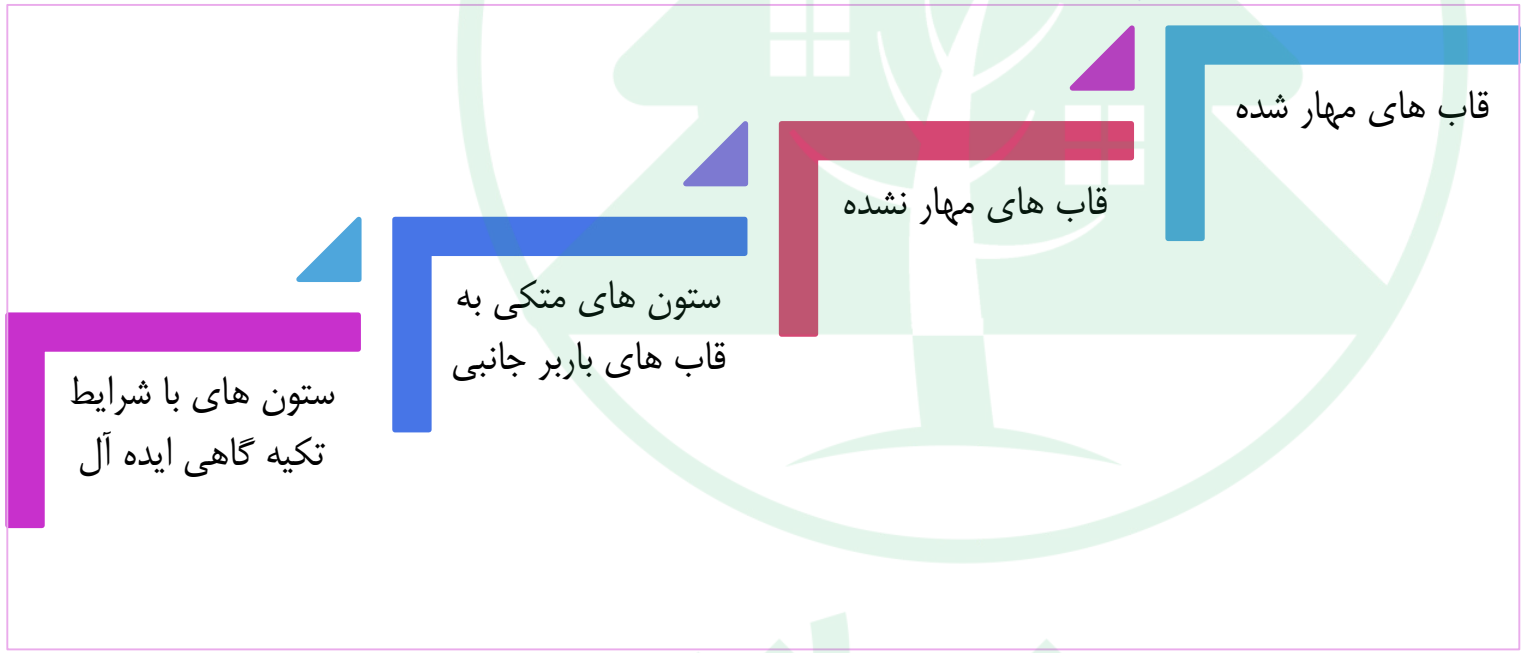
پیوست ۲

ضریب طول موثر اعضای فشاری

پیوست ۲ ضریب طول موثر اعضای فشاری

سیستم های باربر برای محاسبه ضریب طول موثر اعضای فشاری در روش طول موثر



پیوست ۲ ضریب طول موثر اعضای فشاری

صفحه ۵۳۷

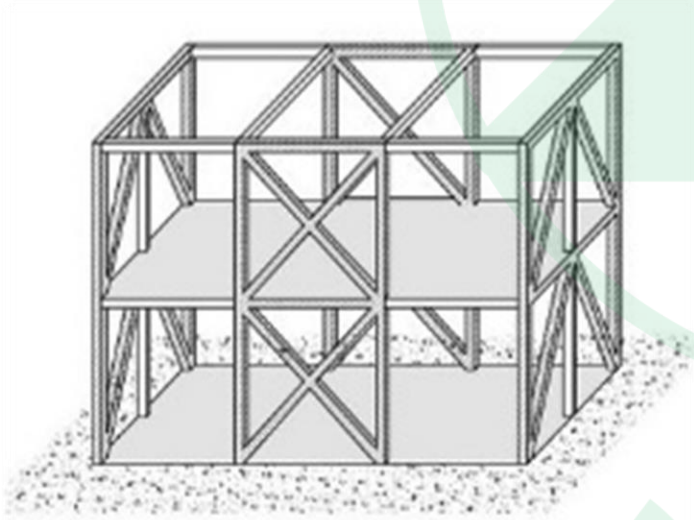
مطابق ۱۰-پ-۲-۱ قاب های مهار شده و طول موثر کمانشی اعضا:

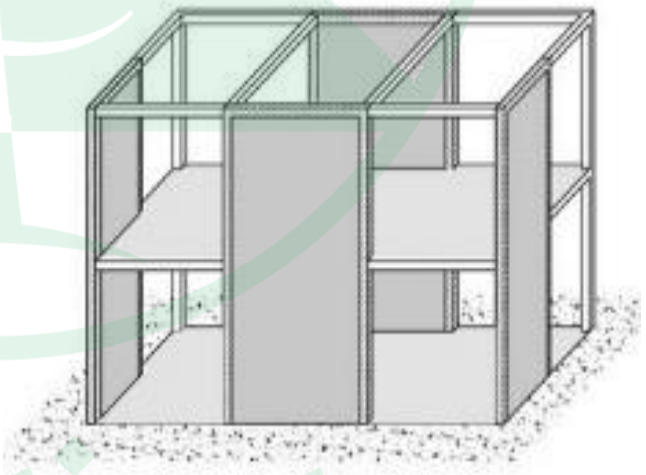
قاب های مهار شده: قاب هایی که پایداری جانبی و مقاومت در برابر بارهای جانبی به سختی خمشی ستون ها وابسته نبوده و در آن ها حرکت جانبی قاب با تکیه کردن بر مهاربندهای مورب، دیوارهای برشی یا به شیوه های مشابه مقید می شود.

محافظه کارانه

K=1

K ← ضریب طول موثر





پیوست ۲ ضریب طول موثر اعضای فشاری

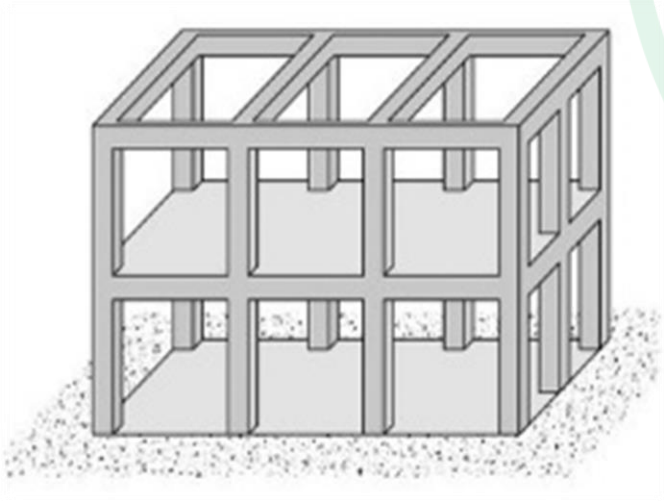
صفحه ۵۳۷

مطابق ۱۰-پ-۲-۲ قاب های مهار نشده و طول موثر کمانشی اعضا:

قاب های مهار نشده: قاب هایی که در آن ها فقط سختی جانبی قاب ها در پایداری جانبی موثر هستند و قاب به دیوار برشی یا مهاربندی متکی نیست. در این نوع قاب ها ضریب طول موثر (K) باید با استفاده از تحلیل کمانشی و الزامات بند ۱۰-۲-۱-۱ تعیین شود.

$K \geq 1$

همچنین می توان مقدار ضریب طول موثر (K) اعضای فشاری قاب های مهارنشده را از رابطه ۱۰-پ۲-۱ یا رابطه ۱۰-پ۲-۲ و یا نموگراف شکل ۱۰-پ۲-۱ نیز محاسبه نمود.



پیوست ۲ ضریب طول موثر اعضای فشاری

مطابق ۱۰-پ-۲-۲ قاب های مهار نشده و طول موثر کمانشی اعضا:

$$\frac{[G_A G_B(\pi/K)^2-36]}{6(G_A+G_B)}-\frac{\pi/K}{\tan(\pi/K)}=0 \qquad (۱۰\text{-پ}۲\text{-}۱)$$

$$K=\sqrt{\frac{1.6G_AG_B+4(G_A+G_B)+7.5}{G_A+G_B+7.5}}\geq 1.0 \qquad (۱۰\text{-پ}۲\text{-}۲)$$

G_A: ستون های متصل به گره A / تیر های متصل به گره A

$$G_A=\frac{\sum(\frac{EI}{L})_c}{\sum(\frac{EI}{L})_b}$$

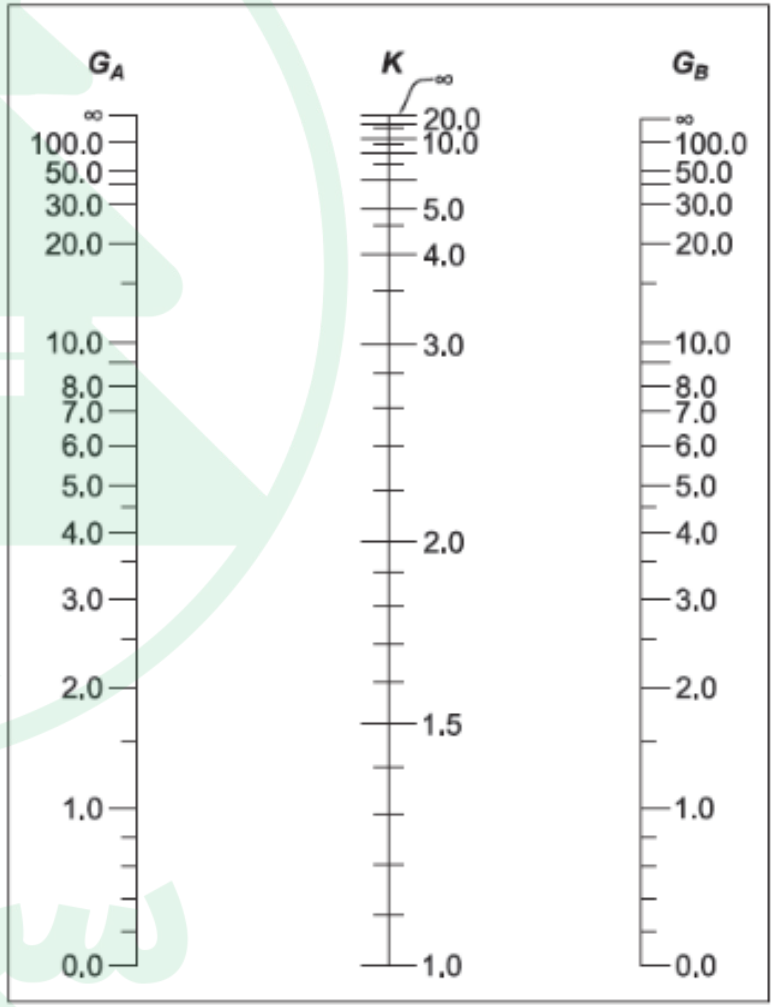
G_B: ستون های متصل به گره B / تیر های متصل به گره B

$$G_B=\frac{\sum(\frac{EI}{L})_c}{\sum(\frac{EI}{L})_b}$$

E= مدول الاستیسیته فولاد

I= ممان اینرسی تیرها و ستون ها حول محور عمود بر صفحه کمانش

L= طول اعضا



شکل ۱۰-پ۲-۱: ضریب طول مؤثر (K) اعضای فشاری قاب‌های مهارنشده برحسب G_A و G_B

پیوست ۲ ضریب طول موثر اعضای فشاری

مطابق ۱۰-پ-۲-۲ قاب های مهار نشده و طول موثر کمانشی اعضا:

یادداشت: برای محاسبه G_A و G_B ملاحظات زیر باید مد نظر قرار گیرند:

- برای انتهای گیردار ستون که ضریب G به صورت نظری صفر است، برابر **یک** فرض شود.
- برای انتهای مفصلی ستون که ضریب G به صورت نظری بی نهایت است، برابر **۱۰** فرض شود.
- هرگاه تیر متصل به عضو فشاری، طره ای باشد، EI/L آن تیر مساوی **صفر** در نظر گرفته می شود.
- هرگاه انتهای نزدیک تیر، مفصلی باشد، ، EI/L آن تیر مساوی **صفر** در نظر گرفته می شود.
- هرگاه انتهای دور تیر، مفصلی باشد، ، EI/L آن تیر باید در ضریب **۰/۵** ضرب شود.
- هرگاه دوران انتهای دور تیر، کاملاً مقید باشد، ، EI/L آن تیر باید در ضریب $\frac{2}{3}$ ضرب شود.

پیوست ۲ ضریب طول موثر اعضای فشاری

صفحه ۵۳۹

مطابق ۱۰-پ-۲-۲ قاب های مهار نشده و طول موثر کمانشی اعضا:

تبصره: هرگاه نسبت تغیرمکان جانبی نسبی حداکثر حاصل از تحلیل مرتبه دوم به تغییرمکان جانبی نسبی حداکثر ناشی از تحلیل مرتبه اول یا به طور تقریب مقدار ضریب B_2 در تحلیل الاستیک مرتبه اول تشدید یافته، برای تمام طبقات هر نوع سیستم سازه ای کم تر یا مساوی 1.1 باشد، کلیه قاب های آن سیستم سازه ای را می توان به عنوان قاب های مهارشده تلقی نمود و در نتیجه مطابق بند ۱۰-پ۲-۱ ضریب طول موثر (K) برای اعضای فشاری کلیه قاب های این نوع سیستم های سازه ای را برابر **یک** در نظر گرفت.

$$B_2 \leq 1.1$$
$$\Downarrow$$
قاب مهار شده
$$\Downarrow$$
$$K=1$$

پیوست ۲ ضریب طول موثر اعضای فشاری

مطابق ۱۰-پ-۲-۳ ستون های متکی به قاب های باربر جانبی:

ستون های متکی: ستون هایی که سختی جانبی آن ها در مقایسه با سختی جانبی سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی **بسیار ناچیز** بوده و **فقط** برای بارهای ثقلی طراحی می شوند.

- این ستون ها باید براساس طول واقعی ستون (K=1) طراحی شوند.
- پایداری جانبی این ستون ها باید از طریق قاب های خمشی، قاب های مهاربندی شده، دیوارهای برشی یا سایر سیستم های مقاوم در برابر بار جانبی، تأمین شود.
- آثار $P-\Delta$ ناشی از بار وارده بر ستون های متکی باید به سیستم های مقاوم در برابر بارهای جانبی منتقل شده و در تعیین مقاومت های مورد نیاز و طراحی اعضای سیستم های باربر جانبی مورد توجه قرار گیرند.
- آثار $P-\Delta$ ناشی از بار وارده بر ستون های قاب های ثقلی باید به اعضای سیستم های مقاوم در برابر بار جانبی منتقل شده و در محاسبات مقاومت های طراحی اعضای فشاری سیستم های باربر جانبی مورد توجه قرار گیرند.
- در **سیستم های سازه ای دارای قاب های مهار شده** (نظیر قاب های مهاربندی شده یا قاب های دارای دیوار برشی) این آثار **قابل توجه نبوده** و در طراحی اعضا فشاری قاب های مهار شده **می توان از آن چشم پوشی کرد.**

پیوست ۲ ضریب طول موثر اعضای فشاری

مطابق ۱۰-پ-۲-۳ ستون های متکی به قاب های باربر جانبی:

- در سیستم های سازه ای از نوع قاب خمشی که در آن برخی از قاب ها فقط دارای عملکرد ثقلی هستند، تأثیر انتقال آثار $P-\Delta$ ناشی از بارهای وارده بر ستون های قاب های ثقلی به ستون های قاب خمشی قابل ملاحظه بوده و باید در طراحی اعضا فشاری قاب های خمشی لحاظ شوند.
- برای در نظر گرفتن تأثیر انتقال آثار $P-\Delta$ قاب های ثقلی به اعضای فشاری قاب های خمشی کافی است ضریب طول موثر اعضا فشاری قاب های خمشی به شرح زیر محاسبه شود:

$$K_2=\sqrt{\frac{\frac{\pi^2 EI}{L^2}}{P_r}\left[\frac{P_{story}}{\sum\frac{\pi^2 EI}{(K_{n2}L)^2}}\right]}\geq\left(\sqrt{\frac{5}{8}}K_{n2}\,,1\right)$$

K_2= ضریب طول موثر ستون قاب خمشی با لحاظ تاثیر ستون های متکی

K_{n2}= ضریب طول موثر ستون باربر جانبی مدنظر از نمودار ۱۰-پ-۲-۱

P_{story} = مجموع بارهای قائم کلیه ستون های باربر جانبی و ثقلی طبقه ای که این ستون ها در آن قرار دارند. در روش LRFD منظور از P_{story} همان $\sum P_u$ طبقه بوده که باید براساس ترکیبات بارگذاری نظیر این روش محاسبه شود. در روش ASD منظور از P_{story} همان $\sum P_a$ طبقه بوده که باید براساس ترکیبات بارگذاری نظیر این روش محاسبه شود.

پیوست ۲ ضریب طول موثر اعضای فشاری

صفحه ۵۴۰

مطابق ۱۰-پ-۲-۳ ستون های متکی به قاب های باربر جانبی:

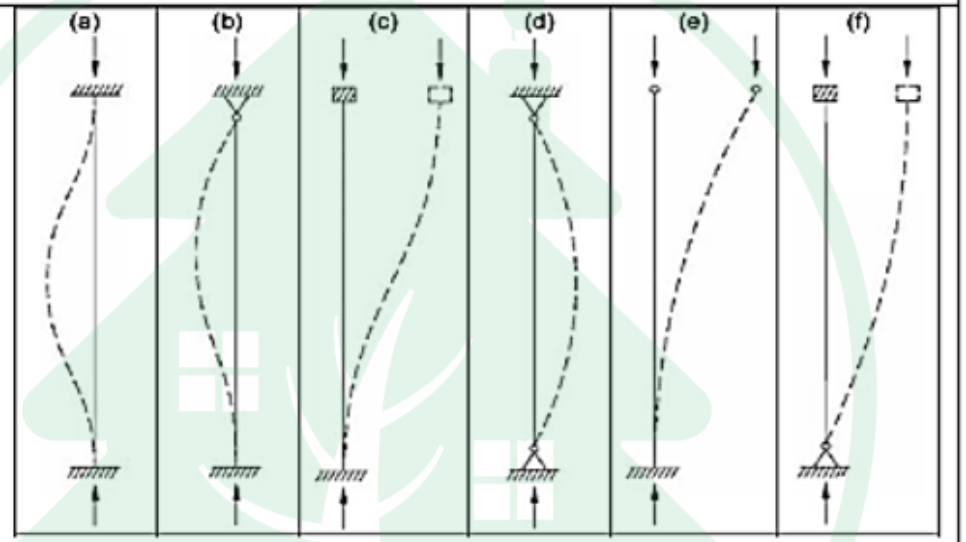
P_r = بار قائم ستون مورد نظر در سیستم باربر جانبی. در روش LRFD منظور از P_r همان P_u ستون مورد نظر بوده که باید براساس ترکیبات بارگذاری نظیر این روش محاسبه شود. در روش ASD منظور از P_r همان P_a ستون مورد نظر بوده که باید براساس ترکیبات بارگذاری نظیر این روش محاسبه شود.

صفحه ۵۴۱

مطابق ۱۰-پ-۲-۴ ضریب طول موثر ستون هایی با شرایط تکیه گاهی ایده آل:

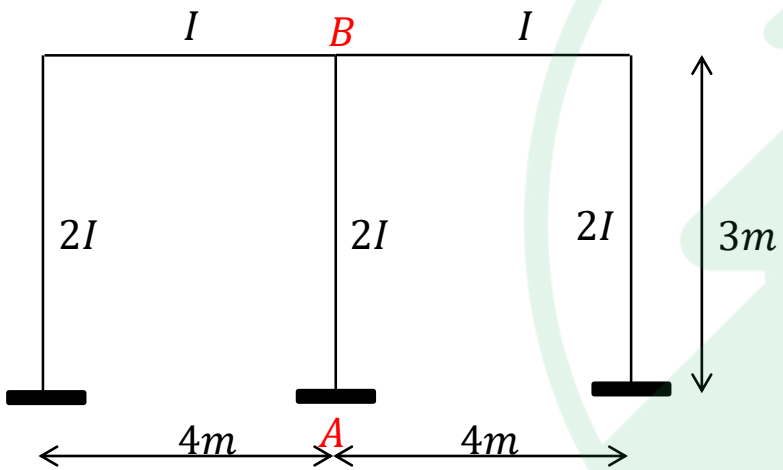
- ✓ طول موثر در واقع فاصله بین نقاط عطف شکل کمانش یافته عضو فشاری است.
- ✓ ایجاد شرایط تکیه گاهی ایده آل در عمل امکان پذیر نبوده، لذا برای ضرایب طول موثر این گونه ستون ها باید از مقادیر پیشنهادی جدول ۱۰-پ-۲-۱ استفاده شود.

جدول ۱۰-پ۲-۱: ضریب طول مؤثر (K) اعضای فشاری با شرایط تکیه‌گاهی ایده‌آل

توضیحات	انواع مختلف اعضای فشاری با شرایط تکیه‌گاهی ایده‌آل					
شکل کمانش‌یافته عضو فشاری به‌صورت خط‌چین نشان داده شده است.						
مقادیر نظری K	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
مقادیر پیشنهادی K برای طراحی	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0
نماد شرایط مرزی	= انتقال و دوران مقید = انتقال مقید، دوران آزاد = انتقال آزاد، دوران مقید = انتقال و دوران آزاد					

سبزسازه

در شکل نشان داده شده ضریب طول موثر برای ستون AB به کدامیک از گزینه های زیر نزدیک تر است؟ (I ممان اینرسی اعضا می باشد.)



۱) 1

۲) 1.2

۳) 1.5

۴) 1.39

حل: مطابق بند ۱۰-پ-۲-۲ صفحه ۵۳۷ مبحث دهم **قاب های مهار نشده و طول موثر کمانشی اعضا:**

ستون مهار نشده می باشد و برای انتهای گیردار ستون که ضریب G به صورت نظری صفر است، برابر یک فرض شود.

$$K=\sqrt{\frac{1.6G_AG_B+4(G_A+G_B)+7.5}{G_A+G_B+7.5}}\geq 1.0$$

$$G_A=1$$

$$G_B=\frac{\sum(\frac{EI}{L})_c}{\sum(\frac{EI}{L})_b}$$

ستون های متصل به گره B:

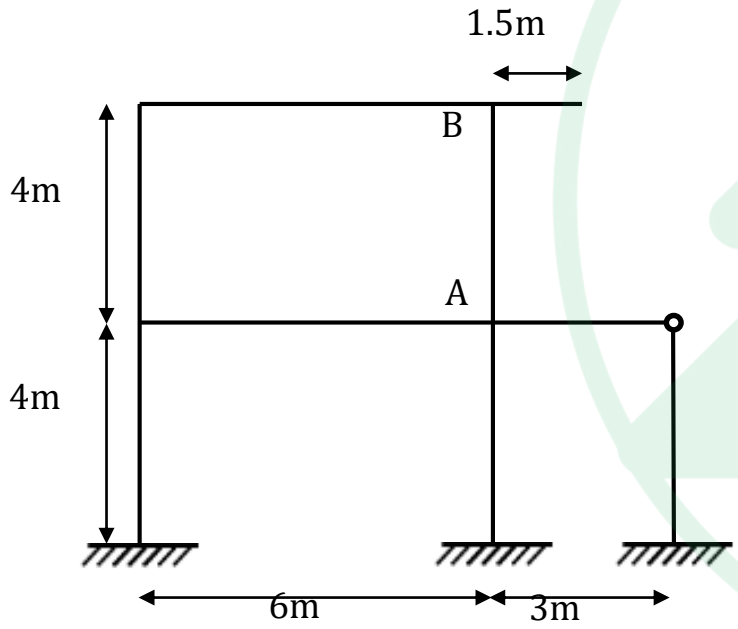
تیر های متصل به گره B:

$$G_B=\frac{\frac{2I}{3}}{2\left(\frac{I}{4}\right)}=1.33$$

$$k=\sqrt{\frac{(1.6\times 1\times 1.33)+4(1+1.33)+7.5}{1+1.33+7.5}}=1.39>1$$

پاسخ : گزینه ۴

در قاب شکل زیر، ضریب طول موثر ستون AB به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (فرض کنید EI کلیه تیرها و ستون‌ها یکسان است.)



۱) 1.65

۲) 1.84

۳) 1.37

۴) 1.48

حل: مطابق بند ۱۰-پ-۲-۲ صفحه ۵۳۷ مبحث دهم **قاب های مهار نشده و طول موثر کمانشی اعضا:**

ستون مهار نشده می باشد:

$$K = \sqrt{\frac{1.6G_AG_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5}} \geq 1.0$$

با توجه به یادداشت صفحه ۵۳۹ :

$$G_A = \frac{\frac{EI}{4} + \frac{EI}{4}}{\frac{EI}{6} + (\frac{EI}{3})(\frac{1}{2})} = 1.5$$

$$G_B = \frac{\frac{EI}{4}}{\frac{EI}{6} + (\frac{EI}{1.5})(0)} = 1.5$$

$$\sqrt{\frac{1.6 \times 1.5 \times 1.5 + 4(1.5 + 1.5) + 7.5}{1.5 + 1.5 + 7.5}} = 1.49 \geq 1$$

پاسخ : گزینه ۴

پیوست ۴

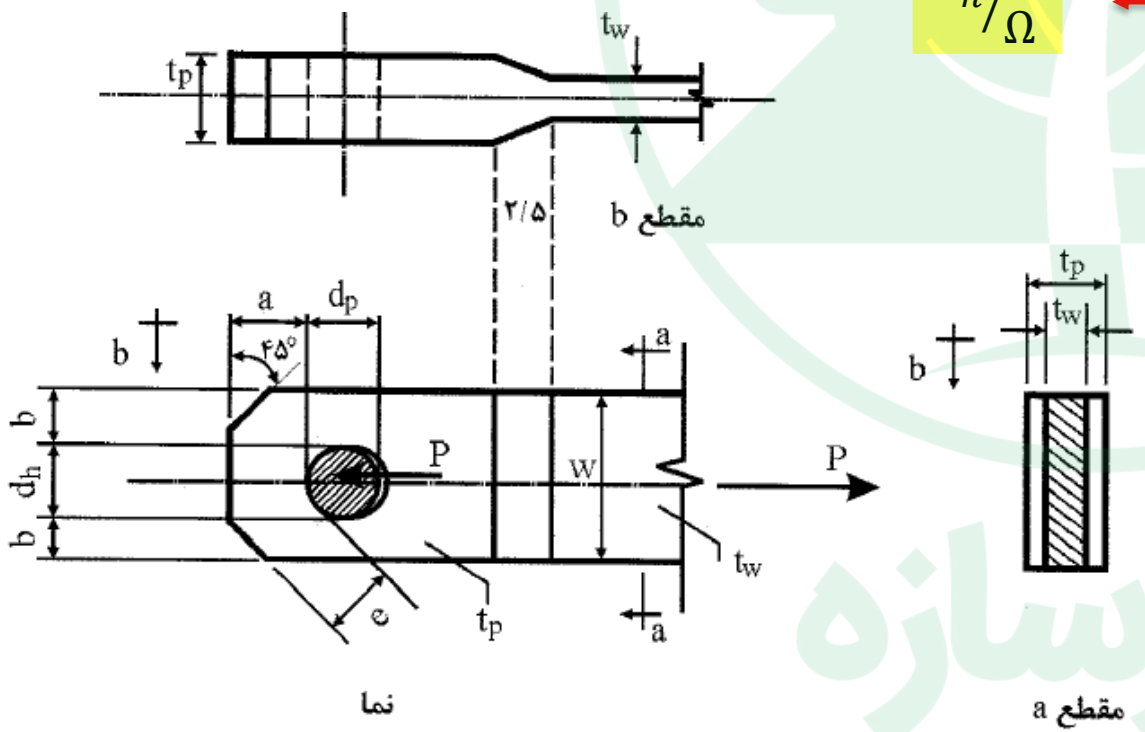
الزامات اعضای کششی با اتصال لولایی با استفاده از تسمه لولاشده با خار مغزی یا تسمه سرپهن

۱۰–پ۴–۱ الزامات اعضای کششی با تسمه لولاشده با خار مغزی

صفحه ۵۴۹

مطابق بند ۱۰–پ۴–۱–۱ مقاومت کششی موجود:

مقاومت کششی
- مقاومت کششی طراحی ← روش LRFD ← ϕP_n
- مقاومت کششی مجاز ← روش ASD ← P_n/Ω



سبزسازه

۱۰–پ۴–۱ الزامات اعضای کششی با تسمه لولاشده با خار مغزی

صفحه ۵۴۹

مطابق بند ۱۰–پ۴–۱–۱ مقاومت کششی موجود:

باید **کوچکترین** مقدار محاسبه شده براساس حالت های حدی زیر در نظر گرفته شود:

الف) گسیختگی کششی در سطح مقطع خالص موثر:

$$\begin{cases} P_n = F_u(2t_p b_{eff}) \\ \phi_t = 0.75\ (LRFD)\ , \quad \Omega_t = 2.00\ (ASD) \end{cases}$$

ب) گسیختگی برشی در سطح مقطع موثر:

$$\begin{cases} P_n = 0.6F_u A_{sf} \\ \phi_{sf} = 0.75\ (LRFD)\ , \quad \Omega_{sf} = 2.00\ (ASD) \end{cases}$$

پ) مقاومت اتکایی در سطح تصویرشده خار مغزی:

اشاره به بند ۱۰–۲–۹–۷

R_n

$$\begin{cases} P_n = 1.8F_y A_{pb} \\ \phi = 0.75\ (LRFD)\ , \quad \Omega = 2.00\ (ASD) \end{cases}$$

ت) تسلیم در سطح مقطع کلی:

$$\begin{cases} P_n = F_y A_g = wt_w F_y \\ \phi_t = 0.9\ (LRFD)\ , \quad \Omega_t = 1.67\ (ASD) \end{cases}$$

۱۰–پ۴–۱ الزامات اعضای کششی با تسمه لولاشده با خار مغزی

صفحه ۵۵۰

مطابق بند ۱۰–پ۴–۱–۱ مقاومت کششی موجود:

A_g = سطح مقطع کلی

F_y = تنش تسلیم مشخصه فولاد

F_u = تنش کششی نهایی مشخصه فولاد

P_n = مقاومت کششی اسمی

a = کوچکترین فاصله بین لبه سوراخ تا لبه عضو در راستای نیرو

d_p = قطر پین (خار مغزی)

t_w = ضخامت تسمه در ناحیه دور از سوراخ

w = پهنای تسمه

t_p = ضخامت تسمه در ناحیه سوراخ

b_{eff} = پهنای موثر مطابق رابطه زیر که نباید بزرگتر از فاصله واقعی لبه سوراخ تا لبه تسمه در امتداد عمود بر راستای نیرو باشد:

$$b_{eff} = 2t_p + 16\,mm \leq b$$

A_{sf} = سطح مقطع موثر در مسیر گسیختگی برشی مطابق رابطه زیر:

$$A_{sf} = 2t_p(a + \frac{d_p}{2})$$

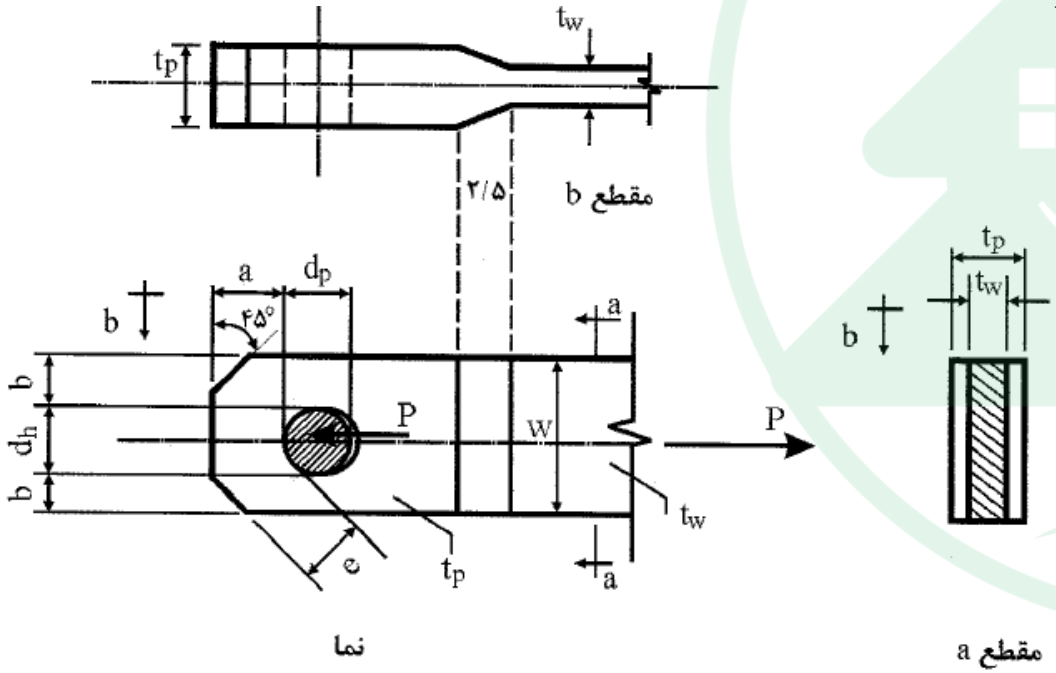
b = فاصله بین لبه سوراخ تا لبه تسمه در امتداد عمود بر راستای نیرو

۱۰–پ۴–۱ الزامات اعضای کششی با تسمه لولاشده با خار مغزی

صفحه ۵۵۰

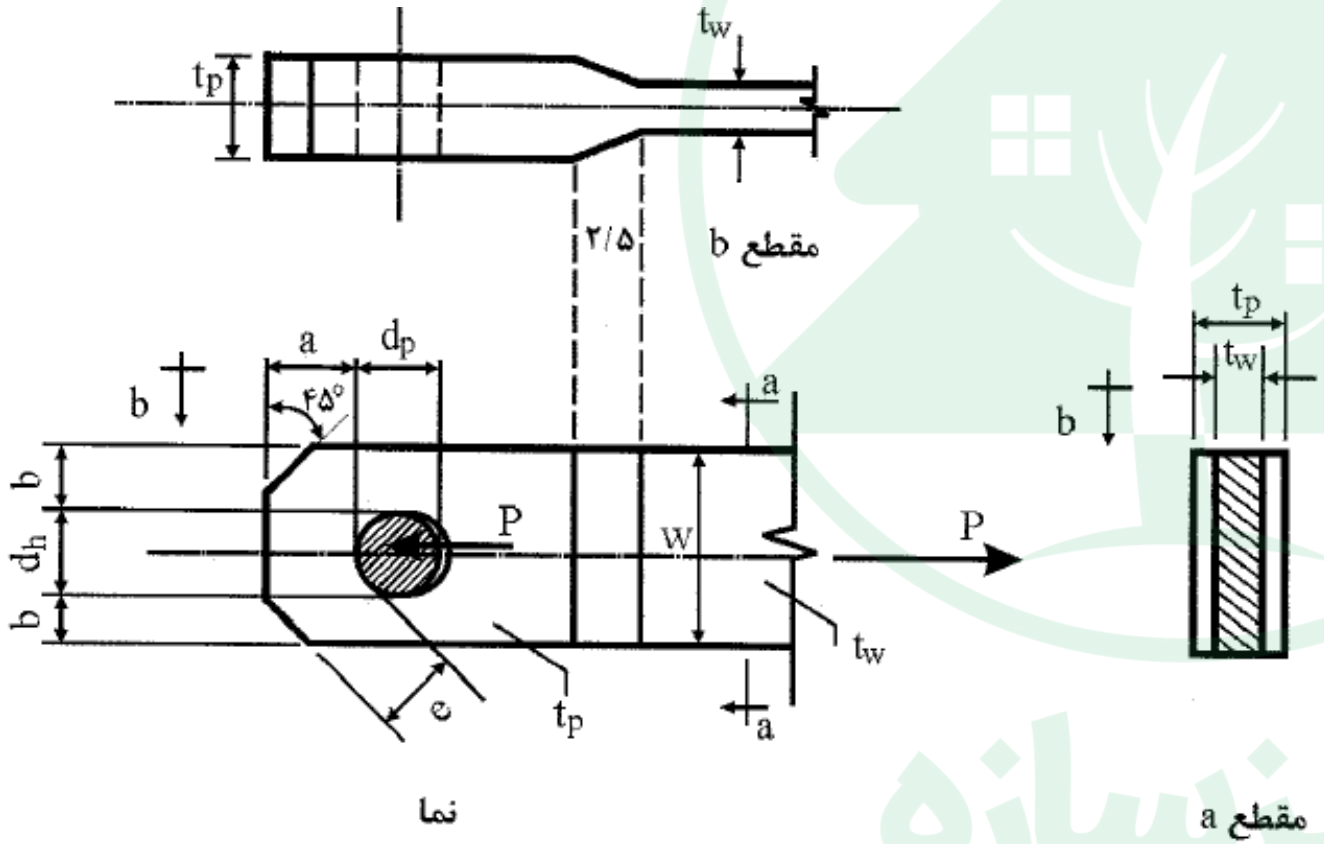
مطابق بند ۱۰–پ۴–۱–۲ محدودیت های ابعادی تسمه های لولاشده با خار مغزی:

- در اعضایی که دارای اتصال لولایی هستند، مرکز سوراخ باید در وسط پهنای عضو قرار گیرد و قطر سوراخ نباید بیش از یک میلی متر از قطر قلم بزرگتر باشد.
- پهنای تسمه در محدوده سوراخ نباید از $2b_{eff} + d_p$ کوچک‌تر باشد.
- کوتاه‌ترین فاصله بین لبه سوراخ تا لبه عضو در راستای نیرو در محدوده لهیدگی انتهای پین (a) نباید از $\frac{4}{3} b_{eff}$ کوچکتر باشد.
- گوشه‌های بعد از محور سوراخ را می‌توان با زاویه ۴۵ درجه نسبت به محور طولی عضو، پَخ زد، مشروط بر آن که مقطع باقی مانده بعد از سوراخ در امتداد عمود بر خط بریده شده، کوچک‌تر از سطح مقطع عمود بر راستای نیروی وارده نباشد.



۱۰–پ۴–۱ الزامات اعضای کششی با تسمه لولاشده با خار مغزی

مطابق بند ۱۰–پ۴–۱–۲ محدودیت های ابعادی تسمه های لولاشده با خار مغزی:



(1) $a \geq \frac{4}{3} b_{eff}$

(2) $w \geq 2b_{eff} + d_p$

(3) $e \geq a$

(4) $b_{eff} = 2t_p + 16\ mm \leq b$

(5) $d_h = d_p + 1\ mm$

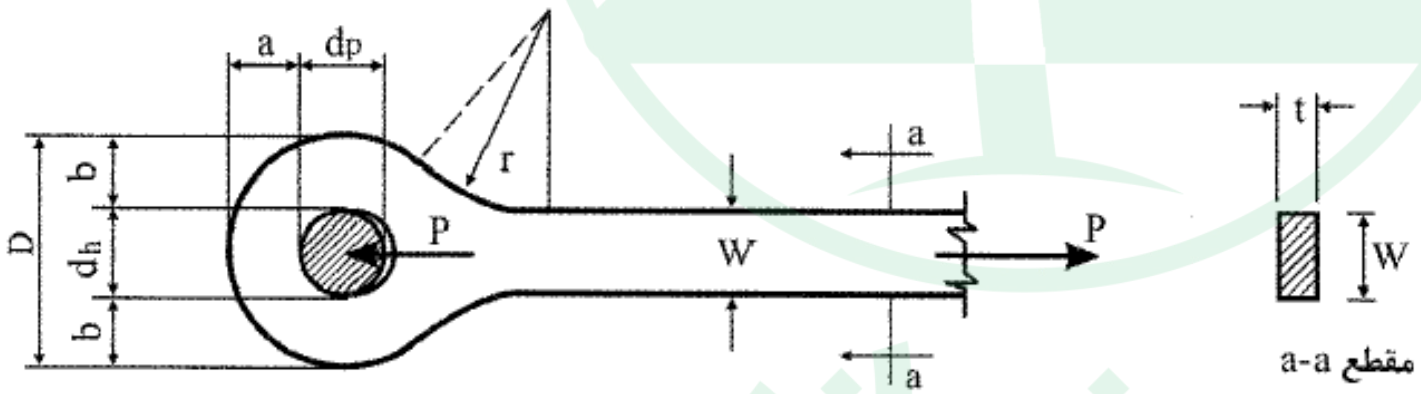
(6) $A_p = wt_w$

۱۰–پ۴–۱ الزامات اعضای کششی با تسمه سرپهن

مطابق بند ۱۰–پ۴–۲–۱ مقومت کششی موجود:

مقاومت کششی

- **مقاومت کششی طراحی** ← روش LRFD ← ϕP_n
- **مقاومت کششی مجاز** ← روش ASD ← P_n/Ω



سبزسازه

۱۰–پ۴–۱ الزامات اعضای کششی با تسمه سرپهن

مطابق بند ۱۰–پ۴–۱–۱ مقومت کششی موجود:

باید **کوچکترین** مقدار محاسبه شده براساس حالت های حدی زیر در نظر گرفته شود:

الف) گسیختگی کششی در سطح مقطع خالص موثر:

$$\begin{cases} P_n = F_u(2tb_{eff}) \\ \phi_t = 0.75\ (LRFD)\ , \end{cases} \qquad \Omega_t = 2.00\ (ASD)$$

ب) گسیختگی برشی در سطح مقطع موثر:

$$\begin{cases} P_n = 0.6F_uA_{sf} \\ \phi_{sf} = 0.75\ (LRFD)\ , \end{cases} \qquad \Omega_{sf} = 2.00\ (ASD)$$

پ) مقاومت اتکایی در سطح تصویرشده خار مغزی:

$$R_n \begin{cases} P_n = 1.8F_yA_{pb} \\ \phi = 0.75\ (LRFD)\ , \end{cases} \qquad \Omega = 2.00\ (ASD)$$

اشاره به بند ۱۰–۲–۹–۷

ت) تسلیم در سطح مقطع کلی:

$$\begin{cases} P_n = F_yA_g = (wt)F_y \\ \phi_t = 0.9\ (LRFD)\ , \end{cases} \qquad \Omega_t = 1.67\ (ASD)$$

۱۰–پ۴–۱ الزامات اعضای کششی با تسمه سرپهن

مطابق بند ۱۰–پ۴–۱–۱ مقومت کششی موجود:

A_g = سطح مقطع کلی

F_y = تنش تسلیم مشخصه فولاد

F_u = تنش کششی نهایی مشخصه فولاد

P_n = مقاومت کششی اسمی

a = فاصله بین لبه سوراخ تا لبه بیرونی تسمه در راستای نیرو

d_p = قطر پین (قلم لولا)

t = ضخامت تسمه سرپهن

w = پهنای تسمه سرپهن در ناحیه ای دور از سوراخ

b_{eff} = پهنای موثر مطابق رابطه زیر که نباید بزرگتر از فاصله واقعی لبه سوراخ تا لبه تسمه در امتداد عمود بر راستای نیرو باشد:

$$b_{eff} = 2t + 16\,mm \leq b$$

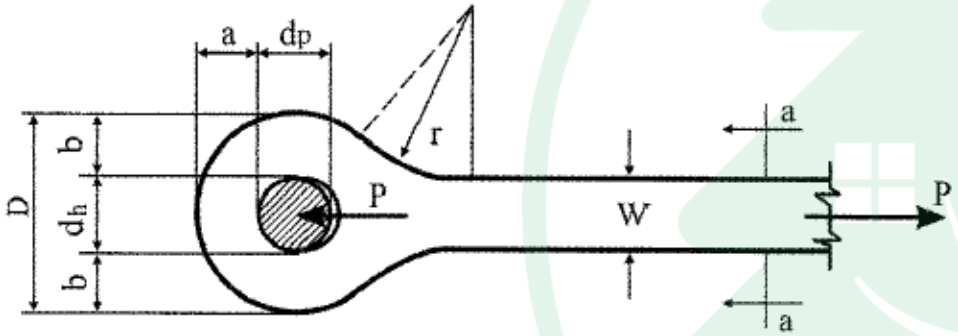
A_{sf} = سطح مقطع موثر در مسیر گسیختگی برشی مطابق رابطه زیر:

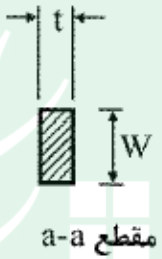
$$A_{sf} = 2t(a + \frac{d_p}{2})$$

b = فاصله بین لبه سوراخ تا لبه تسمه در امتداد عمود بر راستای نیرو

۱۰–پ۴–۱ الزامات اعضای کششی با تسمه سرپهن

مطابق بند ۱۰–پ۴–۲–۲ محدودیت های ابعادی تسمه سرپهن

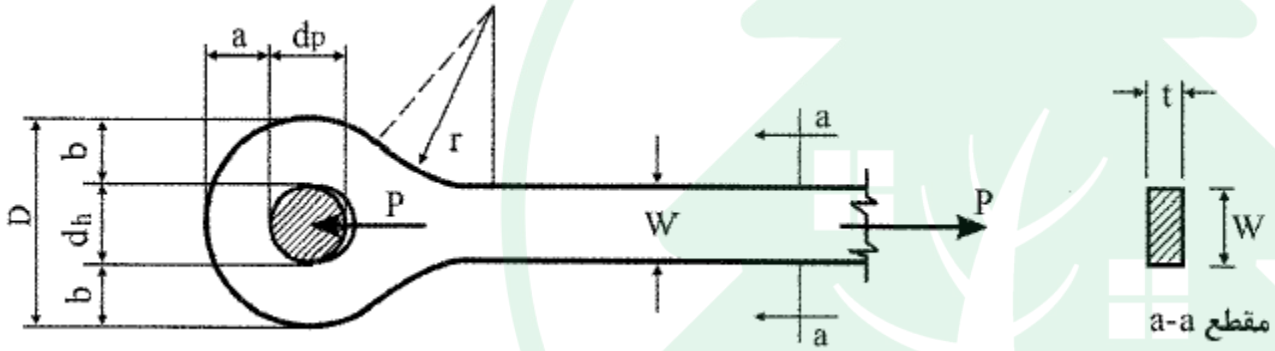


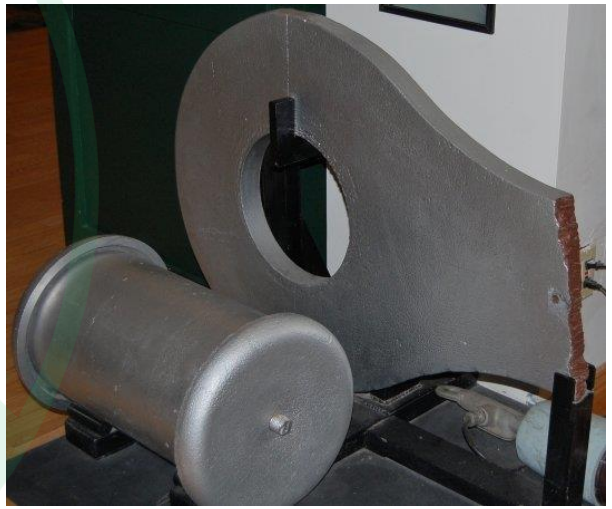


- ضخامت تسمه‌های سر پهن باید ثابت باشد و در ناحیه سوراخ نباید افزایش یابد و کاملاً صفحه‌ای باشد. همچنین سرپهن این تسمه‌ها باید دایره‌ای و هم مرکز با سوراخ پین باشد.
- شعاع قسمت ماهیچه‌ای شکل که در لبه اتصال قسمت پهن به تسمه وجود دارد، نباید از قطر سر دایره‌ای شکل کوچکتر باشد.
- قطر پین نباید از $\frac{7}{8}$ پهنای تسمه کوچکتر باشد.
- قطر سوراخ نباید بیش از یک میلی متر بزرگتر از قطر پین (خار مغزی) باشد.
- برای فولادهای پرمقاومت (با تنش تسلیم بیش از ۴۸۵ مگاپاسکال)، قطر سوراخ نباید از پنج برابر ضخامت تسمه بیشتر باشد و پهنای تسمه باید متناسب با آن کاهش داده شود.
- در محاسبات، پهنای تسمه نباید بیشتر از هشت برابر ضخامت آن در نظر گرفته شود.
- ضخامت تسمه را نباید کمتر از ۱۲ میلی متر در نظر گرفت، مگر حالتی که قلم اتصال دارای مهره باشد که با سفت کردن آنها قطعات جمع و فشرده شوند.
- فاصله بین لبه سوراخ تا لبه تسمه در امتداد عمود بر راستای نیروی وارده نباید کمتر از $\frac{2}{3}$ و بیشتر از $\frac{3}{4}$ پهنای تسمه در نظر گرفته شود (حد بالای **b** فقط برای منظور طراحی است).

۱۰–پ۴–۱ الزامات اعضای کششی با تسمه سرپهن

مطابق بند ۱۰–پ۴–۲–۲ محدودیت های ابعادی تسمه سرپهن





(1) ضخامت در طول تسمه یکنواخت باشد و تسمه در طول سوراخ تقویت نشود

(2) $t \geq 12\ mm$

(3) $w \leq 8t$

(4) $d_p \geq \frac{7}{8}w$

(5) $d_h \leq d_p + 1\ mm$

(6) $r \geq D$

(7) $a = b$

(8) $\frac{2}{3}w \leq b \leq \frac{3}{4}w$

(9) $A_g = wt$

تالیفی

در یک تسمه سرپهن با ضخامت ۱۶ میلیمتر و عرض ۸۰ میلیمتر به عنوان یک عضو کششی، بر اساس الزامات تناسب ابعادی، کدام گزینه صحیح است؟

۱) ضخامت تسمه کمتر از حداقل مجاز است.

۲) عرض تسمه در محدوده مجاز قرار ندارد.

۳) برای اتصال این تسمه می‌توان قطر پین را برابر ۸۰ میلیمتر انتخاب کرد.

۴) برای اتصال این تسمه می‌توان قطر پین را برابر ۶۰ میلیمتر انتخاب کرد.

سبزسازه

حل: مطابق ۱۰-پ-۴-۲ و بند ۱۰-۲-۳-۷-۲ در خصوص محدودیت‌های ابعادی تسمه سرپهن

(2) $t = 16\ mm \geq 12\ mm$ OK

(3) $w \leq 8t \rightarrow 80\ mm \leq 8 \times 16 = 128\ mm$ OK

(4) $d_p \geq \frac{7}{8} w \rightarrow d_p \geq \frac{7}{8} \times 80 = 70\ mm$

پاسخ : گزینه ۳