

دموی کتاب



مقاومت مصالح

BookLetDownload

بوکلت دانلود

بی یر جانسون

## فهرست

۶۴	توزیع تنش و کرنش تحت بارگذاری محوری؛ اصل سن ونان	۱۷.۲	پنج	سخن ناشر
۶۶	تمرکز تنش	۱۸.۲	هفت	پیشگفتار مترجم
۶۷	تغییر شکل مومسان	۱۹.۲	نه	درباره مؤلفان
۶۹	تنشهای مانده	۲۰.۲	یازده	پیشگفتار
۷۴	دوره و خلاصه برای فصل ۲			
<b>فصل ۱. مقدمه - مفهوم تنش</b>				
۸۱	<b>فصل ۳. پیشش</b>	۱	۱	۱.۱ مقدمه
۸۱	مقدمه	۱.۳	۱	۲.۱ مروری کوتاه از روشهای استاتیک
۸۲	بحث مقدماتی درباره تنشهای موجود در میل گردان	۲.۳	۳	۳.۱ تنشها در عضوهای یک سازه
۸۳	تغییر شکل در میل گردان دایره‌ای	۳.۳	۳	۴.۱ تحلیل و طراحی
۸۵	تنشهای موجود در گستره کشسان	۴.۳	۴	۵.۱ بارگذاری محوری؛ تنش عمودی
۹۱	زاویه پیشش در گستره کشسان	۵.۳	۵	۶.۱ تنشهای برشی
۹۳	میل گردانهایی که از نظر استاتیکی نامعین‌اند	۶.۳	۶	۷.۱ تنش تکیه‌گاهی در اتصالها
۱۰۰	طراحی میل گردانهای انتقال	۷.۳	۶	۸.۱ کاربرد تنش در تحلیل و طراحی سازه‌های ساده
۱۰۱	تمرکز تنش در میل گردانهای دایره‌ای	۸.۳	۸	۹.۱ روش حل مسئله
۱۰۵	تغییر شکلهای پلاستیک (مومسان) در میل گردانهای دایره‌ای	۹.۳	۸	۱۰.۱ دقت عددی
۱۰۶	میل گردانهای دایره‌ای ساخته شده از ماده کشسان-مومسان	۱۰.۳	۱۳	۱۱.۱ تنش وارد شده بر روی صفحه‌های مایل تحت بارگذاری محوری
۱۰۸	تنشهای مانده در میل گردان دایره‌ای	۱۱.۳	۱۵	۱۲.۱ تنش در شرایط بارگذاری عمومی؛ مؤلفه‌های تنش
۱۱۳	پیشش عضوهای غیر دایره‌ای	۱۲.۳	۱۶	۱۳.۱ نظریات طراحی
۱۱۴	میل گردانهای توخالی جدار-نازک	۱۳.۳	۲۳	دوره و خلاصه برای فصل ۱
۱۲۰	دوره و خلاصه برای فصل ۳			
<b>فصل ۲. تنش و کرنش - بارگذاری محوری</b>				
۱۲۷	<b>فصل ۴. خمش خالص</b>	۲۹	۲۹	۱.۲ مقدمه
۱۲۷	مقدمه	۱.۴	۳۰	۲.۲ کرنش عمودی تحت بارگذاری محوری
۱۲۸	عضو متقارن در خمش خالص	۲.۴	۳۱	۳.۲ نمودار تنش-کرنش
۱۲۹	تغییر شکل عضو متقارن در خمش خالص	۳.۴	۳۳	۴.۲ تنش حقیقی و کرنش حقیقی
۱۳۱	تنشها و تغییر شکلهای در ناحیه کشسان	۴.۴	۳۴	۵.۲ قانون هوک، مدول کشسانی
۱۳۳	تغییر شکل در سطح مقطع عرضی	۵.۴	۳۵	۶.۲ رفتار کشسان ماده در برابر رفتار مومسان آن
۱۳۹	خمش عضوهایی که از چند ماده ساخته شده‌اند	۶.۴	۳۶	۷.۲ بارگذاری مکرر؛ خستگی
۱۴۱	تمرکز تنش	۷.۴	۳۷	۸.۲ تغییر شکل عضوها در بارگذاری محوری
۱۴۶	تغییر شکلهای مومسان	۸.۴	۴۲	۹.۲ مسئله‌هایی که از نظر استاتیکی نامعین‌اند
۱۴۸	عضوهایی که از ماده کشسان-مومسان ساخته شده‌اند	۹.۴	۴۵	۱۰.۲ مسئله‌هایی که در آنها دما تغییر می‌کند
۱۵۰	تغییر شکلهای مومسان عضوهای دارای یک صفحه تقارن	۱۰.۴	۵۲	۱۱.۲ نسبت پواسون
۱۵۰	تنشهای مانده	۱۱.۴	۵۳	۱۲.۲ بارگذاری چندمحوری؛ تعمیم قانون هوک
۱۵۶	بارگذاری محوری خارج از مرکز در صفحه تقارن	۱۲.۴	۵۴	۱۳.۲ انبساط حجمی، مدول حجمی
۱۶۱	خمش نامتقارن	۱۳.۴	۵۵	۱۴.۲ کرنش برشی
۱۶۴	حالت کلی بارگذاری محوری خارج از مرکز	۱۴.۴	۵۷	۱۵.۲ بحث بیشتر درباره تغییر شکلهای تحت بارگذاری محوری؛ رابطه میان $E$ ، $\nu$ ، و $G$
۱۷۱	خمش عضوهای خمیده	۱۵.۴	۵۸	۱۶.۲ روابط تنش-کرنش برای مواد ترکیب شده فیبر مسلح
۱۷۷	دوره و خلاصه برای فصل ۴			

۳۲۲	تعیین مستقیم منحنی کشسانی به کمک توزیع بار	۴.۹	۱۸۳	<b>فصل ۵. تحلیل و طراحی خمش در تیرها</b>
۳۲۳	تیرهای از نظر استاتیکی نامعین	۵.۹	۱۸۳	۱.۵ مقدمه
۳۳۰	کاربرد توابع تکین برای تعیین شیب و تغییر مکان در تیر	۶.۹	۱۸۵	۲.۵ نمودارهای برش و گشتاور خمشی
۳۳۷	روش برهم‌نهی	۷.۹	۱۹۱	۳.۵ روابط بین بار، برش و گشتاور خمشی
	کاربرد اصل برهم‌نهی برای تیرهایی که از نظر استاتیکی نامعین‌اند	۸.۹	۱۹۷	۴.۵ طراحی تیرهای منشوری در خمش
۳۳۸				۵.۵ استفاده از توابع تکین برای تعیین برش و گشتاور خمشی در یک تیر
۳۴۴	قضایای گشتاور سطح	۹.۹	۲۰۳	۶.۵ تیرهای غیر منشوری
	کاربرد قضیه گشتاور سطح در تیرهای یک‌سرگردار و تیرهای با بارگذاری متقارن	۱۰.۹	۲۱۱	دوره و خلاصه برای فصل ۵
۳۴۶			۲۱۶	
۳۴۷	نمودارهای جزء به جزء گشتاور خمشی	۱۱.۹		
	کاربرد قضایای گشتاور سطح برای تیرهای با بارگذاری نامتقارن	۱۲.۹	۲۲۱	<b>فصل ۶. تنشهای برشی در تیرها و عضوهای جدار نازک</b>
۳۵۳			۲۲۱	۱.۶ مقدمه
۳۵۴	تغییر مکان ماکزیمم	۱۳.۹	۲۲۲	۲.۶ برش بر وجه افقی یک جزء تیر
	استفاده از قضایای گشتاور سطح برای تیرهای از نظر استاتیکی نامعین	۱۴.۹	۲۲۳	۳.۶ تعیین تنشهای برشی در یک تیر
۳۵۶			۲۲۴	۴.۶ تنشهای برشی $\tau_{xy}$ در انواع تیرهای متداول
۳۶۲	دوره و خلاصه برای فصل ۹		۲۲۵	۵.۶ بحث بیشتر درباره توزیع تنشها در تیر مستطیل شکل باریک
			۲۳۰	۶.۶ برش طولی بر یک جزء تیر در برش دلخواه
۳۶۸	<b>فصل ۱۰. ستونها</b>		۲۳۱	۷.۶ تنشهای برشی در عضوهای جدار نازک
۳۶۸	مقدمه	۱.۱۰	۲۳۲	۸.۶ تغییر شکلهای موسان
۳۶۸	پایداری سازه	۲.۱۰	۲۳۹	۹.۶ بارگذاری غیر متقارن عضوهای جدار نازک؛ مرکزوار برش
۳۷۰	فرمول اویلر برای ستونهای انتها-پین‌دار	۳.۱۰	۲۴۷	دوره و خلاصه برای فصل ۶
۳۷۱	تعمیم فرمول اویلر برای ستونهایی با شرایط انتهایی متفاوت	۴.۱۰		
۳۷۷	بارگذاری خارج از مرکز؛ فرمول سکانت	۵.۱۰	۲۵۲	<b>فصل ۷. تبدیلهای تنش و کرنش</b>
۳۸۴	طراحی ستونهای تحت بار مرکزی	۶.۱۰	۲۵۲	۱.۷ مقدمه
۳۹۳	طراحی ستونهای تحت بار خارج از مرکز	۷.۱۰	۲۵۳	۲.۷ تبدیل تنش صفحه‌ای
۴۰۰	دوره و خلاصه برای فصل ۱۰		۲۵۴	۳.۷ تنشهای اصلی؛ تنش برشی ماکزیمم
			۲۶۰	۴.۷ دایره مور برای تنشهای صفحه‌ای
۴۰۴	<b>فصل ۱۱. روشهای انرژی</b>		۲۶۵	۵.۷ حالت کلی تنش
۴۰۴	مقدمه	۱.۱۱	۲۶۶	۶.۷ کاربرد دایره مور در تحلیل سه‌بعدی تنش
۴۰۴	انرژی کرنش	۲.۱۱	۲۶۸	۷.۷ معیارهای تسلیم مواد شکل‌پذیر تحت تنش صفحه‌ای
۴۰۵	چگالی انرژی کرنش	۳.۱۱	۲۶۹	۸.۷ معیار شکست مواد شکننده تحت تنش صفحه‌ای
۴۰۶	انرژی کرنش کشسان برای حالت تنشهای عمودی	۴.۱۱	۲۷۵	۹.۷ تنش در مخازن تحت فشار جدار-نازک
۴۰۸	انرژی کرنش کشسان برای حالت تنشهای برشی	۵.۱۱	۲۸۰	۱۰.۷ تبدیل کرنش صفحه‌ای
۴۱۰	انرژی کرنش برای حالت کلی تنش	۶.۱۱	۲۸۲	۱۱.۷ دایره مور برای کرنش صفحه‌ای
۴۱۷	بارگذاری ضربه‌ای	۷.۱۱	۲۸۳	۱۲.۷ تحلیل سه‌بعدی کرنش
۴۱۸	طراحی براساس بارهای ضربه‌ای	۸.۱۱	۲۸۵	۱۳.۷ اندازه‌گیری کرنش با گلبرگ کرنش
۴۱۹	کار و انرژی تحت بار منفرد	۹.۱۱	۲۹۰	دوره و خلاصه برای فصل ۷
۴۲۰	تعیین تغییر مکان ناشی از بار منفرد با روش کار-انرژی	۱۰.۱۱		
۴۲۷	کار و انرژی برای حالت اعمال چند بار	۱۱.۱۱	۲۹۵	<b>فصل ۸. تنشهای اصلی تحت یک بارگذاری مفروض</b>
۴۲۸	قضیه کاستیگلیانو	۱۲.۱۱	۲۹۵	۱.۸ مقدمه
۴۲۹	تعیین تغییر مکان با استفاده از قضیه کاستیگلیانو	۱۳.۱۱	۲۹۵	۲.۸ تنشهای اصلی در یک تیر
۴۳۱	سازه‌هایی که از نظر استاتیکی نامعین‌اند	۱۴.۱۱	۲۹۷	۳.۸ طراحی میل‌گردانه‌ای انتقال
۴۳۹	دوره و خلاصه برای فصل ۱۱		۳۰۴	۴.۸ تنشهای حاصل از بارگذاریهای مرکب
			۳۱۲	دوره و خلاصه برای فصل ۸
۴۴۵	<b>پیوستها</b>			
۴۷۰	پاسخ مسائل		۳۱۷	<b>فصل ۹. تغییر مکان تیرها</b>
۴۸۵	واژه‌نامه فارسی-انگلیسی		۳۱۷	۱.۹ مقدمه
۴۸۷	واژه‌نامه انگلیسی-فارسی		۳۱۸	۲.۹ تغییر شکل تیر تحت بارگذاری عرضی
۴۸۹	نما به		۳۱۹	۳.۹ معادله منحنی کشسانی

