



جلسه نوزدهم

- ✓ ادامه تنظیمات Design سازه فولادی
- ✓ روش‌های آنالیز سازه، تحلیل مرتبه دوم، کاهش سختی
- ✓ ضرایب کاهش مقاومت، نوع جوش، حدمجاز خیز

روش تحلیل سازه



۳-۱-۲-۱۰ روش‌های تحلیل و طراحی برای تأمین پایداری

الف) روش تحلیل مستقیم **Direct Analysis**

در روش تحلیل مستقیم تمامی آثار ذکرشده در بخش ۱-۱-۲-۱۰ به صورت مستقیم در تحلیل سازه لحاظ می‌گردند. در این روش، مقاومت‌های موردنیاز براساس الزامات و محدودیت‌های بخش ۱-۵-۱-۲-۱۰ و مقاومت‌های موجود اعضا مطابق با بخش‌های ۲-۲-۱۰ تا ۹-۲-۱۰ تعیین می‌شوند.

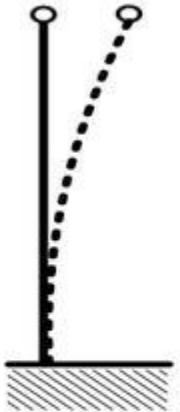
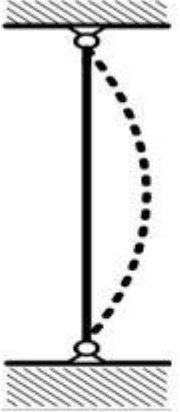
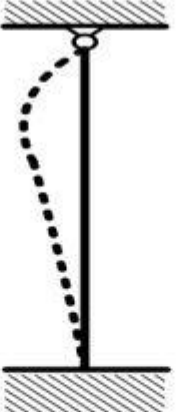
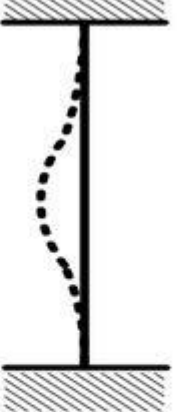
استفاده از این روش برای تمامی سازه‌های فولادی و مختلط مجاز است.

ب) روش طول مؤثر **Effective Length**

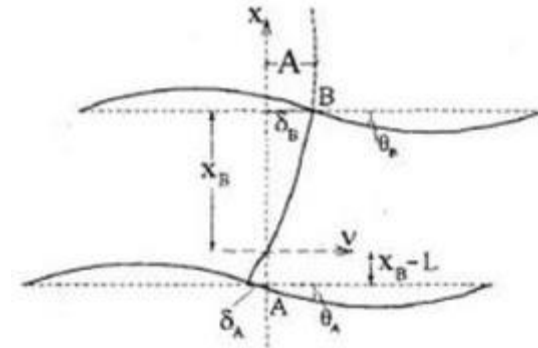
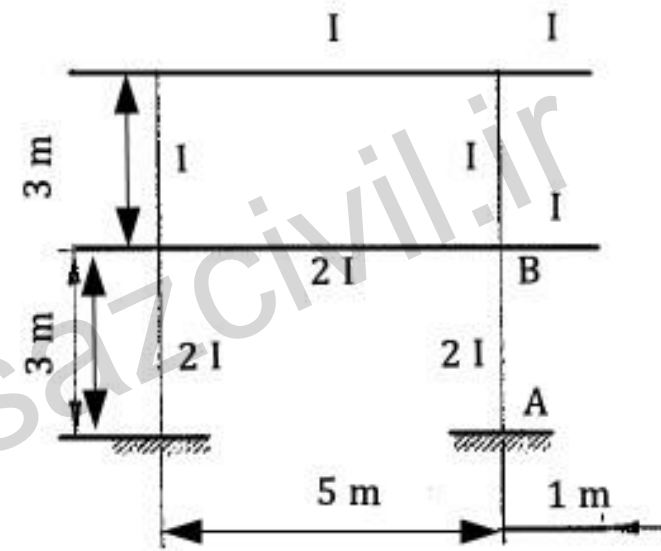
استفاده از روش سنتی طول مؤثر به عنوان روش دیگر طراحی مطابق با الزامات و محدودیت‌های بند ۲-۲-۱۰ مجاز است. در این روش نیز مقاومت‌های موجود اعضا مطابق با بخش‌های ۲-۲-۱۰ تا ۹-۲-۱۰ تعیین می‌شوند.



