به‌نام یکتا مهندس هستی...

سخـــن مـــؤلـف

پس از سـال‌ها تدریس در کلاس‌های کنکور کارشناسـی ارشد (برگزاری بیش از ۱۰۰ دوره کلاس در طـی ۱۰ سـال) در قوی‌تریـن مرکز انتشـاراتی کشـور در زمینه مهندسـی عمران، مسئولیت نگارش کتابی به من سپرده شد که با شیوه‌ای نوین و کاملاً هدفمند، علاوه بر آموزش کامل مطالب درسـی، محیط یک کلاس را برای خواننده تداعی کنم. شـاید گزافه نباشـد که این اثر را فصلی نو در کتاب‌های کنکور کارشناسـی ارشـد بدانیم. این کتاب در دو جلد و ۱۶ فصل به صورت کامل به بیان مطالب می‌پردازد.

از ویژگی‌های این کتاب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- در شروع هر فصل این کتاب، با یک نمودار درختی و تقسیم‌بندی فصل، روند آموزش برای مهندسین گرامی شرح داده شده است. از نظر مؤلف، دسته‌بندی مطالب این کتاب منحصربه‌فرد است.

۲- در درسنامه‌های کتاب، مطالب با توجه به تجربیات مؤلف از ساده به دشوار بیان شده و در هر قسمت با حل مثال‌های متنوع، دانشجو به درک کامل مطلب می‌رسد.

۳- در روند آموزش از جدول‌های سـاده و هدفمند، اسـتفاده زیادی شـده اسـت که درک مطلب را برای دانشـجو ساده‌تر می‌کند. توجه شـود که این شیوه، در بسیاری از کتاب‌های جدیدالتألیف دنیا کاربرد زیادی دارد.

۴- در این کتاب به ضعف‌های اساسی دانشجویان در درس استاتیک و رسم دیاگرام‌های نیروی برشـی و لنگر خمشـی با نگاه مفهومی پرداخته شـده و شـیوه‌های تستی بسیار جدیدی نیز در کنار مطالب مفهومی بیان شده است.

۵- در تست‌های پایان فصل، از سؤالات کنکورهای سراسری، آزاد، آزمایشی سنجش (تسلط) و برای تکمیل مطالب از تست‌های تألیفی استفاده شده است.

۶- در انتها با آوردن قسـمت یک گام فراتر، برای علاقه‌مندان، تست‌های متنوع‌تری نیز بیان شده است.

در خاتمه لازم می‌دانم از زحمات دوست عزیزم جناب آقای دکتر حسام شریفیان مدیریت محترم مؤسسـه سری عمران و جناب آقای محمد آهنگر که در نگارش کتاب به بنده کمک شایانی فرمودند کمال قدردانی و سپاسگزاری را داشته باشم.
بدین‌وسـیله از ویراسـتاران محتـرم ایـن کتـاب آقایـان احمـد جوزدانـی، بهرام گراوند و کیوان افراز تشکر می‌کنم.

علیرغم تلاش فراوانی که برای بازبینی این کتاب شده است وجود اشکال در آن غیرممکن نبوده و از اساتید گرانقدر و دانشجویان گرامی تقاضا می‌شود پیشنهادات و انتقادات خود را بـه آدرس اینترنتی serieomran@yahoo.com ارسـال فرمایند.

حسین صباغیان طوسی

جلد ۲

فهرست

فصل نهم

کاربرد روابط حفظی در محاسبهٔ شیب و خیز سازه‌های معین

A- تحلیل تیرهای کنسولی ۸
B- تحلیل تیرهای دوسر مفصل ۱۵
C- تحلیل تیرهای یک سر مفصل، یک سر لغزنده‌گیردار ۲۰
D- حل مسائل ترکیبی با کمک اصل انعطاف‌پذیری ۲۱
D-۱- حل تیرهایی که در صورت صلب شدن اتصالات انعطاف‌پذیر آنها، به تیر کنسولی تبدیل می‌شوند ۲۲
D-۲- مسائل ترکیبی قابل تبدیل به تیرهای دوسر مفصل ۲۵
D-۳- مسائل ترکیبی سایر حالت‌ها با استفاده از اصل انعطاف‌پذیری ۲۷
تست‌های فصل نهم ۲۹
پاسخ تست‌های فصل نهم ۳۷

فصل دهم

آشنایی با مفاهیم روش‌های انرژی و قضایای کاستلیانو

A- محاسبهٔ انرژی کرنشی ذخیره شده در سازه‌ها ۵۸
B- آشنایی با مفاهیم قضایای کاستلیانو ۶۳
C- محاسبهٔ انرژی کرنشی در المان‌ها و مروری بر مفاهیم مقاومت مصالحی ۶۵
تست‌های فصل دهم ۶۷
پاسخ تست‌های فصل دهم ۷۲

فصل یازدهم

قضیهٔ بتی - ماکسول

A- بررسی مفاهیم قضیهٔ بتی - ماکسول (قضیهٔ تقابل کار و انرژی) ۸۲
B- نکات کاربردی قضیهٔ بتی - ماکسول ۸۳
تست‌های فصل یازدهم ۸۶
پاسخ تست‌های فصل یازدهم ۸۹

فصل دوازدهم (قسمت اول)

حل سازه‌های نامعین با روش نرمی

A- آشنایی با مفاهیم روش نرمی ۹۴
B- تحلیل تیرهای کنسولی و مفصلی نامعین رایج ۹۶
B-۱- مدل تیرهای کنسولی یک دهانهٔ نامعین و بررسی حالت‌های خاص پرتکرار در کنکور ۹۶
B-۲- مدل اتصال نامعین دو سازه توسط مفصل خمشی و یا مفصل برشی ۱۰۲
B-۳- مدل اتصال نامعین دو سازه توسط میله، فنر و یا کابل ۱۰۴
B-۴- مدل تیرهای دوسر مفصل نامعین ۱۰۶
C- استفاده از روش کار مجازی در تحلیل سازه‌های نامعین به روش نرمی ۱۰۹
C-۱- تحلیل تیرها و قاب‌های نامعین با استفاده از روش کار مجازی ۱۰۹
C-۲- تحلیل خرپاهای نامعین با استفاده از روش کار مجازی ۱۱۰
تست‌های فصل دوازدهم (قسمت اول) ۱۱۴
پاسخ تست‌های فصل دوازدهم (قسمت اول) ۱۲۰

فصل دوازدهم (قسمت دوم)

