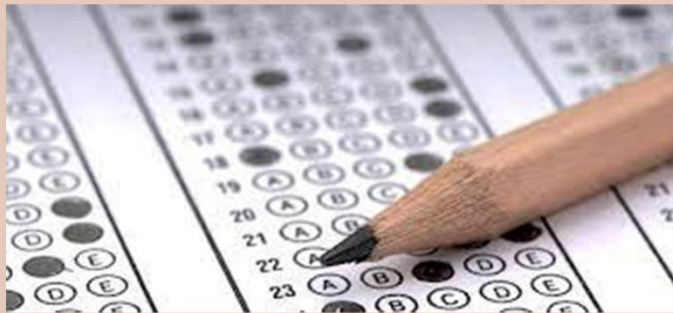




حل سوالات آزمون محاسبات نظام مهندسی

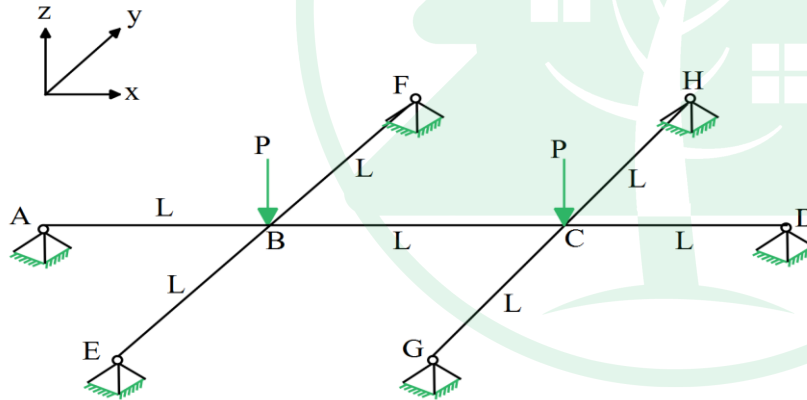


سبزسازه
شهریور ۱۴۰۱

سوال ۱

سطح سوال: با توجه به جدید بودن آن سخت

۱- درسازه شکل زیر کلیهٔ اعضاء دارای صلبیت خمشی EI و طول L هستند، در صورت ناچیز بودن سختی پیچشی، مقدار تغییر مکان زیر بارهای P در جهت Z کدام است؟



$$\frac{PL^3}{9EI} \quad (۱)$$

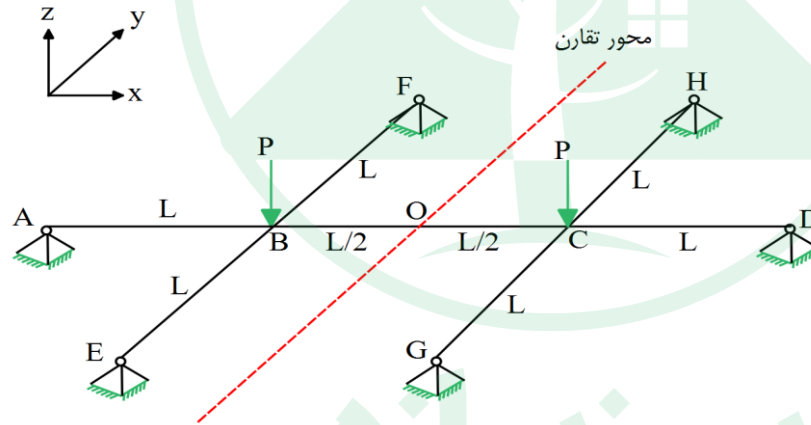
$$\frac{5PL^3}{36EI} \quad (۲)$$

$$\frac{PL^3}{6EI} \quad (۳)$$

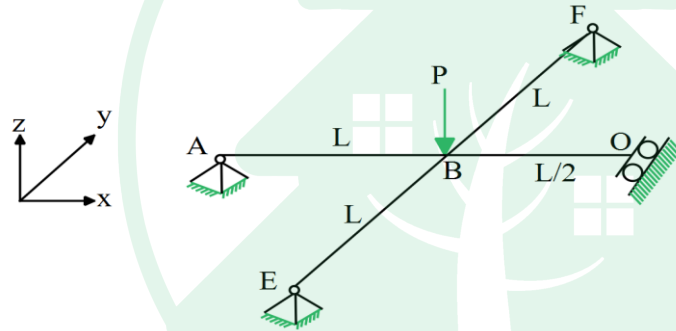
$$\frac{PL^3}{36EI} \quad (۴)$$



با کمی دقت می‌توان فهمید که سازه متقارن بوده و تحت بارگذاری متقارن قرار دارد، لذا بجای تحلیل کل سازه می‌توان سازه نیمه آن را تحلیل نمود. با توجه به داشتن خیز قائم و نداشتن شیب در محل محور تقارن از تکیه‌گاه لغزنده گیردار استفاده می‌کنیم بنابراین:



سازه نیمه به صورت زیر می باشد:

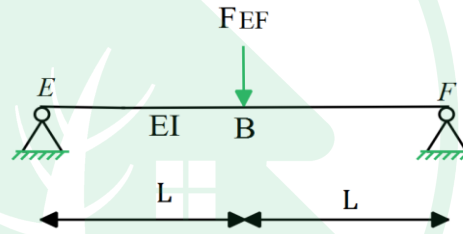


با توجه به برابر بودن خیز قائم دو تیر در نقطه B می توان فهمید عملکرد آنها به صورت فنرهای موازی بوده و ابتدا باید سختی انتقالی محل اثر نیرو در نقطه B را محاسبه نموده و در ادامه به راحتی خیز محل اثر نیروی P در نقطه B را محاسبه کنیم:

سبزسازه



طبق جدول روابط حفظی خیز در تیرهای دو سر مفصل تحت بار متمرکز در وسط داریم:



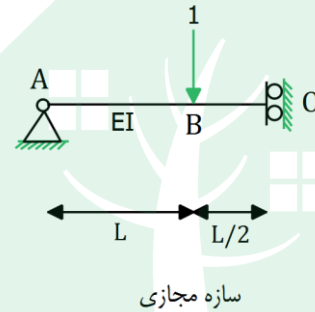
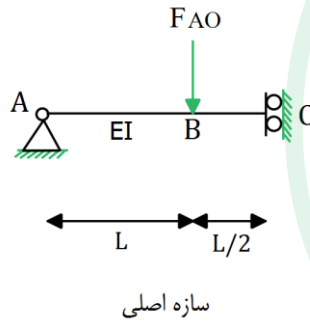
$$(\Delta_B)_{EF} = \frac{F_{EF} * (L_{EF})^3}{48EI} = \frac{F_{EF} * (2L)^3}{48EI}$$

$$(\Delta_B)_{EF} = 1 \quad , \quad F_{EF} = K_{EF}$$

$$1 = \frac{8 * K_{EF} * L^3}{48EI} \rightarrow 1 = \frac{K_{EF} * L^3}{6EI} \rightarrow K_{EF} = \frac{6EI}{L^3}$$



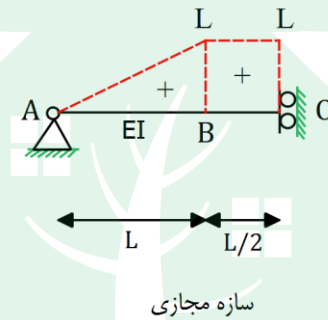
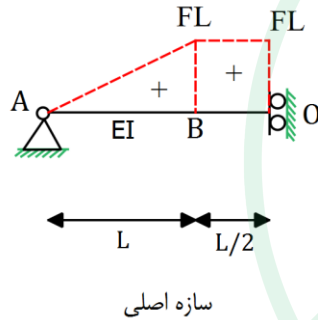
در ادامه سختی انتقالی عضو AO را محاسبه می کنیم: ابتدا باید خیز نقطه B در تیر AO را از روش کار مجازی محاسبه نموده و سپس سختی انتقالی آن را مشابه تیر EF بدست آوریم:



سبزسازه



رسم دیاگرام لنگر در سازه اصلی و مجازی برای عضو AO:



طبق جدول روش ترسیمی مور برای عضو AO داریم:

$$(\Delta_B)_{AO} = \frac{FL * L * L}{3EI} + \frac{FL * L * \frac{L}{2}}{EI} = \frac{5F_{AO}L^3}{6EI}$$

$$(\Delta_B)_{AO} = 1 \quad , \quad F_{AO} = K_{AO}$$



$$1 = \frac{5 * K_{AO} * L^3}{6EI} \rightarrow K_{AO} = \frac{6EI}{5L^3}$$

طبق روابط فنرهای موازی خیز محل اثر نیروی P در نقطه B به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\Delta_B = \frac{F}{\sum K} = \frac{P}{K_{AO} + K_{EF}} = \frac{P}{\frac{6EI}{5L^3} + \frac{6EI}{L^3}} = \frac{5PL^3}{36EI}$$

پاسخ سوال گزینه (۲)

سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۲- تحلیل الاستیک سازه نشان می دهد که بیشینه لنگر خمشی در ستون AB ، 1800 KN.m است. در گره D، واکنش تکیه گاهی در راستای y به کدام یک از گزینه های زیر نزدیک تر است؟ دو انتهای عضو AE مفصلی و اتصال مابقی اعضاء به یکدیگر گیردار (صلب) است. صلبیت خمشی کلیه اعضاء EI بوده و سختی محوری و برشی تمامی اعضاء بی نهایت فرض شود.

۱) 2300 KN

۲) 1700 KN

۳) 1850 KN

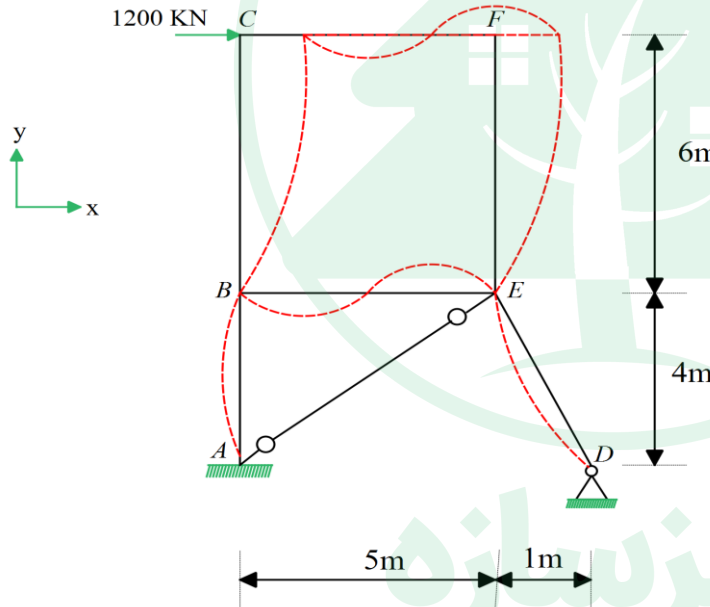
۴) 2150 KN

سبزسازه

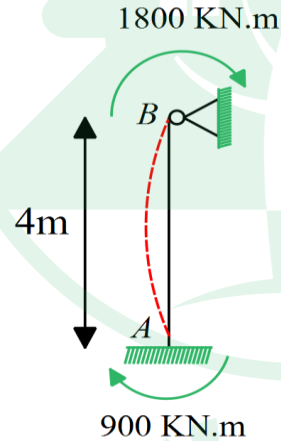


پاسخ ۲

با توجه به وجود عضو میله‌ای AE و بی‌نهایت بودن تغییر شکل محوری آن می‌توان فهمید که سازه در تراز طبقه اول تغییر مکان جانبی نداشته و تغییر شکل قاب به صورت زیر می‌باشد. بنابراین داریم:



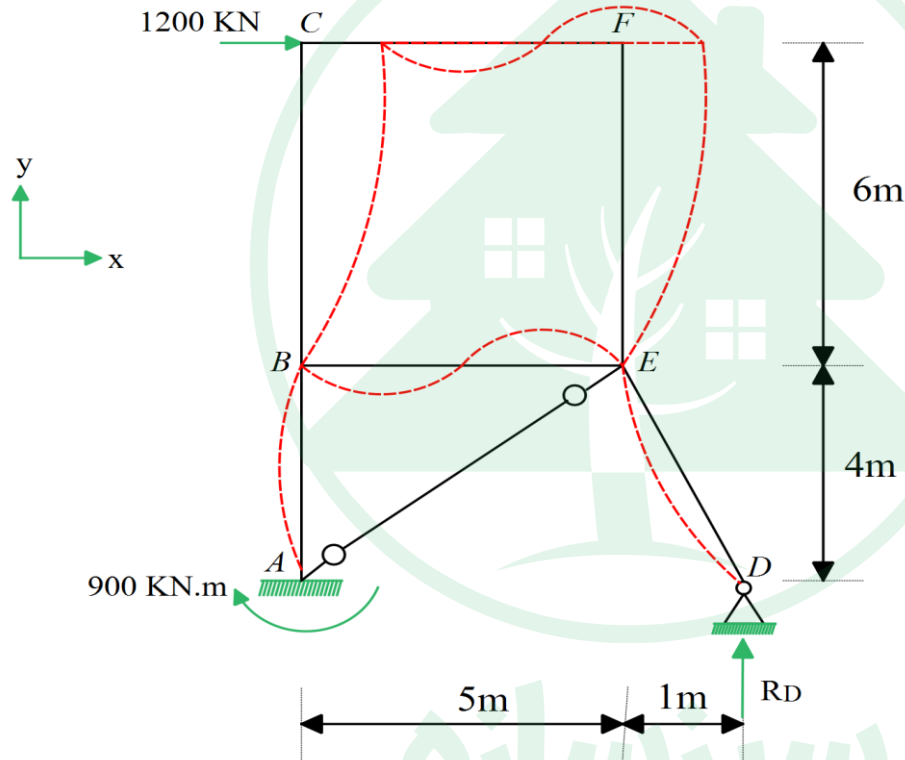
نکته: طبق ترسیم تغییر شکل قاب و با توجه به صورت سوال می توان فهمید که لنگر حداکثر در نقطه B ایجاد شده و به صورت ساعتگرد می باشد. بنابراین ستون AB به صورت زیر است:



$$M_A = \frac{1}{2} * 1800 = 900 \text{ kN.m}$$



در نهایت داریم:



$$\sum^+ M_A = 0 \rightarrow 900 + 1200 * 10 = R_D * 6 \rightarrow R_D = 2150 \text{ KN}$$

پاسخ سوال گزینه (۴)

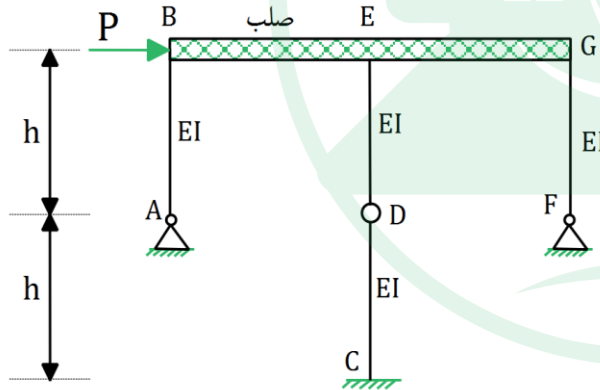
سبزسازه



سوال ۳

سطح سوال: متوسط

۳- حداکثر تغییر مکان جانبی سازه نشان داده شده در شکل زیر به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ از تغییر شکل محوری کلیه اعضا صرف نظر شود.



$$\frac{2Ph^3}{15EI} \quad (۱)$$

$$\frac{2Ph^3}{9EI} \quad (۲)$$

$$\frac{Ph^3}{9EI} \quad (۳)$$

$$\frac{Ph^3}{12EI} \quad (۴)$$

سبزسازه



پاسخ ۳

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

$$k_{AB} = k_{CD} = k_{DE} = k_{FG} = \frac{3EI}{h^3}$$

$$k_2 = \frac{k_{DE} * k_{CD}}{k_{DE} + k_{CD}} = \frac{\frac{3EI}{h^3} * \frac{3EI}{h^3}}{\frac{3EI}{h^3} + \frac{3EI}{h^3}} = \frac{3EI}{2h^3}$$

در ادامه مجموعه سری دو ستون CD و DE با ستون‌های AB و FG به صورت فنرهای موازی عمل می‌کنند و سختی معادل کل سازه به صورت زیر بدست می‌آید:

$$k_{eq} = 2 * \frac{3EI}{h^3} + \frac{3EI}{2h^3} = \frac{15EI}{2h^3}$$

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

$$\Delta_{Bx} = \frac{F}{k_{eq}} = \frac{P}{\frac{15EI}{2h^3}} = \frac{2Ph^3}{15EI}$$

پاسخ سوال گزینه (۱)

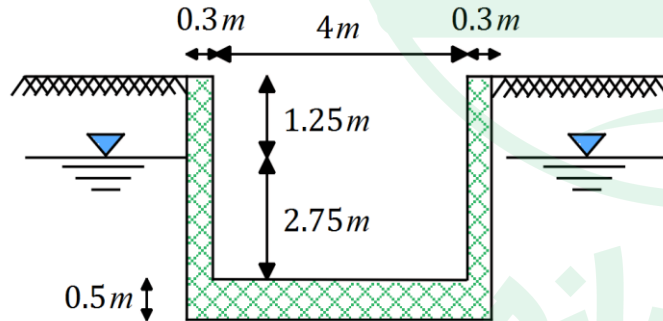


سوال ۴

سطح سوال: متوسط

۴- یک مخزن مکعبی رو باز مطابق شکل زیر به ابعاد داخلی $4 \times 4 \times 4$ متر، ضخامت دیوار 300 میلی‌متر و ضخامت شالوده گسترده 500 میلی‌متر در داخل زمین از جنس خاک دانه‌ای نفوذپذیر، مدفون است. سطح آب زیر زمینی 1.25 متر پایین تر از لبه بالایی مخزن قرار دارد. کل نیروی وارد بر مخزن ناشی از زیر فشار آب زیر زمینی به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیکتر است؟ خاک زیر شالوده مخزن غیر منبسط شونده فرض شود.

جرم مخصوص آب $\rho = 1000 \frac{Kg}{m^3}$ و جرم مخصوص خاک اشباع $\rho = 2200 \frac{Kg}{m^3}$



680 KN (۱)

240 KN (۲)

440 KN (۳)

590 KN (۴)



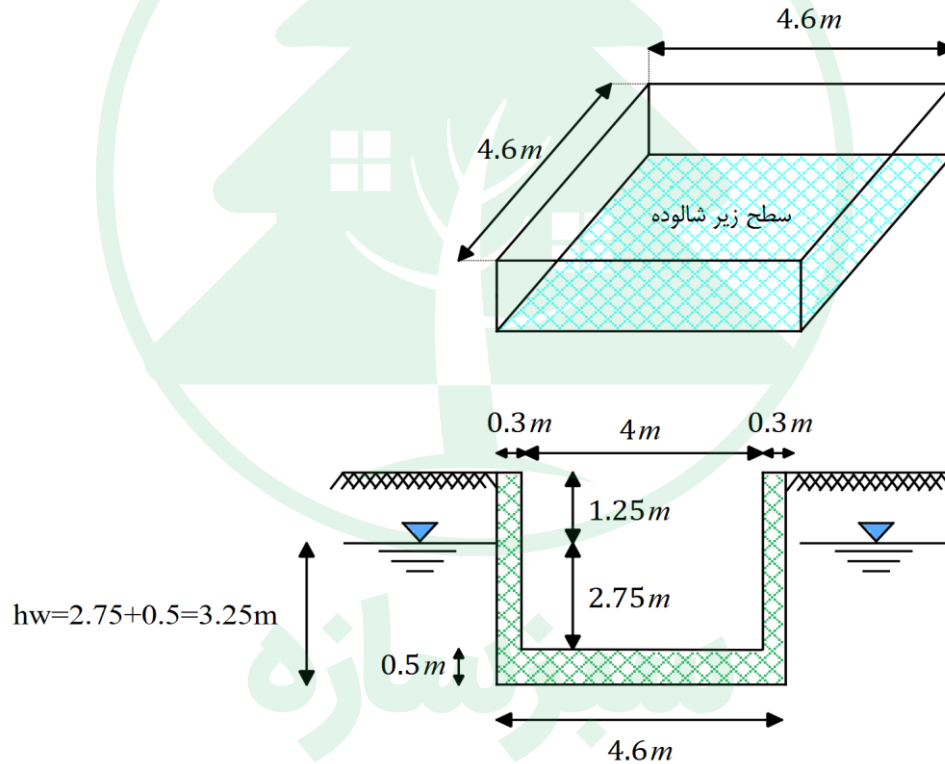
طبق بند ۶-۴-۳ از مبحث ۶ داریم:

۶-۴-۳ زیر فشار وارد بر کف و شالوده

در طراحی کف زیرزمین و دیگر اجزاء مشابه تقریباً افقی که پایین‌تر از سطح زمین قرار دارند، اثر زیر فشار آب زیرزمینی، در صورت وجود، باید به صورت فشار هیدرواستاتیکی بر تمام کف در نظر گرفته شود. بارهای هیدرواستاتیکی باید تا زیر سطح شالوده ساختمان محاسبه شوند. هرگونه بار به سمت بالای دیگر نیز باید در طراحی منظور شود.

در صورت وجود خاک منبسط‌شونده در زیر شالوده یا تاوه بر روی زمین، شالوده، تاوه و دیگر اجزاء باید برای تحمل حرکات به سمت بالا طراحی شده یا در برابر بارهای به سمت بالا ناشی از خاک منبسط‌شونده مقاومت کنند؛ یا خاک منبسط‌شونده برداشته شده، یا در زیر و اطراف سازه به خوبی تثبیت گردد.





$$P_W = \rho * h_w = 10 * (2.75 + 0.5) = 32.5 \frac{KN}{m^2}$$

$$F = P_W * A = 32.5 * 4.6 * 4.6 \approx 688 \text{ KN}$$

در نهایت داریم:

پاسخ سوال گزینه (۱)

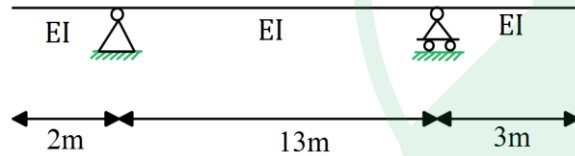
سبزسازه



سوال ۵

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

۵- چنانچه برای سهولت محاسبات، بار متمرکز 13.5KN ناشی از بالگرد به صورت یک بار متمرکز نقطه‌ای (بدون توجه به سطح اثر آن) در نظر گرفته شود و با فرض اینکه این بار متمرکز می‌تواند به هر نقطه از تیر نشان داده شده وارد شود، بدون در نظر گرفتن ضرایب بار، بیشترین لنگر (M) و بیشترین برش (V) در تیر ناشی از این بار متمرکز به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟



۱) $V = 6.75\text{ KN} , M = 41\text{ KN.m}$

۲) $V = 13.5\text{ KN} , M = 44\text{ KN.m}$

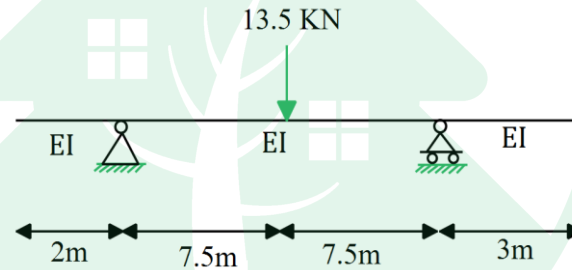
۳) $V = 6.75\text{ KN} , M = 44\text{ KN.m}$

۴) $V = 13.5\text{ KN} , M = 41\text{ KN.m}$

سبزسازه



طبق روش خط تاثیر در تحلیل سازه بیشترین لنگر زمانی اتفاق خواهد افتاد که بار متمرکز در وسط دو تکیه‌گاه مفصلی قرار گیرد. بنابراین:

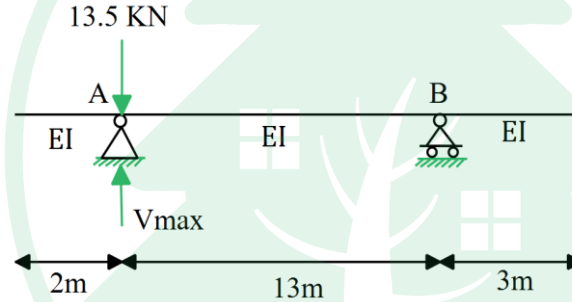


$$M_{max} = \frac{PL}{4} = \frac{13.5 * 13}{4} = 43.875 \text{ KN.m} \approx 44 \text{ KN.m}$$

سبزسازه



طبق روش خط تاثیر در تحلیل سازه بیشترین برش زمانی اتفاق خواهد افتاد که بار متمرکز روی تکیه گاه مفصلی نقطه A قرار گیرد. بنابراین:



$$\sum M_B = 0 \rightarrow 13.5 * 13 = V_{max} * 13 \rightarrow V_{max} = 13.5 \text{ KN}$$

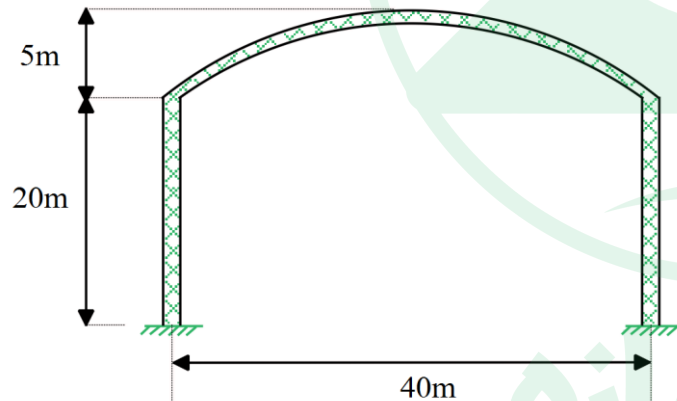
پاسخ سوال گزینه (۲)



سوال ۶

سطح سوال: متوسط

۶- در طراحی یک سالن ورزشی فولادی مطابق شکل زیر، از اتصال خمشی (صلب) استفاده شده است. بر اساس مدل تحلیلی این سالن، بدون منظور نمودن جداگرهای میانقابی زمان تناوب اصلی سالن ۲ ثانیه محاسبه شده است، برای محاسبه مقدار برش پایه نظیر روش استاتیکی معادل، مقدار زمان تناوب اصلی نوسان حدوداً چقدر باید در نظر گرفته شود؟



(۱) ۲.۰۰ ثانیه

(۲) ۰.۹ ثانیه

(۳) ۱.۱۲ ثانیه

(۴) ۱.۶ ثانیه



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

۳-۳-۳ ساختمان‌های غیرمتعارف

ساختمان‌های غیرمتعارف به ساختمان‌هایی اطلاق می‌شوند که مشمول تعریف بند (۳-۳-۱) نمی‌گردند، مانند گنبدها، برخی از ساختمان‌های مساجد، آمفی‌تئاترها، سالن‌های ورزشی و... در این ساختمان‌ها زمان تناوب اصلی نوسان باید با استفاده از تحلیل دینامیکی ساختمان و با منظور داشتن ضوابط زیر تعیین گردد:

الف- در مواردی که جداگرهای میانقابی در مدل تحلیلی منظور شده باشند:

$$T = T_D$$

ب- در مواردی که جداگرهای میانقابی در مدل تحلیلی منظور نشده باشند:

$$T = 0.8T_D$$

در این روابط T_D زمان تناوب اصلی انتقالی در تحلیل دینامیکی است.



$$T_D = 2 S$$

$$T = 0.8 * T_D = 0.8 * 2 = 1.6 S$$

برای حالت بدون جداگر داریم:

پاسخ سوال گزینه (۴)

سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۷- برش پایه یک ساختمان با نامنظمی از نوع طبقه نرم بر اساس تحلیل استاتیکی معادل 4930 KN و بر اساس تحلیل طیفی 4560 KN به دست آمده است. برش پایه بر اساس تحلیل طیفی برای مقاصد طراحی برابر با کدام یک از گزینه‌ها خواهد بود؟

(۱) 4437 KN

(۲) 4930 KN

(۳) 4560 KN

(۴) 4191 KN

سبزسازه



طبق بند ۳-۴-۱ از استاندارد 2800 داریم:

ضریب اصلاح برای نامنظمی از نوع طبقه نرم داریم:

$$\text{ضریب اصلاح} = \max \left(0.9 * \frac{V_{st}}{V_{dy}}, 1 \right) = \max \left(0.9 * \frac{4930}{4560}, 1 \right) = 1$$

در نهایت برش پایه بر اساس تحلیل طیفی به صورت زیر بدست می آید:

$$V_{dy} = 1560 * 1 = 4560 \text{ KN}$$

پاسخ سوال گزینه (۳)

سبزسازه



سوال ۸

سطح سوال: آسان

۸- چنانچه در سالن انتظار واقع در طبقه همکف یک ساختمان اداری از جداکننده ورق گچی با وزن 0.3 کیلونیوتن بر متر مربع سطح دیوار استفاده گردد، برای طراحی این سالن، کل بار گسترده زنده کف، حداقل چند KN/m^2 باید لحاظ شود؟

۴) 4.5

۲) 6.0

۳) 5.5

۴) 4.8

سبزسازه



طبق بند ۶-۵-۲ و ردیف ۷-۲ جدول ۶-۵-۱ از مبحث ۶ داریم:

۶-۵-۲ ضوابط مربوط به جداکننده‌ها

در ساختمان‌های اداری یا سایر ساختمان‌هایی که در آن‌ها احتمال استفاده از جداکننده‌های داخلی با وزن هر مترمربع ۱ کیلونیوتون بر مترمربع، با یا بدون جابجایی موقعیت آن‌ها وجود دارد، باید وزن آن‌ها بدون توجه به اینکه در نقشه‌ها نشان داده شده یا نشده باشند، منظور گردند.

