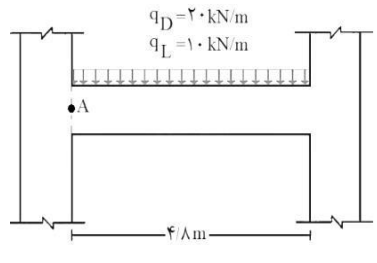
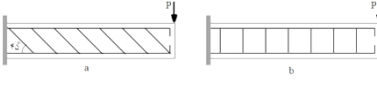
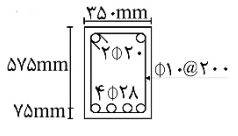
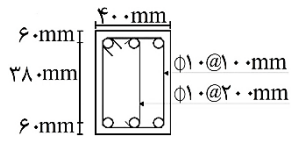


ا	ب	پ	ت	ث	ج	چ	ح	خ	د	ذ	ر	ز	ژ	س	ش	ص	ض	ط	ظ	ع	غ	ف	ق	ک	گ	ل	م	ن	و
صفحه																													
نمونه																													
داده‌ها																													
مجهول																													
۴۰																													
-																													
ساختمان سه طبقه بتنی - دال دو طرفه مسطح با ضخامت موثر ۲۰۰mm - مقطع ستون‌ها ۶۰۰×۶۰۰mm - فاصله محوری ستون‌ها در دو جهت ۷m - رده بتن C۳۰																													
نیروی برشی حداکثر مقاوم بتن دال در ستون میانی بدون آرماتور برشی یا کلاهک برشی																													
۵۵																													
-																													
تیر بتنی مربعی شکل - تحت اثر برش و خمش - رده بتن C۳۰ - میلگرد از نوع S۴۰۰ - دارای حداقل آرماتور عرضی																													
نیروی برشی حداکثر مقاوم تامین شده توسط فولاد برشی به نیروی برشی مقاوم تامین شده توسط بتن																													
۱۲۶																													
																													
سازه با شکل پذیری متوسط - مقاطع A-A و B-B در بر ستون قرار دارند - از وزن تیر و بار روی آن صرف نظر شود - لنگرهای خمشی $\left. \begin{aligned} M_A^- &= 150 \text{ kN.m} \\ M_A^+ &= 60 \text{ kN.m} \\ M_B^- &= 120 \text{ kN.m} \\ M_B^+ &= 66 \text{ kN.m} \end{aligned} \right\} \text{اسمی موجود}$																													
نیروی برشی حداکثر همساز (متناظر) با لنگرهای خمشی اسمی مقطع B-B در سازه با شکل پذیری متوسط																													
۱۰۸																													
																													
تیر بتنی درجا با شکل پذیری متوسط - بار مرده و زنده و وزن تیر قابل اغماض - عمق موثر مقطع $d=340\text{mm}$ - رده میلگرد S۴۰۰ - رده بتن C۲۵ - در محاسبه لنگر خمشی از اثر آرماتور فشاری صرف نظر شود																													
نیروی برشی طراحی (V_u) دو انتهای تیر با شکل پذیری متوسط با فرض تشکیل مفصل‌های پلاستیکی																													
۱۳۰																													
																													
تیر غیرلرزه‌ای با مقطع ۶۰۰×۶۰۰ میلی‌متر - عمق موثر ۵۳۰ میلی‌متر - از بر داخلی تکیه‌گاه تا فاصله ۲ متر به سمت وسط دهانه آرماتورگذاری عرضی با قطر و فاصله یکسان (در این فاصله نیاز به آرماتور عرضی می‌باشد)																													
نیروی برشی طراحی حداقل در فاصله ۲ متری از بر تکیه‌گاه نسبت به برش تکیه‌گاه																													