کاربرد روابط حفظی در تحلیل سازه‌های نامعین

A- استفاده از روابط حفظی در حل سازه‌های نامعین ۱۳۳
B- آشنایی با ایدهٔ جداسازی در تحلیل سازه‌های نامعین ۱۳۷
B-۱- تحلیل تیرهای دو دهانهٔ نامعین ۱۳۷
B-۲- تحلیل قاب‌های نامعین، متشکل از دو عضو با یک اتصال فاقد جابه‌جایی ۱۳۹
C- بررسی مسائل خاص در سازه‌های نامعین ۱۴۰
C-۱- رسم تیر مزدوج در تیرهای نامعین تحت نشست ۱۴۰
C-۲- محاسبهٔ عکس‌العمل‌ها و نیروهای داخلی معین در سازه‌های نامعین ۱۴۱
تست‌های فصل دوازدهم (قسمت دوم) ۱۴۳
پاسخ تست‌های فصل دوازدهم (قسمت دوم) ۱۴۶

فصل سیزدهم

روش شیب افت

A- بررسی مفاهیم درجهٔ آزادی یک سازه در روش شیب افت ۱۵۴
A-۱- درجهٔ آزادی دورانی در یک سازه ۱۵۴

A-۲- درجهٔ آزادی انتقالی در یک سازه ۱۵۵
B- آشنایی با مفاهیم روش شیب افت ۱۵۷
C- بررسی روابط اصلاح شدهٔ شیب افت ۱۶۲
تست‌های فصل سیزدهم ۱۶۷
پاسخ تست‌های فصل سیزدهم ۱۷۱

فصل چهاردهم

آشنایی با ایدهٔ مدلسازی با فنر در تحلیل سازه‌ها
A- آشنایی با مفاهیم اولیهٔ فنرهای موازی و سری ۱۸۰
A-۱- اتصال موازی فنرها ۱۸۰
A-۲- اتصال سری فنرها ۱۸۱
B- محاسبهٔ سختی معادل برای یک سازه ۱۸۲
C- کاربرد مدل‌سازی سازه با فنرهای انتقالی در حل مسائل ۱۸۵
D- کاربرد مدل‌سازی سازه با فنرهای دورانی در حل مسائل ۱۹۳
تست‌های فصل چهاردهم ۱۹۵
پاسخ تست‌های فصل چهاردهم ۲۰۱

فصل پانزدهم

خواص تقارن در سازه‌ها
A- بررسی مفاهیم اولیهٔ تقارن ۲۱۴
A-۱- آشنایی با سازهٔ متقارن و انواع بارگذاری وارد بر آن ۲۱۴
A-۲- بررسی مفاهیم اولیهٔ سازه‌های متقارن ۲۱۶
A-۳- بررسی مفاهیم اولیهٔ سازه‌های پادمتقارن ۲۱۸
A-۴- بررسی ویژگی سازه‌های متقارن محوری تحت اثر یک بارگذاری متمرکز روی محور تقارن ۲۲۰
B- یافتن سازهٔ نیمه، در سازه‌های متقارن محوری با بارگذاری متقارن ۲۲۲
C- یافتن سازهٔ نیمه، در سازه‌های متقارن محوری با بارگذاری پادمتقارن ۲۲۶
D- بررسی سازه‌های متقارن با بارگذاری کلی ۲۲۸
E- کاربرد تقارن در تحلیل سازه‌ها ۲۲۹
تست‌های فصل پانزدهم ۲۳۶
پاسخ تست‌های فصل پانزدهم ۲۴۳

فصل شانزدهم (قسمت اول)

خط تأثیر تیر
A- آشنایی با مفهوم خط تأثیر ۲۶۰
B- رسم خطوط تأثیر تیرهای معین با استفاده از روش مولر برسلاو ۲۶۲
B-۱- آشنایی با مفاهیم مورد نیاز برای رسم خط تأثیر تیرهای معین با روش مولر برسلاو ۲۶۲
B-۲- رسم خط تأثیر عکس العمل‌های تکیه‌گاهی در تیرهای معین ۲۶۸
B-۳- استفاده از روش مولر برسلاو برای رسم خط تأثیر لنگر در یک نقطه از تیر ۲۶۹
B-۴- استفاده از روش مولر برسلاو برای رسم خط تأثیر برش در یک نقطه از تیر ۲۷۲
B-۵- نکات تکمیلی رسم خطوط تأثیر در تیرهای معین ۲۷۴
C- رسم خطوط تأثیر در تیرهای پانل‌دار ۲۷۷
D- کاربرد خط تأثیر ۲۷۸
E- رسم خطوط تأثیر در سازه‌های نامعین ۲۸۳
تست‌های فصل شانزدهم (قسمت اول) ۲۸۷
پاسخ تست‌های فصل شانزدهم (قسمت اول) ۲۹۳

فصل شانزدهم (قسمت دوم)

خط تأثیر قاب و خرپا
A- استفاده از روش اعمال بار در محاسبهٔ ارتفاع خط تأثیر در نقاط مختلف قاب و خرپای معین ۳۰۳
B- مفاهیم کاربردی روش مولر برسلاو در تشخیص شکل خط تأثیر ۳۰۶
تست‌های فصل شانزدهم (قسمت دوم) ۳۰۸
پاسخ تست‌های فصل شانزدهم (قسمت دوم) ۳۱۲

پیوست فصل انرژی
A- روابط انرژی بر حسب تغییر مکان‌های گرهی ۳۱۹
B- تغییر شکل سازه بر حسب بارهای ضربه‌ای ۳۲۲

مرور کلی
بخش ۱: جمع‌بندی و افزایش مهارت ۳۲۶
بخش ۲: تمرین بیشتر ۳۴۷

مرور و جمع‌بندی تحلیل سازه‌ها (با بررسی تست‌های کنکور ارشد و دکتری سال‌های ۹۱ تا ۹۵) ۳۵۴

سری عمران

فصل ۹: کاربرد روابط حفظی در محاسبهٔ شیب و خیز سازه‌های معین

کسی که دارای عزمی راسخ است، جهان را مطابق میل خویش عوض می‌کند. «گوته»

انتشارات سری عمران
www.serieomran.ir

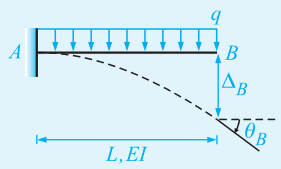
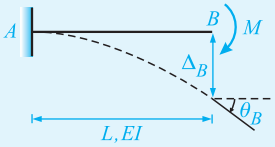
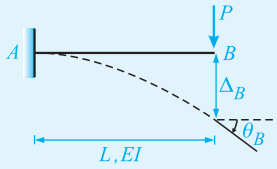
مقدمه

در تعداد قابل ملاحظه‌ای از تست‌های کنکور، خیز و یا شیب ناشی از خمش در نقاطی از سازه پرسیده می‌شود که می‌توان آنها را بدون استفاده از روش‌های کلی محاسبهٔ خیز و شیب، مانند روش کار مجازی و ... ، تنها با به خاطر سپردن خیز و شیب تعدادی از تیرهای ساده و با کمک گرفتن از تکنیک‌های ویژه‌ای که با نگرشی نو در این کتاب به شما آموزش می‌دهیم، با سرعت بالایی حل کرد.

