیچشی به آرماتورهای عرضی اضافه شود که حداقل مقدار آن برابر است با:

$$\frac{A_v}{S} \geq \max \left(0.062 \sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}}, 0.35 \frac{b_w}{f_{yt}} \right) \quad \& \quad S \leq \frac{d}{2}$$

$$\left(\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} \right)$$

$$\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} = 0.55 + 2 \times 0.3 = 1.15 \frac{mm^2}{mm}$$

$$0.062 \sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}} = 0.062 \times \sqrt{30} \times \frac{500}{340} = 0.499 \frac{mm^2}{mm}$$

$$0.35 \frac{b_w}{f_{yt}} = 0.35 \times \frac{500}{340} = 0.515 \frac{mm^2}{mm}$$

$$\frac{3\pi \times 10^2}{4S} \geq 1.15 \Rightarrow S \leq 205 \text{ mm} \leq \frac{d}{2} = \frac{600}{2} = 300 \text{ mm}$$

توضیحات: مطابق بند ۹-۱۱-۶-۵-۳ در صورتی که مقاومت برشی مورد نیاز فولادهای برشی $V_s \leq 0.33 \sqrt{f'_c} b_w d$ باشد،

حداکثر فاصله افقی بین آرماتورهای برشی عمود بر محور عضو نباید از کمترین مقدار $\frac{d}{4}$ و 600 میلی‌متر بیشتر بوده، و حداکثر

فاصله ساق‌ها در عرض مقطع نباید از کمترین مقدار d و 600 میلی‌متر بیشتر باشد. اگر $V_s > 0.33 \sqrt{f'_c} b_w d$ باشد، حداکثر

فاصله بین آرماتورهای برشی در طول عضو نباید از کمترین مقدار $\frac{d}{4}$ و 300 میلی‌متر بیشتر بوده، و حداکثر فاصله ساق‌ها در

عرض مقطع نباید از کمترین مقدار $\frac{d}{4}$ و 300 میلی‌متر بیشتر باشد.

گزینه ۳ صحیح است.

سوالات مبحث ۹ (اسفند ۱۴۰۲)

۱- کرنش جمع‌شدگی یک دال بتنی به ضخامت ۳۰۰ میلی‌متر، چهار سال پس از گیرش بتن به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ فرض کنید $f'_c = 30 \text{ MPa}$ بوده و از کرنش جمع‌شدگی خشک شدن بتن صرف نظر نمائید.

- (۱) 3×10^{-5} (۲) 4×10^{-5} (۳) 2.5×10^{-5} (۴) 5×10^{-5}

حل:

براساس بند ۹-۴-۴-۱ کرنش جمع‌شدگی بتن $\varepsilon_{cs}(t)$ با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cse} + \varepsilon_{csd}$$

کرنش جمع‌شدگی درونی بتن در زمان t از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\varepsilon_{cse} = 50 \times 10^{-6} (0.06 f'_c - 1) (1 - e^{-0.1t})$$

کرنش جمع‌شدگی خشک شدن بتن:

$$t = 4 \times 365 = 1460$$

$$\varepsilon_{csd} = k_1 k_\varepsilon \varepsilon_{csd.b} \quad , \quad \varepsilon_{csd.b} = (1 - 0.008 f'_c) \varepsilon_{csd.b}^* \quad \text{و} \quad \varepsilon_{csd} = 0$$

$$\varepsilon_{cse} = 50 \times 10^{-6} (0.06 \times 30 - 1) (1 - e^{-0.1 \times 1460}) = 4 \times 10^{-5}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cse} = 4 \times 10^{-5}$$

گزینه ۲ صحیح است.

۲- حداقل ضخامت یک دال بتن‌آرمه توپر کنسولی یک‌طرفه به طول کنسول برابر ۳ متر و ساخته شده از بتن سبک با وزن مخصوص ۱۵۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و آرماتور $f_y = 340 \text{ MPa}$ ، برای آنکه نیازی به محاسبات دقیق خیز نباشد، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ فرض کنید دال بتن‌آرمه توپر به جداکننده‌ها یا دیگر اجزای ساختمانی که احتمال دارد در اثر خیز زیاد آسیب ببینند، متصل نیستند. کف پوش بتنی به صورت مرکب یا یکپارچه با دال بتنی اجرا نمی‌شود.

- (۱) 340 mm (۲) 300 mm (۳) 360 mm (۴) 320 mm

حل:

مطابق بند ۹-۳-۱-۱ و جدول ۹-۹-۱ داریم:

در صورتی که $1440 \leq w_c \leq 1840$ نتایج جدول در ماکزیمم مقادیر زیر ضرب می‌شود:

$$\max \begin{cases} 1.65 - 0.0003w_c = 1.2 \\ 1.09 \end{cases}$$

در صورتی که $f_y \neq 420 \text{ MPa}$ باشد نتایج جدول باید در مقدار زیر ضرب شود:

$$\left(0.4 + \frac{f_y}{700}\right) = \left(0.4 + \frac{340}{700}\right) = 0.885$$