در ساختمان‌هایی که جداکننده‌های سبک، نظیر دیوارهای ساندویچی و ورق گچی با وزن هر مترمربع سطح کمتر از $0/4$ کیلونیوتون بر مترمربع دیوار به کار برده می‌شوند، بار گسترده معادل وارد بر کف را باید حداقل $0/5$ کیلونیوتون بر مترمربع در نظر گرفت. در سایر موارد، بار گسترده معادل وزن جداکننده‌ها و تیغه‌ها بر کف را نباید کمتر از ۱ کیلونیوتون بر مترمربع منظور نمود. بار گسترده معادل جداکننده‌ها در محاسبات جزو بار زنده محسوب می‌گردند اما در تعیین نیروی زلزله این بارها باید در محاسبه وزن مؤثر لرزه‌ای به بار مرده اضافه شوند.

استثناء : اگر حداقل بار زنده، L_0 ، از ۴ کیلونیوتون بر مترمربع بیشتر باشد، نیازی به در نظر گرفتن بار زنده جدا کننده‌ها نیست.



ادامه جدول ۱-۵-۶ حداقل بارهای زنده گسترده یکنواخت L_0 و بار زنده متمرکز کفها

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۷	ساختمان‌های اداری		
۱-۷	دفتر کار معمولی	۲/۵	۹
۲-۷	سالن انتظار و ملاقات- راهرو طبقه همکف (ورودی)	۴/۵	۹
۳-۷	راهرو سایر طبقات	۳/۵	۹

سبزسازه



طبق استثناء صفحه ۲۳ مبحث ۶ برای سالن انتظار در ساختمان اداری بار گسترده زنده L_0 بیشتر از ۴ کیلونیوتن بر متر مربع بوده لذا می توان فهمید که از بار زنده جداکننده صرف نظر می شود. در نهایت داریم:

$$L_0 = 4.5 \frac{KN}{m^2} > 4 \frac{KN}{m^2}$$

$$\rightarrow q_L = 4.5 \frac{KN}{m^2}$$

کل بار زنده کف برابر است با:

پاسخ سوال گزینه (۱)

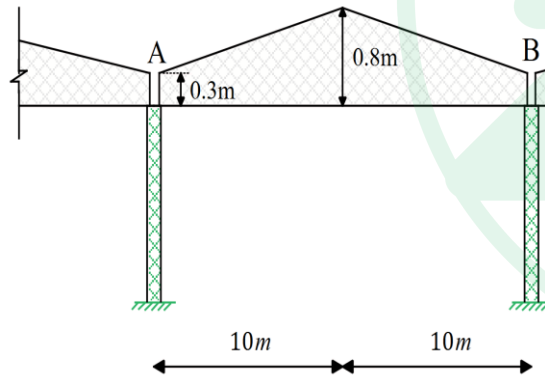
سبزسازه



سوال ۹

سطح سوال: سخت

۹- در سازه صنعتی با بام دندانه‌دار زیر واقع در شهر اصفهان، نسبت حداکثر لنگر در تیر دو سر مفصل غیر منشوری AB در حالت بار برف نامتوازن به بار برف متوازن چقدر است؟ در محاسبات بعد ستون را ناچیز فرض نمایید.



(۱) 0.8

(۲) 1.5

(۳) 1.25

(۴) 1.0

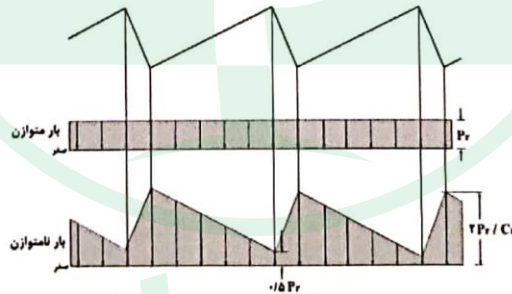
سبزسازه



طبق بند ۶-۷-۷-۳ مبحث ۶ داریم:

۶-۷-۷-۳ بام‌های دندانه‌دار، کنگره‌ای و تاوه چین‌دار

در این‌گونه بام‌ها، اگر شیب سقف بیشتر از ۳ درصد باشد، بار برف نامتوازن در نظر گرفته می‌شود. مقدار بار متوازن برای این‌گونه بام‌ها مطابق شکل ۶-۷-۴ برابر P_r با لحاظ $C_s=1$ می‌باشد (بند ۶-۷-۳). شدت بار برف نامتوازن در تصویر افقی، از نصف مقدار بار برف متوازن در نقاط تاج به طور خطی به مقدار $2P_r/C_n$ در نقاط قعر بام (با لحاظ $C_s=1$) افزایش می‌یابد.



شکل ۶-۷-۴ بار متوازن و نامتوازن در بام‌های دندانه‌دار



جدول ۶-۷-۱ تقسیم‌بندی شهرهای کشور از نظر بار برف

ردیف	شهر	منطقه	ردیف	شهر	منطقه
۱	آستارا	۵	۳۱	بوشهر	۱
۲	اراک	۴	۳۲	بیجار	۴
۳	اردبیل	۵	۳۳	بیرجند	۲
۴	اردستان	۲	۳۴	پیرانشهر	۵
۵	ارومیه	۴	۳۵	تبریز	۴
۶	اسلام‌آباد غرب	۴	۳۶	تربت‌جام	۴
۷	اصفهان	۳	۳۷	تربت‌حیدریه	۳
۸	الیگودرز	۵	۳۸	تکاب	۴

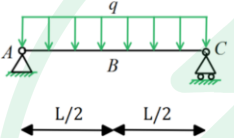
۶-۷-۴ ضریب برف‌گیری

ضریب برف‌گیری، C_n ، با توجه به اثر ناهمواری محیط و ساخت و ساز اطراف و میزان برف‌گیری بام ساختمان بر اساس جدول ۶-۷-۲، در نظر گرفته می‌شود. برای مناطق ۱ الی ۳ بار برف، این ضریب برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۶-۷-۲ ضریب برف‌گیری، C_n

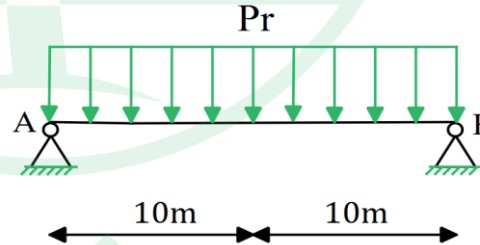
نوع ناحیه	بام برف‌ریز	بام نیمه برف‌گیر	بام برف‌گیر
پرتراکم	۰٫۹	۱٫۰	۱٫۱
باز	۰٫۸	۰٫۹	۱٫۰



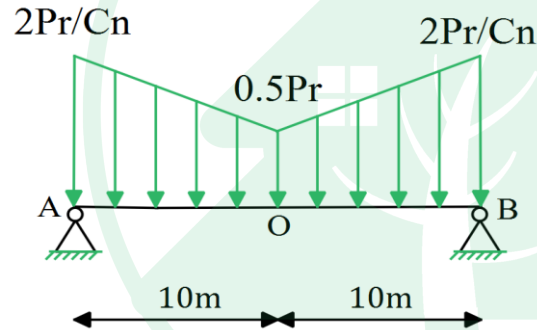
3		$M_B = +\frac{qL^2}{8}$	$R_A = \frac{qL}{2} \uparrow$ $R_C = \frac{qL}{2} \uparrow$ $V_B = 0$
---	---	-------------------------	---

حالت اول لنگر ماکزیمم در تیر دو سر مفصل تحت بار برف متوازن:

$$M_{max1} = \frac{P_r * L^2}{8} = \frac{P_r * (20)^2}{8} = 50P_r$$



حالت دوم لنگر ماکزیمم در تیر دو سر مفصل تحت بار برف نامتوازن:

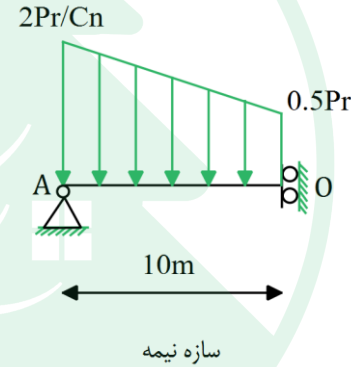


با کمی دقت می‌توان فهمید که سازه متقارن بوده و تحت بار گذاری متقارن مستقیم قرار دارد، لذا می‌توان در محل محور تقارن از تکیه‌گاه لغزنده گیردار استفاده نمود و سازه نیمه را تحلیل کرد:



با توجه به اینکه اصفهان در منطقه ۳ بار برف قرار دارد، داریم:

$$C_n = 1$$



$$R_A = 0.5P_r * 10 + \frac{1.5P_r * 10}{2} = 12.5P_r$$

$$M_{max2} = 12.5P_r * 10 - 0.5P_r * 10 * 5 - \frac{1.5P_r * 10}{2} * \frac{2 * 10}{3} = 50P_r$$



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

$$\frac{M_{max2}}{M_{max1}} = \frac{50P_r}{50P_r} = 1$$

پاسخ سوال گزینه (۴)

سبزسازه



سوال ۱۰

سطح سوال: آسان

۱۰- حداکثر ارتفاع مجاز سیستم قاب ساختمانی فولادی با مهاربند همگرای ویژه برای ساختمانی در شهر تهران روی زمین نوع II چه مقدار است؟

(۱) اگر ساختمان دارای نامنظمی پیچشی شدید نباشد همواره 75 متر

(۲) تحت شرایط خاص می تواند 75 متر باشد.

(۳) همواره 50 متر

(۴) همواره 75 متر

سبزسازه



طبق جدول ۳-۴ ردیف ۷ و مورد [۲] زیرنویس جدول صفحه ۳۵ از استاندارد 2800 داریم:

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

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
ب-سیستم قاب ساختمانی	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه [۲]	۶	۲/۵	۵	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۵	۲/۵	۴	۳۵
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]	۴	۲/۵	۳	-
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۳	۲/۵	۲/۵	۱۵
	۵- مهاربندی واگرای ویژه فولادی [۲] و [۳]	۷	۲	۴	۵۰
	۶- مهاربندی کمانش تاب	۷	۲/۵	۵	۵۰
	۷- مهاربندی همگرای معمولی فولادی	۳/۵	۲	۳/۵	۱۵
	۸- مهاربندی همگرای ویژه فولادی [۲]	۵/۵	۲	۵	۵۰



[۲] ارتفاع مجاز در سیستم قاب ساختمانی با دیوار برشی بتن آرمه ویژه، با مهاربندهای واگرای ویژه یا با مهاربندهای همگرای ویژه، در صورتی که شرایط زیر موجود باشد، می تواند از ۵۰ متر به ۷۵ متر افزایش یابد:

- الف- زمین ساختگاه از نوع I، II یا III جدول (۲-۴) باشد.
- ب- ساختمان دارای نامنظمی در پلان از نوع شدید پیچشی نباشد.
- پ- ساختمان در هر امتداد اصلی دارای سیستم مقاوم جانبی در دو طرف مرکز جرم باشد.

طبق مورد [۲] زیر نویس جدول ۳-۴ سازه روی زمین نوع II بوده و طبق گزینه ۱ نامنظمی شدید پیچشی نداریم لذا با توجه به اینکه هر سه مورد الف و ب و پ باید وجود داشته باشد و شامل مورد پ نمی باشد این گزینه اشتباه بوده و تنها گزینه درست گزینه ۲ می باشد تحت شرایط خاص یعنی وجود موارد الف و ب و پ همزمان در سازه می توان ارتفاع از 50 متر به 75 متر افزایش یابد.

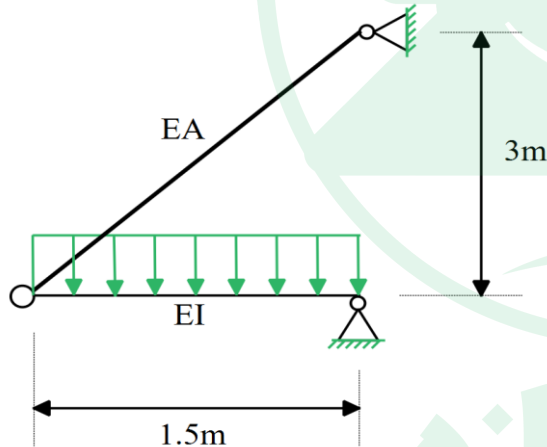
پاسخ سوال گزینه (۲)



سوال ۱۱

سطح سوال: متوسط

۱۱- در طراحی یک تیر بالکن از آویز کششی مطابق شکل زیر استفاده شده است. در صورتی که بار زنده گسترده یکنواخت بدون ضریب وارد بر این تیر 9 KN/m و بار مرده گسترده یکنواخت بدون ضریب 24 KN/m باشد، فقط با در نظر گرفتن بار مرده و زنده و با فرض شرایط ارتعاشی غیر متعارف برای بار زنده، حداقل نیروی کششی طراحی این آویز با روش ضرایب بار و مقاومت، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ فرض می شود تحلیل دینامیکی برای این شرایط ارتعاش انجام نشود.



(۱) 47 KN

(۲) 36 KN

(۳) 41 KN

(۴) 45 KN



طبق بند ۶-۵-۸-۱ و بند ۶-۲-۳-۲ از مبحث ۶ و استفاده از مفاهیم تحلیل سازه داریم:

۶-۲-۳-۲ ترکیب بارها در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت

در طراحی به روش ضرائب بار و مقاومت، سازه‌ها، اعضاء و شالوده‌های آنها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آن‌ها، بزرگتر یا برابر با اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریب‌دار زیر باشد:

۱) $\frac{1}{4}D$

۲) $\frac{1}{2}D + \frac{1}{6}L + \frac{0.5}{5}(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۳) $\frac{1}{2}D + \frac{1}{6}(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } \frac{0.5}{5}(\frac{1}{6}W)]$

۴) $\frac{1}{2}D + \frac{1}{6}W + L + \frac{0.5}{5}(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۵) $\frac{1}{2}D + E + L + \frac{0.2}{5}S$

۶) $0.9 D + \frac{1}{6}W$

۷) $0.9D + E$

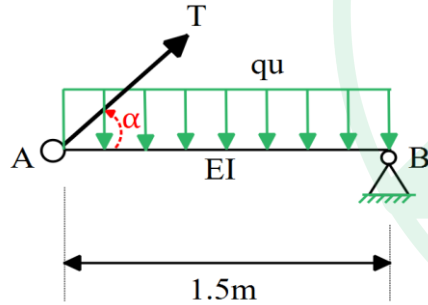
۶-۵-۸-۱ آویزهای کششی نگهدارنده کف‌ها و بالکن‌ها: بار زنده باید در ضریب $\frac{1}{33}$

ضرب شود.



$$q_u = 1.2 * q_D + 1.6 * (1.33 * q_L)$$

$$q_u = 1.2 * 24 + 1.6 * (1.33 * 9) \approx 48 \text{ KN/m}$$



در ادامه می توان نیروی کششی طراحی آویز را محاسبه نمود:

$$\sin \alpha = \frac{3}{\sqrt{1.5^2 + 3^2}} = \frac{2\sqrt{5}}{5}$$



$$\sum M_B = 0 \rightarrow q_u * 1.5 * \frac{1.5}{2} = T * \sin \alpha * 1.5$$

$$\rightarrow T = \frac{48 * 0.75}{\frac{2\sqrt{5}}{5}} = 40.25 \text{ KN}$$

پاسخ سوال گزینه (۳)

سبزسازه



سوال ۱۲

سطح سوال: آسان

۱۲- برای طراحی یک سازه در منطقه سیل خیز، در صورتی که سرعت جریان سیل 7.2 کیلومتر بر ساعت تعیین شده باشد، اضافه ارتفاع بار هیدرواستاتیک به منظور لحاظ نمودن بار هیدرودینامیک، با فرض ضریب شکل 1.5 برای پایه‌های سازه به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

(۱) 0.30 متر

(۲) 3.0 متر

(۳) 4.0 متر

(۴) 0.40 متر

سبزسازه



طبق بند ۶-۶-۳-۵ مبحث ۶ داریم:

۶-۳-۵ طراحی سازه‌ای در مناطق سیل‌خیز بر مبنای سیل طرح صورت می‌پذیرد. بارهای ناشی از سیل شامل بارهای هیدرواستاتیک و هیدرودینامیک است. چنانچه سرعت جریان سیل از ۳ متر بر ثانیه تجاوز نکند، مقدار بار هیدرودینامیک به صورت اضافه ارتفاعی از بار هیدرواستاتیکی تعریف می‌شود و در غیر این صورت با استفاده از مدل‌های هیدرودینامیکی قابل محاسبه است. این اضافه ارتفاع از رابطه ۶-۶-۱ مطابق شکل ۶-۶-۲ محاسبه می‌گردد.

$$d_h = av^2 / 2g$$

(۶-۶-۱)

که در آن:

a : ضریب شکل

V : سرعت سیلاب (متر بر ثانیه)

g : شتاب ثقل (متر بر مجذورثانیه)

d_h : اضافه ارتفاع مایع (متر) می‌باشد.

ضریب شکل a، به جریان سیال و شکل و زبری اعضای (ستون- شمع و...، گرد- چهارگوش...) که در معرض جریان سیل قرار می‌گیرند، وابسته است. در ساختمان‌های معمولی و اشکال متعارف ستون‌ها و پایه‌ها، مقدار ضریب شکل بین ۱ تا ۲ می‌باشد.

در این مبحث ضریب شکل ۱/۲۵ به عنوان حداقل مقدار، توصیه شده و مقادیر بزرگتر ضریب شکل را باید با توجه به روابط و توصیه‌های مدارک مکانیک سیالات و هیدرولیک انتخاب نمود.



$$V = 7.2 * \frac{1000}{3600} = 2 \text{ m/s}$$

$$a = 1.5$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$d_h = \frac{a \cdot V^2}{2g} = \frac{1.5 * 2^2}{2 * 9.81} = 0.306 \text{ m}$$

در نهایت می‌توانیم اضافه ارتفاع مایع را به صورت زیر محاسبه کنیم:

پاسخ سوال گزینه (۱)

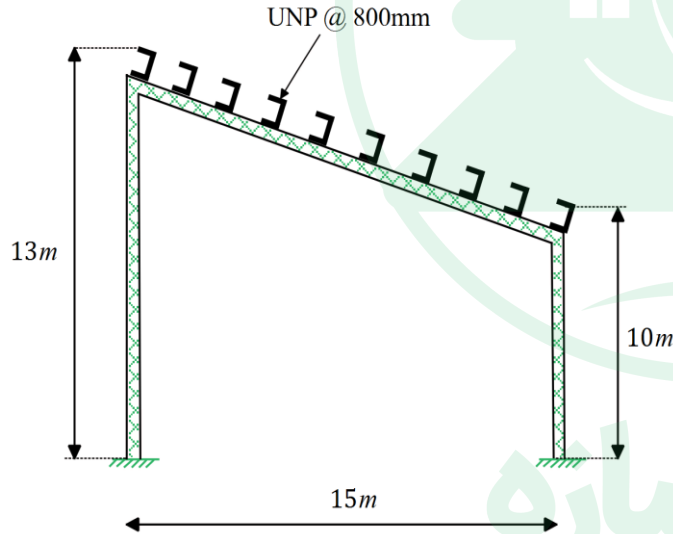
سبزسازه



سوال ۱۳

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

۱۳- یک سالن تجهیزات امداد رسانی در محوطه باز و مسطح منطقه فیروزکوه به ابعاد پلان 30×15 متر با قاب‌های مطابق شکل به فواصل 6m باید احداث شود. در صورتی که لایه‌های از نوع نودانی با فواصل 800 میلی‌متر (روی شیب) باشد، بیشترین شدت نیروی باد خارجی (کشش یا فشار) در واحد طول لایه‌ها (در امتداد جان آن‌ها) به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟



(۱) $1.0 \frac{KN}{m}$

(۲) $1.45 \frac{KN}{m}$

(۳) $2.8 \frac{KN}{m}$

(۴) $0.8 \frac{KN}{m}$



طبق بند ۶-۱۰-۴-۱ مبحث ۶ داریم:

۶-۱۰-۴ فشار باد بر ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها

۶-۱۰-۴-۱ فشار یا مکش خارجی

فشار یا مکش خارجی تحت اثر باد روی سیستم اصلی برابر یا روی جزئی از سطح خارجی ساختمان از رابطه (۶-۱۰-۴-الف) به دست می‌آید.

$$P = I_w q C_e C_t C_g C_p C_d \quad (۶-۱۰-۴-الف)$$

در این رابطه :

P : فشار یا مکش خارجی استاتیکی در جهت عمود بر سطح است که در حالت فشار به سمت رو به سطح و در حالت مکش به سمت خارج از سطح عمل می‌کند.

I_w : ضریب اهمیت بار باد، طبق جدول (۶-۱-۲)

q : فشار مبنای باد بر اساس بند ۶-۱۰-۳ و رابطه ۶-۱۰-۲

C_e : ضریب اثر تغییر سرعت طبق بند ۶-۱۰-۶

C_t : ضریب پستی و بلندی زمین طبق بند ۶-۱۰-۷

C_g : ضریب اثر تند باد طبق بند ۶-۱۰-۸ یا ۶-۱۰-۹

C_p : ضریب فشار طبق بند ۶-۱۰-۸ یا ۶-۱۰-۹

C_d : ضریب هم‌راستایی باد طبق بند ۶-۱۰-۱۲



جدول ۱-۶ گروه بندی خطرپذیری ساختمان ها و سایر سازه ها برای بارهای باد، برف، زلزله و یخ

گروه خطرپذیری	نوع کاربری
۱	ساختمان ها و سایر سازه هایی که به عنوان تأسیسات ضروری طراحی می گردند و وقفه در بهره برداری از آن ها به طور غیرمستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می شود مانند بیمارستان ها و درمانگاه ها، مراکز آتش نشانی و مراکز و تأسیسات آبرسانی، نیروگاه ها و تأسیسات برق رسانی، برج های مراقبت فرودگاه ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تأسیسات انتظامی، مراکز کمک رسانی و به طور کلی تمام ساختمان هایی که استفاده از آنها در امداد و نجات مؤثر باشد. ساختمان ها و سایر سازه ها و تأسیسات صنعتی که خرابی آن ها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر برای محیط زیست در کوتاه مدت یا درازمدت خواهد گردید. هرگونه ساختمان یا تأسیساتی که محل ساخت یا نگهداری مقادیری از مواد شیمیایی یا زباله های بسیار خطرناک باشند که انتشار این مواد منجر به خطری برای عموم شود، مشمول این گروه خطرپذیری می باشد. سایر ساختمان ها و سیستم های سازه ای که برای حفظ عملکرد ساختمان های گروه خطرپذیری ۱ مورد نیاز می باشند.

سبزسازه



جدول ۶-۱-۲ ضریب اهمیت مربوط به گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بارهای باد، برف، یخ و زلزله

گروه خطرپذیری مطابق جدول ۶-۱-۱	ضریب اهمیت I_e بار زلزله،	ضریب اهمیت I_w بار باد،	ضریب اهمیت I_i بار یخ،	ضریب اهمیت I_s بار برف،
۱	۱٫۴	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۲
۲	۱٫۲	۱٫۱	۱٫۱	۱٫۱
۳	۱	۱	۱	۱
۴	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸

۶-۱۰-۲ ضریب C_e در نواحی باز

چنانچه ساختمان یا سازه در محدوده‌ای که در آن ساختمان‌ها، درختان یا موانع دیگر به صورت پراکنده قرار گرفته و یا در مجاورت دریاچه، دریا، ساحل باز یا صحرایی با پوشش گیاهی کوتاه واقع شده باشد، ضریب C_e از رابطه (۶-۱۰-۵) تعیین می‌گردد.

$$C_e = \left(\frac{Z}{10} \right)^{0.2} \geq 0.9 \quad (6-10-5)$$

Z ، ارتفاع مبنای هر نقطه از ساختمان یا سازه، بر حسب متر، نسبت به سطح زمین است.