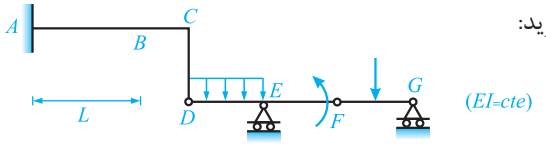
به منظور درک بهتر مهندسین گرامی، این فصل را به بخش‌های زیر تقسیم کرده و در شروع هر بخش، روابط مورد نیاز برای آن بخش را ارائه کرده و در ادامه نحوهٔ استفاده از آن روابط را با حل مسائل متنوعی مورد بررسی قرار می‌دهیم:

کاربرد روابط رایج خیز و شیب در سازه‌های معین ←
- A- تحلیل تیرهای کنسولی
- B- تحلیل تیرهای دو سر مفصل
- C- تحلیل تیرهای یک سر مفصل، یک سر لغزنده گیردار
- D- حل مسائل ترکیبی با کمک اصل انعطاف‌پذیری

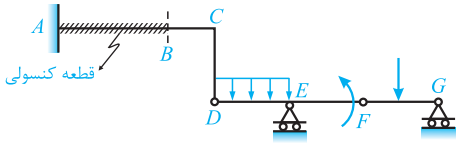
A- تحلیل تیرهای کنسولی

روابطی که باید به خاطر سپرده شوند		
تیر کنسول تحت بار گسترده	تیر کنسول تحت لنگر متمرکز	تیر کنسول تحت بار متمرکز
		
$\theta_B = \frac{qL^3}{6EI}$ ، $\Delta_B = \frac{qL^4}{8EI}$	$\theta_B = \frac{ML}{EI}$ ، $\Delta_B = \frac{ML^2}{2EI}$	$\theta_B = \frac{PL^2}{2EI}$ ، $\Delta_B = \frac{PL^3}{3EI}$

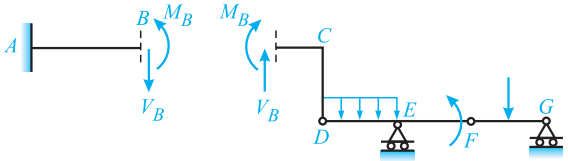
برای شروع این قسمت، سازهٔ معین نشان داده شده در شکل مقابل را درنظر بگیرید:



با کمی دقت مشاهده می‌شود که قطعهٔ ABC از این سازه، مانند یک تیر کنسول بوده و می‌خواهیم به شما آموزش بدهیم که چگونه می‌توان شیب و یا خیز هر نقطه دلخواه از آن را با استفاده از روابط فوق به سادگی بدست آورد. به همین منظور نقطهٔ دلخواه B را روی این قسمت کنسولی درنظر بگیرید. برای محاسبهٔ خیز و شیب در این نقطه گام‌های زیر باید طی شود:



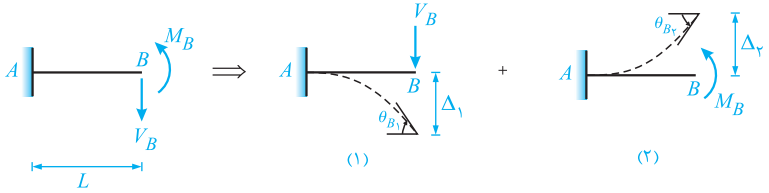
گام ۱: با زدن مقطعی در نقطهٔ B ، سازه را به دو قسمت تقسیم کرده و نیروهای داخلی (برش و خمش) در نقطهٔ B را با استفاده از معادلات تعادل قطعهٔ سمت راست B بدست می‌آوریم.



دقت شود با توجه به این که در این فصل می‌خواهیم تنها تغییر شکل‌های خمشی را محاسبه کنیم، نیازی به محاسبهٔ نیروی محوری در B نمی‌باشد (چرا؟).

گام ۲: پس از محاسبهٔ نیروهای داخلی برش و خمش در نقطهٔ B ، قطعهٔ کنسولی AB را به تنهایی درنظر گرفته و با استفاده از روابط ارائه شده، خیز و شیب نقطه B را محاسبه می‌کنیم. توجه کنید که برای محاسبهٔ خیز و شیب، باید یک جهت مثبت قراردادی را درنظر گرفت. در کل این فصل، خیز به سمت پایین برای Δ به عنوان جهت مثبت و دوران در جهت ساعتگرد به عنوان جهت مثبت برای دوران انتخاب شده

است. به طور مثال در شکل مقابل داریم:



شکل (۱): $\begin{cases}\theta_{B_1}=+\dfrac{V_B L^2}{2EI} & \text{(دوران در جهت ساعتگرد است)}\\ \Delta_1=+\dfrac{V_B L^3}{3EI} & \text{(خیز } B \text{ به سمت پایین است)}\end{cases}$

شکل (۲): $\begin{cases}\theta_{B_2}=-\dfrac{M_B L}{EI} & \text{(دوران در جهت پاد ساعتگرد است)}\\ \Delta_2=-\dfrac{M_B L^2}{2EI} & \text{(خیز } B \text{ به سمت بالا است)}\end{cases}$

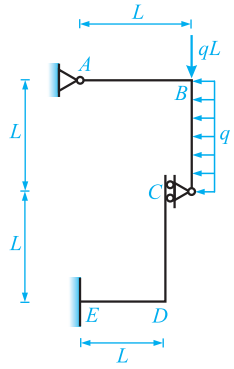
در نهایت خیز و شیب نقطهٔ B در سازهٔ اصلی عبارت است از:

$$\curvearrowright \theta_B=\theta_{B_1}+\theta_{B_2}=\frac{V_B L^2}{2EI}-\frac{M_B L}{EI}$$

$$\downarrow \Delta_B=\Delta_1+\Delta_2=\frac{V_B L^3}{3EI}-\frac{M_B L^2}{2EI}$$

در ادامه با بررسی چند تمرین متنوع، این مطلب را به طور کامل به شما مهندسین عزیز آموزش می‌دهیم.