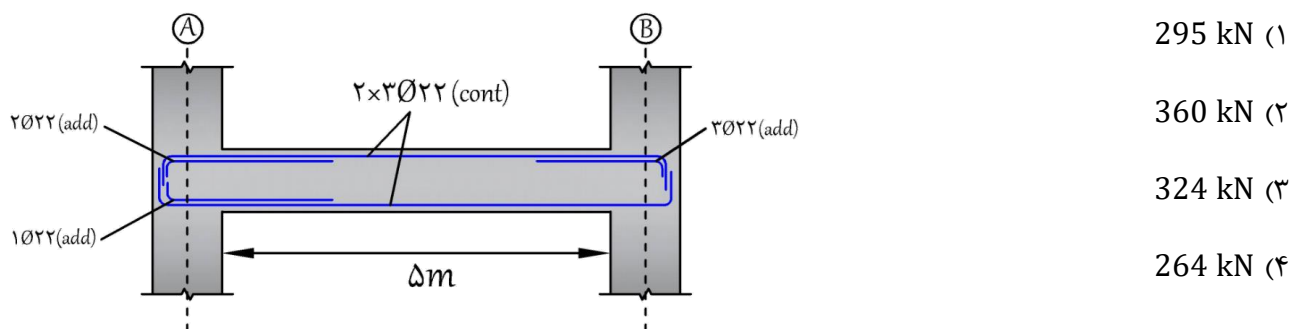
$$\frac{L}{10} \times 1.2 \times 0.885 = \frac{3000}{10} \times 1.2 \times 0.885 = 318.6 \text{ mm}$$

گزینه ۴ صحیح است.

۳- هرگاه بار گسترده یکنواخت زنده و مرده روی تیر شکل زیر به ترتیب برابر 20 kN/m و 40 kN/m باشد و از وزن تیر صرف نظر شود حداکثر نیروی برشی طراحی در بر ستون محور A هرگاه این تیر در قاب خمشی ویژه قرار داشته باشد چقدر است؟

$$f'_c = 30 \text{ MPa} , f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{عرض تیر } b = 500 \text{ mm} , \text{ عمق موثر } d = 540 \text{ mm}$$



حل:

مطابق بند ۹-۲۰-۶-۲-۴-۱ نیروی برشی طراحی تیرها (V_e) در شکل‌پذیری ویژه براساس رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$V_e = \frac{M_{pr-L} + M_{pr-R}}{L} + \frac{q_u L}{2}$$

$$M_{pr-L}^- = 1.25 \times \frac{\pi \times 22^2}{4} \times 6 \times 400 \times \left(540 - \frac{1.25 \times \frac{6 \times \pi \times 22^2}{4} \times 400}{2 \times 0.85 \times 30 \times 500} \right) = 564.814 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr-R}^+ = 1.25 \times \frac{\pi \times 22^2}{4} \times 4 \times 400 \times \left(540 - \frac{1.25 \times \frac{4 \times \pi \times 22^2}{4} \times 400}{2 \times 0.85 \times 30 \times 500} \right) = 387.87 \text{ kN.m}$$

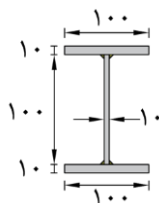
$$q_u = 1.2 \times 40 + 20 = 68 \text{ kN/m}$$



سوالات مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

سوالات مبحث ۱۰ (دی ۱۴۰۱)

۱- مقدار پارامتر ثابت تابیدگی (C_w) مقطع I شکل زیر به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ در شکل ابعاد به میلی‌متر است.



$$3000 \times 10^6 \text{ mm}^6 \quad (2)$$

$$6000 \times 10^6 \text{ mm}^6 \quad (1)$$

$$5000 \times 10^6 \text{ mm}^6 \quad (4)$$

$$4000 \times 10^6 \text{ mm}^6 \quad (3)$$

حل:

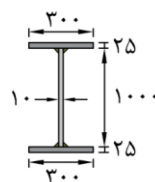
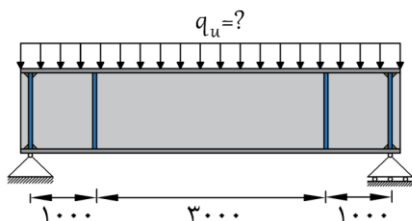
$$C_w = \frac{I_y h_o^2}{4}, \quad I_y = \frac{2 \times 10 \times 100^3}{12} + \frac{100 \times 10^3}{12} = 167.5 \times 10^4 \text{ mm}^4 \quad \text{و} \quad h_o = 110 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow C_w = \frac{167.5 \times 10^4 \times 110^2}{4} = 5067 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

گزینه ۴ صحیح است.

۲- فقط براساس کنترل برش در چشمه‌های ابتدایی و انتهایی، حداکثر مقدار q_u قابل تحمل توسط تیر شکل زیر به کدامیک از گزینه‌ها نزدیک‌تر است؟ در شکل ابعاد به میلی‌متر است؟

$$E = 2 \times 10^5 \text{ MPa} \quad \text{و} \quad F_y = 240 \text{ MPa}$$



$$350 \text{ kN/m} \quad (1)$$

$$605 \text{ kN/m} \quad (2)$$

$$540 \text{ kN/m} \quad (3)$$

$$1360 \text{ kN/m} \quad (4)$$

حل:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{1000}{10} = 100 \quad \text{و} \quad \frac{a}{h} = 1 \leq 3$$

$$k_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{1} = 10 \quad \text{و} \quad 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} = 1.1 \times \sqrt{\frac{10 \times 2 \times 10^5}{240}} = 100.4$$

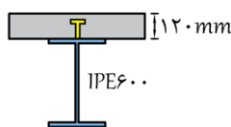
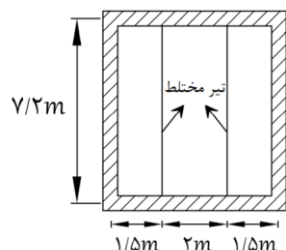
$$\frac{h}{t_w} \leq 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \Rightarrow C_v = 1.0$$

$$\frac{q_u \times 5000}{2} \leq 0.9 \times 0.6 \times 240 \times 10 \times 1050 \Rightarrow q_u \leq 544.32 \text{ N/mm} = 544.32 \text{ kN/m}$$

گزینه ۳ صحیح است.