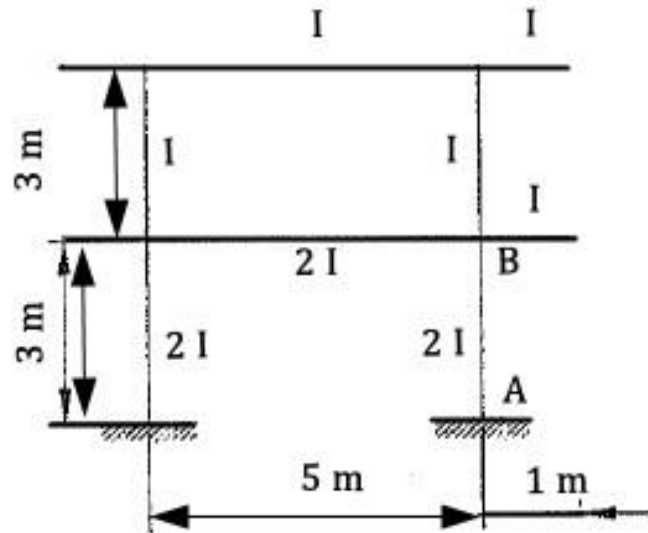
روش طول مؤثر

				حالات مختلف
ستون یکسر آزاد یکسر گیردار	ستون دو سر مفصل	ستون یکسر مفصل یکسر گیردار	ستون دو سر گیردار	نوع حالت ستون
۲	۱	۰,۷	۰,۵	ضریب K

مبحث دهم 1401- ص 541



روش طول مؤثر



۱۰-۲-۱-۵-۲ محدودیت‌ها و الزامات روش طول مؤثر

برای تعیین مقاومت‌های موردنیاز اعضا و طراحی آن‌ها در تحلیل و طراحی به روش طول مؤثر محدودیت‌ها و الزامات زیر باید تأمین شوند:

الف - محدودیت‌ها

- (۱) بارهای ثقلی عمدتاً توسط ستون‌ها، دیوارها یا قاب‌های قائم تحمل شوند.
- (۲) نسبت تغییرمکان جانبی نسبتی حداکثر مرتبه دوم به تغییرمکان جانبی نسبتی حداکثر مرتبه اول یا به‌طور تقریبی مقدار ضریب تشدید B_2 در تحلیل الاستیک مرتبه اول تشدید یافته، در کلیه طبقات کوچک‌تر یا مساوی 1.5 باشد.

ب - الزامات

- (۱) تحلیل سازه مطابق بند ۱۰-۲-۱-۴ براساس یکی از روش‌های تحلیلی مرتبه دوم و بدون در نظر گرفتن هرگونه کاهش سختی باشد.
- (۲) آثار نواقص هندسی اولیه (شامل کجی و ناشاقولی اعضا) مطابق ملاحظات بند ۱۰-۲-۱-۵-۱ در تحلیل مرتبه دوم منظور گردد.
- (۳) مقاومت موجود کلیه اعضای دارای بار محوری فشاری براساس ضریب طول مؤثر (K) تعیین شود. ضریب طول مؤثر اعضا (K) متناسب با نوع سیستم باربر باید براساس پیوست ۲ تعیین شود.



روش تحلیل مستقیم



الف - محدودیت‌ها

در تحلیل و طراحی به روش تحلیل مستقیم هیچ گونه محدودیتی وجود ندارد.