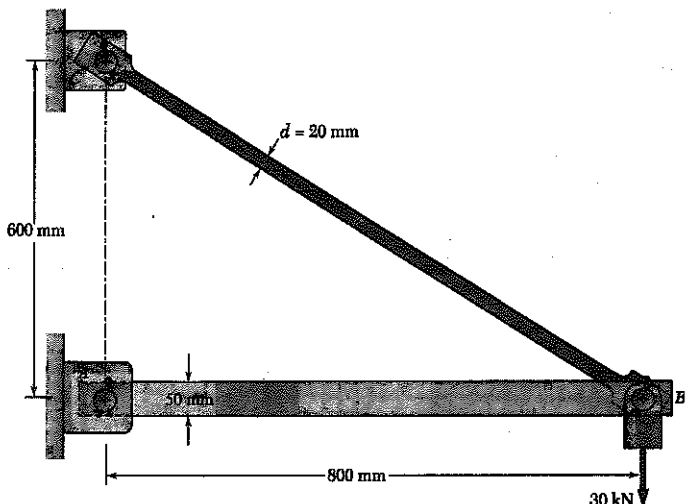
# مقدمه — مفهوم تنش

## ۱.۱ مقدمه

سازه نشان داده شده شکل ۱.۱ را که برای نگهداری بار  $30\text{-kN}$  طراحی شده است در نظر بگیرید. این سازه از بازوی  $AB$  با سطح مقطع مستطیلی به ابعاد  $30 \times 50\text{ mm}$  و میله  $BC$  با سطح مقطع دایروی به قطر  $20\text{ mm}$  تشکیل شده است. بازو و میله توسط پینی در نقطه  $B$  به هم متصل اند و با پینها و قلابهایی، به ترتیب در نقاط  $A$  و  $C$  نگهداری می‌شوند. در اولین مرحله باید نمودار جسم آزاد را با جداکردن از تکیه گاهها در نقاط  $A$  و  $C$  رسم کرد و عکس‌العملی را که این تکیه گاهها بر سازه وارد می‌کنند نشان داد (شکل ۲.۱). توجه کنید که در رسم نمودار از موارد غیر ضروری پرهیز شود. بسیاری از شما می‌توانید تشخیص دهید که عضوهای  $AB$  و  $BC$  دوتیروی اند. برای آنهایی که قابل تشخیص نیست تجاهل کرده و تحلیل خود را ادامه دهند، فرض کنند که امتداد عکس‌العملها در نقاط  $A$  و  $C$  نامعلوم‌اند. بنابراین هر یک از این عکس‌العملها را با دو مؤلفه  $A_x$  و  $A_y$  در نقطه  $A$ ، و  $C_x$  و  $C_y$  در نقطه  $C$  نشان خواهیم داد. سه معادله تعادل را به شکل زیر می‌نویسیم

$$\sum M_C = 0: A_x(0.6\text{ m}) - (30\text{ kN})(0.8\text{ m}) = 0$$

$$A_x = +40\text{ kN} \quad (1.1)$$



شکل ۱.۱

هدف اصلی از فراگیری مقاومت مصالح ایجاد توانایی در مهندسان آینده برای تحلیل و طراحی ماشینهای گوناگون و سازه‌های باریبر است.

تحلیل و طراحی هر سازه معلوم شامل محاسبه تنشها و تغییر شکلهاست. از این‌رو فصل اول را به مفهوم تنش اختصاص داده‌ایم.

پس از مقدمه کوتاهی (بخش ۲.۱) نگاهی گذرا به روشهای اساسی استاتیک و کاربرد آن برای تعیین نیروها در عضوهای یک سازه ساده شامل عضوهای اتصال‌دهنده بین اختصاص داده شده است. بخش ۳.۱ مفهوم تنشها در عضو یک سازه را بیان می‌کند، و نشان می‌دهد که چگونه می‌توان تنش را از نیرو در عضو تعیین کرد. پس از بحث کوتاهی از تحلیل مهندسی و طراحی (بخش ۴.۱)، تنشهای عمودی را در عضو تحت بار محوری (بخش ۵.۱)، تنشهای برشی ناشی از نیروهای عرضی برابر و مخالف (بخش ۶.۱)، و تنشهای تکیه‌گامی ناشی از پیچها و پینهای اتصال‌دهنده اعضا (بخش ۷.۱) بررسی می‌کنیم. این مفاهیم گوناگون را (در بخش ۸.۱) برای تعیین تنشها در عضوهای سازه‌های ساده که بیشتر در بخش ۲.۱ بیان شد، در نظر می‌گیریم.

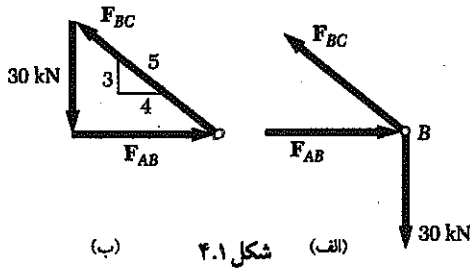
در بخش ۹.۱ روش حل یک مسئله مشخص را توصیف کرده‌ایم و در بخش ۱۰.۱ به دقت عددی مناسب در محاسبات مهندسی پرداخته‌ایم.

در بخش ۱۱.۱ که دوباره عضو دوتیروی تحت بار محوری را بررسی می‌کنیم، پی می‌بریم که تنشهای روی یک صفحه مایل شامل تنشهای عمودی و برشی است در حالی که در بخش ۱۲.۱ می‌بینیم که برای تشریح حالت تنش در نقطه‌ای از جسم در شرایط بارگذاری عمومی شش مؤلفه تنش لازم است.

در انتها، در بخش ۱۳.۱ درباره روش محاسبه استحکام نهایی ماده مفروضی از نمونه‌های آزمون، و استفاده از ضریب اطمینان در محاسبه بار مجاز برای یک جزء سازه‌ای ساخته شده از آن ماده، بحث خواهیم کرد.

## ۲.۱ مروری کوتاه از روشهای استاتیک

در این بخش در حالی که نیروها را در عضوهای یک سازه ساده تعیین می‌کنید، روشهای اساسی استاتیک را مرور خواهید کرد.