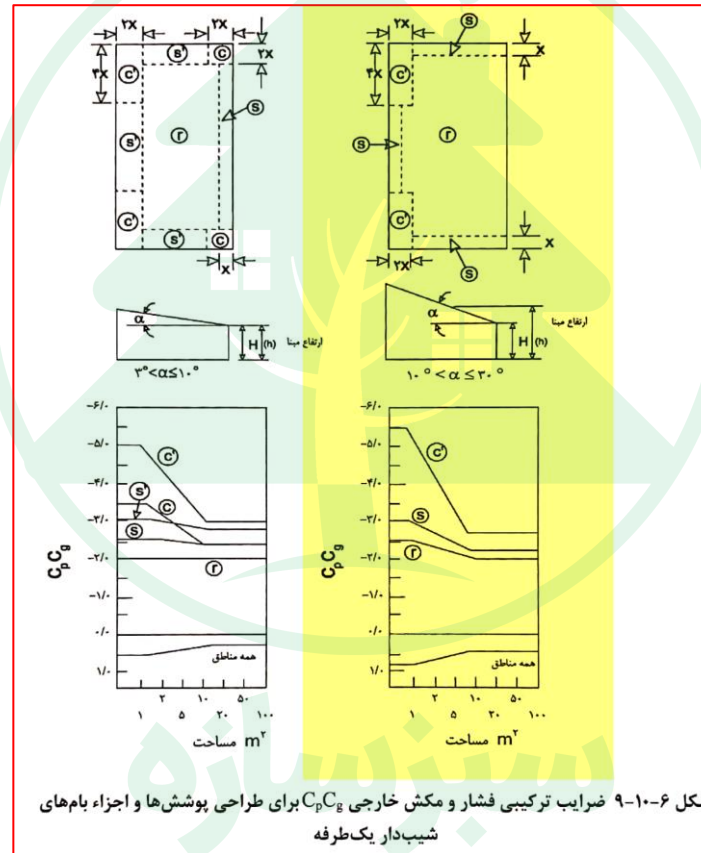


۷-۱۰-۶ ضریب پستی و بلندی زمین C_t

چنانچه ساختمان یا سازه در بالای تپه، پرتگاه یا سینه‌کش منفردی با شیب متوسط $(\frac{H_h}{L_h})$ بیشتر از ۱۰ درصد قرار گرفته باشد، در نواحی پایینی ساختمان یا سازه سرعت باد افزایش می‌یابد. (شکل ۷-۱۰-۶) این افزایش در نواحی نزدیک به رأس تپه یا پرتگاه زیادتر از دیگر نواحی است. در شرایط معمولی، $C_t=1$ خواهد بود.

سبزسازه





۶-۱۰-۱۲ ضریب هم راستایی باد C_d

ضریب هم راستایی باد به منظور در نظر گرفتن احتمال هم راستایی جهت باد، ساختمان و ضریب فشار مربوط در همان جهت باد پیش بینی شده است. بجز در ساختمان ها و حالات زیر، ضریب هم راستایی C_d برابر با ۰/۸۵ اختیار می شود.

۱- دودکش ها، منابع و ساختمان های مشابه با مقطع مربع $C_d=0/9$ ، با مقطع دایره یا هشت ضلعی $C_d=0/95$

۲- پایه های انتقال نیرو (برج های خرابایی) با مقطع مثلث، مربع و مستطیل $C_d=0/85$ ، با سایر مقاطع $C_d=0/95$

سبزسازه



$$P = I_W q C_e C_t C_g C_p C_d$$

$$q_{\text{لایه}} = P \times \text{عرض بارگیر} = P * 0.8$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{3}{15} \right) = 11.31^\circ \geq 7^\circ$$

$$Z = \max \left(6m, \frac{13 + 10}{2} = 11.5 m \right) = 11.5m$$

$$C_e = \max \left(0.9, \left(\frac{11.5}{10} \right)^{0.2} = 1.03 \right) = 1.03$$

$$I_W = 1$$

$$q = 0.57 \frac{KN}{m^2}$$

برای محوطه باز داریم:

سبزسازه



$$C_t = 1$$

$$C_d = 0.85$$

در ادامه مقدار X را محاسبه می‌کنیم:

$$x = \min(0.1B, 0.4H) \geq \max(1m, 0.04B) = 1.5m$$

طبق نمودار سمت راست شکل ۶-۱۰-۹ صفحه ۹۲ مبحث ۶ بیشترین $cpcg$ مربوط به گوشه‌ها بوده برای حالت مکش که مساحت آن‌ها به صورت زیر است:

$$A_c = 2x * 4x = (2 * 1.5) * (4 * 1.5) = 18 m^2$$

بر اساس نمودار سمت راست شکل ۶-۱۰-۹ صفحه ۹۲ مبحث ۶ در حالت مکش داریم:

$$C_p C_g = -2.8$$

سبزسازه



در نهایت می توان نیروی باد خارجی در حالت مکش و در طول واحد لایه ها را محاسبه نمود:

$$P = I_W q C_e C_t C_g C_p C_d = 1.2 * 0.57 * 1.03 * 1 * (-2.8) * 0.85 \approx -1.7 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_{\text{لایه}} = P \times \text{عرض بارگیر} = -1.7 * 0.8 = -1.36 \frac{KN}{m}$$

به گزینه دوم نزدیک تر می باشد.

پاسخ سوال گزینه (۲)

سبزسازه



سوال ۱۴

سطح سوال: متوسط

۱۴- بر روی پشت بام یک ساختمان که در ارتفاع 40 متر از سطح زمین قرار دارد یک سازه مشبک ساخته شده از نبشی $100 \times 100 \times 10mm$ نصب شده است. با فرض ضریب اهمیت 1 و قرار داشتن در منطقه با برف زیاد (منطقه 4) در محاسبات سازه، وزن یخ تشکیل شده بر روی یک متر عضو نبشی از سازه مشبک که 5 متر بالاتر از سطح بام قرار دارد حداقل چقدر باید در نظر گرفته شود؟ نزدیک ترین گزینه به پاسخ را انتخاب کنید.

(۱) $25 \frac{N}{m}$

(۲) $100 \frac{N}{m}$

(۳) $78 \frac{N}{m}$

(۴) $50 \frac{N}{m}$

سبزسازه



طبق بند ۶-۹-۲ مبحث ۶ داریم:

۶-۹-۲ وزن یخ

در محاسبه وزن یخ جوی، D_i می توان وزن مخصوص متوسط یخ را 0.9 وزن مخصوص آب در نظر گرفت.

حجم یخ، V_i ، برای ورق ها و اجزای سه بعدی بزرگ مانند گنبد و کره از رابطه ۶-۹-۱ حاصل می شود.

$$V_i = \pi t_d A_s$$

(۶-۹-۱)

در این رابطه:

t_d : ضخامت طراحی یخ بر اثر یخ زدگی باران طبق بخش ۶-۹-۳

A_s : مساحت یک طرف ورق برای ورق های مستوی و مساحت بزرگترین مقطع جزء سه بعدی نظیر گنبد و کره



مقدار حجم یخ را می توان برای ورق های قائم ۲۰٪ و برای ورق های افقی ۴۰٪ کاهش داد.
حجم یخ برای مقاطع سازه ای و اعضای منشوری بر اساس سطح مقطع یخ احاطه کننده آن ها و طول عضو بدست می آید. سطح مقطع یخ احاطه کننده عضو از رابطه ۶-۹-۲ حاصل می شود:

$$A_i = \pi t_d (D_c + t_d) \quad (2-9-6)$$

D_c : قطر استوانه محیط بر مقطع سازه ای و یا عضو منشوری

۶-۹-۳ ضخامت طراحی یخ ناشی از یخ زدگی باران

مقدار ضخامت طراحی یخ، از رابطه ۶-۹-۳ بدست می آید:

$$t_d = 2 t_i F_z \quad (3-9-6)$$

که در آن:

t : ضخامت اسمی یخ ناشی از یخ زدگی باران در ارتفاع ده متر، طبق بخش ۶-۹-۵

I_i : ضریب اهمیت طبق جدول ۶-۱-۲

F_z : ضریب ارتفاع طبق بخش ۶-۹-۴



۴-۹-۶ ضریب ارتفاع

ضریب ارتفاع از رابطه ۴-۹-۶ به دست می آید:

$$F_z = \left(\frac{Z}{10} \right)^{1/4} \leq 1/4 \quad (4-9-6)$$

که در آن Z ارتفاع از سطح زمین برحسب متر است.

۵-۹-۶ ضخامت اسمی یخ

ضخامت اسمی یخ را می توان برای مناطق مختلف کشور بر اساس تقسیم بندی فصل هفتم این مبحث، به صورت زیر در نظر گرفت:

- مناطق ۱، ۲ و ۳- برف کم، نادر و متوسط $t = 0$

- منطقه ۴- برف زیاد $t = 7/5 \text{ mm}$

- منطقه ۵- برف سنگین $t = 12/5 \text{ mm}$



$$D_i = 0.9\gamma_w V_i$$

$$V_i = A_i * L = A_i * 1 = A_i$$

$$A_i = \pi t_d (t_d + D_c)$$

$$t_d = 2tI_iF_z$$

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

$$I_i = 1$$

در منطقه ۴ با برف زیاد و طبق بند ۶-۹-۵ داریم:

طبق صورت سوال داریم:

سبزسازه



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

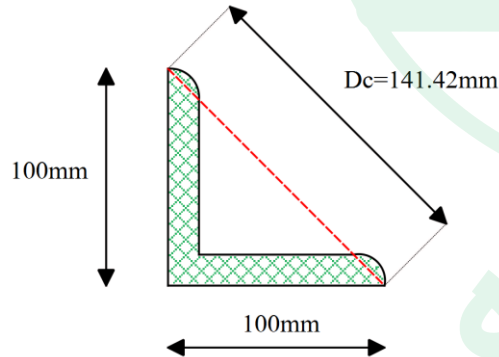
$$F_Z = \left(\frac{Z}{10}\right)^{0.1} \leq 1.4$$

$$F_Z = \left(\frac{40 + 5}{10}\right)^{0.1} = 1.162 \leq 1.4 \quad OK\checkmark$$

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

$$t_d = 2t_l F_Z = 2 * 7.5 * 1 * 1.162 = 17.43 \text{ mm}$$

در ادامه برای نبشی مقدار D_c را محاسبه می کنیم:



$$D_c = \sqrt{100^2 + 100^2} = 141.42 \text{ mm}$$

$$V_i = A_i = \pi t_d(t_d + D_c) = \pi * 17.43 * (17.43 + 141.42) * 10^{-6} = 8.7 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$D_i = 0.9\gamma_w V_i = 0.9 * 9810 * 8.7 * 10^{-3} = 76.81 \text{ N/m}$$

پاسخ سوال گزینه (۳)

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۱۵- یک سازه مسکونی 4 طبقه با ارتفاع هر طبقه 3.5 متر بر روی خاک تیپ II در تهران ساخته خواهد شد. اگر سیستم سازه در یک راستا (X) دیوار باربر با دیوار برشی بتن آرمه ویژه و در راستای عمود بر آن Y سیستم دوگانه دیوار برشی بتن آرمه ویژه و قاب خمشی بتنی ویژه فرض شود. ضریب زلزله هر دو راستا، مطابق با کدام یک از گزینه‌های زیر خواهد بود؟ فرض کنید در هر دو راستا، زمان تناوب اصلی نوسان محاسباتی بیش از 0.2 ثانیه است.

(۱) $C_y = 0.175$ و $C_x = 0.117$

(۲) $C_y = 0.117$ و $C_x = 0.175$

(۳) $C_y = C_x = 0.175$

(۴) $C_y = C_x = 0.117$

سبزسازه



طبق بند ۳-۳-۱ استاندارد 2800 داریم:

C: ضریب زلزله که از رابطه (۲-۳) به دست می آید:

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

(۲-۳)

در این رابطه:

A: نسبت شتاب مبنای طرح مطابق بند (۲-۲) ص ۱۴

B: ضریب بازتاب ساختمان مطابق بند (۳-۲) ص ۱۴

I: ضریب اهمیت ساختمان مطابق بند (۴-۳-۳) ص ۳۳

R_u : ضریب رفتار ساختمان مطابق بند (۵-۳-۳) ص ۳۴



گروه ۳- ساختمان‌های «با اهمیت متوسط»

این گروه ساختمان‌ها شامل کلیه ساختمان‌های مشمول این آیین‌نامه، بجز ساختمان‌های عنوان شده در سه گروه دیگر می‌باشند، مانند ساختمان‌های مسکونی و اداری و تجاری، هتل‌ها، پارکینگ‌های چندطبقه، انبارها، کارگاه‌ها، ساختمان‌های صنعتی

ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۲۳	تنکابن	مازندران			*
۲۴	تنگ ارم	بوشهر			*
۲۵	توشک آبسرد	لرستان			*
۲۶	تویسرکان	همدان			*
۲۷	تویه	سمنان			*
۲۸	تهران	تهران			*
۲۹	تیران	اصفهان		*	
۳۰	تیغدر	خراسان جنوبی			*
۳۱	تیکمه داش	آذربایجان شرقی			*



جدول ۳-۳ ضریب اهمیت ساختمان

ضریب اهمیت	طبقه بندی ساختمان
۱/۴	گروه ۱
۱/۲	گروه ۲
۱/۰	گروه ۳
۰/۸	گروه ۴

سبزسازه



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

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
الف- سیستم دیوارهای باربر	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۵	۲/۵	۵	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۴	۲/۵	۴	۵۰
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]	۳/۵	۲/۵	۳/۵	-
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۳	۲/۵	۳	۱۵
	۵- دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه‌ای فولادی	۴	۲	۳/۵	۱۵
	۶- دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی	۵/۵	۳	۴	۱۵
	۷- دیوارهای بتن پاششی سه‌بعدی	۳	۲	۳	۱۰
ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۷/۵	۲/۵	۵/۵	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	۶/۵	۲/۵	۵	۷۰
	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰
	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰



۳-۵-۸ ترکیب سیستم‌ها در پلان

در ساختمان‌هایی که از دو سیستم سازه‌ای مختلف برای تحمل بار جانبی، در دو امتداد در پلان استفاده شده باشد، برای هر سیستم باید ضریب رفتار و ضرایب C_d و Ω_0 مربوط به آن سیستم در نظر گرفته شود.

تنها در مواردی که در یک امتداد از سیستم دیوارهای باربر استفاده شده باشد، مقدار ضریب رفتار در امتداد دیگر نباید بیشتر از مقدار آن در امتداد سیستم دیوارهای باربر اختیار گردد.

جدول ۱-۲ نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه‌خیزی مختلف

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲۰



جدول ۲-۲ پارامترهای مربوط به روابط (۲-۲)

خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد		خطر نسبی کم و متوسط		T_s	T_0	نوع زمین
S_0	S	S_0	S			
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۴	۰/۱	I
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۵	۰/۱	II
۱/۱	۱/۷۵	۱/۱	۱/۷۵	۰/۷	۰/۱۵	III
۱/۱	۱/۷۵	۱/۳	۲/۲۵	۱/۰	۰/۱۵	IV



۲-۳ ضریب بازتاب ساختمان، B

ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین با توجه به نوع آن است. این ضریب با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$B=B_1N \quad (۱-۲)$$

در این رابطه B_1 ضریب شکل طیف و N ضریب اصلاح طیف است.

۲-۳-۱ ضریب شکل طیف، B_1 ، با در نظر گرفتن بزرگ‌نمایی خاک در پریودهای مختلف و میزان لرزه‌خیزی منطقه مشخص می‌شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از شکل‌های (۲-۱-الف) و (۲-۱-ب) تعیین می‌گردد.

$$\begin{array}{ll} B_1=S_0+(S-S_0+1)(T/T_0) & 0<T<T_0 \\ B_1=S+1 & T_0<T<T_s \\ B_1=(S+1)(T_s/T) & T>T_s \end{array} \quad (۲-۲)$$



الف- برای پهنه‌های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

$$N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1$$

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

(۳-۲)

$$N = 1.7$$

$$T > 4 \text{ sec}$$

پ- برای ساختمان‌های با سایر سیستم‌های مندرج در جدول (۳-۵)، به‌غیر از سیستم کنسولی، با یا بدون وجود جداگرهای میانقابی:

$$T = 0.05H^{0.75}$$

(۳-۵)

سبزسازه



در حالت اول سیستم دیوار باربر با دیوار برشی بتن آرمه ویژه:

$$T_1 = 0.05 * (4 * 3.5)^{0.75} = 0.362 \text{ S}$$

$$I = 1$$

$$A = 0.35$$

$$R_u = 5$$

برای زمین نوع II داریم:

$$S = 1.5$$

$$T_0 = 0.1 \text{ S}$$

$$T_s = 0.5 \text{ S}$$

سبزسازه



$$T_0 < T < T_s \rightarrow B_1 = S + 1 = 1.5 + 1 = 2.5$$

$$T < T_s \rightarrow N = 1$$

$$B = B_1 * N = 2.5 * 1 = 2.5$$

در نهایت ضریب زلزله در راستای (X) دیوار باربر با دیوار برشی بتن آرمه ویژه بدست می آید:

$$C_x = \frac{ABI}{R_u} = \frac{0.35 * 2.5 * 1}{5} = 0.175$$

سبزسازه



در حالت دوم سیستم دوگانه دیوار برشی بتن آرمه ویژه و قاب خمشی بتنی ویژه:

$$T_2 = 0.05 * (4 * 3.5)^{0.75} = 0.362 \text{ S}$$

$$I = 1$$

$$A = 0.35$$

طبق بند ۳-۳-۵-۸ ضریب رفتار سیستم دوگانه نباید از ضریب رفتار سیستم دیوار بابر بیشتر باشد:

$$R_u = 7.5 \leq 5 \text{ not ok } \times$$

$$\rightarrow R_u = 5$$

برای زمین نوع II داریم:

$$S = 1.5$$

$$T_0 = 0.1 \text{ S}$$

$$T_S = 0.5 \text{ S}$$

سبزسازه



$$T_0 < T < T_s \rightarrow B_1 = S + 1 = 1.5 + 1 = 2.5$$

$$T < T_s \rightarrow N = 1$$

$$B = B_1 * N = 2.5 * 1 = 2.5$$

در نهایت ضریب زلزله در راستای (y) سیستم دوگانه دیوار برشی بتن آرمه ویژه و قاب خمشی بتنی ویژه بدست می آید:

$$C_x = \frac{ABI}{R_u} = \frac{0.35 * 2.5 * 1}{5} = 0.175$$

پاسخ سوال گزینه (۳)

سبزسازه



سوال ۱۶

سطح سوال: متوسط

۱۶- در یک مقطع از یک تیر بتن آرمه، لنگر داخلی ناشی از بارهای مرده 30KN.m ، لنگر ناشی از بارهای زنده 50KN.m و لنگر ناشی از بارهای پیش‌تنیدگی 40KN.m است (بدون ضریب بار)، فقط بر اساس این اطلاعات حداکثر لنگر نهایی در این مقطع (تحت ترکیب بارها در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت) به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟

(۱) 14 KN.m

(۲) 76 KN.m

(۳) 68 KN.m

(۴) 46 KN.m

سبزسازه



طبق بند ۶-۲-۳-۲ مورد ب مبحث ۶ داریم:

۶-۲-۳-۲ ترکیب بارها در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت

در طراحی به روش ضرائب بار و مقاومت، سازه‌ها، اعضاء و شالوده‌های آنها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آن‌ها، بزرگتر یا برابر با اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریب‌دار زیر باشد:

۱) $1/4D$

۲) $1/2D + 1/6L + 0/5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۳) $1/2D + 1/6(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0/5(1/6W)]$

۴) $1/2D + 1/6W + L + 0/5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۵) $1/2D + E + L + 0/2S$

۶) $0/9D + 1/6W$

۷) $0/9D + E$

ب) در طراحی سازه‌های پیش‌تنیده، اثر پیش‌تنیدگی باید با ضریب واحد یا ضریب بارمرده در ترکیب بارها وارد شود و هر کدام که اثر نامساعدتری دارند در طراحی لحاظ شود.



طبق مورد ب در بند ۲-۳-۲-۶ داریم:

(۱)

$$M_u = 1.4M_D + \text{اثر پیش تنیدگی} = 1.4 * 30 - 40 = 2 \text{ KN.m}$$

(۲)

$$M_u = 1.2M_D + 1.6M_L + \text{اثر پیش تنیدگی} = 1.2 * 30 + 1.6 * 50 - 40 = 76 \text{ KN.m}$$

با توجه به اینکه حداکثر مقدار گزینه های سوال 76 KN.m می باشد لذا همین مقدار به عنوان پاسخ سوال انتخاب شده و نیاز بررسی ترکیبات بارگذاری دیگر با ضریب بار مرده برای اثر پیش تنیدگی نمی باشد.

$$M_u = 76 \text{ KN.m}$$

پاسخ سوال گزینه (۲)

سبزسازه



ترکیب بارها به روش ضرایب بار و مقاومت

ب) در طراحی سازه‌های پیش‌تنیده، اثر پیش‌تنیدگی باید با ضریب واحد یا ضریب بارمرده در ترکیب بارها وارد شود و هر کدام که اثر نامساعدتری دارند در طراحی لحاظ شود.

خ) در ترکیب بار شماره ۳، باید هر دو حالت اثر بار زنده و باد بررسی شده و نامساعدترین حالت در طراحی منظور شود.

۱) $1/4D$

۲) $1/2D + 1/6L + 0/5(L_T \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۳) $1/2D + 1/6(L_T \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0/5(1/6W)]$

۴) $1/2D + 1/6W + L + 0/5(L_T \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۵) $1/2D + E + L + 0/2S$

۶) $0/9D + 1/6W$

۷) $0/9D + E$



سوال ۱۷

سطح سوال: سخت

۱۷- یک سازه بتنی از نوع قاب خمشی با ابعاد تیر و ستون مشخص، بنا به دلایلی به گونه‌ای طراحی شده است که به لحاظ مقاومتی برای هر دو قاب خمشی ویژه و متوسط جوابگو است. نسبت تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی طبقه در حالت قاب خمشی ویژه به حالت قاب خمشی متوسط به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ در هیچکدام از حالت‌های مورد نظر برش پایه حداقل حاکم نیست.

(۱) 1.5

(۲) 0.67

(۳) 1.23

(۴) 0.82

سبزسازه



طبق بند ۳-۵-۱ و جدول ۳-۴ استاندارد 2800 داریم:

۳-۵ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

۳-۵-۱ تغییر مکان جانبی نسبی واقعی هر طبقه، که اختلاف بین تغییر مکان‌های جانبی واقعی مراکز جرم کف‌های بالا و پایین آن طبقه است، نباید از مقدار مشخصی که در این بند تعیین شده، تجاوز نماید. این تغییر مکان تنها با استفاده از تحلیل غیرخطی سازه قابل محاسبه است، ولی می‌توان آن را با تقریب خوبی از رابطه زیر به دست آورد:

$$\Delta_M = c_d \cdot \Delta_{eu} \quad (۱۱-۳)$$

در این رابطه:

Δ_M = تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی و یا تغییر مکان نسبی واقعی طبقه

c_d = ضریب بزرگنمایی مطابق جدول (۳-۴)

Δ_{eu} = تغییر مکان جانبی نسبی طبقه زیر اثر زلزله طرح، مطابق رابطه (۳-۱)



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

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
پ- سیستم قاب خمشی	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [۴]	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [۴]	۵	۳	۴/۵	۳۵
	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی [۴] و [۱]	۳	۳	۲/۵	-
	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	۵	۳	۴	۵۰
	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۱]	۳/۵	۳	۳	-

برای سیستم قاب خمشی بتنی ویژه:

$$\Delta_{M1} = C_d * \Delta_{eu} = \frac{V_u}{K}$$

$$\Delta_{eu} = \frac{V_u}{K} = \frac{\frac{ABIW}{R_u}}{K} \propto \frac{1}{R_u}$$

$$C_d = 5.5$$



$$R_u = 7.5$$

$$\rightarrow \Delta_{M1} = C_d * \frac{1}{R_u} = 5.5 * \frac{1}{7.5} = 0.734$$

$$\Delta_{M2} = C_d * \Delta_{eu} = \frac{V_u}{K}$$

$$\Delta_{eu} = \frac{V_u}{K} = \frac{\frac{ABIW}{R_u}}{K} \propto \frac{1}{R_u}$$

$$C_d = 4.5$$

$$R_u = 5$$

$$\rightarrow \Delta_{M2} = C_d * \frac{1}{R_u} = 4.5 * \frac{1}{5} = 0.9$$

برای سیستم قاب خمشی بتنی متوسط:

سبزسازه



در نهایت نسبت خواسته شده طبق صورت سوال را محاسبه می کنیم:

$$\frac{\Delta_{M1}}{\Delta_{M2}} = \frac{0.734}{0.9} \approx 0.82$$

پاسخ سوال گزینه (۴)

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۱۸- یک ساختمان 10 طبقه با کاربری مسکونی روی خاکی با مقاومت پایین، با استفاده از گروه شمع‌های کوبشی احداث خواهد شد. برای تحلیل نیروهای این گروه شمع، کدام شیوه مورد اشاره در گزینه‌های زیر در هر حال ضروری است؟

(۱) مدل‌سازی خاک به صورت محیط پیوسته با استفاده از نرم افزارهای عددی صحت‌سنجی شده

(۲) احتساب سهم باربری خاک زیر سرشمع گسترده

(۳) انجام آزمایش‌های دینامیکی شمع با دامنه کم (آزمایش تعیین یکپارچگی)

(۴) محاسبه ضریب بازدهی و محاسبه نهایی نشست گروه شمع با مدل وینکلر

سبزسازه



پاسخ ۱۸

طبق بند ۷-۶-۶-۳-۳ از میحث ۷ داریم:

۷-۶-۶-۳-۳ علاوه بر تحلیل های بندهای ۷-۶-۶-۳-۱ و ۷-۶-۶-۳-۲ تحلیل گروه شمع با فرض خاک به صورت محیط پیوسته با استفاده از نرم افزارهای عددی صحت سنجی شده، در ساختمان های با اهمیت زیاد و بسیار زیاد و با تعداد طبقات بیشتر از ۳ طبقه و ساختمان های با اهمیت متوسط با تعداد طبقات بیشتر از ۸ طبقه ضروری است.