۳- برای پوشش یک سقف از دو تیر دو سر ساده با مقطع مختلط به دهانه ۷/۲ متر و با عملکرد مختلط کامل استفاده شده است. مقاومت خمشی مثبت اسمی این تیرها به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟

$$F_y = 240 \text{ MPa} \text{ و } f'_c = 30 \text{ MPa}$$



1600 kN.m (۱)

1800 kN.m (۲)

1200 kN.m (۳)

1400 kN.m (۴)

حل:

$$b_e = \min \left\{ \frac{L}{8} \& \frac{200}{2} \right\} + \min \left\{ \frac{L}{8} \& \frac{150}{2} \right\} = 90 + 75 = 165 \text{ cm} = 1650 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{514}{12} = 42.83 \leq 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 108.5$$

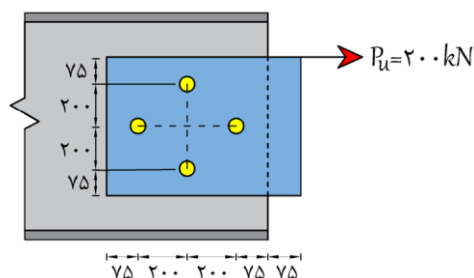
تعیین موقعیت تار خنثی پلاستیک:

$$a = \frac{A_s F_y}{0.85 f'_c b_e} = \frac{15600 \times 240}{0.85 \times 30 \times 1600} \approx 89 \text{ mm} \leq t_c = 120 \text{ mm} \rightarrow \text{تار خنثی داخل بتن}$$

$$M_n = A_s F_y \left[\frac{d}{2} + t_c - \frac{a}{2} \right] = 15600 \times 240 \times \left[\frac{600}{2} + 120 - \frac{89}{2} \right] \times 10^{-6} \approx 1406 \text{ kN.m}$$

گزینه ۴ صحیح است.

۴- در اتصال پیچی شکل زیر که یک ورق به جان یک تیر I شکل متصل شده است، براساس کنترل برش در پیچ‌ها حداقل قطر قابل قبول پیچ‌های از نوع ۱۰.۹ طبق استاندارد ISO به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ فرض نمائید سطح برش از قسمت دندانه شده می‌گذرد و اتصال از نوع اتکایی است. در شکل ابعاد به میلی‌متر است.



M20 (۱)

M22 (۲)

M16 (۳)

M24 (۴)

حل:

در پیچ بالایی تنش برشی ناشی از پیچش هم جهت با برش وارده ناشی از خود نیروی کششی است و پیچ بحرانی خواهد بود:

$$\vec{F}_{vx} = \frac{200 \times 10^3}{4} = 50 \times 10^3 \text{ N} \quad \text{و} \quad M = 200 \times 10^3 \times 275 = 550 \times 10^5 \text{ N.mm}$$

$$J = \sum A_i y_i^2 = 4A \times 200^2 = 160000A \quad , \quad \vec{F}_{Tx} = \frac{550 \times 10^5 \times 200}{160000A} \times A = 68750 \text{ N}$$

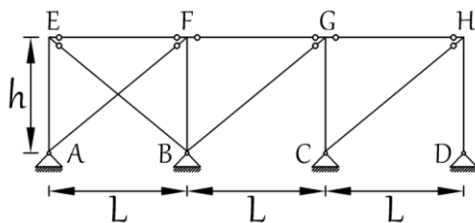
$$\Rightarrow F_r = 68750 + 50 \times 10^3 = 118750 \text{ N}$$

$$118750 \leq 0.75 F_{nv} A \Rightarrow A \geq \frac{118750}{0.75 \times 0.45 \times 1000} = 352 \text{ mm}^2$$

$$\frac{\pi d^2}{4} = 352 \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 21.2 \text{ mm}$$

گزینه ۲ صحیح است.

۵- در قاب مهاربندی شده شکل زیر سطح مقطع اعضای AF و BE یکسان و برابر A_1 و مقطع اعضای BG و CH یکسان و برابر A_2 است. حداقل نسبت قابل قبول A_1/A_2 برای آنکه قاب مذکور را بتوان به عنوان یک قاب مهاربندی شده همگرای ویژه در نظر گرفت، به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ از تغییر طول محوری ستون‌ها صرف‌نظر نموده و سختی محوری تیرها بی‌نهایت فرض شود.



- (۱) $\frac{5}{3}$ (۲) $\frac{9}{7}$ (۳) $\frac{3}{2}$ (۴) $\frac{6}{7}$

حل:

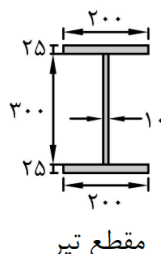
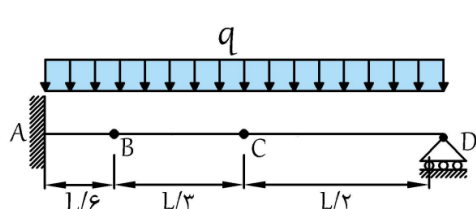
طبق بند ۱۰-۳-۴-۲-۴-۱ مهاربندها باید طوری در نظر گرفته شوند که در هر راستای بارگذاری حداقل ۳۰ درصد و حداکثر ۷۰ درصد نیروی جانبی سهم آن در کشش تحمل شود. نیروی جانبی به نسبت سختی بین اعضا تقسیم می‌شود و با توجه به اینکه سطح مقطع و ابعاد دهانه‌ها یکسان است، بار زلزله به نسبت سطح مقطع مهاربندها تقسیم می‌شود. اگر جهت زلزله از چپ به راست باشد، ۳ تا از مهاربندها (AF, BG, CH) به فشار و ۱ مهاربند (BE) به کشش می‌افتد و باید حداقل ۳۰ درصد نیرو را تحمل کند بنابراین:

$$\frac{A_{BE}}{A_{AF} + A_{BG} + A_{CH}} \geq 0.3 \Rightarrow \frac{A_1}{A_2 + A_2 + A_1 + A_1} \geq 0.3 \Rightarrow \frac{A_1}{2A_2 + 2A_1} \geq 0.3$$

$$\Rightarrow A_1 \geq 0.6A_2 + 0.6A_1 \Rightarrow 0.4A_1 \geq 0.6A_2 \Rightarrow \frac{A_1}{A_2} \geq \frac{0.6}{0.4} = \frac{3}{2}$$

گزینه ۳ صحیح است.

۴- تیر یک سر گیردار و یک سر ساده شکل زیر در نقاط A, B, C و D دارای تکیه‌گاه جانبی است. صلبیت خمشی تیر یکسان و برابر EI است، حداکثر طول تیر (L) برای آنکه در هیچ یک از نواحی مختلف تیر لزومی به کنترل حالت حدی کمانش جانبی - پیچشی نباشد. به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ در شکل ابعاد به میلی‌متر و $F_y = 240 \text{ MPa}$ است.



(۱) 2.57m

(۲) 5.15m

(۳) 4.53m

(۴) 6.67m

حل:

کنترل فشردگی مقطع:

$$\frac{b}{t} = \frac{9.5}{2.5} = 4.75 \leq 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 11$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{30}{1} \leq 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 108.5$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \quad A = 2 \times 200 \times 25 + 300 \times 10 = 13000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 2 \times \frac{25 \times 200^3}{12} + \frac{300 \times 10^3}{12} = 33358333 \text{ mm}^4, \quad r_y = \sqrt{\frac{33358333}{13000}} = 50.6 \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76 \times 50.6 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 2571 \text{ mm} \approx 2.57 \text{ m}$$

$$\frac{L}{2} \leq 2.57 \rightarrow L \leq 5.15 \text{ m}$$

گزینه ۲ صحیح است.

برای اینکه مقاومت برشی 1.5 برابر شود، باید مقدار ضریب مقاومت برشی جان (C_{v1})، 1.5 برابر شود:

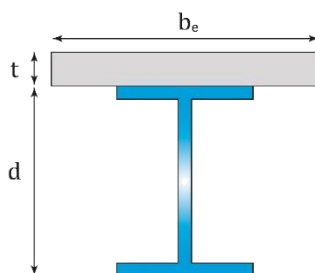
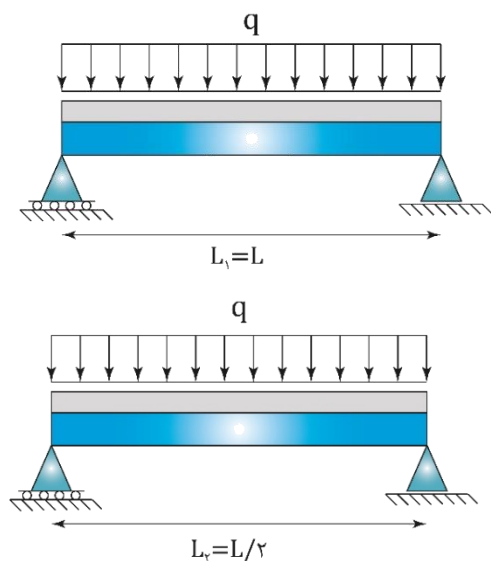
$$C_{v1} = 1.5 \times 0.61 = 0.915$$

$$C_{v1} = \frac{1.1}{\left(\frac{h}{t_w}\right)} \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} \Rightarrow 0.915 = \frac{1.1}{120} \sqrt{\frac{k_v \times 2 \times 10^5}{240}} \Rightarrow k_v = 11.96$$

$$k_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \Rightarrow 11.96 = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{1200}\right)^2} \Rightarrow a = 1020 \text{ mm}$$

گزینه ۲ صحیح است.

۶- فرض کنید تیر مختلط نشان داده شده در حالت اول دارای عملکرد مختلط کامل است. اگر طول این تیر نصف شود (حالت دوم) و همچنان تیر دارای عملکرد مختلط کامل باشد و پهنای موثر تغییر نکند، تعداد گل میخ‌های مورد نیاز در حالت دوم نسبت به حالت اول چه مقدار تغییر می‌کند؟ در هر دو حالت مشخصات مقطع فولادی، ضخامت دال بتنی، مشخصات گل میخ و مقدار بار گسترده یکنواخت یکسان فرض شود.



(۱) تغییر نمی‌کند.

(۲) نصف می‌شود.

(۳) دو برابر می‌شود.

(۴) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود

حل:

$$V_h = \min \{0.85f'_c A_c, F_y A_s\}$$

چون در هر دو حالت مقدار $0.85f'_c A_c$ و $F_y A_s$ ثابت می‌ماند، برش افقی مورد نیاز در هر دو حالت ثابت خواهد بود و تعداد برشگیرهای لازم تغییری نخواهد کرد.

گزینه ۱ صحیح است.

