



حل سوالات
آزمون محاسبات نظام مهندسی

مرداد ۱۴۰۰

سوال ۱

سطح سوال: متوسط

۱- در اتصال گیردار تقویت نشده جوشی یک تیر IPE300 به بال ستون IPB200، بر اساس روش $LRFD$ نسبت مقاومت برشی اسمی چشمه اتصال در حالتی که در تحلیل سازه، تاثیر تغییر شکل غیر الاستیک چشمه اتصال منظور شده باشد به حالتی که تاثیر تغییر شکل غیر الاستیک چشمه اتصال منظور نشده باشد، به کدام گزینه نزدیک تر است؟ مقاومت محوری مورد نیاز ستون 1400kN است. $F_y = 235\text{MPa}$

(۱) 1.54

(۲) 1.73

(۳) 1.93

(۴) 2.12

سبزسازه



براساس بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۶ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱ صفحه ۲۳۷ :

$$\alpha = 1$$

$$\begin{cases} d_b = 300mm \\ b_{fc} = 200mm \\ t_{fc} = 15mm \\ d_c = 200mm \\ t_{wc} = 9mm \end{cases}$$

در حالت اول (مقاومت برشی با در نظر گرفتن اثر تغییر شکل چشمه اتصال در تحلیل) داریم:

$$P_y = A_g * F_{y_c} = 7810 * 235 * 10^{-3} = 1835.4kN$$

$$\alpha * P_r = 1 * 1400 > 0.75 * P_y = 1376.52kN$$

$$\rightarrow R_n = 0.6f_y * d_c * t_{wc} * \left(1 + \frac{3b_{fc} * t_{fc}^2}{d_b * d_c * t_{wc}}\right) \left(1.9 - \frac{1.2\alpha * P_r}{P_y}\right)$$

در حالت دوم (بدون در نظر گرفتن اثر تغییر شکل چشمه اتصال در تحلیل) داریم:



$$\alpha * P_r = 1 * 1400 > 0.4P_y = 734.16kN$$

$$\rightarrow R_n = 0.6f_{yc} * t_{wc} * d_c \left(1.4 - \frac{\alpha * P_r}{P_y} \right)$$

$$\text{جواب} = \frac{\left(1 + \frac{3bfc * t_{fc}^2}{d_b * d_c * t_{wc}} \right) \left(1.9 - \frac{1.2\alpha * P_r}{P_y} \right)}{\left(1.4 - \frac{\alpha * P_r}{P_y} \right)}$$

$$= \frac{\left(1 + \frac{3 * 200 * 15^2}{300 * 200 * 9} \right) \left(1.9 - \frac{1.2 * 1 * 1400}{1835.4} \right)}{\left(1.4 - \frac{1 * 1400}{1835.4} \right)}$$

$$= \frac{1.23}{0.638} = 1.93$$

بنابراین گزینه ۳ صحیح است.

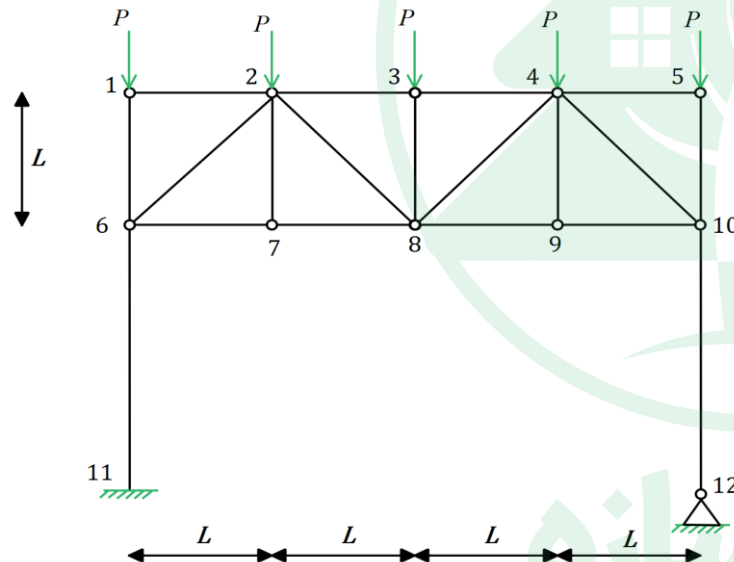
سبزسازه



سوال ۲

سطح سوال: متوسط

۲- در قاب فولادی شکل زیر، مقدار نیروی محوری در بحرانی‌ترین عضو مورب خرپا به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ قدر مطلق نیروی عضو مورب خرپا مد نظر است.



$$\frac{P}{\sqrt{2}} \quad (۱)$$

$$\frac{3\sqrt{2}P}{2} \quad (۲)$$

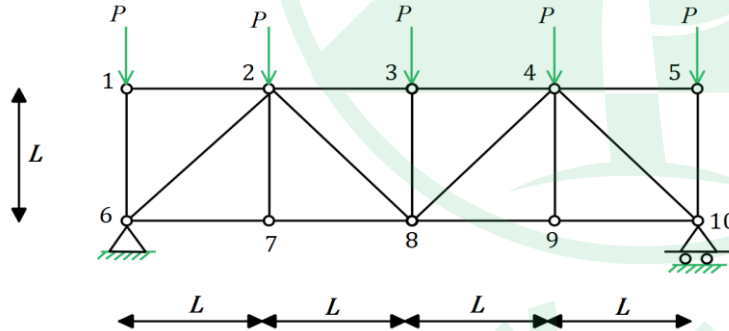
$$\frac{3P}{2\sqrt{2}} \quad (۳)$$

$$\sqrt{2}P \quad (۴)$$



روش حل اول (روش مفصل):

با کمی دقت می‌توان فهمید که عضو 10-12 میله‌ای بوده و می‌توان آن را امتداد داده و به جای آن در گره 10 تکیه‌گاه غلتکی در امتداد محور میله قرار دهیم، همچنین می‌توان ستون 6-11 را حذف کرده و به جای آن یک تکیه‌گاه مفصلی در گره 6 قرار دهیم. بنابراین:

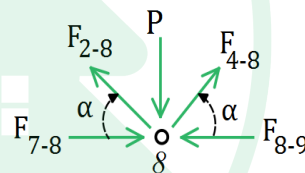


ادامه پاسخ ۲

خرپا متقارن بوده و بارگذاری وارد آن نیز متقارن است، لذا نیرو در اعضای ۲-۸ و ۴-۸ که در محل محور تقارن هستند برابر بوده، همچنین با نوشتن معادله تعادل در راستای قائم در گره ۳ نیرو در عضو ۳-۸ برابر P و به صورت فشاری می باشد، لذا با نوشتن معادله تعادل حول محور قائم در گره ۸ داریم:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$F_{2-8} = F_{4-8}$$



$$\sum F_y = 0 \rightarrow 2 * F_{2-8} * \sin 45^\circ = P \rightarrow F_{2-8} = \frac{P}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}P}{2} \quad \text{کششی}$$

سبزسازه

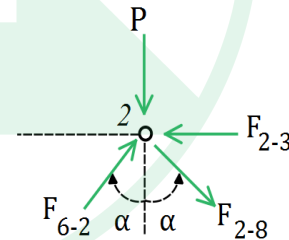


ادامه پاسخ ۲

در ادامه با نوشتن معادله تعادل حول محور قائم در گره ۸ داریم:

اعضای ۱-۲ و ۲-۷ صفر نیرویی می‌باشند. بنابراین:

$$\alpha = 45^\circ$$



$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{2-8} * \sin 45^\circ + P = F_{6-2} * \sin 45^\circ \rightarrow F_{6-2} = \frac{3P}{\sqrt{2}} = \frac{3\sqrt{2}P}{2} \quad \text{فشاری}$$



ادامه پاسخ ۲

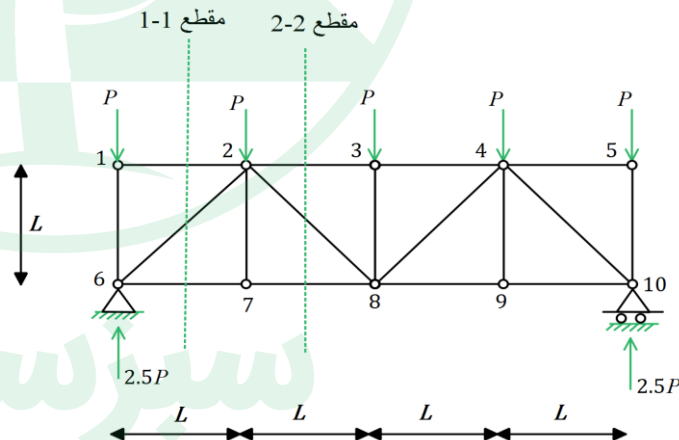
در نهایت ماکزیمم بین دو عضو به عنوان پاسخ سوال انتخاب می شود:

$$F_{\text{میله مورب}} = \max(F_{2-8}, F_{6-2}) = \frac{3\sqrt{2}P}{2} \quad \text{فشاری}$$

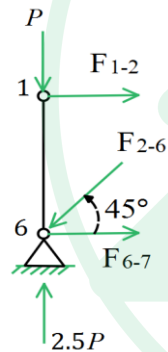
روش حل اول (روش مقطع):

با توجه به متقارن بودن خرپا و همچنین متقارن بودن بارگذاری هر یک از تکیه گاه های نقاط 6 و 10 نصف بارها را تحمل می کنند. بنابراین:

$$F_6 = F_{10} = \frac{5P}{2} \uparrow$$



در مقطع 1-1 و با در نظر گرفتن سمت چپ مقطع داریم:



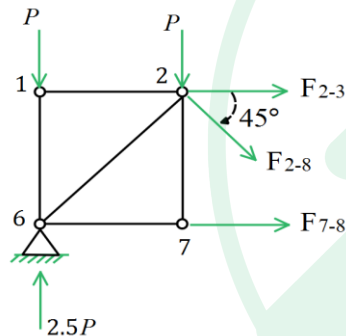
$$\sum F_y = 0 \rightarrow 2.5P - P = F_{6-2} * \sin 45^\circ \rightarrow F_{6-2} = -\frac{3P}{\sqrt{2}} = -\frac{3\sqrt{2}P}{2} \quad \text{فشاری}$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۲

در مقطع 2-2 و با در نظر گرفتن سمت چپ مقطع داریم:



$$\sum F_y = 0 \rightarrow 2.5P - P - P = F_{2-8} * \sin 45^\circ \rightarrow F_{6-2} = \frac{P}{\sqrt{2}} = +\frac{\sqrt{2}P}{2} \quad \text{کششی}$$

در نهایت ماکزیمم بین دو عضو به عنوان پاسخ سوال انتخاب می‌شود:

$$F_{\text{میله مورب}} = \max(F_{2-8}, F_{6-2}) = \frac{3\sqrt{2}P}{2} \quad \text{فشاری}$$

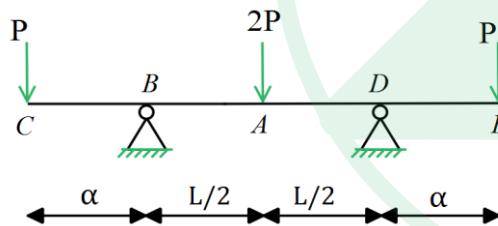
پاسخ سوال: گزینه (۲)



سوال ۳

سطح سوال: آسان

۳- در تیر شکل زیر اگر صلبیت خمشی EI در طول تیر ثابت باشد، به ازای چه مقداری از a بر حسب L ، تغییر مکان قائم در نقطه A برابر صفر خواهد بود؟



(۱) $\frac{L}{4}$

(۲) $\frac{L}{2}$

(۳) $\frac{L}{3}$

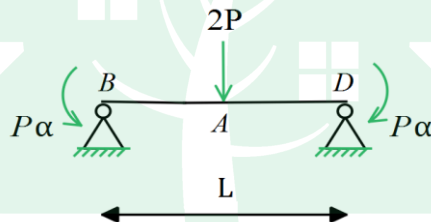
(۴) $\frac{5L}{8}$

سبzsازه



روش حل اول:

با برش زدن قسمت‌های طره‌ای BC و DE و انتقال لنگر ناشی از آنها به نقاط B و D و استفاده از روابط مشخص در جدول برای خیز در تیرهای دو سر مفصل داریم:



$$\Delta_A = \frac{2PL^3}{48EI} - \frac{PaL^2}{8EI} = 0 \rightarrow 6a = 2L \rightarrow a = \frac{L}{3}$$

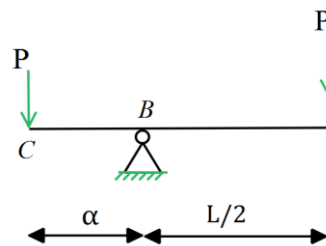
سبزسازه



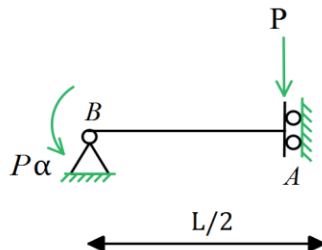
ادامه پاسخ ۳

روش حل دوم:

با توجه به متقارن بودن سازه و همچنین متقارن بودن بارگذاری وارد بر سازه می توان به جای تحلیل این تیر سازه نیمه آن را تحلیل نمود. با قرار دادن تکیه گاه لغزنده گیردار در محل محور تقارن و در نظر گرفتن نصف بار متمرکز $2P$ بر سازه نیمه داریم:



در ادامه با برش زدن قسمت طره ای BC و انتقال لنگر ناشی از آن به نقطه B و استفاده از روابط مشخص در جدول برای خیز در تیرهای یک سر مفصل یکسر لغزنده گیردار داریم:



$$\Delta_A = \frac{P * \left(\frac{L}{2}\right)^3}{3EI} - \frac{Pa * \left(\frac{L}{2}\right)^2}{2EI} = 0 \rightarrow \frac{PL^3}{24EI} = \frac{PaL^2}{8EI} \quad 3a = L \rightarrow a = \frac{L}{3}$$

پاسخ سوال: گزینه (۳)

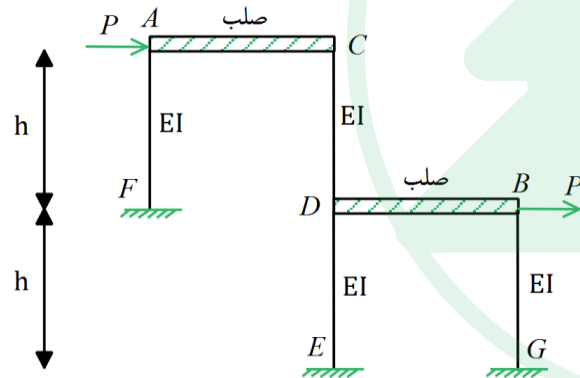
سبزسازه



سوال ۴

سطح سوال: سخت

۴- در سازه زیر اگر سختی محوری ستون‌ها بسیار زیاد فرض شود، تغییر مکان افقی نقطه B را محاسبه کنید.



$$\frac{Ph^3}{36EI} \quad (۱)$$

$$\frac{Ph^3}{12EI} \quad (۲)$$

$$\frac{Ph^3}{20EI} \quad (۳)$$

$$\frac{Ph^3}{48EI} \quad (۴)$$

سبزسازه



روش حل اول:

با کمی دقت می‌توان فهمید که دو ستون AF و CD در طبقه دوم مانند فنرهای سری عمل کرده و سختی آن‌ها را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$k_{AF} = k_{CD} = \frac{12EI}{h^3}$$

$$k_2 = \frac{k_{AF} * k_{CD}}{k_{AF} + k_{CD}} = \frac{\frac{12EI}{h^3} * \frac{12EI}{h^3}}{\frac{12EI}{h^3} + \frac{12EI}{h^3}} = \frac{6EI}{h^3}$$

در ادامه دو ستون ED و BG در طبقه اول با هم به صورت فنرهای موازی عمل می‌کنند و سختی آن‌ها به صورت زیر بدست می‌آید:

$$k_{ED} = k_{BG} = \frac{12EI}{h^3}$$

باید مقدار نیرویی که از طرف نیرو جانبی P وارد به تراز طبقه دوم به ستون CD وارد می‌شود، را بدست آوریم:

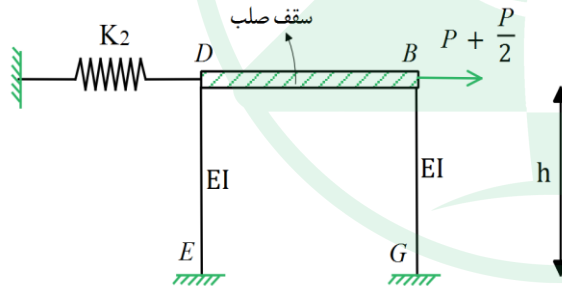


ادامه پاسخ ۴

با توجه به سختی یکسان هر دو ستون در طبقه دوم هر کدام از ستون‌ها نصف نیروی P را تحمل می‌کنند:

$$F_{CD} = \frac{P}{2}$$

نیرویی که به پای ستون CD وارد می‌شود برابر $\frac{P}{2}$ می‌باشد و با مقدار نیروی P وارد بر سقف طبقه اول جمع شده و اگر سختی ستون‌های طبقه دوم را با یک فنر معادل به سقف طبقه اول انتقال بدهیم داریم:

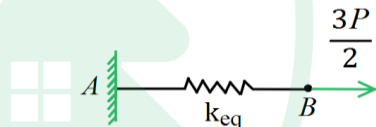


سبزه‌سازه



ادامه پاسخ ۴

دو ستون ED و BG و فنر انتقالی معادل ستون‌های طبقه دوم با هم به صورت فنرهای موازی عمل می‌کنند و سختی کل مجموعه به صورت زیر بدست می‌آید:

$$k_1 = k_{ED} + k_{BG} = \frac{12EI}{h^3} + \frac{12EI}{h^3} = \frac{24EI}{h^3}$$


$$k_{eq} = k_1 + k_2 = \frac{24EI}{h^3} + \frac{6EI}{h^3} = \frac{30EI}{h^3}$$

در نهایت تغییر مکان افقی نقطه B به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta_B = \frac{F}{k_{eq}} = \frac{\frac{3P}{2}}{\frac{30EI}{h^3}} = \frac{Ph^3}{20EI}$$

سبزسازه

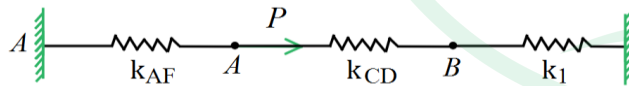


ادامه پاسخ ۴

روش حل دوم:

$$k_1 = k_{ED} + k_{BG} = \frac{12EI}{h^3} + \frac{12EI}{h^3} = \frac{24EI}{h^3}$$

$$k_{AF} = k_{CD} = \frac{12EI}{h^3}$$



حالت اول:

در حالت اول فنرهای با سختی k_1 و k_{CD} دارای رفتار سری بوده و با فنر دارای سختی k_{AF} رفتار موازی دارند. بنابراین:

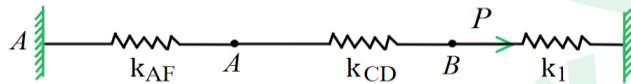


$$k_{\text{سری}} = \frac{k_1 * k_{CD}}{k_1 + k_{CD}} = \frac{\frac{24EI}{h^3} * \frac{12EI}{h^3}}{\frac{24EI}{h^3} + \frac{12EI}{h^3}} = \frac{8EI}{h^3}$$

$$k_{eq} = k_{\text{سری}} + k_{AF} = \frac{8EI}{h^3} + \frac{12EI}{h^3} = \frac{20EI}{h^3}$$

$$F_{\text{سری}} = F_B = \frac{k_{\text{سری}}}{k_{eq}} * P = \frac{\frac{8EI}{h^3}}{\frac{20EI}{h^3}} * P = \frac{2P}{5}$$

$$\Delta_{B1} = \frac{F_B}{k_1} = \frac{\frac{2P}{5}}{\frac{24EI}{h^3}} = \frac{Ph^3}{60EI}$$



حالت دوم:



در حالت دوم فنرهای با سختی k_{AF} و k_{CD} دارای رفتار سری بوده و با فنر دارای سختی k_1 رفتار موازی دارند. بنابراین:

$$k_{\text{سری}} = \frac{k_{AF} * k_{CD}}{k_{AF} + k_{CD}} = \frac{\frac{12EI}{h^3} * \frac{12EI}{h^3}}{\frac{12EI}{h^3} + \frac{12EI}{h^3}} = \frac{6EI}{h^3}$$

$$k_{eq} = k_{\text{سری}} + k_1 = \frac{6EI}{h^3} + \frac{24EI}{h^3} = \frac{30EI}{h^3}$$

$$F_B = \frac{k_1}{k_{eq}} * P = \frac{\frac{24EI}{h^3}}{\frac{30EI}{h^3}} * P = \frac{4P}{5}$$

$$\Delta_{B2} = \frac{F_B}{k_1} = \frac{\frac{4P}{5}}{\frac{24EI}{h^3}} = \frac{Ph^3}{30EI}$$

سبzsازه



ادامه پاسخ ۴

در نهایت با استفاده از اصل جمع آثار قوا داریم:

$$\Delta_B = \Delta_{B1} + \Delta_{B2} = \frac{Ph^3}{60EI} + \frac{Ph^3}{30EI} = \frac{Ph^3}{20EI}$$

پاسخ سوال: گزینه (۳)

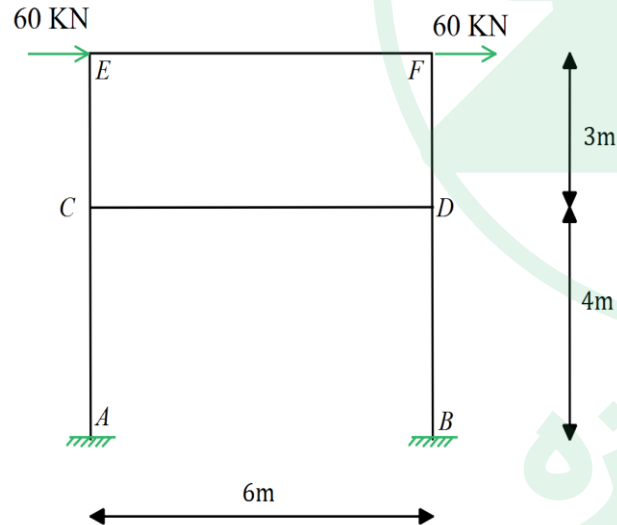
سبزسازه



سوال ۵

سطح سوال: سخت

۵- تحلیل الاستیک مرتبه اول سازه دو بعدی شکل زیر نشان می‌دهد که بیشترین بار محوری در اعضای سازه برابر 15KN است. ممان اینرسی اعضای افقی I_b و ممان اینرسی اعضای قائم برابر I_c بوده و مصالح تمام اعضاء یکسان است. در مورد بیشترین لنگر خمشی در بحرانی‌ترین عضو سازه در تحلیل الاستیک مرتبه اول، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ از وزن اعضاء و تغییرشکل‌های محوری و برشی صرف نظر شود.



$$M_{max} = 840 \text{ KN.m} \quad (۱)$$

$$M_{max} = 300 \text{ KN.m} \quad (۲)$$

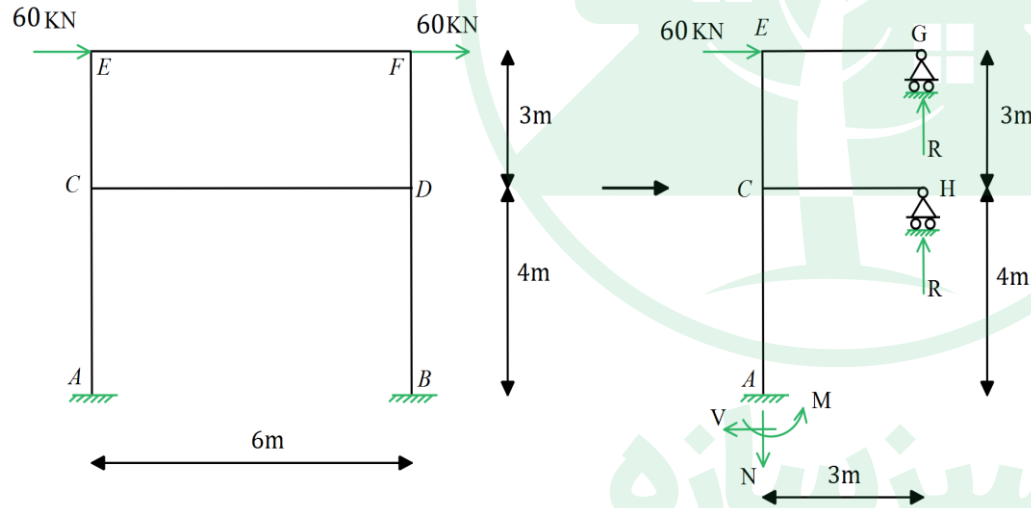
$$M_{max} = 420 \text{ KN.m} \quad (۳)$$

$$M_{max} = 375 \text{ KN.m} \quad (۴)$$



روش حل اول:

سازه متقارن با بارگذاری پاد متقارن می باشد و در محل محور تقارن لنگر صفر بوده و نیروی محوری در محل خط تقارن صفر می باشد. طبق حالت های گفته شده برای سازه های متقارن با بارگذاری پاد متقارن داریم:



ادامه پاسخ ۵

طبق صورت سوال مقدار نیروی محوری در ستون های سازه تعریف شده است. بنابراین:

$$N = 15 \text{ KN}$$

در ادامه با توجه به تقارن در سازه نیمه عکس العمل تکیه گاه های غلتکی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$R = \frac{N}{2} = \frac{15}{2} = 7.5 \text{ KN } \uparrow$$