پاسخ سوال گزینه (۱)

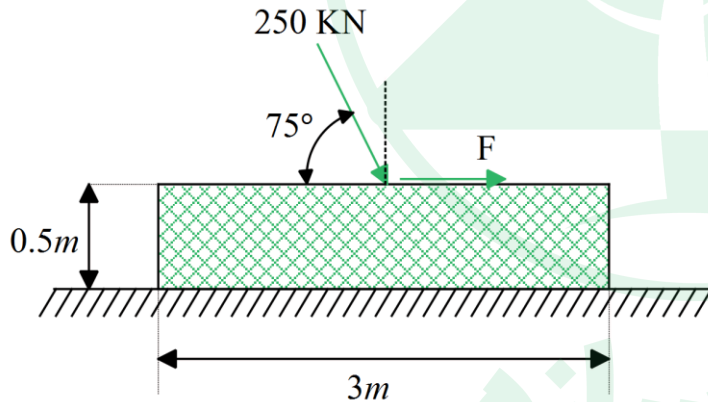
سبزسازه



سوال ۱۹

سطح سوال: سخت

۱۹- پی منفرد بتنی مربع با طول ضلع ۳ متر و ارتفاع ۰.۵ متر بر روی یک لایه خاک در شرایط زهکشی شده اجرا و نیروی استاتیکی بدون ضریب ۲۵۰ kN با زاویه ۷۵ درجه نسبت به افق به صورت فشاری به آن وارد می شود. حداکثر نیروی استاتیکی افقی F که می توان به این پی وارد کرد به کدام یک از گزینه های زیر نزدیک تر است؟ ضریب چسبندگی موثر خاک $25 \frac{KN}{m^2}$ ، ضریب اصطکاک بین خاک و پی $\tan \delta = 0.50$ و وزن مخصوص بتن $\gamma = 24 \frac{KN}{m^3}$ بوده و از نیروی مقاوم خاک صرف نظر می شود. از روش تنش مجاز استفاده شده و نیازی به کنترل نشست و ظرفیت باربری نمی باشد. ضریب بار ۱ فرض شود.



(۱) ۱۶۸ kN

(۲) ۳۷ kN

(۳) ۵۱ kN

(۴) ۱۱۶ kN



طبق بند ۷-۴-۲ مورد الف-۳ و مورد الف-۳-۱ و جدول ۷-۴-۴ از مبحث ۷ داریم:

الف-۳: گسیختگی خاک ناشی از لغزش پی

در پی‌هایی که بارهای مورب یا افقی بر آن‌ها وارد می‌شود باید لغزش پی بررسی شود. در این پی‌ها، در مواردی که کف زیرین پی افقی است، برای تأمین ایمنی کافی، باید نامساوی زیر برقرار باشد:

$$H \leq S + P_p$$

H : مؤلفه افقی بارهای طراحی وارد بر پی است که در آن نیروی رانش محرک خاک نیز لحاظ شده است.

S : نیروی برشی مقاوم موجود بین سطح زیرین سازه پی و خاک پی است که طبق ضوابط الف-۳-۱ محاسبه می‌شود.

P_p : نیروی رانشی مقاوم جلوی سازه پی است که در اثر حرکت نسبی پی و زمین می‌تواند بسیج شود. این نیرو با توجه به ملاحظات الف-۳-۲ تعیین می‌شود.



الف ۳-۱: نیروی برشی مقاوم (S) در شرایط زهکشی شده و زهکشی نشده (بلندمدت و کوتاهمدت) به شرح زیر محاسبه می شوند:

$$S = P' \tan(\delta)$$

الف ۳-۱-۱: خاک در شرایط زهکشی شده

که در این رابطه P' : مؤلفه قائم بارهای طراحی مؤثر وارد به پی است.

δ : زاویه اصطکاک بین سطح زیرین سازه پی با خاک است. در پی های ساخته شده با بتن درجا δ برابر با

زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) و در پی های با بتن پیش ساخته معادل $\frac{2}{3}\phi$ است.

سبزسازه



جدول ۷-۴-۴ حداقل ضرایب اطمینان به روش تنش مجاز در شرایط استاتیکی (پی منفرد- نواری)

تراوش		برشی				نوع حالت حدی
فشار رو به بالا	رگاب	پایداری کلی	واژگونی ساختمان	ظرفیت باربری	لغزش	
۱/۵	۴	۱/۵	۱/۷۵	۳	۱/۵	ضریب اطمینان

$$H \leq S + P_p$$

$$P_p = 0$$

$$F_S = 1.5$$

$$S = \frac{P * \tan \delta}{F_S} = \frac{((250 * \sin 75) + (3 * 3 * 0.5 * 24)) * 0.5}{1.5} = 116.49 \text{ KN}$$

$$H = (250 * \cos 75) + F = 64.7 + F$$



در نهایت حداکثر نیروی استاتیکی افقی به صورت زیر بدست می آید:

$$64.7 + F \leq 116.49 \rightarrow F \leq 51.79 \text{ KN}$$

پاسخ سوال گزینه (۳)

سبزسازه



سوال ۲۰

سطح سوال: آسان

۲۰- در فاصله 15 متری از یک ساختمان مسکونی گودی به عمق 8m با دیوار قائم در خاک با وزن مخصوص $20 \frac{KN}{m^3}$ ، زاویه اصطکاک 30° و چسبندگی 20 کیلو پاسکال حفر شده است. خطر گود مطابق با کدام یک از گزینه‌های زیر است؟

(۱) معمولی یا زیاد

(۲) زیاد

(۳) معمولی

(۴) بسیار زیاد

سبزسازه



طبق بند ۷-۳-۳-۳-۶-۱ و جدول ۷-۳-۱ از مبحث ۷ داریم:

۷-۳-۳-۶-۱ جهت ارزیابی خطر گود قائم لازم است هر سه شرط تعیین شده برای هر دسته در جدول ۷-۳-۱ برقرار باشد. در صورتی که هر سه شرط مذکور به طور همزمان برقرار نباشد، خطر گود با توجه به شرطی که بحرانی است تعیین می شود. در صورت وجود اختلاف در ارزیابی خطر گود در وجوه مختلف آن، بحرانی ترین وجه به عنوان شاخص انتخاب می گردد.

عمق h_c از رابطه ۷-۳-۱ محاسبه می شود.

$$h_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{k_a}} - \frac{q}{\gamma}$$

(۷-۳-۱)

سبزسازه



مقدار $\frac{h}{h_c}$	عمق گود از تراز صفر	عمق گود از زیر پی ساختمان موجود در محدوده ناپایداری دیواره گود	خطر گود
کمتر از ۰/۵	کمتر از ۴ متر	صفر	معمولی
بین ۰/۵ تا ۲	بین ۴ تا ۱۰ متر	بین صفر تا ۶ متر	زیاد
بیشتر از ۲	بیشتر از ۱۰ متر	بیشتر از ۶ متر	بسیار زیاد

(۱)

طبق مورد عمق گود از تراز صفر 8m خطر گود زیاد می باشد

(۲)

طبق رابطه ۱-۳-۷ داریم:

$$h_c = \frac{2c}{\gamma \sqrt{K_a}} - \frac{q}{\gamma}$$



$$K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = \frac{1}{3}$$

$$\rightarrow h_c = \frac{2 * 20}{20\sqrt{\frac{1}{3}}} - 0 = 2\sqrt{3} = 3.464 \text{ m}$$

$$\rightarrow \frac{h}{h_c} = \frac{8}{3.464} = 2.31 > 2$$

طبق رابطه خطر گود بسیار زیاد است.

در نهایت خطر گود بسیار زیاد در نظر گرفته می شود.

پاسخ سوال گزینه (۴)

سبزسازه



سوال ۲۱

سطح سوال: آسان

۲۱- در طراحی یک دیوار سازه نگهبان به ارتفاع ۹ متر که به صورت نسبتاً صلب رفتار می‌کند، در مورد فاصله نقطه اثر اضافه فشار جانبی خاک از پای دیوار، در حالت دینامیکی، کدام یک از گزینه‌های زیر از منطق کمتری برخوردار است؟

(۱) ۵.۳۰ متر

(۲) ۳.۱۰ متر

(۳) ۴.۲۰ متر

(۴) ۴.۸۰ متر

سبزسازه



طبق بند ۷-۵-۵-۲-۴-۱ مبحث ۷ داریم:

۷-۵-۵-۲-۴: فشار حالت محرک و مقاوم در شرایط دینامیکی

۷-۵-۵-۲-۴-۱: در صورت وجود زلزله، فشار جانبی خاک را می‌توان از روش‌های شبه‌استاتیکی مانند روابط مونونابه- اکابه محاسبه و این مقادیر در محاسبات پایداری و سازه‌ای دیوار منظور شود. همچنین نقطه اثر اضافه فشار دینامیکی را می‌توان بین 0.45 تا 0.6 ارتفاع دیوار از پای دیوار در نظر گرفت. هر چه صلیبیت دیوار کمتر باشد مقادیر بزرگتری برای نقطه اثر اختیار می‌شود.

$$H = 9m$$

نقطه اثر اضافه فشار دینامیکی در محدوده زیر قرار می‌گیرد:

$$0.45 * 9 = 4.05m \leq x \leq 0.6 * 9 = 5.4m$$

با توجه به گزینه‌ها می‌توان فهمید که گزینه ۲ یعنی $3.10 m$ در محدوده مورد نظر نبوده و پاسخ سوال است.

پاسخ سوال گزینه (۲)



سوال ۲۲

سطح سوال: آسان

۲۲- در اجرای یک ساختمان با مصالح بنایی بلوک سیمانی توخالی به کار رفته است. در صورتی که از ملات ماسه و سیمان قوی استفاده شده و 40 درصد واحدهای توخالی دوغاب شده باشند، کدام یک از مقادیر زیر تخمین نزدیک تری برای مدول گسیختگی واحد بنایی در حالتی است که امتداد تنشی کششی خمشی موازی بندهای افقی باشد؟

۱) 0.65 MPa

۲) 1.38 MPa

۳) 1.07 MPa

۴) 0.86 MPa

سبزسازه



طبق جدول ۸-۲-۶ و زیر نویس جدول از مبحث ۸ داریم:

جدول ۸-۲-۶ مدول گسیختگی واحد بنایی f_r (MPa)

نوع ملات		امتداد تنش کنششی خمشی و نوع مصالح بنایی
ملات ماسه-سیمان نوع متوسط	ملات ماسه-سیمان نوع خیلی قوی یا قوی	
۰/۵۲	۰/۶۹	عمود بر بندهای افقی: واحدهای توپر واحدهای توخالی: دوغاب نشده کاملاً دوغاب شده
۰/۳۳	۰/۴۳	موازی بندهای افقی: واحدهای توپر واحدهای توخالی: دوغاب نشده یا قسمتی دوغاب شده ^(۱) کاملاً دوغاب شده
۱/۰۹	۱/۱۲	
۱/۰۳	۱/۳۸	
۰/۶۵	۰/۸۶	
۱/۰۳	۱/۳۸	

(برای بنایی که قسمتی دوغاب شده است، مقدار مدول گسیختگی باید بر اساس درون‌یابی خطی بین حالات کاملاً غاب شده و دوغاب نشده واحدهای توخالی بر اساس میزان دوغاب شدن بدست آید.



در حالت دوغاب نشده یا قسمتی دوغاب شده برای ملات ماسه سیمان قوی داریم:

$$f_r = 0.86 \text{ MPa}$$

در حالت دوغاب شده برای ملات ماسه سیمان قوی داریم:

$$f_r = 1.38 \text{ MPa}$$

در نهایت طبق زیرنویس جدول چون 40 درصد واحد بنایی دوغاب شده است باید از درون یابی استفاده کنیم:

$$f_r = 0.86 + 0.40 * (1.38 - 0.86) \approx 1.07 \text{ MPa}$$

پاسخ سوال گزینه (۳)

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۲۳- در ساختمان‌های بنایی محصورشده با کلاف، در رابطه با ساخت دیوارهایی که برای حمل وزن خود و بار جانبی زلزله در نظر گرفته می‌شوند، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

- (۱) می‌توان از واحدهای مصالح بنایی آجری به شرط تمیز و زنجاب‌بودن آن‌ها استفاده کرد.
- (۲) باید از بلوک‌های سیمانی توپر استفاده شود.
- (۳) نمی‌توان از بلوک‌های سیمانی توخالی دیواری که سوراخ‌های آن با ملات پر می‌شوند استفاده کرد.
- (۴) نباید از واحدهای مصالح بنایی سنگی در آن‌ها استفاده کرد.

سبزسازه



طبق بند ۸-۵-۵-۳-۱ مورد ۱ و مورد ۲ و همچنین طبق بند ۸-۲-۲-۴-۱ مورد ۱ از مبحث ۸ داریم:

۱- آجر باید کاملاً پخته، یک پارچه و سخت باشد و هرگاه با یک آجر به آجر دیگر ضربه‌ای وارد آید، صدای مشخص زنگداری تولید شود.

۲- استفاده از تکه آجر، شامل: سه‌چارک یا سه‌قد (سه‌چهارم آجر)، نیمه (نصف آجر)، چارک (یک‌چهارم آجر) و کلوک (پاره آجر) در جایی که استفاده از آجر کامل یا آجر با اندازه بزرگتر مقدور نباشد، مجاز است.

۳- آجر از هر نوع باید در زمان اجرا کاملاً تمیز و زنجاب باشد.

۴- مقاومت فشاری آجر، که در اعضای سازه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید منطبق با مشخصات طراحی و حداقل ۵ مگاپاسکال باشد.

سبزسازه



۸-۵-۳-۱ دیوار سازه‌ای

- ۱- دیوار سازه‌ای به دیواری اطلاق می‌شود که بار ثقلی و (یا) بار جانبی (مانند زلزله) را حمل کند.
- ۲- دیوار سازه‌ای می‌تواند با واحدهای مصالح بنایی آجر، سنگ و یا بلوک سیمانی اجرا شود. چنانچه از بلوک سیمانی حفره‌دار برای ساخت دیوار استفاده شود، لازم است که حفره‌های واحد مصالح بنایی در حین اجرا با بتن و یا ملات فشرده کاملاً پر شود.
- ۳- حداکثر طول مجاز دیوار محصور بین دو کلاف قائم ۵ متر می‌باشد.
- ۴- ارتفاع دیوارهای سازه‌ای باید با مفاد بند ۸-۵-۴-۲ تطبیق نماید.
- ۵- حداکثر نسبت ارتفاع به ضخامت دیوار سازه‌ای ۱۵ می‌باشد. همچنین، عرض (ضخامت) دیوار سازه‌ای در طبقات نباید از ۲۰۰ میلی‌متر و در زیر زمین از ۳۲۰ میلی‌متر کمتر باشد.
- ۶- دیوارهای سازه‌ای طبقات باید در امتداد قائم پیوسته بوده و تا روی پی ادامه داشته باشند.
- ۷- دیوارهای سازه‌ای باید به‌طور یک‌نواخت در دو امتداد عمود بر هم توزیع شوند.

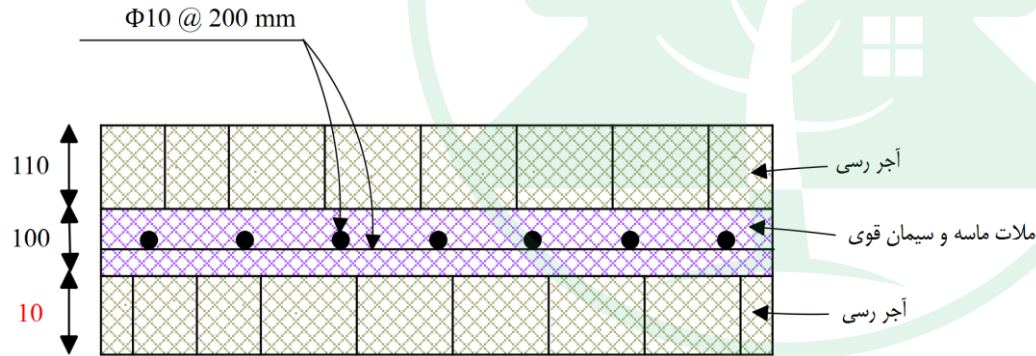
با توجه به بندهای ۸-۵-۳-۱ مورد ۲ و بند ۸-۲-۲-۴-۱ مورد ۱ و قسمت ۱ گزینه ۱ پاسخ صحیح سوال می‌باشد لذا در گزینه ۲ می‌توان طبق آیین‌نامه از بلوک‌های سیمانی حفره‌دار استفاده نمود و این گزینه صحیح نمی‌باشد. پاسخ سوال گزینه (۱)



سوال ۲۴

سطح سوال: سخت

۲۴- یک دیوار مصالح بنایی مسلح و با مقطع شکل زیر از آجر رسی با مقاومت فشاری مشخصه آجر 8MPa و ملات ماسه و سیمان قوی ساخته شده است. در صورتی که ارتفاع موثر دیوار 3.8 متر بوده و طول موثر آن کمتر از ارتفاع موثر باشد. مقاومت اسمی محوری دیوار به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ آرماتورها S340 و واحدها روی شکل به میلی متر هستند.



۱) 272 KN/m

۲) 1593 KN/m

۳) 963 KN/m

۴) 658 KN/m



طبق بند ۸-۴-۶-۲-۲ از مبحث ۸ داریم:

۸-۴-۶-۲-۲ مقاومت محوری اسمی

مقاومت محوری اسمی (P_n) یک مقطع باید بر اساس فرضیات طراحی بند ۸-۴-۶-۱ و ضوابط این بخش تعیین شود.

مقاومت محوری اسمی نباید از مقدار محاسبه شده توسط رابطه ۸-۴-۵ یا رابطه ۸-۴-۶ فراتر رود.

الف- برای اعضای که مقدار h/r در آنها از ۱۰۰ کمتر است:

$$P_n = 0.8[0.8f'_m(A_n - A_{st}) + f_y A_{st}] \left[1 - \left(\frac{h}{140r} \right)^2 \right] \quad (۸-۴-۵)$$

ب- برای اعضای که مقدار h/r در آنها برابر و یا بیشتر از ۱۰۰ است:

$$P_n = 0.8[0.8f'_m(A_n - A_{st}) + f_y A_{st}] \left[\left(\frac{70r}{h} \right)^2 \right] \quad (۸-۴-۶)$$



جدول ۸-۲-۴ مقاومت فشاری مشخصه واحد بنایی، f_m ، بر حسب مقاومت فشاری آجر رسی

مقاومت فشاری مشخصه واحد بنایی، f_m (MPa)		مقاومت فشاری مشخصه آجر (MPa)
ملاط ماسه سیمان نوع متوسط	ملاط ماسه سیمان نوع خیلی قوی یا قوی	
۳/۰	۳/۵	≥ 10
۲/۸	۳/۴	۹
۲/۵	۳/۰	۸
۲/۳	۲/۸	۷
۲/۰	۲/۴	۶
۱/۷	۲/۰	۵
۱/۴	۱/۸	۴
۱/۰	۱/۴	۳



$$f_m = 3MPa$$

$$F_y = 340MPa$$

$$A_n = L * t = 1000 * 220 = 220000 \text{ mm}^2$$

در هر یک متر دیوار باید تعداد آرماتورها را بدست آوریم:

$$n = \frac{1000}{S} = \frac{1000}{200} = 5$$

$$A_{st} = 5 * \pi * 5^2 = 392.7 \text{ mm}^2$$

مقدار شعاع ژیراسیون مقطع دیوار به صورت زیر محاسبه می شود:

$$r = 0.289 * t = 0.289 * 220 = 63.58 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \frac{h}{r} = \frac{3800}{63.58} = 59.77 \leq 100$$

سبزسازه



$$\rightarrow P_u = 0.8 * \left[0.8 f_m (A_n - A_{st}) + F_y * A_{st} \right] * \left[1 - \left(\frac{h}{140 * r} \right)^2 \right]$$

$$\rightarrow P_u = 0.8 * \left[0.8 * 3(220000 - 392.7) + 340 * 392.7 \right] * \left[1 - \left(\frac{3800}{140 * 63.58} \right)^2 \right] * 10^{-3}$$

$$\rightarrow P_u = 432 \text{ KN}$$

نکته مهم: با توجه به غیر معقول بودن ضخامت دیوار آجری 10 mm تعریف شده در شکل صورت سوال به احتمال زیاد اشتباه تایپی صورت گرفته و این سوال باید حذف گردد.

اگر با ضخامت 110 mm برای دیوارهای آجری سوال را حل کنیم، داریم:

$$A_n = L * t = 1000 * 320 = 320000 \text{ mm}^2$$

$$r = 0.289 * t = 0.289 * 320 = 92.48 \text{ mm}$$



$$\rightarrow \frac{h}{r} = \frac{3800}{92.48} = 41.09 \leq 100$$

$$\rightarrow P_u = 0.8 * [0.8f'_m(A_n - A_{st}) + F_y * A_{st}] * \left[1 - \left(\frac{h}{140 * r} \right)^2 \right]$$

$$\rightarrow P_u = 0.8 * [0.8 * 3(320000 - 392.7) + 340 * 392.7] * \left[1 - \left(\frac{3800}{140 * 92.48} \right)^2 \right] * 10^{-3}$$

$$\rightarrow P_u = 658 \text{ KN}$$

به نظر می‌رسد نظر طراح همان ضخامت دیوارهای آجری برابر 110 mm بوده که در این صورت گزینه ۴ پاسخ سوال می‌باشد، لذا با توجه به اشتباه تایپی رخ داده شده باید سوال حذف شود.

پاسخ سوال گزینه (؟)



سطح سوال: آسان

۲۵- یک متر مکعب از خاکی با دانه‌بندی پیوسته 2000 کیلوگرم جرم دارد. این خاک با داشتن کدام یک از ترکیبات زیر برای ساخت شفته آهکی مورد استفاده در تقویت لایه‌های زیر پی ساختمان‌های با مصالح بنایی مناسب‌تر است؟

(۱) در هر متر مکعب $450Kg$ ریزدانه و $250Kg$ خاک رس داشته باشد.

(۲) در هر متر مکعب $600Kg$ ریزدانه و $400Kg$ خاک رس داشته باشد.

(۳) در هر متر مکعب $800Kg$ ریزدانه و $200Kg$ خاک رس داشته باشد.

(۴) در هر متر مکعب $400Kg$ ریزدانه و $400Kg$ خاک رس داشته باشد.

سبزسازه



طبق بند ۸-۲-۲-۹ مبحث ۸ داریم:

۸-۲-۲-۹ شفته آهکی

از شفته آهکی برای تقویت لایه‌های زیر پی استفاده می‌شود. در ساخت و استفاده از شفته آهکی موارد زیر باید منظور شود:

۱- مقدار آب لازم برای شفته آهکی بستگی به کارایی و مقاومت مورد نیاز دارد. با حفظ کارایی مورد نیاز، هر اندازه آب کمتر مصرف شود مقاومت بیشتری حاصل می‌شود.

۲- مقدار آهکی که در ساختن شفته آهکی باید مصرف شود بستگی به مقاومت مورد نیاز و مقدار خاک رس دارد.

۳- وجود دانه‌های سنگی درشت در شفته، مشروط بر اینکه مجموعه دانه‌بندی مناسبی داشته باشد، بلامانع است.

۴- بهترین خاک برای ساختن شفته آهکی، خاک با دانه‌بندی پیوسته است که ریزدانه آن از ۲۵ درصد و خاک رس آن از ۱۵ درصد خاک کمتر نباشد.

۵- کاهش حجم ناشی از خشک شدن شفته آهکی، که به سبب وجود خاک رس و آب زیاد اتفاق می‌افتد، باید مورد توجه قرارگیرد.



حداقل مقدار ریزدانه در شفته آهک:

$$0.25 * 2000 = 500 \text{ Kg}$$

حداقل مقدار خاک رس در شفته آهک:

$$0.15 * 2000 = 300 \text{ Kg}$$

در نهایت گزینه ۲ با مقدار 600 Kg ریزدانه و 400 Kg خاک رس برای شفته آهک مناسب می باشد.

پاسخ سوال گزینه ۲)

سبزسازه



سوال ۲۶

سطح سوال: آسان

۲۶- محاسبات سازه نشان می‌دهد شالوده گسترده بدون فولادگذاری برشی زیر یک ستون میانی با ابعاد مقطع 0.5×0.5 متر، 15 درصد در برابر برش دوطرفه نهایی ضعیف است. چنانچه برای جبران این ضعف از خاموت استفاده شود، سهم مقاومت طراحی فولادهای برشی از کل برش دوطرفه نهایی، حداقل چند درصد باید باشد؟ عمق موثر شالوده 1.1 متر فرض می‌شود. نزدیک‌ترین گزینه به پاسخ را انتخاب نمایید. برای سادگی، توزیع تنش برشی در پیرامون مقطع بحرانی را یکنواخت فرض کنید. بتن شالوده معمولی است.

۱) 100%

۲) 35%

۳) 60%

۴) 85%

سبزسازه



بدون فولاد:

$$b_0 = 4 * (1100 + 500) = 6400 \text{ mm}$$

$$0.85 * v_u = \phi * v_{c1} \rightarrow v_u = \frac{\phi * v_{c1}}{0.85} = \frac{0.75}{0.85} * \min \left(\begin{matrix} 0.33 \\ 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \\ 0.083 \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b} \right) \end{matrix} \right) \lambda_s \lambda \sqrt{f_c}$$

$$= \frac{0.75}{0.85} * \min \left(\begin{matrix} 0.33 \\ 0.17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \\ 0.083 \left(2 + \frac{40 * 1100}{6400} \right) \end{matrix} \right) \lambda_s \lambda \sqrt{f_c} = 0.291 \lambda_s \lambda \sqrt{f_c}$$

سبزسازه



با فولاد:

$$v_u = \phi * v_{c2} + \phi * v_s \rightarrow 0.291\lambda_s\lambda\sqrt{f_c} = 0.75 * 0.17\lambda_s\lambda\sqrt{f_c} + \phi * v_s$$

$$\rightarrow \phi * v_s = 0.291\lambda_s\lambda\sqrt{f_c} - 0.1275\lambda_s\lambda\sqrt{f_c} = 0.1635\lambda_s\lambda\sqrt{f_c}$$

$$\rightarrow \frac{\phi * v_s}{v_u} = \frac{0.1635\lambda_s\lambda\sqrt{f_c}}{0.291\lambda_s\lambda\sqrt{f_c}} = 0.562$$

پاسخ: گزینه ۳

سبزسازه



سوال ۲۷

سطح سوال: آسان

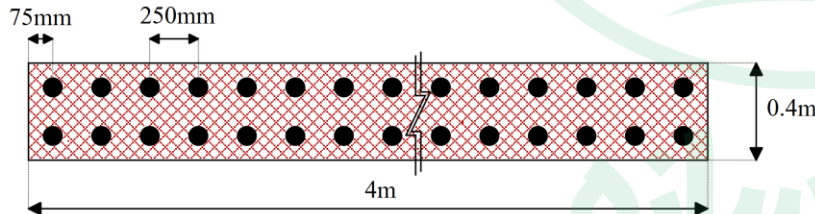
۲۷- در شکل مقطع بحرانی یک دیوار برشی ویژه برای خمش و بارهای محوری نشان داده شده است. میلگردهای طولی در هر ردیف میلگرد به قطر اسمی 18 میلی‌متر با فواصل تقریبی 250 mm است. نسبت ارتفاع دیوار به طول آن بیش از 2 بوده و از پایین سازه تا بالای دیوار به طور موثر ادامه دارد. چنانچه رده بتن C25 و نوع میلگرد S400 بوده و نیروی محوری و لنگر خمشی نهایی حول محور قوی به ترتیب $P_u = 2000 \text{ kN}$ و $M_u = 3000 \text{ kN.m}$ باشد، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح خواهد بود؟ فقط بر اساس اطلاعات داده شده پاسخ دهید.