تمرین ۹-۱: جابه‌جایی قائم گره D در قاب شکل مقابل کدام است؟ (EI ثابت است.)



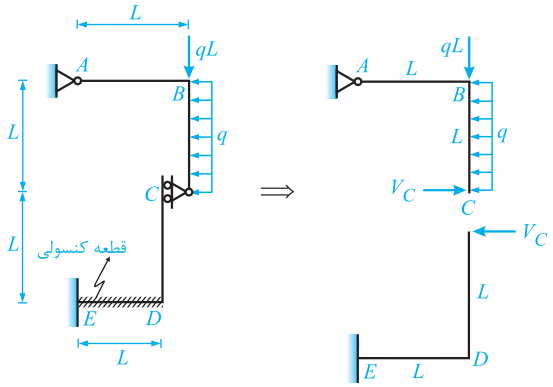
۱) $\dfrac{3qL^4}{4EI}$ و به سمت بالا

۲) $\dfrac{qL^4}{2EI}$ و به سمت پایین

۳) $\dfrac{qL^4}{2EI}$ و به سمت بالا

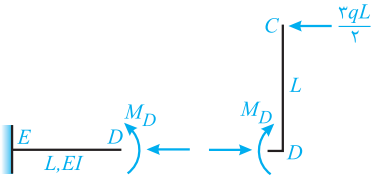
۴) $\dfrac{3qL^4}{4EI}$ و به سمت پایین

حل: با اندکی دقت، ملاحظه می‌شود که قطعهٔ ED از این قاب معین، یک قطعهٔ کنسولی بوده و می‌توان با روشی که یاد گرفتیم پس از محاسبهٔ برش و لنگر در نقطهٔ D، به سادگی جابه‌جایی قائم آن را محاسبه کرد. برای محاسبهٔ این نیروهای داخلی، ابتدا قاب را از محل اتصال غلتکی در C جدا می‌کنیم:



تعادل قطعهٔ ABC: $\sum M_A=0 \Rightarrow V_C=\dfrac{3qL}{2}$

در ادامه با زدن مقطعی در نقطهٔ D، قطعهٔ کنسولی ED را جدا کرده و نیروهای داخلی را در D به‌دست می‌آوریم:



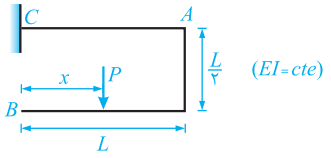
تعادل قطعهٔ CD: $\sum M_D=0 \Rightarrow M_D=\dfrac{3qL}{2}\times L=\dfrac{3qL^2}{2}$

دقت شود که با توجه به تعادل در راستای قائم، برش D صفر می‌باشد و تغییر مکان قائم D عبارت است از:

$$\downarrow \Delta_{D_y}=-\frac{M_D L^2}{2EI}=-\frac{3qL^4}{4EI}$$

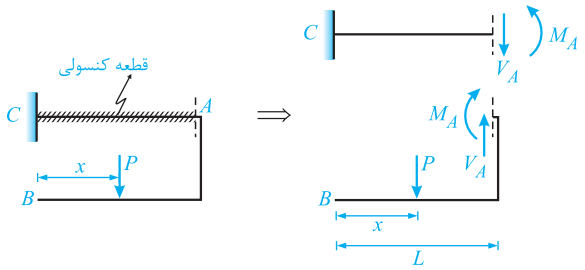
توجه کنید که علامت منفی، یعنی نقطهٔ D به اندازهٔ $\dfrac{3qL^4}{4EI}$ و به سمت بالا جابه‌جا می‌شود و در نتیجه گزینهٔ (۱) صحیح است.

تمرین ۹-۲: با توجه به شکل مقابل، بار P در چه فاصله‌ای از انتهای B اثر کند تا تغییر مکان قائم نقطهٔ A صفر شود؟ ($x = ?$) (سراسری ۸۱)



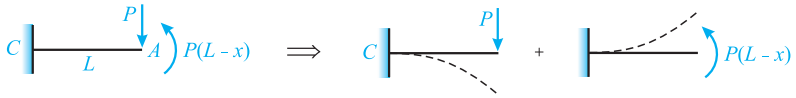
۱) $x = L$
۲) $x = \frac{L}{۳}$
۳) $x = \frac{L}{۲}$
۴) $x = \frac{۲L}{۳}$

حل: با کمی دقت احتمالاً مشاهده می‌کنید که قطعهٔ AC از قاب، یک قطعهٔ کنسولی بوده و با زدن مقطع در A، می‌توان این قطعه را جدا کرده و خیز آن را محاسبه نمود. برای محاسبهٔ خیز A، ابتدا باید برش و خمش در این نقطه را به‌دست آورد:



$$AB \text{ قطعهٔ}: \begin{cases} \sum F_y = ۰ \Rightarrow V_A = P \\ \sum M_A = ۰ \Rightarrow M_A = P(L-x) \end{cases}$$

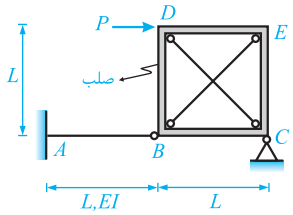
در ادامه با استفاده از روابطی که در ابتدای این قسمت به خاطر سپردیم داریم:



$$\downarrow \Delta_A = \frac{PL^۳}{۳EI} - \frac{P(L-x)\times L^۲}{۲EI} = ۰ \Rightarrow x = \frac{L}{۳}$$

بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.

تمرین ۹-۳: در قاب شکل مقابل:



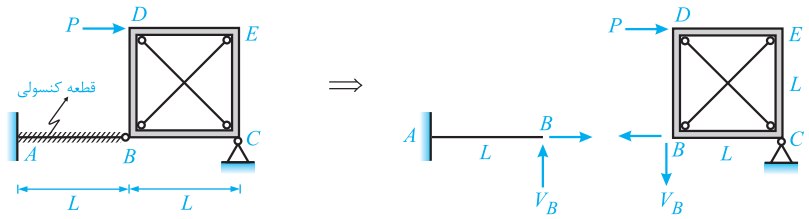
(سراسری ۸۸)

الف) تغییر مکان قائم نقطهٔ B را تعیین کنید.

ب) دوران جسم صلب را بیابید.