در نهایت با توجه به مشخص شدن عکس العمل قائم تکیه گاه های غلتکی می توان مقدار لنگر خمشی تکیه گاه نقطه A را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$\sum M_A = 0 \rightarrow M_A = M_{max} = 60 * 7 - 2 * 7.5 * 3 = 375 \text{ KN.m}$$

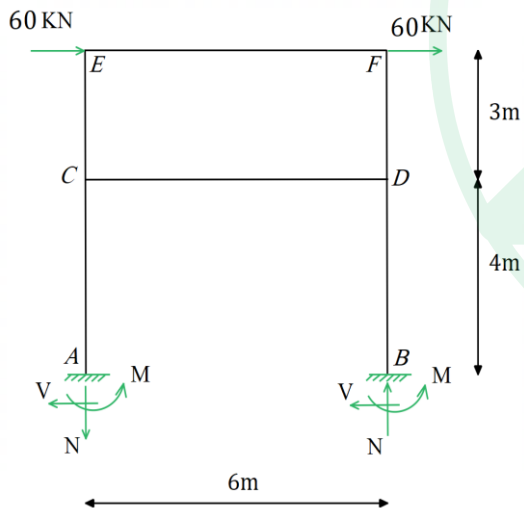
پاد ساعتگرد



ادامه پاسخ ۵

روش حل دوم:

با توجه به تقارن سازه و پاد متقارن بودن بارگذاری و همچنین مشخص بودن نیروی محوری در ستون‌ها داریم:



سبزسازه



ادامه پاسخ ۵

با توجه به برابر بودن لنگر در تکیه گاه های A و B داریم:

$$\sum M_B = 0 \rightarrow 2 * M_{max} = 2 * 60 * 7 - 15 * 6 \rightarrow M_{max} = 375 \text{ KN.m}$$

پاد ساعتگرد

پاسخ سوال: گزینه (۴)

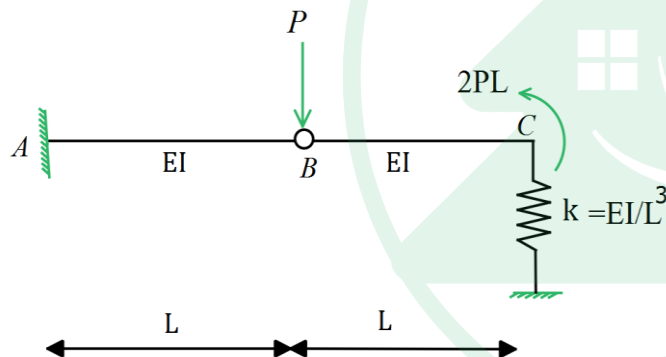
سبزسازه



سوال ۶

سطح سوال: آسان

۶- در تیر شکل زیر اگر از تغییر شکل های محوری و برشی صرف نظر شود، تغییر مکان قائم در نقطه B به کدام یک از گزینه های زیر نزدیکتر است؟



$$\frac{PL^3}{3EI} \quad (۱)$$

$$\frac{PL^3}{2EI} \quad (۲)$$

$$\frac{PL^3}{EI} \quad (۳)$$

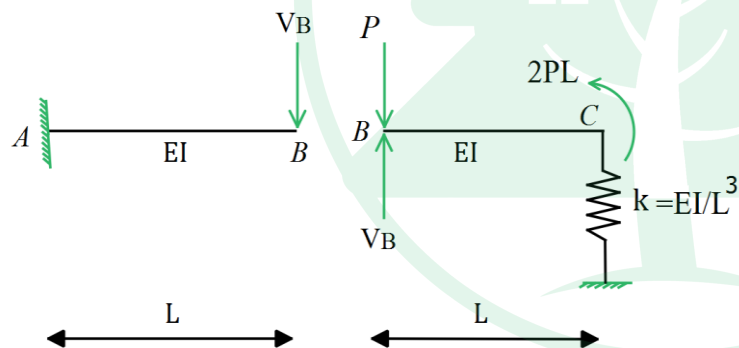
$$\frac{2PL^3}{3EI} \quad (۴)$$

سبزسازه



روش حل اول (روابط مشخص خیز تیرهای طره‌ای):

با جدا کردن تیر از محل مفصل خمشی داخلی در نقطه B داریم:



سبzsازه



ادامه پاسخ ۶

در قطعه BC با نوشتن معادله تعادل لنگر حول نقطه C داریم:

$$\sum M_C = 0 \rightarrow V_B * L - PL - 2PL = 0 \rightarrow V_B = 3P$$

در نهایت با توجه به مشخص شدن عکس العمل V_B در عضو AB می توان با استفاده از روابط مشخص خیز در تیرهای طره ای، خیز قائم نقطه B را محاسبه نمود. بنابراین:



$$\Delta_B = \frac{V_B L^3}{3EI} = \frac{3P * L^3}{3EI} = \frac{PL^3}{EI}$$

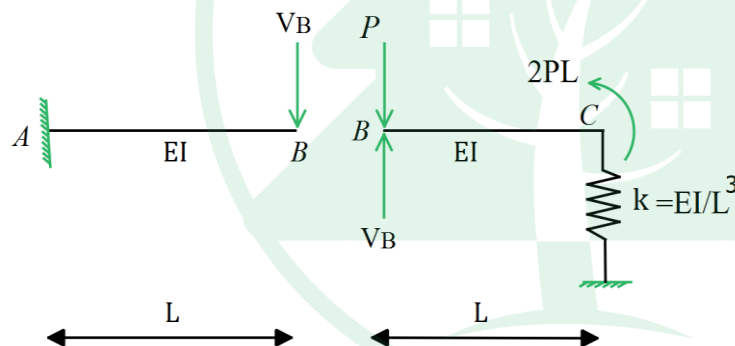
سبزسازه



ادامه پاسخ ۶

روش حل دوم (روش کار مجازی):

تحلیل سازه اصلی:



در قطعه BC با نوشتن معادله تعادل لنگر حول نقطه C داریم:

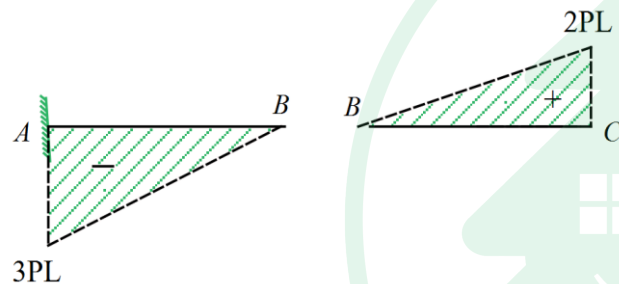
$$\sum M_C = 0 \rightarrow V_B * L - PL - 2PL = 0 \rightarrow V_B = 3P$$

$$\rightarrow F_{\text{فنر}} = 3P - P = 2P \downarrow$$



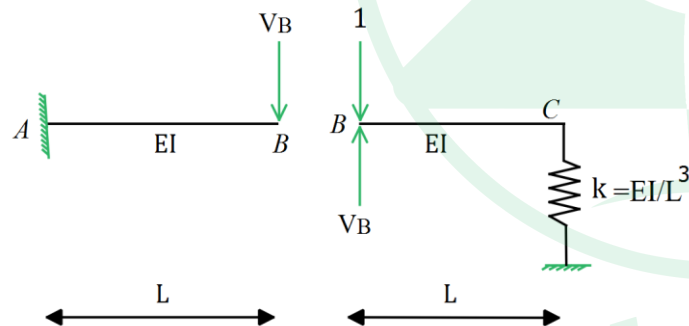
ادامه پاسخ ۶

رسم دیاگرام لنگر خمشی در سازه اصلی:



تحلیل سازه مجازی:

با اعمال بار واحد قائم در نقطه B و تحلیل سازه مجازی داریم:



سبزسازه



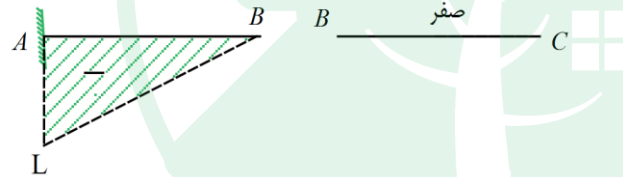
ادامه پاسخ ۶

در قطعه BC با نوشتن معادله تعادل لنگر حول نقطه C داریم:

$$\sum M_C = 0 \rightarrow V_B * L - 1 * L = 0 \rightarrow \bar{V}_B = 1$$

$$\rightarrow \bar{F}_{\text{فتر}} = 0$$

رسم دیاگرام لنگر خمشی در سازه اصلی:



طبق رابطه کار مجازی و روش ترسیمی مور داریم:

$$\Delta_B = \int \frac{M \bar{m}}{EI} dx$$

$$\Delta_B = \frac{3PL * L * L}{3EI} = \frac{PL^3}{EI}$$

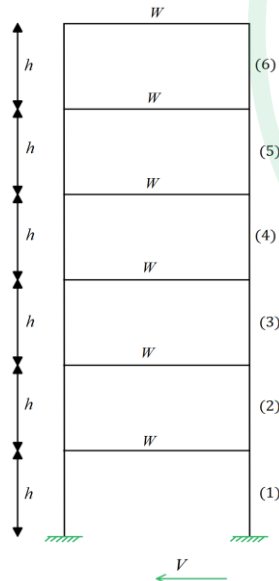
پاسخ سوال: گزینه (۳)



سوال ۷

سطح سوال: آسان (با توجه به تکرار بودن آن)

۷- یک ساختمان 6 طبقه با زمان تناوب اصلی نوسان برابر 1.2 ثانیه در روی زمین مفروض است. اگر در تحلیل استاتیکی معادل کل برش پایه این ساختمان برابر V باشد، و وزن موثر لرزه‌ای و ارتفاع کلیه طبقات یکسان باشد، نسبت نیروی برشی در طبقه اول (1) به نیروی برشی در طبقه آخر (6) به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟



(۱) 3.00

(۲) 3.50

(۳) 3.75

(۴) 4.25

سبzsازs



طبق بند ۳-۳-۶ از استاندارد 2800 داریم:

$$V_1 = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 = V_u = V$$

$$V_6 = F_6$$

$$F_6 = \frac{W_6 * h_6^K}{\sum_1^6 W_i * h_i^K}$$

$$T = 1.2 \text{ sec}$$

$$0.5 \text{ sec} \leq T = 1.2 \text{ sec} \leq 2.5 \text{ sec}$$

$$\rightarrow K = 0.5 * 1.2 + 0.75 = 1.35$$

در ادامه می توان نیروی جانبی وارد بر تراز طبقه ششم را محاسبه نمود:

$$F_6 = \frac{Wh * 6^{1.35}}{Wh(1^{1.35} + 2^{1.35} + 3^{1.35} + 4^{1.35} + 5^{1.35} + 6^{1.35})} * V = 0.326V$$

$$V_6 = F_6 = 0.326V$$



ادامه پاسخ ۷

در نهایت نسبت خواسته شده سوال به صورت زیر بدست می آید:

$$\frac{V_1}{V_6} = \frac{V}{0.326V} = 3.07$$

پاسخ سوال: گزینه (۱)

سبزسازه



سوال ۸

سطح سوال: متوسط

۸- فرض کنید در طراحی یک ترمینال مسافری 5 طبقه واقع در تهران که توزیع جرم و سختی در ارتفاع آن به صورت متناسب تغییر نمی کند، مقدار زمان تناوب اصلی نوسان ناشی از تحلیل دینامیکی برابر 1.0 ثانیه محاسبه شده است. اگر در این ساختمان، جداگرهای میانقابی وجود داشته ولی در مدل تحلیلی آن آثار جداگرهای میانقابی لحاظ نشده باشند و زمین محل احداث از نوع II باشد، مقدار ضریب اصلاح طیف این ترمینال به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر خواهد بود؟

(۱) 1.00

(۲) 1.03

(۳) 1.06

(۴) 1.10

سبزسازه



طبق بند ۳-۳-۳-۲ از استاندارد 2800 داریم:

برای ساختمان غیرمتعارف در مواردی که جداگرهای میانقابی در مدل تحلیلی منظور نشده باشند. به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$T_D = 1.0 \text{ sec}$$

$$T_{\text{محاسباتی}} = 0.8 * 1.0 = 0.8 \text{ sec}$$

با توجه به اینکه زمین محل احداث سازه از نوع II می‌باشد، طبق جدول ۲-۲ و با توجه به خطر لرزه‌ای بسیار زیاد در شهر تهران داریم:

$$\begin{cases} T_0 = 0.1 \text{ sec} \\ T_S = 0.5 \text{ sec} \\ S = 1.5 \end{cases}$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۸

در نهایت با توجه به مورد الف بند ۲-۳-۲ از استاندارد 2800 داریم:

$$T_s < T \leq 4 \text{ sec}$$

$$N = \frac{0.7}{4 - 0.5} (0.8 - 0.5) + 1 = 1.06$$

پاسخ سوال: گزینه (۳)

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۹- یک ساختمان مسکونی 5 طبقه بدون زیرزمین در شهر رشت واقع بوده و کل وزن موثر لرزه‌ای آن W است. اگر ارتفاع طبقات یکسان و برابر 3.6 متر باشد و سیستم مقاوم جانبی ساختمان از نوع قاب مهاربندی شده فولادی و اگر با تیرهای پیوند دارای رفتار خمشی باشد، که در آن جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمی‌کنند، در تحلیل به روش استاتیکی معادل مقدار حداقل برش پایه این ساختمان به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟ فرض کنید زمان تناوب اصلی نوسان این ساختمان با استفاده از تحلیل دینامیکی برابر 0.7 ثانیه محاسبه شده است و همچنین زمین نوع III می‌باشد.

(۱) $0.148W$

(۲) $0.138W$

(۳) $0.128W$

(۴) $0.118W$

سبزسازه



طبق بند ۳-۳-۱ از استاندارد 2800 داریم:

برای محاسبهٔ برش پایه ساختمان داریم:

$$V_u = C * W \geq V_{umin} = 0.12AIW$$

$$C = \frac{ABI}{R_u}$$

طبق صورت سوال با توجه به اینکه رشت در خطر لرزه‌ای زیاد قرار دارد، طبق جدول ۲-۱ داریم:

$$A = 0.30 g$$

ساختمان مسکونی بوده و طبق جدول ۳-۳، داریم:

$$I = 1$$

سبزسازه



سیستم سازه‌ای از نوع قاب مهاربندی شده فولادی واگرا با رفتار خمشی می‌باشد، طبق مورد (3) و طبق جدول ۳-۴، داریم:

$$R_u = 6$$

با توجه تبصره بند ۳-۳-۳-۱ در صفحه 32 استاندارد 2800 داریم:

$$T_{\text{تجربی}} = 0.08 * (5 * 3.6)^{0.75} = 0.7 \text{ sec}$$

$$T_{\text{محاسباتی}} = \min \left(1.25 * T_{\text{تجربی}}, T_{\text{تحلیلی}} \right) = \min(1.25 * 0.7 = 0.875 \text{ sec}, 0.7 \text{ sec}) = 0.7 \text{ sec}$$

با توجه به اینکه زمین محل احداث سازه از نوع III می‌باشد، طبق جدول ۲-۲ و با توجه به خطر لرزه‌ای زیاد در شهر رشت داریم:

$$\begin{cases} T_0 = 0.15 \text{ sec} \\ T_S = 0.7 \text{ sec} \\ S = 1.75 \end{cases}$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۹

با توجه به مورد الف بند ۲-۳-۱ از استاندارد 2800 داریم:

$$T_0 \leq T \leq T_S$$

$$B_1 = S + 1 = 1.75 + 1 = 2.75$$

با توجه به مورد الف بند ۲-۳-۲ از استاندارد 2800 داریم:

$$T \leq T_S$$

$$N = 1$$

$$N = \frac{0.7}{4 - 0.5} (0.8 - 0.5) + 1 = 1.06$$

در ادامه ضریب بازتاب به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$B = B_1 * N = 2.75 * 1 = 2.75$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۹

در نهایت برش پایه ساختمان به صورت زیر بدست می آید:

$$V_u = C * W = \frac{ABI}{R_u} * W = \frac{0.30 * 2.75 * 1}{6} * 5W = 0.138W \geq V_{umin} \quad OK \checkmark$$

$$V_{umin} = 0.12 * 0.30 * 1 * W = 0.036W \quad OK \checkmark$$

پاسخ سوال: گزینه (۲)

سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۱۰- یک مهندس محاسب برای محاسبه و طراحی یک ساختمان فولادی از نوع قاب خمشی ویژه، مدول الاستیسیته مصالح فولادی را به اشتباه برابر $2 \times 10^6 MPa$ در نظر گرفته و بر این اساس زمان تناوب تحلیلی آن را در امتداد مورد نظر برابر 0.25 ثانیه محاسبه کرده است. در صورتی که در این محاسبات از آثار مرتبه دوم (آثار $P - \Delta$ و $P - \delta$) صرف نظر شود و مقدار صحیح مدول الاستیسیته برابر $2 \times 10^5 MPa$ فرض شود، در امتداد مورد نظر مقدار زمان تناوب تحلیلی آن به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

(۱) 2.5 ثانیه

(۲) 1.2 ثانیه

(۳) 0.8 ثانیه

(۴) 0.25 ثانیه

سبزسازه



پاسخ ۱۰

طبق استاندارد 2800 داریم:

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$T_{D1} = 0.25 \text{ sec} = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{K_1}}$$

در حالت اول:

طبق صورت سوال فقط مدول الاستیسیته متفاوت خواهد شد و جرم و ممان اینرسی در هر دو حالت یکسان می‌باشند. بنابراین:

$$K_1 \propto E_1$$

سبزسازه



$$T_{D1} = 0.25 \text{ sec} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{E_1}} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{2 * 10^6}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2 * 10^6}} = 0.25 \text{ sec}$$

در حالت دوم:

$$T_{D2} = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{K_2}}$$

طبق صورت سوال فقط مدول الاستیسیته متفاوت خواهد شد و جرم و ممان اینرسی در هر دو حالت یکسان می باشند. بنابراین:

$$K_2 \propto E_2$$

$$T_{D2} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{E_2}} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{2 * 10^5}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2 * 10^5}}$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۱۰

در نهایت داریم:

$$\frac{T_{D2}}{T_{D1}} = \frac{T_{D2}}{0.25} = \frac{\frac{2\pi}{\sqrt{2 * 10^5}}}{\frac{2\pi}{\sqrt{2 * 10^6}}} \rightarrow T_{D2} = \frac{0.25 * \sqrt{2 * 10^6}}{\sqrt{2 * 10^5}} = 0.79 \text{ sec}$$

پاسخ سوال: گزینه (۳)

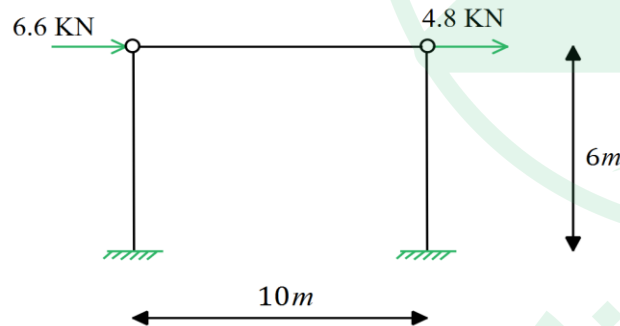
سبزسازه



سوال ۱۱

سطح سوال: سخت (با توجه به جدید بودن آن)

۱۱- در یک سازه یک طبقه، نیروی جانبی باد بر اساس فشار مبنای باد محاسبه و با ساده‌سازی به صورت نشان داده شده در شکل به سازه اعمال شده است. چنانچه سختی محوری تیر و ستون بی‌نهایت فرض شود، تغییر مکان جانبی نسبی ساختمان تحت اثر بار باد سطح بهره‌برداری حدوداً چند درصد مقدار مجاز خواهد بود؟ برای ستون‌ها $EI = 35 \times 10^3 \text{ KN.m}^2$ فرض می‌شود. از اثر $P - \Delta$ ، جابه‌جایی جانبی ناشی از بارهای ثقلی، نواقص هندسی اولیه و آثار سختی محوری ستون صرف نظر شود.



(۱) 50 درصد

(۲) 60 درصد

(۳) 70 درصد

(۴) 80 درصد



طبق بند ۶-۱۰-۱۵ از مبحث ۶ و بحث سازه‌های متقارن از تحلیل سازه‌ها داریم:

با توجه به اینکه در صورت سوال به نیروی جانبی باد بر اساس فشار مبنای باد اشاره شده است، لذا طبق بند ۶-۱۰-۱۵ از مبحث ششم می‌توان برای تعیین سرعت در حالت بهره‌برداری از ۸۰ درصد سرعت مبنای باد استفاده نمود؛ بنابراین طبق رابطه فشار مبنای باد در بند ۶-۱۰-۳ از مبحث ششم داریم:

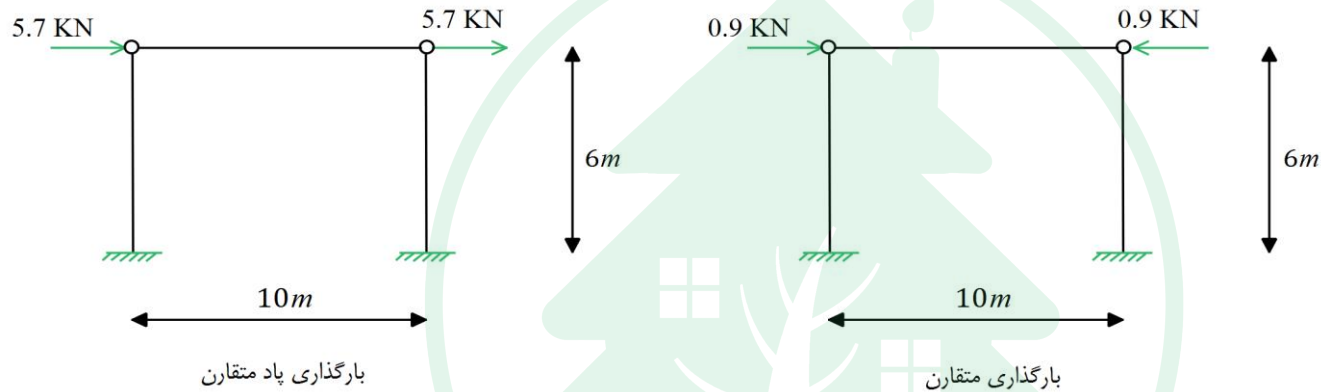
$$q_1 = 0.000613 * V^2 \rightarrow q_2 = 0.000613 * (0.8V)^2 = 0.64q_1$$

با توجه به اینکه فشار باد در حالت سطح بهره‌برداری ۶۴ درصد حالت اولیه می‌باشد، لذا نیروی بادی که به سازه اعمال می‌شود، باید ۶۴ درصد حالت اولیه باشند. بنابراین طبق تحلیل سازه‌ها و با استفاده از بحث تقارن داریم:

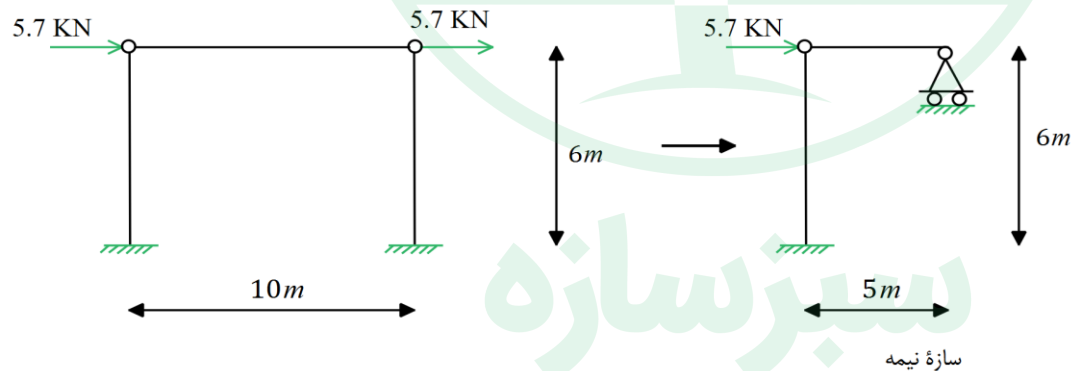
سازه متقارن بوده و تحت بارگذاری کلی قرار دارد، لذا باید سازه را به دو سازه متقارن تحت بارگذاری‌های متقارن و پادمتقارن قرار داده و از اصل جمع آثار تغییر مکان جانبی قاب را محاسبه کنیم:

سبزسازه





با کمی دقت می‌توان فهمید که در سازه تحت بارگذاری متقارن تغییر مکان جانبی سازه صفر بوده و فقط سازه تحت بارگذاری پاد متقارن را تحلیل می‌کنیم؛ بنابراین:



ادامه پاسخ ۱۱

ستون سازه نیمه مانند ستون طره‌ای عمل کرده و طبق روابط مشخص تغییر مکان جانبی آن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F_{\text{بهره برداری}} = 0.64 * F_{\text{اولیه}} = 0.64 * 5.7 = 3.65 \text{ KN}$$

$$\Delta_{\text{بهره برداری}} = \frac{F_{\text{بهره برداری}} * h^3}{3EI} = \frac{3.65 * 6^3}{3 * 35 * 10^3} = 0.00751 \text{ m}$$

در ادامه طبق بند ۶-۱۰-۱۵ حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی سازه در حالت بهره‌برداری به صورت زیر بدست می‌آید:

$$\Delta_{all} = 0.0025h = 0.0025 * 6 = 0.015 \text{ m}$$

در نهایت درصد خواسته شده به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{\Delta_{\text{بهره برداری}}}{\Delta_{all}} * 100 = \frac{0.00751}{0.015} * 100 = 50 \%$$

پاسخ سوال: گزینه (۱)



سوال ۱۲

سطح سوال: سخت

۱۲- یکی از تیرهای محل فرود بالگرد، طول آزاد ۵ متر و مجموع عرض بارگیر ۲ متر داشته و اتصالات دو انتهای آن ساده است. چنانچه بارهای زنده متمرکز مربوط به بالگرد مستقیماً به این تیر وارد شوند و در جهت اطمینان و ساده سازی بارها به صورت نقطه‌ای در نظر گرفته شوند. حداکثر لنگر خمشی (M) و حداکثر برش (V) تیر ناشی از بارهای زنده مربوط به محل فرود بالگرد (بدون ضریب بار) به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیکتر خواهد بود؟ وزن عملیاتی بالگرد ۱۶KN فرض شود.