(۱) در این دیوار نیازی به دورگیر یا آرماتور عرضی در لبه‌های انتهایی نیست.

(۲) اجزای مرزی مورد نیاز است اما دورگیر یا آرماتور عرضی در لبه‌های انتهایی لازم نیست.

(۳) نیاز به اجزای مرزی نیست اما دورگیر یا آرماتور عرضی در لبه‌های انتهایی لازم است.

(۴) اجزای مرزی مورد نیاز است.



پاسخ ۲۷

طبق بند ۹-۲۰-۷-۴-۳ و ۹-۲۰-۷-۴-۵ :

$$\sigma = \frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u l_w}{\gamma I_g} = \frac{2000 * 10^3}{4000 * 400} + \frac{3000 * 10^6 * 4000}{2 * \frac{400 * 4000^3}{12}} = 4.0625 < 0.2f_c = 5 \text{ Mpa}$$

در نتیجه نیاز به اجزای مرزی نیست.

$$\rho = \frac{\sum A_s}{s * h} = \frac{2 * \pi * 9^2}{250 * 400} = 5.09 * 10^{-3} < \frac{2.8}{f_y} = \frac{2.8}{400} = 7 * 10^{-3}$$

در نتیجه به دورگیر نیاز نیست.

پاسخ: گزینه ۱

سبزسازه



سوال ۲۸

سطح سوال: آسان

۲۸- نیروی برشی نهایی در یک شالوده سطحی نواری به عرض ۲ متر و ارتفاع ۰.۸ متر که میلگردهای طولی آن هم در بالا و هم در پایین، جداگانه، مطابق با حداقل آرماتور خمشی بوده و فاقد میلگرد برشی (عرضی) است، ۱.۵ برابر مقاومت طراحی تامین شده توسط بتن ΦV_c است. مقاومت اسمی برشی تامین شده توسط آرماتورهای برشی مورد نیاز در این پی به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟

مفروضات عبارتند از $d = 720 \text{ mm}$ ، $f_c = 25 \text{ MPa}$ ، $f_{yt} = 400 \text{ MPa}$ و بتن معمولی

۱) 215 kN

۲) 505 kN

۳) 475 kN

۴) 300 kN

سبزسازه



$$\begin{cases} V_u = \phi V_c + \phi V_s \\ V_u = 1.5 * \phi V_c \end{cases} \rightarrow V_s = 0.5 * V_c$$

$$A_s = 0.0018 b_w h = 0.0018 * 2000 * 800 = 2880 \text{ mm}^2$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{2880}{2000 * 720} = 0.002$$

$$\begin{aligned} V_s &= 0.5 * V_c = 0.5 * \left(0.66 \lambda (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f_c} + \frac{N_u}{6 A_g} \right) b_w d = 0.5 * (0.66 * 1 * (0.002)^{1/3} \sqrt{25} + 0) * 2000 * 720 * 10^{-3} \\ &= 299.36 \text{ kN} \end{aligned}$$

پاسخ: گزینه ۴

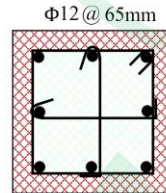
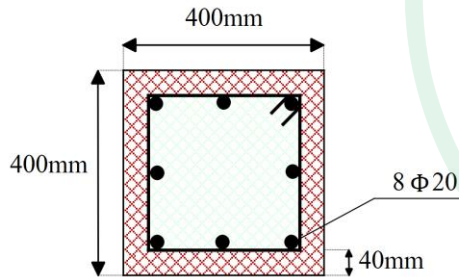
سبزسازه



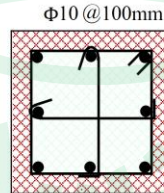
سوال ۲۹

سطح سوال: متوسط

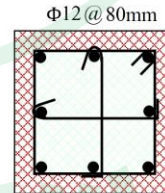
۲۹- مقطع عمومی ستون طبقه اول یک ساختمان با سیستم قاب خمشی بتنی با شکل پذیری زیاد مطابق شکل زیر است. مقدار کل آرماتورهای لازم برای برش و پیچش بر اساس بارهای وارده و برش V_e برابر $1.1 \text{ mm}^2/\text{mm}$ است. در صورتی که از تحلیل سازه مقدار $\frac{P_u}{A_g f_c} = 0.08$ به دست آمده باشد، کدام یک از گزینه های زیر حداقل مقدار آرماتورهای عرضی قابل قبول در ناحیه L_0 را تامین می کند؟ رده آرماتورهای طولی و عرضی S400 و رده بتن C30 است.



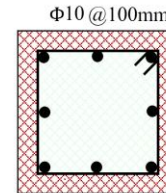
(1)



(2)



(3)



(4)

(۱)(۱)

(2)(۲)

(3)(۳)

(4)(۴)



ابتدا با توجه به $\frac{A_v}{s}$ مورد نیاز داده شده برای دو حالت استفاده از آرماتور 10 و 12 به عنوان آرماتور عرضی، فاصله آرماتورهای عرضی را تعیین می‌کنیم:

$$\Phi 10 \rightarrow S_{max} = \frac{A_v}{1.1} = \frac{2 * \pi * 5^2}{1.1} = 142.8 \text{ mm}$$

$$\Phi 12 \rightarrow S_{max} = \frac{A_v}{1.1} = \frac{2 * \pi * 6^2}{1.1} = 205.6 \text{ mm}$$

در نتیجه تمامی گزینه‌ها مقدار فولاد مورد نیاز را تامین می‌کنند.

در مرحله بعد بند ۹-۲۰-۶-۳-۳ را چک می‌کنیم:

$$S_{max} = \min \left(\frac{\frac{C_{min}}{4}}{6d_{bmin}}, \frac{\frac{400}{4} = 100}{6 * 20 = 120}, \frac{S_0}{S_0} \right) = 100 \text{ mm}$$

در نتیجه تمامی گزینه‌ها شرایط این بند را ارضا می‌کنند.

✓ با توجه به این که S_{max} برابر با 100 mm بدست آمده، نیاز به محاسبه S_0 نیست.



✓ در مرحله بعد بند ۹-۲۰-۶-۳-۳-۴ را چک می کنیم:

$$b_c = 400 - 2 * 40 = 320 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$A_g = 400 * 400 = 16 * 10^4 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

$$A_{ch} = (400 - 2 * 40)^2 = 102400 \text{ mm}^2 \quad \checkmark$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_c = 30 \leq 70 \\ P_u = 0.08 f_c A_g \leq 0.3 f_c A_g \end{array} \right. \rightarrow \frac{A_{sh}}{s * b_c} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}} \\ 0.09 \frac{f_c}{f_{yt}} \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.3 \left(\frac{16 * 10^4}{102400} - 1 \right) \frac{30}{400} = 0.01266 \\ 0.09 * \frac{30}{400} = 6.75 * 10^{-3} \end{array} \right. = 0.01266 \quad \checkmark$$

$$\rightarrow \frac{A_{sh}}{s} = 0.01266 * b_c = 4.0512 \quad \checkmark$$

سبزسازه



در این مرحله گزینه‌ها را چک می‌کنیم و مناسب‌ترین گزینه را انتخاب می‌کنیم:

$$(۱) \text{ مقطع : } \frac{A_{sh}}{s} = \frac{3 * \pi * 6^2}{65} = 5.22$$

$$(۲) \text{ مقطع : } \frac{A_{sh}}{s} = \frac{3 * \pi * 5^2}{100} = 2.36$$

$$(۳) \text{ مقطع : } \frac{A_{sh}}{s} = \frac{3 * \pi * 6^2}{80} = 4.24$$

$$(۴) \text{ مقطع : } \frac{A_{sh}}{s} = \frac{2 * \pi * 5^2}{100} = 1.57$$

پاسخ: گزینه ۳

سبزسازه



سوال ۳۰

سطح سوال: متوسط

۳۰- یک دال بتنی توپر به ابعاد 4×7 متر، روی چهار تیر بتنی که در امتداد چهار ضلع دال قرار دارند، به صورت ساده تکیه دارد. پوشش بتن زیر پایین ترین لایه میلگرد 30 mm است و میلگردها در هر دو امتداد $\Phi 20 @ 200 \text{ mm}$ هستند. مدت زمان مقاومت در برابر آتش به منظور تامین کفایت سازه ای برای این دال چند ساعت برآورد می شود؟

۱) 1.5

۲) 4

۳) 3

۴) 2

سبزسازه



طبق بند ۹-۲-۴ و جدول ۹-۲-۲ در صفحه‌های ۵۳۲ و ۵۳۳ مبحث ۹ ویرایش ۱۳۹۹:

- دال با تکیه‌گاه ساده
- در هر ۴ وجه روی تکیه‌گاه تیر

$$\begin{cases} 1.5 < \frac{l_y}{l_x} = \frac{7}{4} = 1.75 \leq 2 \\ a_s = 30 + \frac{20}{2} = 40 \text{ mm} \end{cases} \rightarrow FRR = 180 \text{ min} = 3 \text{ hr}$$

پاسخ: گزینه ۳

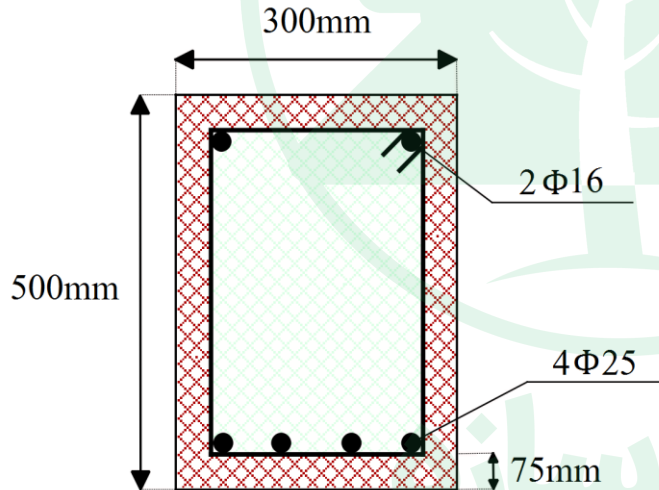
سبزسازه



سوال ۳۱

سطح سوال: آسان

۳۱- یک تیر با تکیه‌گاه‌های ساده و دهانه ۶ متر دارای مقطع نشان داده شده (در وسط دهانه) است. تیر تحت بار مرده 16 kN/m با احتساب وزن تیر و بار زنده 11.2 kN/m قرار دارد. در صورتی که $f_c = 20 \text{ MPa}$ و بتن معمولی با چگالی 2300 kg/m^3 باشد، فقط با در نظر گرفتن ممان اینرسی موثر در وسط دهانه، تغییر شکل آنی تحت بار مرده به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ در وسط دهانه $I_{cr} = 17.038 \times 10^8 \text{ mm}^4$ است.



5.4 mm (۱)

12.6 mm (۲)

10.3 mm (۳)

7.4 mm (۴)



$$q_a = 16 \frac{kN}{m} = 16 \frac{N}{mm} \rightarrow M_a = \frac{qL^2}{8} = \frac{16 * 6^2}{8} = 72 \text{ kN.m}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} = 21019.04 \text{ Mpa}$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{300 * 500^3}{12} = 3.125 * 10^9 \text{ mm}^4$$

$$y_t = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$f_r = 0.62\lambda\sqrt{f_c} = 0.62 * 1 * \sqrt{20} = 2.773 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = \frac{2.773 * 3.125 * 10^9}{250} = 34.6625 \text{ kN.m}$$

سبزسازه



$$M_a > \frac{2}{3} M_{cr} \rightarrow I_e = \frac{I_{cr}}{1 - \left(\frac{\frac{2}{3} M_{cr}}{M_a} \right)^2 \left(1 - \frac{I_{cr}}{I_g} \right)} = \frac{17.038 * 10^8}{1 - \left(\frac{\frac{2}{3} * 36.6625}{72} \right)^2 \left(1 - \frac{17.038 * 10^8}{3.125 * 10^9} \right)} = 1.78754 * 10^9 \text{ mm}^4$$

$$\Delta_D = \frac{5qL^4}{384E_c I_e} = \frac{5 * 16 * 6000^4}{384 * 21019.04 * 1.78754 * 10^9} = 7.186 \text{ mm}$$

پاسخ: گزینه ۴

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۳۲- هرگاه مقدار آرماتور عرضی ویژه لازم در ناحیه بحرانی برای دورپیچ‌های یک ستون دایره‌ای به قطر 500 میلی‌متر برابر $\rho_s = 0.15 \frac{f_c}{f_{yt}}$ باشد، فاصله (S) مورد نیاز دورپیچ‌های (گام) آرماتور عرضی به قطر 10 میلی‌متر به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟ پوشش بتن 50 میلی‌متر، $f_c = 30 \text{ MPa}$ و $f_{yt} = 400 \text{ MPa}$ فرض شود. آرماتور عرضی ویژه کنترل کننده طرح است.

۹۰ mm (۱)

60 mm (۲)

70 mm (۳)

80 mm (۴)

سبزسازه



با توجه به این که در صورت سوال گفته شده آرماتور عرضی ویژه کنترل کننده طرح است:

$$(\rho_s)_{available} \geq (\rho_s)_{required} \rightarrow \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq 0.15 \frac{f_c}{f_{yt}} \rightarrow S \leq \frac{\pi d_s^2}{D_c \left(0.15 \frac{f_c}{f_{yt}}\right)}$$
$$\rightarrow S \leq \frac{\pi * 10^2}{(500 - 2 * 50) \left(0.15 \frac{30}{400}\right)} = 69.8 \text{ mm}$$

پاسخ: گزینه ۳

سبزسازه



سطح سوال: سخت

۳۳- در داخل یک سالن صنعتی محفوظ و روی زمین، یک کف بتنی به ضخامت 200 میلی‌متر با بتن C25 و شبکه میلگرد $\Phi 8 @ 150 \text{ mm}$ اجرا شده است. اگر ابعاد این کف 20×20 متر باشد، بعد از 30 سال میزان تغییر طول اضلاع دال به ترتیب ناشی از جمع شدگی و خزش چند میلی‌متر است؟ تاثیر محیط زیر دال با روی دال یکسان فرض می‌شود. همچنین شرایط تکیه‌گاهی لبه‌های دال آزاد فرض شود.

(۱) 13 میلی‌متر و تقریباً صفر

(۲) 17 میلی‌متر و تقریباً صفر

(۳) 13 و 24 میلی‌متر

(۴) تقریباً صفر و 24 میلی‌متر

سبزسازه



برای جمع‌شدگی طبق جدول ۹-۴-۱:

▪ محیط داخلی بناها

$$\left\{ t_h = \frac{2A_g}{u_e} = \frac{2 * 20000^2}{200 * (4 * 20000)} = 50 \text{ mm} \rightarrow \varepsilon_{cs}^* = 920 * 10^{-6} \right.$$

$$f_c = 25$$

$$\rightarrow \frac{\Delta L}{L} = 920 * 10^{-6} \rightarrow \Delta L = 920 * 10^{-6} * L = 920 * 10^{-6} * 20000 = 18.4 \text{ mm}$$

برای خزش بتن باید از رابطه ۹-۴-۱۱ در صفحه ۵۷۸ استفاده کنیم:

$$\varepsilon_{cc} = \phi_{cc} \frac{f_0}{E_c}$$

برای بدست آوردن کرنش از این رابطه باید پارامتر f_0 یعنی تنش را داشته باشیم که با توجه به این که در صورت سوال شرایط تکیه‌گاهی لبه‌های دال آزاد فرض شده، مقدار تنش برابر با صفر است و در نتیجه کرنش هم برابر با صفر خواهد شد.

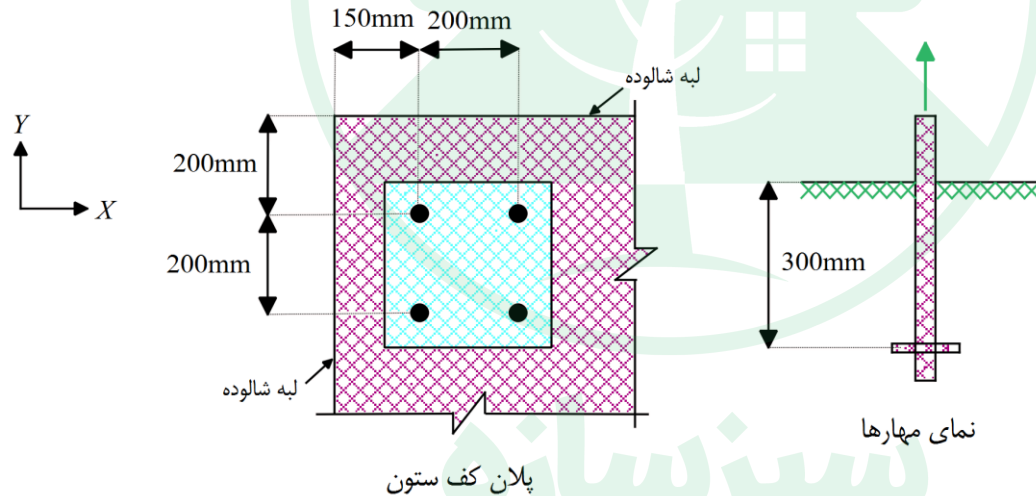
پاسخ: گزینه ۲



سوال ۳۴

سطح سوال: سخت

۳۴- در نقشه‌های سازه، موقعیت یک کف ستون، مربوط به ستون تحت کشش محوری بدون خروج از مرکزیت (نسبت به محور ستون و کف ستون) نشان داده شده است. چنانچه در عمل، موقعیت استقرار کف ستون، ستون و میل مهارهای آن نسبت به شالوده 50 mm در امتداد x به سمت راست جابجا شده باشد، مقاومت گسیختگی مخروطی بتن در کشش برای مهارهای گروهی حدود چند درصد افزایش می‌یابد؟



(۱) 6%

(۲) 15%

(۳) 11%

(۴) 8%



پاسخ ۳۴

حالت اول:

$$A_{Nc1} = (150 + 200 + 1.5 * 300) * (200 + 200 + 1.5 * 300) = 800 * 850$$

$$e_N' = 0 \rightarrow \psi_{ec,N\setminus} = 1$$

$$C_{a,min} = 150 < 1.5h_{ef} = 1.5 * 300 = 450 \rightarrow \psi_{ed,N\setminus} = 0.7 + 0.3 \frac{C_{a,min}}{1.5h_{ef}} = 0.7 + 0.3 \frac{150}{450} = 0.8$$

مهار تعبیه شده:

$$\psi_{cp,N\setminus} = 1$$

حالت دوم:

$$A_{Nc2} = (150 + 50 + 200 + 1.5 * 300) * (200 + 200 + 1.5 * 300) = 850 * 850$$

$$e_N' = 0 \rightarrow \psi_{ec,N\setminus} = 1$$

$$C_{a,min} = 200 < 1.5h_{ef} = 1.5 * 300 = 450 \rightarrow \psi_{ed,N\setminus} = 0.7 + 0.3 \frac{C_{a,min}}{1.5h_{ef}} = 0.7 + 0.3 \frac{200}{450} = 0.833$$



مهار تعبیه شده:

$$\psi_{cp,N1} = 1$$

$$\frac{N_{cbg2}}{N_{cbg1}} = \frac{A_{Nc2}}{A_{Nc1}} * \frac{\psi_{ec,N2}}{\psi_{ec,N1}} * \frac{\psi_{ed,N2}}{\psi_{ed,N1}} * \frac{\psi_{cp,N2}}{\psi_{cp,N1}} = \frac{850 * 850}{800 * 850} * \frac{1}{1} * \frac{0.833}{0.8} * \frac{1}{1} = 1.106$$

پاسخ: گزینه ۳

سبزسازه



سطح سوال: آسان

۳۵- اگر طول مهارى میلگردى در بتن معمولى برابر 1000 mm باشد، در بتن سبك با مقاومت مشخصه يكسان، طول مهارى همين میلگرد چه تغييرى مى كند؟ نزديك ترين گزینه به پاسخ را انتخاب نمائيد.

(۱) 33 درصد کاهش می یابد.

(۲) 33 درصد افزایش می یابد.

(۳) 15 درصد افزایش می یابد.

(۴) 15 درصد کاهش می یابد.

سبزسازه



$$l_d = \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\lambda \left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} * \frac{0.9 f_y}{\sqrt{f_c}} d_b \rightarrow l_{d1} * \lambda_1 = l_{d2} * \lambda_2 \rightarrow l_{d2} = l_{d1} * \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 1000 * \frac{1}{0.75} = 1333.3 \text{ mm}$$

در نتیجه طول مهارى 33 درصد افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۲

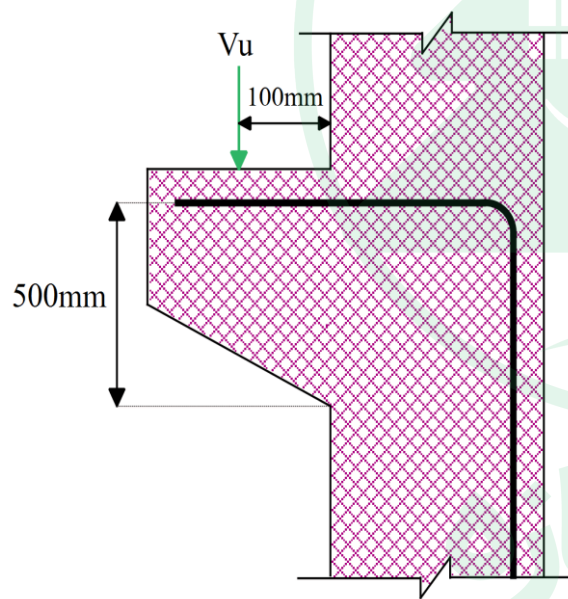
سبزسازه



سوال ۳۶

سطح سوال: آسان

۳۶- حداقل پهنای لازم نشیمن (بعد عمود بر صفحه نشیمن) برای تحمل V_u در شکل زیر، بدون استفاده از روش خرابایی، به کدام یک از مقادیر زیر (بر حسب میلی‌متر) نزدیک‌تر است؟ $\frac{V_u}{\phi} = 1000 \text{ kN}$ بوده و بتن معمولی و از رده C30 است.



500 (۱)

300 (۲)

350 (۳)

400 (۴)



طبق بند ۹-۱۷-۴-۲-۴ :

$$\frac{V_u}{\phi} \leq \min \begin{cases} 0.2f_c b_w d = 0.2 * 30 * 500 * b_w = 3000b_w \\ (3.3 + 0.08f_c)b_w d = (3.3 + 0.08 * 30) * 500 * b_w = 2850b_w \\ 11b_w d = 11 * 500 * b_w = 5500b_w \end{cases}$$
$$\rightarrow 1000 * 10^3 \leq 2850b_w \rightarrow b_w \geq 350.87 \text{ mm}$$

پاسخ: گزینه ۳

سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۳۷- سطح افقی به ابعاد $2 \times 1.5 \text{ m}$ را در نظر بگیرید. این سطح پیش تر با بتن C25 بتن ریزی شده است. برای بتن ریزی جدید بر روی این سطح با بتن رده C30، سطح قبلی تمیز و به عمق 1 mm مضرس شده است. اگر بر اساس چگالی بتن، $\lambda = 0.9$ به دست آمده باشد، مساحت آرماتورهای برش-اصطکاک از رده S400 با زاویه 30° نسبت به محور قائم، به منظور ایجاد حداکثر مقاومت برش-اصطکاک، به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک تر است؟ فرض کنید هیچ نیروی فشاری یا کششی در سطح تماس نباشد و در آرماتورهای برش-اصطکاک کشش ایجاد می‌شود.

۱) $150 \times 10^2 \text{ mm}^2$

۲) $300 \times 10^2 \text{ mm}^2$

۳) $250 \times 10^2 \text{ mm}^2$

۴) $200 \times 10^2 \text{ mm}^2$

سبزسازه



d حداکثر مقدار مقاومت برش اصطکاکی برابر با مقادیر بند ۹-۸-۳-۲ می باشد، در نتیجه:

طبق توضیح زیر جدول ۹-۸-۱ ←

طبق جدول ۹-۸-۱ ←

$$\lambda = \min(0.85, 0.9) = 0.85$$

$$\mu = 0.6\lambda = 0.6 * 0.85 = 0.51$$

$$\alpha = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$A_c = 2000 * 1500 = 3 * 10^6 \text{ mm}^2$$

$$V_n \leq \min \begin{cases} 0.2f_c A_c = 0.2 * 25 * A_c = 5A_c \\ 5.5A_c \end{cases} \rightarrow A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 5A_c$$

$$\rightarrow A_{vf} \leq \frac{5A_c}{f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)} = \frac{5 * 3 * 10^6}{400 * (0.51 * \sin 60 + \cos 60)} \rightarrow A_{vf} \leq 39822.7 \text{ mm}^2$$

پاسخ مناسب در گزینه ها وجود ندارد و نزدیک ترین پاسخ گزینه ۲ است.