حل:

الف) با زدن مقطعی در محل مفصل خمشی B، قطعهٔ کنسولی AB را از سازه جدا می‌کنیم. با توجه به صفر بودن لنگر خمشی داخلی در محل مفصل خمشی B، کافی است نیروی برشی داخلی را در این نقطه به‌دست آوریم:

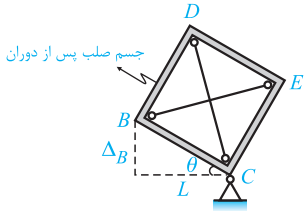


$$BCDE \text{ تعادل}: \sum M_C = ۰ \Rightarrow V_B = P$$

در ادامه با استفاده از رابطهٔ خیز در تیرهای کنسولی تحت اثر بار متمرکز و با توجه به اینکه V_B به سمت بالا است داریم:

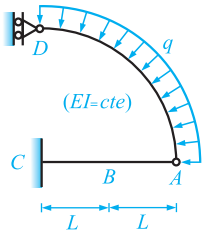
$$AB \text{ قطعهٔ}: \downarrow \Delta_B = -\frac{V_B L^۳}{۳EI} = -\frac{PL^۳}{۳EI} \quad \text{(به سمت بالا)}$$

ب) با توجه به ثابت بودن نقطهٔ C از جسم صلب، دوران جسم صلب را می‌توان با استفاده از جابه‌جایی قائم مفصل B به صورت زیر محاسبه نمود:



$$\theta = \frac{|\Delta_B|}{L} = \frac{PL^۲}{۳EI}$$

تمرین ۹-۴: در قاب شکل مقابل، قسمت DA ربع دایره و با شعاع $۲L$ است:

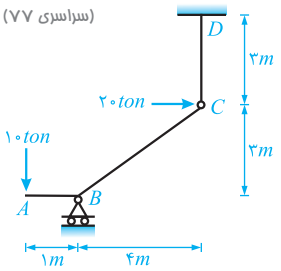


الف) جابه‌جایی نقطهٔ A را محاسبه کنید.

ب) جابه‌جایی نقطهٔ B را محاسبه کنید.

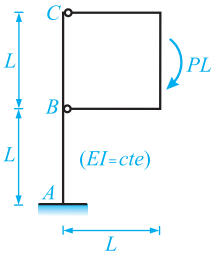
تست‌های فصل نهم

۱- در قاب مقابل، تغییر مکان افقی نقطهٔ C را تعیین کنید. (EI ثابت است) (سراسری ۷۷)



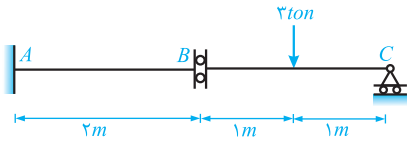
۱) $\frac{۶۴}{EI}$
۲) $\frac{۳۶۰}{EI}$
۳) $\frac{۹۰}{EI}$
۴) $\frac{۱۸۰}{EI}$

۲- در قاب مقابل Δ_{B_x} کدام است؟ (سراسری ۸۵)



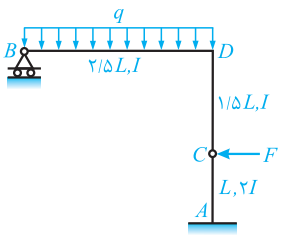
۱) $-\frac{PL^۳}{۳EI}$
۲) $-\frac{PL^۳}{۲EI}$
۳) $-\frac{PL^۳}{۸EI}$
۴) $-\frac{۲PL^۳}{EI}$

۳- در تیر شکل زیر، تغییر مکان در سمت چپ مفصل برشی B برحسب میلی‌متر کدام است؟ ($EI = ۱۰۰۰\,ton.m^۲$) (سراسری ۸۴)



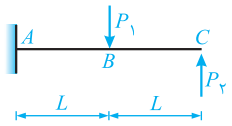
۱) ۰
۲) ۶
۳) ۵
۴) ۳

۴- در سازهٔ شکل مقابل، تغییر مکان افقی نقطهٔ C چقدر است؟ (سراسری ۷۹)



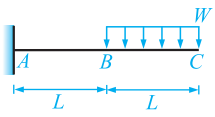
۱) $\frac{F(۲/۵L)^۳}{۶EI}$
۲) $\frac{FL^۳}{۳EI}$
۳) $\frac{(FL^۳+qL^۴)}{EI}$
۴) $\frac{FL^۳}{۶EI}$

۵- در تیر شکل مقابل، نسبت $\frac{P_۱}{P_۲}$ چقدر باشد تا جابه‌جایی نقطهٔ B صفر شود؟ ($EI = cte$)



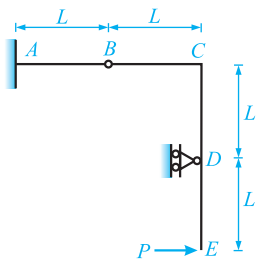
۱) ۱
۲) $\frac{۲}{۵}$
۳) $\frac{۵}{۲}$
۴) $\frac{۳}{۵}$

۶- خیز نقطهٔ B در تیر مقابل کدام است؟ ($EI = cte$) (آزاد ۸۱)



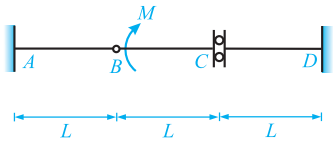
۱) $\frac{۵WL^۴}{۱۲EI}$
۲) $\frac{۷WL^۴}{۱۲EI}$
۳) $\frac{WL^۴}{۳EI}$
۴) $\frac{WL^۴}{۴EI}$

۷- در سازهٔ نشان داده شده، جابه‌جایی قائم مفصل B چقدر است؟ (EI برای کلیه اعضاء یکسان است) (سراسری ۸۶)



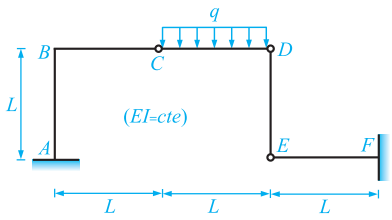
۱) صفر
۲) $\frac{PL^۳}{EI}$
۳) $\frac{PL^۳}{۳EI}$
۴) $\frac{۲PL^۳}{۳EI}$

۸- جابه‌جایی سمت راست مفصل برشی C را تعیین کنید. $(EI = cte)$



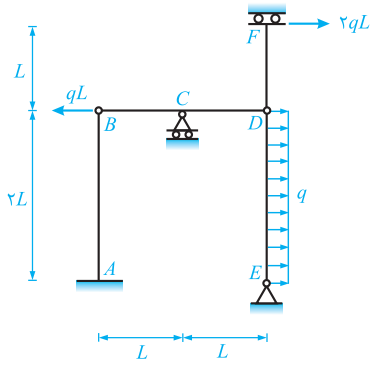
۱) صفر
۲) $\frac{ML^۲}{EI}$
۳) $\frac{ML^۲}{۳EI}$
۴) $\frac{ML^۲}{۲EI}$

