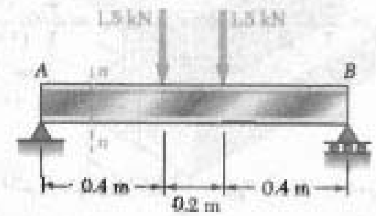
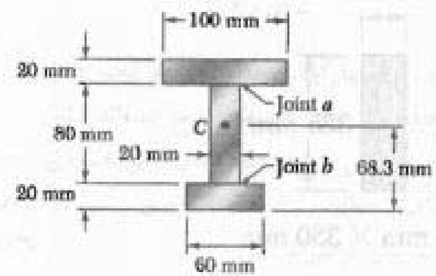
مسئله نمونه ۶-۱

تیر AB از سه تخته چسب خورده تشکیل شده است و در صفحه تقارن خود تحت بارگذاری داده شده قرار دارد. اگر عرض هر اتصال چسب خورده ۲۰ mm باشد، تنش برشی متوسط را در هر اتصال در مقطع n-n تیر بیابید. مکان مرکز سطح مقطع در تصویر نشان داده شده است و ممان اینرسی نسبت به محور گذرا از مرکز سطح عبارت است از $I = ۸٫۶۳ \times ۱۰^{-۶}\ m^4$.



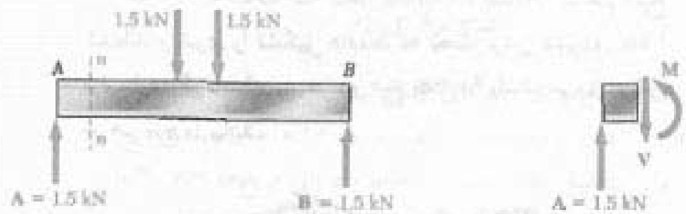


حل

برش عمودی در مقطع nn. چون تیر و بارگذاری نسبت به مرکز تیر متقارن‌اند، $A = B = ۱٫۵\ kN \uparrow$.

با در نظر گرفتن نمودار آزاد قسمتی از تیر که در سمت چپ مقطع n-n قرار دارد، داریم:

$$+\uparrow \sum F_y = ۰ \ :\ ۱٫۵\ kN - V = ۰ \implies V = ۱٫۵\ kN$$



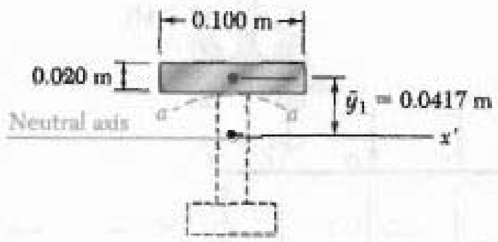
تنش برشی در اتصال a. مقطع a-a را از اتصال چسب خورده می‌گذرانیم و مقطع عرضی را به دو قسمت تقسیم می‌کنیم. حال، ممان اول مساحت بالای مقطع a-a را نسبت به محور خنثی می‌یابیم:

$$Q = A\bar{y}_1 = [(۰٫۱۰۰\ m)(۰٫۰۲۰\ m)](۰٫۰۴۱۷\ m) = ۸۳٫۴ \times ۱۰^{-۶}\ m^3$$

با استفاده از معادله ۶-۷،

$$\tau_{ave} = \frac{VQ}{It} = \frac{(۱۵۰۰\ N)(۸۳٫۴\times ۱۰^{-۶}\ m^3)}{(۸٫۶۳\times ۱۰^{-۶}\ m^4)(۰٫۰۲۰\ m)}$$

$$\tau_{ave} = ۷۲۵\ kPa \blacktriangleleft$$

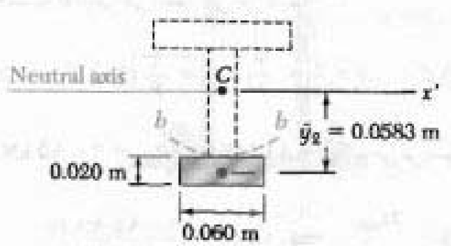


تنش برشی در اتصال b. حال، مقطع b-b را می‌گذرانیم و Q را برای مساحت پایین این مقطع محاسبه می‌کنیم:

$$Q = A\bar{y}_2 = [(۰٫۰۶۰\ m)(۰٫۰۲۰\ m)](۰٫۰۵۸۳\ m) = ۷۰ \times ۱۰^{-۶}\ m^3$$

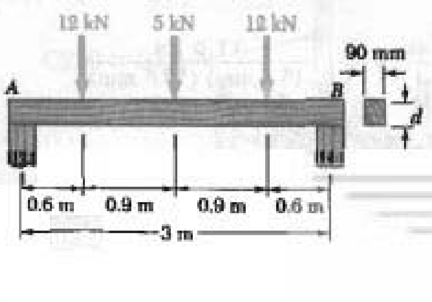
$$\tau_{ave} = \frac{VQ}{It} = \frac{(۱۵۰۰\ N)(۷۰\times ۱۰^{-۶}\ m^3)}{(۸٫۶۳\times ۱۰^{-۶}\ m^4)(۰٫۰۲۰\ m)}$$

$$\tau_{ave} = ۶۰۸\ kPa \blacktriangleleft$$



مسئله نمونه ۶-۲

تیر چوبی AB با دهانه ۳ m و عرض نامی ۱۰۰ mm (عرض واقعی ۹۰ mm) تحت سه‌بار متمرکز قرار دارد. اگر برای چوب به‌کار رفته $\sigma_{all} = ۱۲\ MPa$ و $\tau_{all} = ۰٫۸\ MPa$، مینیمم عمق d تیر را بیابید.

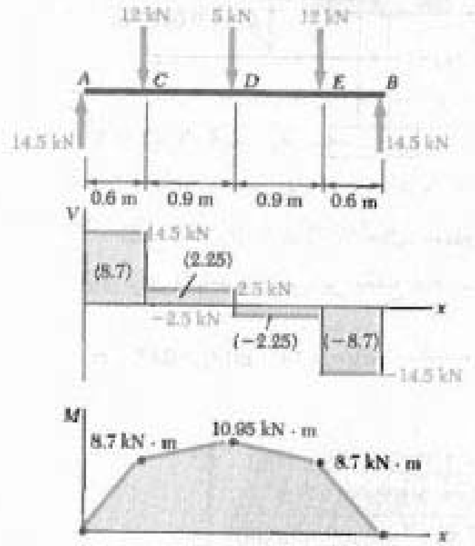


حل

ماکزیمم برش و لنگر خمشی. پس از ترسیم نمودارهای برش و لنگر خمشی، داریم:

$$M_{max} = ۱۰٫۹۵ \text{ kN.m}$$

$$V_{max} = ۱۴٫۵ \text{ kN}$$



طراحی بر مبنای تنش مجاز نامی. ابتدا، مدول الاستیک S را برحسب d بیان می‌کنیم. می‌نویسیم:

$$I = \frac{۱}{۱۲} b d^3 \qquad S = \frac{I}{c} = \frac{۱}{۶} b d^2 = \frac{۱}{۶} (۹۰) d^2 = ۱۵ d^2$$

برای $M_{max} = ۱۰٫۹۵$ kN و $\sigma_{all} = ۱۲$ MPa، می‌نویسیم:

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{all}} \Longrightarrow ۱۵ d^2 = \frac{۱۰٫۹۵ \text{ kN.m}}{۱۲ \text{ MPa}}$$

$$\Longrightarrow d^2 = ۶۰۸۳۳ \Longrightarrow d = ۲۴۶ \text{ mm}$$

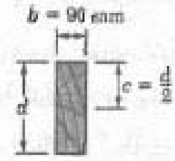
شرط $\sigma_m \le ۱۲$ MPa برقرار است.

وارسی تنش برشی. برای $V_{max} = ۱۴٫۵$ kN و $d = ۲۴۶$ mm،

$$\tau_m = \frac{۳}{۲} \frac{V_{max}}{A} = \frac{۳}{۲} \frac{۱۴٫۵ \text{ kN}}{(۹۰ \text{ mm})(۲۴۶ \text{ mm})}$$

$$\Longrightarrow \tau_m = ۰٫۹۸۲ \text{ MPa}$$

چون $\tau_{all} = ۰٫۸$ MPa، عمق $d = ۲۴۶$ mm قابل قبول نیست و باید تیر را بر مبنای شرط $\tau_m \le ۰٫۸$ MPa طراحی کرد.