سبزسازه



سوال ۳۸

سطح سوال: متوسط

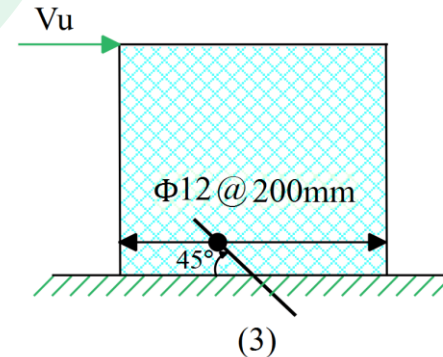
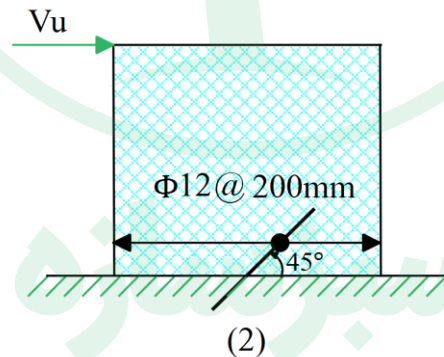
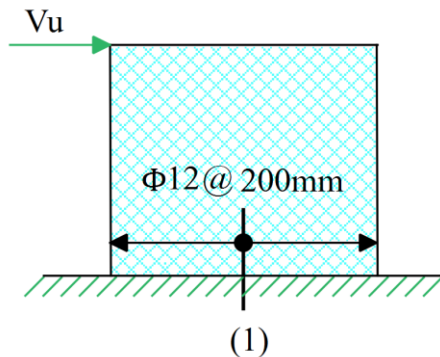
۳۸- دیوارهای برشی بتنی نشان داده شده در شکل تحت اثر نیروی جانبی V_u در جهت نشان داده شده قرار گرفته است. در صورتی که جهت نیروی جانبی V_u تغییر نکند، مقاومت اسمی برش - اصطکاکی V_n در کدام شکل بیشتر است؟ در شکل مشخصات و جهت قرارگیری میلگردهای برش - اصطکاک نشان داده شده است. سایر شرایط برای تمام دیوارهای نشان داده شده یکسان است.

(۱) شکل ۱

(۲) شکل ۲

(۳) شکل ۳

(۴) مقدار مقاومت برشی اصطکاکی هر سه دیوار یکسان است.



در شکل (۳) با توجه به جهت آرماتورها و برش وارده در آرماتورها فشار ایجاد می‌شود و در نتیجه در این حالت $V_n = 0$ خواهد بود بنابراین گزینه ۳ و ۴ نمی‌توانند پاسخ مسئله باشند و فقط باید مقاومت مقطع (۱) و (۲) مقایسه شود:

(۱) مقطع : $V_n = \mu A_{vf} f_y$

(۲) مقطع : $V_n = A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) = A_{vf} f_y \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \mu + \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$

حالا تعیین می‌کنیم به ازای چه مقادیری از μ ، مقاومت مقطع (۲) بیش از مقطع (۱) خواهد بود:

$$A_{vf} f_y \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \mu + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \geq \mu A_{vf} f_y \rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} \mu + \frac{\sqrt{2}}{2} \geq \mu \rightarrow \mu \leq \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{1 - \frac{\sqrt{2}}{2}} = 2.414$$

با توجه به این که حداکثر مقدار μ برابر با 1.4λ است و بیشترین مقدار λ برابر یک است در نتیجه مقدار μ نمی‌تواند بزرگتر از ۱.۴ باشد و در نتیجه مقاومت مقطع (۲) بیشتر از مقطع (۱) می‌باشد.

پاسخ: گزینه ۲



سوال ۳۹

سطح سوال: متوسط

۳۹- در یک ساختمان ۷ طبقه با دیوار برشی ویژه به ارتفاع هر طبقه 4.4 متر، کمترین ضریب تشدید برش دینامیکی قابل قبول دیوار (w_p) ، هرگاه روش دینامیکی خطی در محاسبات سازه بکار رفته و مقطع بحرانی روی شالوده باشد به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ $\left(\frac{h_{wcs}}{l_w} > 2\right)$

۱) 1.00

۲) 1.80

۳) 1.53

۴) 1.37

سبزسازه



$$n_s = \max \left\{ 0.00028 h_{wcs} = 0.00028 * 7 * 4.4 * 10^3 = 8.624 \rightarrow n_s = 8.624 \right.$$

▪ محاسبات سازه به روش دینامیکی خطی

▪ $n_s > 6$

$$\rightarrow \omega_v = \min \left\{ \begin{array}{l} 1.3 + \frac{n_s}{30} = 1.3 + \frac{8.624}{30} = 1.587 \\ 1.2 + \frac{n_s}{50} = 1.2 + \frac{8.624}{50} = 1.37 \end{array} \right. \rightarrow \omega_v = 1.37$$

پاسخ: گزینه ۴

سبز سازه



سوال ۴۰

سطح سوال: آسان

۴۰- در محل وصله یک ستون بتنی، میلگردهای بدون اندود نمره 20 به نمره 18 وصله می‌شوند. با فرض $\frac{c_b+k_{tr}}{d_b} = 1.5$ ، بتن معمولی با رده C25، میلگرد از نوع S400 و وصله از نوع B، طول وصله پوششی کششی به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (منظور از نمره، قطر اسمی میلگرد به میلی‌متر است.)

۱) 960 mm

۲) 690 mm

۳) 760 mm

۴) 900 mm

سبزسازه



پاسخ ۴۰

طبق بند ۲-۲-۴-۲۱-۹ و ۱-۲-۴-۲۱-۹ و ۲-۳-۲۱-۹ :

$$l_{st} = \max \begin{cases} l_d & \text{for larger bar} \\ l_{st} & \text{for smaller bar} \end{cases}$$

محاسبه l_d میلگرد بزرگتر:

بدون اندود:

$$\psi_e = 1$$

$$S400 \rightarrow \psi_g = 1$$

$$\Phi 20 \rightarrow \psi_s = 1$$

میلگرد افقی نیست:

$$\psi_t = 1$$

سبزسازه



$$l_d = \max \left\{ \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\lambda \left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} * \frac{0.9 f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = \frac{1 * 1 * 1 * 1}{1 * 1.5} * \frac{0.9 * 400}{\sqrt{25}} * 20 = 960 \rightarrow l_d = 960 \text{ mm} \right.$$

محاسبه l_{st} میلگرد کوچکتر:

$$\psi_e = 1$$

$$\psi_g = 1$$

$$\Phi 18 \rightarrow \psi_s = 1$$

$$\psi_t = 1$$

$$l_{st1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1.3 l_d \\ 300 \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 1.3 * \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\lambda \left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} * \frac{0.9 f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = 1.3 * \frac{1 * 1 * 0.8 * 1}{1 * 1.5} * \frac{0.9 * 400}{\sqrt{25}} * 18 = 898.56 \\ 300 \end{array} \right.$$

$$\rightarrow l_{st1} = 898.56 \text{ mm}$$

$$\rightarrow l_{st} = \max(960, 898.56) = 960 \text{ mm}$$

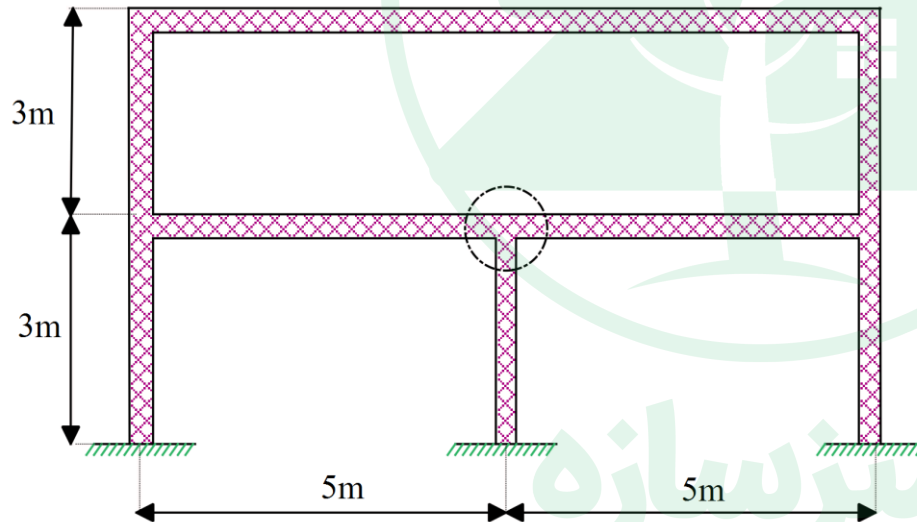
پاسخ: گزینه ۱



سوال ۴۱

سطح سوال: متوسط

۴۱- یک ناحیه اتصال تیر به ستون (گره ۱) در قاب خمشی با شکل پذیری متوسط، در شکل نشان داده شده است. چنانچه در این گره مقطع ستون 500×500 میلی متر بوده و از هر چهار طرف تیرهایی با پهنای 400 میلی متر که دارای خاموت با قطر اسمی 8 میلی متر می باشند متصل شده باشد، مقاومت برشی اسمی ناحیه اتصال (V_n) در صفحه قاب، با فرض بتن معمولی C25 به کدام یک از گزینه های زیر نزدیک تر خواهد بود؟ (محور تیرها و ستون ها در یک صفحه قرار دارند).



2500 kN (۱)

875 kN (۲)

1250 kN (۳)

1500 kN (۴)



پاسخ ۴۱

طبق بند ۹-۱۶-۲-۶ و ۹-۱۶-۲-۷ و ۹-۱۶-۲-۸ و جدول ۹-۲۰-۲ :

- ستون بالایی اتصال ادامه ندارد در نتیجه ستون پیوسته نیست.
- تیر شرایط پیوستگی را دارد.
- خاموت کمتر از قطر ۱۰ است در نتیجه اتصال محصور نشده است.

طبق جدول ۹-۲۰-۲ در صفحه ۳۷۶ آیین نامه:

$$V_n = 1 * \lambda * \sqrt{f_c} * A_j = 1 * 1 * \sqrt{25} * 500 * \min \left\{ \begin{array}{l} 400 + 500 = 900 \\ 2 * 250 = 500 \end{array} \right. = 125 * 10^4 N = 1250 kN$$

پاسخ: گزینه ۳

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

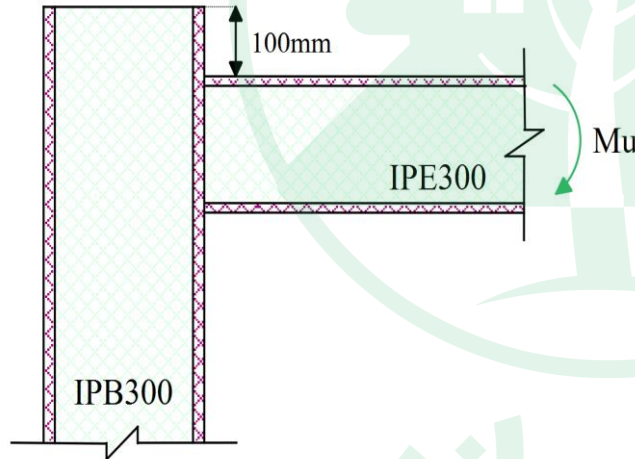
سبزسازه



سوال ۴۲

سطح سوال: آسان

۴۲- در اتصال گیردار شکل زیر، در صورتی که اتصال فاقد هر گونه ورق‌های پیوستگی و ورق‌های مضاعف باشد، بر اساس کنترل حالت حدی تسلیم موضعی جان ستون، حداکثر لنگر خمشی نهایی قابل تحمل اتصال (M_u) به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ $F_y = 235 \text{ MPa}$ (طراحی به روش $LRFD$ مد نظر است.)



(۱) 75 kN.m

(۲) 180 kN.m

(۳) 105 kN.m

(۴) 94 kN.m



مطابق بند ۱۰-۲-۹-۱۰ و رابطه ۱۰-۲-۹-۳۱ صفحه ۲۳۰ آیین نامه مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱ :

$$e = 100 \text{ mm} \leq d_c = 300 \text{ mm} \rightarrow R_n = F_{yw} * t_w * (2.5k + l_b)$$

$$F_{yw} = 235 \text{ mpa}$$

$$t_w = 11 \text{ mm}$$

$$K_c = 46 \text{ mm}$$

برای مقطع ستون

برای مقطع تیر

$$t_{fb} = l_b = 10.7 \text{ mm}$$

$$d_b = 300 \text{ mm}$$

$$\frac{M_u}{(d_b - 2 * \frac{t_f}{2})} \leq 1 * 235 * 11 * (2.5 * 46 + 10.7) \rightarrow M_u \leq 94 * 10^6 \text{ N.mm}$$

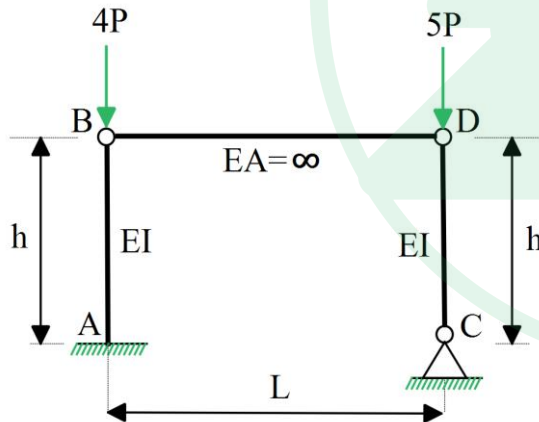
بنابراین گزینه صحیح، گزینه ۴ می باشد.



سوال ۴۳

سطح سوال: متوسط

۴۳- در قاب شکل زیر، بر اساس روش طول موثر، طول موثر ستون AB با در نظر گرفتن تاثیر انتقال آثار $P - \Delta$ ناشی از بار وارد بر ستون CD ، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ (کمانش در داخل صفحه مدنظر است) برای پاسخ از روال رایج برای قاب‌های خمشی استفاده کنید.



(۱) $3.0 h$

(۲) $1.0 h$

(۳) $2.1 h$

(۴) $2.69 h$



مطابق بند ۱۰-۲-۳ و رابطه ۱۰-۲-۵ صفحه ۵۴۰ آیین نامه مبحث دهم،

$$k_{AB} = \sqrt{\frac{\frac{\pi^2 * EI}{h^2}}{p_r} * \left[\frac{p_{story}}{\sum \frac{\pi^2 * EI}{(K_{n2} * h)^2}} \right]} = \sqrt{\frac{9P}{4P} * \frac{\frac{\pi^2 * EI}{h^2}}{\frac{\pi^2 * EI}{2^2 * h^2}}} = 3 \geq \max \left\{ \sqrt{\frac{5}{8}} * 2 = 1.58 = 1.58 \quad ok \right. \\ \left. 1 \right.$$

در این حالت ستون CD کاملاً ثقلی بوده و پایداری جانبی قاب تنها از طریق سختی خمشی ستون AB تامین می شود. لذا ضریب طول موثر ستون AB باید تشدید شود.

سبزسازه



جدول ۱-۳-۱: ضریب طول مؤثر (K) اعضای فشاری با شرایط تکیهگاهی ایده‌آل

توضیحات	انواع مختلف اعضای فشاری با شرایط تکیهگاهی ایده‌آل					
شکل	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
گمانش یافته عمود فشاری به صورت خط چین نشان داده شده است.						
مقادیر نظری K	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
مقادیر پیشنهادی K برای طراحی	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0
نماد شرایط مرزی	 - انتقال و دوران مقید  - انتقال مقید، دوران آزاد  - انتقال آزاد، دوران مقید  - انتقال و دوران آزاد					

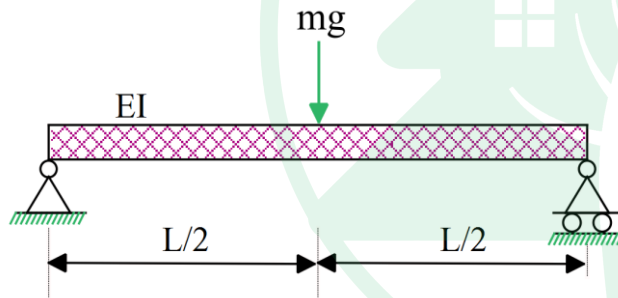
بنابراین گزینه صحیح گزینه ۱ می‌باشد.



سوال ۴۴

سطح سوال: متوسط

۴۴ - وزنه متمرکز mg به وسط یک تیر دو سر ساده فولادی متصل شده و بر اثر آن وسط دهانه تیر به اندازه δ تغییر شکل داده است. با صرف نظر از وزن تیر، فرکانس دوره‌ای سازه (f) مطابق با کدام یک از گزینه‌های زیر خواهد بود؟ سختی محوری تیر بی نهایت فرض می‌شود.



$$\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{g}{\delta}} \quad (۱)$$

$$0.16 \sqrt{\frac{g}{\delta}} \quad (۲)$$

$$0.32 \sqrt{\frac{g}{\delta}} \quad (۳)$$

$$\pi \sqrt{\frac{g}{\delta}} \quad (۴)$$

سبزسازه



$$F = mg = k * \Delta \rightarrow k = \frac{mg}{\Delta}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{mg}{\Delta}}} = 2 * 3.14 * \sqrt{\frac{\Delta}{g}} = 6.28 * \sqrt{\frac{\Delta}{g}}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{6.28} * \sqrt{\frac{g}{\Delta}} = 0.16 \sqrt{\frac{g}{\Delta}}$$

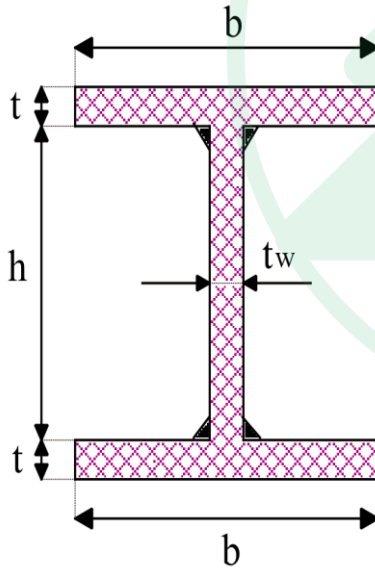
بنابراین گزینه صحیح گزینه ۲ می باشد.

سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۴۵- فرض کنید یک تیر فولادی با مقطع نشان داده شده در شکل زیر تحت اثر خمش حول محور قوی قرار دارد و $\frac{h}{t_w} = 64$ است. حداکثر مقدار b برای آنکه بال مقطع لاغر محسوب نشود، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟



۱) $1.9\sqrt{E/F_y} \times t$

۲) $1.6\sqrt{E/F_y} \times t$

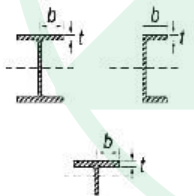
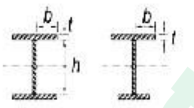
۳) $0.95\sqrt{E/F_y} \times t$

۴) $0.8\sqrt{E/F_y} \times t$



مطابق جدول ۱۰-۲-۳ مورد ۱۱ صفحه ۵۵ آیین نامه مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

جدول ۱۰-۲-۳: نسبت های پهنای به ضخامت اجزای فشاری با یک لبه مقید در اعضای تحت اثر خمش

حالت	شرح اجزاء	نسبت پهنای به ضخامت	حداکثر نسبت پهنای به ضخامت		شکل های نمونه
			(عرض فشرده و غیر فشرده)	(عرض غیر فشرده و لاغر)	
			λ_p	λ_c	
۱۰	بال های مقاطع I شکل، تورند شده، ناودانی ها و سپری ها	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
۱۱	بال های مقاطع I شکل ساخته شده از ورق با یک یا دو محور تقارن	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95 \sqrt{\frac{K_c E}{F_y L_c}}$	



[۲] مقدار k_c از رابطه زیر تعیین می شود:

$$0.35 \leq k_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} \leq 0.76$$

[۳] برای خمش حول محور قوی در مقاطع I شکل ساخته شده از ورق یا جان فشرده و غیرفشرده مقدار F_L از رابطه زیر تعیین می شود:

• برای $S_{xt}/S_{xc} \geq 0.7$ $F_L = 0.7F_y$

• برای $S_{xt}/S_{xc} < 0.7$ $F_L = \frac{S_{xt}}{S_{xc}} F_y \geq 0.5F_y$

که در آن:

S_{xt} = اساس مقطع الاستیک نسبت به بال کششی

S_{xc} = اساس مقطع الاستیک نسبت به بال فشاری

مطابق جدول فوق برای آنکه بال مقطع غیر لاغر باشد باید نسبت پهنا به ضخامت بال به صورت زیر باشد:

$$\frac{h}{t_w} = 64 \quad , \quad b = \frac{bf}{2}$$



$$\frac{bf}{2*tf} \leq 0.95 \sqrt{\frac{Kc*E}{F_L}} \rightarrow 0.95 \sqrt{\frac{0.5*E}{0.7*F_y}}$$

$$0.35 \leq Kc = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{tw}}} = \frac{4}{\sqrt{64}} = 0.5 \leq 0.76$$

$$F_L = 0.7 * F_y$$

$$\leftarrow \frac{sxt}{sxc} \geq 0.7 \quad \text{مقطع متقارن نسبت به محور خشی الاستیک}$$

$$bf \leq 1.6 \sqrt{\frac{E}{F_y}} * t$$

بنابراین گزینه صحیح گزینه ۲ می باشد.

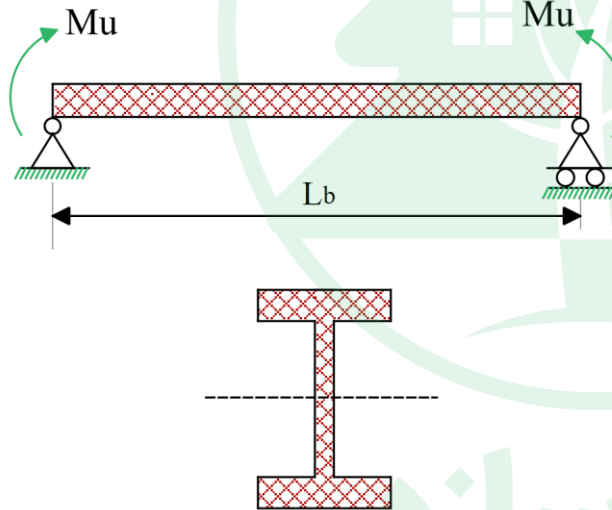
سبزسازه



سوال ۴۶

سطح سوال: متوسط

۴۶- در تیر دو سر ساده شکل زیر دارای مقطع فشرده، اگر مهارهای جانبی بال فشاری فقط در ابتدا و انتهای تیر بوده و $L_b = 2L_p = \frac{L_r}{2}$ باشد، مقدار M_u تیر به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ فرض کنید مقطع تیر متقارن است.



(۱) $\frac{1}{3}(2M_p + 0.7M_y)$

(۲) $\frac{2}{3}(M_p + 0.3M_y)$

(۳) $\frac{2}{3}(M_p + 0.7M_y)$

(۴) $\frac{1}{3}(M_p + 0.7M_y)$



مطابق بند ۱۰-۲-۵-۲ صفحه ۸۸ آیین نامه مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

با فرض فشردگی مقطع:

$$L_p < L_b = 2L_p < 4L_p$$

$$\rightarrow M_n = C_b (M_p - (M_p - 0.7M_y) \left(\frac{2L_p - L_p}{4L_p - L_p} \right))$$

به دلیل یکنواختی لنگر $C_b = 1$

$$M_n = M_p - \frac{1}{3}M_p + \frac{1}{3}(0.7M_y) \rightarrow \frac{2}{3}M_p + \frac{1}{3}(0.7M_y) \rightarrow \frac{1}{3}(2M_p + 0.7M_y)$$

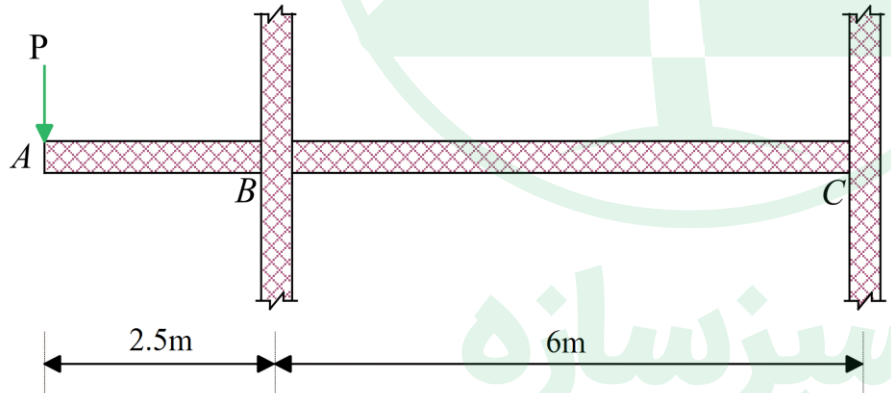
بنابراین گزینه صحیح گزینه ۱ می باشد.

سبزسازه



سطح سوال: متوسط

۴۷- در شکل بخشی از یک قاب خمشی فولادی ویژه نشان داده شده است. اتصالات تیر به ستون گیردار (صلب) است. تیر BC فاقد بارهای ثقیلی است و بار مرده و زنده متمرکز وارد بر انتهای طره AB که محل اجتماع عمومی است، به ترتیب 150 kN و 50 kN است. چنانچه از وزن اعضا و مولفه قائم زلزله صرف نظر شود، بر اساس اطلاعات زیر، چشمه اتصال گره B حداقل برای چه نیروی برشی باید طراحی شود؟ برای تیرها (با مقطع یکسان در کل طول تیر و ساخته شده از ورق) $z = 6 \times 10^6\text{ mm}$ ، عمق مقطع $d = 600\text{ mm}$ ، تنش تسلیم $F_y = 240\text{ MPa}$ و اتصال تیر به ستون از نوع WUF-W فرض می شود. ابعاد بیرونی مقطع ستونها قوطی 500×500 میلی متر است همچنین در جهت اطمینان از نیروی برشی در ستون صرف نظر می شود. نزدیک ترین گزینه به پاسخ را انتخاب کنید. (طراحی به روش $LRFD$ مد نظر است.)



۱) 7800 kN

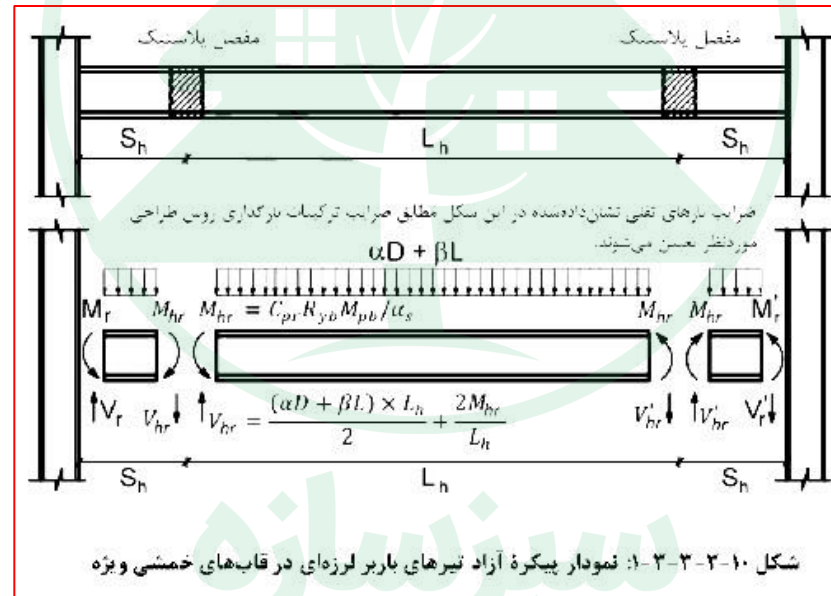
۲) 3000 kN

۳) 4000 kN

۴) 4800 kN



مطابق بند ۱۰-۳-۳-۳-۷-ب صفحه ۳۰۲ و بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۶ صفحه ۲۳۷ آیین نامه مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱ و بند ۶-۵-۵-۴ صفحه ۲۵ مبحث ششم:



همچنین بر اساس مبحث ششم بار زنده محل اجتماع و ازدحام کاهش نمی یابد.