شکل ۴.۱ (الف) (ب)

عضوهای  $AB$  و  $BC$  اثر می‌کنند، و بار  $30\text{-kN}$  دارند [شکل ۴.۱ (الف)]. می‌توان بیان کرد که بین  $B$  توسط رسم مثلث نیروی متناظر در تعادل است [شکل ۴.۱ (ب)]. از آنجا که نیروی  $F_{BC}$  در امتداد عضو  $BC$  است، شیب آن نیز مشابه با عضو  $BC$  است، یعنی، برابر  $3/4$ . بنابراین می‌توان نسبت آن را نوشت

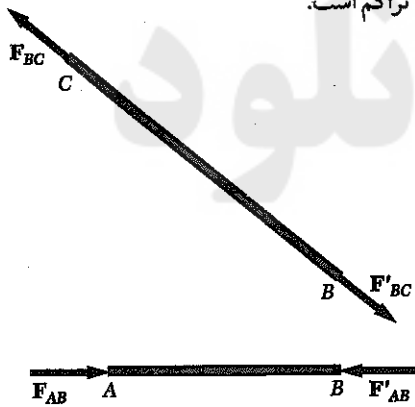
$$\frac{F_{AB}}{4} = \frac{F_{BC}}{5} = \frac{30\text{kN}}{3}$$

که از آن به دست می‌آوریم

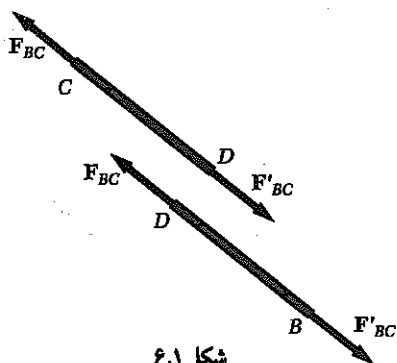
$$F_{AB} = 40\text{ kN} \quad F_{BC} = 50\text{ kN}$$

نیروهای  $F'_{BC}$  و  $F'_{AB}$  که توسط بین  $B$ ، به ترتیب، بر بازوی  $AB$  و میله  $BC$  وارد می‌شوند برابر و در خلاف جهت  $F_{BC}$  و  $F_{AB}$  هستند (شکل ۵.۱).

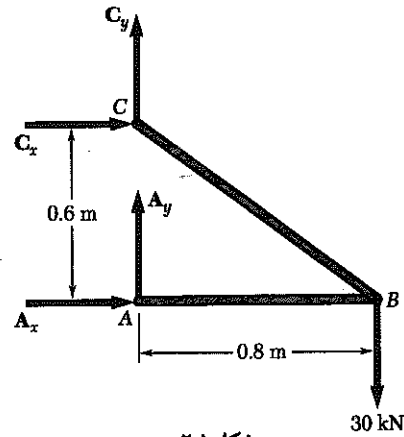
با شناخت نیروهای در انتهای هر یک از اعضا، حال می‌توانیم نیروهای داخلی در این اعضا را تعیین کنیم. با ایجاد مقطعی در هر نقطه دلخواه مانند  $D$  از میله  $BC$ ، دو قسمت  $BD$  و  $CD$  به دست می‌آید (شکل ۶.۱). از آنجا که نیروهای  $50\text{-kN}$  برای حفظ تعادل باید در نقطه  $D$  بر دو قسمت میله وارد شود، نتیجه می‌گیریم که وقتی بار  $30\text{-kN}$  بر نقطه  $B$  وارد می‌شود یک نیروی داخلی  $50\text{-kN}$  در میله  $BC$  ایجاد می‌گردد. علاوه بر این از بررسی جهت‌های نیروهای  $F_{BC}$  و  $F'_{BC}$  شکل ۶.۱ نتیجه می‌شود که میله در حال کشش است. فرایند مشابهی نیز ما را قادر می‌سازد تا معین کنیم که نیروی داخلی در بازوی  $AB$  برابر  $40\text{kN}$  است و این بازو در وضع تراکم است.



شکل ۵.۱



شکل ۶.۱



شکل ۴.۱

$$\rightarrow \Sigma F_x = 0 : A_x + C_x = 0$$

$$C_x = -A_x \quad C_x = -40\text{ kN} \quad (2.1)$$

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0 : A_y + C_y - 30\text{ kN} = 0$$

$$A_y + C_y = +30\text{ kN} \quad (3.1)$$

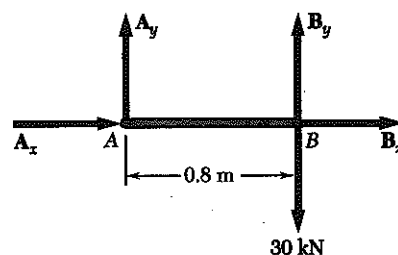
دو مجهول از چهار مجهول را به دست آورده‌ایم، ولی نمی‌توانیم از این معادلات دو مجهول دیگر را تعیین کنیم و معادله مستقل اضافی را نیز نمی‌توانیم از نمودار جسم آزاد این سازه به دست آوریم. حال باید سازه را جدا کنیم. با در نظر گرفتن نمودار جسم آزاد بازوی  $AB$  (شکل ۳.۱) معادله تعادل زیر را می‌نویسیم:

$$\downarrow \Sigma M_B = 0 : -A_y(0.8\text{ m}) = 0 \quad A_y = 0 \quad (4.1)$$

با قرار دادن مقدار  $A_y$  از رابطه (۴.۱) در رابطه (۳.۱) چنین به دست می‌آید:  $C_y = +30\text{ kN}$ . با بیان نتایج عبارت به دست آمده برای عکس‌العمل‌های نقاط  $A$  و  $C$  به شکل برداری خواهیم داشت

$$A = 40\text{ kN} \rightarrow \quad C_x = 40\text{ kN} \leftarrow \quad C_y = 30\text{ kN} \uparrow$$

باید توجه کنیم که عکس‌العمل در  $A$  در امتداد محور بازوی  $AB$  قرار دارد و باعث فشار در آن عضو می‌شود. با مشاهده اینکه مؤلفه‌های  $C_x$  و  $C_y$  از عکس‌العمل در نقطه  $C$ ، به ترتیب، متناسب با مؤلفه‌های افقی و عمودی فاصله از  $B$  تا  $C$  هستند، نتیجه می‌گیریم که عکس‌العمل در  $C$  برابر با  $50\text{ kN}$  است و جهت آن در امتداد محور میله  $BC$  است، و باعث ایجاد کشش در آن عضو می‌شود. این نتایج را می‌توانستیم با تشخیص دادن اینکه  $AB$  و  $BC$  عضوهای دونیریوی‌اند پیش‌بینی کنیم، یعنی عضوهایی که نیروها تنها بر دو نقطه از آنها اثر می‌کنند، این نقاط  $A$  و  $B$  برای عضو  $AB$  و  $B$  و  $C$  برای عضو  $BC$  هستند. درحقیقت، برای یک عضو دونیریوی خط اثر برایندهای نیروهای وارد بر هر دو نقطه برابر و در خلاف جهت و از هر دو نقطه می‌گذرد. با استفاده از این خاصیت می‌بینیم که با در نظر گرفتن نمودار جسم آزاد بین  $B$  یک راه حل ساده به دست می‌آید. نیروهای وارد بر بین  $B$ ، به ترتیب،  $F_{AB}$  و  $F_{BC}$  هستند و توسط

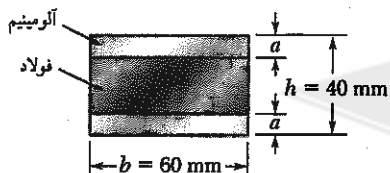


شکل ۳.۱

مسئله‌های کامپیوتری

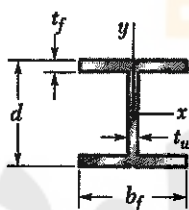
مسئله‌های زیر برای حل با کامپیوتر طراحی شده‌اند.

۱.۴ دو نوار آلومینیم و یک نوار فولادی را با هم محکم بسته و به شکل یک عضو مرکب با پهنای  $b = 60\text{ mm}$  و عمق  $h = 40\text{ mm}$  در آورده‌ایم. مدول کشسانی برای فولاد  $200\text{ GPa}$  و برای آلومینیم  $70\text{ GPa}$  است. می‌دانیم که  $M = 1500\text{ N.m}$  است. برنامه کامپیوتری برای محاسبه تنش ماکزیمم در آلومینیم و در فولاد به‌ازای مقادیر  $a$ ، از  $0$  تا  $20\text{ mm}$  با افزایش  $2\text{-mm}$  بنویسید. از این برنامه کمترین افزایش اختصاص داده شده مطلوب است (الف) بیشترین تنش که می‌تواند در فولاد رخ دهد، (ب) مقدار متناظر  $a$ .



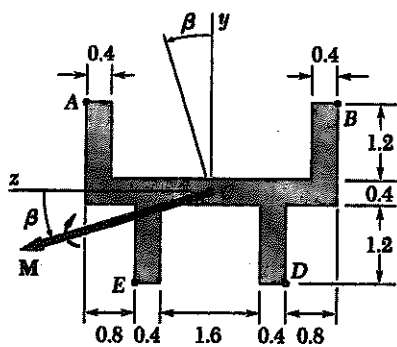
شکل ۱.۴ ک

۲.۴ تیری با سطح مقطع نشان داده شده از فولادی ساخته شده است که فرض می‌شود کشسان-مومسان با مقاومت تسلیم  $\sigma_y$  و مدول کشسانی  $E$  است و حول محور  $x$  خم می‌شود. (الف) با نشان دادن  $y$  برای نصف ضخامت هسته کشسان، برنامه کامپیوتری بنویسید که از آن بتوان برای محاسبه گشتاور خمشی  $M$  و شعاع انحنای  $\rho$  به‌ازای مقادیر  $y$  از  $\frac{1}{4}d$  تا  $\frac{1}{2}d$  با  $\frac{1}{8}d$  افزایش استفاده کرد. از اثر ماهیچه‌ها صرف نظر می‌شود. (ب) از این برنامه در حل مسئله ۱.۴ استفاده کنید.