۱) $V = 19 \text{ KN}, M = 17 \text{ KN.m}$

۲) $V = 19 \text{ KN}, M = 15 \text{ KN.m}$

۳) $V = 17 \text{ KN}, M = 14 \text{ KN.m}$

۴) $V = 19 \text{ KN}, M = 19 \text{ KN.m}$

سبزسازه



پاسخ ۱۲

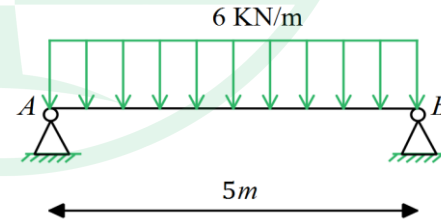
طبق جدول ۶-۵-۱ از مبحث ۶ ردیف ۹-۱۲ داریم:

بار زنده گسترده محل فرود بالگرد برابر $3 \frac{KN}{m^2}$ می باشد و با توجه به عرض بارگیر 2m تیر دو سر ساده شدت بار خطی برابر $q = 3 * 2 = 6 \frac{KN}{m}$ می باشد؛ بنابراین:

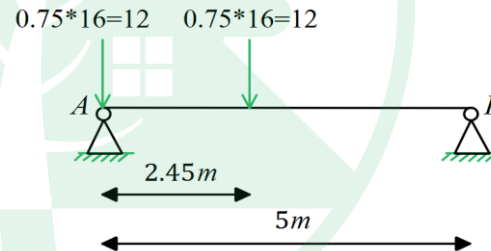
حالت اول: بار گسترده وارد بر تیر

$$M_{max} = \frac{qL^2}{8} = \frac{6 * 5^2}{8} = 18.75 \text{ KN.m}$$

$$V_{max} = \frac{qL}{2} = \frac{6 * 5}{2} = 15 \text{ KN}$$



حالت دوم: طبق مورد ۱۲ صفحه ۳۵ مبحث ۶ و روش خط تاثیر در تحلیل سازه‌ها داریم:



$$\sum M_B = 0 \rightarrow 12 \cdot 5 + 12 \cdot 2.55 = R_A \cdot 5 \rightarrow R_A = V_{max} = 18.12 \text{ KN}$$

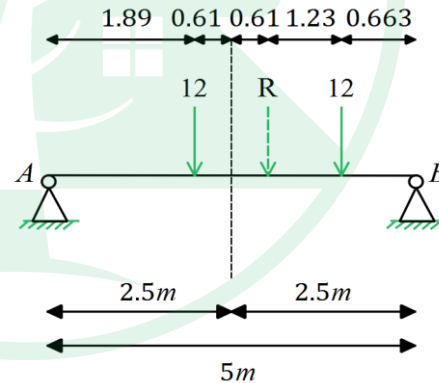
سبزسازه



ادامه پاسخ ۱۲

برای محاسبه لنگر حداکثر داریم:

برای اینکه لنگر خمشی در تیر حداکثر شود باید خط وسط تیر بین بار متمرکز و برآیند بارهای متمرکز باشد؛ بنابراین:



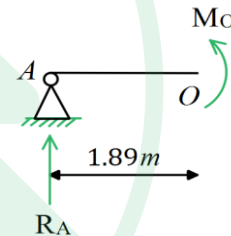
$$\sum M_B = 0 \rightarrow 12 * 3.11 + 12 * 0.663 = R_A * 5 \rightarrow R_A = 9.06 \text{ KN}$$



ادامه پاسخ ۱۲

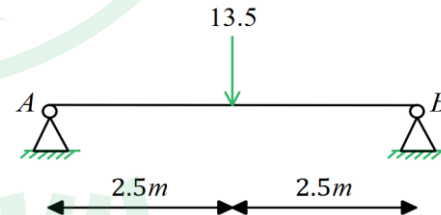
با برش در تیر داریم:

$$\sum M_O = 0 \rightarrow M_{max} = M_O = R_A * 1.89 = 9.06 * 1.89 = 17 \text{ KN.m}$$



حالت سوم: طبق مورد ۱۳ صفحه ۳۵ مبحث ۶ داریم:

$$M_{max} = \frac{PL}{4} = \frac{13.5 * 5}{4} = 16.90 \text{ KN.m}$$



$$V_{max} = \frac{P}{2} = \frac{6 * 5}{2} = 6.75 \text{ KN}$$



ادامه پاسخ ۱۲

در نهایت حداکثر لنگر خمشی و نیروی برشی را در تیر در سه حالت بررسی شده به صورت زیر انتخاب می کنیم:

$$M_{max} = \max(18.75, 17, 16.90) = 18.75 \text{ KN.m} \approx 19 \text{ KN.m}$$

$$V_{max} = \max(15, 18.12, 6.75) = 18.12 \text{ KN} \approx 19 \text{ KN}$$

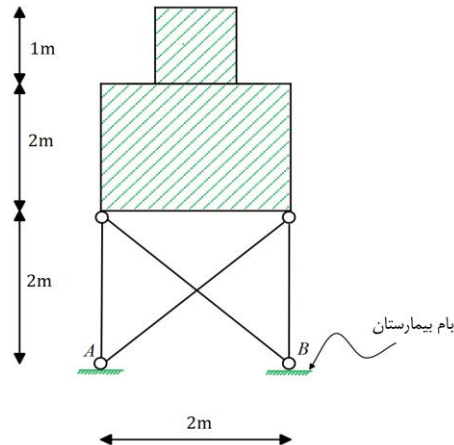
پاسخ سوال: گزینه (۴)

سبزسازه



سطح سوال: سخت

۱۳- یک واحد تهویه مطبوع آبی از یک بلوک مکعبی پایینی با پلان مربع که یک بلوک مکعبی کوچکتر با پلان مربع روی آن قرار گرفته و مجموعاً به طور کاملاً متقارن در هر چهار طرف مهاربندی شده‌اند، تشکیل می‌شود. وزن کل این واحد با محتویات آن در زمان بهره‌برداری 55 KN است و وزن بلوک بالایی آن به تنهایی 25% کل وزن را تشکیل می‌دهد. اگر این واحد در پشت بام یک بیمارستان در تبریز که ارتفاع آن (بام) از تراز پایه 28 متر است نصب شده و عملکرد آن برای خدمت‌رسانی بی‌وقفه ضروری باشد، بیشترین نیروی کششی ناشی از زلزله (ناشی از اثر همزمان مولفه‌های قائم و افقی) در حد مقاومت (روش استاتیکی معادل) که از طرف هر پایه به بام وارد می‌شود، به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیکتر است؟ (جهت نیروی جانبی زلزله موازی با وجوه جانبی دستگاه فرض می‌شود. زمین از نوع II بوده و وزن در مرکز هندسی بلوک‌ها متمرکز فرض می‌شود).



58.50 KN (۱)

30.50 KN (۲)

27.50 KN (۳)

16.50 KN (۴)



طبق بند ۴-۲-۱ و ۴-۲-۲ استاندارد 2800 داریم:

مولفه افقی زلزله:

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

$$V_{Pu_{min}} = 0.3A(1+S)W_p I_p$$

$$V_{Pu_{max}} = 1.6A(1+S)W_p I_p$$

مولفه قائم زلزله:

$$F_{Pu} = 0.2A(1+S)W_p I_p$$

سبزسازه



طبق صورت سوال با توجه به اینکه تبریز در خطر لرزه‌ای بسیار زیاد قرار دارد، طبق جدول ۱-۲ داریم:

$$A = 0.35 g$$

عملکرد جزء غیرسازه‌ای برای خدمت‌رسانی بی‌وقفه ضروری می‌باشد:

$$I = 1.4$$

با توجه به اینکه زمین محل احداث سازه از نوع II می‌باشد، طبق جدول ۲-۲ و با توجه به خطر لرزه‌ای بسیار زیاد در شهر تبریز داریم:

$$S = 1.5$$

برای تهویه مطبوع طبق جدول ۴-۲ در استاندارد 2800 داریم:

$$a_p = 1$$

$$R_{pu} = 2.5$$

با توجه به اینکه عضو غیرسازه‌ای در بالای پشت بام بیمارستان قرار دارد و نباید مقدار Z از مقدار H بیشتر باشد؛ بنابراین:

$$\frac{Z}{H} = 1$$



ادامه پاسخ ۱۳

برای بلوک مکعبی کوچکتر داریم:

مولفه افقی زلزله:

$$V_{Pu} = \frac{0.4 * 1 * 0.35 * (1 + 1.5) * 0.25 * 55 * 1.4}{2.5} (1 + 2 * 1) = 8.085 \text{ KN}$$

$$V_{Pu_{min}} = 0.3 * 0.35 * (1 + 1.5) * 0.25 * 55 * 1.4 = 5.05 \text{ KN OK}$$

$$V_{Pu_{max}} = 1.6 * 0.35 * (1 + 1.5) * 0.25 * 55 * 1.4 = 26.95 \text{ KN OK}$$

مولفه قائم زلزله:

$$F_{Pu} = 0.2 * 0.35 * (1 + 1.5) * 0.25 * 55 * 1.4 = 3.37 \text{ KN}$$



ادامه پاسخ ۱۳

برای بلوک مکعبی بزرگتر داریم:

مولفه افقی زلزله:

$$V_{Pu} = \frac{0.4 * 1 * 0.35 * (1 + 1.5) * 0.75 * 55 * 1.4}{2.5} (1 + 2 * 1) = 24.255 \text{ KN}$$

$$V_{Pu_{min}} = 0.3 * 0.35 * (1 + 1.5) * 0.75 * 55 * 1.4 = 15.16 \text{ KN OK}$$

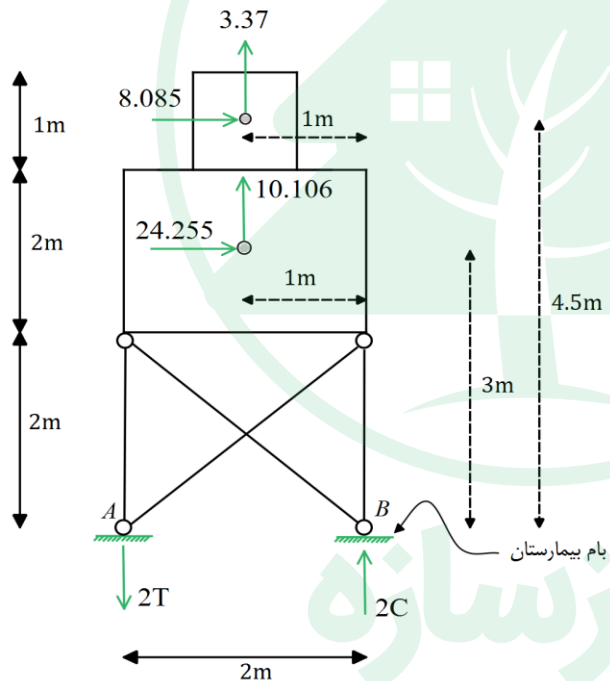
$$V_{Pu_{max}} = 1.6 * 0.35 * (1 + 1.5) * 0.75 * 55 * 1.4 = 80.85 \text{ KN OK}$$

مولفه قائم زلزله:

$$F_{Pu} = 0.2 * 0.35 * (1 + 1.5) * 0.75 * 55 * 1.4 = 10.106 \text{ KN}$$



در نیروی کششی وارد بر بام ساختمان بیمارستان که ناشی از زلزله افقی و قائم بلوک‌های مکعبی می‌باشد به صورت زیر محاسبه می‌شود:



ادامه پاسخ ۱۳

حالت اول ناشی از نیروهای جانبی زلزله:

$$\sum M_B = 0$$

$$\rightarrow 2T_1 * 2 = 24.255 * 3 + 8.085 * 4.5 \rightarrow T_1 = \frac{109.1475}{4} = 27.3 \text{ KN}$$

حالت دوم ناشی از نیروهای قائم زلزله:

$$\sum M_B = 0$$

$$\rightarrow 2T_2 * 2 = 10.106 * 1 + 3.37 * 1 \rightarrow T_2 = \frac{13.476}{4} = 3.37 \text{ KN}$$

در نهایت با استفاده از اصل جمع آثار قوا داریم:

$$T = T_1 + T_2 = 27.3 + 3.37 = 30.67 \text{ KN}$$

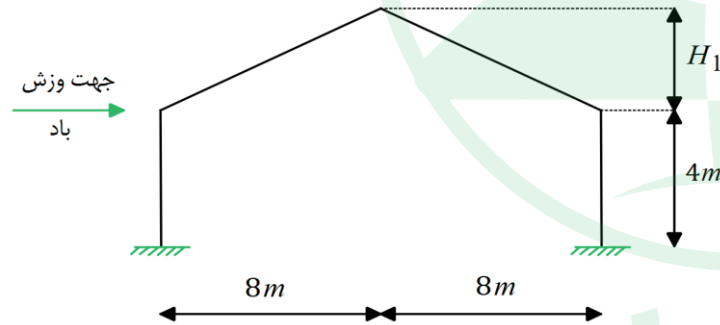
پاسخ سوال: گزینه (۲)



سوال ۱۴

سطح سوال: متوسط

۱۴- سقف یک سایبان به شکل زیر است، در صورتی که ارتفاع قسمت شیبدار (H_1) را از ۱.۰ متر به ۱.۵ متر تغییر دهیم و بقیه شرایط بدون تغییر باقی بماند، مقدار شدت حداکثر بار گسترده نامتوازن برف در سمت پشت به باد، برای سقف حدوداً چند برابر خواهد شد؟ این سایبان بدون گرمایش بوده و زیر بام آن باز است. محل اجرا بندر لنگه می باشد و این سازه در گروه چهار خطرپذیری قرار می گیرد. ضریب برف گیری سازه ۰.۸ است و شرایط لغزنده برای سطح بام وجود ندارد.



۱) ۱.۲۲

۲) ۱.۱۱

۳) ۰.۹۰

۴) ۰.۸۲



پاسخ ۱۴

طبق بند ۶-۷-۷-۱ از مبحث ۶ داریم:

در حالت اول:

$$H_1 = 1m$$

طبق صورت سوال زیر بام باز بوده و بدون گرمایش می باشد و طبق جدول ۶-۷-۳ داریم:

$$c_h = 1.2$$

طبق صورت سوال سازه در گروه خطرپذیری ۴ قرار دارد و طبق جدول ۶-۱-۲ داریم:

$$I_s = 0.8$$

طبق جدول ۶-۷-۱ بندر لنگه در منطقه ۱ بوده و دارای برف نادر می باشد و طبق بند ۶-۷-۳ داریم:

$$P_s = 0.25 \frac{KN}{m^2}$$

سبزسازه



طبق صورت سوال ضریب برف گیری تعریف شده است:

$$c_n = 0.8$$

نکته مهم: اگر در صورت سوال ضریب برف گیری داده نشده بود، چون بندر لنگه در منطقه ۱ بار برف قرار دارد، لذا ضریب برف گیری برای آن واحد می شد، طبق بند ۶-۷-۴ مبحث ششم:

بام غیرلغزنده بوده و می توان ضریب شیب بام را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{1}{8} \right) = 7.13^\circ$$

شیب سقف برابر است با:

$$S = 100 \tan \alpha = 100 * \tan 7.13 = 12.5 \%$$

$$4\% \leq 12.5\% \leq 60\% \quad OK \checkmark$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۱۴

در ادامه طبق بند ۶-۷-۱ با توجه به غیرلغزنده بودن بام و ضریب شرایط دمایی 1.2 داریم:

$$\alpha = 7.13^\circ$$

$$\alpha_0 = 45^\circ$$

$$\alpha \leq \alpha_0 \rightarrow c_s = 1$$

طبق بند ۶-۷-۴ وزن مخصوص برف به صورت زیر بدست می آید:

$$\gamma = 0.43P_s + 2.2 = 0.43 * 0.25 + 2.2 = 2.31 \frac{KN}{m^2}$$

ارتفاع انباشت برف در حالت پشت به باد طبق بند ۶-۷-۱ به صورت زیر محاسبه می شود:

$$h_d = 0.12 \sqrt[3]{L_u^4 \sqrt{100P_s + 50}} - 0.5 = 0.12 * \sqrt[3]{8} * \sqrt[4]{100 * 0.25 + 50} - 0.5 = 0.206 \text{ m}$$



ادامه پاسخ ۱۴

بار متوازن برف در قسمت پشت به باد طبق بند ۶-۷-۲ به صورت زیر محاسبه می شود:

$$P_r = I_S c_h c_n c_S P_S = 0.8 * 1.2 * 0.8 * 1 * 0.25 = 0.192 \frac{KN}{m^2}$$

بار نامتوازن برف در حالت اول در قسمت پشت به باد طبق بند ۶-۷-۷-۱ به صورت زیر محاسبه می شود:

$$i = \frac{1}{8}$$

$$P_r + \gamma h_d \sqrt{i} = 0.192 + 2.31 * 0.206 * \sqrt{\frac{1}{8}} = 0.36 \frac{KN}{m^2}$$

در حالت دوم:

$$H_1 = 1.5 m$$



ادامه پاسخ ۱۴

کل پارامترها ثابت بوده و فقط پارامتر ضریب شیب c_s و i را محاسبه می کنیم:

بام غیرلغزنده بوده و می توان ضریب شیب بام را به صورت زیر محاسبه نمود:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{1.5}{8} \right) = 10.62^\circ$$

شیب سقف برابر است با:

$$S = 100 \tan \alpha = 100 * \tan 10.62 = 18.75 \%$$

$$4\% \leq 18.75\% \leq 60\% \quad OK \checkmark$$

در ادامه طبق بند ۶-۷-۶-۱ با توجه به غیرلغزنده بودن بام و ضریب شرایط دمایی 1.2 داریم:

$$\alpha = 10.62^\circ$$

$$\alpha_0 = 45^\circ$$

$$\alpha \leq \alpha_0 \rightarrow c_s = 1$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۱۴

بار نامتوازن برف در حالت دوم در قسمت پشت به باد طبق بند ۶-۷-۷-۱ به صورت زیر محاسبه می شود:

$$i = \frac{1.5}{8}$$

$$P_r + \gamma h_d \sqrt{i} = 0.192 + 2.31 * 0.206 * \sqrt{\frac{1.5}{8}} = 0.398 \frac{KN}{m^2}$$

در نهایت نسبت خواسته شده به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\frac{0.398}{0.36} = 1.106 \approx 1.11$$

پاسخ سوال: گزینه (۲)

سبزسازه



سطح سوال: سخت (با توجه به جدید بودن آن)

۱۵- در یک ساختمان فولادی با سیستم قاب خمشی معمولی، برای مقطع یکی از تیرهای تحت اثر بار باد به مقطع IPE300 و تحت اثر بار زلزله به مقطع IPE200 نیاز است و به همین دلیل برای این تیر از مقطع IPE300 استفاده شده است. برای طراحی اتصال این تیر کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

- (۱) رعایت الزامات لرزه‌ای قاب خمشی معمولی الزامی نیست، چون نیروی باد حاکم بر طراحی شده است.
- (۲) اتصال می‌تواند بر اساس بزرگترین مقدار حاصل از الزامات لرزه‌ای بر اساس مقطع IPE200 و نیروهای حاصل از نیروی باد طراحی شود.
- (۳) اتصال می‌تواند بر اساس کوچکترین مقدار حاصل از الزامات لرزه‌ای بر اساس مقطع IPE200 و نیروهای حاصل از نیروی باد طراحی شود.
- (۴) در هر حال اتصال باید بر اساس الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی معمولی و با فرض مقطع IPE300 طراحی شود.

سبزسازه



طبق بند ۳-۱-۲ استاندارد 2800 داریم:

محاسبه ساختمان در برابر نیروهای زلزله و باد به تفکیک باید انجام شود و در هر یک از اعضای سازه اثر هر کدام از نیروهای باد و زلزله بیشتر باشد، ملاک عمل قرار می گیرد و با توجه به این توضیح حالت بحرانی را در نظر گرفته یعنی مقطع IPE300 را برای طراحی در نظر می گیریم.

پاسخ سوال: گزینه (۴)

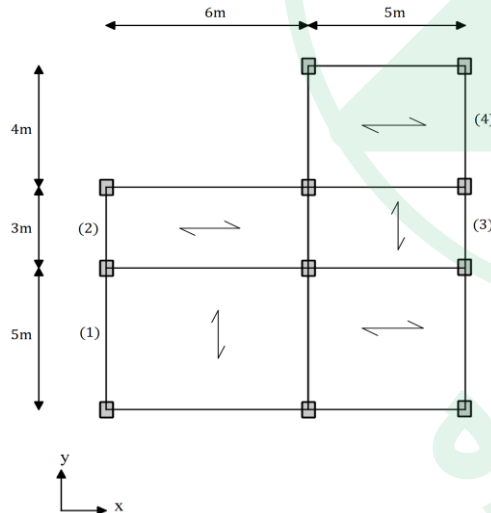
سبزسازه



سوال ۱۶

سطح سوال: سخت (با توجه به جدید بودن آن)

۱۶- پلان یک ساختمان یک طبقه فولادی با سیستم قاب خمشی متوسط در شکل نشان داده شده است، بررسی نیروی زلزله راستای y نشان می‌دهد، هرگاه خروج از مرکزیت اتفاقی در راستای x - باشد، سازه دارای نامنظمی پیچشی زیاد و اگر در راستای x + باشد، سازه فاقد نامنظمی پیچشی خواهد بود. حذف مقاومت خمشی اتصالات دو انتهای کدام یک از تیرهای مشخص شده در گزینه‌های زیر، برای تصمیم‌گیری در خصوص ضریب نامعینی در امتداد y ناشی از ایجاد نامنظمی شدید پیچشی موثرتر است؟ مقطع تمام تیرها و مقطع و ارتفاع تمام ستون‌ها و شرایط اتصالات تمامی آن‌ها یکسان فرض می‌شود.



(۱) 4

(۲) 3

(۳) 2

(۴) 1



پاسخ ۱۶

طبق بند ۳-۳-۲ استاندارد 2800 داریم:

تیرهای ۱ و ۲ فاصله بیشتری از مرکز سختی در اثر نیروی وارده در راستای y دارند، همچنین با حرکت به سمت چپ سازه مطابق صورت سوال وضعیت پیچش بحرانی می‌باشد، لذا در مقایسه بین تیرهای ۱ و ۲، تیر ۲ به دلیل طول کوتاه‌تر از نظر پیچش شرایط بحرانی‌تری داشته و در خصوص محاسبه ضریب نامعینی موثرتر می‌باشد.

نکته: طبق مورد الف از بند ۳-۳-۲ از استاندارد ۲۸۰۰ در ساختمان‌های با تعداد طبقات کمتر از سه طبقه مقدار ضریب نامعینی برابر واحد می‌باشد و شامل محدودیت‌های مربوط به ضریب نامعینی نمی‌باشند.