ب - الزامات

- (۱) تحلیل سازه مطابق بند ۴-۱-۲-۱۰ براساس یکی از روش‌های تحلیلی مرتبه دوم باشد.
- (۲) مطابق الزامات بند ۱-۱-۵-۱-۲-۱۰ آثار نواقص هندسی اولیه (شامل کجی و ناشاقولی) در تحلیل مرتبه دوم منظور شود.
- (۳) مطابق الزامات بند ۲-۱-۵-۱-۲-۱۰ تحلیل مرتبه دوم براساس سختی کاهش یافته اعضا صورت گیرد.
- (۴) مقاومت موجود کلیه اعضای دارای بار محوری فشاری با ضریب طول مؤثر یک ($K=1$) تعیین شود.



تعیین نوع تحلیل مرتبه دوم



۱۰-۲-۱ روش‌های تحلیل مرتبه دوم **مبحث دهم ۱۴۰۱- ص ۴۱**

در این مبحث استفاده از روش‌های تحلیلی زیر به‌عنوان روش‌های تحلیل مرتبه دوم مجاز دانسته شده است:

General 2nd order

الف) تحلیل الاستیک مرتبه دوم: تحلیل الاستیک مرتبه دوم به تحلیل‌هایی گفته می‌شود که در آن‌ها روش تحلیل سیستم سازه‌ای الاستیک بوده، لیکن در حین انجام تحلیل، آثار مرتبه دوم (شامل آثار $P-\delta$ و $P-\Delta$) در آن لحاظ می‌گردد.

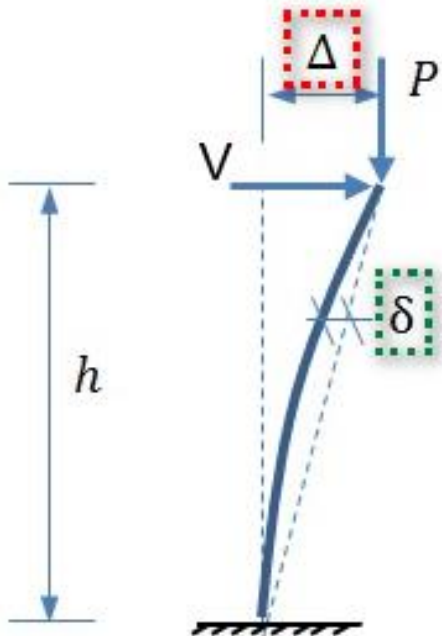
ب) تحلیل مرتبه دوم از طریق تحلیل الاستیک مرتبه اول تشدید یافته: در این مبحث استفاده از روش تحلیل الاستیک مرتبه اول تشدید یافته به‌عنوان یک روش تحلیل مرتبه دوم مجاز دانسته شده است. الزامات این نوع روش تحلیل مرتبه دوم در پیوست ۳ این مبحث ارائه شده است.

پیوست ۳ (روش ب)