ا	ب	پ	ت	ث	ج	چ	ح	خ	د	ذ	ر	ز	ژ	س	ش	ص	ض	ط	ظ	ع	غ	ف	ق	ک	گ	ل	م	ن	و
صفحه	نمونه																										داده‌ها	مجهول	
۶۶																											<p>رده بتن C۲۵ - میلگرد از نوع S۴۰۰ - لنگر مقاوم اسمی در دو انتهای تیر</p> <p>$M_u = 52 \text{ kN.m}$ متوسط مقادیر برش در</p> <p>نقطه A</p> $\begin{cases} V_{\text{Dead}} = 5 \text{ kN} \\ V_{\text{Live}} = 25 \text{ kN} \\ V_{\text{Earthquake}} = 12 \text{ kN} \end{cases}$	<p>نیروی برشی طراحی حداقل قاب با شکل - پذیری متوسط در نقطه A</p>	
۵۷	-																										<p>عضو بتنی مستطیلی - تحت اثر همزمان برش، خمش و نیروی فشاری - نیروی فشاری نهایی برابر $2A_g$ - مساحت مقطع قبل از افزایش پهنا آن برابر A_g</p>	<p>نیروی برشی مقاوم افزایش یافته توسط بتن فقط با افزایش ۲۵ درصدی پهنا</p>	
۶۸																											<p>تیر بتنی طره‌ای یکسان بودن Asv، Sn و fyv برای هر دو حالت - راستای نیروی P بسمت پایین</p>	<p>نیروی برشی مقاوم تامین شده توسط آرماتورها در حالت a به حالت b</p>	
۱۱۴	-																										<p>تیر بتنی درجا - عرض 200 mm - ارتفاع موثر 500 mm - آرماتور کششی $2\phi 25$ - رده بتن C۲۵ - رده فولاد S۴۰۰ - نیروی برشی مقطع $V_u = 30 \text{ kN}$ - لنگر خمشی $M_u = 10 \text{ kN.m}$ - عضو دارای حداقل خاموت برشی</p>	<p>نیروی برشی مقاوم تامین شده توسط بتن (V_c) با جزئیات دقیق نسبت به نیروی برشی مقاوم تامین شده توسط بتن با رابطه تقریبی</p>	
۸۸																											<p>مقطع بتنی درجا - نیروی برشی نهایی 150 kN - نیروی محوری نهایی $N_u = 250 \text{ kN}$ - رده بتن C۲۵ - رده فولاد S۴۰۰</p>	<p>نیروی برشی مقاوم تامین شده توسط بتن در حالت نیروی محوری بصورت فشاری (V_{c1}) به نیروی محوری بصورت کششی (V_{c2})</p>	
۱۰۴																											<p>تیر بتنی درجا - رده بتن C۲۵ از نوع معمولی - رده فولاد S۳۴۰ - از اثر خمش و فشار محوری صرف نظر شود - مقطع دارای حداقل آرماتور برشی</p>	<p>نیروی برشی مقاوم تیر</p>	

ا	ب	پ	ت	ث	ج	چ	ح	خ	د	ذ	ر	ز	ژ	س	ش	ص	ض	ط	ظ	ع	غ	ف	ق	ک	گ	ل	م	ن	و
مجهول																													
داده‌ها																													
نمونه																													
صفحه																													
۳۶																													
مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای استاندارد ۲۵Mpa- بتن با شن و ماسه سبک																													
نیروی برشی مقاوم تیر بتن آرمه پیش ساخته بر حسب V_c																													
۸۶																													
تیر بتنی پیش‌ساخته- تامین مقاومت برشی کافی با خم ۴۵ درجه دو عدد از ۴φ۲۵ در یک متری تکیه‌گاه- رده میلگرد S۴۰۰- رده بتن C۲۵																													
نیروی برشی مقاوم مقطع در ناحیه خم بدون اثر خمش و نیروی محوری																													
۴۱																													
شالوده- نیروی برش دوطرفه مقاوم شالوده با رده بتن C۳۰ برای ستون میانی برابر نیروی برش نهائی و عدم نیاز به میلگرد برشی- ابعاد ستون ۶۰۰×۴۰۰mm عمق موثر شالوده ۵۲۰mm																													
نیروی برشی مقاوم میلگرد برشی نسبت به نیروی برشی نهایی با تقلیل رده بتن شالوده از C۳۰ به C۲۵																													
۵۰																													
ستون با ابعاد ۶۰۰×۶۰۰mm تیر با ابعاد ۵۰۰×۵۰۰mm بتن با رده C۲۵- اتصال قاب با شکل‌پذیری ویژه																													
نیروی برشی مقاوم نهایی اتصال در امتداد محور طولی تیر																													
۷۹																													
دال تخت در مجاور یک ستون میانی با مقطع مربع- حداکثر نیروی مقاوم برش دوطرفه بدون آرماتور یا کلاهک برشی ۶۳۵kN- نیروی برشی مقاوم توسط فولاد برشی ۷۰۳ kN - لنگر متعادل نشده‌ای از دال به ستون منتقل نمی‌شود- عمق موثر به محیط بحرانی برابر $\frac{d}{b_0} = 0.1$																													
نیروی برشی مقاوم نهایی دال تخت (دال دوطرفه)																													
۱۱۷																													
ساختمان سه طبقه بتنی با سیستم دوگانه قاب خمشی ویژه + دیوار برشی ویژه- مقطع دیوار برشی مستطیلی به طول ۴m و عرض ۲۵۰mm- دو شبکه میلگردگذاری که در هر شبکه میلگرد قائم $C/200@16\phi$ و میلگرد افقی $C/250@12\phi$ - رده بتن C۲۵- رده میلگرد قائم S۴۰۰- رده میلگرد افقی S۳۴۰																													
نیروی برشی مقاوم نهایی مقطع دیوار برشی (Vr) با شکل- پذیری زیاد																													

ا	ب	پ	ت	ث	ج	چ	ح	خ	د	ذ	ر	ز	ژ	س	ش	ص	ض	ط	ظ	ع	غ	ف	ق	ک	گ	ل	م	ن	و
صفحه																													
نمونه																													
داده‌ها																													
مجهول																													
۹۹	-																											افزایش نیروی برشی مقاوم (Vr) دیوار حائل بتنی درجا در برابر فشار خاک با میلگرد رکابی ۱۲mm- عمق موثر دیوار (d)- فاصله میلگرد رکابی در ارتفاع و در طول دیوار- رده میلگرد S۴۰۰- رده بتن C۳۰- میلگرد رکابی عمود بر محور طولی و ارتفاعی دیوار	نیروی برشی مقاوم هر متر طول دیوار در برابر خاک (برش خارج از صفحه)
۶۲	-																											تیر قاب خمشی بتنی با شکل پذیری زیاد- طول دهانه آزاد Ln=۸m- لنگر خمشی مقاوم محتمل در دو انتهای تیر (±۸۰۰kN.m) تیر تحت بارهای ثقلی ضربیدار ۵۰kN/m	نیروی برشی نهایی تیر با شکل پذیری زیاد در دو انتهای آن
۲۹	-																											تیر قاب خمشی بتنی با شکل پذیری زیاد- طول دهانه آزاد Ln=۶m- لنگر خمشی مقاوم محتمل در دو انتهای تیر (۹۰۰kN.m و ۶۰۰kN.m)- نیروی برشی نهایی بر ستون تحت بارهای ثقلی گسترده یکنواخت ضربیدار ۱۵۰kN	نیروی برشی نهایی تیر با شکل پذیری زیاد در فاصله دو متری از دو انتهای آن
۵۹	-																											طول دیوار ۶m- دیافراگم مجاور دیوار از سقف تیرچه بلوک با ضخامت دال ۵۰mm و آرماتور حرارت ۲۰۰mm@Φ۶- رده بتن C۲۵- میلگرد از نوع S۴۰۰- ضریب αc دارای بیشترین مقدار ممکن	نیروی برشی نهایی قابل انتقال از دیافراگم به دیوار برشی
۱۴۹																												اتصال دو تیر با ارتفاع متفاوت به ستون- سازه با شکل پذیری زیاد- از برش ستون در بالا و پایین اتصال صرفنظر شود- در تیرها فقط میلگرد بالا و پایین موثر است- رده بتن ۲۵- رده فولاد عرضی- رده فولاد طولی	نیروی برشی نهایی موثر اتصال به ستون
۹۷																												قاب بتنی با شکل پذیری زیاد- ابعاد مقطع تیر و عمق موثر دو دهانه برابر است- از برش ستون‌ها صرفنظر شود- اعداد بالا و پایین تیر بترتیب سطح مقطع میلگرد بالا و پایین تیر در محل تکیه‌گاه	نیروی برشی نهایی موثر اتصال ستون میانی نسبت به ستون‌های کناری از لحاظ لرزه‌ای

ا	ب	پ	ت	ث	ج	چ	ح	خ	د	ذ	ر	ز	ژ	س	ش	ص	ض	ط	ظ	ع	غ	ف	ق	ک	گ	ل	م	ن	و

داده‌ها: تیر قاب خمشی بتنی با شکل‌پذیری زیاد- طول دهانه آزاد $L_n=6m$ - لنگر خمشی مقاوم محتمل در دو انتهای تیر $(900 \text{ kN.m}$ و $600 \text{ kN.m})$ - نیروی برشی نهایی بر ستون تحت بارهای ثقلی گسترده یکنواخت ضربیدار 150 kN

مجهول: نیروی برشی نهایی تیر با شکل‌پذیری زیاد در فاصله دو متری از دو انتهای آن

راه‌حل: طبق بند ۹-۲۰-۶-۴-۱ مبحث نهم، نیروی برشی طراحی تیرها (V_e) باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای قائم ضربیدار وارد بر تیر و لنگرهای خمشی موجود در مقاطع انتهایی تیر با فرض اینکه در این مقاطع مفصل‌های پلاستیک تشکیل شده‌اند، تعیین شود. ظرفیت خمشی مفصل‌های پلاستیک، مثبت یا منفی باید برابر با لنگر خمشی مقاوم محتمل مقطع (M_{pr}) در نظر گرفته شود. جهت‌های این لنگرهای خمشی باید چنان در نظر گرفته شوند که نیروی برشی ایجاد شده در تیر بیشترین مقدار باشد:

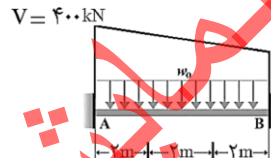
$$V_e = 1/2 V_D + V_L + 0/2 V_S + \frac{M_{pr-L} + M_{pr-R}}{L_n} = \frac{1/2 V_D + V_L + 0/2 V_S}{150} + \frac{900 + 600}{6} = 400 \text{ kN}$$

نکته: $1/2 V_D + V_L + 0/2 V_S = \left[\frac{(1/2 V_D + V_L + 0/2 V_S) \times L_n}{\lambda} \right]$

طبق تحلیل سازه‌ها برای بدست آوردن نیروی برشی تکیه‌گاه تیرها با بارگسترده یکنواخت از فرمول $V = \frac{w_0 \times L_n}{\lambda}$ میزان بار گسترده استفاده می‌نمودیم. بنابراین میزان بار گسترده روی تیر برابر است با:

$$150 = \frac{w_0 \times 6}{\lambda} \rightarrow w_0 = 50 \text{ kN}$$

نیروی برش در طول تیر با دور شدن از بر تکیه‌گاهی که بیشترین نیروی برشی را دارد (400 kN) به میزان بار گسترده یکنواخت در آن فاصله کم می‌شود. بنابراین داریم:

$$\max \begin{cases} V_{vm} = 400 - (2 \times 50) = 300 \text{ kN} \\ V_{vm} = 400 - (4 \times 50) = 200 \text{ kN} \end{cases}$$


توجه نمایید که فاصله ۴ متری از تکیه‌گاه A، همان فاصله ۲ متری از تکیه‌گاه B می‌باشد که در قسمت مجهول مساله مورد نظر است.

M_{pr-L} و M_{pr-R} : بترتیب لنگر خمشی محتمل انتهای سمت چپ و راست دهانه
 L_n : طول تیر

V_S و V_L , V_D : بترتیب برش ناشی از بار مرده، زنده و برف

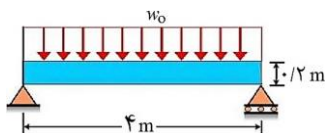
L و S : بترتیب بار مرده، زنده و برف

داده‌ها: دال یکطرفه با تکیه‌گاه ساده- ضخامت 200 mm - رده بتن $C25$ - دهانه موثر 4 m - بتن معمولی- مدول گسیختگی برابر 3 Mpa

مجهول: لنگر خمشی دال به ازای چه مقدار بار یکنواخت سربار بعلاوه وزن تیر، بیشتر از لنگر خمشی ترک خورده بوده و مقطع ترک خورده محسوب می‌شود؟

راه‌حل: تصویر ۲ بعدی دال بصورت شکل زیر است که طبق روابط تحلیل سازه، لنگر خمشی حداکثر آن در وسط دهانه واقع گردیده و برابر است با $M_{max} = \frac{w_0 L^2}{8}$ همچنین طبق بند ۹-۱۹-۲-۲ مبحث نهم، لنگر خمشی ترک خوردگی برابر

است با $M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t}$ در نتیجه داریم:



$$\frac{w_0 L^4}{\lambda} > \frac{f_t \times I_g}{y_t} \rightarrow \frac{\left(\begin{array}{l} \text{وزن یک متر مربع بتن} \\ \text{وزن سربار} \\ \text{وزن مخصوص بتن} \end{array} \right) \times 4^2}{\lambda} > \frac{\left(\begin{array}{l} \text{عرض دال} \\ \text{mm}^3 \rightarrow \text{m}^3 \end{array} \right) \times \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)}{\left(\frac{0.12}{3} \right)}$$

$$\rightarrow q > 5 \text{ kN/m}^2$$

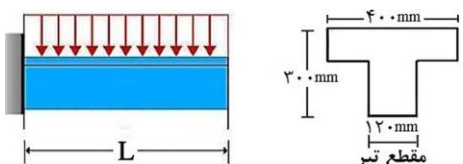
نکته: محاسبات برای دال بطول ۴ متر (طبق داده‌ها) و عرض یک متر از دال انجام گردید.

I_g : ممان اینرسی مقطع ترک نخورده بدون در نظر گرفتن اثر آرماتور و برای مقطع مستطیلی برابر $\frac{bh^3}{12}$ می‌باشد.

Y_t : فاصله محور خنثی در مقطع ترک نخورده بدون در نظر گرفتن اثر آرماتورها از دورترین تار کششی

f_t : مدول گسیختگی بتن طبق ردیف الف بند ۹-۳-۵-۱ مبحث نهم برابر $f_t = 0.62 \lambda \sqrt{f_c}$

λ : ضریب تصحیح جهت انعکاس مشخصات مکانیکی کاهش یافته بتن سبک نسبت به بتن معمولی در مقاومت فشاری یکسان طبق پیوست ۲



داده‌ها: تیر طره‌ای T شکل - رده بتن C۳۰ - رده میلگرد S۴۰۰

ارتفاع موثر ۲۷۵mm

مجهول: میلگرد کششی حداقل تیر طره‌ای T شکل ناشی از خمش

در تکیه‌گاه

راه‌حل: از آنجاییکه تیر بصورت طره‌ای است، بنابراین مقطع تحت لنگر خمشی منفی قرار دارد و آرماتورهای واقع در بالای مقطع تحت کشش قرار می‌گیرند.

همچنین طبق بندهای ۹-۱۱-۵-۲، ۹-۱۱-۵-۳ و ۹-۲۰-۶-۲-۲ مبحث نهم، حداقل آرماتور کششی بصورت زیر تعیین می‌گردد. در روابط زیر برای تیرهای با مقطع T شکل و تیرچه‌هایی که در آن‌ها جان مقطع در کشش قرار دارد،

$b_e = b_w$ می‌باشد و اگر بال مقطع در کشش قرار دارد، $b_e = \min \left\{ \begin{array}{l} 2b_w \\ \text{عرض بال} \end{array} \right\}$ در نظر گرفته می‌شود.

$$b_e = \min \left\{ \begin{array}{l} 2b_w = 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \\ \text{عرض بال} = 400 \text{ mm} \end{array} \right\} \rightarrow b_e = 400 \text{ mm}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{زیاد} \\ \text{سازه با شکل پذیری زیاد} \end{array} \right. \rho_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0.125 \sqrt{f_c}}{f_y} \\ \frac{1}{4} \end{array} \right\} \leq \rho_{\text{محاسباتی}} = \frac{A_s}{b_e d} \leq \left\{ \begin{array}{l} f_y \leq 420 \text{ Mpa} \rightarrow \min \left\{ \begin{array}{l} 0.025 \\ \rho_{\max} \end{array} \right\} \\ f_y \geq 520 \text{ Mpa} \rightarrow \min \left\{ \begin{array}{l} 0.02 \\ \rho_{\max} \end{array} \right\} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{سایر سازه‌ها} \end{array} \right. \rho_{\min} = \min \left\{ \begin{array}{l} \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0.125 \sqrt{f_c}}{f_y} \\ \frac{1}{4} \end{array} \right\} \\ \frac{1}{33} \rho_{\text{محاسباتی}} \end{array} \right\} \leq \rho_{\text{محاسباتی}} = \frac{A_s}{b_e d} \leq \rho_{\max}$$

$$\min \left\{ \begin{array}{l} \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y} \\ \frac{1/4}{f_y} \end{array} \right\} \\ 1/33 \rho \text{ محاسباتی} \end{array} \right\} \leq \frac{A_s}{b_e d} \rightarrow A_s \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0.25\sqrt{30}}{400} = 0.00342 \\ \frac{1/4}{400} = 0.0035 \end{array} \right\} \times 240 \times 275 = 231 \text{ mm}^2$$

نکته: دلیل حذف محاسباتی ρ از روند محاسبات بالا بدلیل در دست نبودن میزان آرماتور طولی محاسبه شده می‌باشد.

b_w و b_e : بترتیب عرض موثر و عرض جان مقطع

f_c و F_y : بترتیب تنش تسلیم فولاد به مقدار حداکثر ۵۵۰ مگاپاسگال و مقاومت فشاری بتن

ρ_{\min} و ρ_{\max} : بترتیب نسبت آرماتور حداکثر و حداقل به مقطع موثر

داده‌ها: تیر با بتن درجا- تکیه‌گاه ساده- نیروی محوری ناچیز- رده بتن C۲۵ - میلگرد از نوع S۴۰۰

مجهول: میلگرد کششی حداکثر نسبت به سطح مقطع موثر بدون لحاظ میلگرد فشاری

راه‌حل: طبق بندهای ۹-۱۱-۲-۳ و ۹-۲-۴-۲ مبحث نهم، حداکثر نسبت آرماتور کششی ρ_{\max} در قطعات خمشی برابر فرمول زیر است که این مقدار در حالتیکه مقطع بدون فولاد فشاری (کم فولاد) است بایستی از ρ_{balance} کمتر باشد:

$$\min \left\{ \begin{array}{l} \rho_{\max} = \alpha_0 \beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_t} \\ \rho_{\text{balance}} = \alpha_0 \beta_1 \frac{f_c}{f_y} \times \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \frac{F_y}{E_s}} \end{array} \right\}$$

$$\min \left\{ \begin{array}{l} \rho_{\max} = 0.185 \times 0.185 \times \frac{25}{400} \times \frac{0.003}{0.003 + \left(\frac{0.003}{2 \times 1.05} + \frac{400}{2 \times 1.05} \right)} = 0.169 \\ \rho_{\text{balance}} = 0.185 \times 0.185 \times \frac{25}{400} \times \frac{0.003}{0.003 + \frac{400}{2 \times 1.05}} = 0.27 \end{array} \right\}$$

f_c و F_y : بترتیب تنش تسلیم فولاد و مقاومت فشاری بتن

b_w و d : بترتیب پهنای جان و عمق موثر مقطع (فاصله دورترین تار فشاری بتن از مرکز ثقل آرماتورهای کششی)

α_0 : ضریب توزیع تنش یکنواخت عمود بر مقطع طبق بند ۹-۲-۸-۲ مبحث نهم برابر

$$55 \text{ Mpa} \geq f_c \rightarrow \alpha_0 = 0.185$$

$$55 \text{ Mpa} < f_c \rightarrow \alpha_0 = 0.185 - \frac{0.22}{\gamma} (f_c - 55) \geq 0.7$$

β_1 : ضریب تقلیل فاصله تارخشی از دورترین تار فشاری طبق بند ۹-۲-۸-۲ مبحث نهم برابر

$$17 \text{ Mpa} \leq f_c \leq 28 \rightarrow \beta_1 = 0.185$$

$$28 \text{ Mpa} < f_c \rightarrow \beta_1 = 0.185 - \frac{0.5}{\gamma} (f_c - 28) \geq 0.65$$

ρ_{\min} و ρ_{\max} : بترتیب نسبت آرماتور حداکثر و حداقل به مقطع موثر

A_s : سطح مقطع میلگرد

ϵ_{cu} : کرنش حداکثر بتن طبق بند ۹-۲-۷-۲ مبحث نهم، برابر ۰/۰۰۳

ϵ_t : کرنش خالص کششی دورترین لایه میلگرد کششی برابر با $\epsilon_t \geq \epsilon_{ty} + 0.003$ می‌باشد که در آن ϵ_{ty} کرنش تسلیم دورترین لایه میلگرد کششی و برابر $\frac{F_y}{E_s}$ است.

E_s : مدول الاستیسیته فولاد طبق بند ۹-۴-۸-۴ مبحث نهم برابر با $2 \times 10^5 \text{ Mpa}$

داده‌ها: طول دهانه آزاد

مجهول: ابعاد هندسی حداقل ستون و تیر با شکل‌پذیری متوسط و ویژه

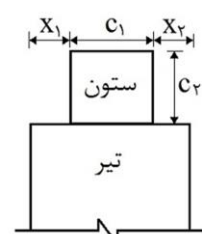
راه‌حل: طبق بندهای ۹-۲۰-۵-۳-۱-۱ و ۹-۲۰-۶-۳-۱-۱ مبحث نهم، محدودیت‌های هندسی زیر باید در طراحی ستون برای قاب خمشی با شکل‌پذیری متوسط و ویژه رعایت گردد:

$$\left. \begin{array}{l} \text{ستون با شکل‌پذیری متوسط} \\ \text{ستون با شکل‌پذیری ویژه} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{عرض مقطع} \\ \text{الف) } \bar{b} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \text{بعد دیگر مقطع} \\ \bar{a} \\ 250 \text{ mm} \end{array} \right. \\ \text{ب) } \frac{b}{L_p} \geq 0.04 \\ \text{طول آزاد ستون} \end{array}$$

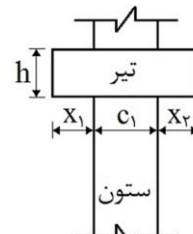
$$\left. \begin{array}{l} \text{عرض مقطع} \\ \text{ستون با شکل‌پذیری ویژه} \end{array} \right\} \bar{b} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \text{بعد دیگر مقطع} \\ \bar{a} \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right.$$

همچنین طبق بندهای ۹-۲۰-۵-۲-۱ و ۹-۲۰-۶-۲-۱ مبحث نهم، محدودیت‌های هندسی زیر باید در طراحی تیر برای قاب خمشی با شکل‌پذیری متوسط و ویژه رعایت گردد:

$$\left. \begin{array}{l} \text{تیر با شکل‌پذیری متوسط} \\ \text{تیر با شکل‌پذیری ویژه} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{الف) } \bar{d} \leq \frac{L_n}{4} \\ \text{ارتفاع موثر مقطع} \\ \text{طول دهانه آزاد} \\ \text{ب) } \bar{b} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \text{ارتفاع مقطع} \\ \bar{h} \\ 250 \text{ mm} \end{array} \right. \\ \text{عرض مقطع} \\ \text{پ) } \bar{b} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} C_1 + \left(\frac{x_1}{4} \right) + \left(\frac{x_2}{4} \right) \\ C_1 + \left(\frac{C_2}{4} \right) + \left(\frac{C_2}{4} \right) \end{array} \right. \\ \text{عرض مقطع} \\ \text{ت) } \frac{C_1}{2} - \frac{b}{2} \leq \frac{C_1}{4} \\ \text{کنترل خروج از مرکزیت تیر نسبت به ستون} \end{array}$$



پلان اتصال تیر به ستون



نما اتصال تیر به ستون

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{الف) ارتفاع موثر مقطع} \\ \hat{d} \leq \frac{\hat{L}_n}{4} \\ \text{ب) عرض مقطع} \\ \hat{b} \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \text{ارتفاع مقطع} \\ 0.3 \hat{h} \\ 250 \text{ mm} \end{array} \right. \\ \text{پ) عرض مقطع} \\ \hat{b} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} C_1 + \overbrace{(\hat{C}_1)}^{x_1} + \overbrace{(\hat{C}_1)}^{x_2} \\ C_1 + \overbrace{(\cdot/75C_2)}^{x_1} + \overbrace{(\cdot/75C_2)}^{x_2} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

تیر با شکل پذیری ویژه

A_g : سطح مقطع کل بتن

داده ها: دیوار باربر بتنی در جا- ضخامت ۲۰۰ mm - طول ۴ m - فاصله قائم آزاد بین دو تکیه گاه بالا و پایین دیوار ۳/۶ m - از چرخش دیوار در بالا و پایین جلوگیری و مهار جانبی شده است - مقاومت فشاری مشخه بتن ۲۵ MPa
مجهول: نیروی محوری مقاوم محاسباتی نهایی دیوار باربر تحت بار فشاری با استفاده از رابطه تجربی

راه حل: طبق بند ۹-۱۳-۲-۳ مبحث نهم، در دیوارهایی با مقطع مستطیل توپر که در آنها برون محوری برآیند بارهای ضریب دار کمتر از یک ششم ضخامت دیوار است، مقاومت محوری اسمی مقطع (P_n) را می توان از رابطه تجربی زیر بدست آورد:

$$P_n = 0.55 f_c A_g \left[1 - \left(\frac{k l_c}{32 h} \right)^2 \right] = 0.55 \times 25 \times \left[200 \times \left(4 \times \frac{1000}{1000} \right) \right] \left[1 - \left(\frac{0.8 \times 3/6 \times \frac{m \rightarrow mm}{1000}}{32 \times 200} \right)^2 \right] = 8772500 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0.65 \times 8772500 = 5702125 \text{ N} = 570212.5 \text{ kN}$$

f_c : مقاومت فشاری مشخه بتن

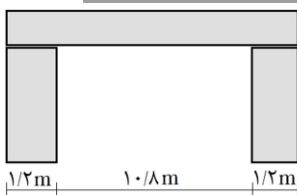
A_g : مساحت کل مقطع بتنی

h : ضخامت کل عضو

l_c : فاصله قائم آزاد بین تکیه گاه ها

ϕ : ضریب کاهش مقاومت که بر اساس مقاطع فشار کنترل از جدول پیوست ۳ استخراج می شود.

k : ضریب طول موثر برابر $\left. \begin{array}{l} \text{در دیوار مهار شده جانبی در بالا و پایین و جلوگیری از چرخش در یک یا دو انتها برابر } 0.8 \\ \text{در دیوار مهار شده جانبی در بالا و پایین و عدم جلوگیری از چرخش در دو انتها برابر } 1 \\ \text{در دیوار مهار جانبی نشده برابر } 2 \end{array} \right\}$



داده ها: تیر بتنی به ابعاد ۳۵۰ × ۸۰۰ mm - تیر به شکل ساده روی دو تکیه گاه قرار دارد ۸۰ mm

مجهول: طول دهانه موثر تیر

راه حل: طبق بند ۹-۶-۳-۲-۱ مبحث نهم، طول دهانه موثر در اعضای مختلف سازه

بشرح زیر منظور می شود.

- (۱) برای اعضای غیرپیوسته با تکیه‌گاه خود، برابر کمترین مقدار (فاصله محور به محور تکیه‌گاه طول آزاد دهانه بعلاوه ارتفاع عضو)
- (۲) برای اعضای پیوسته با تکیه‌گاه خود، با توجه به مقاومت و سختی نسبی اعضا در محل اتصال و قضاوت مهندسی
- (۳) برای اعضای طره‌ای با گیرداری کامل برابر طول آزاد
- (۴) برای دال یک‌طرفه توپر و سیستم تیرچه‌ای با دهانه آزاد کمتر یا مساوی ۳ متر که با تکیه‌گاه خود یکپارچه هستند، می‌توان بصورت دال یکسره روی تکیه‌گاه ساده، بدون منظور نمودن عرض تکیه‌گاه و با طول آزاد دهانه آن‌ها در نظر گرفت

$$\min \begin{cases} 10/8 + \frac{1/2}{3} + \frac{1/2}{3} = 12\text{m} \\ 10/8 + \left(800 \div \frac{1000}{\text{mm} \rightarrow \text{m}} \right) = 11/6\text{m} \end{cases}$$

داده‌ها: عضو فشاری مهار شده در تمام طبقات- مقطع مربع با طول ضلع ۶۰۰mm- ضریب تشدید انحنای قطعه برابر $\delta_b = 1/42$ - نتایج تحلیل استاتیکی مرتبه اول برای نیروی محوری نهایی و لنگرهای نهایی دو انتهای عضو فشاری:

($M_{u1} = 46\text{kN.m}$ $M_{u2} = 64\text{kN.m}$ $N_u = 385\text{kN}$)

مجهول: لنگر خمشی نهایی تشدید یافته حداکثر در دو انتهای ستون

راه‌حل: طبق بند ۹-۶-۵-۴-۳ مبحث نهم، لنگر خمشی بزرگتر از بین لنگرهای دو سر عضو نباید از نتیجه رابطه زیر کمتر اختیار گردد:

$$M_{r-\min} = P_u(1.5 + 0.3h) = 385 \times (1.5 + 0.3 \times 6.0) = 1270.5\text{kN.mm} = 127/0.5\text{kN.m} \leq 46\text{kN.m}$$

لنگر نهایی حداکثر از حداقل مقدار لنگر طبق رابطه فوق کمتر گردید، بنابراین لنگر حاصل از فرمول فوق ملاک قرار خواهد گرفت.

در قطعات مهارشده مقدار لنگر تشدید یافته برابر است با:

$$M_c = \delta_b M_r = 1/42 \times 127/0.5 = 180/411\text{kN.m}$$

نکته: اگر عضو مهار نشده بود، از ضوابط بند ۹-۶-۵-۴ مبحث نهم استفاده می‌گردید.

M_1 : کوچکترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری (مقدار M_1 مثبت است اگر انحنای ستون در یک جهت باشد و منفی است اگر انحنای ستون در دو جهت باشد)

M_2 : بزرگترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری (مقدار M_2 همواره مثبت فرض می‌شود)

δ_b : ضریب تشدید متعلق به اثر انحنای قطعه برابر

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{7.5P_c}}$$

C_m : ضریب تبدیل مقادیر واقعی لنگر به مقادیر معادل با لنگر یکنواخت و برابر:

$$\begin{cases} C_m = 0.6 + 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \rightarrow \text{بدون بار جانبی در حد فاصل بین دو انتهای ستون} \\ C_m = 1 \rightarrow \text{سایر موارد} \end{cases}$$

P_c : بار بحرانی، نیوتن