۹- در قاب مقابل، نسبت جابه‌جایی افقی نقطهٔ B به جابه‌جایی قائم نقطهٔ E کدام است؟



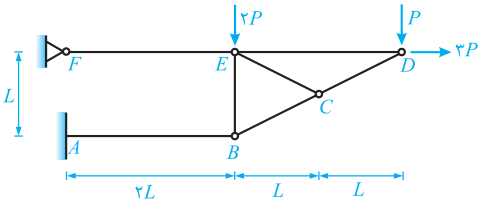
۱) $\frac{۲}{۳}$
۲) $\frac{۳}{۲}$
۳) $\frac{۱}{۲}$
۴) ۲

۱۰- جابه‌جایی افقی گره B در سازهٔ شکل مقابل را به‌دست آورید. (EI در اعضاء یکسان است)



۱) $\frac{۸qL^۴}{EI}$
۲) $\frac{۱۶qL^۴}{۳EI}$
۳) $\frac{۸qL^۴}{۳EI}$
۴) $\frac{۳۲qL^۴}{۳EI}$

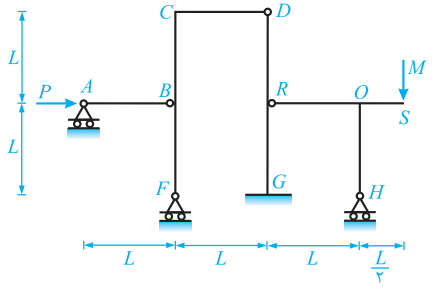
۱۱- جابه‌جایی قائم گره B از قاب روبرو کدام است؟ (EI ثابت است)



۱) $\frac{۱۴PL^۳}{EI}$
۲) $\frac{۱۸PL^۳}{EI}$
۳) $\frac{PL^۳}{EI}$
۴) $\frac{۸PL^۳}{EI}$

۱۲- اگر جابه‌جایی افقی D در قاب مقابل برابر $\frac{۹ML^۳}{EI}$ باشد، نسبت $\frac{M}{P}$ در قاب کدام است؟ (EI ثابت است)

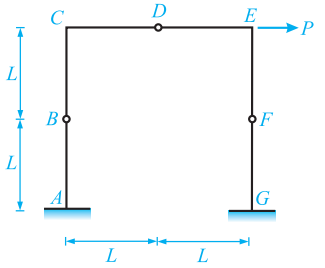
(سراسری ۸۹)



۱) $\frac{۱}{۳}$
۲) $\frac{۸}{۲۷}$
۳) ۱
۴) چون تغییر مکان D ارتباطی به M ندارد، پس $\frac{M}{P} = ۰$ است.

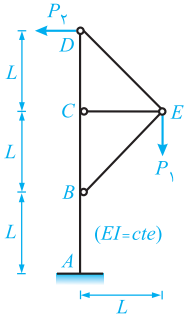
۱۳- سازهٔ متقارن و معین شکل مقابل مفروض است. اگر از تغییر طول محوری اعضاء صرفنظر کنیم، تغییر مکان افقی نقطهٔ B از قاب چقدر است؟ (صلبیت خمشی همه اعضاء را EI فرض کنید.)

(سراسری ۸۰)



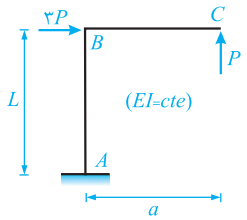
۱) $\frac{۲PL^۳}{۳EI}$
۲) $\frac{PL^۳}{۶EI}$
۳) $\frac{PL^۳}{۳EI}$
۴) $\frac{PL^۳}{EI}$

۱۴- نسبت $\frac{P_۱}{P_۲}$ در قاب مقابل چقدر باشد تا جابه‌جایی افقی B صفر شود؟



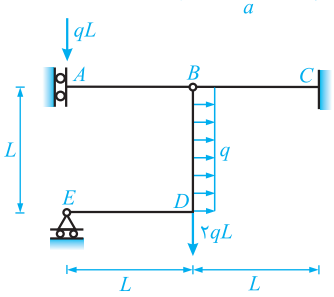
۱) ۲
۲) $\frac{۸}{۳}$
۳) $\frac{۴}{۳}$
۴) $\frac{۱}{۲}$

۱۵- در شکل مقابل، نسبت $\frac{a}{L}$ چقدر باشد تا دوران در نقطهٔ B از سازه صفر شود؟



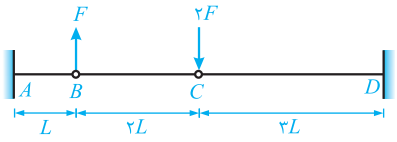
۱) $\frac{۱}{۳}$
۲) $\frac{۲}{۳}$
۳) $\frac{۳}{۲}$
۴) ۳

۱۶- تغییر مکان قائم B در قاب روبرو کدام است؟ (EI در اعضاء یکسان است.)



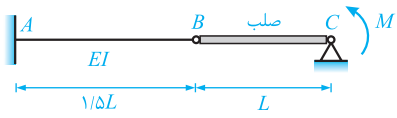
۱) $\frac{۲qL^۴}{۳EI}$
۲) $\frac{۵qL^۴}{۶EI}$
۳) $\frac{۷qL^۴}{۶EI}$
۴) $\frac{qL^۴}{EI}$

۱۷- مقدار چرخش عضو BC از تیر مقابل چقدر است؟ (EI ثابت) (سراسری ۸۰)



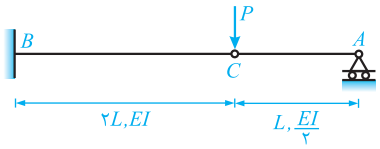
۱) $\frac{۵۵FL^۲}{۶EI}$
۲) $\frac{۲۸FL^۲}{۳EI}$
۳) $\frac{۵۵FL^۲}{۳EI}$
۴) $\frac{۵۶FL^۲}{۳EI}$

۱۸- در سازهٔ شکل مقابل، مقدار چرخش نقطهٔ C را به‌دست آورید. (سراسری ۸۲)



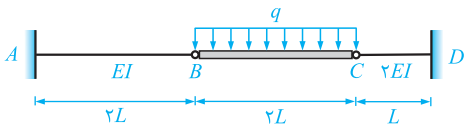
۱) $\frac{ML}{۳EI}$
۲) $\frac{ML}{۲EI}$
۳) $\frac{۱/۲۵ML}{EI}$
۴) $\frac{۹ML}{۸EI}$