پاسخ سوال: گزینه (۳)

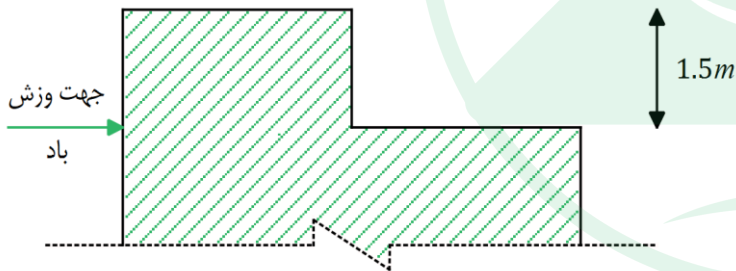
سبزسازه



سوال ۱۷

سطح سوال: متوسط

۱۷- بام یک ساختمان مسکونی در شهر رشت با اختلاف ارتفاع 1.5 متر مفروض است، چنانچه حداکثر بار برف با در نظر داشتن انباشتگی برف در حالت پشت به باد برابر $3.17 \frac{KN}{m^2}$ باشد. با فرض $c_n = 1.1$ و $c_h = 1$ و مسطح بودن هر دو قسمت بام، طول توزیع مثلی انباشتگی برف به کدام گزینه نزدیکتر است؟



(۱) 1.25 متر

(۲) 1.15 متر

(۳) 1.05 متر

(۴) 0.85 متر

سبزسازه



پاسخ ۱۷

بار متوازن برف بر روی بام پایین طبق بند ۶-۷-۲ به صورت زیر محاسبه می شود:

$$P_r = I_S c_h c_n c_S P_S$$

طبق صورت سوال سازه مسکونی در گروه خطرپذیری ۳ قرار دارد، و طبق جدول ۶-۱-۲ داریم:

$$I_S = 1$$

طبق جدول ۶-۷-۱ رشت در منطقه ۵ بوده و دارای برف سنگین می باشد و طبق بند ۶-۷-۳ داریم:

$$P_S = 2 \frac{KN}{m^2}$$

سقف تخت بوده و داریم:

$$C_S = 1$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۱۷

$$P_r = I_s c_h c_n c_s P_s = 1 * 1.1 * 1 * 1 * 2 = 2.2 \frac{KN}{m^2}$$

طبق بند ۶-۷-۹-۱ حالت الف از مبحث ۶ داریم:

$$P_D = \gamma h_d$$

$$P_{\text{کل}} = P_D + P_r = 3.17 \frac{KN}{m^2}$$

$$P_D = P_{\text{کل}} - P_r = 3.17 - 2.2 = 0.97 \frac{KN}{m^2}$$

طبق بند ۶-۷-۴ وزن مخصوص برف به صورت زیر بدست می آید:

$$\gamma = 0.43 P_s + 2.2 = 0.43 * 2 + 2.2 = 3.06 \frac{KN}{m^2}$$

ارتفاع انباشت برف در حالت پشت به باد را به صورت زیر محاسبه می شود:

$$h_d = \frac{P_D}{\gamma} = \frac{0.97}{3.06} = 0.317 m$$



مقدار H برابر اختلاف ارتفاع دو سقف می باشد، که طبق شکل صورت سوال داریم:

$$H = 1.5 \text{ m}$$

$$h_b = \frac{P_r}{\gamma} = \frac{2.2}{3.06} = 0.719 \text{ m}$$

$$h_c = H - h_b = 1.5 - 0.719 = 0.781 \text{ m}$$

در نهایت با توجه به بند ۶-۷-۹-۱ طول توزیع مثلی انباشت برف در قسمت پشت ب باد به صورت زیر محاسبه می شود:

$$h_c = 0.781 \text{ m} \geq h_d = 0.317 \text{ m} \quad OK$$

$$W = 4h_d = 4 * 0.317 = 1.268 \text{ m}$$

پاسخ سوال: گزینه (۱)

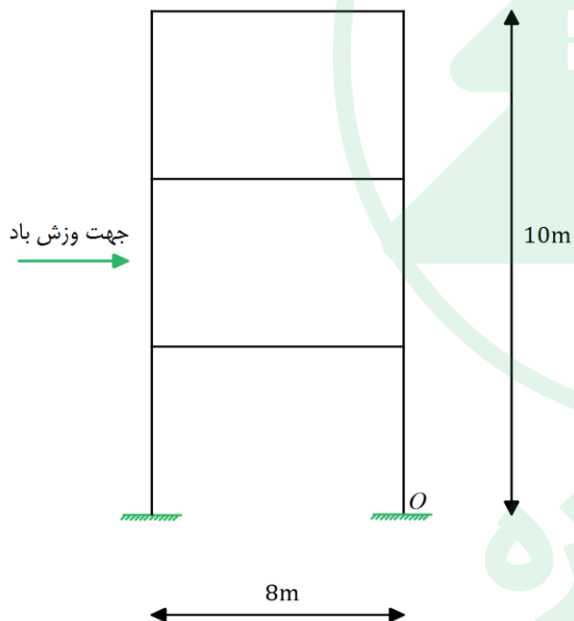
سبزسازه



سوال ۱۸

سطح سوال: سخت

۱۸- شکل زیر نمایی از یک ساختمان مسکونی در نواحی نیمه باز در شهر خلخال را نمایش می‌دهد که دارای پلان به ابعاد $8 \times 8\text{m}$ می‌باشد. با فرض $c_e = 0.9$ و $c_t = 1$ نسبت لنگر ناشی از اثر خارجی باد در وجه رو به باد به لنگر ناشی از اثر خارجی باد در وجه پشت به باد نسبت به نقطه O به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟



(۱) 0.62

(۲) 1.14

(۳) 1.25

(۴) 1.6



طبق بند ۶-۱۰-۸ مبحث ۶ داریم:

$$\frac{H}{D} = \frac{10}{8} = 1.25 > 1 \rightarrow \text{سازه بلندمرتبه}$$

با توجه به بلندمرتبه بودن سازه و اینکه در صورت سوال ضریب اثر تغییرات سرعت C_e را به صورت ثابت و برابر ۰.۹ تعریف کرده است، لذا در دو حالت فقط پارامتر ضریب فشار C_p متفاوت می‌باشد و با محاسبه ضریب فشار در حالت رو به باد و پشت به باد در سازه بلندمرتبه طبق شکل ۶-۱۰-۲ داریم:

حالت اول: رو به باد

$$\frac{H}{D} = \frac{10}{8} = 1.25 \geq 1 \rightarrow C_p = 0.8$$

حالت اول: پشت به باد

$$\frac{H}{D} = \frac{10}{8} = 1.25 \geq 1 \rightarrow C_p = -0.5$$



ادامه پاسخ ۱۸

در نهایت نسبت خواسته شده را به صورت زیر بدست می آوریم:

$$\frac{M_{\text{رو به باد}}}{M_{\text{پشت به باد}}} = \frac{C_{P_{\text{رو به باد}}}}{C_{P_{\text{پشت به باد}}}} = \frac{0.8}{0.5} = 1.6$$

پاسخ سوال: گزینه (۴)

سبزسازه



سوال ۱۹

سطح سوال: آسان (با توجه به تکراری بودن آن)

۱۹- برای طراحی یک سینما در شهر بروجرد به ارتفاع 13.5 متر از روی زمین، ضخامت طراحی یخ ناشی از یخ زدگی باران برای تجهیزات خاص در پشت بام به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

۱) 21 mm

۲) 17 mm

۳) 13 mm

۴) 9 mm

سبزسازه



طبق بند ۶-۹-۳ مبحث ۶ داریم:

$$t_d = 2tI_iF_Z$$

طبق جدول ۶-۷-۱ بروجرد در منطقه ۴ بوده و دارای برف زیاد می باشد و طبق بند ۶-۹-۵ داریم:

$$t = 7.5 \text{ mm}$$

طبق صورت سوال سازه سینما در گروه خطرپذیری ۲ قرار دارد و طبق جدول ۶-۱-۲ داریم:

$$I_i = 1.2$$

طبق بند ۹-۶-۴ ضریب ارتفاع را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$F_Z = \left(\frac{Z}{10}\right)^{0.1} \leq 1.4$$

$$F_Z = \left(\frac{13.5}{10}\right)^{0.1} = 1.03 \leq 1.4 \quad OK\checkmark$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۱۹

در نهایت ضخامت طراحی یخ ناشی از یخ زدگی باران را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$t_d = 2t_l F_Z = 2 * 7.5 * 1.1 * 1.03 = 17 \text{ mm}$$

پاسخ سوال: گزینه (۲)

سبزسازه



سوال ۲۰

سطح سوال: متوسط

۲۰- یک ساختمان مسکونی با 10 طبقه از تراز پایه به ارتفاع هر طبقه 3.6m در شهر بروجرد بر روی خاک نوع II واقع شده است، دیوارهای خارجی غیرسازه‌ای ساختمان از نوع مصالح بنایی غیرمسلح است. نسبت نیروی زلزله استاتیکی افقی طراحی یک دیوار خارجی در بالاترین طبقه به نیروی زلزله استاتیکی افقی طراحی همان دیوار در طبقه دوم به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیکتر است؟

(۱) 5.33

(۲) 2.64

(۳) 1.55

(۴) 1

سبزسازه



طبق بند ۱-۱-۲-۴ استاندارد 2800 داریم:

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

$$V_{Pu_{min}} = 0.3A(1+S)W_p I_p$$

$$V_{Pu_{max}} = 1.6A(1+S)W_p I_p$$

برای دیوار خارجی طبق جدول ۱-۴ در استاندارد 2800 داریم:

$$a_p = 1$$

$$R_{Pu} = 2.5$$

سبزسازه



برای دیوار خارجی در طبقه 10 داریم:

$$\frac{Z}{H} = \frac{9.5h}{10h} = 0.95$$

مولفه افقی زلزله وارد بر دیوار خارجی در طبقه 10 را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$V_{Pu10} = \frac{0.4 * 1 * A * (1 + S) * W_P * I_P}{2.5} (1 + 2 * 0.95) = 0.464 * A * (1 + S) * W_P * I_P$$

$$V_{Pu\min} = 0.3A(1 + S)W_P I_P \quad OK \quad \checkmark$$

$$V_{Pu\max} = 1.6A(1 + S)W_P I_P \quad OK \quad \checkmark$$

سبزسازه



برای دیوار خارجی در طبقه 2 داریم:

$$\frac{Z}{H} = \frac{1.5h}{10h} = 0.15$$

مولفه افقی زلزله وارد بر دیوار خارجی در طبقه 2 را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$V_{Pu2} = \frac{0.4 * 1 * A * (1 + S) * W_P * I_P}{2.5} (1 + 2 * 0.15) = 0.208 * A * (1 + S) * W_P * I_P$$

$$V_{Pu2} < V_{Pu_{min}} = 0.3A(1 + S)W_P I_P \text{ NOT OK } \times$$

$$V_{Pu_{max}} = 1.6A(1 + S)W_P I_P \text{ OK } \checkmark$$

سبزسازه



$$\rightarrow V_{Pu_2} = V_{Pu_{min}} = 0.3A(1+S)W_P I_P$$

در نهایت نسبت خواسته شده در صورت سوال به شکل زیر محاسبه می شود:

$$\frac{V_{Pu_{10}}}{V_{Pu_2}} = \frac{0.464 * A * (1+S) * W_P * I_P}{0.3A(1+S)W_P I_P} = 1.55$$

پاسخ سوال: گزینه (۳)

سبزسازه



سوال ۲۱

سطح سوال: سخت (با توجه به جدید بودن آن)

۲۱- حداقل شدت بار گسترده یکنواخت بر روی سطح تاثیر بار متمرکز ناشی از عبور و پارک خودروهای با وزن 40 کیلونیوتن به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ فرض کنید کف محل عبور و پارک خودروها از نوع دال بتنی است.

۱) $1040 \frac{KN}{m^2}$

۲) $15 \frac{KN}{m^2}$

۳) $1500 \frac{KN}{m^2}$

۴) $30 \frac{KN}{m^2}$

سبزسازه



پاسخ ۲۱

طبق ردیف ۱-۱۱ جدول ۶-۵-۱ و مورد ۷ صفحه ۳۴ مبحث ۶ داریم:

برای بار زنده متمرکز 15KN بر سطح تاثیر 120*120 mm شدت بار گسترده به صورت زیر بدست می آید:

$$q = \frac{15}{\frac{120}{1000} * \frac{120}{1000}} = 1041.67 \frac{KN}{m^2}$$

پاسخ سوال: گزینه (۱)

سبزسازه



سوال ۲۲

سطح سوال: سخت

۲۲- باربری یک شمع بتن آرمه (Rc) درجا به قطر 1 متر و عمق 12 متر در خاک دانه‌ای فاقد چسبندگی که ظرفیت باربری نوک آن 1300 kN/m^2 است. با استفاده از روابط تحلیلی 1260 کیلونیوتن محاسبه شده است. حداکثر نیروی مقاوم کششی این شمع در برابر بارهای غیرمتناوب (Rt) براساس محاسبات به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ سطح آب‌های زیرزمینی بسیار پایین‌تر از نوک شمع است. جرم مخصوص بتن را 2500 kg/m^3 در نظر بگیرید.

(۱) 440 kN

(۲) 850 kN

(۳) 1070 kN

(۴) 1120 kN

سبزسازه



مطابق بند ۶-۷-۴-۳-۶

مقاومت اصطکاک جدار شمع 70 تا 85 درصد ظرفیت فشاری جدار شمع است.

ظرفیت فشاری شمع

ظرفیت کششی شمع

$$Q = Q_b + Q_s \rightarrow 1260 = \left(\frac{\pi \times 1^2}{4} \times 1300 \right) + Q_s \rightarrow Q_s = 238.98 \text{ kN}$$

$$(0.7 \sim 0.85) \times 238.98 = 203.133 \quad \text{مقدار حداکثر}$$

$$W_p = \gamma_c \times V = 25 \times \frac{\pi \times 1^2}{4} \times 12 = 235.62 \text{ kN}$$

$$Q_{all} = W_p + Q_{st} - U_{uplift} = 203.133 + 235.62 + 0 = 438.95 \text{ kN}$$

گزینه ۱ صحیح است.

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۲۳- خاک منطقه‌ای دارای خصوصیات مکانیکی به شرح $C = 0.026 \text{ MPa}$ و $\phi = 30^\circ$ و $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ می‌باشد. برای اجرای یک ساختمان با اهمیت زیاد در نظر است از تراز صفر زمین گودبرداری قائمی به عمق 2.1 m صورت پذیرد. اگر سربار ناشی از ساختمان بدون اسکلت مجاور روی خاک محل، شدت باری معادل 10 kN/m^2 ایجاد کند. در این صورت خطر گود را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ کف گود از زیر پی همسایه 1 متر پایین‌تر می‌باشد.

- (۱) خطر گود کم است.
- (۲) خطر گود معمولی است.
- (۳) خطر گود زیاد است.
- (۴) خطر گود بسیار زیاد است.

سبزسازه



۶-۳-۳-۷ چنانچه ساختمان موجود در حوزه تأثیر ناپایداری گود دارای یکی از مشخصات در بندهای زیر باشد، خطر گود همواره بسیار زیاد در نظر گرفته می شود.

الف- ساختمان فاقد انسجام و یکپارچگی کافی برای تحمل نشست های افقی و قائم نظیر ساختمان بدون اسکلت یا بدون پی پیوسته بتنی مسلح (پی های نواری و گسترده) یا هرگونه ساختمانی که در آن نشانه آشکار فرسودگی و ضعف در باربری مشاهده گردد.

سبزسازه



مطابق بند ۷-۳-۳-۶-۶-مورد الف:

ساختمان بدون اسکلت بوده در نتیجه خطر گود بسیار زیاد است.

گزینه ۴ صحیح است.



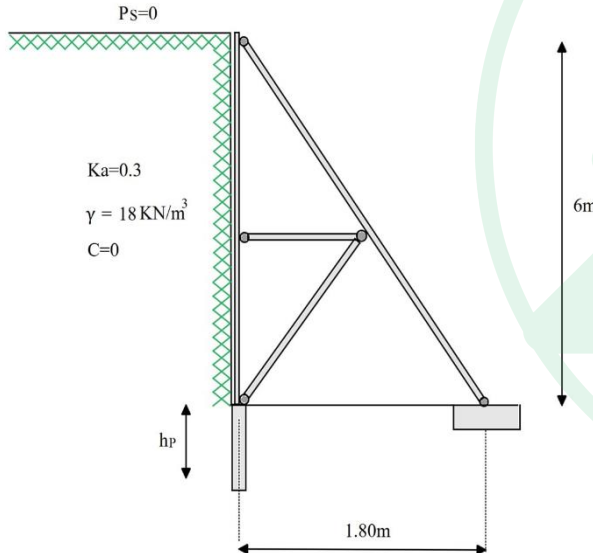
سبزسازه



سوال ۲۴

سطح سوال: سخت

۲۴- در یک گودبرداری به عمق ۶ متر خاک، از سازه‌های نگهدارنده خرابایی به فواصل ۴ متر استفاده شده است. در صورتی که مقدار مقاومت یکنواخت اصطکاک (نهایی) جدار شمع در جاریز بر اساس روش تحلیلی و روش تنش مجاز بدون اعمال ضریب اطمینان برابر 275 kN/m^2 باشد، حداقل طول مورد نیاز شمع برای این سازه نگهدارنده به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ قطر شمع 800 mm و وزن مخصوص بتن را 25 kN/m^3 در نظر بگیرید. سطح آب زیرزمینی را خیلی پایین‌تر از سطح انتهای شمع و خاک را خشک در نظر بگیرید. از اثر نیروی جانبی بر شمع صرف نظر کنید.



۱) $h_p = 1.38 \text{ m}$

۲) $h_p = 1.88 \text{ m}$

۳) $h_p = 2.50 \text{ m}$

۴) $h_p = 3.24 \text{ m}$

سبزسازه



۳-۴-۷-شمع‌های کشتی

۳-۴-۷-۱ برای آنکه یک شمع، بارهای طراحی را با ایمنی مناسبی در مقابل گسیختگی کشتی تحمل نماید، باید نامساوی زیر در همه حالات حدی نهایی و برای کلیه ترکیبات بارگذاری برقرار باشد:

$$R_t \geq F_t \quad (7-6-9)$$

در این نامساوی:

$$F_t = \text{بار محوری کشتی طراحی}$$

$$R_t = \text{باربری کشتی شمع}$$

۳-۴-۷-۲ در تعیین ظرفیت باربری شمع‌های کشتی، دو نوع سازوکار گسیختگی باید در نظر گرفته شود:

الف- بیرون آمدن شمع‌ها از زمین به صورت منفرد

ب- بالا آمدن بلوک زمین حاوی گروه شمع

۳-۴-۷-۳ نیروی مقاوم کشتی، چه در حالت منفرد و چه در حالت گروهی، با استفاده از رابطه (۷-۶-۱۰) محاسبه می‌شود:

$$R_t = W_t + F_g - U_{\text{uplift}} \quad (7-6-10)$$

در این رابطه:

W_t = وزن شمع‌ها و وزن بلوک خاک (در گروه شمع)

F_g = مقاومت جانبی جدار شمع و خاک یا مقاومت برشی خاک در مرز بلوک خاک (در گروه شمع)

U_{uplift} = برآیند نیروهای رو به بالای طراحی ناشی از فشار آب بالا برنده در زیر بلوک خاک.

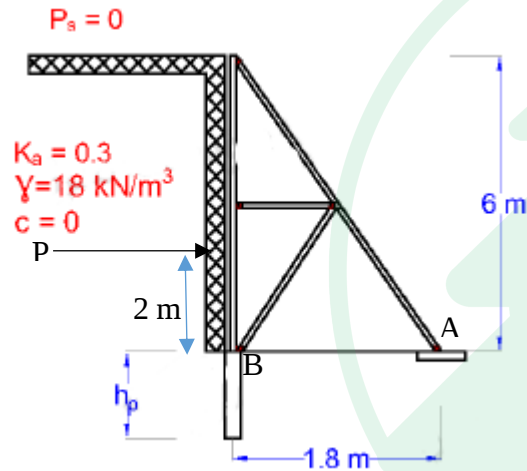


جدول ۱-۶-۷ حداقل ضریب اطمینان شمع در شرایط استاتیکی (روش مقاومت مجاز)

نوع بار اعمالی	روش تعیین ظرفیت باربری		ضریب اطمینان (F.S.)
فشاری/کششی	فقط روش	کوبشی	۳
	تحلیلی	درجاریز	۴

سبزسازه





$$P = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot L = \frac{1}{2} \times 0.3 \times 18 \times 6^2 \times 4 = 388.8 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow 2P = 1.8 \cdot R_B \rightarrow R_B = 432 \text{ kN}$$



$$W_{pile} = 25 \times \pi \times 0.4^2 \times h_p = 12.56h_p$$

$$R_B \leq \frac{W_{pile} + F_s - U_{uplift}}{F \cdot S}$$

$$432 \leq \frac{12.56h_p + 275 \times \pi \times 0.8 \times h_p - 0}{4} \rightarrow h_p \geq 2.45$$

گزینه ۳ صحیح است.

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۲۵- برای اجرای ساختمانی به عرض 10 متر با پی منفرد، گودی به عمق 2.5 متر حفر می‌شود. در طراحی پی این ساختمان تنش خالص خاک زیر پی تعیین کننده است. چنانچه فاصله آزاد دو پی منفرد مجاور به عرض 1.5 متر برابر 3 متر باشد، عمق مورد نیاز از روی سطح زمین برای گمانه به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (بر اساس محاسبات مربوط به تنش خالص عمق گمانه را $1.5B$ در نظر بگیرید. B حسب مورد عرض یک پی یا عرض ساختمان در نظر گرفته می‌شود. عرض ساختمان در مقایسه با بار ساختمان زیاد است.) (با اصلاح)

(۱) 10 متر

(۲) 12.5 متر

(۳) 15 متر

(۴) 17.5 متر

سبزسازه



مطابق بند ۷-۲-۳-۱-۷

$$3 \leq 1.5(1.5 + 1.5) = 4.5 \text{ m} \rightarrow B = \text{عرض ساختمان} = 10 \text{ m}$$

$$\text{عمق گمانه} = 1.5B \rightarrow \text{عمق گودبرداری} + \text{عمق گمانه} = 1.5 * 10 + 2.5 = 17.5 \text{ m}$$

گزینه ۴ صحیح است.

سبزسازه



سوال ۲۶

سطح سوال: سخت

۲۶- برای استفاده از سنگ در نمای ساختمان با مصالح بنایی، از یک نمونه سنگ که در حالت خشک دارای مقاومت فشاری 20 MPa است، استفاده می‌شود. حداقل مقاومت فشاری این سنگ بعد از آنکه به مدت 30 ساعت در آب قرار داده شد، حدوداً چند MPa باشد تا استفاده از آن برای نمای این ساختمان مجاز باشد؟

- (۱) 10
- (۲) 14
- (۳) 18
- (۴) 22

سبزسازه



مطابق مبحث هشتم ۹۸- ص ۳۵ - بند ۸-۲-۲-۴-۳-ب:

ب) حداقل ضوابط لازم برای سنگ‌های مصرفی

مقاومت فشاری سنگ مورد استفاده در عضو بنایی باربر نباید کمتر از ۱۵ مگاپاسکال باشد. جذب آب سنگ‌های رگی حداکثر ۵٪ و ضریب افت مقاومت سنگ در آب، در مورد سنگ‌های باربر و نما دست کم ۷۰٪ است. جذب آب مجاز برای سنگ‌های آهکی متراکم ۱۵٪، سنگ‌های آهکی متخلخل ۲۵٪ و در مورد توف‌ها ۳۰٪ تعیین شده است.

تعریف: ضریب افت مقاومت سنگ در آب عبارت است از نسبت مقاومت فشاری نمونه خیس شده در آب به مدت حداقل ۲۴ ساعت به مقاومت فشاری همان سنگ در حالت خشک.

سبزسازه



$70\% \geq$ ضریب نرم شدن سنگ در آب سنگ نما

$$\text{ضریب نرم شدن} = \frac{\text{مقاومت فشاری نمونه خیس}}{\text{مقاومت فشاری در حالت خشک}} \geq 70\%$$

$$\text{مقاومت فشاری نمونه خیس} \geq 0.7 \times 20 = 14 \text{ MPa}$$

گزینه ۲ صحیح است.

سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۲۷- یک ساختمان یک طبقه با مصالح بنایی کلافدار در شهر گرگان جهت کاربری انبار و با پلان مربع مستطیل مورد نظر است. دیوارهای باربر ساختمان، آجری به ضخامت 350 میلی متر تنها در پیرامون ساختمان واقع شده‌اند. در یک جهت دیوارهای سازه‌ای بدون بازشو و در جهت متعامد دارای 20٪ بازشو بوده و کلیه ضوابط و مقررات ملی در خصوص این دیوارها رعایت شده است. حداکثر ابعاد این ساختمان به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) $17.5 \times 14 \text{ m}$

۲) $11.6 \times 9.3 \text{ m}$

۳) $7 \times 8.7 \text{ m}$

۴) $5.8 \times 4.6 \text{ m}$

سبزسازه



مطابق مبحث هشتم ۹۸- ص ۱۱۳ - بند ۸-۵-۳ و ۲-۳-۵ و جدول ۸-۵-۳ و استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم پیوست اول:

در ساختمان های موضوع این فصل در رابطه با دیوار نسبی الزامات زیر باید رعایت شوند:

- در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی ساختمان، مقدار دیوار نسبی مورد نیاز در هر طبقه، متناظر با خطر نسبی زلزله مندرج در آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، نباید از مقادیر داده شده در جدول ۸-۵-۳ کمتر باشد.

جدول ۸-۵-۳ حداقل دیوار نسبی سازه ای در هر امتداد ساختمان بنایی با کلاف (%)

خطر نسبی زلزله							نوع دیوار و تعداد طبقات	
خطر نسبی بسیار زیاد و زیاد			خطر نسبی متوسط و کم					
زیرزمین	طبقه اول	طبقه دوم	زیرزمین	طبقه اول	طبقه دوم			
دیوار آجری	یک طبقه	۶	۴	-	۵	۳	-	
	دو طبقه	۸	۶	۴	۶	۵	۳	
دیوار بلوک سیمانی	یک طبقه	۱۰	۶	-	۸	۵	-	
	دو طبقه	۱۲	۱۰	۶	۹	۸	۵	
دیوار سنگی	یک طبقه	۶	۵	-	۵	۴	-	
	دو طبقه	۸	۸	۵	۶	۶	۴	



ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
			بسیار زیاد		

۱	گازران	قم		*	
۲	گالیکش	گلستان		*	
۳	گاوبندی	هرمزگان		*	
۴	گناب	مازندران		*	
۵	گتوند	خوزستان		*	
۶	گچسر	تهران		*	
۷	گراش	فارس		*	
۸	گرچی سفلی	خراسان رضوی		*	
۹	گران	گلستان		*	

سبزسازه



ادامه پاسخ ۲۷

شهر گرگان دارای خطر نسبی زلزله زیاد است.

مطابق جدول ۸-۵-۳:

$$0.04 \geq \text{درصد دیوار نسبی در هر امتداد}$$

$$\begin{cases} \frac{0.35 \times B \times 2}{B \times L} \geq 0.04 \\ \frac{0.35 \times 0.8L \times 2}{B \times L} \geq 0.04 \end{cases} \rightarrow \text{جایگذاری گزینه ها}$$

$$\frac{0.35 \times 14 \times 2}{14 \times 17.5} = 0.04 \geq 0.04$$

$$\frac{0.35 \times 0.8 \times 17.5 \times 2}{14 \times 17.5} = 0.04 \geq 0.04$$

سبزسازه

گزینه ۱ صحیح است.