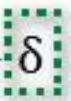
مبحث دهم ۱۴۰۱- ص ۵۴۳

Amplified 1st order

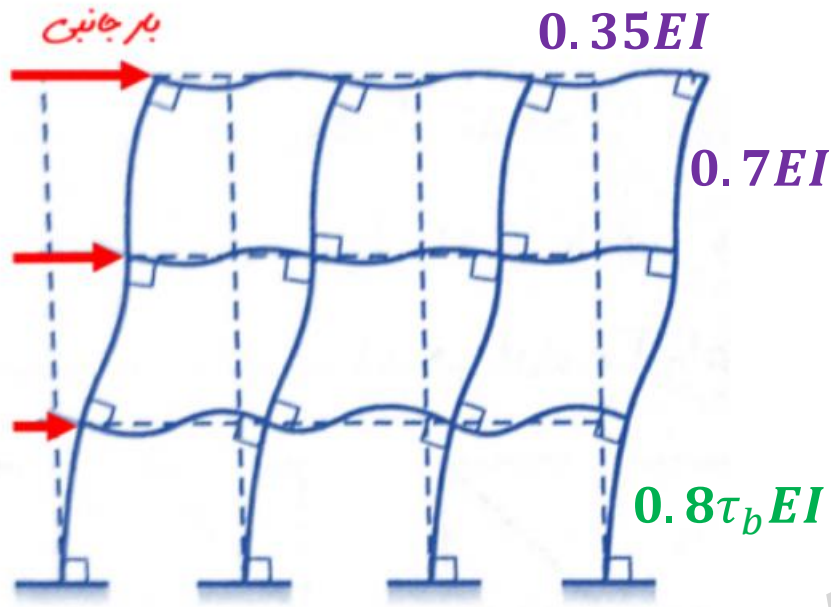
B2



B1



کاهش سختی در اعضای فولادی (تحلیل مستقیم)



کاهش سختی اعضا ✓

اعضای بتنی: ترک میخورن

اعضای فولادی: نرم، خمیری، شل



عمران به زبان ساده - دوره طراحی سازه فولادی

۲-۱-۵-۱-۲-۱۰ کاهش سختی اعضا

در تحلیل و طراحی به روش تحلیل مستقیم برای تعیین مقاومت‌های موردنیاز در تحلیل مرتبه دوم، باید به شرح زیر از ضرایب کاهش سختی استفاده شود:

(۱) ضریب کاهش ۰.۸ برای کلیه سختی‌هایی که در پایداری سازه مؤثرند. اعمال این ضریب کاهش برای کلیه سختی‌های تمامی اعضا، حتی اگر در پایداری سازه نقشی نداشته باشند، نیز مجاز است.

(۲) علاوه بر ضریب کاهش ۰.۸ یک ضریب اضافی τ_b نیز به شرح زیر در سختی خمشی اعضایی که در پایداری سازه مؤثر هستند:

$$(EI)^* = 0.8 \tau_b EI$$

(۲-۱-۲-۱۰)

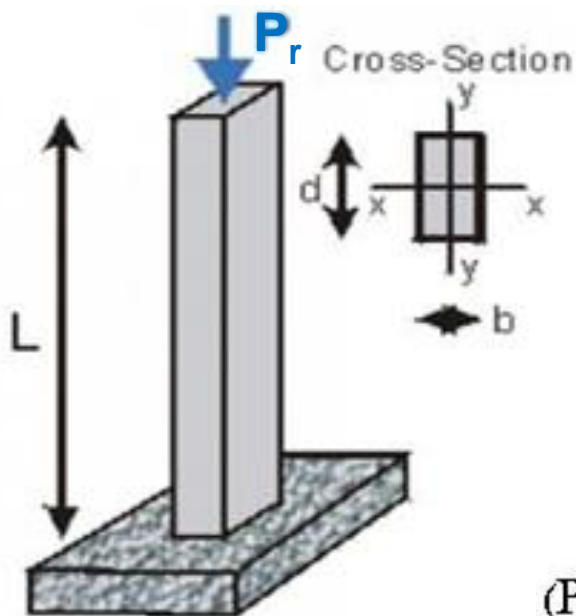
کاهش سختی
اعضای فولادی

$$\begin{cases} 0.8, \tau_b = fixed = 1 \\ 0.8, \tau_b = Variable \\ No Modification \end{cases}$$

محاسبه ضریب τ_b



τ_b = ضریب کاهش اضافی سختی خمشی مطابق رابطه زیر:



$$\tau_b = \begin{cases} 1.0 & \alpha \frac{P_r}{P_y} \leq 0.5 \\ 4\alpha \frac{P_r}{P_y} \left(1 - \frac{\alpha P_r}{P_y} \right) & \alpha \frac{P_r}{P_y} > 0.5 \end{cases}$$