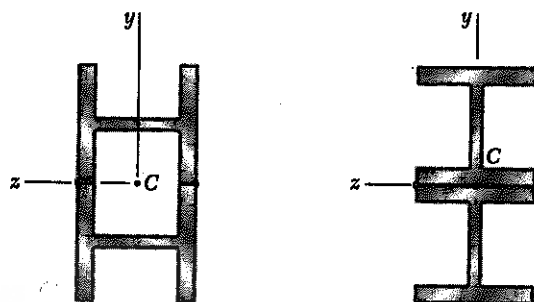
شکل ۲.۴ م

۳.۴ کوپل  $M = 8\text{ kip.in}$  بر تیری با سطح مقطع نشان داده شده در صفحه‌ای که با خط قائم زاویه  $\beta$  تشکیل می‌دهد وارد می‌شود. با توجه به اینکه سطح مقطع مرکزوار در نقطه  $C$  واقع شده و اینکه محورهای  $y$  و  $z$  محورهای اصلی‌اند، برنامه کامپیوتری برای محاسبه تنش در  $A$ ،  $B$ ،  $C$ ، و  $D$  به‌ازای مقادیر  $\beta$  از  $0$  تا  $180^\circ$  با افزایش  $10^\circ$  بنویسید. (داده‌ها:  $I_y = 6.23\text{ in}^4$  و  $I_z = 1.481\text{ in}^4$ ).



ابعاد برحسب اینچ  
شکل ۳.۴ م

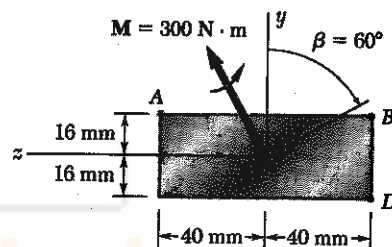
۱۹۱.۴ و ۱۹۲.۴ مقاطع دو قطعه  $W4 \times 13$  نورد شده مطابق شکل به هم جوش داده شده است. می‌دانیم که برای آلیاژ فولاد به کار رفته  $\sigma_y = 36\text{ ksi}$  و  $\sigma_{UT} = 58\text{ ksi}$  است. با استفاده از ضریب اطمینان  $\phi = 0.3$  مطلوب است بیشترین کوپل که می‌توان وارد کرد، وقتی مجموعه حول محور  $z$  خم شود.



شکل ۱۹۲.۴ م

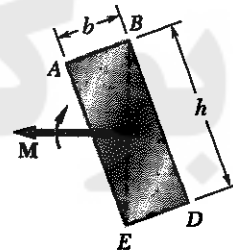
شکل ۱۹۱.۴ م

۱۹۳.۴ کوپل  $M$  به تیری با سطح مقطع نشان داده شده در صفحه‌ای که با خط قائم زاویه  $\beta$  تشکیل می‌دهد وارد شده است. معین کنید تنش در (الف) نقطه  $A$ ، (ب) نقطه  $B$ ، (ج) نقطه  $D$ .



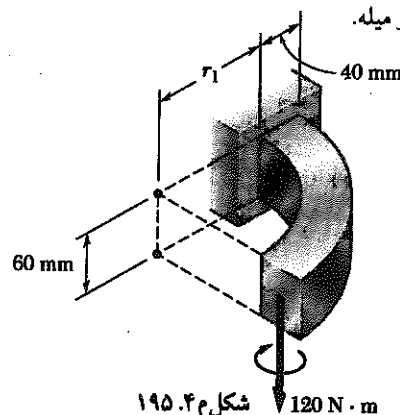
شکل ۱۹۳.۴ م

۱۹۴.۴ نشان دهید که اگر تیر توپر مستطیلی توسط یک کوپل وارد شده بر سطح مقطع مستطیل شامل قطر مورب خم شود، محور خشی در امتداد قطر دیگر خواهد بود.



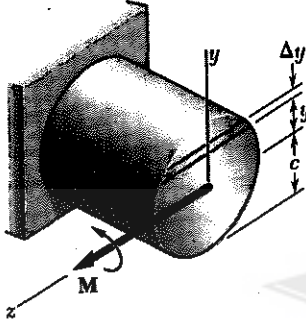
شکل ۱۹۴.۴ م

۱۹۵.۴ میله خمیده نشان داده شده دارای سطح مقطع  $40 \times 60\text{ mm}$  و شعاع داخلی  $r_1 = 15\text{ mm}$  است. برای بارگذاری نشان داده شده مطلوب است بیشترین تنشهای کششی و فشاری در میله.



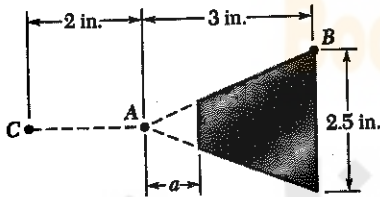
شکل ۱۹۵.۴ م

معروض کوبلی با گشتاور  $M$  از صفر تا گشتاور ماکزیمم کشسان  $M_y$  و سپس برای گشتاور مومسان  $M_p$  افزایش می‌یابد. با نشان دادن  $y$  برای نصف ضخامت هسته کشسان، برنامه کامپیوتری بنویسید و از آن برای محاسبه گشتاور خمشی  $M$  و شعاع انحنای  $\rho$  به ازای مقادیر  $y$  از  $1.2 \text{ in}$  تا  $0$  با ازدیاد  $0.2 \text{ in}$  استفاده کنید. (راهنمایی: سطح مقطع را به  $80^\circ$  جزء افقی با ارتفاع  $3 \text{ in}$  تقسیم کنید.)



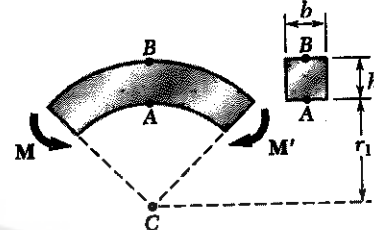
شکل ۴.۴

۴.۴ قطعه ماشین مسئله ۱۷۸.۴ با حرکت سطح مقطع مثلث دوباره طراحی شده است. باور بر این است که برداشتن مساحت مثلث کوچک با عرض  $a$  تنش ماکزیمم در جزء پایین می‌آید. برای تحقیق مفهوم این طرح، برنامه کامپیوتری برای محاسبه تنش ماکزیمم در جزء به ازای  $a$  از  $0$  تا  $1 \text{ in}$ ، با استفاده از ازدیاد  $0.1 \text{ in}$  بنویسید. با استفاده از ازدیاد تقریبی کوچکتر، معین کنید فاصله  $a$  را برای اینکه تنش ماکزیمم تا حد ممکن کوچک باشد، و مقدار متناظر تنش ماکزیمم را تعیین کنید.



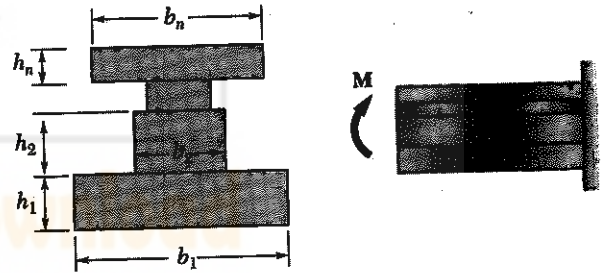
شکل ۴.۷

۴.۴ کوبلهایی با گشتاور  $M = 2 \text{ kN.m}$  مطابق شکل به میله خمیده با سطح مقطع مستطیل و  $b = 25 \text{ mm}$  و  $h = 100 \text{ mm}$  وارد می‌شود. برنامه کامپیوتری بنویسید و از آن برای محاسبه تنشها در نقاط  $A$  و  $B$  برای مقادیر نسبت  $r_1/h$  از  $10$  تا  $1$  با کاهش  $1$  از  $10$  به  $1$  و با کاهش  $10^\circ$  استفاده از کمترین افزایش، مطلوب است نسبت  $r_1/h$  را برای اینکه تنش ماکزیمم در میله خمیده  $50\%$  بیشتر از تنش ماکزیمم در میله راست با سطح مقطع یکسان باشد.



شکل ۴.۴

۴.۵ کوبل  $M$  بر تیری با سطح مقطع نشان داده شده وارد می‌شود. (الف) برنامه کامپیوتری بنویسید که، برای بارهای داده شده در هر دستگاه یکایی، بتوان تنشهای کششی و فشاری ماکزیمم را در تیر محاسبه کرد. (ب) از این برنامه برای حل مسئله‌های ۷.۴، ۸.۴، و ۹.۴ استفاده کنید.