کنترل فشردگی مقطع مختلط پر شده با بتن:

$$\frac{300 - 2 \times 20}{20} = 13 \leq 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 65.2$$

پس مقطع فولادی، با اجزای فشرده می‌باشد:

$$V_r' = P_r' \left(1 - \frac{A_s F_y}{P_{no}} \right) \quad \text{و} \quad P_{no} = A_s F_y + C_2 f_c' \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$A_s = 300^2 - 260^2 = 22400 \text{ mm}^2$$

$$P_{no} = [22400 \times 240 + 0.85 \times 25 \times (260^2 + 0)] \times 10^{-3} = 6812.5 \text{ kN}$$

$$V_r' = 2V_u \left(1 - \frac{22400 \times 240 \times 10^{-3}}{6812.5} \right) = 0.42V_u$$

برش طولی مورد نیاز باید کوچکتر از برش طولی موجود باشد و برش طولی موجود طبق بند ۱۰-۲-۸-۶-۳-الف برابر است با:

$$R_D = \phi R_n = 0.5 P_b L_{in} F_{in}$$

برای مقاطع توخالی جعبه‌ای مستطیلی:

$$F_{in} = 2100t/H^2 = 2100 \times \frac{20}{300^2} = 0.467 \text{ MPa} \leq 0.7 \text{ MPa} \quad \text{و} \quad 0.467 \text{ MPa}$$

$$L_{in} = 400 + 2 \times 300 + 2 \times 300 = 1600 \text{ mm} \quad \text{و} \quad P_b = 4 \times (300 - 2 \times 20) = 1040 \text{ mm}$$

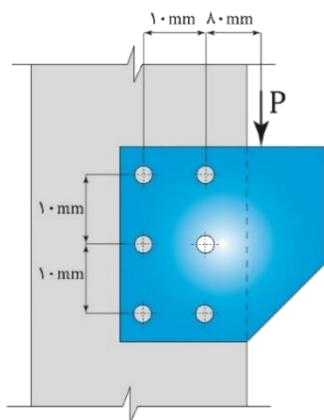
$$\phi R_n = 0.5 \times 1040 \times 1600 \times 0.467 \times 10^{-3} = 388.5 \text{ kN}$$

$$0.42V_u \leq 388.5 \Rightarrow V_u \leq 925 \text{ kN}$$

گزینه ۴ صحیح است.

۱۵- در اتصال اتکایی شکل زیر در صورتی که سطح برش خارج ناحیه دندانه شده قرار بگیرد در طراحی به روش *LRFD* حداقل قطر مناسب پیچ از نوع *A325* کدام است؟ ابعاد روی شکل به میلی‌متر بوده و سوراخ‌ها استاندارد هستند. فرض کنید اتصال از یک طرف بوده و پیچ‌ها دارای عملکرد یک برشه هستند (فقط از یک ورق اتصال استفاده شده است).

$$P_D = 50 \text{ kN}, P_L = 70 \text{ kN}$$



(۱) M22

(۲) M16

(۳) M20

(۴) M18

حل:

$$M_{n1} = \left[88 \times 10^6 - (88 \times 10^6 - 54.43 \times 10^6) \left(\frac{3000 - 1370}{4950 - 1370} \right) \right] \times 10^{-6} = 72.7 \text{ kN.m}$$

حالت دوم:

$$L_b = 6 \text{ m} > L_r = 4.95 \text{ m}$$

$$r_{ts} = 31.7 \text{ mm}, J = 12.9 \times 10^4 \text{ mm}^4, h_o = 240 - 09.8 = 230.2 \text{ mm},$$

$$S_x = 324 \times 10^3 \text{ cm}^3, c = 1$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^5}{\left(\frac{6000}{31.7} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{12.9 \times 10^4 \times 1}{324 \times 10^3 \times 230.2} \left(\frac{6000}{31.7} \right)^2}$$

$$F_{cr} = 133.1 \text{ MPa}$$

$$M_{n2} = F_{cr} S_x = 133.1 \times 324 \times 10^3 \times 10^{-6} = 43.12 \text{ kN.m}$$

$$\frac{43.12 - 72.7}{72.7} \times 100 \approx -41\%$$

گزینه ۱ صحیح است.

مبحث ۱۰ (اسفند ۱۴۰۲)

۱- در طراحی یک عضو فشاری براساس الزامات روش تحلیل مستقیم و نیز براساس حالت‌های حدی کمانش خمشی، مقدار F_{cr} بحرانی برابر $0.5F_y$ برآورد شده است. اگر مقطع این عضو فشاری $IPB300$ باشد، طول این عضو فشاری به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

$$F_y = 240 \text{ MPa} \text{ و } E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

۴) 8.8 متر

۳) 6.6 متر

۲) 7.7 متر

۱) 5.5 متر

حل:

$$F_{cr} = 0.5F_y \text{ و } \lambda_c = 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 136$$

با فرض کمانش غیر الاستیک:

$$\sigma_{cr} = (0.386)^{\frac{\lambda^2}{\lambda_c^2}} \times F_y \Rightarrow 0.5F_y = (0.386)^{\frac{\lambda^2}{136^2}} \times F_y \Rightarrow \lambda = 116 \leq \lambda_c$$

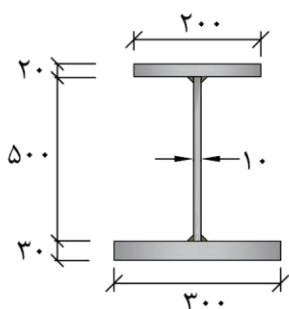
پس فرض صحیح بوده و طول عضو با داشتن مقدار لاغری آن قابل محاسبه است:

$$\lambda = \frac{KL}{r} \Rightarrow 116 = \frac{1 \times L}{7.58} \Rightarrow L = 879 \text{ cm} \approx 8.8 \text{ m}$$

ضریب طول موثر در روش تحلیل مستقیم برابر ۱ است.