سطح سوال: آسان

۲۸- حداقل مساحت میلگرد عرضی پیش ساخته بستر یک دیوار بنایی باربر حدوداً چند درصد مساحت دیوار است؟

(۱) 0.00035

(۲) 0.0035

(۳) 0.035

(۴) 0.35

سبزسازه



مطابق مبحث هشتم ۹۸ - ص ۵۳ - بند ۸-۳-۴-۱۰:

۸-۳-۴-۱۰ میلگرد بستر

میلگرد بستر پیش ساخته از میلگردها و یا سیم های طولی و عرضی باید دارای حداقل یک میلگرد و یا سیم عرضی با قطر حداقل ۳ میلی متر در هر ۰/۲ مترمربع از مساحت دیوار باشد. میلگردهای طولی باید کاملاً در ملات بند افقی قرار داده شوند. میلگردهای بستر باید همه جداره های دیوار دو یا چند جداره را در بر گیرند.

$$\frac{\frac{\pi \times 0.003^2}{4}}{0.2} = 0.000035 \rightarrow \text{تبدیل به درصد} \rightarrow \times 100 = 0.0035$$

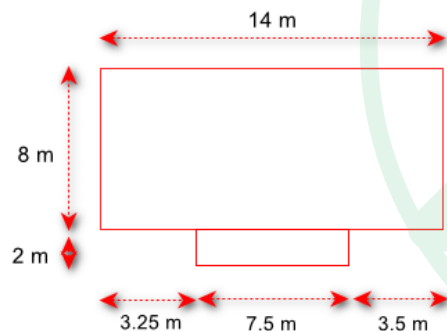
گزینه ۲ صحیح است.

سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۲۹- کدام عبارت در مورد پیشامدگی یک ساختمان بنایی محصور شده با کلاف مطابق با پلان شکل زیر صحیح است؟ (با اصلاح)



- (۱) با اجرای درز انقطاع در راستای عرضی پلان، پیش‌آمدگی قابل قبول می‌باشد.
- (۲) با افزایش ضخامت دیوارهای پیرامونی پیش‌آمدگی قابل قبول می‌باشد.
- (۳) از نظر ابعاد پیش‌آمدگی، پلان قابل قبول می‌باشد.
- (۴) پیش‌آمدگی در پلان قابل قبول نمی‌باشد.

سبزسازه



مطابق مبحث هشتم ۹۸ - ص ۱۰۶ - بند ۸-۵-۴-۱:

پلان ساختمان باید واجد ویژگی های زیر باشد:

۱- طول ساختمان از سه برابر عرض آن یا ۲۵ متر بیشتر نباشد.

۲- نسبت به هر دو محور اصلی تقریباً قرینه باشد.

۳- پیشامدگی های آن الزامات زیر را برآورده نماید:

الف- اندازه پیشامدگی در هر امتداد نباید از یک پنجم بُعد ساختمان در همان امتداد بیشتر باشد. علاوه بر آن، بعد دیگر پیشامدگی نباید از مقدار پیشامده کمتر باشد.

ب- چنانچه اتصال قسمت پیشامده با ساختمان، بیش از نصف بعد ساختمان در آن امتداد باشد، این قسمت پیشامدگی تلقی نمی شود و در این صورت محدودیتی برای بعد دیگر وجود ندارد. مشروط بر آن که پلان ساختمان نامتقارن نشود.

در صورت نداشتن هر یک از الزامات فوق، باید با ایجاد درز لرزه ای، مطابق بند ۸-۳-۳-۲، ساختمان را به قطعات مناسب تقسیم نمود، به گونه ای که هر قطعه واجد شرایط یاد شده باشد. لازم نیست که درز لرزه ای در پی ساختمان ادامه یابد.



$$\frac{l}{L} = \frac{7.5}{14} = 0.534 > 0.5 \quad ok$$

مطابق مورد ۳-ب در این حالت این قسمت پیشامدگی تلقی نمی شود و محدودیتی برای بعد دیگر وجود ندارد.

گزینه ۳ صحیح است.

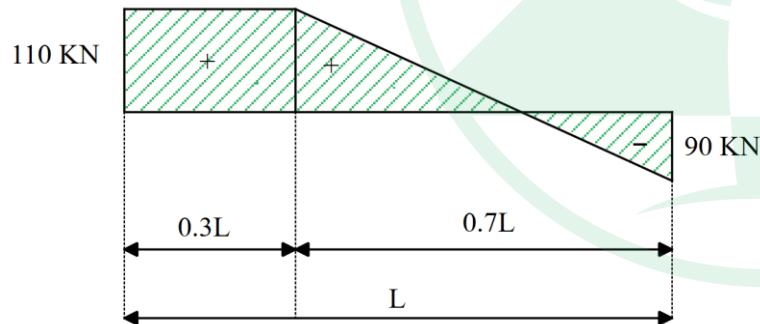
سبزسازه



سوال ۳۰

سطح سوال: آسان

۳۰- در یک تیر بتنی منفرد بدون دال دو سر ساده به طول L با مقطع مستطیلی، با عمق مؤثر ۲۵۰ میلی‌متر و عرض ۳۰۰ میلی‌متر، نمودار تغییرات نیروی برش نهایی V_u (نیروی برشی ضریب‌دار) در شکل نشان داده شده است. چنانچه در سراسر طول تیر، میلگردهای خمشی به مقدار $A_s = 400 \text{ mm}^2$ تامین شده باشد. تقریباً در چند درصد از طول تیر (L) استفاده از حداقل فولاد عرضی ضروری نیست؟ بتن از نوع معمولی و C25 بوده و از نیروی محوری و لنگر پیچشی در تیر صرف نظر می‌شود. میلگردهای خمشی از نوع S400 است.



(۱) 30 درصد

(۲) 21 درصد

(۳) 16 درصد

(۴) صفر درصد



برای حل این سؤال از بند ۹-۱۱-۵-۲-۱ مبحث ۹ استفاده می‌کنیم:

۹-۱۱-۵-۲-۱ حداقل آرماتورهای برشی، $A_{v,min}$ ، باید در تمامی مناطقی که نیروی برشی نهایی مقطع از نصف مقاومت برشی تأمین شده توسط بتن با احتساب ضریب کاهش مقاومت بیشتر است، $V_u > 0.083 \phi \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$ ، تأمین شود؛ به جز مواردی که در جدول ۹-۱۱-۲ آمده‌اند؛ که در این موارد اگر $V_u > \phi V_c$ باشد، حداقل باید $A_{v,min}$ تأمین گردد.

سبزسازه



جدول ۹-۱۱-۲ مواردی که اگر $V_u \leq \phi V_c$ باشد، حداقل آرماتور برشی لازم نیست

شرایط	نوع تیر
$h \leq 250 \text{ mm}$	کم عمق
$h \leq \max \{2.5t_f, 0.5b_w\}$ و $h \leq 600 \text{ mm}$	یکپارچه با دال
$h \leq 600 \text{ mm}$ و $V_u \leq \phi 0.17 \sqrt{f'_c} b_w d$	ساخته شده با بتن معمولی مسلح به الیاف فولادی و $f'_c \leq 40 \text{ MPa}$
مطابق ضوابط بند ۹-۱۱-۷	سیستم تیرچه‌ی یک طرفه

سبزسازه

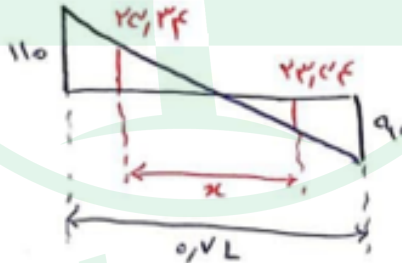


ادامه پاسخ ۳۰

با توجه به این که در صورت سوال، عمق موثر مقطع 250 میلی متر داده شده است، ارتفاع این تیر با احتساب پوشش و قطر آرماتور عرضی و نصف قطر آرماتور طولی، دارای ارتفاع بزرگتر از 250 است و مشمول ردیف اول جدول نمی شود.

در نتیجه با محاسبه $0.083\phi\lambda\sqrt{f_c}b_wd$ ، مقطعی از تیر را که مقدار برش نهایی در آنها کمتر از مقدار این فرمول هست و در نتیجه نیازی به فولاد عرضی حداقل نیست را تعیین می کنیم:

$$0.083\phi\lambda\sqrt{f_c}b_wd = 0.083 * 0.75 * 1 * \sqrt{25} * 300 * 250 * 10^{-3} = 23.343 \text{ kN}$$



سبزسازه



حال با تناسب، طول x که در آن برش کمتر از $0.083\phi\lambda\sqrt{f_c}b_wd$ هست و نیاز به آرماتور عرضی حداقل نیست را پیدا می کنیم:

$$\frac{0.7L}{90 + 110} = \frac{x}{2 * 23.34} \rightarrow x = 0.1634 * L$$

پاسخ گزینه ۳ است.

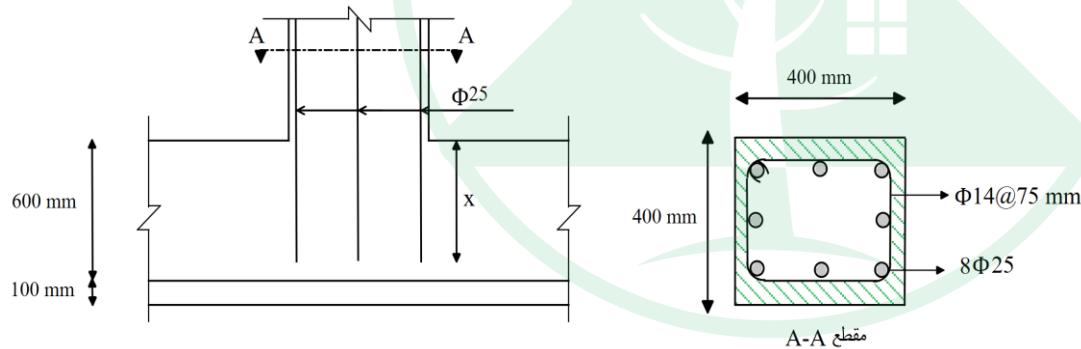
سبزسازه



سوال ۳۱

سطح سوال: متوسط

۳۱- مقطع شکل زیر مربوط به یک ستون غیرلرزه‌ای بوده که تحت اثر نیروی محوری فشاری قرار دارد. حداقل طول گیرایی میلگردهای آجدار به قطر 25mm بدون قلاب انتهایی (x) در محل اتصال ستون به شالوده به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ مقدار آرماتور طولی برابر مقدار آرماتور مورد نیاز فرض شود و ابعاد در شکل به میلی‌متر است. بتن با چگالی معمولی و از رده C25 بوده و تنش تسلیم میلگردهای طولی 420 MPa است.



(۱) 500 میلی‌متر

(۲) 400 میلی‌متر

(۳) 350 میلی‌متر

(۴) 200 میلی‌متر



برای حل این سؤال از بند ۹-۲۱-۳-۸ مبحث ۹ استفاده می‌کنیم:

۹-۲۱-۳-۸ طول گیرایی میلگردهای آجدار و سیم‌های آجدار در فشار

۹-۲۱-۳-۸-۱ طول گیرایی میلگردهای آجدار و سیم‌های آجدار در فشار، l_{dc} نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کمتر در نظر گرفته شود:

$$l_{dc} = \max\left\{\frac{\psi_r 0.24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b, 0.043 f_y \psi_r d_b\right\} \quad \text{الف-}$$

ب- ۲۰۰ میلی متر.

در این روابط ضریب محصور شدگی ψ_r ، برای محصور شدگی توسط دورپیچ، تنگ دایروی پیوسته با قطر بیش از ۶ میلی متر و گام کمتر از ۱۰۰ میلی متر، تنگ سیمی به قطر بیش از ۱۲ میلی متر و فواصل کمتر از ۱۰۰ میلی متر و دورگیر طبق ضوابط بند ۹-۲۱-۳-۴ با فواصل کمتر از ۱۰۰ میلی متر، برابر با ۰/۷۵؛ و برای سایر حالات برابر با ۱/۰ در نظر گرفته می‌شود.



ادامه پاسخ ۳۱

با توجه به این که صورت سوال، ستون را تحت نیروی محوری فشاری اعلام کرده، باید طول گیرایی در فشار را محاسبه کنیم و در نتیجه از بند ۹-۲۱-۳ استفاده می کنیم.

ابتدا تمام پارامترها را محاسبه می کنیم و در نهایت با جایگذاری در فرمولها، طول گیرایی محاسبه می شود:

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1$$

بتن معمولی است:

سبزسازه



ادامه پاسخ ۳۱

برداشت اول:

با توجه به این که در سوال ذکر نشده است که دورگیرها دارای قلاب لرزه‌ای هستند:

$$\psi_r = 1$$

حال با جای گذاری پارامترها در روابط، داریم:

$$l_{dc} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{\psi_r}{\lambda} * \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = \frac{1}{1} * \frac{0.24 * 420}{\sqrt{25}} * 25 = 504 \text{ mm} \\ 0.043 f_y \psi_r d_b = \frac{0.043 * 420 * 1 * 25}{200} = 451.5 \text{ mm} \end{array} \right. \rightarrow l_{dc} = 504 \text{ mm}$$

پاسخ گزینه ۱ است.

سبزسازه



ادامه پاسخ ۳۱

برداشت دوم:

با توجه به این که دورگیرهای با فاصله کمتر از 100 میلی متر موجود است:

$$\psi_r = 0.75$$

حال با جای گذاری پارامترها در روابط، داریم:

$$l_{dc} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{\psi_r}{\lambda} * \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = \frac{0.75}{1} * \frac{0.24 * 420}{\sqrt{25}} * 25 = 378 \text{ mm} \\ 0.043 f_y \psi_r d_b = 0.043 * 420 * 0.75 * 25 = 338.625 \text{ mm} \end{array} \right. \rightarrow l_{dc} = 378 \text{ mm}$$

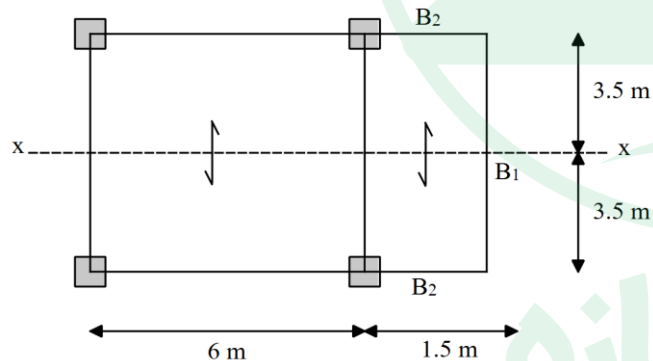
پاسخ گزینه ۲ است.

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۳۲- در یک ترکیب بارگذاری مربوط به بارهای ثقیلی، بار گسترده یکنواخت خطی روی تیر $B1$ برابر $W_u = 15 \text{ kN/m}$ است. در این ترکیب بارگذاری، برای آنکه تیرهای $B2$ برای حداقل لنگر پیچشی ممکن طراحی شوند، تیر $B1$ در وسط دهانه باید حداقل برای چه مقاومت خمشی (M_u) طراحی شوند؟ سازه نسبت به محور $x-x$ کاملاً متقارن است. رده بتن $C25$ معمولی، نوع میلگرد $S400$ ، عرض و ارتفاع تیرهای $B2$ به ترتیب 450 و 600 میلی‌متر است. تیرها فاقد بار محوری فرض می‌شوند. در محاسبات، طول تیرها را طول محور تا محور مطابق پلان در نظر بگیرید. همچنین از آثار سختی پیچشی و خمشی سیستم تیرچه و دال کف بر روی تیرهای $B1$ و $B2$ صرف نظر شود.

(۱) 90 kN.m (۲) 70 kN.m (۳) 60 kN.m (۴) 50 kN.m 

برای حل این سؤال از بند ۹-۸-۶-۱-۴ و ۹-۸-۶-۱-۵ مبحث ۹ استفاده می‌کنیم:

۹-۸-۶-۱-۴ اگر $T_u \geq \phi T_{cr}$ بوده و مقدار T_u برای تامین تعادل لازم باشد (پیچش تعادلی)، عضو باید برای مقاومت در مقابل پیچش T_u طراحی شود؛ به طوری که T_{cr} پیچش ترک خوردگی است که بر اساس رابطه‌های (۹-۸-۲۹) تعیین می‌شود. در مقابل در سازه‌های نامعین استاتیکی که $T_u \geq \phi T_{cr}$ است و کاهش مقدار T_u می‌تواند به باز توزیع نیروهای داخلی پس از وقوع ترک خوردگی‌های پیچشی منجر شود (پیچش همسازی)، اجازه داده می‌شود مقدار T_u تا حد ϕT_{cr} کاهش یابد.

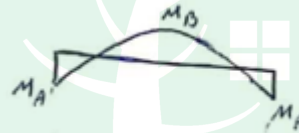
۹-۸-۶-۱-۵ اگر مقدار T_u مطابق با بند قبل باز توزیع شده باشد، مقادیر برش و لنگر ضریب‌دار مورد استفاده در طراحی اعضای مجاور متصل به عضو، باید با پیچش کاهش یافته در تعادل باشند.



ادامه پاسخ ۳۲

پیچش در تیر B_2 از نوع همسازی است و در نتیجه می توان مقدار آن را به ϕT_{cr} کاهش داد ولی باید این لنگر پیچشی کاهش یافته با برش و لنگر در اعضای مجاور در تعادل باشد، پس لنگر در وسط تیر B_1 به صورت زیر محاسبه می شود:

در صورت سوال ذکر شده که سازه متقارن است و در نتیجه لنگر خمشی در دو انتهای تیر B_1 برابر است. از طرفی از نمودار لنگر خمشی تیر B_1 داریم:



$$M_B + \frac{M_A + M_A}{2} = M_B + M_A = \frac{q * l^2}{8} = \frac{15 * 7^2}{8} = 91.875 \text{ kN}$$

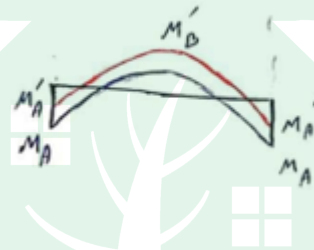
بعد از کاهش لنگر پیچشی، لنگر خمشی M_A که برابر با لنگر پیچشی کاهش یافته تیر B_2 هست، برابر می شود با:

$$M_A' = \phi T_{cr} = \phi * 0.33 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) = 0.75 * 0.33 * 1 * \sqrt{25} * \left(\frac{(600 * 450)^2}{2 * (600 + 450)} \right) = 42.96 \text{ kN.m}$$



ادامه پاسخ ۳۲

بعد از کاهش لنگر پیچشی هم رابطه زیر برقرار است و داریم:



$$M_B' + \frac{M_A' + M_A'}{2} = M_B' + M_A' = \frac{q * l^2}{8}$$

$$\rightarrow M_B' = \frac{q * l^2}{8} - M_A' = 91.875 - 42.96 = 48.915 \text{ kN.m}$$

پاسخ گزینه ۴ است.

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۳۳- در دیوارهای سازه‌ای بتنی با شکل‌پذیری زیاد و دارای بازشو، اگر h_w ارتفاع آزاد و l_w طول افقی و b_w عرض قسمت جان در مقاطع قطعه قائم دیوار باشد، کدام یک از عبارات زیر صحیح نیست؟

(۱) هرگاه $\frac{l_w}{b_w} > 6$ باشد، همواره قطعه قائم دیوار باید مثل دیوار سازه‌ای طراحی شود.

(۲) هرگاه $\frac{h_w}{l_w} < 2$ باشد، همواره قطعه قائم دیوار باید مثل دیوار سازه‌ای طراحی شود.

(۳) هرگاه $\frac{h_w}{l_w} \geq 2$ باشد، همواره قطعه قائم دیوار باید مثل ستون طراحی شود.

(۴) هرگاه $\frac{l_w}{b_w} \leq 2.5$ باشد، همواره قطعه قائم دیوار را نمی‌توان مانند ستون طراحی نمود.

سبزسازه



برای حل این سؤال از بند ۹-۲۰-۷-۱ مبحث ۹ استفاده می‌کنیم:

۹-۲۰-۷-۱ ضوابط این بند باید در طراحی دیوارهای سازه‌ای با شکل پذیری زیاد، و یا اجزای آن‌ها شامل تیرهای هم‌بند، و قطعات قائم و افقی دیوارها (شکل ۹-۲۰-۱)، و نیز دیوار پایه‌ها (جرز دیوارها) که به عنوان قسمتی از سیستم مقاوم در برابر زلزله منظور می‌شوند، استفاده شوند. دیوار پایه‌ها حالت خاصی از قطعات قائم دیواری هستند که ابعاد آن‌ها (مطابق تعریف در فصل ۹-۲) به گونه‌ای هستند که حداکثر برش در آن‌ها از طریق تشکیل لولای خمیری در دو انتهای دیوار پایه تعیین می‌شود. رعایت بند ۹-۲۰-۷-۲ در همه‌ی دیوارها و دیوار پایه‌ها با شکل پذیری زیاد الزامی است. در قطعات قائم دیوار، ضوابط طراحی بر اساس دو نسبت $\frac{h_w}{l_w}$ و $\frac{l_w}{b_w}$ و مطابق (الف) تا (پ) این بند تعیین می‌شوند:

سبزسازه



الف- در مواردی که $h_w/l_w < 2$ و یا $(l_w/b_w) > 6$ باشد، قطعه‌ی قائم دیوار (شکل ۱-۲۰-۹) باید مشابه دیوار سازه‌ای و با رعایت بندهای ۳-۷-۲۰-۹، ۴-۷-۲۰-۹ و ۹-۷-۲۰-۹ طراحی شود.

ب- در مواردی که $h_w/l_w \geq 2$ و $(l_w/b_w) \leq 2.5$ باشد، قطعه‌ی قائم دیوار یا دیوار پایه (شکل ۱-۲۰-۹) باید مشابه ستون و با رعایت بندهای ۲-۳-۶-۲۰-۹ و ۳-۳-۶-۲۰-۹ و ۴-۳-۶-۲۰-۹ طراحی شود.

پ- در مواردی که $h_w/l_w \geq 2$ و $2.5 < (l_w/b_w) \leq 6$ باشد، قطعه‌ی قائم دیوار یا دیوار پایه را می‌توان به جای رعایت ضوابط قسمت (ب) این بند، با رعایت بند ۱-۶-۷-۲۰-۹ (الف) تا ۱-۶-۷-۲۰-۹ (پ) طراحی نمود.

سبزسازه



ادامه پاسخ ۳۳

طبق مورد الف، گزینه ۱ صحیح است.

طبق مورد الف، گزینه ۲ صحیح است.

طبق مورد ب و پ، گزینه ۳ صحیح نیست.

طبق مورد ب، گزینه ۴ صحیح است.

پاسخ گزینه ۳ است.

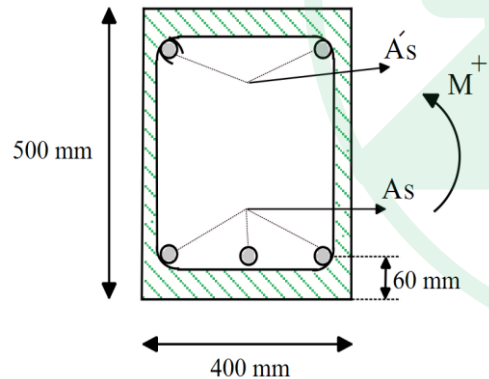
سبزسازه



سوال ۳۴

سطح سوال: آسان

۳۴- بدون توجه به آرماتورهای فشاری (A_s')، مقدار آرماتور حداکثر قابل قبول تیر دو سر ساده به ابعاد 500×400 میلی‌متر مطابق مشخصات داده شده به کدامیک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟ تیر فاقد بار محوری است. ($P_u = 0$)، $f_c = 25 \text{ MPa}$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$



$$(A_s)_{max} = 4768 \text{ mm}^2 \quad (۱)$$

$$(A_s)_{max} = 3576 \text{ mm}^2 \quad (۲)$$

$$(A_s)_{max} = 2980 \text{ mm}^2 \quad (۳)$$

$$(A_s)_{max} = 2235 \text{ mm}^2 \quad (۴)$$

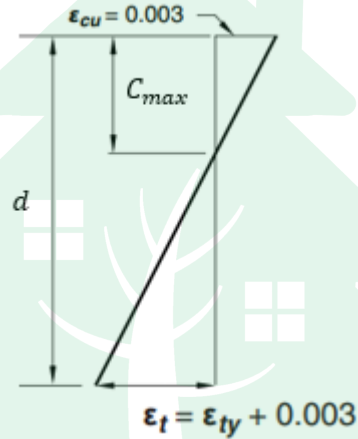


برای حل این سؤال از بند ۹-۱۱-۳ و ۹-۷-۴-۲ مبحث ۹ استفاده می‌کنیم:

۹-۱۱-۳ تیرهای با نیروی محوری $P_u < 0.10 f_c' A_g$ ، باید به صورت کشش-کنترل منطبق با بند ۹-۷-۴ طراحی شوند. بر این اساس می‌توان حداکثر آرماتور کششی مجاز را تعیین نمود.