۱۹- در سازهٔ شکل مقابل، چرخش نقطهٔ A چقدر است؟



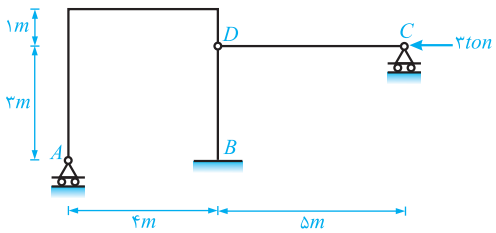
۱) $\frac{۸PL^۲}{۳EI}$
۲) $\frac{PL^۲}{EI}$
۳) $\frac{۸PL^۲}{۱/۵EI}$
۴) $\frac{۸PL^۲}{EI}$

۲۰- در تیر شکل مقابل، مقدار چرخش قطعهٔ صلب BC چقدر است؟



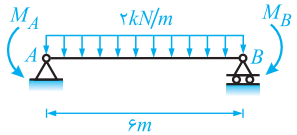
۱) $\frac{qL^۳}{۸EI}$
۲) $\frac{qL^۳}{۲EI}$
۳) $\frac{۵qL^۳}{۴EI}$
۴) $\frac{۵qL^۳}{۲EI}$

۲۱- در سازهٔ شکل مقابل، جابه‌جایی افقی نقطهٔ D در اثر اعمال بار و نشست تکیه‌گاه A در جهت قائم به اندازهٔ $۳cm$ چقدر است؟ (فقط اثر خمش درنظر گرفته شود.) (سراسری ۸۱)



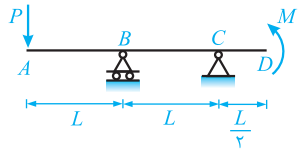
۱) $\frac{۲۷}{EI}$
۲) $\frac{۳}{EI}$
۳) $\frac{۸۱}{EI}+\frac{۹}{۴}$
۴) $\frac{۲۷}{EI}+\frac{۳}{۱۰۰}$

۲۲- در صورتی‌که شیب در نقاط A و B صفر شود، لنگرهای M_A و M_B برحسب کیلونیوتن متر کدام است؟ (سراسری ۸۰)



۱) $M_A = M_B = ۶$
۲) $M_A = M_B = ۳$
۳) $M_A = ۶$ ، $M_B = ۳$
۴) $M_A = ۳$ ، $M_B = ۶$

۲۳- در تیر مقابل، لنگر M چقدر باشد تا دوران نقطهٔ C از تیر صفر شود؟ ($EI = cte$) (آزاد ۸۰)

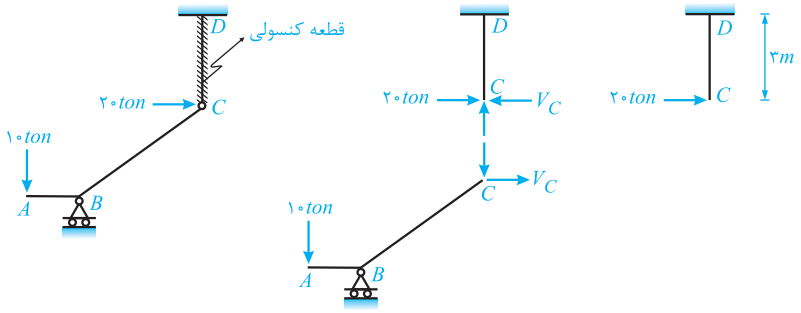


۱) $۲PL$
۲) $\frac{۳PL}{۲}$
۳) PL
۴) $\frac{PL}{۲}$

پاسخ تست‌های فصل نهم

۱- (۴)

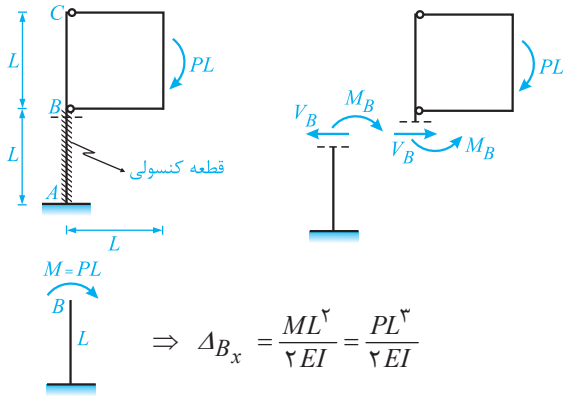
عضو CD از این قاب یک قطعه کنسولی می‌باشد و با توجه به مدل تیرهای کنسولی داریم:



در قطعه ABC : $\sum F_x = ۰ \Rightarrow V_C = ۰ \Rightarrow$ در قطعه CD : $\Delta_{C_x} = \frac{۲۰ \times ۳^۳}{۳EI} = \frac{۱۸۰}{EI}$

۲- (۲)

با کمی دقت می‌توان دریافت که قطعهٔ AB از این قاب یک قطعهٔ کنسولی است و با مقطع زدن در B، می‌توان این قطعه را از سازه جدا نمود:

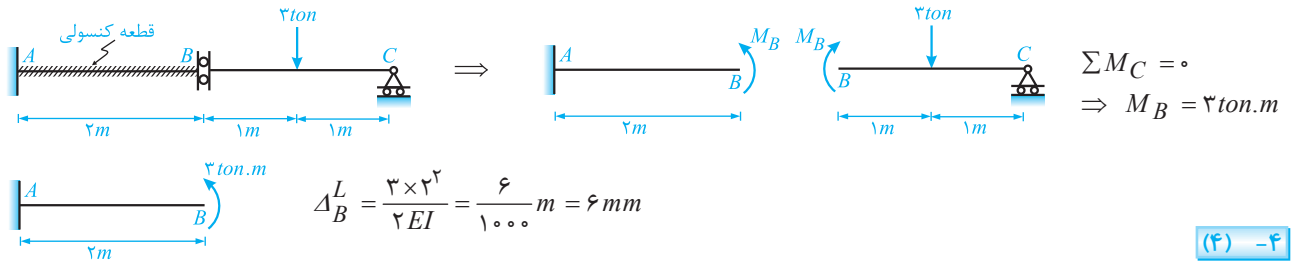


در قطعه BC : $\begin{cases} \sum F_x = ۰ \Rightarrow V_B = ۰ \\ \sum M_B = ۰ \Rightarrow M_B = PL \end{cases}$

$\Rightarrow \Delta_{B_x} = \frac{ML^۲}{۲EI} = \frac{PL^۳}{۲EI}$

۳- (۲)