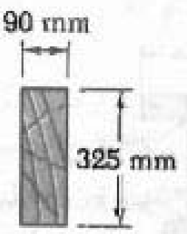


طراحی بر مبنای تنش برشی مجاز. تنش برشی مجاز طراحی را کنترل می‌کند. می‌نویسیم:

$$\tau_m = \tau_{all} = \frac{۳}{۲} \frac{V_{max}}{A} \Longrightarrow ۰٫۸ \text{ MPa} = \frac{۳}{۲} \frac{۱۴٫۵ \text{ kN}}{(۹۰ \text{ mm}) d}$$

$$\Longrightarrow d = ۳۲۲ \text{ mm}$$

البته، تنش قائم کمتر از $\sigma_{all} = ۱۲$ MPa است و عمق ۳۲۲ mm کاملاً قابل قبول است.

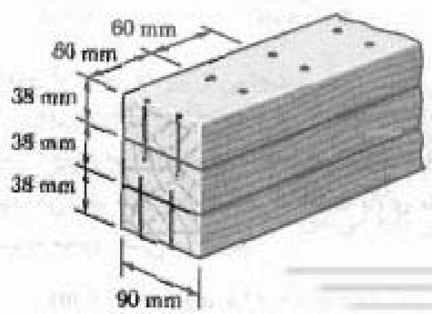


100 mm × 350 mm اندازه نامی

توضیح. چون عمق تیرهای چوبی موجود دارای نمو ۵۰ mm است، از تیر چوبی با اندازه نامی ۱۰۰ mm × ۳۵۰ mm باید استفاده کرد. در این صورت، مقطع عرضی واقعی ۹۰ mm × ۳۲۵ mm است.

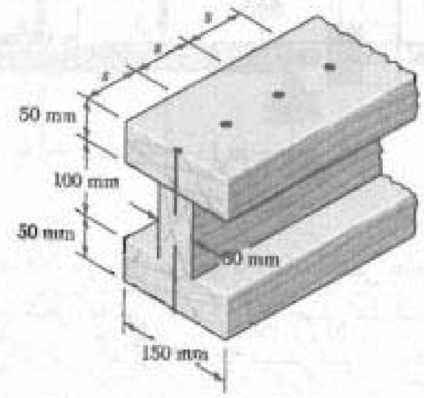
مسائل

۶-۱ سه تخته به ابعاد ۳۸ mm × ۹۰ mm به‌هم میخ شده‌اند و تیری را تشکیل داده‌اند که تحت برش عمودی ۱ kN قرار دارد. اگر فاصله بین هر دو میخ ۶۰ mm باشد، نیروی برشی در هر میخ را بیابید.



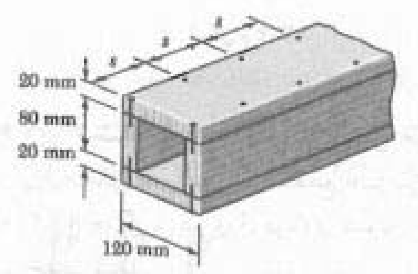
شکل م۶-۱

۶-۲ سه تخته، هر یک به ضخامت ۵۰ mm، به هم میخ شده‌اند و یک تیر را تشکیل داده‌اند. این تیر تحت برش عمودی قرار دارد. اگر نیروی برشی مجاز در هر میخ ۶۰۰ N و فاصله s بین هر دو میخ ۷۵ mm باشد، برش مجاز را بیابید.



شکل م۶-۲

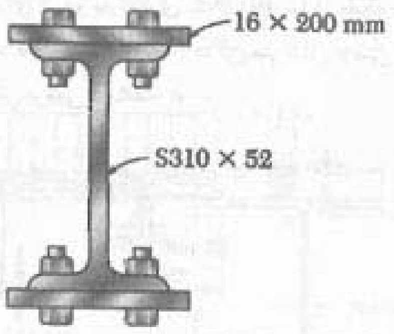
۶-۳ یک تیر چهارگوش جعبه‌ای از دو تخته ۲۰ × ۸۰ mm و دو تخته ۲۰ × ۱۲۰ mm که به‌هم میخ شده‌اند تشکیل شده است. اگر فاصله s بین میخ‌ها ۵۰ mm و برش عمودی V در هر تیر ۳۰۰ N باشد، مطلوبست: (الف) نیروی برشی در هر میخ، (ب) ماکزیمم تنش برشی در تیر.



شکل م۶-۳ و م۶-۴

۶-۴ یک تیر جعبه‌ای چهارگوش از دو تخته به ابعاد ۲۰ × ۸۰ mm و دو تخته به ابعاد ۲۰ × ۱۲۰ mm که به‌هم میخ شده‌اند تشکیل شده است. اگر فاصله s بین میخ‌ها ۳۰ mm و نیروی برشی مجاز در هر میخ ۱۲۰۰ N باشد، مطلوبست: (الف) ماکزیمم برش عمودی مجاز در تیر، (ب) ماکزیمم تنش برشی مجاز در تیر.

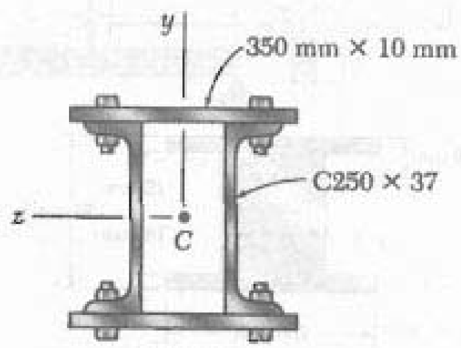
۶-۵ تیر استاندارد فولادی آمریکایی نشان داده شده توسط دو ورق ۲۰۰ × ۱۶ mm تقویت شده است. برای اتصال ورق‌ها به‌تیر، از پیچ‌های به‌قطر ۱۸ mm که به فاصله طولی ۱۲۰ mm از هم قرار دارند استفاده شده است. اگر تنش برشی متوسط مجاز در پیچ‌ها ۹۰ MPa



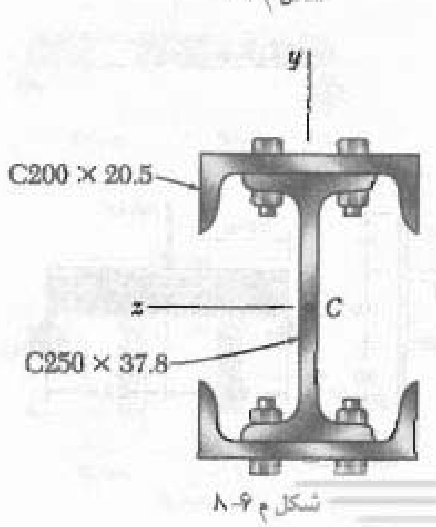
شکل م۶-۵

۶-۶ مسئله ۶-۵ را با این فرض حل کنید که ضخامت ورق‌ها ۱۲ mm باشد.

۶-۷ و ۶-۸ عضوهای فولادی نورد شده را با پیچ و مهره‌هایی به قطر ۱۸ mm، که در امتداد طولی در هر ۱۲۵ mm قرار دارند، به یکدیگر متصل کرده‌ایم و ستونی را ساخته‌ایم. تنش برش متوسط در پیچ و مهره‌ها را بر اثر نیروی برشی ۱۲۰ kN، که به موازات محور y است، بیابید.

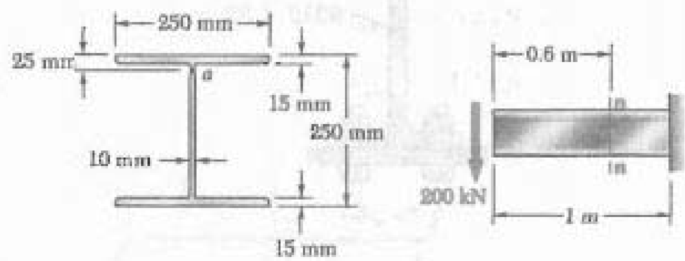


شکل م۶-۷

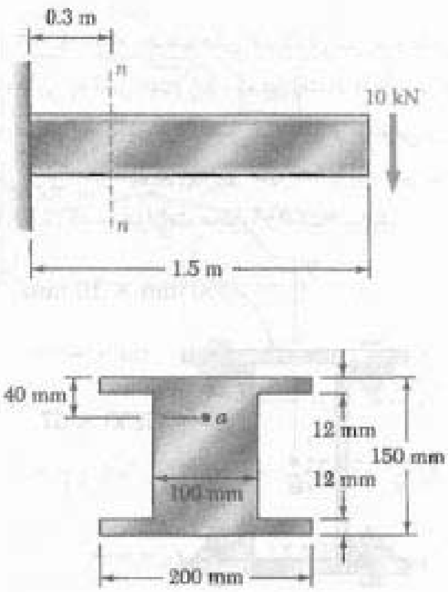


شکل م۶-۸

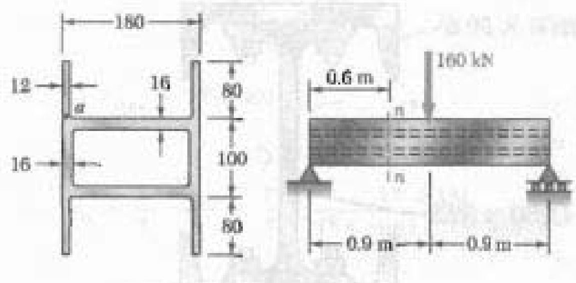
۶-۹ تا ۶-۱۲ برای تیر و بارگذاری نشان داده شده، مقطع n-n را در نظر بگیرید. مطلوبست: (الف) ماکزیمم تنش برشی در این مقطع، (ب) تنش برشی در نقطه a.