مقدار لنگر در سمت چپ ناشی از بخش ثقیلی ترکیب بار لرزه ای:

$$P_u = 1.2D + L = 1.2 * 150 + 50 = 230 \text{ KN}$$

$$M_{u-left} = 230 * \left(2.5 - \frac{0.5}{2}\right) = 517.5 \text{ kN.m}$$

مقدار لنگر در سمت راست:

$$M_{u-right} = M_{hr} = \frac{R_y C_{pr} M_P}{\alpha_s} = \frac{1.15 * 1.4 * 240 * 6 * 10^6}{1} * 10^{-6} = 2318.4 \text{ kN.m}$$

در نهایت داریم:

$$V_r = \frac{M_{u-left}}{d_b} + \frac{M_{u-right}}{d_b} = \frac{517.5}{0.6} + \frac{2318.4}{0.6} = 4727 \text{ KN}$$

بنابراین گزینه صحیح گزینه ۴ می باشد.

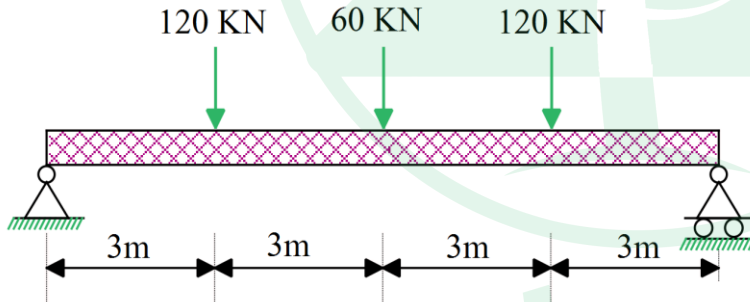
سبزسازه



سوال ۴۸

سطح سوال: سخت

۴۸- تیر نشان داده شده در شکل، مقطع I شکل ثابت در طول دهانه داشته و مقاومت خمشی طراحی آن (حالت حدی تسلیم) 80 درصد مقاومت خمشی موردنیاز تحت بارهای ضریب دار وارده است. چنانچه برای جبران این ضعف از ورق‌های تقویتی بال با پهنای 125 mm و ضخامت 8 mm استفاده شده و جوشکاری آنها با رعایت دقیق ضوابط با استفاده از حداکثر بعد مجاز برای ساق جوش، فقط در دو لبه کناری ورق انجام شود، حداقل طول قابل قبول برای ورق‌های تقویتی به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟ از نظر محاسباتی در هر انتهای ورق نیازی به طول گیرایی بیش از 150 mm نیست. فقط حالت حدی تسلیم در نظر گرفته شود. (طراحی بر اساس روش LRD مد نظر است.)



(۱) 6 m

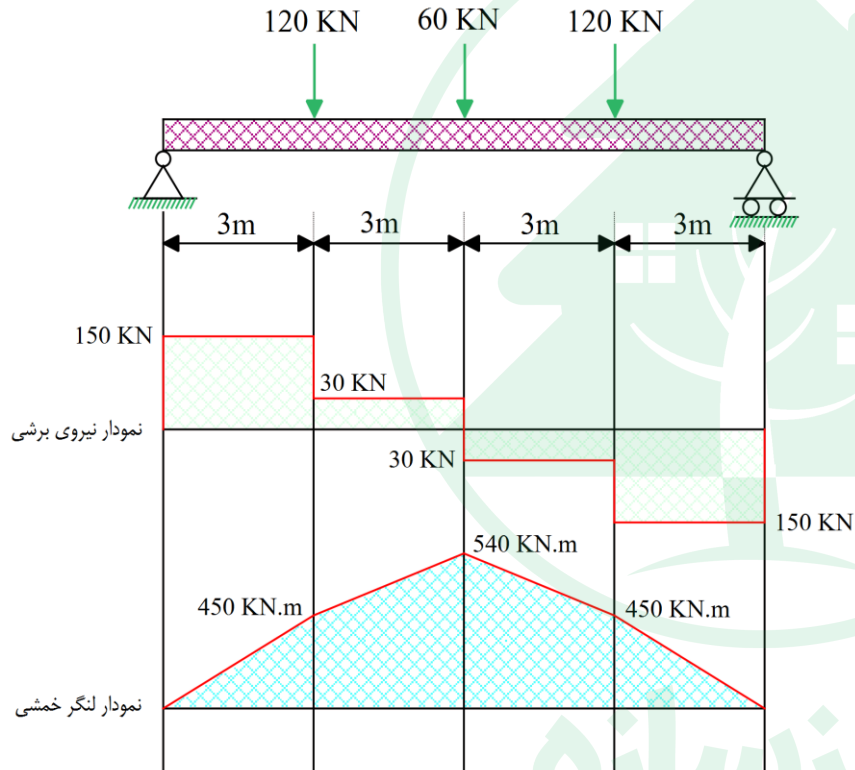
(۲) 7.5 m

(۳) 6.75 m

(۴) 6.25 m



ابتدا نمودار لنگر را ترسیم می کنیم:



حداکثر لنگر از روی نمودار 540 و در وسط تیر بدست آمده که مطابق خواسته مساله:

از جایی که لنگر از $0.8M_u$ تجاوز می کند نیاز به ورق تقویتی می باشد.

$$\phi M_n = 0.8 * 540 = 432 \text{ KN.m}$$

$$150 * x = 432 \rightarrow x = 2.88 \text{ m}$$

طول تئوری ورق تقویتی برابر می شود با:

$$12 - 2 * 2.88 = 6.24 \text{ m}$$

مطابق بند ۱۰-۲-۵-۱۳ پ ۳ مورد ۳ صفحه ۱۲۲ مبحث دهم:

$$L = 6.24 + 2 * \max \begin{cases} 2 * 0.125 = 0.25 \\ 0.15 \end{cases} = 6.74 \text{ m}$$

بنابراین گزینه صحیح گزینه ۳ می باشد.

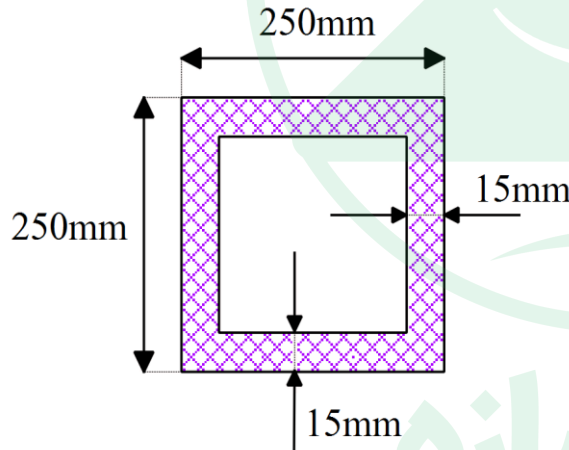
سبزسازه



سوال ۴۹

سطح سوال: متوسط

۴۹- یک عضو فولادی با مقطع قوطی شکل زیر، تحت اثر هم زمان نیروهای محوری، خمشی، برشی و پیچشی قرار دارد. در صورتی که نسبت مقاومت‌های مورد نیاز به مقاومت های طراحی برای نیروی محوری، لنگر خمشی و نیروی برشی برابر با مقادیر $\frac{M_r}{M_c} = 0.5$ و $\frac{P_r}{P_c} = 0.2$ و $\frac{V_r}{V_c} = 0.2$ باشد، حداکثر مقدار مقاومت پیچشی مورد نیاز، برای آنکه مقطع قابل قبول تلقی شود، به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ مصالح فولاد S235 است. (طراحی به روش LRFD مد نظر است).



(۱) $T_u = 0$

(۲) $T_u = 73 \text{ kN.m}$

(۳) $T_u = 46 \text{ kN.m}$

(۴) $T_u = 233 \text{ kN.m}$



مطابق بند ۱۰-۲-۷-۵ صفحه ۱۴۰ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

$$\phi T_n = 0.9 T_n$$

$$T_n = C * F_{cr} \quad \frac{h}{t} = \frac{250-2*15}{15} = 14.67 < 2.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 71.47 \rightarrow F_{cr} = 0.6 * F_y = 141$$

$$C = 2(B - t)(H - t) * t - 4.5(4 - \pi)t^3 = 2 * (250 - 15) * (250 - 15) * 15 - 4.5 * (4 - \pi) * 15^3 = 1643712.94$$

$$\phi T_n = 0.9 * 1643712.94 * 141 = 208.587 * 10^6$$

مطابق بند ۱۰-۲-۷-۳ فرض می‌کنیم $\frac{T_u}{\phi T_n} \geq 0.2$ است و در نهایت فرضمان را کنترل می‌کنیم:

$$\left(\frac{M_r}{M_c} + \frac{P_r}{P_c}\right) + \left(\frac{V_r}{V_c} + \frac{T_r}{T_c}\right)^2 \leq 1 \rightarrow (0.5 + 0.2) + \left(0.2 + \frac{T_r}{208.587 * 10^6}\right)^2 \leq 1 \rightarrow T_u \leq 72.530 * 10^6 \text{ KN.m}$$

کنترل فرض:

$$\frac{T_r}{\phi T_n} = \frac{72.530 * 10^6}{208.587 * 10^6} = 0.26 > 0.2 \rightarrow \text{ok}$$

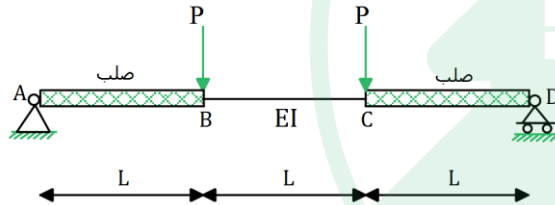
بنابراین گزینه صحیح، گزینه ۲ می‌باشد.



سوال ۵۰

سطح سوال: آسان

۵۰- حداکثر خیز تیر شکل زیر به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟



$$\frac{PL^3}{24EI} \quad (۱)$$

$$\frac{PL^3}{2EI} \quad (۲)$$

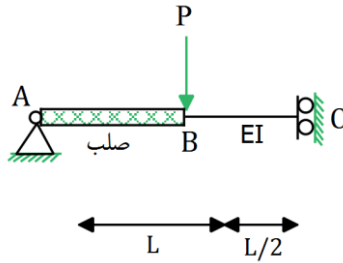
$$\frac{5PL^3}{8EI} \quad (۳)$$

$$\frac{PL^3}{5EI} \quad (۴)$$

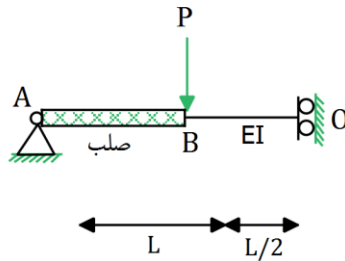
سبزه سازه



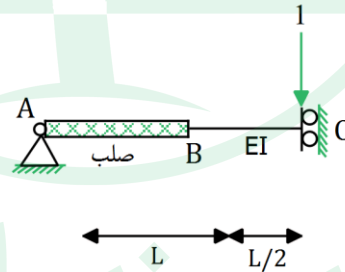
با کمی دقت می‌توان فهمید که سازه متقارن بوده و تحت بارگذاری متقارن قرار دارد، لذا بجای تحلیل کل سازه می‌توان سازه نیمه آن را تحلیل نمود. با توجه به داشتن خیز قائم و نداشتن شیب در محل محور تقارن از تکیه‌گاه لغزنده گیردار استفاده می‌کنیم بنابراین:



در ادامه می‌توان خیز نقطه O در تیر AO را از روش کار مجازی محاسبه نمود:



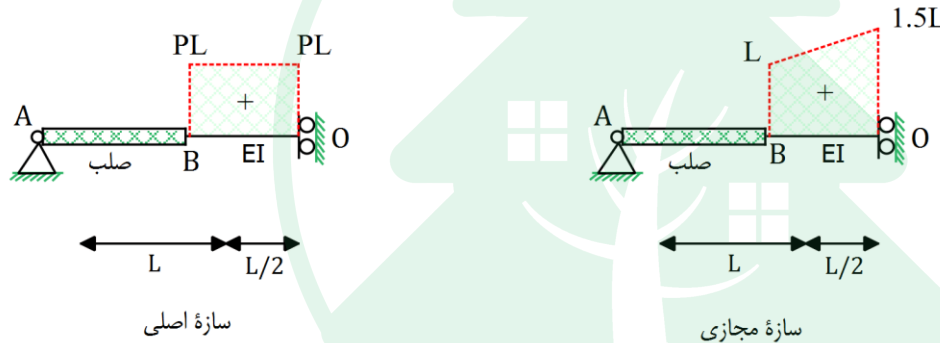
سازه اصلی



سازه مجازی



رسم دیاگرام لنگر در سازه اصلی و مجازی برای عضو AO:



طبق جدول روش ترسیمی مور برای عضو BO با صرف نظر کردن از عضو صلب AB داریم:

$$\Delta_{Oy} = \frac{PL * 1.5L * \frac{L}{2}}{2EI} + \frac{PL * L * \frac{L}{2}}{2EI} = \frac{5PL^3}{8EI}$$

سبزسازه

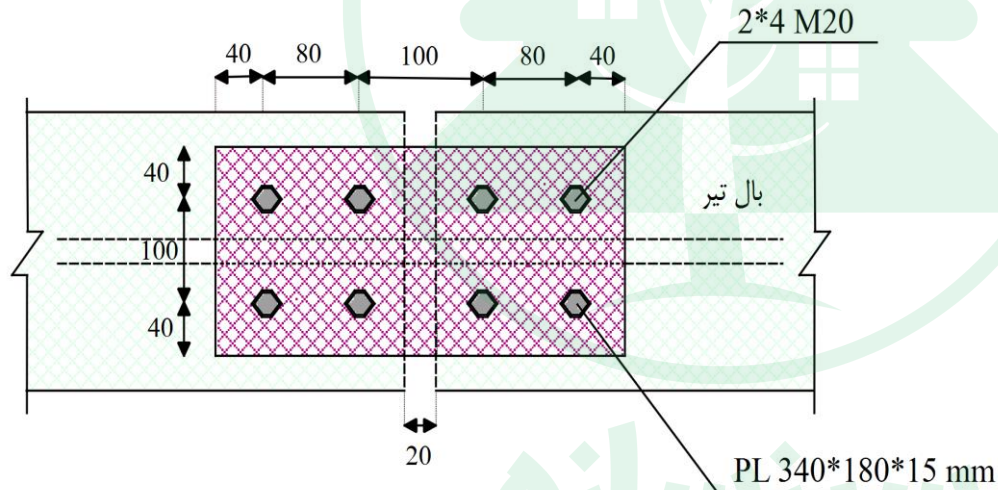
پاسخ سوال گزینه (۳)



سوال ۵۱

سطح سوال: متوسط

۵۱- ورق وصله پوششی بال یک تیر مطابق مشخصات هندسی شکل زیر است. مقاومت برشی قالبی طراحی این ورق از مصالح فولاد $f_y = 235 \text{ mpa}$ به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ مقدار تنش کششی نهایی فولاد $F_u = 360 \text{ MPa}$ است. سوراخ پیچ استاندارد فرض شود. (ابعاد به میلی متر بوده و روش $LRFD$ مد نظر است.)



(۱) 605 kN

(۲) 845 kN

(۳) 810 kN

(۴) 635 kN



پاسخ ۵۱

مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳ آیین نامه مبحث دهم صفحه ۲۱۹ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

$$R_n = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \\ 0.6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \end{array} \right. , \quad \phi = 0.75$$

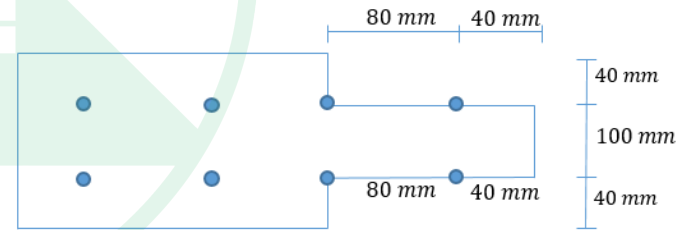
$$d_h = 20 + 2 + 2 = 24 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = (80 + 40 - 1.5 * 24) * 15 * 2 = 2520 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = (80 + 40) * 15 * 2 = 3600 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = \left(40 - \frac{24}{2} \right) * 15 * 2 = 840 \text{ mm}^2$$

$$R_n = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.6 * 360 * 2520 + 1 * 360 * 840 = 846720 \text{ N} \\ 0.6 * 235 * 3600 + 1 * 370 * 840 = 810000 \text{ N} \end{array} \right. \rightarrow \phi * R_n = 0.75 * 810000 = 607.5 * 10^3 \text{ N}$$



بنابراین گزینه صحیح، گزینه ۱ می باشد.

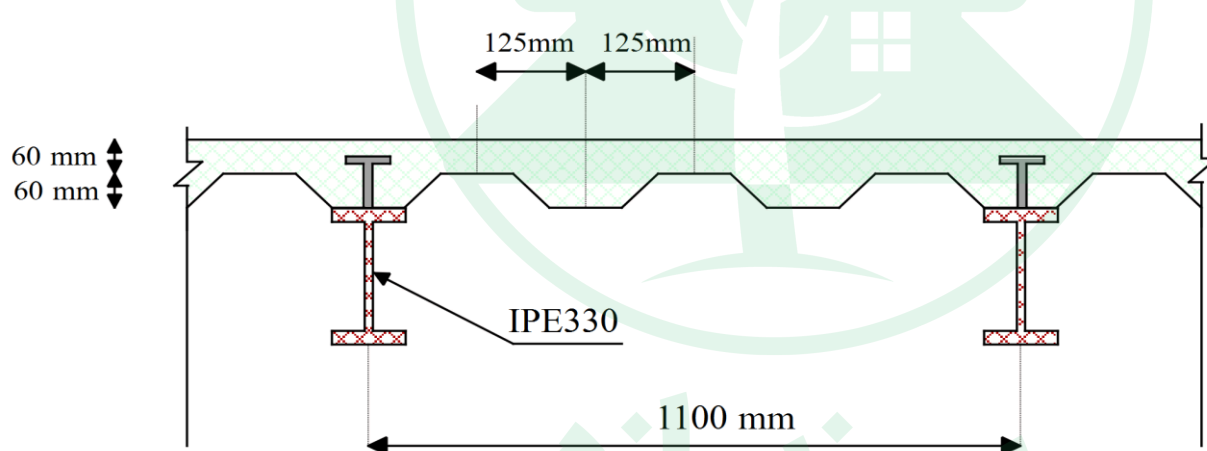


سوال ۵۲

سطح سوال: متوسط

۵۲- بر اساس توزیع پلاستیک تنش، مقاومت اسمی خمشی مثبت (M_n) در تیر با مقطع مختلط و با عملکرد مختلط کامل نشان داده شده به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟

$f'_c = 25MPa$ و $F_y = 235MPa$ فرض می‌شود. طول تیرها ۸ متر و فواصل آنها ۱.۱ متر است.



۱) $450 kN.m$

۲) $320 kN.m$

۳) $370 kN.m$

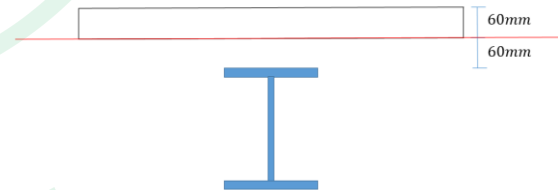
۴) $400 kN.m$



مطابق بند ۱۰-۲-۸-۳-۳ مود پ ۳ صفحه ۱۶۱ و بند ۱۰-۲-۸-۳-۱ صفحه ۱۵۴:

$$\frac{b_e}{2} = \min \begin{cases} \frac{1100}{2} = 550 \\ \frac{L_n}{8} = \frac{8000}{8} = 1000 \end{cases} \rightarrow b_e = 1100mm$$

مرحله اول: بدست آوردن مقادیر نیروی فشاری ناشی از دال بتنی و نیروی کششی ناشی از مقطع فولادی، با فرض اینکه تار خنثی پلاستیک در مرز مشترک ضخامت دال رویه و قسمت پایینی بتن که در ورق‌های شکل داده شده فولادی قرار دارد:

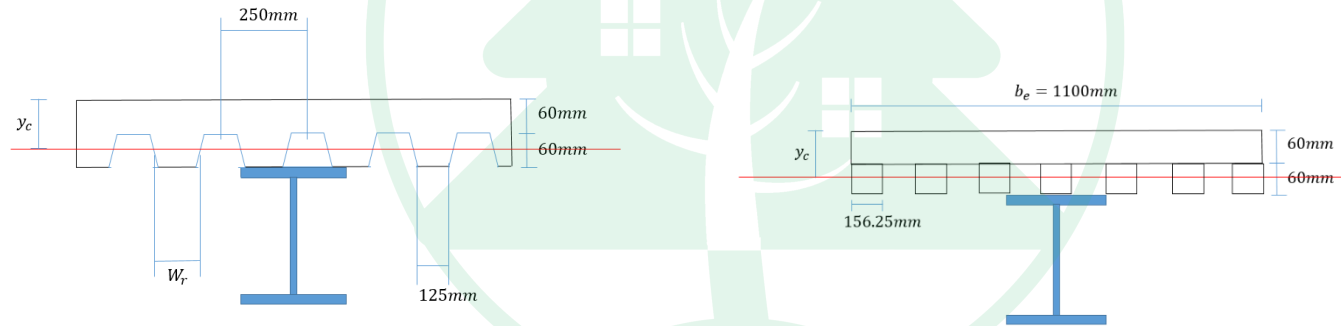


$$T_u = A_s * F_y = 6260 * 235 = 1471100 N > C_u = 0.85 * f_c * A_c = 0.85 * 25 * 1100 * 60 = 1402000 N$$



می‌بینیم که نیروی کششی بیشتر از نیروی فشاری است، بنابراین سطح بیشتری از بتن باید در فشار باشد تا تعادل برقرار باشد و تار خنثی کمی پایین‌تر و در قسمت کنگره‌های فولادی قرار می‌گیرد و مطابق آیین‌نامه می‌توان در محاسبه ظرفیت خمشی مثبت آن بخش از بتن که در کنگره‌های موازی با تیر قرار دارد را در ظرفیت خمشی سهم دانست، بنابراین به صورت زیر داریم:

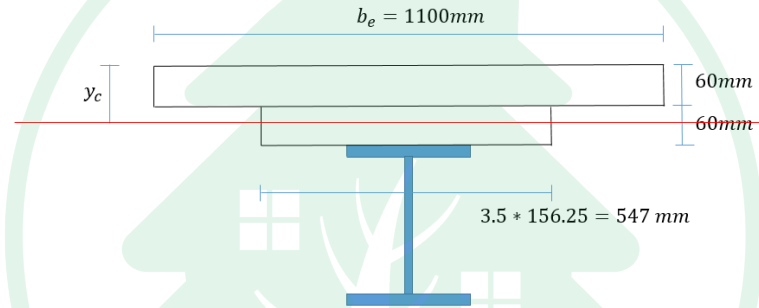
معادل سازی



$$w_r = \frac{125 + (125 + \frac{125}{2})}{2} = 156.25 \text{ mm} ,$$

$$\frac{1100}{156.25} \cong 7 \quad \rightarrow \quad \frac{7}{2} = 3.5$$



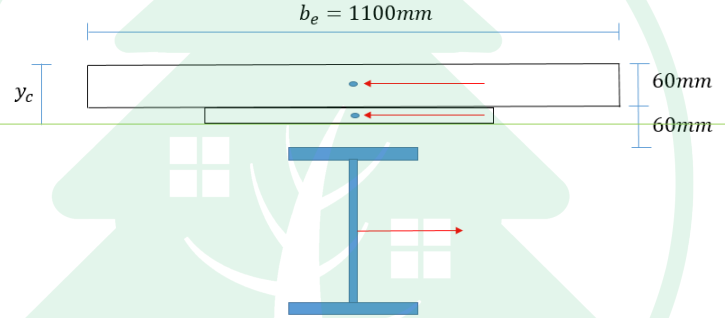


مرحله دوم: در این قسمت محل دقیق تار خنثی پلاستیک را با استفاده از معادله تعادل بدست می آوریم:

$$0.85 * 25 * 60 + 0.85 * 25 * 547 * x = 6260 * 235 \rightarrow x = 5.9 \text{ mm} \rightarrow y_c = 60 + 5.9 = 65.9 \text{ mm}$$

سبزسازه





$$M_n = 0.8525 * 1100 * 60 * \left(65.9 - \frac{60}{2} \right) + 0.85 * 25 * 547 * 5.9 * \left(\frac{5.9}{2} \right) + 6260 * 235 * \left(\frac{330}{2} + 120 - 65.9 \right)$$

$$M_n = 372.8 * 10^6 \text{ N.mm}$$

بنابراین گزینه صحیح گزینه ۳ می باشد.