گزینه ۴ صحیح است.

۲- اساس مقطع پلاستیک شکل زیر مطابق کدامیک از گزینه‌های زیر است؟ در شکل ابعاد به میلی‌متر است.



(۱) $3875 \times 10^3 \text{ mm}^3$

(۲) $3425 \times 10^3 \text{ mm}^3$

(۳) $3120 \times 10^3 \text{ mm}^3$

(۴) $3695 \times 10^3 \text{ mm}^3$

حل:

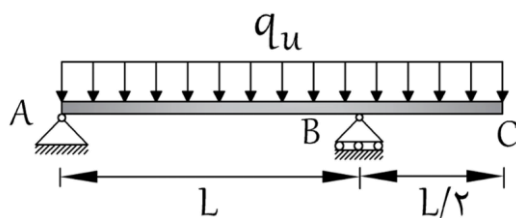
$$3 \times 30 = 50 \times 1 + 20 \times 2 \Rightarrow 90 = 90$$

تار خنثی پلاستیک در مرز بین بال پایینی و جان قرار دارد:

$$Z = 30 \times 3 \times 1.5 + 50 \times 1 \times 25.5 + 20 \times 2 \times 51 = 3425 \text{ cm}^3 = 3425 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

گزینه ۲ صحیح است.

۳- در تیر شکل زیر فرض کنید در نقاط A، B و C تکیه‌گاه‌های جانبی وجود دارد. مقدار ضریب اصلاح کمانش جانبی-پیچشی تیر در ناحیه AB به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ مقطع تیر I شکل و دارای دو محور تقارن فرض شود.



(۱) 1.59

(۲) 2.08

(۳) 1.14

(۴) 1.95

حل:

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow R_B L = 1.5 q_u L \times \frac{1.5L}{2}$$

$$\Rightarrow R_B = 1.125 q_u L$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow R_A = 1.5 q_u L - 1.125 q_u L \Rightarrow R_A = 0.375 q_u L$$

ترسیم دیاگرام برش و خمش:

$$\frac{0.625}{(L-x)} = \frac{0.375}{x}$$

$$\Rightarrow 0.625x = 0.375L - 0.375x \Rightarrow x = 0.375L$$

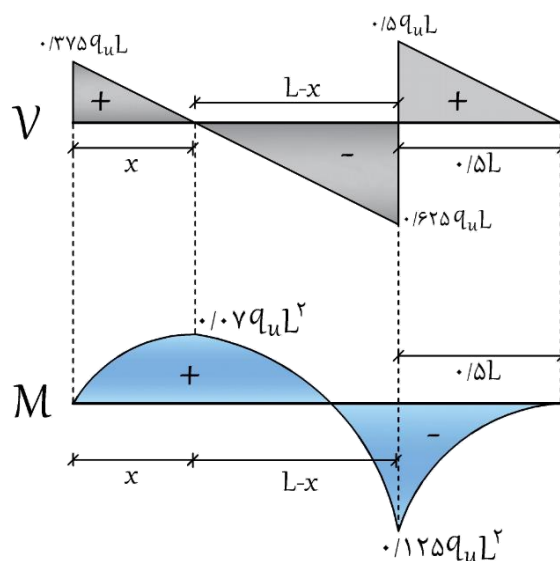
$$L - x = L - 0.375L = 0.625L$$

$$M_{(x=\frac{L}{4})} = R_A \times \frac{L}{4} - q_u \times \frac{L}{4} \times \frac{L}{8}$$

$$\Rightarrow \frac{0.375q_u L^2}{4} - \frac{q_u L^2}{32} = 0.0625q_u L^2$$

$$M_{(x=\frac{L}{2})} = R_A \times \frac{L}{2} - q_u \times \frac{L}{2} \times \frac{L}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{0.375q_u L^2}{2} - \frac{q_u L^2}{8} = 0.0625q_u L^2$$



$$M_{(x=\frac{3L}{4})} = R_A \times \frac{3L}{4} - q_u \times \frac{3L}{4} \times \frac{3L}{8} \Rightarrow \frac{0.375 \times 3 \times q_u L^2}{4} - \frac{9q_u L^2}{32} = 0$$

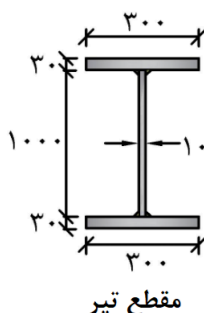
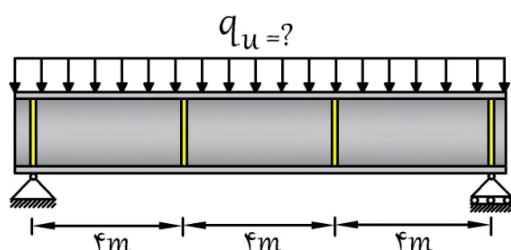
$$M_{max} = 0.125q_u L^2$$

$$C_b = \frac{(12.5 \times 0.125)q_u L^2}{(2.5 \times 0.125 + 3 \times 0.0625 + 4 \times 0.0625 + 3 \times 0)q_u L^2} = 2.083 \leq 3.0$$

گزینه ۲ صحیح است.