شکل م۶-۹

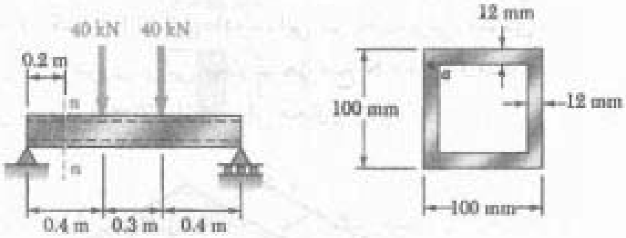


شکل م۶-۱۰



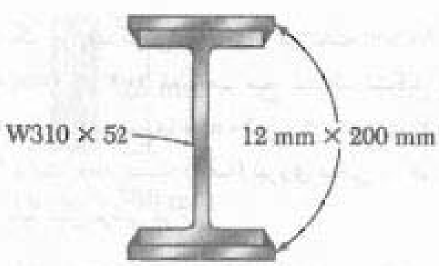
ابعاد برحسب mm

شکل م۶-۱۱



شکل م۶-۱۲

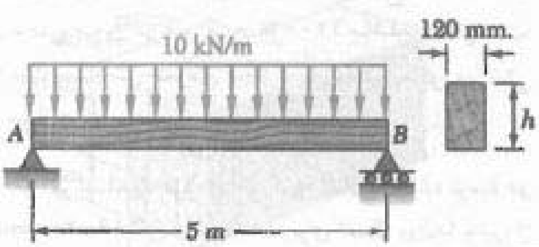
۶-۱۳ دو ورق فولادی با مقطع عرضی ۱۲ × ۲۰۰ mm، مطابق شکل، به تیر W۳۱۰ × ۵۲ جوش شده‌اند. اگر تنش برشی در تیر نباید از ۹۰ MPa بیشتر شود، ماکزیمم برش عمودی مجاز را بیابید.



شکل م۶-۱۳

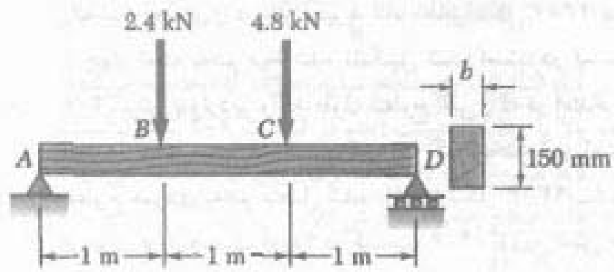
۶-۱۴ مسئله ۶-۱۳ را با این فرض حل کنید که: (الف) ورق‌های فولادی با مقطع عرضی مستطیلی ۸ × ۲۰۰ mm جایگزین دو ورق فولادی شوند، (ب) دو ورق فولادی حذف شوند.

۶-۱۵ برای تیر نشان داده شده، مینیمم عمق h را بیابید. $\tau_{all} = ۰٫۹\ \text{MPa}$ و $\sigma_{all} = ۱۲\ \text{MPa}$



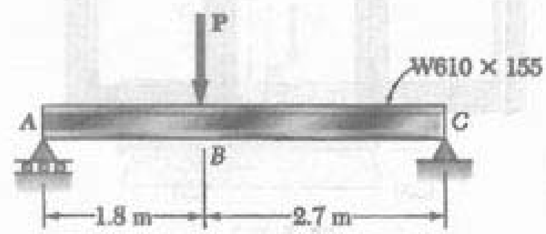
شکل م۶-۱۵

۶-۱۶ برای تیر نشان داده شده، مینیمم عرض b را بیابید.
$\sigma_{all} = ۱۲$ MPa و $\tau_{all} = ۸۲۵$ kPa



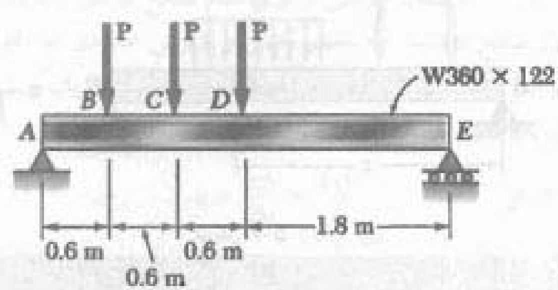
شکل م۶-۱۶

۶-۱۷ برای تیر بال‌پهن نشان داده شده، ماکزیمم بار **P** را بیابید. ماکزیمم تنش قائم ۱۶۵ MPa و ماکزیمم تنش برشی، با استفاده از رابطه $\tau_m = V/A_{جان}$، ۱۰۰ MPa است.



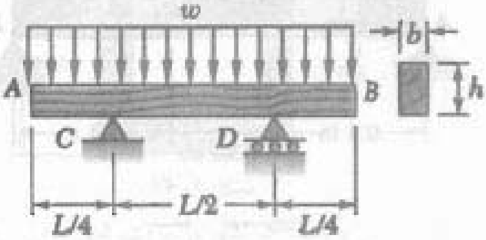
شکل م۶-۱۷

۶-۱۸ برای تیر بال‌پهن نشان داده شده، ماکزیمم بار **P** را بیابید. ماکزیمم تنش قائم ۱۶۰ MPa و ماکزیمم تنش برشی، با استفاده از رابطه $\tau_m = V/A_{جان}$، ۱۰۰ MPa است.



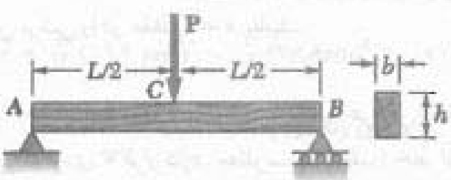
شکل م۶-۱۸

۶-۱۹ تیر چوبی AB، با طول L و مقطع عرضی مستطیلی، بار یکنواخت توزیعی w را مطابق شکل تحمل می‌کند. (الف) نشان دهید که نسبت ماکزیمم مقادیر تنش برشی به تنش قائم در تیر، τ_m/σ_m، مساوی $h/۲L$ است، که در آن h و L، به‌ترتیب، عمق و طول تیر هستند. (ب) اگر $L = ۵$ m، $w = ۸$ kN/m، $\tau_m = ۱/۰۸$ MPa و $\sigma_m = ۱۲$ MPa، عمق h و عرض b تیر را بیابید.



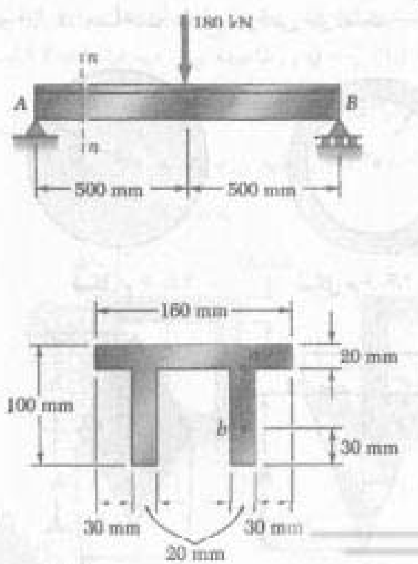
شکل م۶-۱۹

۶-۲۰ تیر چوبی AB با مقطع عرضی مستطیلی و با تکیه‌گاه ساده، بار متمرکز **P** را در دهانه میانی C تحمل می‌کند. (الف) نشان دهید که نسبت مقادیر ماکزیمم تنش برشی به تنش قائم در تیر، τ_m/σ_m، مساوی $h/۲L$ است، که در آن h و L، به‌ترتیب، عمق و طول تیر هستند. (ب) اگر $L = ۲$ m، $P = ۴۰$ kN، $\tau_m = ۹۶۰$ kPa و $\sigma_m = ۱۲$ MPa، عمق h و عرض b تیر را بیابید.