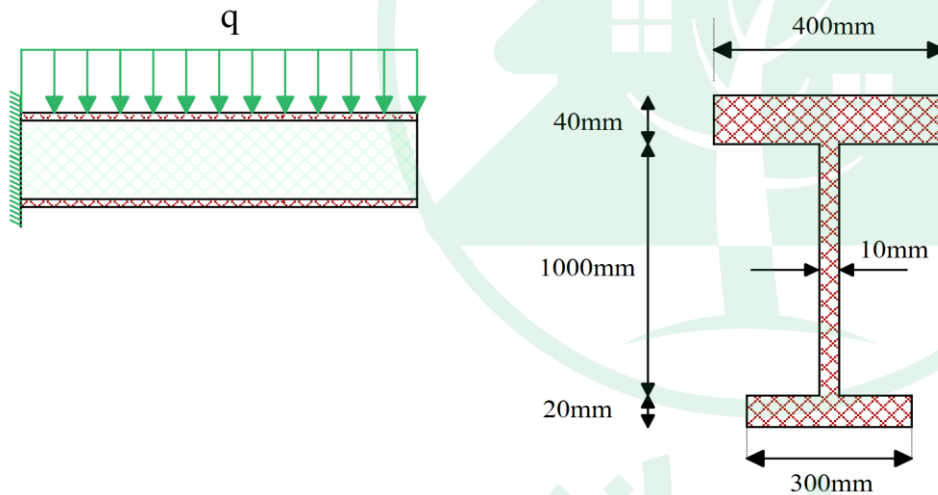


سوال ۵۳

سطح سوال: آسان

۵۳- در تیر طره‌ای شکل زیر، برای کنترل فشرده یا غیر فشرده بودن مقطع، مقدار پارامتر h_p به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

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



(۱) 720 mm

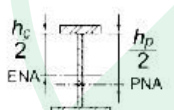
(۲) 2000 mm

(۳) 1720 mm

(۴) 1500 mm



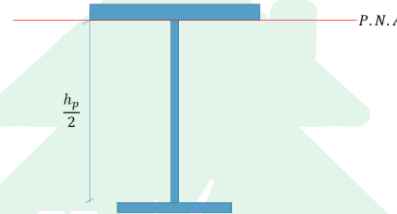
مطابق جدول ۱۰-۲-۲-۴ صفحه ۵۶ آیین نامه مبحث دهم:

		[۴]		
	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$\frac{\frac{h_c}{h_p} \sqrt{\frac{E}{F_y}}}{(0.54 \frac{M_p}{M_y} - 0.09)^2} \leq \lambda_r$	λ_o/t_w	جان مقاطع I شکل با یک معمور تقارن

ابتدا محل تار خنثی پلاستیک را مشخص می نماییم،

تار خنثی پلاستیک: مکان هندسی نقاطی می باشد که المان را در راستای مورد نظر به دو قسمت با مساحت های مساوی تقسیم می نماید.





$$\text{مساحت کل} \quad 400 * 40 + 1000 * 10 + 300 * 20 = 32000$$

$$\text{نصف مساحت کل} \quad \frac{32000}{2} = 16000$$

مساحت بال بالایی به تنهایی نصف مساحت کل می باشد بنابراین تار خنثی پلاستیک در زیر بال بالایی قرار دارد.

h_p : مطابق تعریف بند ۱۰-۲-۴ مورد ب ، دو برابر فاصله تار خنثی پلاستیک تا زیر بال فشاری می باشد بنابراین به صورت زیر داریم:

$$\frac{h_p}{2} = 1000 \rightarrow h_p = 2000 \text{ mm}$$

سبزسازه

بنابراین گزینه صحیح، گزینه ۲ می باشد.



سوال ۵۴

سطح سوال: آسان

۵۴- در یک ستون فولادی با مقطع قوطی شکل (HSS) و دارای اجزاء غیر لاغر، به ازای چه مقدار $\frac{KL}{r}$ ، مقاومت فشاری اسمی مقطع ناشی از کمانش خمشی حدوداً نصف مقاومت فشاری تسلیم خواهد بود؟ (نزدیک‌ترین گزینه به جواب مدنظر است). $E = 2 \times 10^5 MPa$ و $F_y = 240 MPa$

(۱) 142

(۲) 105

(۳) 117

(۴) 136

سبزسازه



مطابق بند ۱۰-۲-۴-۳ صفحه ۶۹ آیین نامه مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

مقاومت فشاری مقطع ناشی از تسلیم $\rightarrow P_n = F_y * A_g$

مقاومت فشاری ناشی از کمایش خمشی $\rightarrow P_n = F_{cr} * A_g = \frac{1}{2} * (F_y * A_g)$

$F_{cr} = \frac{1}{2} * 240 = 120 \text{ mpa} = 1200 \text{ kg/cm}^2$ $\rightarrow \lambda \approx 117$ *باتوجه به جدول*

تغییرات تنش بحرانی کمایش خمشی بر حسب ضریب لاغری برای فولادی با $F_y = 2400$ و $E = 2 \times 10^6$

λ	F_{cr}	λ	F_{cr}	λ	F_{cr}	λ	F_{cr}	λ	F_{cr}	λ	F_{cr}	λ	F_{cr}
1	2400	30	2293	59	2010	88	1618	117	1196	146	812	175	565
2	2400	31	2285	60	1998	89	1604	118	1182	147	801	176	559
3	2399	32	2278	61	1986	90	1589	119	1167	148	790	177	553
4	2398	33	2271	62	1974	91	1575	120	1153	149	780	178	546
5	2397	34	2263	63	1961	92	1560	121	1139	150	769	179	540
6	2396	35	2255	64	1948	93	1545	122	1125	151	759	180	534
7	2394	36	2247	65	1936	94	1531	123	1111	152	749	181	528
8	2392	37	2238	66	1923	95	1516	124	1097	153	740	182	523

بنابراین گزینه صحیح، گزینه ۳ می باشد.



سوال ۵۵

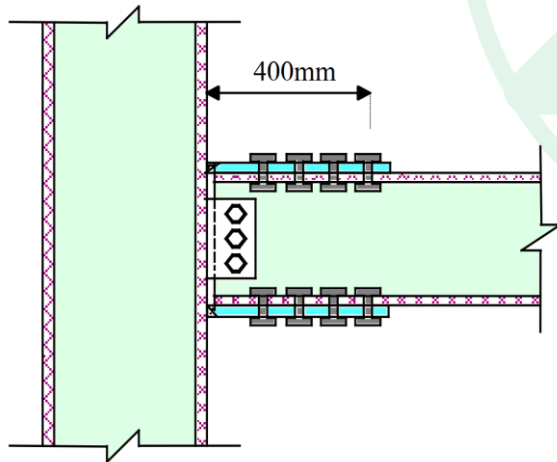
۵۵- در یک ساختمان مسکونی، کمترین مقاومت خمشی مورد نیاز بر اساس روش *LRFD* برای طراحی اتصال *BFP* نشان داده شده در شکل به کدام گزینه نزدیکتر است؟ طول آزاد تیر (بین دو ستون) برابر ۴.۶ متر است و بار مرده 15 kN/m و بار زنده وارد بر تیر 19 kN/m می باشد. (از کاهش بار زنده صرف نظر شود و شکل پذیری سازی متوسط می باشد. همچنین مقدار لنگر ناشی از زلزله متعارف در محل مفصل پلاستیک را 260 kN.m فرض کنید).

ابعاد مقطع تیر: $t_w = 8 \text{ mm}$ و $t_r = 10 \text{ mm}$ و $b_f = 200 \text{ mm}$ و $d = 320 \text{ mm}$

ابعاد مقطع ستون: $t_w = 10 \text{ mm}$ و $t_r = 20 \text{ mm}$ و $b_f = 300 \text{ mm}$ و $d = 340 \text{ mm}$

مشخصات فولاد: $F_u = 360 \text{ MPa}$ و $F_y = 235 \text{ MPa}$

از اثر سوراخ در بال کششی صرف نظر شود.



(۱) 266 kN.m

(۲) 402 kN.m

(۳) 345 kN.m

(۴) 337 kN.m



مطابق بند ۱۰-۳-۳-۲-۵ مورد ب صفحه ۲۹۱ مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

مطابق ترکیب بار بخش ثقلی از ترکیب بار لرزه ای داریم:

$$q_u = 1.2 * q_D + q_L = 1.2 * 15 + 19 = 37 \text{ KN/m}$$

$$V_1 = \frac{2 * M_E}{L_h} + \frac{q_u * L_h}{2}$$

$$S_h = 0.4m$$

$$L_h = L_n - 2 * S_h = 4.6 - 2 * 0.4 = 3.8m$$

$$V_1 = \frac{2 * 260}{3.8} + \frac{37 * 3.8}{2} = 207.14kN$$

$$M_{LEFT} = M_E + V_1 * S_h + \frac{q_u * S_h^2}{2} = 260 + 207.14 * 0.4 + \frac{37 * 0.4^2}{2} = 345.82 * 10^6 \text{ N.mm}$$

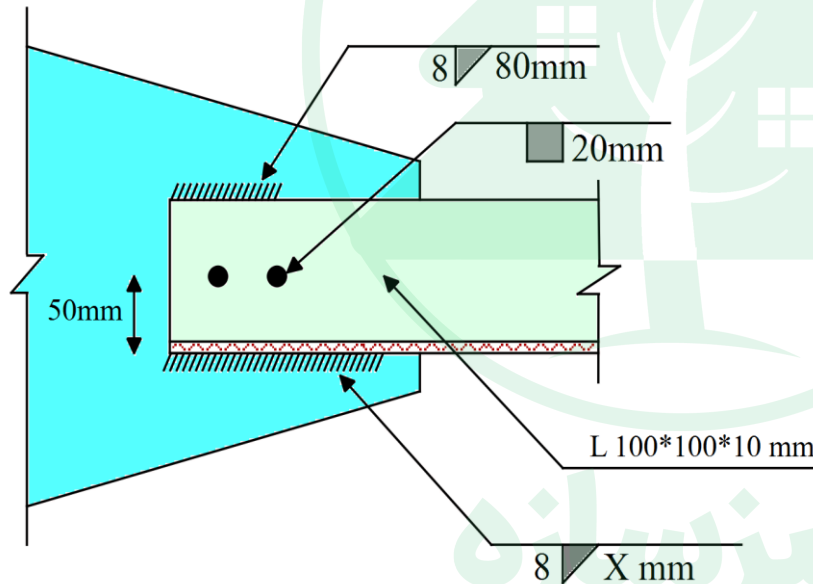
بنابراین گزینه صحیح گزینه ۳ می باشد.



سوال ۵۶

سطح سوال: سخت

۵۶- مقدار طول جوش گوشه در ساق پایین نبشی X چند میلی متر باشد تا اتصال با جوش گوشه متعادل داشته باشیم؟ الکتروود مصرفی E60 بوده و در شکل ابعاد به میلی متر است.



(۱) 110

(۲) 680

(۳) 470

(۴) 290



مطابق بند ۱۰-۲-۹-۲-۵ صفحه ۲۰۴ و جدول ۱۰-۱-۶ صفحه ۳۵ آیین نامه مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱:

۱۰-۲-۹-۲-۵ ترکیب انواع جوش‌ها

اگر در یک اتصال از ترکیب دو یا چند نوع جوش به صورت مجموعه (جوش شیاری، جوش گوشه، جوش انگستانه و جوش کام) استفاده شود، برای تعیین مقاومت موجود اتصال باید مقاومت موجود هر یک از جوش‌ها را جداگانه نسبت به محور مجموعه جوش محاسبه و سپس مقاومت موجود مجموعه را از مجموع مقاومت‌های موجود تک تک جوش‌ها تعیین نمود.

ابتدا مقاومت حاصل از هر یک از جوش‌ها را محاسبه کرده، سپس حول مرکز سطح المان لنگر می‌گیریم که مجموع لنگر حول این نقطه باید صفر شود، آنگاه جوش در تعادل است:

از جدول ۱۰-۱-۶ برای الکتروود E60 :

$$F_{ue} = 430 \text{ mpa}$$

$$\rightarrow \phi R_{n1} = \phi F_{nwe} * A_{we} = 0.75 * 0.6 * 430 * 0.707 * 8 * 80 = 87555 \text{ N}$$
 ناشی از جوش گوشه با طول 80 میلی متر



$$\text{ناشی از جوش انگشتانه} \rightarrow \phi R_{n2} = \phi F_{nwe} * A_{we} = 0.75 * 0.6 * 430 * 2 * \frac{\pi}{4} * 20^2 = 121518 \text{ N}$$

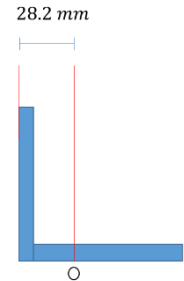
$$\text{ناشی از جوش گوشه با طول نامشخص} \rightarrow \phi R_{n3} = \phi F_{nwe} * A_{we} = 0.75 * 0.6 * 430 * 0.707 * 8 * L_e = 1094.5 * L_e$$

از اشتال:

$$\sum M_O = 0 \rightarrow \phi R_{n1} * (100 - 28.2) + \phi R_{n2} * (50 - 28.2) - \phi R_{n3} * (28.2) = 0$$

$$87555 * (100 - 28.2) + 121518 * (50 - 28.2) - 1094.5 * L_e * (28.2) = 0$$

$$L_e = 289.51 \cong 290 \text{ mm}$$



بنابراین گزینه صحیح، گزینه ۴ می باشد.

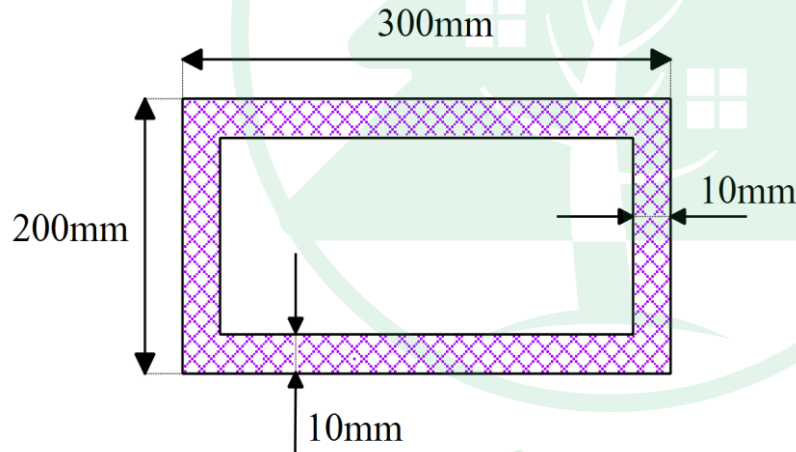
سبزسازه



سوال ۵۷

سطح سوال: آسان

۵۷- در مقطع قوطی شکل زیر نسبت اساس مقطع پلاستیک حول محور قوی به اساس مقطع پلاستیک حول محور ضعیف به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟



(۱) 2.1

(۲) 1.33

(۳) 1.55

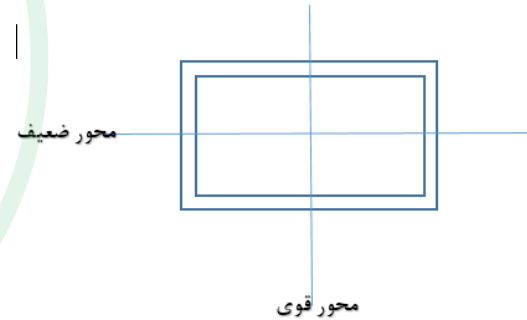
(۴) 1.78



$$Z_{\text{قوی}} = 2 * 200 * 10 * \left(\frac{300 - 10}{2} \right) + \left(\frac{300 - 2 * 10}{2} \right) * 4 * 10 * \left(\frac{300 - 2 * 10}{4} \right) = 972 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$Z_{\text{ضعیف}} = 2 * 300 * 10 * \left(\frac{200 - 10}{2} \right) + \left(\frac{200 - 2 * 10}{2} \right) * 4 * 10 * \left(\frac{200 - 2 * 10}{4} \right) = 732 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\frac{Z_{\text{قوی}}}{Z_{\text{ضعیف}}} = \frac{972}{732} = 1.327 \cong 1.33$$



بنابراین گزینه صحیح، گزینه ۲ می باشد.

سبزسازه

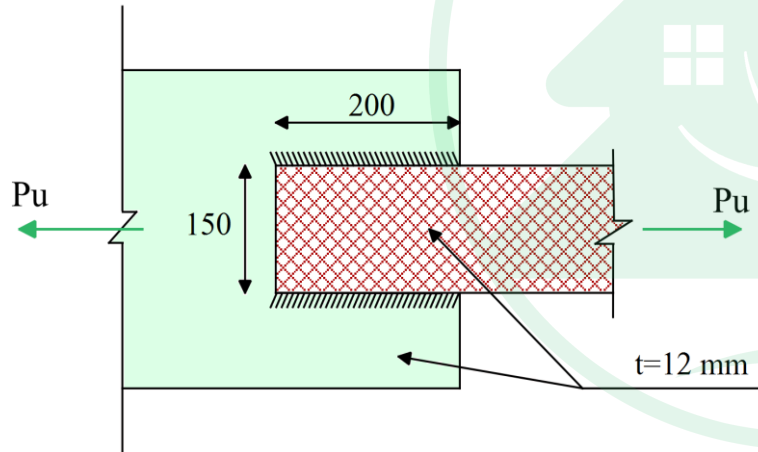


سوال ۵۸

سطح سوال: متوسط

۵۸- در اتصال شکل زیر بر اساس حالت حدی برش قالبی حداکثر نیروی کششی قابل تحمل P_u توسط اتصال به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟
(در شکل ابعاد به میلی متر بوده و طراحی به روش $LRFD$ مد نظر است.)

$$F_y = 240 \text{ MPa} \quad , \quad F_u = 370 \text{ MPa}$$

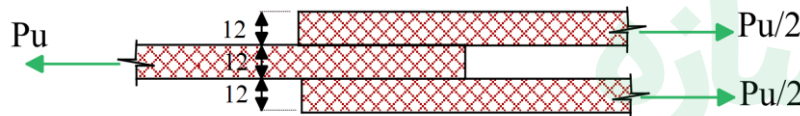


(۱) 1357 kN

(۲) 1018 kN

(۳) 1221 kN

(۴) 1272 kN



مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۴ صفحه ۲۱۹ و شکل ۱۰-۲-۹-۱۸ صفحه ۲۲۱ آیین نامه مبحث دهم ویرایش ۱۴۰۱ :

مدل خرابی:

$$P_u \leq \phi R_n = \phi * \min \begin{cases} 0.6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \\ 0.6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \end{cases}$$

$$A_{nv} = A_{gv} = 200 * 12 * 2 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 150 * 12 = 1800 \text{ mm}^2$$

$$R_n = \min \begin{cases} 0.6 * 370 * 4800 + 1 * 370 * 1800 = 1731.6 \text{ KN} \\ 0.6 * 240 * 4800 + 1 * 370 * 1800 = 1357.2 \text{ KN} \end{cases} \rightarrow \phi * R_n = 0.75 * 1357.2 = 1017.9 * 10^3 \cong 1018 * 10^3 \text{ N}$$

بنابراین گزینه صحیح، گزینه ۲ می باشد.

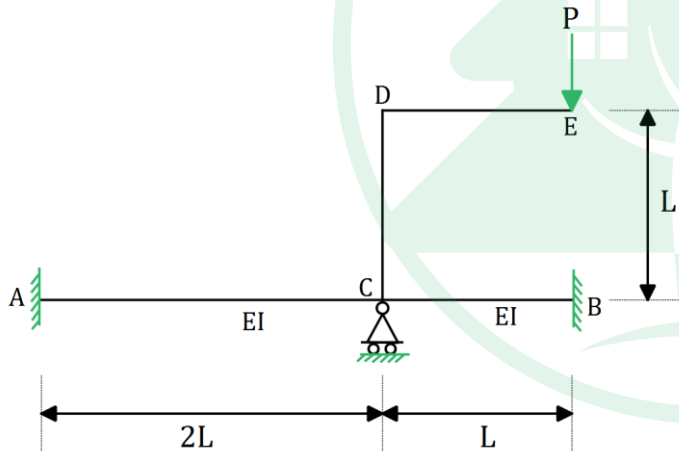
سبزسازه



سوال ۵۹

سطح سوال: آسان

۵۹- در سازه نشان داده شده لنگر در تکیه گاه B برابر با کدام یک از گزینه های زیر است؟ صلبیت خمشی کلیه اعضا EI فرض شده و از تغییر طول محوری صرف نظر می شود.



(۱) $\frac{3PL}{4}$

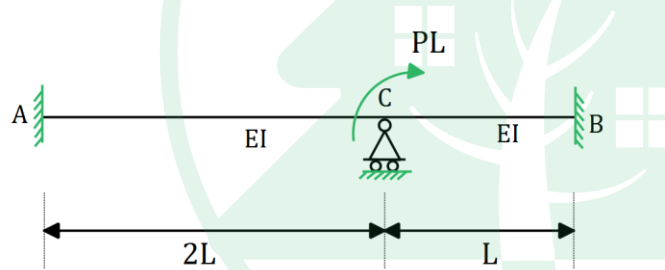
(۲) PL

(۳) $\frac{2PL}{3}$

(۴) $\frac{PL}{3}$



با جدا کردن عضو طره‌ای CDE و انتقال لنگر ناشی از این عضو طره‌ای به نقطه C داریم:



با کمی دقت می‌توان فهمید که در نقطه C عضو پیوسته بوده و شیب دو طرف این نقطه برابر می‌باشد، لذا با توجه به برابر بودن شیب نقطه B در محل لنگر متمرکز اعضای AC و CB مانند فنرها موازی رفتار کرده و لنگر PL به نسبت سختی دورانی بین آنها توزیع می‌شود. بنابراین داریم:



طبق جدول روش سختی برای تیر یکسر گیردار یکسر مفصل تحت لنگر متمرکز داریم:

	$\theta_A = \frac{ML}{4EI}$	$M = k_{\text{دورانی}}$ $\theta_A = 1$ $\rightarrow k_{\text{دورانی}} = \frac{4EI}{L}$
---	-----------------------------	--

$$k_{CB} = \frac{4EI}{L}$$

$$k_{CA} = \frac{4EI}{2L} = \frac{2EI}{L}$$

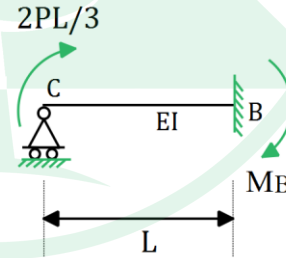
سبزسازه



$$M_{CB} = \frac{k_{CB}}{\sum k_i} * M_C = \frac{\frac{4EI}{L}}{\frac{4EI}{L} + \frac{2EI}{L}} * PL = \frac{2PL}{3}$$

در نهایت با توجه به مشخص شدن M_{CB} و اثر نکردن بارگذاری روی عضو CB می‌توان فهمید نصف لنگر M_{CB} در همان جهت به تکیه‌گاه گیردار B وارد می‌شود. بنابراین:

$$M_B = \frac{1}{2} * M_{CB} = \frac{1}{2} * \frac{2PL}{3} = \frac{PL}{3}$$



سبzsازه

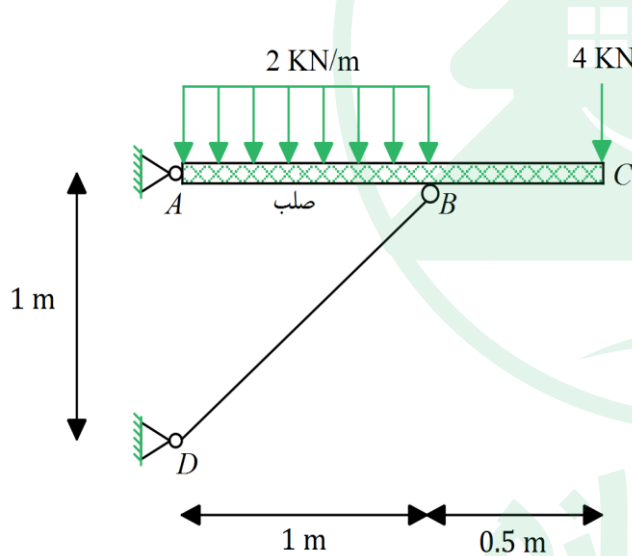
پاسخ سوال گزینه (۴)



سوال ۶۰

سطح سوال: متوسط

۶۰- عضو صلب ABC توسط تکیه گاه مفصلی A و میله فشاری BD نگه داشته شده است. جابجایی قائم نقطه C به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ عضو BD چوبی و به ابعاد $150 \times 200 \text{ mm}$ و ضریب ارتجاعی 12 MPa است و تحت بار وارده کمانش نمی کند.



(۱) 83 mm

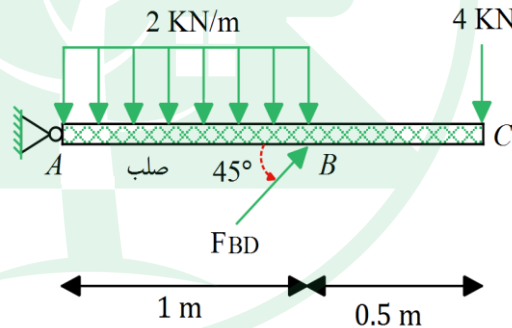
(۲) 29 mm

(۳) 39 mm

(۴) 58 mm



در این سازه با صرف نظر کردن از عضو صلب ABC می‌توان خیز قائم نقطه B در سازه را از روش کارمجازی محاسبه نمود:
ابتدا در سازه اصلی نیرو در عضو میله ای BD را با نوشتن تعادل لنگر حول نقطه A محاسبه می‌کنیم:



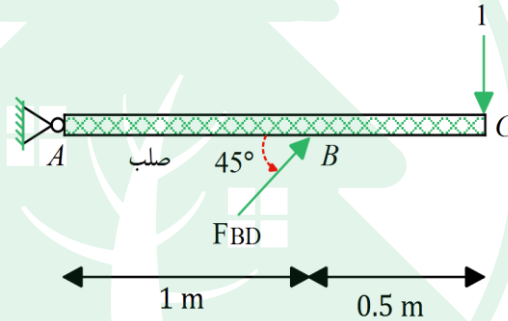
$$\alpha = 45^\circ$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow 4 * 1.5 + 2 * 1 * 0.5 = F_{BD} * \sin 45^\circ * 1$$

$$\rightarrow F_{BD} = 7\sqrt{2} \text{ KN} = 7000\sqrt{2} \text{ N}$$



در ادامه در سازه مجازی نیرو در عضو میله ای BD را با نوشتن تعادل لنگر حول نقطه A محاسبه می کنیم:



$$\alpha = 45^\circ$$

$$\sum^+ M_A = 0 \rightarrow 1 * 1.5 = F_{BD} * \sin 45^\circ * 1$$

$$\rightarrow F_{BD} = \frac{3\sqrt{2}}{2} \text{ KN} = 1.5\sqrt{2} \text{ KN}$$



در نهایت با صرف نظر کردن از عضو صلب ABC و با در نظر گرفتن تنها تغییر شکل محوری برای عضو BD داریم:

$$\rightarrow L_{BD} = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} \text{ m} = 1000\sqrt{2} \text{ mm}$$

$$\rightarrow A_{BD} = 150 * 200 = 30000 \text{ mm}^2$$

$$\rightarrow E = 12 \text{ MPa}$$



$$\Delta_{By} = \int \frac{P\bar{p}}{AE} dx = \frac{7000\sqrt{2} * 1.5\sqrt{2} * 1000\sqrt{2}}{12 * 30000} = 82.5 \text{ mm} \approx 83 \text{ mm}$$

سبزسازه

پاسخ سوال گزینه (۱)