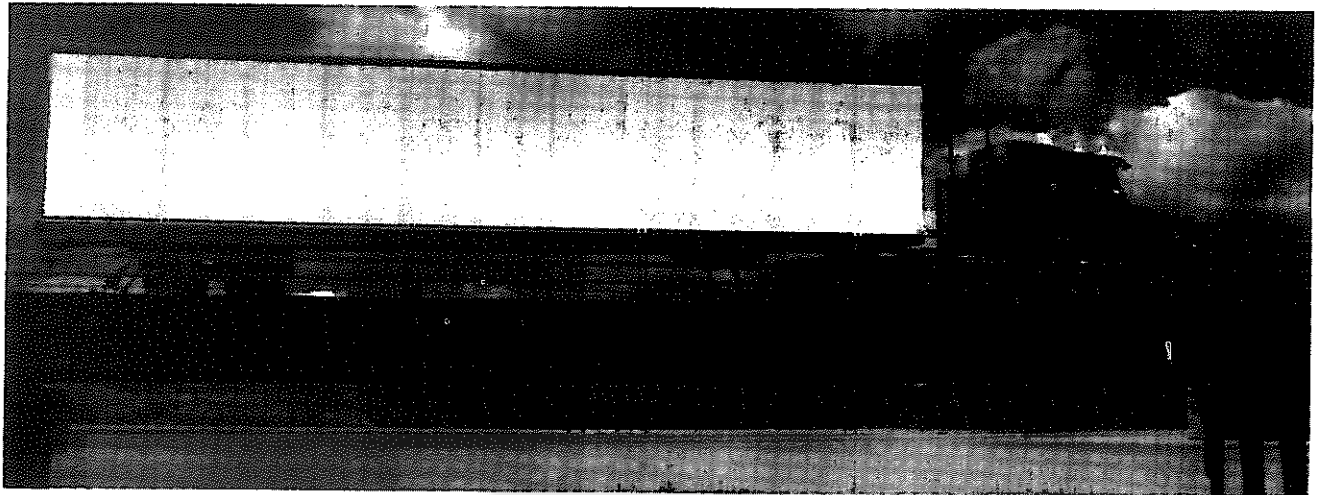
شکل ۴.۵

۴.۶ میله توپری با شعاع  $c = 1.2 \text{ in}$  از فولادی ساخته شده که فرض می‌شود کشسان-مومسان با  $E = 29000 \text{ ksi}$  و  $\sigma_y = 42 \text{ ksi}$  باشد. میله در

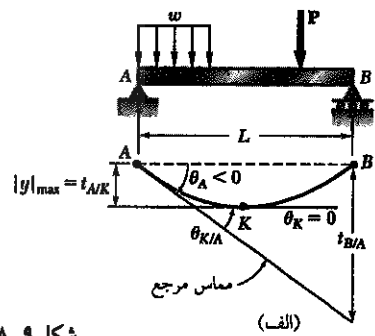
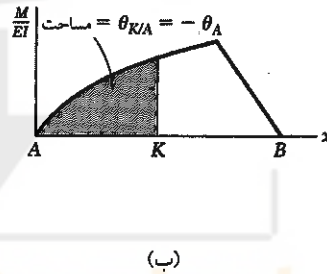
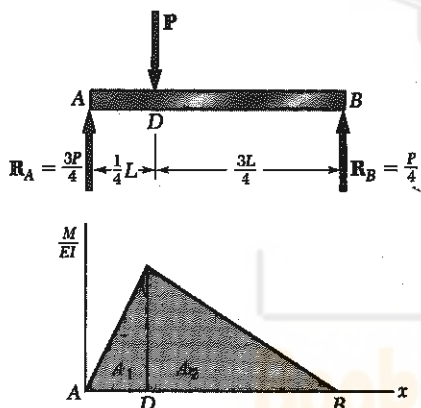
## فهرست

۶۴	توزیع تنش و کرنش تحت بارگذاری محوری؛ اصل سن ونان	۱۷.۲	پنج	سخن ناشر
۶۶	تمرکز تنش	۱۸.۲	هفت	پیشگفتار مترجم
۶۷	تغییر شکل مومسان	۱۹.۲	نه	درباره مؤلفان
۶۹	تنشهای مانده	۲۰.۲	یازده	پیشگفتار
۷۴	دوره و خلاصه برای فصل ۲			
<b>فصل ۱. مقدمه - مفهوم تنش</b>				
۸۱	<b>فصل ۳. پیشش</b>	۱	۱	۱.۱ مقدمه
۸۱	مقدمه	۱.۳	۱	۲.۱ مروری کوتاه از روشهای استاتیک
۸۲	بحث مقدماتی درباره تنشهای موجود در میل گردان	۲.۳	۳	۳.۱ تنشها در عضوهای یک سازه
۸۳	تغییر شکل در میل گردان دایره‌ای	۳.۳	۳	۴.۱ تحلیل و طراحی
۸۵	تنشهای موجود در گستره کشسان	۴.۳	۴	۵.۱ بارگذاری محوری؛ تنش عمودی
۹۱	زاویه پیشش در گستره کشسان	۵.۳	۵	۶.۱ تنشهای برشی
۹۳	میل گردانهایی که از نظر استاتیکی نامعین‌اند	۶.۳	۶	۷.۱ تنش تکیه‌گاهی در اتصالها
۱۰۰	طراحی میل گردانهای انتقال	۷.۳	۶	۸.۱ کاربرد تنش در تحلیل و طراحی سازه‌های ساده
۱۰۱	تمرکز تنش در میل گردانهای دایره‌ای	۸.۳	۸	۹.۱ روش حل مسئله
۱۰۵	تغییر شکلهای پلاستیک (مومسان) در میل گردانهای دایره‌ای	۹.۳	۸	۱۰.۱ دقت عددی
۱۰۶	میل گردانهای دایره‌ای ساخته شده از ماده کشسان-مومسان	۱۰.۳	۱۳	۱۱.۱ تنش وارد شده بر روی صفحه‌های مایل تحت بارگذاری محوری
۱۰۸	تنشهای مانده در میل گردان دایره‌ای	۱۱.۳	۱۵	۱۲.۱ تنش در شرایط بارگذاری عمومی؛ مؤلفه‌های تنش
۱۱۳	پیشش عضوهای غیر دایره‌ای	۱۲.۳	۱۶	۱۳.۱ نظریات طراحی
۱۱۴	میل گردانهای توخالی جدار-نازک	۱۳.۳	۲۳	دوره و خلاصه برای فصل ۱
۱۲۰	دوره و خلاصه برای فصل ۳			
<b>فصل ۲. تنش و کرنش - بارگذاری محوری</b>				
۱۲۷	<b>فصل ۴. خمش خالص</b>	۲۹	۲۹	۱.۲ مقدمه
۱۲۷	مقدمه	۱.۴	۳۰	۲.۲ کرنش عمودی تحت بارگذاری محوری
۱۲۸	عضو متقارن در خمش خالص	۲.۴	۳۱	۳.۲ نمودار تنش-کرنش
۱۲۹	تغییر شکل عضو متقارن در خمش خالص	۳.۴	۳۳	۴.۲ تنش حقیقی و کرنش حقیقی
۱۳۱	تنشها و تغییر شکلهای در ناحیه کشسان	۴.۴	۳۴	۵.۲ قانون هوک، مدول کشسانی
۱۳۳	تغییر شکل در سطح مقطع عرضی	۵.۴	۳۵	۶.۲ رفتار کشسان ماده در برابر رفتار مومسان آن
۱۳۹	خمش عضوهایی که از چند ماده ساخته شده‌اند	۶.۴	۳۶	۷.۲ بارگذاری مکرر؛ خستگی
۱۴۱	تمرکز تنش	۷.۴	۳۷	۸.۲ تغییر شکل عضوها در بارگذاری محوری
۱۴۶	تغییر شکلهای مومسان	۸.۴	۴۲	۹.۲ مسئله‌هایی که از نظر استاتیکی نامعین‌اند
۱۴۸	عضوهایی که از ماده کشسان-مومسان ساخته شده‌اند	۹.۴	۴۵	۱۰.۲ مسئله‌هایی که در آنها دما تغییر می‌کند
۱۵۰	تغییر شکلهای مومسان عضوهای دارای یک صفحه تقارن	۱۰.۴	۵۲	۱۱.۲ نسبت پواسون
۱۵۰	تنشهای مانده	۱۱.۴	۵۳	۱۲.۲ بارگذاری چندمحوری؛ تعمیم قانون هوک
۱۵۶	بارگذاری محوری خارج از مرکز در صفحه تقارن	۱۲.۴	۵۴	۱۳.۲ انبساط حجمی، مدول حجمی
۱۶۱	خمش نامتقارن	۱۳.۴	۵۵	۱۴.۲ کرنش برشی
۱۶۴	حالت کلی بارگذاری محوری خارج از مرکز	۱۴.۴	۵۷	۱۵.۲ بحث بیشتر درباره تغییر شکلهای تحت بارگذاری محوری؛ رابطه میان $E$ ، $\nu$ ، و $G$
۱۷۱	خمش عضوهای خمیده	۱۵.۴	۵۸	۱۶.۲ روابط تنش-کرنش برای مواد ترکیب شده فیبر مسلح
۱۷۷	دوره و خلاصه برای فصل ۴			





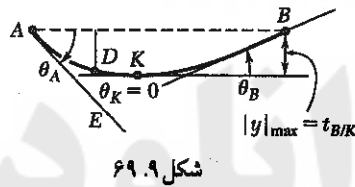
شکل ۶۷.۹ تغییر مکان تیرهای به کار رفته در پل باید برای وضعیتهای مختلف بار تجدید نظر شود.



شکل ۶۸.۹

اندازه گیری سطح زیر نمودار  $(M/EI)$  برابر با  $\theta_{K/A} = -\theta_A$  تعیین کنیم [شکل ۶۸.۹(ب)].

با مشاهده اینکه تغییر مکان ماکزیمم  $|y|_{max}$  مساوی است با  $t_{A/K}$ ، یعنی انحراف مماسی تکیه گاه A نسبت به K [شکل ۶۸.۹(الف)]، می توانیم  $|y|_{max}$  را از راه محاسبه گشتاور اول سطح بین A و K نسبت به محور عمودی مارپیر A به دست بیاوریم [شکل ۶۸.۹(ب)].