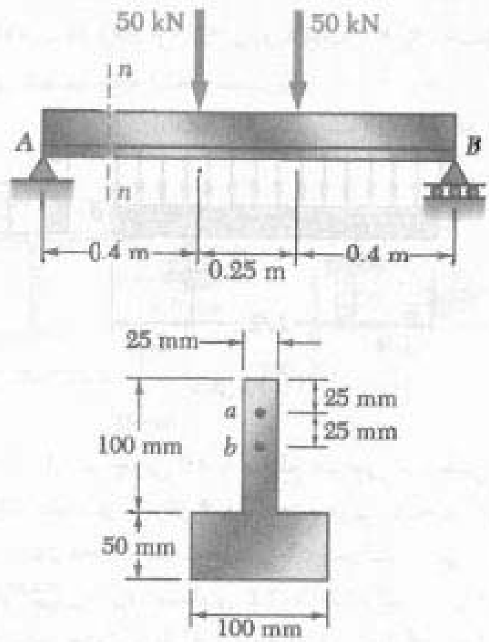


شکل م۶-۲۰

۶-۲۱ و ۶-۲۲ برای تیر و بارگذاری داده شده، مقطع n-n را در نظر بگیرید. مطلوبست تنش برشی: (الف) در نقطه a، (ب) در نقطه b.



شکل م۶-۲۱ و م۶-۲۳



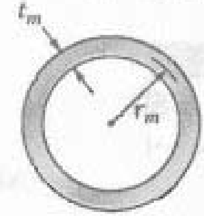
شکل م۶-۲۲ و م۶-۲۴

۶-۲۳ و ۶-۲۴ برای تیر و بارگذاری داده شده، ماکزیمم تنش برشی را در مقطع n-n بیابید.

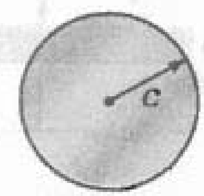
۶-۲۵ تا ۶-۲۸ یک تیر با مقطع عرضی داده شده تحت برش عمودی **V** قرار دارد. مطلوبست: (الف) خط افقی که تنش برشی در امتداد آن دارای مقدار ماکزیمم است، (ب) ثابت k در عبارت ماکزیمم تنش برشی زیر:

$$\tau_{max} = k\frac{V}{A}$$

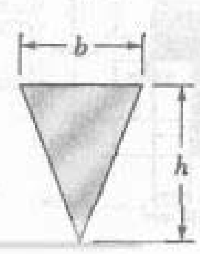
که در آن، A مساحت مقطع عرضی تیر است.



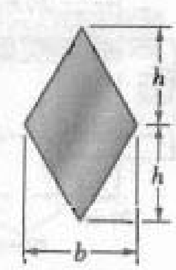
شکل م۶-۲۶



شکل م ۶-۲۵



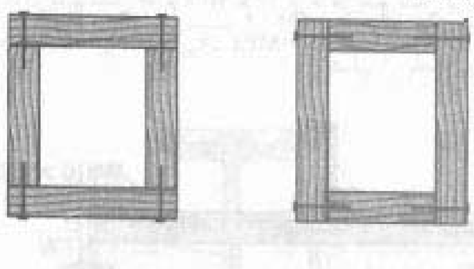
شکل م۶-۲۸



شکل م ۶-۲۷

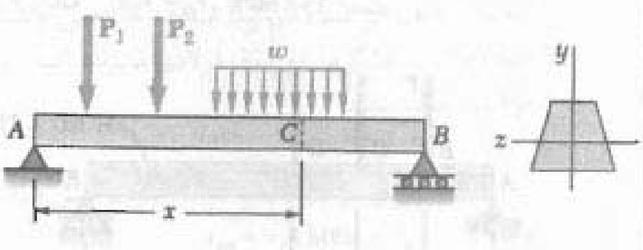
۶-۶ نیروی برشی طولی وارد بر یک جزء تیر با شکل اختیاری

یک تیر جعبه‌ای را در نظر بگیرید که، مطابق شکل ۶-۲۳الف، از چهار تخته به‌هم میخ شده تشکیل شده است. در قسمت ۶-۲، برش q وارد بر واحد طول سطوح افقی را که در امتداد آنها تخته‌ها به‌هم متصل‌اند تعیین کردیم. اگر تخته‌ها در امتداد سطوح عمودی به‌هم متصل شده باشند (شکل ۶-۲۳ب)، آیا می‌توان q را به‌دست آورد؟ در قسمت ۶-۴، توزیع تنش قائم τ_{xy} را در یک تیر W یا تیر S را بررسی کردیم و دیدیم که این تنش‌ها در جان تیر دارای مقدار نسبتاً ثابتی هستند و در بال‌ها قابل صرف‌نظرند. درباره مؤلفه‌های افقی τ_{xz} در بال‌ها چه می‌توان گفت؟


(الف) (ب)

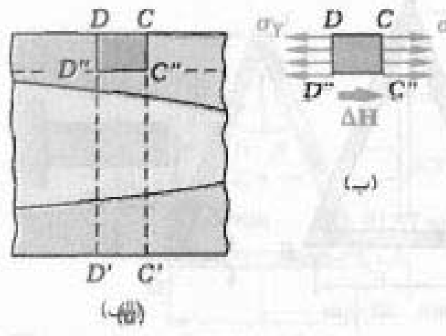
شکل ۶-۲۳

برای پاسخ به این سئوال، روش قسمت ۶-۲ را برای تعیین برش q در طول واحد بسط می‌دهیم و آن را برای حالت‌های فوق‌الذکر به کار می‌بریم.



شکل ۶-۵ (تکراری)

تیر منشوری AB را در شکل ۶-۵ در نظر بگیرید. این تیر دارای صفحه تقارن عمودی است و بارهای داده شده را تحمل می‌کند. در فاصله x از انتهای A، جزء $CDD'C'$ به طول Δx را مطابق شکل ۶-۲۴ جدا می‌کنیم. طبق شکل ۶-۲۵، این جزء تحت نیروهای زیر قرار دارد: نیروهای برشی عمودی V'_C و V'_D، نیروهای قائم افقی جزئی $\sigma_C dA$ و $\sigma_D dA$، بار



شکل ۶-۴۰

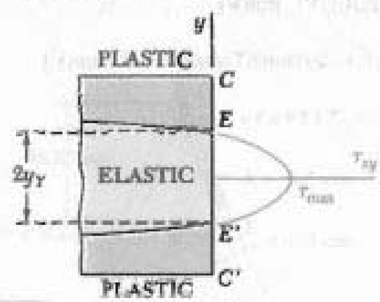
با توجه به تعادل جسم آزاد $CC''D''D$، نیروی برشی افقی ΔH وارد بر وجه پایینی آن صفر است. در نتیجه، مقدار متوسط تنش برشی افقی τ_{yx} در عرض تیر در C'' صفر است، و مقدار متوسط تنش برشی عمودی τ_{xy} نیز صفر است. لذا، برش عمودی $V = P$ در مقطع CC' به‌طور کامل روی قسمت EE' آن مقطع توزیع شده است و داخل ناحیه الاستیک قرار دارد (شکل ۶-۴۱). می‌توان نشان داد که توزیع تنش‌های برشی روی EE' مانند توزیع آنها در یک تیر الاستیک مستطیلی است که عرض آن، مانند عرض تیر AB، برابر با b و عمق آن مساوی ضخامت $2y_Y$ منطقه الاستیک است. اگر مساحت $2by_Y$ قسمت الاستیک مقطع عرضی را با A' نشان دهیم، نتیجه می‌شود:

$$\tau_{xy} = \frac{3}{2}\frac{P}{A'}\left(1 - \frac{y^2}{y_Y^2}\right) \qquad (۶\text{-}۱۵)$$

ماکزیمم مقدار تنش برشی برای $y = 0$ روی می‌دهد و چنین است:

$$\tau_{max} = \frac{3}{2}\frac{P}{A'} \qquad (۶\text{-}۱۶)$$

با کاهش مساحت A' قسمت الاستیک مقطع عرضی، τ_{max} افزایش می‌یابد و سرانجام به استقامت تسلیم برشی τ_Y می‌رسد. لذا، برش در شکست نهایی تیر سهم دارد. برای تحلیل دقیق‌تر این حالت شکست، باید اثر ترکیبی تنش‌های قائم و برشی را در نظر گرفت*.