۴- در تیر دو سر ساده شکل زیر، سخت‌کننده‌های عرضی در فواصل ۴ متری قرار دارند. فقط برای کنترل مقاومت برشی، در طراحی به روش LRFD حداکثر مقدار مجاز q_u به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ در مقطع تیر ابعاد به میلی‌متر است.

$$F_y = 360 \text{ MPa و } E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$



مقطع تیر

$$343 \text{ kN/m (۱)}$$

$$154 \text{ kN/m (۲)}$$

$$206 \text{ kN/m (۳)}$$

$$229 \text{ kN/m (۴)}$$

حل:

بیشترین برش ایجاد شده در تکیه‌گاه خواهد بود و مقادیر آن‌ها با توجه به تقارن بارگذاری برابر است با:

$$V_u = \frac{q_u \times 12}{2} = 6q_u$$

$$\frac{a}{h} = \frac{4}{1} = 4 > 3 \Rightarrow k_v = 5.34$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{100}{1} = 100 > 1.1 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} = 1.1 \sqrt{\frac{5.34 \times 2 \times 10^6}{3600}} = 59.9$$

$$\Rightarrow C_{v1} = \frac{1.1}{\left(\frac{h}{t_w}\right)} \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} = \frac{1.1}{100} \sqrt{\frac{5.34 \times 2 \times 10^5}{360}} = 0.6$$

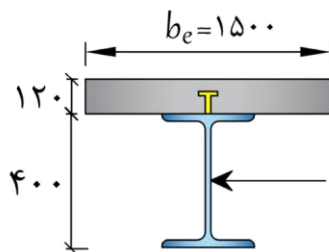
$$\phi V_n = 0.9 \times 0.6 F_y A_w C_{v1} = 0.9 \times 0.6 \times 360 \times 1060 \times 10 \times 0.6 \times 10^{-3} = 1236.4 \text{ kN}$$

$$V_u \leq \phi V_n \Rightarrow 6q_u \leq 1236.4 \text{ ton} \Rightarrow q_u \leq 206 \text{ kN/m}$$

گزینه ۳ صحیح است.

۵- در شکل زیر مقطع یک تیر دوسر ساده مختلط با عملکرد مختلط ناقص نشان داده شده است. اگر میزان عملکرد مختلط ناقص برابر ۵۰ درصد باشد، در خصوص موقعیت محور خنثی پلاستیک مقطع تیر کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ ابعاد روی شکل به میلی‌متر است.

$$F_y = 240 \text{ MPa} \text{ و } f'_c = 25 \text{ MPa}$$



(۱) موقعیت محور خنثی پلاستیک در داخل دال بتنی قرار دارد.

(۲) موقعیت محور خنثی پلاستیک در داخل جان تیر فولادی قرار دارد.

(۳) موقعیت محور خنثی پلاستیک درست در محل اتصال دال بتنی به تیر

فولادی قرار دارد.

(۴) موقعیت محور خنثی پلاستیک در داخل بال فوقانی تیر فولادی قرار دارد.

حل:

$$V_h = \min \{0.85 f'_c A_c, F_y A_s\} = \min \{0.85 \times 25 \times 1500 \times 120, 240 \times 8450\} \times 10^{-3} = 2028 \text{ kN}$$

$$\sum Q_n = 0.5 \times V_h = 0.5 \times 2028 = 1014 \text{ kN}$$

$$a = \frac{1014}{0.85 \times 25 \times 1500 \times 10^{-3}} = 31.8 \text{ mm}$$

نیروی بتن فشاری:

$$0.85 \times 25 \times 1500 \times 31.8 \times 10^{-3} \approx 1014 \text{ kN}$$

کل نیروی مقطع فولادی:

$$A_s F_y = 8450 \times 240 \times 10^{-3} = 2028 \text{ kN}$$

چون نیروی مقطع فولادی بیش از مقطع بتنی است پس تار خنثی داخل بتن قرار ندارد.

با فرض اینکه تار خنثی پلاستیک داخل بال بالایی قرار داشته باشد از برابری نیروها خواهیم داشت:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow (A_s - A_1)F_y = A_1F_y + 0.85f'_c b_e t_c$$

$$A_1 = \frac{A_s F_y - 0.85 f'_c b_e t_c}{2 F_y}$$

اگر $A_1 \leq b_{fT} t_{fT}$ آنگاه محور خنثی در داخل بال فشاری قرار دارد که در آن A_1 مساحتی از مقطع فولادی است که تحت فشار است.

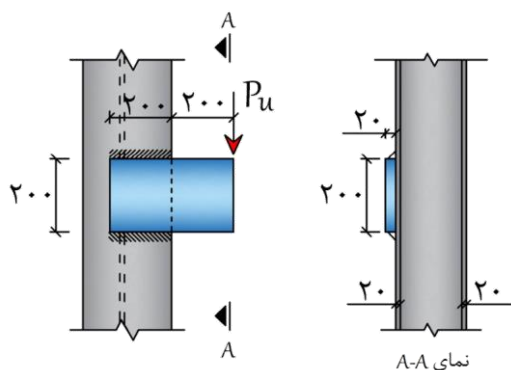
$$A_1 = \frac{A_s F_y - 0.85 f'_c b_e t_c}{2 F_y} = \frac{2028 - 1014}{2 \times 240 \times 10^{-3}} = 2112 \text{ mm}^2$$

$$b_{fT}t_{fT} \approx 180 \times 13.5 = 2430 \text{ mm}^2$$

پس تار خنثی داخل بال فشاری تیر قرار دارد.

گزینه ۴ صحیح است.

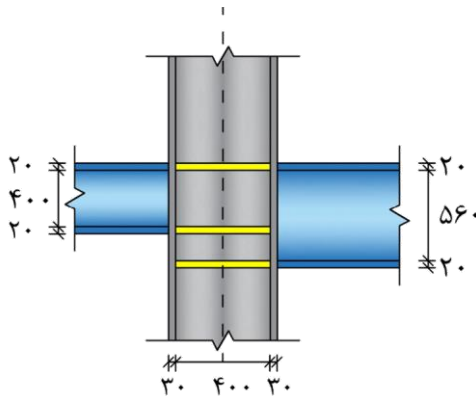
۶- اتصال نشان داده شده در شکل زیر تحت اثر نیروی $P_u = 162 \text{ kN}$ قرار دارد. براساس روش *LRFD* و فقط کنترل مقاومت فلز جوش، حداقل بعد محاسباتی جوش گوشه به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ الکتروود مصرفی از نوع $E60$ و $F_y = 240 \text{ MPa}$ و $E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$ فرض شود. در شکل ابعاد به میلی‌متر است.



- 12 mm (1)
8 mm (2)
15 mm (3)
10 mm (4)

حل:

۱۶- در شکل ناحیه اتصال گیردار (از نوع WUF - W) تیر به ستون H شکل در یک ساختمان با قاب خمشی متوسط نشان داده شده است. از نظر محاسباتی برای ورق‌های پیوستگی به ضخامت ۱۲ mm کافی است. در صورتی که ضخامت تمامی ورق‌های پیوستگی یکسان در نظر گرفته شود، کمترین ضخامت قابل قبول آن‌ها مطابق کدامیک از گزینه‌های زیر است؟ ابعاد روی شکل به میلی‌متر است.



(۱) 12 mm

(۲) 15 mm

(۳) 10 mm

(۴) 20 mm

حل:

طبق مورد ۳ از بند ۱۰-۳-۳-۳-۱۰ در تیرهای با اتصالات گیردار که در امتداد مورد نظر به هر دو وجه ستون متصل هستند نباید ضخامت ورق‌های پیوستگی از ۷۵ درصد ضخامت بال ضخیم‌تر تیرها کمتر در نظر گرفته شود:

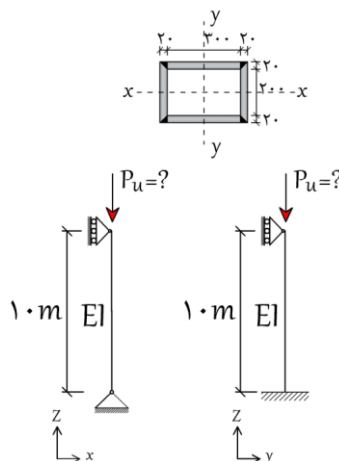
$$0.75 \times 20 = 15 \text{ mm}$$

گزینه ۲ صحیح است.

سوالات مبحث ۱۰ (مرداد ۱۴۰۳)

۱- براساس روش طول موثر حداکثر بارنهایی (P_u) قابل تحمل توسط ستون نشان داده شده در شکل زیر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ از مقادیر نظری ضریب طول موثر استفاده نمائید. در مقطع ستون ابعاد به میلی‌متر است.

$$F_y = 240 \text{ MPa} \quad \text{و} \quad E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$



(۱) ۳۶۰۰ kN

(۲) ۴۵۰۰ kN

(۳) ۴۱۰۰ kN

(۴) ۳۳۰۰ kN

حل:

$$K_y = 1.0, K_x = 0.7 \text{ (نظری)}$$

$$\lambda_{min} = \left(\frac{KL}{r} \right)_{min}, A = 24 \times 34 - 20 \times 30 = 216 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{1}{12} [34 \times 24^3 - 30 \times 20^3] = 19168 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} [24 \times 34^3 - 20 \times 30^3] = 33608 \text{ cm}^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{33608}{216}} = 12.47 \text{ cm}, r_x = \sqrt{\frac{19168}{216}} = 9.4 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{1 \times 1000}{12.47} \approx 80, \lambda_x = \frac{0.7 \times 1000}{9.4} \approx 74.5$$

$$\max(\lambda_y, \lambda_x) = 80 \leq \lambda_c = 136$$

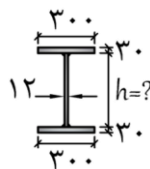
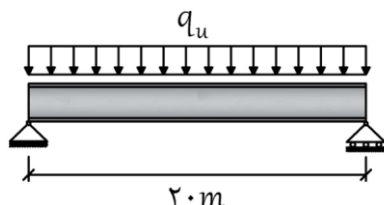
$$F_{cr} = 0.386 \left(\frac{80}{136} \right)^2 \times 2400 = 1726 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_u \leq 0.9 \times 1726 \times 216 \times 10^{-2} = 3355 \text{ kN}$$

گزینه ۴ صحیح است.

۲- تیر فولادی نشان داده شده در شکل زیر دارای مقطع I شکل و جان لاغر است. اگر تیر در طول خود فاقد سخت کننده‌های عرضی باشد، بدون توجه به کنترل‌های حالت‌های حدی مقاومت و بهره‌برداری، حداکثر مقدار قابل قبول h به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ در مقطع تیر ابعاد به میلی‌متر هستند.

$$F_y = 360 \text{ MPa} \text{ و } E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$



$$(1) \quad 2/67 \text{ m}$$

$$(2) \quad 1/06 \text{ m}$$

$$(3) \quad 3/39 \text{ m}$$

$$(4) \quad 1/61 \text{ m}$$

حل:

طبق مورد ب-۲ از بند ۱۰-۲-۵-۱۳ در صفحه ۱۲۰ مبحث ۱۰ در اعضای با مقطع I شکل دالای با جان لاغر باید محدودیت زیر رعایت شود:

$$\frac{a}{h} \leq 1.5 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$