۹-۷-۴ مقاطعی که تحت لنگر خمشی، نیروی محوری، و یا ترکیب لنگر و نیروی محوری قرار گرفته‌اند، در حالتی یک مقطع کشش-کنترل تلقی میشوند که در آن‌ها هم زمان با لحظه‌ی گسیختگی مقطع و وقتی که کرنش حداکثر در دورترین تار فشاری بتن، ϵ_{cu} ، به مرز ۰/۰۰۳ می‌رسد، کرنش خالص کششی در دورترین فولاد کششی مقطع، ϵ_t ، بزرگ‌تر یا مساوی $\epsilon_{ty} + 0.003$ باشد. ϵ_{ty} کرنش تسلیم دورترین ردیف آرماتورهای کششی است؛ و برای میلگردهای آجدار از تقسیم تنش تسلیم بر مدول الاستیسیته‌ی فولاد تعیین می‌شود.





$$\frac{C_{max}}{d} = \frac{0.003}{0.003 + \epsilon_{ty} + 0.003} = \frac{0.003}{0.003 + 0.002 + 0.003} = \frac{3}{8}$$

$$\rightarrow C_{max} = \frac{3}{8}d = \frac{3}{8} * (500 - 60) = 165 \text{ mm}$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۳۴

تبادل نیروهای فشاری و کششی را می نویسیم:

$$C = T \rightarrow \alpha_0 f_c \beta_1 C_{max} b = A_{smax} * f_y$$
$$\rightarrow A_{smax} = \frac{\alpha_0 f_c \beta_1 C_{max} b}{f_y} = \frac{0.85 * 25 * 0.85 * 165 * 400}{400} = 2980.3 \text{ mm}^2$$

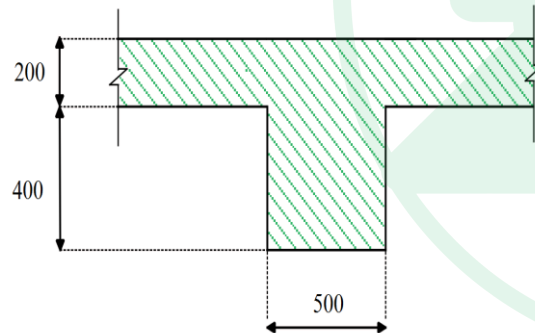
پاسخ گزینه ۳ است.

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۳۵- تیر بتنی به ابعاد 500×600 میلی متر، با دال به ضخامت 200 میلی متر در هر طرف تیر یکپارچه بتن ریزی می شود. سطح مقطع تیر T شکل در سیستم تیر-دال که در تعیین نسبت سختی خمشی مقطع تیر به دال (α_f) کاربرد دارد، حدوداً چند میلی متر مربع می باشد؟ (در شکل ابعاد به میلی متر است.)



(۱) 460000

(۲) 550000

(۳) 620000

(۴) بدون داشتن طول تیر نمی توان مقدار آن را تعیین نمود.

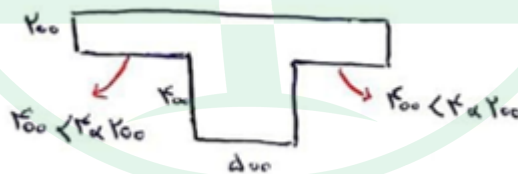
سبزسازه



برای حل این سؤال از بند ۹-۱۰-۲-۸ مبحث ۹ استفاده می کنیم:

۹-۱۰-۲-۸ تیر در سیستم تیر-دال

تیر در دال ها شامل جان تیر و قسمتی از دال است که در هر سمت تیر دارای عرضی برابر با تصویر مایل ۴۵ درجه ای آن قسمت از جان تیر باشد که در زیر یا در روی دال، هرکدام ارتفاع بیشتری دارد، قرار می گیرد. عرض دال در هر سمت جان باید کوچک تر یا مساوی چهار برابر ضخامت دال در نظر گرفته شود.



$$A = 200 * (400 + 500 + 400) + 500 * 400 = 460000 \text{ mm}^2$$

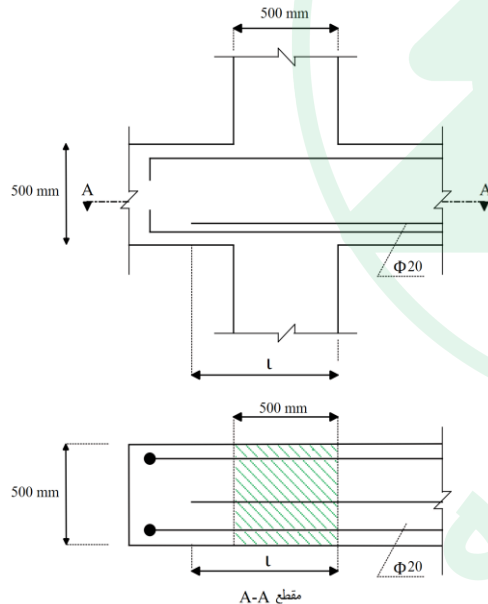
پاسخ گزینه ۱ است.



سوال ۳۶

سطح سوال: متوسط

۳۶- اگر طول گیرایی مستقیم لازم در کشش میلگرد $\Phi 20$ ، ۸۰۰ میلی‌متر باشد، حداقل طول l برای میلگرد تقویتی $\Phi 20$ شکل زیر به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ در شکل ابعاد به میلی‌متر است. این جزئیات مربوط به اتصال تیر به ستون در یک سازه با شکل‌پذیری ویژه است.



- (۱) ۸۰۰ mm
- (۲) ۹۸۰ mm
- (۳) ۱۰۴۰ mm
- (۴) ۱۲۷۰ mm



برای حل این سؤال از بند ۹-۲۰-۶-۵-۴ مبحث ۹ استفاده می کنیم:

۹-۲۰-۶-۵-۴ میلگردهای مستقیمی که به یک اتصال ختم می شوند، باید از داخل هسته‌ی محصور شده‌ی ستون و یا جزء لبه‌ی دیوار عبور داده شوند. طول گیرایی مستقیم در کشش، l_d ، برای آن قسمت از میلگردهایی که در خارج از هسته‌ی محصور شده قرار دارند، باید با ضریب $1/6$ افزایش داده شود.

طول آن قسمتی از l_d که داخل هسته قرار نمی گیرد، برابر است با:

$$l_{d \text{ out}} = 800 - 500 = 300 \text{ mm}$$

در نتیجه حداقل طول l برای میلگرد تقویتی برابر است با:

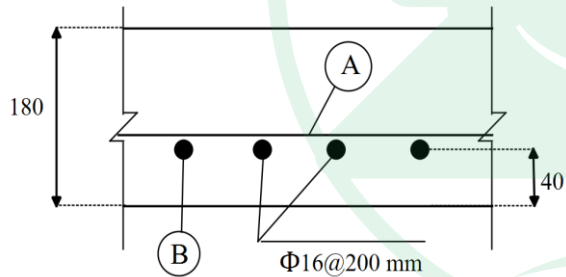
$$l = 1.6 * l_{d \text{ out}} + 500 = 1.6 * 300 + 500 = 980 \text{ mm}$$

پاسخ گزینه ۲ است.



سطح سوال: آسان

۳۷- مقاومت خمشی طراحی (ϕM_n) مقطع دال با مشخصات شکل زیر برای عرض واحد مربوط به میلگردهای لایه B به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ فرض کنید مقدار نیروی محوری برابر صفر، بتن از نوع C20، میلگرد از نوع S340 و ابعاد در شکل بر حسب میلی‌متر است.



- (۱) 30 kN.m
- (۲) 40 kN.m
- (۳) 50 kN.m
- (۴) 60 kN.m

سبزسازه



$$d = 180 - 40 = 140 \text{ mm}$$

$$C = T \rightarrow \alpha_0 f_c a b = A_s * f_y$$

$$\rightarrow a = \frac{A_s f_y}{\alpha_0 f_c b} = \frac{5 * \pi * \frac{16^2}{4} * 340}{0.85 * 20 * 1000} = 20.1 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0.9 * 5 * \pi * \frac{16^2}{4} * 340 * \left(140 - \frac{20.1}{2} \right) = 39.97 \text{ kN.m}$$

پاسخ گزینه ۲ است.

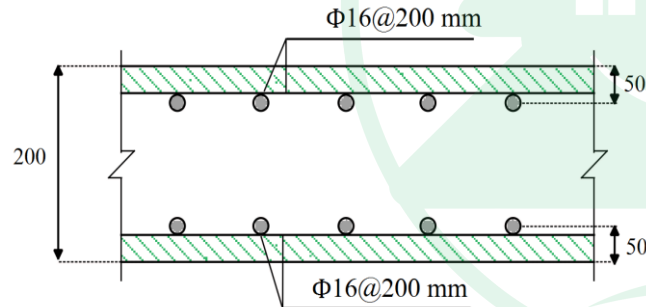
سبزسازه



سوال ۳۸

سطح سوال: متوسط

۳۸- در دیافراگم دال بتنی زیرزمین یک ساختمان با مشخصات مطابق شکل زیر و با فرض $\rho = 0.75$ ، مقدار مقاومت برشی طراحی داخل صفحه دیافراگم (ϕV_n) برای عرض واحد به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ بتن از نوع معمولی و درجا اجرا شده، میلگرد از نوع S400، بتن از نوع C25 و ابعاد در شکل به میلی‌متر است. فرض شود کل آرماتورها برای برش موثر هستند.



(۱) 1328 kN

(۲) 728 kN

(۳) 495 kN

(۴) 427 kN

سبزسازه



برای حل این سؤال از بند ۹-۱۴-۵-۳ و ۹-۱۴-۵-۳-۴ مبحث ۹ استفاده می‌کنیم:

۹-۱۴-۵-۳ در دیافراگم‌هایی که کاملاً درجا اجرا شده‌اند، مقدار V_n باید با استفاده از رابطه‌ی (۹-۱۴-۱) تعیین شود.

$$V_n = A_{cv} (\lambda \times 0.17 \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) \quad (9-14-1)$$

در این رابطه، A_{cv} سطح مقطع خالص برشی بتن است که به ضخامت و عمق دیافراگم محدود شده، و سطح فضاهای خالی در آن، در صورت وجود، کاسته می‌شود. مقدار $\sqrt{f'_c}$ که در محاسبه‌ی V_n به کار می‌رود، نباید از $8/3$ مگاپاسکال بیش‌تر باشد. همچنین، ρ_t نسبت آرماتور توزیع شده‌ی موازی برش داخل صفحه‌ی دیافراگم است.

۹-۱۴-۵-۴ در دیافراگم‌های درجا اجرا شده، ابعاد A_{cv} باید چنان انتخاب شوند که رابطه‌ی (۹-۱۴-۲) برقرار باشد:

$$V_u \leq 0.66 \phi A_{cv} \sqrt{f'_c} \quad (9-14-2)$$

که در آن، مقدار $\sqrt{f'_c}$ که در محاسبه‌ی V_n به کار می‌رود، نباید از $8/3$ مگاپاسکال بیش‌تر باشد.



$$\rho_t = \frac{2 * \pi * \frac{16^2}{4}}{200 * 200} = 0.01$$

$$A_{cv} = 200 * 1000 = 2 * 10^5 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_n = \phi A_{cv} (0.17 \lambda \sqrt{f_c} + \rho_t f_y) = 0.75 * 2 * 10^5 * (1 * 0.17 * \sqrt{25} + 0.01 * 400) = 727.5 \text{ kN}$$

$$\phi V_{nmax} = 0.66 \phi A_{cv} \sqrt{f_c} = 0.66 * 0.75 * 2 * 10^5 * \sqrt{25} = 495 \text{ kN}$$

پس مقدار ماکزیمم حاکم می شود.

پاسخ گزینه ۳ است.

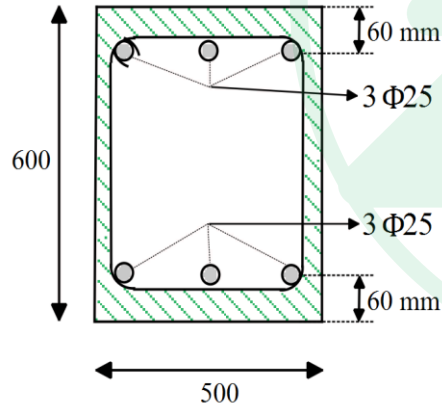
سبزسازه



سوال ۳۹

سطح سوال: آسان

۳۹- مقاومت برشی اسمی بتن معمولی (V_c) مقطع تیر بتنی شکل زیر بدون بار محوری وقتی فولاد عرضی کمتر از حداقل باشد، ($A_v < A_{vmin}$) به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ بتن از نوع C25 بوده و ابعاد در شکل به میلی متر است.



- (۱) 95 kN
- (۲) 115 kN
- (۳) 125 kN
- (۴) 155 kN

سبzsازه



برای حل این سؤال از بند ۲-۴-۸-۹ و ۴-۴-۸-۹ و ۵-۴-۸-۹ مبحث ۹ استفاده می کنیم:

۲-۴-۸-۹ برای اعضای بتنی که در آن‌ها از حداقل فولاد عرضی استفاده نشده باشد،
از رابطه‌ی (۱۳-۸-۹) تعیین می شود.

$$V_c = \left(0.66 \lambda_s \lambda (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right) b_w d \quad (13-8-9)$$

که λ_s ضریب اصلاح تاثیر اندازه بوده و بر اساس رابطه‌ی (۱۴-۸-۹) تعیین می شود.

۴-۴-۸-۹ V_c نباید بزرگتر از $0.42 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$ ، و یا کوچکتر از صفر در نظر گرفته شود.

۵-۴-۸-۹ ضریب اصلاح تاثیر اندازه، λ_s ، به صورت زیر تعیین می شود.

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + d/250}} \leq 1.0 \quad (14-8-9)$$



$$\lambda = 1$$

$$d = 600 - 60 = 540 \text{ mm}$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{3 * \pi * \frac{25^2}{4}}{500 * 540} = 5.45 * 10^{-3}$$

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d}{250}}} \leq 1 \rightarrow \lambda_s = 0.795$$

$$V_c = \min \begin{cases} 0.66 \lambda_s \lambda (\rho_w)^{\frac{1}{3}} \sqrt{f_c} b_w d = 0.66 * 0.795 * 1 * (5.45 * 10^{-3})^{\frac{1}{3}} * \sqrt{25} * 500 * 540 = 124.65 \\ 0.42 \lambda \sqrt{f_c} b_w d = 0.42 * 1 * \sqrt{25} * 500 * 540 = 567 \end{cases}$$

$$\rightarrow V_c = 124.65 \text{ kN}$$

پاسخ گزینه ۳ است.

سبzsازه



سطح سوال: متوسط

۴۰- در قاب خمشی بتنی ویژه حداقل طول مهارى در كشش (l_{dt}) ميلگرد آجدار سردار $\Phi 25$ با $f_y = 400 \text{ MPa}$ كه تمام ضوابط را رعايت كرده باشد، با مقاومت فشارى بتن معمولى $f_c = 30 \text{ MPa}$ ، بدون پوشش اپوكسى، با ضريب آرماتور موازى مساوى 1.6 و ضريب محل مهار برابر يك، به کدام يك از مقادير زير نزديك تر است؟

(۱) 520 mm

(۲) 415 mm

(۳) 550 mm

(۴) 695 mm

سبزسازه



برای حل این سؤال از بند ۹-۲۰-۶-۵-۵-۵ و ۹-۲۱-۳-۴ مبحث ۹ استفاده می‌کنیم:

۹-۲۰-۶-۵-۵-۵ در میلگردهای آجدار سَر دار که ضوابط بند ۹-۴-۱۰ را تامین می‌کنند، طول مهاری در کشش باید مطابق بند ۹-۲۱-۳-۴ و با منظور کردن $1.25f_y$ به جای f_y محاسبه گردد؛ ولی فاصله‌ی آزاد بین آن‌ها نباید کم‌تر از $3d_b$ در نظر گرفته شود.

سبزسازه



۲-۴-۳-۲۱-۹ طول گیرایی میلگردهای آجدار سَر دار در کشش، d_t نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کم‌تر باشد

الف- طول گیرایی محاسبه شده از رابطه‌ی زیر با ضرایب تصحیح ψ_e, ψ_c, ψ_p و ψ_o بر اساس ۳-۴-۳-۲۱-۹:

$$l_{at} = \frac{\psi_e \psi_c \psi_p \psi_o}{\lambda} \frac{0.032 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5} \quad (۴-۲۱-۹)$$

ب- هشت برابر قطر میلگرد و ۱۵۰ میلی متر، هر کدام بزرگ‌تر است.

۳-۴-۳-۲۱-۹ ضرایب تصحیح ψ_e, ψ_c, ψ_p و ψ_o بر اساس جدول ۶-۲۱-۹ تعیین می‌شوند. در این جدول A_{ts} مساحت کل میلگردهای سَر دار مهار شده بوده و A_{tt} در ۴-۴-۳-۲۱-۹ تعریف شده است.



جدول ۹-۲۱-۶ ضرایب اصلاح طول گیرایی میلگردهای آجدار سَر دار در کشش

ضریب اصلاح	شرایط	مقدار ضریب
ψ_e ضریب پوشش	برای میلگردهای با اندود اپوکسی یا با اندود دو گانه‌ای اپوکسی و روی	۱/۳
	برای میلگردهای بدون اندود و میلگردهای با اندود روی (گالوانیزه)	۱/۰
ψ_m ضریب آرماتور موازی	برای میلگردهای با قطر کوچک‌تر یا مساوی ۳۴ میلی متر با مهار در اتصالات تیر به ستون با $A_{ts} \geq 0.3A_{te}$ و یا مهار در هر اتصال با میلگردهای سَر دار که در آن فاصله‌ی میلگردهای مهار شده بیش از شش برابر قطر میلگرد باشد.	۱/۰
	برای سایر موارد	۱/۶
ψ_o ضریب محل مهار	برای میلگردهای سَر دار مهار شده در هسته‌ی ستون و با پوشش جانبی عمود بر صفحه‌ی قلاب بیش از ۶۵ میلی متر؛ و یا با پوشش جانبی عمود بر صفحه‌ی قلاب بیش از شش برابر قطر میلگرد	۱/۰
	برای سایر موارد	۱/۲۵
ψ_c ضریب مقاومت بتن	برای بتن با مقاومت کمتر از ۴۲ مگاپاسکال	$f'_c/105+0.6$
	برای بتن با مقاومت بزرگ‌تر یا مساوی ۴۲ مگاپاسکال	۱/۰



$$\lambda = 1$$

$$1.25f_y = 1.25 * 400 = 500 \text{ mpa}$$

$$\psi_p = 1.6$$

$$\psi_o = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$f_c = 30 < 42 \rightarrow \psi_c = \frac{f_c}{105} + 0.6 = 0.886$$

$$l_{dt} = \max \left\{ \frac{\psi_e \psi_c \psi_p \psi_o}{\lambda} * \frac{0.032(1.25f_y)}{\sqrt{f_c}} d_b^{1.5} = \frac{1 * 0.886 * 1.6 * 1}{1} * \frac{0.032 * 500}{\sqrt{30}} * 25^{1.5} \right.$$

$$8d_b = 8 * 25 = 200 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm}$$

$$\rightarrow l_{dt} = \max \left\{ \begin{array}{l} 517.6 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} \end{array} \right. = 517.6 \text{ mm}$$

بدون پوشش اپوکسی:

پاسخ گزینه ۱ است.

سبzsازه



سوال ۴۱

سطح سوال: آسان

۴۱- در یک تیر بتن آرمه از میلگردهای خمشی آجدار با قطر 20 میلی‌متر در ناحیه تحت کشش در یک ردیف استفاده شده است. چنانچه فاصله وجه کششی مقطع تا مرکز میلگردهای کششی 60 میلی‌متر باشد، با فرض $f_y = 400 \text{ MPa}$ ، حداکثر فاصله میلگردهای خمشی به منظور کنترل عرض ترک‌ها در ناحیه تحت کشش، بدون انجام محاسبات دقیق به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

(۱) 200 mm

(۲) 270 mm

(۳) 300 mm

(۴) 315 mm

سبزسازه



برای حل این سؤال از بند ۱-۳-۱۹-۹ و ۲-۳-۱۹-۹ مبحث ۹ استفاده می‌کنیم:

۱۹-۳ توزیع آرما تور خمشی و کنترل عرض ترک

۱-۳-۱۹-۹ در تیرها و دال‌های یک طرفه برای کنترل عرض ترک‌ها و میزان گسترده‌گی آن‌ها در ناحیه‌ی تحت کشش بتن، کافی است فاصله‌ی میلگردهای خمشی آجدار، s ، از حدودی که در زیر تعیین شده‌اند تجاوز نکند.

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c \quad (۴-۱۹-۹)$$

$$s = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right) \quad (۵-۱۹-۹)$$

در این روابط، f_s میزان تنش در آرما تور کششی زیر اثر بارهای بهره برداری بر حسب مگاپاسکال، و c_c کم‌ترین فاصله‌ی سطح میلگردهای کششی آجدار از وجه کششی عضو بر حسب میلی متر است.

۲-۳-۱۹-۹ در محاسبه‌ی تنش کششی f_s در آرما تورها، به جای محاسبه‌ی دقیق بر مبنای روابط سازگاری کرنش‌ها در ارتفاع مقطع، می‌توان آن را برابر با $\frac{2}{3} f_y$ به حساب آورد.



$$C_c = 60 - \frac{d_b}{2} = 60 - \frac{20}{2} = 50 \text{ mm}$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} * 400 = 266.67 \text{ mpa}$$

$$s = \min \begin{cases} 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5 C_c = 274 \\ 300 \left(\frac{280}{f_s} \right) = 315 \end{cases} \rightarrow s = 274 \text{ mm}$$

پاسخ گزینه ۲ است.

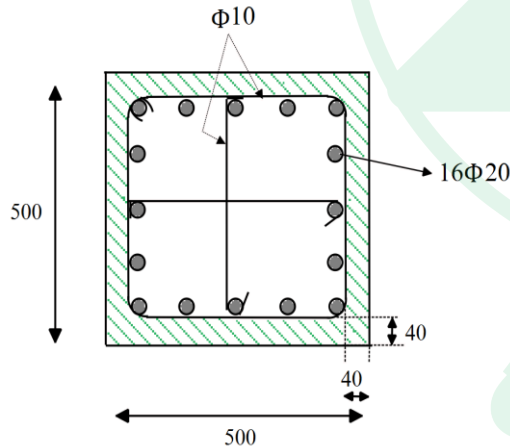
سبزسازه



سوال ۴۲

سطح سوال: سخت

۴۲- در یک سازه با سیستم قاب خمشی بتنی با شکل پذیری زیاد، مقطع یک ستون مطابق شکل زیر است. مقدار آرماتورهای عرضی برشی براساس حداکثر نیروهای برشی طراحی برابر $\frac{A_v}{s} = 2.1 \text{ mm}^2/\text{mm}$ محاسبه شده است. در صورتی که حداکثر نیروی محوری ضریب دار این ستون در ترکیب بارگذاری های زلزله و ثقلی برابر $P_u = 1250 \text{ kN}$ باشد، حداکثر فاصله آرماتورهای عرضی ویژه (S) در ناحیه بحرانی ستون با فرض آرماتور عرضی به قطر 10 mm به کدام یک از اعداد زیر نزدیک تر است؟ بتن از رده $C25$ و آرماتورها از رده $S400$ هستند. ابعاد در شکل به میلی متر است.



$$S = 90 \text{ mm} \quad (۱)$$

$$S = 110 \text{ mm} \quad (۲)$$

$$S = 120 \text{ mm} \quad (۳)$$

$$S = 70 \text{ mm} \quad (۴)$$



برای حل این سؤال از بند ۹-۲۰-۳-۳-۳-۳ و ۹-۲۰-۳-۳-۳-۳-۳-۳ استفاده می کنیم:

۹-۲۰-۳-۳-۳-۳ قطر آرماتورهای عرضی ویژه در ناحیه‌ی بحرانی باید مطابق بند ۹-۲۱-۳-۳ باشد. فاصله‌ی سفره‌ی میلگردهای عرضی از یک دیگر نباید بیش‌تر از مقادیر (الف) تا (پ) باشد:



الف- یک چهارم ضلع کوچک‌تر مقطع ستون؛

ب- شش برابر کوچک‌ترین قطر میلگرد طولی برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کوچک‌تر، و پنج برابر قطر کوچک‌ترین میلگرد طولی برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال.

پ- مقدار S_0 که از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود. S_0 باید کم‌تر از ۱۵۰ میلی متر باشد؛ ولی نیازی نیست که کم‌تر از ۱۰۰ میلی متر در نظر گرفته شود.

$$S_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \quad (۹-۲۰-۱)$$



۹-۲۰-۶-۳-۴ مقدار آرماتور عرضی ویژه‌ی لازم در ناحیه‌ی بحرانی برای دورگیرهای چند ضلعی باید مطابق (الف) و (ب) زیر محاسبه گردد:

الف- در صورتی که $P_u \leq 0.3A_g f'_c$ و $f'_c \leq 70 \text{ MPa}$ باشد، مقدار A_{sh}/sb_c باید برابر با بیش‌ترین مقدار دو رابطه‌ی (۹-۲۰-۲) و (۹-۲۰-۳) باشد.

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (۹-۲۰-۲)$$

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \quad (۹-۲۰-۳)$$

$$f_c = 25 \text{ mpa} < 70 \text{ mpa}$$

$$P_u = 1250 < 0.3f_c A_g = 0.3 * 25 * 500^2 = 1875$$

$$A_{ch} = (500 - 2 * 40)^2 = 176400 \text{ mm}^2$$

$$b_c = 500 - 2 * 40 = 420 \text{ mm}$$



$$\frac{A_{sh}}{s_1 b_c} = \max \left\{ \begin{aligned} 0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}} &= 0.3 \left(\frac{500^2}{176400} - 1 \right) \frac{25}{400} = 7.823 * 10^{-3} \\ 0.09 \frac{f_c}{f_{yt}} &= 0.09 \frac{25}{400} = 5.625 * 10^{-3} \end{aligned} \right.$$

$$\rightarrow \frac{A_{sh}}{s_1 b_c} = 7.823 * 10^{-3} \rightarrow s_1 = \frac{3 * \pi * \frac{10^2}{4}}{420 * 7.823 * 10^{-3}} = 71.71 \text{ mm}$$

$$h_x = \frac{500 - 2 * 40 - 2 * 10 - 20}{2} = 190 \text{ mm}$$

$$s_2 = \min \left\{ \begin{aligned} \frac{C_{min}}{4} &= \frac{500}{4} = 125 \text{ mm} \\ 6d_{bmin} &= 6 * 20 = 120 \text{ mm} &= 120 \text{ mm} \\ s_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) &= 100 + \frac{350 - 190}{3} = 153.3 \text{ mm} \end{aligned} \right.$$



$$\frac{A_v}{s_3} > 2.1 \rightarrow \frac{3 * \pi * \frac{10^2}{4}}{s_3} > 2.1 \rightarrow s_3 < 112.2 \text{ mm}$$

$$s = \min \begin{cases} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{cases} = \min \begin{cases} 71.71 \\ 120 \\ 112.2 \end{cases} = 71.71 \text{ mm}$$

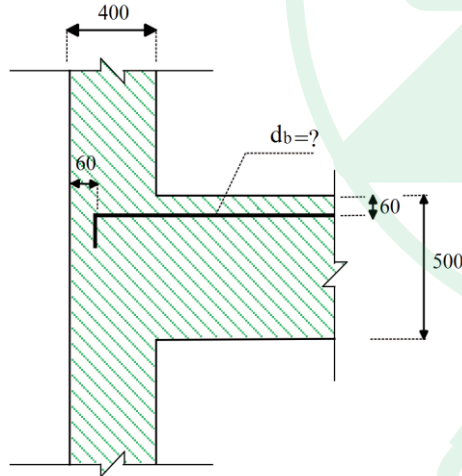
پاسخ گزینه ۴ است.

سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۴۳- در یک اتصال کناری تیر به ستون با مشخصات ارائه شده در شکل که مربوط به یک قاب خمشی بتنی با شکل پذیری زیاد است، حداکثر قطر قابل قبول آرماتور طولی تیر چه مقدار می تواند باشد؟ پوشش بتن روی میلگرد طولی در اتصال 60 میلی متر، بتن معمولی از نوع C25 و آرماتور از نوع S400 با قلاب استاندارد است. ابعاد در شکل به میلی متر است. مقدار $\psi_r \psi_e \psi_o = 1$ در نظر گرفته شود.



(۱) 18 mm

(۲) 20 mm

(۳) 22 mm

(۴) 25 mm



برای حل این سؤال از بند ۹-۲۰-۶-۵-۱ مبحث ۹ استفاده می کنیم:

۹-۲۰-۶-۵ طول گیرایی میلگردهای کششی

۹-۲۰-۶-۵-۱ طول گیرایی میلگردها، l_{dh} ، که به قلاب استاندارد ختم شده اند، باید با استفاده از رابطه‌ی (۹-۲۰-۱۱) محاسبه شود؛ ولی نباید کمتر از ۸ برابر قطر میلگرد و ۱۵۰ میلی متر اختیار گردد.

$$l_{dh} = f_y d_b / (5.4 \lambda \sqrt{f'_c}) \quad (۹-۲۰-۱۱)$$

$$l_{dhmax} = 400 - cover = 400 - 60 = 340 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_y d_b}{5.4 \lambda \sqrt{f'_c}} = \frac{400 d_b}{5.4 * 1 * \sqrt{25}} = 14.815 d_b \\ 8 d_b \\ 150 \text{ mm} \end{array} \right.$$

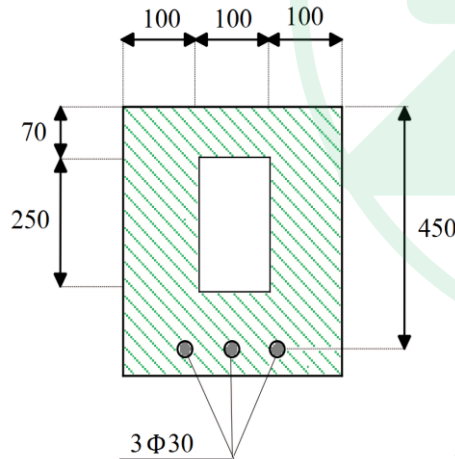
$$\rightarrow 14.815 d_b \leq 340 \rightarrow d_b \leq 22.95 \text{ mm}$$

پاسخ گزینه ۳ است.



سطح سوال: سخت

۴۴- در یک تیر بتنی مستطیلی $d = 450 \text{ mm}$, $b = 300 \text{ mm}$ و میلگردهای کششی $3\Phi 30$ است. در صورتی که برای عبور لوله‌های تاسیسات مجبور به ایجاد سوراخی به شکل زیر در تیر باشیم، مقدار مقاومت خمشی طراحی تیر در حالت وجود سوراخ چند درصد حالت بدون سوراخ خواهد بود؟
 رده بتن $C30$ و نوع فولاد میلگرد $S400$ بوده و تیر تحت نیروی محوری قرار ندارد. در شکل ابعاد به میلی‌متر است.



(۱) 100%

(۲) 93%

(۳) 83%

(۴) 73%



پاسخ ۴۴

در حالت بدون سوراخ:

$$\alpha_0 = 0.85$$

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{7}(f_c - 28) \geq 0.65 \rightarrow \beta_1 = 0.836$$

$$C = T \rightarrow \alpha_0 f_c \beta_1 x b = A_s f_y \rightarrow x = \frac{3 * \pi * \frac{30^2}{4} * 400}{0.85 * 30 * 0.836 * 300} = 132.6 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0.9 * 3\pi * \frac{30^2}{4} * 400 * \left(450 - \frac{0.836 * 132.6}{2} \right) = 301.22 \text{ kN.m}$$

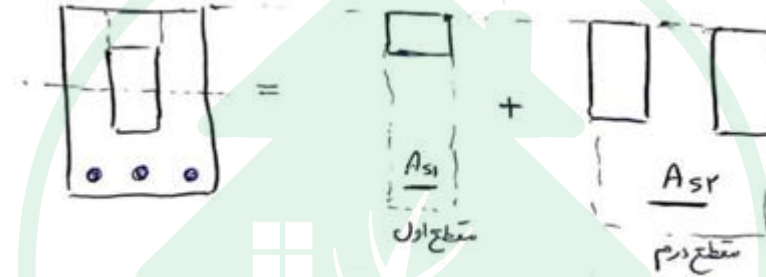
در حالت با سوراخ:

با توجه به این که در حالت بدون سوراخ $a = 0.836 * 132.6 = 110.85 \text{ mm}$ شد و از 70 mm فراتر رفت، پس در حالت با سوراخ نیز

$a > 70 \text{ mm}$ خواهد بود.

سبزسازه





$$A_s = 3 * \pi * \frac{30^2}{4} = 2120.57 = A_{s1} + A_{s2}$$

$$A_{s1} = \frac{0.85f_c * 70 * 100}{400} = 446.25 \text{ mm}^2$$

$$\phi M_{n1} = \phi A_{s1} f_y \left(d - \frac{70}{2} \right) = 0.9 * 446.25 * 400 * \left(450 - \frac{70}{2} \right) = 66.67 \text{ kN.m}$$

$$A_{s2} = A_s - A_{s1} = 2120.57 - 446.25 = 1674.32 \text{ mm}^2$$

ابتدا در مورد مقطع اول:

در مورد مقطع دوم:



$$a = \frac{A_{s2} * f_y}{0.85 * f_c * b} = \frac{1674.32 * 400}{0.85 * 30 * 200} = 131.32 \text{ mm}$$

$$\phi M_{n2} = \phi A_{s2} f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0.9 * 1674.32 * 400 * \left(450 - \frac{131.32}{2} \right) = 231.66 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = \phi M_{n1} + \phi M_{n2} = 66.67 + 231.66 = 298.33 \text{ kN.m}$$

نسبت مقاومت خمشی طراحی تیر در حالت سوراخ‌دار به حالت بدون سوراخ برابر است با:

$$\frac{\phi M_n(\text{with hole})}{\phi M_n(\text{without hole})} = \frac{298.33}{301.22} = 0.99$$

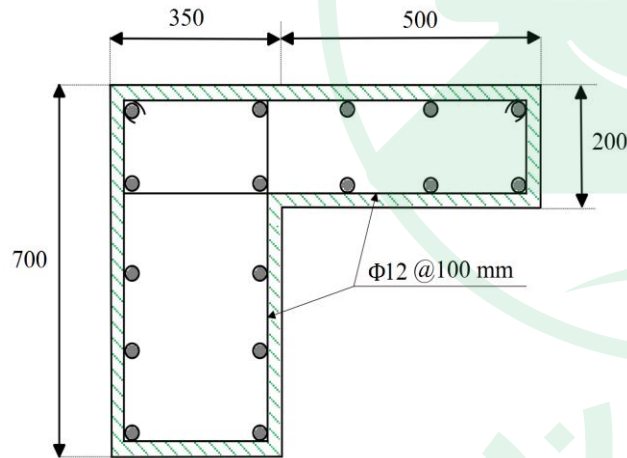
پاسخ گزینه ۱ است.

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۴۵- یک تیر بتنی مجزا، از بتن سبک دارای مقطع زیر می‌باشد. نسبت لنگر پیچشی ترک‌خوردگی مقطع در حالتی که نیروی محوری کششی 300 kN به مقطع وارد شود، به حالتی که نیروی محوری به مقطع وارد نشود، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ رده بتن $C20$ و جرم مخصوص آن 1800 kg/m^3 است. همچنین در شکل ابعاد به میلی‌متر است.



(۱) 0.54

(۲) 0.76

(۳) 1.31

(۴) 1.86

سبzsازه



برای حل این سؤال از بند ۹-۸-۶-۲-۲ مبحث ۹ استفاده می‌کنیم:

۹-۸-۶-۲ پیچش ترک خوردگی، T_{cr} ، برای مقاطع توپر و تو خالی بر اساس رابطه‌های (۹-۸-۲۹) محاسبه می‌شود. در این رابطه‌ها، مقدار N_u معرف نیروی محوری است که برای فشار، مثبت فرض شده، و برای کشش، منفی در نظر گرفته می‌شود.

- بدون حضور نیروی محوری:

$$T_{cr} = 0.33\lambda\sqrt{f'_c}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right) \quad (۹-۸-۲۹\text{-الف})$$

- با حضور نیروی محوری:

$$T_{cr} = 0.33\lambda\sqrt{f'_c}\left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}\right)\sqrt{1+\frac{N_u}{0.33A_g\lambda\sqrt{f'_c}}} \quad (۹-۸-۲۹\text{-ب})$$



$$W_c = 1800 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \lambda = 0.00046 W_c \leq 1 \rightarrow \lambda = 0.828$$

$$A_g = 200 * 850 + 500 * 350 = 345000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{T_{cr}(N_u = 300)}{T_{cr}(N_u = 0)} = \frac{0.33\lambda\sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33A_g\lambda\sqrt{f_c}}}}{0.33\lambda\sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)} = \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33A_g\lambda\sqrt{f_c}}} = \sqrt{1 - \frac{300 * 10^3}{0.33 * 345000 * 1 * \sqrt{20}}} = 0.537$$

پاسخ گزینه ۱ است.

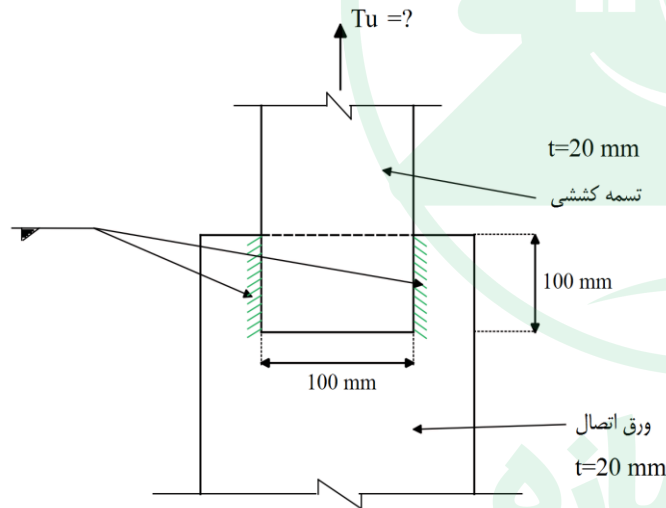
سبزسازه



سوال ۴۶

سطح سوال: متوسط

۴۶- فقط براساس کنترل مقاومت طراحی تسمه کششی، حداقل بار نهایی (T_u) قابل تحمل توسط تسمه کششی با $F_u = 360MPa$ و $F_y = 235MPa$ که با استفاده از جوش‌های گوشه یک‌طرفه به ورق اتصال جوش شده است. به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ در شکل ابعاد به میلی‌متر است. ضخامت تسمه کششی و ورق اتصال برابر ۲۰ میلی‌متر است. (روش $LRFD$ مد نظر است).



۱) 560 kN

۲) 420 kN

۳) 360 kN

۴) 405 kN



براساس بند ۱۰-۲-۳-۴ و جدول ۱۰-۲-۳-۱ ردیف ۴ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

$$T_u \leq \min \begin{cases} 0.9f_y * A_g \\ 0.75f_u * A_n \\ 0.05f_u * A_e \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_y = 235 \text{ mpa} \\ A_g = b * t = 100 * 20 = 2000 \text{ mm}^2 \\ f_u = 360 \text{ mpa} \\ A_n = A_g = 2000 \text{ mm}^2 \\ u \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} l = 100 \text{ mm} \\ w = 100 \text{ mm} \rightarrow u = \frac{3 * 100^2}{(3 * 100^2 + 100^2)} * (1 - \frac{10}{100}) = 0.675 \\ \bar{x} = \frac{t_p}{2} = \frac{20}{2} = 10 \\ A_e = u * A_n = u * A_g = 0.675 * 2000 = 1350 \text{ mm}^2 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\rightarrow T_u \leq \min \begin{cases} 0.9 * 235 * 2000 * 10^{-3} = 423 \text{ kN} \\ 0.75 * 360 * 2000 * 10^{-3} = 540 \text{ kN} \\ 0.75 * 360 * 1350 * 10^{-3} = 364.5 \text{ kN} \end{cases}$$

$$T_u \leq 364.5 \text{ kN}$$

بنابراین گزینه ۳ صحیح است.



سوال ۴۷

سطح سوال: آسان

۴۷- در یک عضو محوری فشاری با مقطع دارای دو محور تقارن، تنش فشاری ناشی از کمانش پیچشی برابر $F_{cr} = 0.6F_y$ محاسبه شده است. مقدار تنش کمانش پیچشی الاستیک (F_e) این عضو به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

$$F_e = 0.44F_y \quad (۱)$$

$$F_e = 0.73F_y \quad (۲)$$

$$F_e = 0.64F_y \quad (۳)$$

$$F_e = 0.82F_y \quad (۴)$$

سبزسازه



براساس بند ۱۰-۲-۴-۳ میحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

تنش بحرانی ضربیی از تنش تسلیم است در نتیجه می توان از رابطه مقابل استفاده کرد:

$$F_{cr} = 0.6f_y = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) * f_y$$

$$\rightarrow \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) = 0.6$$

از طرفین رابطه l_n گرفته می شود:

$$\frac{F_y}{F_e} * l_n(0.658) = l_n(0.6)$$

$$\frac{F_y}{F_e} (-0.4186) = -0.5109$$

سبزسازه



$$\rightarrow \frac{F_y}{F_e} = 1.22$$

$$\rightarrow \frac{F_e}{F_y} = \frac{1}{1.22} = 0.82$$

بنابراین گزینه ۴ صحیح است.

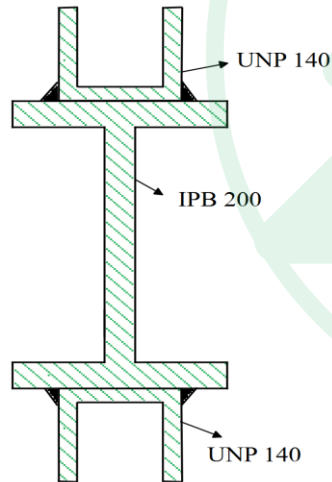
سبزسازه



سوال ۴۸

سطح سوال: آسان

۴۸- اساس مقطع پلاستیک مرکب (ساخته شده از سه نیمرخ نوردشده با تنش تسلیم یکسان) شکل زیر نسبت به محور قوی به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟



۱) $1120 * 10^3 mm^3$

۲) $700 * 10^3 mm^3$

۳) $880 * 10^3 mm^3$

۴) $830 * 10^3 mm^3$

سبzsازه



براساس مفاهیم مربوط به محاسبه اساس مقطع پلاستیک:

$$Z = Z_{IPB200} + 2(A * y)_{UNP140}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_{IPB200} = 643 * 10^3 mm^3 \\ A_{UNP140} = 2040 mm^2 \\ e_y = 17.5 mm \\ y = \left(\frac{200}{2} + e_y \right) = 100 + 17.5 = 117.5 mm \end{array} \right.$$

$$Z = 643 * 10^3 + 2(2040 * 117.5) = 1122.4 * 10^3 mm^3$$

بنابراین گزینه ۱ صحیح است.

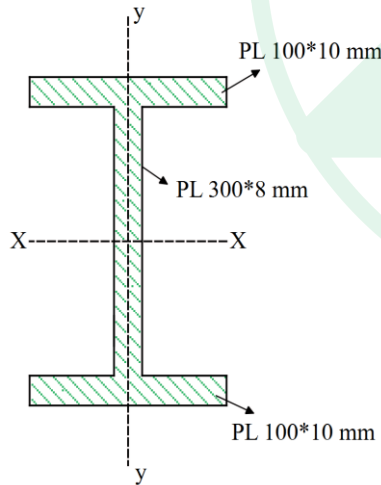
سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۴۹- مقاومت خمشی طراحی حول محورهای قوی و ضعیف تیرورق شکل زیر با $f_y = 235$ به طول 6 متر با فرض تامین تکیه گاه جانبی کافی در سرتاسر طول تیر، بر حسب کیلونیوتن متر به کدام از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ (روش $LRFD$ مد نظر است.)

$$z_{y,y} = 54800 \text{ mm}^3, z_{x,x} = 490000 \text{ mm}^3, s_{y,y} = 33589 \text{ mm}^3, s_{x,x} = 412917 \text{ mm}^3$$



(۱) 11 و 104

(۲) 9 و 104

(۳) 9 و 87

(۴) 11 و 87

سبzsازs



بر اساس بند ۲-۵-۲-۱۰ و بند ۶-۵-۲-۱۰ و جدول ۳-۲-۲-۱۰ و ۴-۲-۲-۱۰ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

ابتدا باید نوع مقطع از منظر فشرده یا غیرفشرده بودن بال‌ها و جان‌ها بررسی شود:

اول: بررسی فشردگی بال:

$$\frac{b_f}{2t} = \frac{100}{2 * 10} = 5 \leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 * \sqrt{\frac{2 * 10^5}{235}} = 10.97$$

بال‌ها فشرده هستند.

سبزسازه



ادامه پاسخ ۴۹

دوم: کنترل فشردگی جان:

$$\frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300}{8} = 37.5 \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 * \sqrt{\frac{2 * 10^5}{235}} = 109.7$$

جان مقطع فشرده است.

سبزسازه



محاسبه مقاومت خمشی حول محور x :

$$m_u \leq \phi * m_n = 0.9 * z_x * f_y = 0.9 * 490000 * 235 * 10^{-6} = 103.65 kN.m$$

محاسبه مقاومت خمشی حول محور (y) ضعیف (از بند ۱۰-۲-۵-۶) :

چون بالها فشرده هستند فقط کافی است حالت الف مبنا قرار گیرد.

$$\begin{aligned} m_u &\leq \phi * m_n = \phi * \min \left\{ \begin{array}{l} F_y * z_y \\ 1.6 F_y * s_y \end{array} \right. \\ &= 0.9 * \min \left\{ \begin{array}{l} 235 * 54800 * 10^{-6} = 12.88 \\ 1.6 * 235 * 33589 * 10^{-6} = 12.63 \end{array} \right. \\ &= 0.9 * 12.63 = 11.37 kN.m \end{aligned}$$

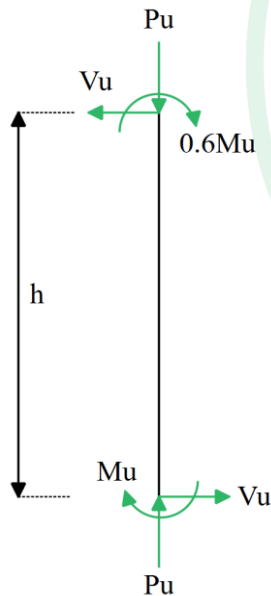
بنابراین گزینه ۱ صحیح است.

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۵۰- در تیر ستون فولادی شکل زیر فرض کنید تکیه‌گاه‌های جانبی فقط در ابتدا و انتهای آن قرار دارند. ضریب اصلاح کمانش پیچشی- جانبی این تیر ستون به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ فرض کنید مقطع تیر ستون دارای دو محور تقارن است.



۱) 1.25

۲) 1.33

۳) 1.67

۴) 2.2

سبزسازه



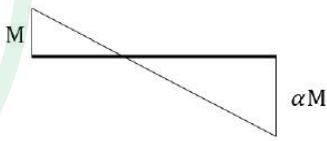
بر اساس بند ۱۰-۲-۵-۱-۳ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱ و جداول آماده ایبوک فولاد:

$$\alpha = \frac{1}{0.6} = 1.667$$

$$1 \leq \alpha = 1.667 \leq 3$$

$$c_b = \frac{12.5\alpha}{(6\alpha) - 0.5}$$

$$= \frac{12.5 * 1.667}{(6 * 1.667) - 0.5} = 2.2$$

تغییرات لنگر در طول L_b	C_b از رابطه (1-5-2-10)
	$\alpha = 1 \Rightarrow C_b = 2.273$
	$1 \leq \alpha \leq 3 \Rightarrow C_b = \frac{12.5\alpha}{6\alpha - 0.5}$
	$\alpha = 3 \Rightarrow C_b = 2.143$
	$\alpha \geq 3 \Rightarrow C_b = \frac{12.5\alpha}{7.5\alpha - 5}$

بنابراین گزینه ۴ صحیح است.

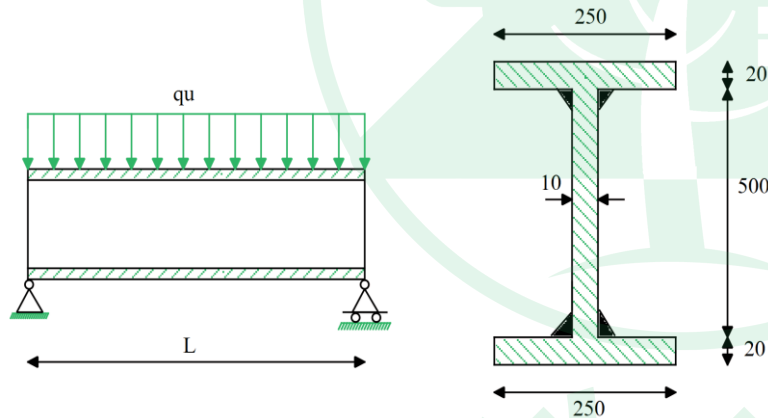
سبزسازه



سوال ۵۱

سطح سوال: سخت

۵۱- فرض کنید تیر نشان داده شده در شکل زیر بدون سخت کننده های عرضی از مقاومت برشی اسمی کافی برخوردار نیست. از طریق تعبیه سخت کننده های عرضی در جان تیر با فاصله آزاد 500 میلی متر از یکدیگر حدوداً می توان چند درصد مقاومت برشی اسمی این تیر را افزایش داد؟ در شکل ابعاد به میلی متر، $E = 2 * 10^5 MPa$ و $F_y = 240 MPa$ است.



(۱) 22

(۲) 12.5

(۳) 10

(۴) صفر



مطابق بند ۱۰-۲-۶-۲ و بند ۱۰-۲-۶-۲-۲ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

ابتدا مقاومت برشی اسمی بدون در نظر گرفتن سخت کننده محاسبه می شود:

$$V_n = 0.6 * f_y * A_w * C_{v1}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_y = 240 \text{ mpa} \\ A_w = d * t_w = 540 * 10 = 5400 \text{ mm}^2 \\ \frac{h}{t_w} = \frac{500}{10} = 50 \\ 1.1 \sqrt{\frac{k_v * E}{f_y}} = 1.1 \sqrt{\frac{5.34 * 2 * 10^5}{240}} = 73.4 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1.1 \sqrt{\frac{k_v * E}{f_y}} \rightarrow C_{v1} = 1$$

$$V_n = 0.6 * 240 * 5400 * 1 * 10^{-3} = 777.6 \text{ kN}$$



ادامه پاسخ ۵۱

بر اساس بند ۱۰-۲-۶-۲ در حالت برقرار بودن شرایط در نظر گرفتن اثر میدان کششی نیز داریم:

$$\rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1.1 \sqrt{\frac{k_v * E}{f_y}} \rightarrow V_n = 0.6 * f_y * A_w$$

به عبارت دیگر ضریب C_v در این حالت برابر عدد یک فرض شده است.

تا این مرحله، از آنجایی که حداکثر مقدار ضریب C_v برابر واحد می باشد و در این تست نیز بدون سخت کننده همین مقدار برقرار است، در نتیجه تعبیه سخت کننده (با لحاظ یا عدم لحاظ پدیده میدان کشش) نمی تواند موجب افزایش مقاومت برشی گردد.