شکل ۶-۴۱

مسئله نمونه ۶-۳

اگر برش عمودی در تیر فولادی نورد شده W ۲۵۰ × ۱۰۱ برابر با ۲۰۰ kN باشد، تنش برشی افقی در بال بالایی را در نقطه a به فاصله ۱۰۸ mm از لبه تیر بیابید. ابعاد و سایر داده‌های هندسی مقطع فولادی نورد شده در پیوست ج داده شده‌اند.

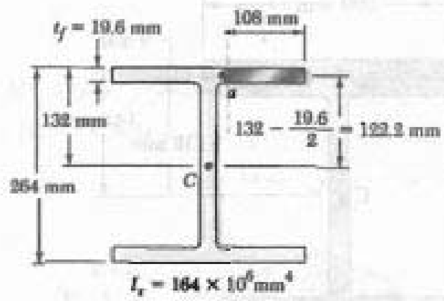
حل

قسمت سایه خورده بال را در نقطه a در امتداد خط‌چین می‌بریم.

$$Q = (108\,\text{mm})(19.6\,\text{mm})(122.2\,\text{mm}) = 258.7\times10^3\,\text{mm}^3$$

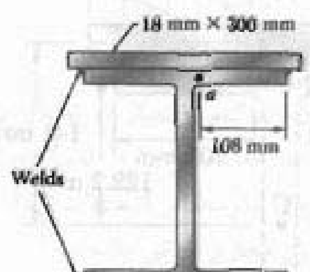
$$\tau = \frac{VQ}{It} = \frac{(200\,\text{kN})(258.7\times10^3\,\text{mm}^3)}{(164\times10^6\,\text{mm}^4)(19.6\,\text{mm})}$$

$$\Longrightarrow \quad \tau = 16.1\,\text{MPa}$$



مسئله نمونه ۶-۴

مسئله نمونه ۶-۳ را با این فرض حل کنید که ورق‌های ۱۸ × ۳۰۰ mm به بال‌های تیر متصل شده باشند.



حل

ممان اینرسی مرکزی تیر مرکب چنین است:

$$I = 164\times10^6\,\text{mm}^4 + 2\left[\tfrac{1}{12}(300\,\text{mm})(18\,\text{mm})^3 + (300\,\text{mm})(18\,\text{mm})(141\,\text{mm})^2\right]$$

$$I = 379\times10^6\,\text{mm}^4$$

* به مسئله ۶-۵۵ نگاه کنید.

چون بال و ورق بالایی فقط در نقاط جوشکاری به‌هم متصل‌اند، بال را در نقاط a و a' می‌بُریم و تنش برشی را در نقطه a می‌یابیم.

برای سطح سایه خورده جدا شده،

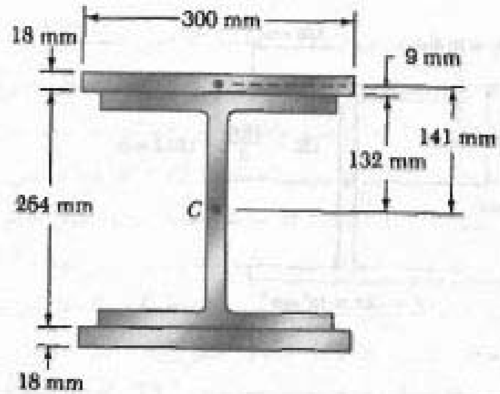
$$t = ۲t_f = ۲(۱۹/۶\ \text{mm}) = ۳۹/۲\ \text{mm}$$

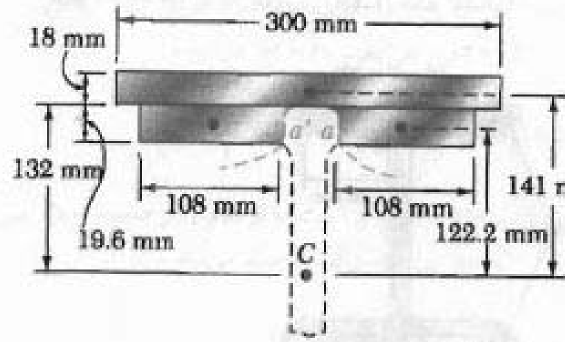
$$Q = ۲[(۱۰۸\ \text{mm})(۱۹/۶\ \text{mm})(۱۲۲/۲\ \text{mm})] + (۳۰۰\ \text{mm})(۱۸\ \text{mm})(۱۴۱\ \text{mm})$$

$$Q = ۱/۲۸ \times ۱۰^{۶}\ \text{mm}^{۳}$$

$$\tau = \frac{VQ}{It} = \frac{(۲۰۰\ \text{kN})(۱/۲۸\times۱۰^{۶}\ \text{mm}^{۳})}{(۳۷۹\times۱۰^{۶}\ \text{mm}^{۴})(۳۹/۲\ \text{mm})}$$

$$\Longrightarrow \tau = ۱۷/۲\ \text{MPa}$$ ◄

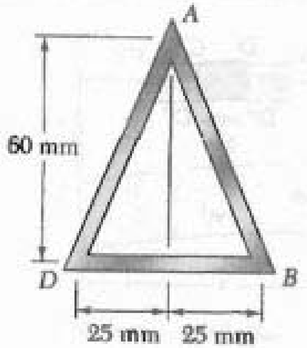


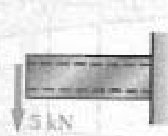


مسئله نمونه ۶-۵

تیر جدار نازک آلومینیومی نشان داده شده دارای دیواره یکنواخت با ضخامت ۳ mm است. اگر نیروی برشی در تیر ۵ kN باشد، مطلوبست: (الف) تنش برشی در نقطه A، (ب) ماکزیمم تنش برشی در تیر.

توجه: ابعاد داده شده تا خطوط میانی سطوح خارجی و داخلی تیر هستند.

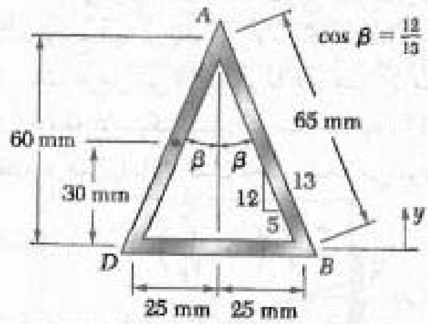




حل

مرکز هندسی. با توجه به $AB = AD = ۶۵\ \text{mm}$،

$$\bar{Y} = \frac{\sum \bar{y}A}{\sum A} = \frac{۲[(۶۵\ \text{mm})(۳\ \text{mm})(۳۰\ \text{mm})]}{۲[(۶۵\ \text{mm})(۳\ \text{mm})] + (۵۰\ \text{mm})(۳\ \text{mm})} = ۲۱/۶۷\ \text{mm}$$

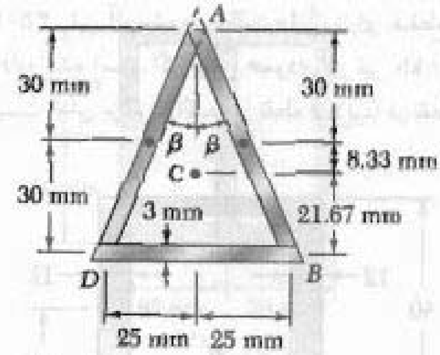


ممان اینرسی نسبت به محور گذرا از مرکز سطح. طرفین تیر جدار نازک را می‌توان متوازی‌الاضلاع گرفت. لذا، برای حالت داده شده، $I_{nn} = bh^{۳}/۱۲$ که در آن b در امتداد محور nn اندازه‌گیری می‌شود.