با زدن مقطع در نقطهٔ B از تیر، قطعهٔ کنسولی AB را از سازه جدا کرده و با توجه به صفر بودن نیروی برشی در محل مفصل برشی B کافیست، لنگر خمشی داخلی در این نقطه را به‌دست آوریم:

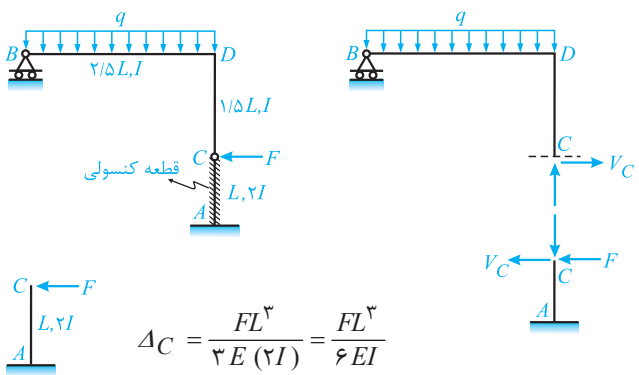


$\sum M_C = ۰$
$\Rightarrow M_B = ۳ton.m$

$\Delta_B^L = \frac{۳ \times ۲^۲}{۲EI} = \frac{۶}{۱۰۰۰} m = ۶mm$

۴- (۴)

با زدن مقطع در محل مفصل خمشی C ، قطعهٔ کنسولی AC را از سازه جدا کرده و نیروی برشی را در محل مفصل C به‌دست می‌آوریم:

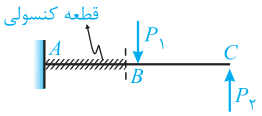


تعادل قطعهٔ CDB : $\sum F_x = ۰ \Rightarrow V_C = ۰$

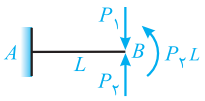
$\Delta_C = \frac{FL^۳}{۳E(۲I)} = \frac{FL^۳}{۶EI}$

۵- (۳)

برای حل با زدن مقطعی در نقطهٔ B از قطعهٔ کنسولی AB، آن را از تیر جدا می‌کنیم:

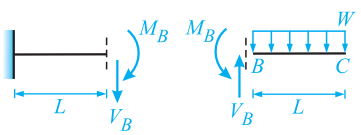


$$\Rightarrow BC \text{ تعادل}: \Rightarrow V_B = P_1 - P_2 \ , \ M_B = P_2 L$$

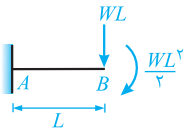


$$\Rightarrow \downarrow \Delta_B = \frac{(P_1 - P_2)L^3}{3EI} - \frac{P_2 L \times L^2}{2EI} = 0 \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{5}{2}$$

۶- (۲)



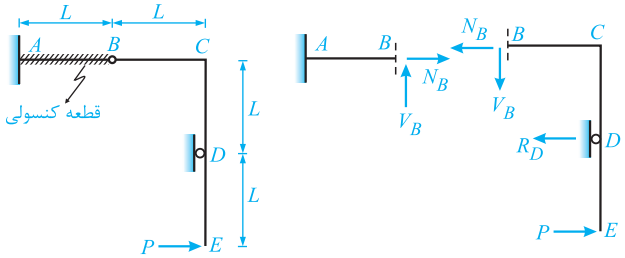
$$BC \text{ تعادل قطعهٔ}: \begin{cases} \sum F_y = 0 \Rightarrow V_B = WL \\ \sum M_B = 0 \Rightarrow M_B = \frac{WL^2}{2} \end{cases}$$



$$\Rightarrow \Delta_B = \frac{WL \times L^3}{3EI} + \frac{\frac{WL^2}{2} \times L^2}{2EI} = \frac{7WL^4}{12EI}$$

۷- (۱)

با کمی دقت می‌توان دریافت قطعهٔ AB یک قطعه کنسولی بوده و داریم:

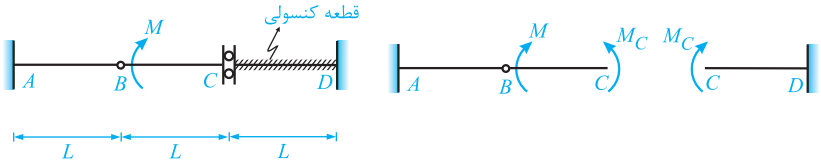


$$BCDE \text{ تعادل قطعهٔ}: \sum F_y = 0 \Rightarrow V_B = 0$$

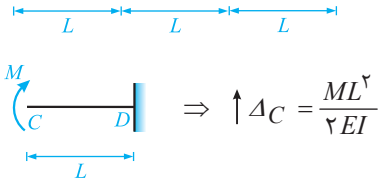
با توجه به صفر بودن نیروی برشی و لنگر در B، جابه‌جایی قائم B صفر است.

۸- (۴)

با زدن مقطعی در محل مفصل برشی C، قطعهٔ کنسولی CD را از تیر جدا می‌کنیم. با توجه به صفر بودن نیروی برشی داخلی در محل مفصل برشی، کافی است لنگر خمشی داخلی را در این نقطه به‌دست آوریم:



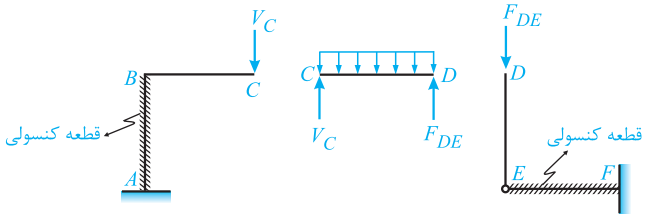
$$BC \text{ قطعهٔ}: \sum M_B = 0 \Rightarrow M_C = M$$



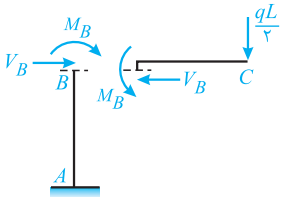
$$\Rightarrow \uparrow \Delta_C = \frac{ML^2}{2EI}$$

۹- (۲)

با کمی دقت می‌توان دریافت اعضای AB و FE در قاب فوق، قطعات کنسولی می‌باشند و برای محاسبهٔ تغییر مکانهای نقاط B و E داریم:



$$CD \text{ تعادل}: V_C = F_{DE} = \frac{qL}{2}$$



$$BC \text{ تعادل قطعهٔ}: \begin{cases} \sum F_x = 0 \Rightarrow V_B = 0 \\ \sum M_B = 0 \Rightarrow M_B = \frac{qL^2}{2} \end{cases}$$