شکل ۶۹.۹

[شکل ۷۰.۹(الف)]، مساحت  $A'$  واقع بین K و B در زیر نمودار  $(M/EI)$  [شکل ۷۰.۹(ب)] را چنین بیان می کنیم

$$A' = \frac{1}{2} \frac{Pu}{EI} u = \frac{Pu^2}{2EI}$$

از قضیه اول گشتاور سطح، داریم

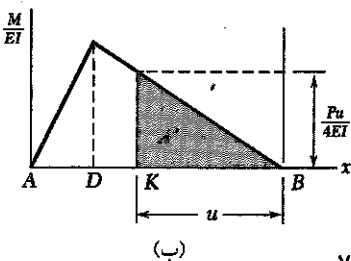
$$\theta_{B/K} = \theta_B - \theta_K = A'$$

$$\theta_B = A'$$

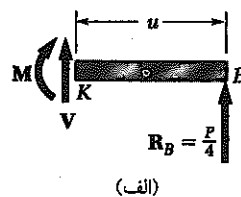
و چون  $\theta_K = 0$

با جایگذاری مقادیر به دست آمده برای  $\theta_B$  و  $A'$ ، می نویسیم

$$\frac{\Delta PL^2}{128EI} = \frac{Pu^2}{2EI}$$



شکل ۷۰.۹



(الف)

### مثال ۱۳.۹

تغییر مکان ماکزیمم را برای تیر مثال ۱۲.۹ تعیین کنید.

● حل :

تعیین نقطه K که در آن، شیب صفر است. از مثال ۱۲.۹ به یاد می آوریم که شیب در نقطه اثر بار، نقطه D، منفی است. نتیجه می گیریم که نقطه K، نقطه ای که شیب در آن صفر است، بین D و تکیه گاه B قرار دارد (شکل ۶۹.۹). بنابراین، اگر شیب در K را به جای شیب در A به شیب در B ارتباط دهیم، محاسبات آسانتر می شود. چون شیب در A را قبلاً در مثال ۱۲.۹ تعیین کرده ایم، شیب در B را می توان چنین به دست آورد

$$\theta_B = \theta_A + \theta_{B/A} = \theta_A + A_1 + A_2$$

$$\theta_B = -\frac{\sqrt{3}PL^2}{128EI} + \frac{3PL^2}{128EI} + \frac{9PL^2}{128EI} = \frac{5PL^2}{128EI}$$

با مشاهده آنکه گشتاور خمشی در فاصله u از انتهای B برابر است با  $M = \frac{1}{4}Pu$

و با حل آن بر حسب  $u$

$$u = \frac{\sqrt{\delta}}{4} L = 0.559L$$

پس، فاصله تکیه گاه  $A$  از نقطه  $K$  برابر است با

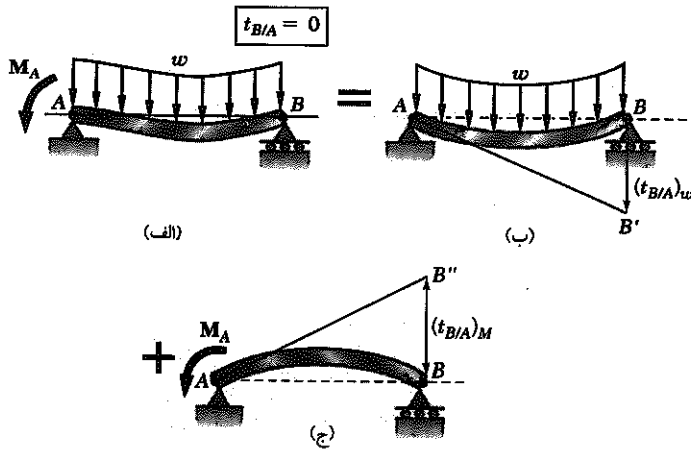
$$AK = L - 0.559L = 0.441L$$

تغییر مکان ماکزیمم. تغییر مکان ماکزیمم  $|y|_{\max}$  مساوی است با انحراف مماسی  $t_{B/K}$  و در نتیجه برابر است با گشتاور اول سطح  $A'$  حول محور عمودی ماربر  $B$  [شکل ۷۰.۹ (ب)]. می نویسیم

$$|y|_{\max} = t_{B/K} = A' \left( \frac{\gamma u}{3} \right) = \frac{Pu^2}{8EI} \left( \frac{\gamma u}{3} \right) = \frac{Pu^3}{12EI}$$

با جایگذاری مقدار به دست آمده برای  $u$ ، داریم

$$|y|_{\max} = \frac{P}{12EI} \left( \frac{\sqrt{\delta}}{4} L \right)^3 = 0.01456 PL^2 / EI$$



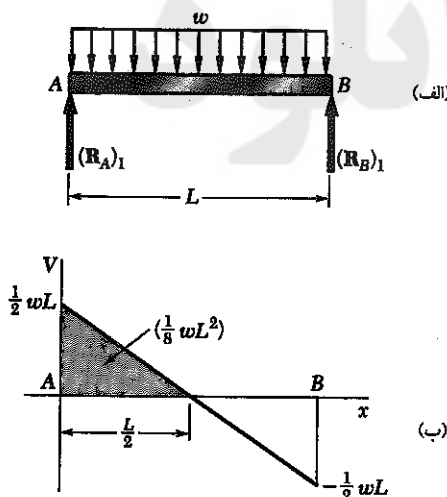
شکل ۷۲.۹

را با یک تکیه گاه لولایی جایگزین می کنیم. حال کوپل  $M_A$  را باری مجهول در نظر می گیریم [شکل ۷۲.۹ (الف)] و از این شرط که مماس بر تیر در نقطه  $A$  باید افقی باشد، این بار مجهول را معین می کنیم. بنابراین، مماس مذکور باید از تکیه گاه  $B$  بگذرد و به این ترتیب،  $t_{B/A}$ ، انحراف مماسی  $B$  نسبت به  $A$ ، باید صفر باشد. مسئله با محاسبه جداگانه انحراف مماسی  $t_{B/A}$  ناشی از بار گسترده یکنواخت  $w$  [شکل ۷۲.۹ (ب)] و انحراف مماسی  $(t_{B/A})_M$  ناشی از کوپل مجهول  $M_A$  [شکل ۷۲.۹ (ج)] حل می شود.

ابتدا نمودار جسم آزاد تیر در زیر بار گسترده معلوم  $w$  را در نظر می گیریم [شکل ۷۳.۹ (الف)]، بنابراین عکس العملهای متناظر در تکیه گاههای  $A$  و  $B$  را تعیین می کنیم. داریم

$$(R_A)_1 = (R_B)_1 = \frac{1}{2} wL \uparrow \quad (64.9)$$

حال می توانیم نمودارهای برش و  $(M/EI)$  متناظر را رسم کنیم [شکل ۷۳.۹ (ب) و (ج)]. با مشاهده آنکه  $(M/EI)$  با قوسی از سهمی نشان داده می شود، و



شکل ۷۳.۹

### ۱۴.۹\* استفاده از قضایای گشتاور سطح برای تیرهای از نظر

#### استاتیکی نامعین

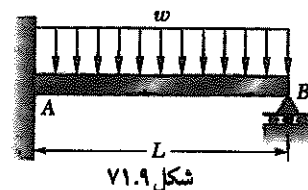
عکس العملهای تکیه گاههای تیری را که از نظر استاتیکی نامعین است، می توان با روش گشتاور سطح، درست به همان ترتیبی که در بخش ۸.۹ شرح داده شد، تعیین کرد. برای مثال در مورد تیر با یک درجه نامعینی، یکی از عکس العملها را اضافی (زاید) در نظر می گیریم و تکیه گاه مربوط به آن را حذف یا اصلاح می کنیم. آنگاه عکس العمل اضافی را باری مجهول در نظر می گیریم که همراه با دیگر بارها باید تغییر شکلهایی ایجاد کند که با تکیه گاههای اصلی سازگار باشند. شرایط سازگاری معمولاً این طور بیان می شود که انحراف مماسی یک تکیه گاه نسبت به تکیه گاه دیگر یا صفر است یا دارای مقداری از پیش تعیین شده است.

دو نمودار جسم آزاد تیر را به طور جداگانه رسم می کنیم. یکی از آنها نشان دهنده بارهای معلوم و عکس العملهای متناظر با آنها در تکیه گاههایی است که حذف نشده اند. دیگری بیانگر عکس العمل اضافی (زاید) و عکس العملهای متناظر در همان تکیه گاههاست (مثال ۱۴.۹ را ببینید). سپس برای هر یک از دو بارگذاری معلوم یک نمودار  $(M/EI)$  رسم می شود، و انحرافهای مماسی مورد نظر، از قضیه دوم گشتاور سطح به دست می آیند. با برهم نهادن نتایج به دست آمده، شرایط سازگاری لازم را بیان و عکس العمل اضافی را تعیین می کنیم. عکس العملهای دیگر از نمودار جسم آزاد تیر به دست می آیند.

وقتی که عکس العملهای تکیه گاهها تعیین شده، شیب و تغییر مکان را می توان با استفاده از روش گشتاور سطح در هر نقطه دیگری از تیر به دست آورد.

### مثال ۱۴.۹

برای تیر منشوری و بارگذاری نشان داده شده، عکس العمل را در تکیه گاهها تعیین کنید (شکل ۷۱.۹).



شکل ۷۱.۹

● حل:

کوپل مؤثر بر انتهای گیردار (ثابت)  $A$  را اضافی در نظر می گیریم و انتهای گیردار

مماسی  $t_{B/A}$  حاصل باید صفر باشد (شکل ۷۲.۹)، داریم

$$t_{B/A} = (t_{B/A})_w + (t_{B/A})_M = 0$$

$$\frac{wL^4}{24EI} - \frac{M_A L^3}{3EI} = 0$$

و با حل آن برحسب  $M_A$  نتیجه می‌شود

$$M_A = +\frac{1}{8}wL^2 \quad M_A = -\frac{1}{8}wL^2$$

با جایگزینی  $M_A$  در معادله (۶۶.۹) و یادآوری (۶۴.۹)، مقادیر  $R_B$  و  $R_A$  به دست می‌آیند:

$$R_A = (R_A)_1 + (R_A)_2 = \frac{1}{3}wL + \frac{1}{8}wL = \frac{5}{8}wL$$

$$R_B = (R_B)_1 + (R_B)_2 = \frac{1}{3}wL - \frac{1}{8}wL = \frac{3}{8}wL$$

در مثالی که در بالا دیدید، در آن یک عکس‌العمل زاید وجود داشت، یعنی تیر از نظر استاتیکی نامعین با یک درجه بود. اگر عکس‌العمل‌های اضافی دیگر وجود داشته باشد، قضایای گشتاور سطح را نیز می‌توان به کار برد. چنانکه در بخش ۵.۹، برای نوشتن معادله‌های اضافی ضروری بود پس برای یک تیری که از نظر استاتیکی نامعین از درجه دوم لازم دارد، باید دو زاید انتخاب کرد و دو معادله تغییر شکل در سازه در نظر گرفت.

یادآوری آنکه مساحت زیر یک سهمی برابر است با  $A = \frac{2}{3}bh$ ، گشتاور اول این سطح را حول محور عمودی ماربر  $B$  محاسبه می‌کنیم و می‌نویسیم

$$(t_{B/A})_w = A_1 \left(\frac{L}{3}\right) = \left(\frac{2}{3}L \frac{wL^3}{8EI}\right) \left(\frac{L}{3}\right) = \frac{wL^4}{24EI} \quad (۶۵.۹)$$

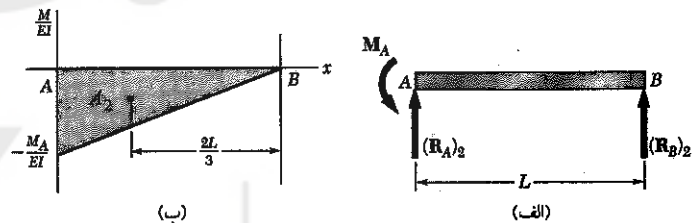
سپس نمودار جسم آزاد تیر را وقتی که در معرض کوپل مجهول  $M_A$  است در نظر می‌گیریم [شکل ۷۴.۹ (الف)]، و عکس‌العمل‌های متناظر در  $A$  و  $B$  را تعیین می‌کنیم:

$$(R_A)_2 = \frac{M_A}{L} \uparrow \quad (R_B)_2 = \frac{M_A}{L} \downarrow \quad (۶۶.۹)$$

نمودار متناظر  $(M/EI)$  را رسم می‌کنیم [شکل ۷۴.۹ (ب)]، مجدداً قضیه دوم گشتاور سطح را به کار می‌بریم و می‌نویسیم

$$(t_{B/A})_M = A_2 \left(\frac{2L}{3}\right) = \left(-\frac{1}{2}L \frac{M_A}{EI}\right) \left(\frac{2L}{3}\right) = -\frac{M_A L^2}{3EI} \quad (۶۷.۹)$$

با ترکیب نتایج به دست آمده در (۶۵.۹) و (۶۷.۹)، و توضیح اینکه انحراف



شکل ۷۴.۹

### مسئله نمونه ۱۲.۹

برای تیر و بارگذاری نشان داده شده، (الف) تغییر مکان را در انتهای  $A$  تعیین کنید. (ب) مقدار  $y_A$  را برحسب داده‌های زیر به دست آورید:

$$W_{10 \times 23}: \quad I = 170 \text{ in}^4 \quad E = 29 \times 10^6 \text{ psi}$$

$$a = 3 \text{ ft} = 36 \text{ in} \quad L = 5.5 \text{ ft} = 66 \text{ in}$$

$$w = 1.35 \text{ kips/ft} = 1125 \text{ lb/in}$$

● حل:

نمودار  $(M/EI)$ . ابتدا نمودار گشتاور خمشی را رسم می‌کنیم. چون صلابت خمشی  $EI$  ثابت است، نمودار  $(M/EI)$  نشان داده شده را به دست می‌آوریم که شامل سطح زیر منحنی سهمی به مساحت  $A_1$  و سطح مثلث شکلی به مساحت  $A_2$  است.

$$A_1 = \frac{1}{3} \left( -\frac{wa^3}{6EI} \right) a = -\frac{wa^4}{6EI}$$

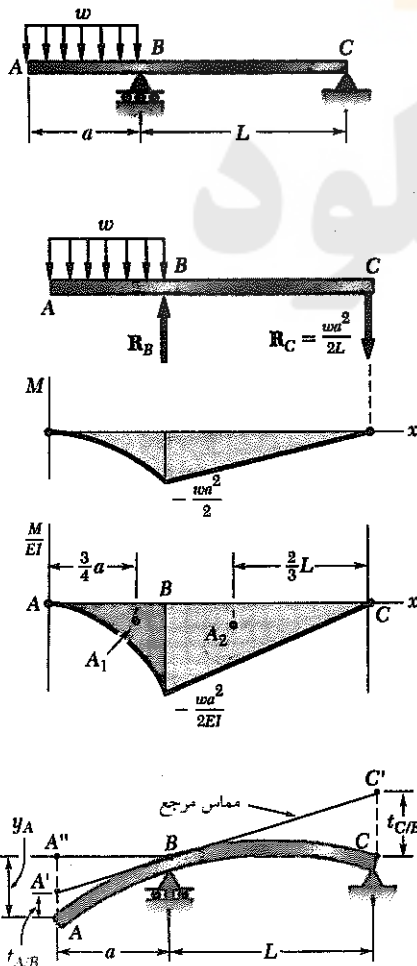
$$A_2 = \frac{1}{3} \left( -\frac{wa^3}{6EI} \right) L = -\frac{wa^3 L}{6EI}$$

مماس مرجع در  $B$ . مماس مرجع مطابق شکل در نقطه  $B$  رسم می‌شود. با به کار بردن قضیه دوم گشتاور سطح، انحراف مماسی  $C$  نسبت به  $B$  را تعیین می‌کنیم:

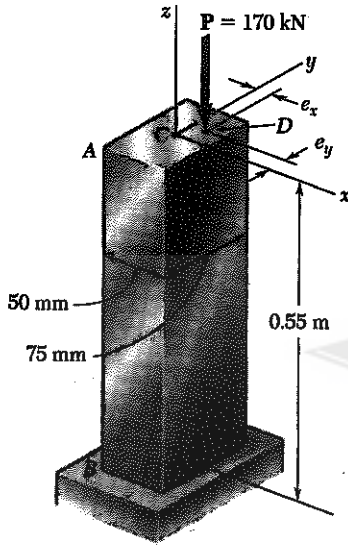
$$t_{C/B} = A_2 \frac{2L}{3} = \left( -\frac{wa^3 L}{6EI} \right) \frac{2L}{3} = -\frac{wa^3 L^2}{9EI}$$

از تشابه مثلث‌های  $A''A'B$  و  $CC'B$ ، به دست می‌آید

$$A''A' = t_{C/B} \left( \frac{a}{L} \right) = -\frac{wa^3 L^2}{9EI} \left( \frac{a}{L} \right) = -\frac{wa^4 L}{9EI}$$

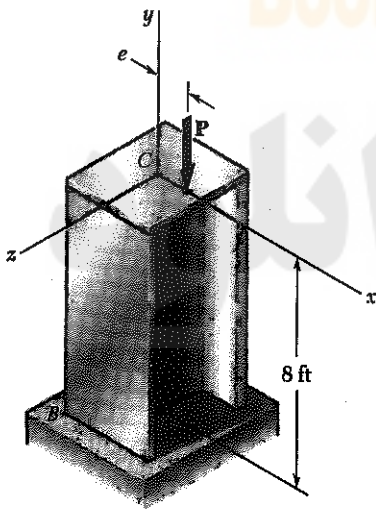


۱۲۷.۱۰ عضو فشاری AB از فولادی که  $E = ۲۰۰\text{GPa}$  و  $\sigma_y = ۲۵۰\text{MPa}$  ساخته شده است که از بالا نقطه A آزاد و در پایه در نقطه B ثابت است. با استفاده از روش برهمکنش با یک تنش خمشی مجاز برابر  $۱۲۰\text{MPa}$  و دانستن اینکه خارج مرکز  $e_x$  و  $e_y$  برابرند، مطلوب است بیشترین مقدار مشترک مجاز.



شکل م ۱۲۷.۱۰

۱۲۸.۱۰ بار محوری P برابر ۲۳ kip بر ستون نوردشده فولادی BC در نقطه‌ای بر روی محور x در فاصله  $e = ۲.۵\text{in}$  از محور هندسی ستون وارد شده است. با به کار بردن روش تنش مجاز شکل بال-پهن با عمق اسمی ۸-in را که باید به کار برد انتخاب کنید. با استفاده از  $E = ۲۹ \times 10^6\text{ psi}$  و  $\sigma_y = ۳۶\text{ ksi}$ .

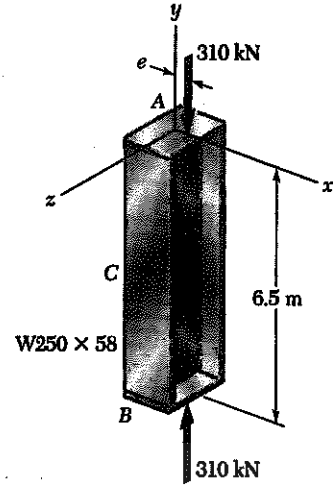


شکل م ۱۲۸.۱۰

### مسئله‌های کامپیوتری

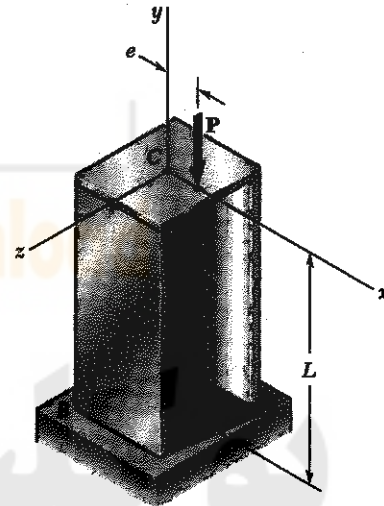
مسئله‌های زیر برای حل با کامپیوتر طراحی شده‌اند.

۱۰.۱ ک ۱ میله فولادی توپر به طول مؤثر  $۵۰۰\text{mm}$  را برای شمعک فشاری برای حمل بار مرکزی P به کار می‌برند. برای نوع فولاد به کار رفته  $E = ۲۰۰\text{GPa}$  و  $\sigma_y = ۲۴۵\text{MPa}$  می‌دانیم که ضریب اطمینان مورد نیاز ۲٫۸ است. با استفاده از فرمول اویلر برنامه کامپیوتری بنویسید و از آن برای محاسبه بار مرکزی مجاز  $P_{all}$  برای مقادیر شعاع میله از ۶ mm تا ۲۴ mm با ازدیاد ۲ mm استفاده کنید.



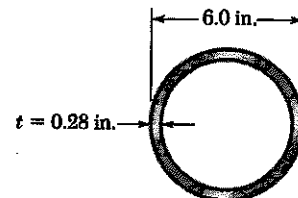
شکل م ۱۲۳.۱۰

۱۲۴.۱۰ بار محوری  $P = ۲۶\text{-kip}$  بر ستون فولاد-نورد شده BC با  $W۶ \times ۱۲$  وارد می‌شود که از بالا نقطه C آزاد و در پایه B ثابت است. می‌دانیم که بار خارج از مرکز  $e = ۰.۲۵\text{in}$  است، مطلوب است بیشترین طول مجاز L، اگر تنش مجاز در ستون ۱۴ ksi باشد.  $E = ۲۹ \times 10^6\text{ psi}$ .



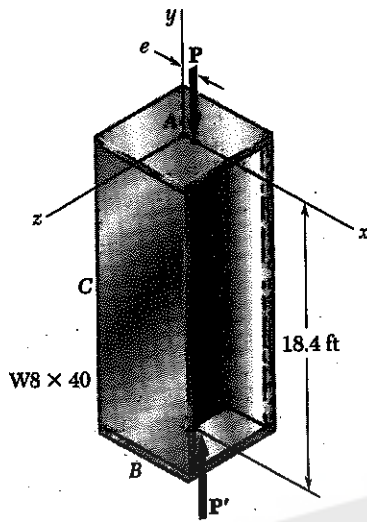
شکل م ۱۲۴.۱۰

۱۲۵.۱۰ لوله فولادی دارای سطح مقطع نشان داده شده به عنوان یک ستون به کار می‌رود. با استفاده از AISC فرمولهای طراحی تنش مجاز، مطلوب است بار مرکزی مجاز را، اگر طول مؤثر ستون (الف) ۱۸ ft، (ب) ۲۶ ft. با استفاده از  $E = ۲۹ \times 10^6\text{ psi}$  و  $\sigma_y = ۳۶\text{ ksi}$ .



شکل م ۱۲۵.۱۰

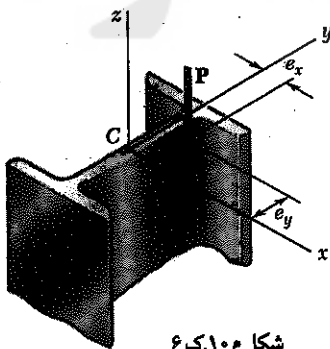
۱۲۶.۱۰ ستونی به طول مؤثر ۴٫۶ m باید بار مرکزی ۵۲۵-kN را حمل کند. می‌دانیم که  $E = ۲۰۰\text{GPa}$  و  $\sigma_y = ۳۴۵\text{MPa}$  از فرمولهای طراحی تنش مجاز استفاده کنید و شکل بال-پهن با عمق اسمی ۲۰۰ mm که بتوان به کار برد را انتخاب کنید.



شکل م. ۴ ک. ۱۰

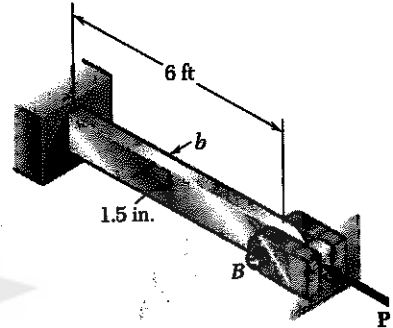
۵ ک. ۱۰ ستونی با طول مؤثر  $L$  از شکل فولاد-نورد شده ساخته شده است و بار مرکزی  $P$  را حمل می‌کند. استحکام تسلیم برای نوع فولاد به کار رفته با  $\sigma_y$ ، مدول کشسانی را با  $E$ ، مساحت سطح مقطع شکل انتخاب شده با  $A$ ، و کوچکترین شعاع چرخش آن را با  $r$  نمایش داده‌اند. با استفاده از AISC فرمولهای طراحی برای تنش مجاز، برنامه کامپیوتری بنویسید که از آن بتوان برای تعیین بار مجاز  $P$  از هر دو نوع یکاهای SI و U.S. استفاده کرد. با استفاده از این برنامه (الف) مسئله ۵۷.۱۰، (ب) مسئله ۵۸.۱۰، (ج) مسئله ۶۰.۱۰ را حل کنید.

۶ ک. ۱۰ ستونی با طول مؤثر  $L$ ، از تیر فولاد-نورد شده و بارگذاری خارج از مرکز ساخته شده است. استحکام تسلیم نوع فولاد استفاده شده را با  $\sigma_y$ ، تنش مجاز خمشی را با  $\sigma_{all}$ ، مدول کشسانی را با  $E$ ، و مساحت سطح مقطع انتخاب شده را با  $A$ ، و کمترین شعاع چرخش را با  $r$  نشان داده‌اند. برنامه کامپیوتری بنویسید که از آن بتوان در هر دو نوع یکاهای SI و U.S. بار مجاز  $P$  را با استفاده از روش تنش مجاز یا روش برهم‌کنش تعیین کرد. از این برنامه برای واریسی جوابهای (الف) مسئله ۱۱۳.۱۰، (ب) مسئله ۱۱۴.۱۰ استفاده کنید.



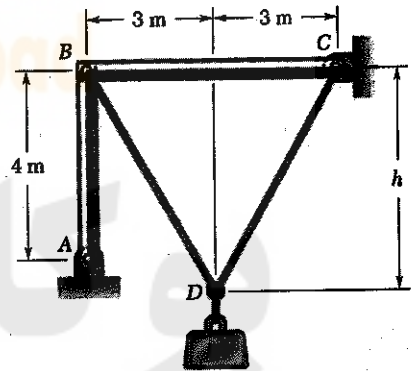
شکل م. ۶ ک. ۱۰

۲ ک. ۱۰ میله آلومینیومی در نقطه  $A$  ثابت و در نقطه  $B$  نگهداری می‌شود، به طوری که برای چرخش حول محور افقی بین آزاد است. در چرخش حول محور عمودی در انتهای  $B$  توسط قلابهایی جلوگیری می‌شود. می‌دانیم که  $E = 10 \times 10^6 \text{ psi}$ ، با استفاده از فرمول اویلر با ضریب اطمینان ۲٫۵، مطلوب است بار مجاز مرکزی  $P$  را برای مقادیر  $b$  از ۷٫۵ in تا ۱٫۵ in، با ازدیاد ۰٫۲۵ in.



شکل م. ۲ ک. ۱۰

۳ ک. ۱۰ عضوهای انتها بین دار  $AB$  و  $BC$  شامل مقاطع لوله آلومینیومی به قطر خارجی ۱۲۰ mm و ضخامت دیواره ۱۰ mm است. می‌دانیم که ضریب اطمینان مورد نیاز ۳٫۵ است. مطلوب است جرم  $m$  بزرگترین قطعه را که می‌توان با کابل حمل کرد. آرایش نشان داده شده برای مقادیر  $h$  از ۴ m تا ۸ m با ازدیاد ۰٫۲۵ m است. با استفاده از  $E = 70 \text{ GPa}$  و با در نظر گرفتن اینکه کمانش فقط در صفحه سازه است.



شکل م. ۳ ک. ۱۰

۴ ک. ۱۰ بار محوری  $P$  در نقطه‌ای واقع بر محور  $x$  در فاصله  $e$  در  $e = 0$  در  $5 \text{ in}$  از محور هندسی ستون  $AB$  فولاد-نورد شده  $W8 \times 40$  وارد می‌شود. با استفاده از  $E = 29 \times 10^6 \text{ psi}$ ، برنامه کامپیوتری بنویسید و از آن برای محاسبه مقادیر  $P$  از ۲۵ تا ۷۵ kips با ازدیاد ۵ kip استفاده کنید. (الف) تغییر مکان افقی نقطه مرکزی  $C$ ، (ب) تنش ماکزیمم ستون.

# پایان

BookLetDownload

جهت دانلود نسخه ی کامل محصول

روی دکمه زیر [کلیک](#) نمایید

دانلود نسخه ی کامل محصول