$$b = (۳\ \text{mm})/\cos\beta = (۳\ \text{mm})/(\tfrac{۱۲}{۱۳}) = ۳/۲۵\ \text{mm}$$

$$I = \sum(\bar{I} + Ad^{۲}) = ۲[\tfrac{۱}{۱۲}(۳/۲۵\ \text{mm})(۶۰\ \text{mm})^{۳} + (۳/۲۵\ \text{mm})(۶۰\ \text{mm})(۸/۳۳\ \text{mm})^{۲}] + [\tfrac{۱}{۱۲}(۵۰\text{mm})(۳\text{mm})^{۳} + (۵۰\text{mm})(۳\text{mm})(۲۱/۶۷\text{mm})^{۲}]$$

$$= ۲۱۴/۶\times۱۰^{۳}\ \text{mm}^{۴} = ۰/۲۱۴۶\times۱۰^{-۶}\ \text{m}^{۴}$$



الف. تنش برشی در A. برای تنش برشی τ در A، جریان برش عبارت است از $q_A = \tau_A t$ و در یکی از دو جهت نشان داده شده است. اما مقطع عرضی و بارگذاری نسبت به یک خط عمودی گذرا از A متقارن‌اند. لذا، جریان برش نیز باید متقارن باشد. چون هیچکدام از جریان‌های برش ممکن متقارن نیست،

◀ $\tau_A = ۰$

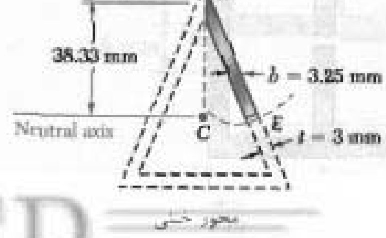
ب. ماکزیمم تنش برشی. چون ضخامت دیواره ثابت است، ماکزیمم تنش برشی در محور خنثی به‌وجود می‌آید، یعنی در جایی که Q ماکزیمم است. چون تنش برشی در A صفر است، مقطع را در امتداد خط‌چین می‌بُریم و قسمت سایه خورده را جدا می‌کنیم. برای تعیین ماکزیمم تنش برشی، مقطع بریده در محور خنثی را عمود بر وجوه می‌گیریم. طول t این مقطع ۳ mm است. درنتیجه،

$$Q = [(۳٫۲۵\ \text{mm})(۳۸٫۳۳\ \text{mm})]\left(\frac{۳۸٫۳۳\ \text{mm}}{۲}\right) = ۲۳۸۷\ \text{mm}^۳$$

$$Q = ۲٫۳۸۷ \times ۱۰^{-۶}\ \text{m}^۳$$

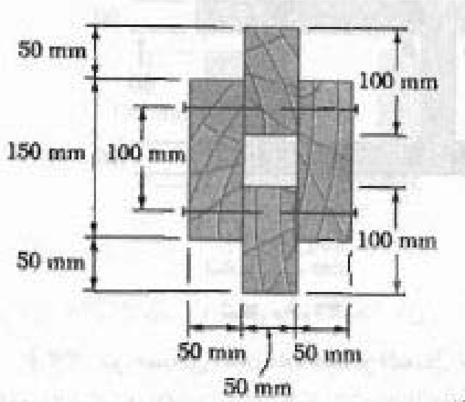
$$\tau_E = \frac{VQ}{It} = \frac{(۵\ \text{kN})(۲٫۳۸۷\times۱۰^{-۶}\ \text{m}^۳)}{(۰٫۲۱۴۶\times۱۰^{-۶}\ \text{m}^۴)(۰٫۰۰۳\ \text{m})}$$

◀ $\tau_E = ۱۸٫۵۴\ \text{MPa}$



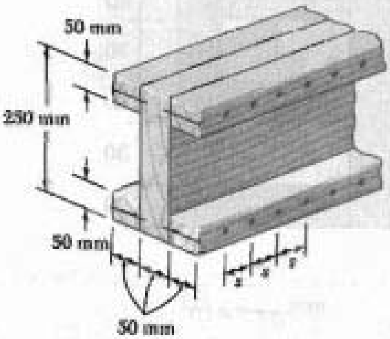
مسائل

۶-۲۹ تیر چوبی سر هم شدهٔ نشان داده شده تحت برش عمودی ۶ kN قرار دارد. اگر فاصله طولی بین میخ‌ها، s، ۶۰ mm و طول هر میخ ۹۰ mm باشد، نیروی برشی در هر میخ را بیابید.



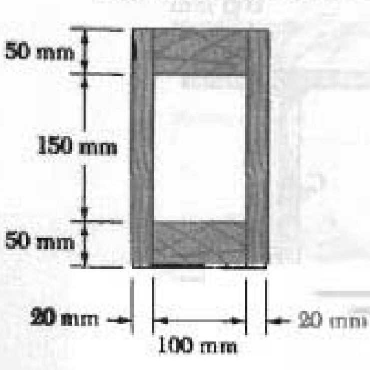
شکل م۶-۲۹

۶-۳۰ تیر چوبی نشان داده شده تحت برش عمودی ۵ kN قرار دارد. اگر نیروی مجاز برشی در میخ‌ها ۳۰۰ N باشد، ماکزیمم فاصله مجاز s را بین میخ‌ها بیابید.



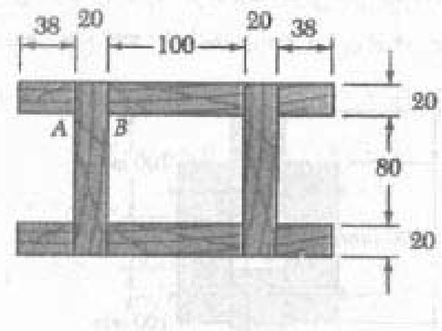
شکل م۶-۳۰

۶-۳۱ تیر چوبی نشان داده شده از اتصال دو تخته به ابعاد ۲۵۰ × ۲۰ mm و دو تخته به ابعاد ۱۰۰ × ۵۰ mm ساخته شده است. اگر تنش برشی مجاز متوسط در اتصالات ۳۵۰ kPa باشد، ماکزیمم برش عمودی مجاز را در تیر بیابید.



شکل م ۶-۳۱

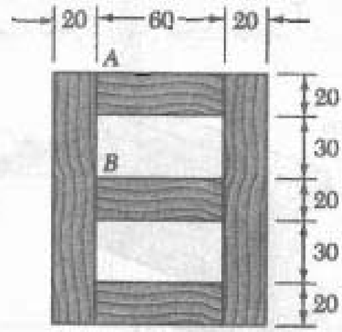
۶-۳۲ تیر چوبی نشان داده شده از اتصال چند تخته ساخته شده‌است. اگر تیر تحت برش 5 kN قرار گیرد، مطلوبست تنش برش متوسط در اتصال چسبی: (الف) در A، (ب) در B.



ابعاد برحسب mm

شکل م۶-۳۲

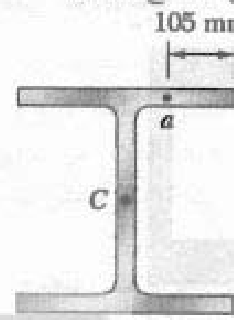
۶-۳۳ تیر جعبه‌ای نشان داده شده از اتصال چند تخته ساخته شده است. اگر تیر تحت برش عمودی 3 kN قرار گیرد، مطلوبست تنش برشی متوسط در اتصال چسبی: (الف) در نقطه A، (ب) در نقطه B.



ابعاد برحسب mm

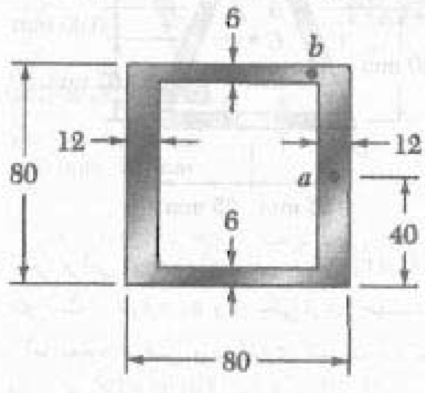
شکل م۶-۳۳

۶-۳۴ اگر تیر فولادی نورد شده $W360 \times 122$ تحت برش عمودی 250 kN باشد، مطلوبست تنش برشی: (الف) در نقطه A، (ب) در مرکز سطح C مقطع عرضی.



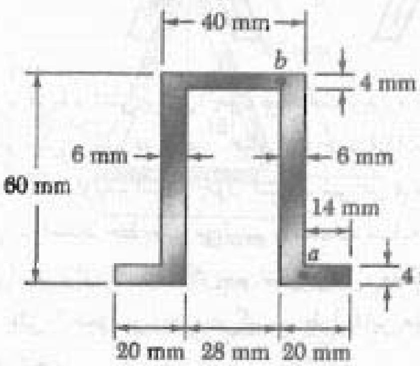
شکل م۶-۳۴

۶-۳۵ تیر آلومینیومی اکستروژنی دارای مقطع عرضی نشان داده شده است. اگر برش عمودی در تیر 150 kN باشد، مطلوبست تنش برشی: (الف) در نقطه a، (ب) در نقطه b.