(۳-۱-۲-۱۰)

$\alpha = 1.0$ (LRFD) و $\alpha = 1.6$ (ASD)

در رابطه ۳-۱-۲-۱۰، P_r مقاومت محوری فشاری موردنیاز و P_y مقاومت تسلیم محوری عضو ($P_y = A_g F_y$)

زودتر تسلیم و وارد ناحیه غیرخطی $\frac{P_r}{P_y} \uparrow \Rightarrow \tau_b \downarrow$



شروط در نظر گرفتن ضریب $\tau_b = \text{Fix} = 1$ 

رعایت دو شرط به صورت همزمان

(۳) وقتی از روش بار جانبی فرضی برای مدل سازی نواقص هندسی اولیه استفاده شده است، به جای استفاده از τ_b متغیر در رابطه ۱۰-۲-۱-۳ به منظور کاهش اضافی سختی خمشی اعضا، می توان مقدار τ_b را برای کلیه نسبت های $\frac{P_r}{P_y}$ برابر یک فرض کرد، ^① مشروط بر اینکه یک بار جانبی فرضی اضافی برابر $0.001 Y_i$ به کلیه طبقات ساختمان اعمال شود. این بار جانبی فرضی اضافی باید در کلیه ترکیبات بارگذاری به همراه بارهای جانبی و بارهای جانبی فرضی ^② در اثر نواقص هندسی اولیه در نظر گرفته شود. مورد ۲ از بند ۱۰-۲-۱-۵-۱ شامل این بار جانبی اضافی نمی شود.

تفاوت سختی‌های یک عضو



$$k = \frac{EI}{L} \quad \text{سختی خمشی}$$

$$k = \frac{EA}{L} \quad \text{سختی محوری}$$

09	Design System Omega0	3
10	Design System Cd	4
11	Design Provision	LRFD
12	Analysis Method	Direct Analysis
13	Second Order Method	Amplified 1st Order
14	Stiffness Reduction Method	Tau-b Variable
15	Add Notional load cases into seismic combos?	Tau-b Variable
16	Beta Factor	Tau-b Fixed
17	BetaOmega Factor	No Modification
18	Phi(Bending)	1.6
		0.9

Set To Default Values Reset To Previous Values

$$EI^* = 0.8\tau_b EI$$

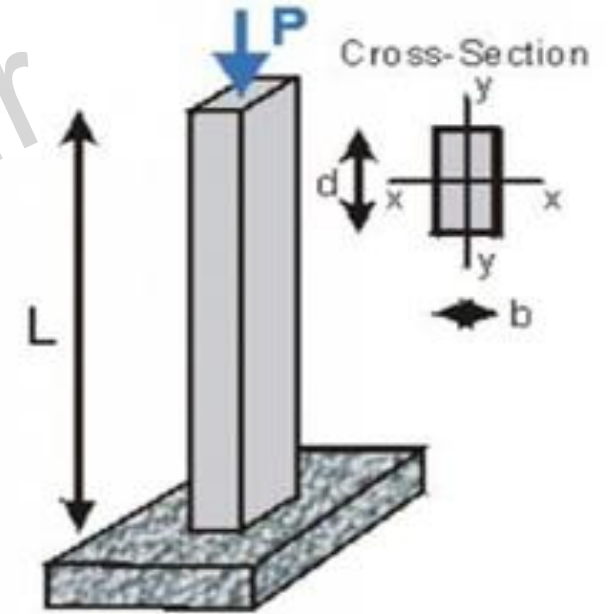
$$EA^* = 0.8EA$$

$$EI^* = 0.8EI$$

$$EA^* = 0.8EA$$

$$EI^* = EI$$

$$EA^* = EA$$



ضرایب کاهش مقاومت



روش ضرایب بار و مقاومت **LRFD** ✓

مقاومت اسمی $\times \phi$ ≤ تلاش وارده
(بار ضریب دار) ضریب کاهش

$$R_u \leq \phi R_n$$

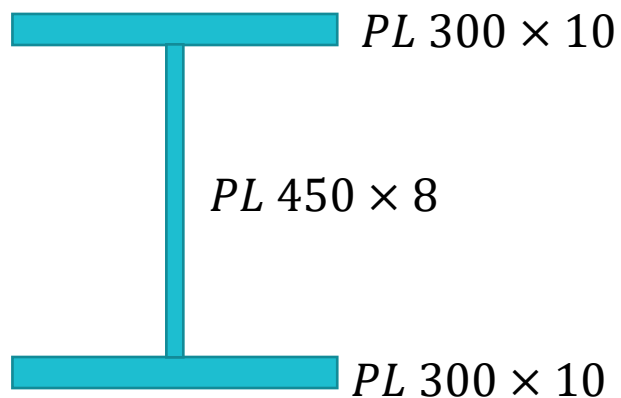
روش مقاومت مجاز **ASD** ✓

مقاومت اسمی $\leq \frac{\text{تلاش وارده}}{\Omega}$
(بار بدون ضریب)

$$R_a \leq R_n / \Omega$$



ضوابط لرزه‌ای کنترل فشردگی ورق



$$E = 2 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}$$

$$F_y = 2400 \frac{kg}{cm^2}$$

$R_y = 1.15$ ساخته شده از ورق

$$\sqrt{\frac{E}{R_y F_y}} \approx 27$$

فشرده لرزه‌ای (فصل ۳)

متوسط $\left. \begin{array}{l} \text{فشرده لرزه‌ای} \quad \alpha \leq \lambda_{md} \\ \text{غیرفشرده} \quad \alpha > \lambda_{md} \end{array} \right\}$

ویژه $\left. \begin{array}{l} \text{فشرده لرزه‌ای} \quad \alpha \leq \lambda_{hd} \\ \text{غیرفشرده} \quad \alpha > \lambda_{hd} \end{array} \right\}$

کنترل فشردگی
بر اساس
شکل پذیری

$$\frac{b}{t} = \frac{\frac{300}{2} - \frac{8}{2}}{10} = 14.6$$

استفاده از این تیورق برای شکل پذیری
متوسط و ویژه مجاز نیست.



ترکیب بارهای ویژه لرزه‌ای در ایتبس



تنظیم برخی پارامترهای تأثیرگذار ✓

۳- ضریب اضافه مقاومت (زلزله تشدید یافته) استاندارد ۲۸۰۰

$$\Omega_0 \begin{cases} 3 & \text{قاب خمشی} \\ 2.5 & \text{دیواربرشی} \end{cases}$$

و سیستم‌های دوگانه

۳-۳-۱۰ ضریب اضافه مقاومت، Ω_0
این ضریب، در مواردی که براساس ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی، عضوی از سازه باید برای نیروی زلزله تشدید یافته طراحی شود، به کار برده می‌شود. در این اعضا، اثرهای ناشی از بار جانبی زلزله باید در ضریب Ω_0 ضرب گردند.

$$1.2D + L + 0.2S + E$$

ظاهر ترکیب بار

$$1.2D + L + 0.2S + \Omega_0 E$$

در باطن نرم افزار

کنترل توسط خود ETABS



ورق مضاعف جان



۱۰-۳-۳-۳-۹ برش در چشمه اتصال

الف) چشمه اتصال در برابر برش باید الزامات بخش ۱۰-۹-۲-۱۰ را ا قناع نماید که در آن مقاومت برشی موردنیاز این چشمه باید با توجه به لنگرهای خمشی انتهایی تیرهای طرفین اتصال که براساس ضوابط بند ۱۰-۳-۳-۳-۸-الف به دست می آید، تعیین شود. در صورتی که مقاومت برشی موردنیاز چشمه اتصال بیش از مقاومت برشی موجود آن باشد، در چشمه اتصال تعبیه ورق یا ورق های مضاعف الزامی بوده و ضخامت آن یا آن ها براساس اختلاف مقاومت برشی موردنیاز و مقاومت برشی موجود به دست می آید.

تبصره ۱: در ستون های قوطی شکل (HSS) و جعبه ای ساخته شده از ورق، استفاده از ورق های مضاعف مجاز نبوده و جان های مقطع ستون باید بتوانند مقاومت برشی موردنیاز چشمه اتصال را تأمین نمایند.

$$t_z \geq \frac{(d_z + w_z)}{90}$$

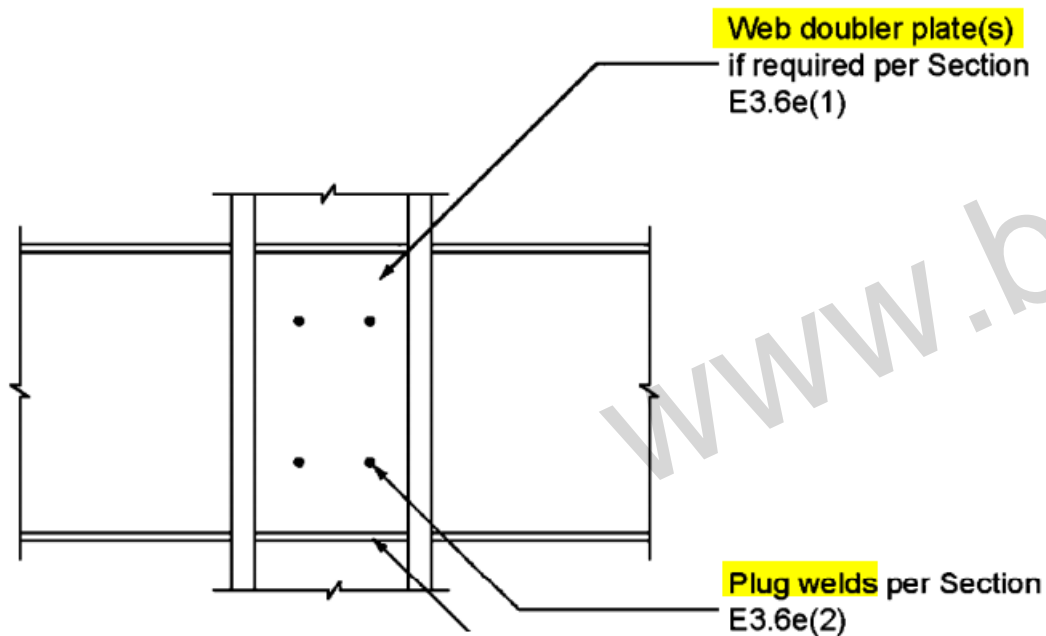


جوش انگشتانه در ورق مضاعف



تبصره: در صورتی که ورق‌های مضاعف با جوش انگشتانه کافی به جان ستون متصل شده باشند،

مجموع ضخامت جان ستون و ورق‌های تقویت چشمه اتصال به عنوان t_z منظور می‌گردد.



نوع جوش ستون‌های قوطی شکل (HSS)



۱۰-۲-۶-۵ مقاومت برشی اعضای با مقطع قوطی شکل **مبحث دهم ۹۲- ص ۱۰۰**

مقاومت برشی اسمی (V_n) اعضای با مقطع قوطی شکل باید بر اساس الزامات بند ۱۰-۲-۶-۵ با $A_w = 2ht$ تعیین شود. که در آن:

t = ضخامت طراحی جان‌های مقطع قوطی شکل مساوی 0.93 برابر ضخامت اسمی جان‌ها برای مقاطع قوطی شکل با جوش قوس الکتریکی و مساوی ضخامت اسمی جان‌ها برای مقاطع قوطی شکل با جوش زیرپودری

۱۰-۲-۶-۴ مقاومت برشی اعضای با مقطع قوطی شکل (HSS)، جعبه‌ای و سایر مقاطع

دارای یک یا دو محور تقارن

مقاومت برشی اسمی (V_n)، براساس حالت‌های حدی تسلیم برشی و کمانش برشی از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$V_n = 0.6F_y A_w C_{v2} \quad (10-2-6-21)$$

که در آن:

F_y = تنش تسلیم مشخصه فولاد جان

الف) برای مقاطع قوطی شکل (HSS) و جعبه‌ای

$$2ht = A_w$$

مبحث دهم ۱۴۰۱- ص ۱۳۱

t = ضخامت جداره مقطع قوطی شکل و ضخامت جان‌ها در مقاطع جعبه‌ای

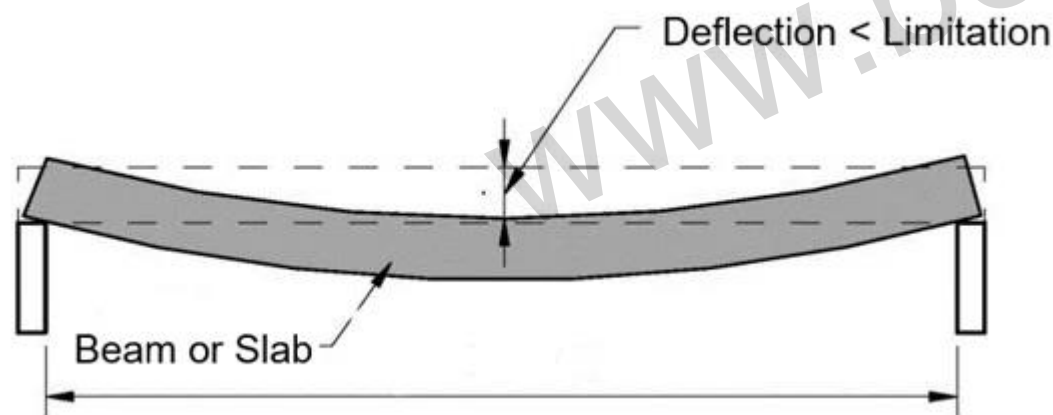


کنترل خیز تیرهای فولادی

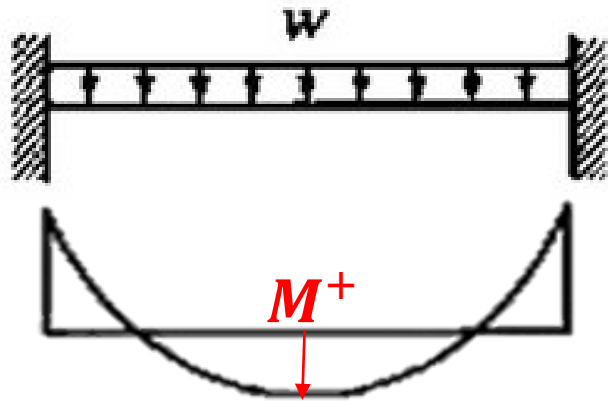


۲-۱۰-۲-۱۰ تغییرشکل‌های قائم

کلیه تیرهای فولادی و تیرهای مختلطی که در آنها هنگام بتن‌ریزی دال از پایه‌های موقت استفاده شده باشد، باید طوری محاسبه و طراحی شوند که تغییرشکل حداکثر ناشی از مجموع بار مرده و زنده از $\frac{1}{240}$ طول دهانه و تغییرشکل حداکثر ناشی از بار زنده به تنهایی از $\frac{1}{360}$ طول دهانه بیشتر نشود. طراح باید همواره حفظ انسجام اجزای غیرسازه‌ای را مدنظر داشته باشد.



Pattern live-load factor



$$M_{pos \text{ MAX}} = f1 \cdot M_{DL} + \frac{f2 \cdot Pllf \cdot (LL \cdot l^2)}{8}$$