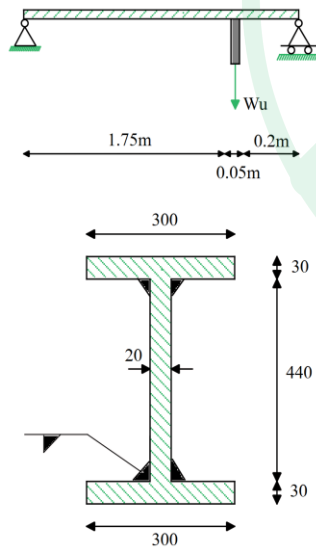
بنابراین گزینه ۴ صحیح است.

سبزسازه



سطح سوال: سخت

۵۲- برای آویختن جسمی به وزن W_u (با در نظر گرفتن ضریب بار) از نقطه‌ای از سقف، صفحه اتصالی به ابعاد $200 \times 200 \times 50\text{mm}$ مطابق شکل به تیر فولادی با مقطع زیر وصل شده است. در صورتی که صفحه اتصال و کلیه جوش‌ها دارای مقاومت کافی برای تحمل نیروی W_u باشند. بر اساس روش $LRFD$ حداکثر نیروی متمرکز W_u که تیر بدون تعبیه سخت‌کننده عرضی می‌تواند تحمل کند، به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ تنش تسلیم فولاد جان 275MPa و فولاد بال 235MPa است. در شکل ابعاد مقطع تیر به میلی‌متر است.



(۱) 595 kN

(۲) 688 kN

(۳) 797 kN

(۴) 1190 kN



مطابق بندهای ۱۰-۲-۹-۱۰ و بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۲ مبحث دهم ویرایش ۹۲:

نیروی وارد شده کششی است و در این تست مقاومت در برابر خمش موضعی بال تیر و مقاومت در برابر تسلیم موضعی جان تیر (که در برابر نیروهای کششی کنترل می‌شوند) بررسی شده و کمترین عدد به عنوان جواب انتخاب می‌شود.

بررسی مقاومت در برابر خمش موضعی بال تیر:

$$R_u \leq \phi * R_n \quad \text{و} \quad \phi = 0.9$$

$$e = 0.2 + \frac{0.05}{2} = 0.225m = 225mm$$

$$10t_{fb} = 10 * 30 = 300mm$$

$$\rightarrow e < 10t_{fb}$$

$$\rightarrow R_n = 0.5 * 6.25 * t_{fb}^2 * f_{yb}$$

$$= 3.125 * 30^2 * 235 * 10^{-3} = 660.94kN$$



ادامه پاسخ ۵۲

$$\phi * R_n = 0.9 * 660.94 = 594.85kN$$

کنترل: در صورتی که:

$$b_1 \leq 0.15b_{fb}$$

آنگاه کنترل برای خمش موضعی بال تیر ضرورتی ندارد.

$$\begin{cases} b_1 = 200mm \\ b_{fb} = 300mm \end{cases}$$

$$\rightarrow 200 \leq 0.15 * 300 = 45mm \quad N.ok$$

در نتیجه باید مقاومت در برابر خمش موضعی بال تیر لحاظ گردد.

بررسی مقاومت در برابر تسلیم موضعی جان تیر:

$$R_u \leq \phi * R_n \quad \text{و} \quad \phi = 1$$

$$e = 0.2 + \frac{0.05}{2} = 0.225m = 225mm$$

$$d_b = 500mm$$

سبزسازه



$$\rightarrow e < d_b$$

$$k = t_f = 30mm$$

$$l_b = 50mm$$

$$R_n = (2.5 * 30 + 50) * 20 * 275 * 10^{-3} = 687.5kN$$

$$\rightarrow \phi * R_n = 1 * 687.5 = 687.5kN$$

$$\min \begin{cases} 594.85kN \\ 687.5kN \end{cases} = 594.85kN$$

در نهایت:

بنابراین گزینه ۱ صحیح است.

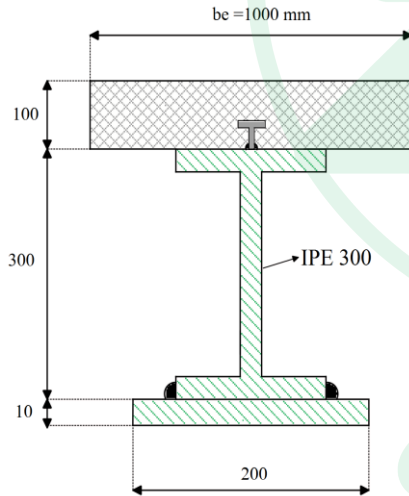
سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۵۳- براساس روش توزیع پلاستیک تنش، مقاومت خمشی مثبت اسمی (M_n) مقطع مختلط شکل زیر حدودا چقدر است؟ فرض نمائید تیر دارای عملکرد مختلط کامل بوده و سایر اطلاعات به شرح زیر هستند.

$$f_c = 25 \text{ MPa}, F_y = 240 \text{ MPa}, E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$



در شکل ابعاد به میلی متر است.

۱) 660 kN.m

۲) 550 kN.m

۳) 440 kN.m

۴) 330 kN.m



براساس بند ۱۰-۲-۸-۳-۳ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{248}{7.1} = 34.93$$

$$3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 * \sqrt{\frac{2 * 10^5}{240}} = 109$$

$$\rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

در نتیجه می‌توان از توزیع پلاستیک تنش استفاده نمود.

سبزسازه



ابتدا فرض می کنیم تارخشی پلاستیک در بتن واقع شده است:

$$0.85f_c * A_c > A_s * f_y$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_c = 25\text{mpa} \\ A_c = b_c * y_p = 1000y_p \\ A_s = A_{IPE300} + A_{plate} = 5380 + (200 * 10) = 7380\text{mm}^2 \\ f_y = 240\text{mpa} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow 0.85 * 25 * 1000 * y_p > 7380 * 240$$

$$\rightarrow y_p > 83.35\text{mm}$$

$$83.35 < 100 \text{ ok} \checkmark$$

فرض در بتن قرار گرفتن تار خشی پلاستیک تأیید می شود.

سبزسازه



در ادامه بدون در نظر گرفتن بتن ناحیه کششی مقاومت خمشی نوشته می شود:

$$M_n = \left(0.85 f_c * A_c * \frac{y_p}{2} \right) + (\Sigma A_s * f_y * d)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_c = b_e * y_p = 1000 * 83.35 = 83350 \text{ mm}^2 \\ y_p = 83.35 \text{ mm} \\ A_{s1} = 5380 \\ d_1 = \frac{d_b}{2} + t_s - y_p = \frac{300}{2} + 100 - 83.35 = 166.65 \text{ mm} \\ A_{s2} = 2000 \\ d_2 = d_1 + \frac{t_p}{2} + 150 = 166.65 + \frac{10}{2} + 150 = 321.65 \end{array} \right.$$

$$M_n = \left(0.85 * 25 * 83350 * \frac{83.35}{2} * 10^{-6} \right) + [(5380 * 166.65) * 240 + (2000 * 321.65) * 240] * 10^{-6}$$

$$= 73.82 + 369.57 = 443.4 \text{ kN}$$

بنابراین گزینه ۳ صحیح است.

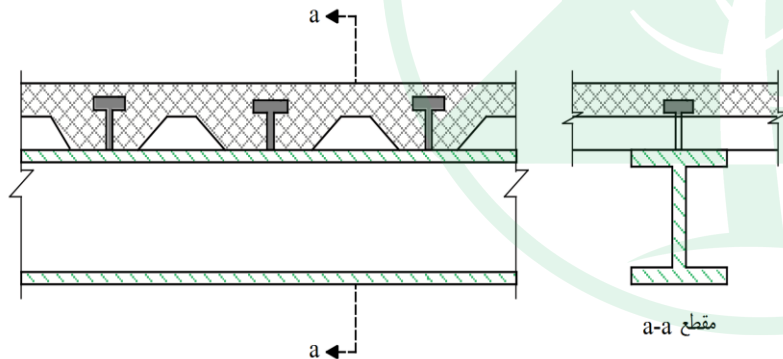


سوال ۵۴

سطح سوال: متوسط

۵۴- مشخصات بتن مصرفی و گل میخ $\Phi 19$ در سقف مختلط با عرشه فولادی به صورت زیر داده شده است. مقاومت برشی اسمی گل میخ به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟

$$f_c = 25 \text{ MPa}, E_c = 4700 \sqrt{f_c}, F_u = 400 \text{ MPa}$$



۱) 58 kN

۲) 68 kN

۳) 85 kN

۴) 108 kN

سبزسازه



مطابق ۱۰-۲-۸-۷-۲ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

$$Q_n = \min \left\{ \frac{0.5 A_{sa} * \sqrt{E_c * f_c}}{R_p * R_g * A_{sa} * f_u} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_{sa} = 3.14 * \frac{19^2}{4} = 283.39 \text{mm}^2 \\ E_c = 4700 \sqrt{25} = 23500 \text{mpa} \\ \text{کنگره‌ها عمود بر محور تیر فولادی هستند و تعداد گل‌میخ‌ها در محل تقاطع با تیر ۱ می‌باشد:} \\ R_p = 0.6 \\ R_g = 1 \\ f_u = 400 \text{mpa} \end{array} \right.$$

$$Q_n = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.5 * 283.39 * \sqrt{23500 * 25} * 10^{-3} = 108.6 \text{kN} \\ 0.6 * 1 * 283.39 * 400 * 10^{-3} = 68.02 \text{kN} \end{array} \right.$$

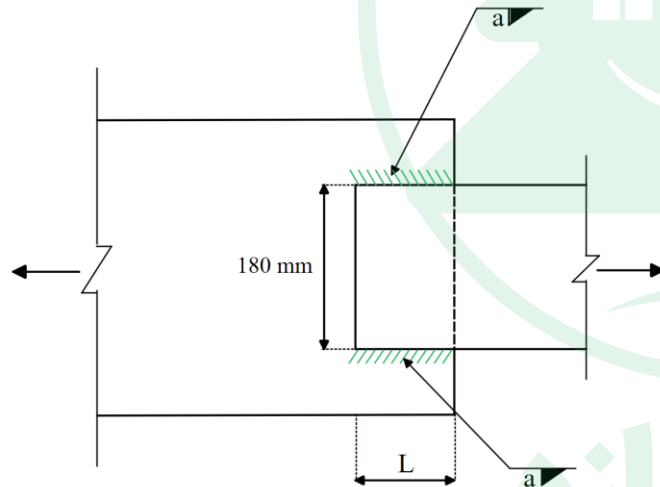
$$= 68.02 \text{kN}$$

بنابراین گزینه ۲ صحیح است.



سطح سوال: متوسط

۵۵- در شکل زیر، اتصال دو تسمه به یکدیگر نشان داده شده است. براساس کنترل مقاومت مصالح فلز جوش، کدام یک از گزینه‌های زیر از مقاومت کمتری برخوردار است؟ فرض کنید حداقل و حداکثر بعد جوش تامین شده و a بعد جوش گوشه (اندازه ساق جوش) است.



۱) $a = 8mm$, $L = 750mm$

۲) $a = 6mm$, $L = 1000mm$

۳) $a = 10mm$, $L = 600mm$

۴) $a = 12mm$, $L = 500mm$



بر اساس بند ۱۰-۲-۹-۲-۲-۲-۱۰ ب مورد ۴ و بند ۱۰-۲-۹-۲-۲-۲-۱۰ الف مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

بر اساس بند ۱۰-۲-۹-۲-۲-۲-۱۰ مقاومت جوش با سطح مقطع رابطه مستقیم دارد و سطح مقطع جوش گوشه از حاصلضرب طول موثر در گروی موثر جوش بدست می آید. بنابراین (با ثابت ماندن سایر پارامترها) گزینه ای مقاومت کمتری دارد که سطح مقطع موثر جوش آن کم باشد.

بررسی گزینه ۱:

$$L = 750mm$$

$$\frac{L}{a} = \frac{750}{8} = 93.75 < 100$$

$$A_e = L * 0.707a = 750 * (0.707 * 8) = 4242mm^2$$

بررسی گزینه ۲:

$$L = 1000mm$$

$$a = 6mm$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۵۵

$$\frac{L}{a} = \frac{1000}{6} = 166.67 > 100 \rightarrow \beta = 1.2 - .002 * 166 * 67 = 0.867$$

$$A_e = \beta * L * 0.707 * a = 0.867 * 1000 * 0.707 * 6 = 3678mm^2$$

بررسی گزینه ۳:

$$L = 600mm$$

$$a = 10mm$$

$$\frac{L}{a} = \frac{600}{10} = 60 < 100 \rightarrow L_e = 1 * 600 = 600mm$$

$$\rightarrow A_e = 600 * 0.707 * 10 = 4242mm^2$$

بررسی گزینه ۴:

$$L = 500mm$$

$$a = 12mm$$

سبzsازه



$$\frac{L}{a} = \frac{500}{12} = 41.67 < 100 \rightarrow l_e = 1 * 500 = 500mm$$

$$A_e = 500 * 0.707 * 12 = 4242mm^2$$

در نتیجه مقاومت گزینه ۲ کمتر است.

بنابراین گزینه ۲ صحیح است.

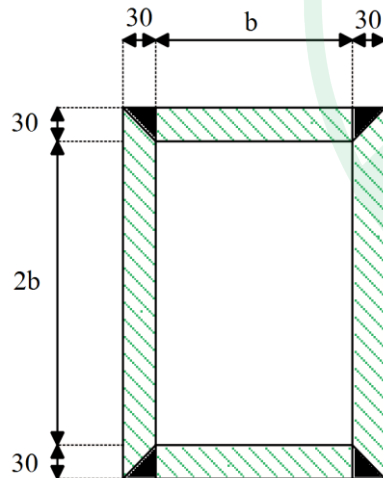
سبزسازه



سوال ۵۶

سطح سوال: متوسط

۵۶- فرض کنید برای اعضای مهاربندی یک ساختمان که سیستم مقاوم باربر لرزه‌ای آن از نوع قاب مهاربندی شده همگرای ویژه است، برای اعضای مهاربندی از مقطع شکل زیر استفاده شده است. حداکثر مقدار مجاز b به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟
در شکل ابعاد به میلی‌متر، $E = 2 * 10^5 MPa$ و $F_y = 340 MPa$ است.



(۱) 220mm

(۲) 238mm

(۳) 440mm

(۴) 465mm

سبzsازه



پاسخ ۵۶

بر اساس بند ۱۰-۳-۴-۲-۵ و ردیف ۳ جدول ۱۰-۳-۲-۴ و بند ۱۰-۲-۲-۴ پ و جدول ۱۰-۳-۲-۱ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

بر اساس بند ۱۰-۳-۴-۲-۵ مقطع بادبند باید فشرده لرزه ای با محدودیت نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{hd} باشد.

بادبند عضو محوری است (نه خمشی) در نتیجه کافی است برای بال و جان از همان ردیف ۳ استفاده می شود. (ردیف ۶ این جدول برای عضوی است که تحت خمش باشد).

کنترل فشردگی بال:

$$\frac{b}{t} \leq 0.65 \sqrt{\frac{E}{R_y * f_y}} = 0.65 * \sqrt{\frac{2 * 10^5}{1.15 * 340}} = 14.7$$

$$\rightarrow \frac{b}{30} \leq 14.7 \rightarrow b \leq 441mm$$

سبزسازه



ادامه پاسخ ۵۶

کنترل فشردگی جان:

$$\frac{2b}{t} \leq 0.65 \sqrt{\frac{E}{R_y * f_y}} = 14.7$$

$$\rightarrow \frac{2 * b}{30} \leq 14.7 \rightarrow b \leq 220.5$$

$$\text{در مجموع } b \leq \min \begin{cases} 441 \\ 220.5 \end{cases}$$

$$b \leq 220.5 \text{ mm}$$

بنابراین گزینه ۱ صحیح است.

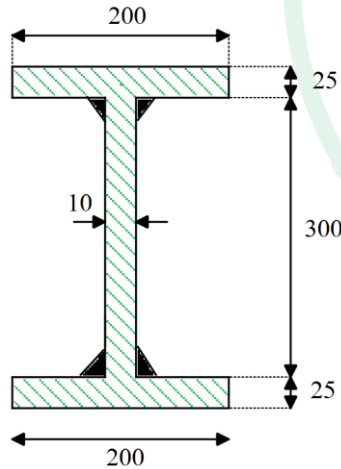
سبزسازه



سوال ۵۷

سطح سوال: متوسط

۵۷- در یک قاب خمشی فولادی ویژه برای تیرهای یکی از دهانه‌ها از مقطع شکل زیر استفاده شده است. در این تیر با اتصال گیردار در دو انتها، حداکثر فاصله مهارهای جانبی در محدوده خارج از نواحی محافظت‌شده، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ ابعاد در شکل به میلی‌متر، $E = 2 \times 10^5 MPa$ و $F_y = 340 MPa$ است. فرض کنید در این فاصله به خاطر بزرگ بودن مقدار C_b ، در تیر حالت حدی کمانش پیچشی - جانبی تعیین‌کننده نخواهد بود.



۱) $3.6m$

۲) $2.5m$

۳) $2.2m$

۴) $1.6m$

سبzsازه



مطابق بند ۱۰-۳-۲-۸-۲-الف و جدول ۱۰-۳-۲-۱۰ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

$$l_b \leq 0.086 * r_y * \frac{E}{R_y * f_y}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{\left(2 * 25 * \frac{200^3}{12}\right) + \left(300 * \frac{10^3}{12}\right)}{(2 * 200 * 25) + (300 * 10)}} = 50.66mm$$

$$\rightarrow l_b \leq 0.086 * 50.66 * \frac{2 * 10^5}{1.15 * 340} = 2228mm \simeq 2.2m$$

بنابراین گزینه ۳ صحیح است.

سبزسازه



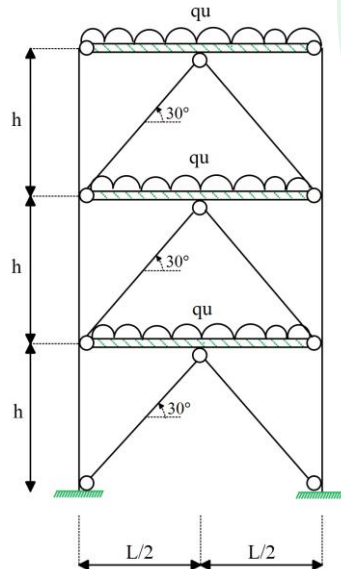
سطح سوال: آسان

۵۸- در قاب مهاربندی شده همگرای ویژه شکل زیر، اگر مقدار بارهای تقبی در واحد طول تیر با ضرایب بار در حضور زلزله برابر q_u بوده و برای اعضای مهاربندی $F_{cre} = 0.6R_yF_y$ باشد، تیرهای دهانه های مهاربندی باید برای چه نیروی برشی طراحی شوند؟ (روش $LRFD$ مد نظر است).

A_g = سطح مقطع اعضای مهاربندی

F_y = تنش تسلیم مشخصه فولاد اعضای مهاربندی

R_y = نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم مشخصه اعضای مهاربندی



$$\frac{q_u l}{2} + 0.08R_yF_yA_g \quad (۱)$$

$$\frac{q_u l}{2} + 0.8R_yF_yA_g \quad (۲)$$

$$\frac{q_u l}{2} + 0.4R_yF_yA_g \quad (۳)$$

$$\frac{q_u l}{2} + 0.2R_yF_yA_g \quad (۴)$$



مطابق بند ۱۰-۳-۴-۳-۲-۳ ب مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

جهت محاسبه نیروی برشی تیر، باید از تحلیل (ب) که بحرانی تر می شود استفاده نمود:

$$\alpha_s = 1$$

$$v_u = \frac{q_u * l}{2} + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{R_y \cdot f_y \cdot A_g}{\alpha_s} \right) - \frac{0.3 * 1.14 * F_{cre} * A_g}{\alpha_s} \right] * \sin \theta$$

$$\theta = 30^0$$

$$v_u = \frac{q_u * l}{2} + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{R_y \cdot f_y \cdot A_g}{\alpha_s} \right) - \frac{0.3 * 1.14 * 0.6 R_y F_y * A_g}{\alpha_s} \right] \frac{1}{2}$$

$$= \frac{q_u * l}{2} + \frac{1}{4} (1 - 0.2052) R_y \cdot f_y \cdot A_g$$

$$= \frac{q_u * l}{2} + 0.2 R_y \cdot f_y \cdot A_g$$

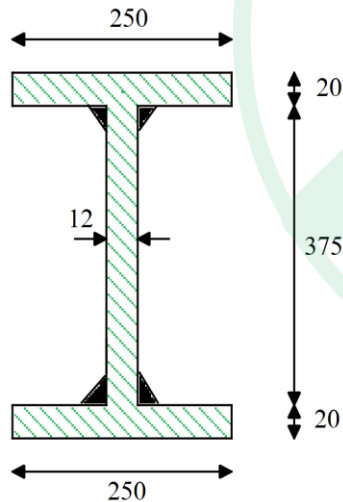
بنابراین گزینه ۴ صحیح است.



سوال ۵۹

سطح سوال: متوسط

۵۹- در یک قاب خمشی فولادی ویژه قرار است تیر با مقطع شکل زیر از اتصال گیردار مستقیم با مقطع کاهش یافته استفاده شود. اگر طول ناحیه کاهش یافته 330 میلی متر باشد. کدام یک از مقادیر زیر نمی تواند به عنوان شعاع برش انتخاب شود؟ در شکل ابعاد به میلی متر است.



270 mm (۱)

370 mm (۲)

470 mm (۳)

570 mm (۴)

سبزسازه



مطابق بند ۱۰-۳-۷-۲-۱ مورد ۹ و شکل ۱۰-۳-۷-۲ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

$$R = \frac{4c^2 + b^2}{8c}$$

اول چک می کنیم که b داده شده (طول ناحیه کاهش یافته) در محدوده مجاز آئین نامه باشد:

$$0.65d_b \leq b = 330 \leq 0.85d_b$$

$$0.65 * 415 = 269.8 \leq 330 \leq 0.85 * 415 = 352.75 \quad ok \checkmark$$

سپس حداقل و حداکثر مقدار c را مطابق آئین نامه محاسبه می کنیم:

$$0.1bfb \leq c \leq 0.25bfb$$

$$0.1 * 250 = 25 \leq c \leq 0.25 * 250 = 62.5$$

سبزسازه



با جایگذاری حداقل و حداکثر مقدار c ، حداقل و حداکثر اعداد برای R بدست می آید:

$$c = 25 \rightarrow R = \frac{4 * 25^2 + 330^2}{8 * 25} = 557mm$$

$$c = 62.5 \rightarrow R = \frac{4 * 62.5^2 + 330^2}{8 * 62.5} = 249.05$$

$$\rightarrow 249.05 \leq R \leq 557$$

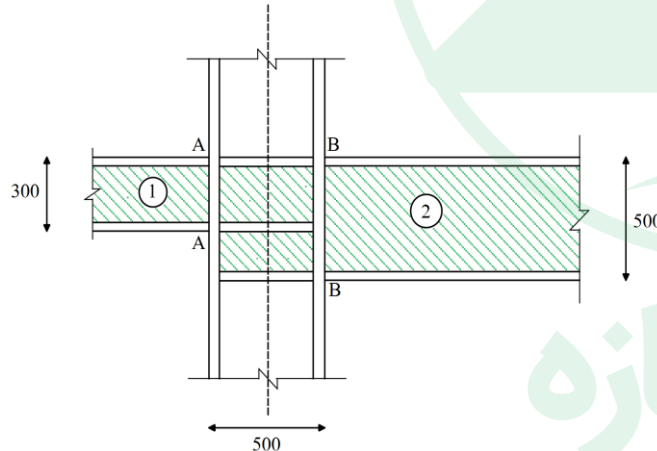
بنابراین گزینه ۴ صحیح است.

سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۶۰- شکل نشان داده شده به گره اتصالی در یک سازه فولادی با سیستم قاب خمشی فولادی ویژه مربوط است. بارهای ثقلی وارد بر تیرهای نشان داده شده (شامل وزن تیرها) ناچیز بوده و در محاسبات از آنها صرف نظر شده است. محاسبات نشان می دهند که مقاومت خمشی و برشی مورد نیاز اتصال برای تیر شماره یک، $M_u = 500 \text{ kN.m}$ و $V_u = 280 \text{ kN}$ و برای تیر شماره دو، $M_u = 950 \text{ kN.m}$ و $V_u = 370 \text{ kN}$ است. در این گره اتصال با فرض اینکه کنترل ضابطه تیر ضعیف-ستون قوی الزامی باشد، کوچکترین مقدار قابل قبول برای $\Sigma M^* p_c$ ، یعنی مجموع لنگرهای خمشی ستون های بالا و پائین گره اتصال در امتداد نشان داده شده به کدام یک از گزینه های زیر نزدیک تر است؟ در شکل ابعاد به میلی متر است.



۱) 1615 kN.m

۲) 1525 kN.m

۳) 1450 kN.m

۴) 1475 kN.m



مطابق بند ۱۰-۳-۳-۳-۶ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

مطابق این بند از آیین نامه، محل لنگرگیری، مرکزگره اتصال باید در نظر گرفته شود. همچنین جهت لنگرهای ستون با هم همسو در نظر گرفته می شود:

$$\Sigma M^* p_c > \Sigma M^* p_b = \left(950 + \left(370 * \frac{0.5}{2} \right) \right) + \left(500 + \left(280 * \frac{0.5}{2} \right) \right) = 1612.5 \text{ kN.m}$$

بنابراین گزینه ۱ صحیح است.

سبزسازه