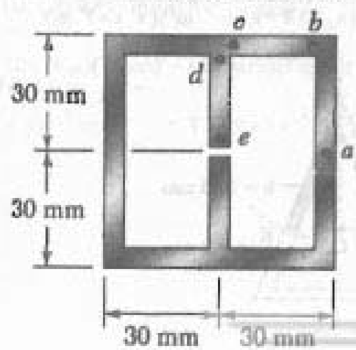
شکل م۶-۳۵

۶-۳۶ اگر برش عمودی داده شدهٔ V باعث ایجاد ماکزیمم تنش برشی 75 MPa در مقطع نشان داده شده شود، مطلوبست تنش برشی متناظر: (الف) در نقطه a، (ب) در نقطه b.

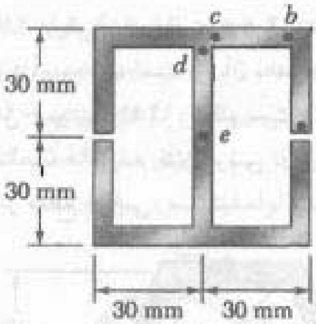


شکل م۶-۳۶

۶-۳۷ و ۶-۳۸ تیر اکستروژن نشان داده شده دارای دیواره با ضخامت یکنواخت 3 mm است. اگر برش عمودی در تیر 8 kN باشد، تنش برشی در هر پنج نقطه داده شده را بیابید.

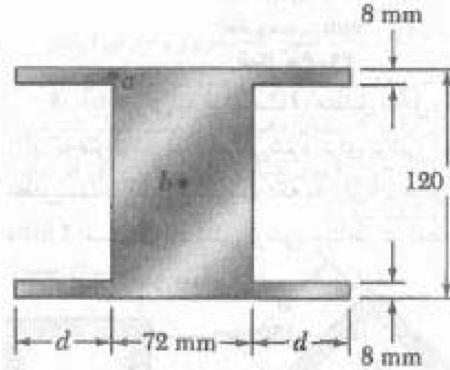


شکل م۶-۳۷



شکل م ۶-۳۸

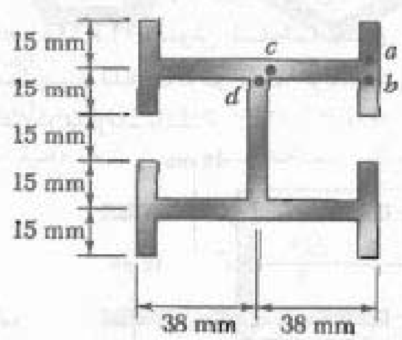
۶-۳۹ برش عمودی در تیری با مقطع عرضی نشان داده شده ۲۵ kN است. اگر $d = ۵۰$ mm، مطلوبست تنش برشی: (الف) در نقطه a، (ب) در نقطه b.



شکل م ۶-۳۹ و م ۶-۴۰

۶-۴۰ برش عمودی در تیری با مقطع عرضی نشان داده شده ۲۵ kN است. مطلوبست: (الف) فاصله d که به ازای آن $\tau_a = \tau_b$، (ب) تنش برشی متناظر در نقاط a و b.

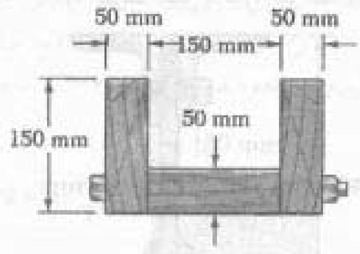
۶-۴۱ ضخامت دیواره تیر نشان داده شده ۵ mm است. اگر برش عمودی V باعث ایجاد ماکزیمم تنش برشی $\tau = ۶۰$ MPa در تیر شود، تنش برشی را در چهار نقطه نشان داده شده بیابید.



شکل م ۶-۴۱

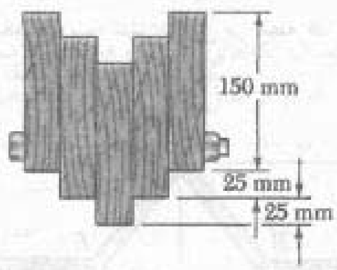
۶-۴۲ مسئله ۶-۴۱ را با این فرض حل کنید که تیر تحت برش افقی V قرار گیرد.

۶-۴۳ سه تخته به هم پیچ شده‌اند و تیر نشان داده شده را تشکیل داده‌اند. قطر هر پیچ ۱۰ mm و فاصله پیچ‌ها از هم در امتداد محور طولی تیر ۳۰۰ mm است. اگر تیر تحت برش عمودی ۱۰ kN قرار گیرد، تنش برشی متوسط را در پیچ‌ها بیابید.



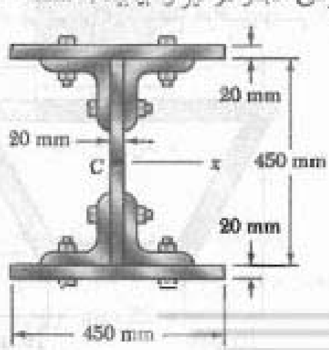
شکل م ۶-۴۳

۶-۴۴ تیری از اتصال پنج تخته، هر یک با مقطع عرضی ۱۵۰ × ۳۸ mm، ساخته شده است. تخته‌ها توسط پیچ‌هایی که به فاصله طولی ۲۲۰ mm از هم قرار دارند به هم پیچ شده‌اند. اگر برش در تیر به‌صورت عمودی و ۸ kN باشد و تنش برشی متوسط مجاز در هر پیچ ۵۰ MPa باشد، کمترین قطر مجاز پیچ‌ها را بیابید.



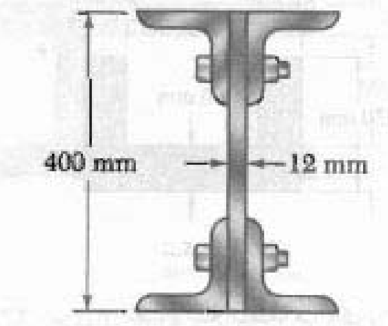
شکل م ۶-۴۴

۶-۴۵ دو ورق فولادی به ابعاد ۲۰ × ۴۵۰ mm به چهارنبشی به ابعاد L ۱۵۲ × ۱۵۲ × ۱۹٫۰ جوش شده‌اند و مقطع عرضی نشان داده شده را ساخته‌اند. پیچ‌ها به قطر ۲۲ mm هستند و در فاصله طولی ۱۲۵ mm از هم قرار دارند. اگر تنش برشی متوسط مجاز در پیچ‌ها ۹۰ MPa باشد، بیشترین تنش برش عمودی مجاز در تیر را بیابید ($I_x = ۱۸۹۶ \times ۱۰^۶$ mm^۴).



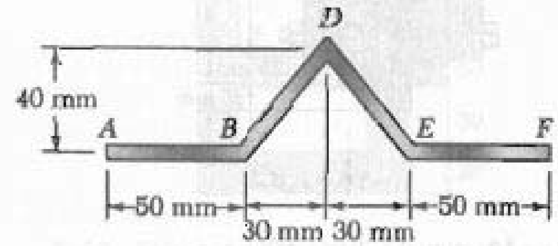
شکل م ۶-۴۵

۶-۴۶ چهارنبشی فولادی ۹٫۵ × ۱۰۲ × ۱۰۲ و یک ورق فولادی mm ۴۰۰ × ۱۲ به هم پیچ شده‌اند و تیر نشان داده شده را ساخته‌اند. پیچ‌ها به قطر mm ۲۲ هستند و فاصله آنها از هم در امتداد محور طولی تیر mm ۱۲۰ است. اگر تیر تحت برش عمودی kN ۲۴۰ قرار گیرد، تنش برشی متوسط را در هر پیچ بیابید.



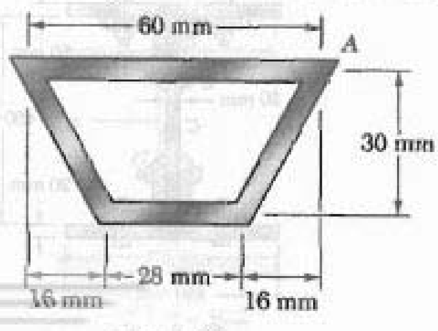
شکل م۶-۴۶

۶-۴۷ ورقی به ضخامت mm ۶، مطابق شکل، به‌صورت کنگره‌ای درآورده شده است و از آن به‌عنوان تیر استفاده می‌شود. برای برش عمودی kN ۵، مطلوبست: (الف) ماکزیمم تنش برشی در مقطع، (ب) تنش برشی در نقطه B. همچنین، جریان برش را در مقطع عرضی رسم کنید.



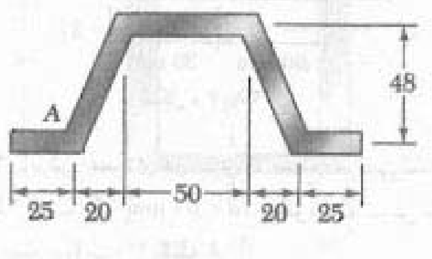
شکل م۶-۴۷

۶-۴۸ تیر با مقطع عرضی نشان داده شده دارای دیواره یکنواخت به ضخامت mm ۳ است. برای برش عمودی kN ۲۰، مطلوبست: (الف) تنش برشی در نقطه A، (ب) ماکزیمم تنش برشی در تیر. جریان برشی را در مقطع عرضی رسم کنید.



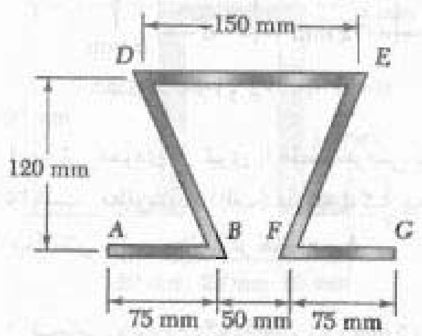
شکل م۶-۴۸

۶-۴۹ ورقی به ضخامت mm ۴، مطابق شکل، به‌صورت کنگره‌ای درآورده شده است و از آن به‌عنوان تیر استفاده می‌شود. برای برش عمودی kN ۱۲، مطلوبست: (الف) تنش برشی در نقطه A. (ب) ماکزیمم تنش برشی در تیر. همچنین، جریان برش را در مقطع عرضی رسم کنید.



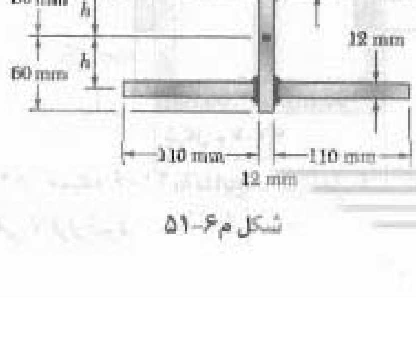
ابعاد برحسب mm
شکل م۶-۴۹

۶-۵۰ ورقی به ضخامت t، مطابق شکل، خم شده است و از آن به‌عنوان تیر استفاده می‌شود. برای برشی عمودی kN ۲٫۴، مطلوبست: (الف) ضخامت t که به ازای آن ماکزیمم تنش برشی MPa ۲ است، (ب) تنش برشی متناظر در نقطه E. همچنین، جریان برش را در مقطع عرضی رسم کنید.



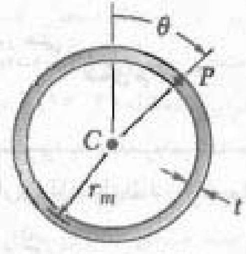
شکل م۶-۵۰

۶-۵۱ چهار ورق افقی به یک ورق عمودی mm ۱۲ × ۱۲۰ جوش شده‌اند. برای برش عمودی V، مطلوبست اندازه h به‌طوری که جریان برشی در سطح جوش خورده ماکزیمم باشد.



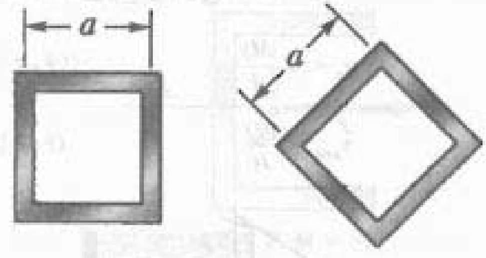
شکل م۶-۵۱

۶-۵۲ (الف) تنش برشی در نقطه P یک لوله جدار نازک با مقطع عرضی داده شده را بر اثر برش عمودی $\mathbf{V}$ بیابید. (ب) نشان دهید که ماکزیمم تنش برشی برای $\theta = 90°$ روی می‌دهد و این مقدار ماکزیمم مساوی $2V/A$ است، که در آن A مساحت مقطع عرضی لوله است.

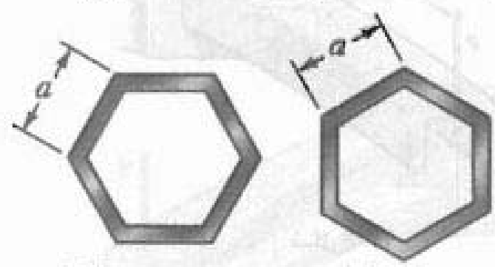


شکل م۶-۵۲

۶-۵۳ و ۶-۵۴ یک تیر اکستروژن دارای دیواره با ضخامت یکنواخت t است. اگر برش عمودی را با $\mathbf{V}$ و مساحت مقطع عرضی تیر را با A نشان دهیم، ماکزیمم تنش برشی را به‌صورت $\tau_{max} = k(V/A)$ بیان کنید و ثابت k را برای هر یک از دو وضعیت داده شده بیابید.



(الف) (ب) شکل م۶-۵۳



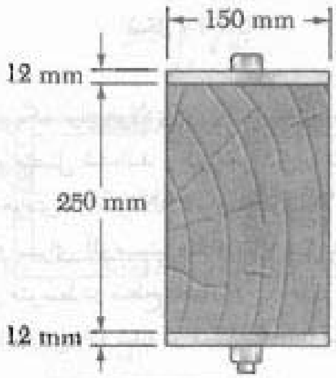
(الف) (ب) شکل م۶-۵۴

۶-۵۵ برای تیری که از دو یا چند ماده با مدول‌های الاستیسیته مختلف ساخته شده است، نشان دهید که معادله (۶-۶)

$$\tau_{ave} = \frac{VQ}{It}$$

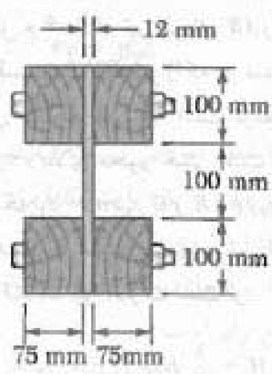
صحت دارد به شرطی که Q و I هر دو با استفاده از مقطع تبدیل یافته تیر محاسبه شود (به قسمت ۴.۶ نگاه کنید) و نیز به شرطی که t عرض واقعی تیر در جایی باشد که τ_{ave} محاسبه می‌شود.

۶-۵۶ از اتصال تکه‌های چوبی و فولادی توسط پیچ‌هایی به قطر ۱۲ mm، که در فواصل طولی ۲۰۰ mm از هم قرار دارند، تیر مرکب نشان داده شده ساخته شده است. مدول الاستیسیته برای چوب ۱۰ GPa و برای فولاد ۲۰۰ GPa است. (الف) تنش برشی متوسط در پیچ‌ها را بر اثر نیروی برشی عمودی ۴ kN بیابید (ب) تنش برشی را در مرکز مقطع عرضی بیابید. (راهنمایی: از روش داده شده در مسئله ۶-۵۵ استفاده کنید).



شکل م۶-۵۶

۶-۵۷ از اتصال تکه‌های چوبی و فولادی توسط پیچ‌هایی به قطر ۱۲ mm، که در فواصل طولی ۲۰۰ mm از هم قرار دارند، تیر مرکب نشان داده شده ساخته شده است. مدول الاستیسیته برای چوب ۱۳ GPa و برای فولاد ۲۰۰ GPa است. (الف) تنش برشی متوسط در پیچ‌ها را بر اثر نیروی برشی عمودی ۱۶ kN بیابید (ب) تنش برشی را در مرکز مقطع عرضی بیابید. (راهنمایی: از روش داده شده در مسئله ۶-۵۶ استفاده کنید).



شکل م۶-۵۷

۶-۵۸ یک میله فولادی و یک میله آلومینیومی، مطابق شکل، به‌هم متصل شده‌اند و تیر مرکبی را تشکیل داده‌اند. اگر برش عمودی در تیر ۶ kN و مدول الاستیسیته فولاد ۲۱۰ GPa و برای آلومینیوم ۷۰ GPa باشد، مطلوبست: