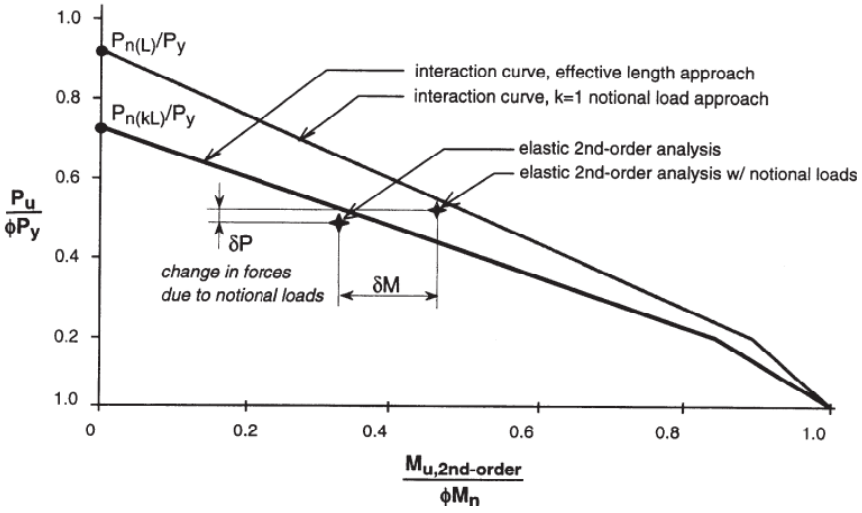
ترکیب تنش های محوری و خمشی
در آیین نامه های مختلف طراحی سازه های فولادی

مجتبی اصغری سرخی
mojtaba808@yahoo.com

منحنی روابط اندرکنشی تیر–ستون(برای مثال AISC) مرتبط با ناپایداری های درون صفحه ای به صورت تلویحی شامل اثرات عیوب هندسی،تنش های پسماند و تسلیم شدگی موضعی بر اساس منحنی مقاومت ستون بدست آمده از طول موثر میباشد اما بر اساس تحقیقات White and Clarke, 1997 مطابق شکل۱ می توان این منحنی را به وسیله استفاده از آنالیز مستقیم با منحنی مقاومت بدست آمده از طول واقعی با بارهای فرضی جانبی محاسبه و از آن جهت مقایسه استفاده کرد.



شکل ۱- تفاوت بین روش طول موثر و روش بارهای فرضی جانبی (White and Clarke, 1997)

در این شکل P_n مقاومت محوری اسمی ستون است که تحت تاثیر کمانش جانبی درون یا خارج از صفحه قرار دارد و M_n مقاومت خمشی اسمی ستون است که بر اساس خمش داخل صفحه قاب و با لحاظ کمانش الاستیک و غیر الاستیک جانبی–پیچشی خارج از صفحه میباشد. برای موارد پایداری درون صفحه، روابط طراحی تیر ستون AISC برای نتایج آنالیز توزیع پلاستیک قاب های کوچک نامعین با لحاظ اثرات عیوب هندسی و تنش های پسماند توسط Yura کالیبره شده است. (Yura, 1988; Yura et al., 1996; ASCE Task Committee, 1997)

ترکیب تنش ها در AISC 360-05

روابط اندکنشی مقاومت مندرج در AISC 360-05 اولین بار در AISC-LRFD-86 منتشر شد. در همه آیین نامه های تا پیش از این از قبیل AISC-ASD-89 و AISC-LRFD-99، تاثیر نقوص هندسی و تنش های پسماند منحصرا در محاسبه مقاومت اعضا تعریف می شد تا اینکه برای اولین بار در AISC-2005 در روش آنالیز مستقیم لحاظ آثار مربوطه از بخش مقاومت اعضا به درون روابط آنالیز سازه منتقل شد به طوریکه برای محاسبه ساده تر و دقیق تر اثر موارد یاد شده بخش مربوط به مقاومت طراحی ساده تر و در مقابل روابط مربوط به کنترل طراحی کامل تر شده است. مطابق AISC، ضوابط برای رابطه اندرکنشی واحد برای مقاومت درون و خارج از صفحه اعضا به کار می رود اما در حالت بخصوص برای اعضای با دو محور تقارن در معرض خمش و فشار با ممان های درون صفحه دو رابطه اندرکنشی یکی برای کنترل ناپایداری درون صفحه ای و دیگری برای کنترل کمانش خمشی یا کمانش خمشی-پیچشی خارج از صفحه به کار گرفته می شود.

درAISC-2005 مطابق روابط اندرکنشی AISC-LRFD-99 برای هر دو روش تنش مجاز و حالت حدی روابط زیر برای خمش دو محوره و درون صفحه [۱] تعریف شده است.روابط و توضیحات مندرج در بند H-1-1 از آیین نامه AISC 360-05 :

اعضا با مقطعی با یک و یا دو محور تقارن تحت اثر توام فشار محوری و خمش :

اثر توام فشار محوری و خمش حول یک یا هر دو محور x و y در اعضا با مقطع دارای دو محور تقارن و یا یک محور تقارن با محدودیت $0.1 \le (I_{yc}/I_y) \le 0.9$ که در آن I_y ممان اینرسی مقطع کل و I_{yc} ممان اینرسی بال فشاری حول محور ضعیف y است، بر اساس روابط زیر تعیین می‌شود:

۱- اگر $\frac{P_r}{\phi_c P_n} \ge 0.2$ باشد:

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}}\right) \le 1 \qquad \text{(H-1-1-a)}$$

۲- اگر $\frac{P_r}{\phi_c P_n} < 0.2$ باشد:

$$\frac{P_r}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}}\right) \le 1 \qquad \text{(H-1-1-b)}$$

M_{rx} = مقاومت خمشی مورد نیاز (تشدید یافته) حول محور x

M_{ry} = مقاومت خمشی مورد نیاز (تشدید یافته) حول محور y

---

[۱] In-Plane Bending

M_{nx}= مقاومت خمشی اسمی حول محور x ، M_{ny}= مقاومت خمشی اسمی حول محور y

P_r= مقاومت فشاری مورد نیاز ، ϕ_b= ضریب مقاومت برای خمش

در روابط بالا ϕ_b= در روش تنش مجاز برابر ۱.٦۷ (که کوچکتر از ضریب ایمنی ستون=۱.۹۲ است)و برای روش حالت حدی برای خمش و فشار برابر ۰.۹ میباشد.

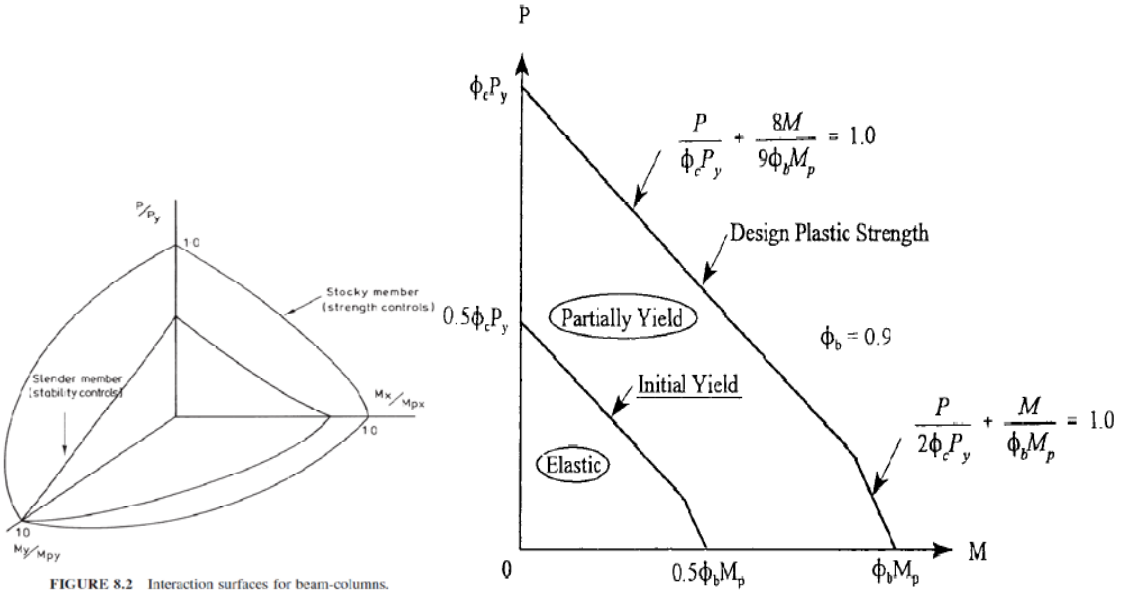


FIGURE 8.2 Interaction surfaces for beam-columns.

شکل ۲- منحنی اندرکنش نیروهای محوری و خمشی در تیر-ستون ها

برای لحاظ اثر لنگر خمشی در تعیین ضریب کاهش سختی غیر الاستیک المان تیر-ستون مدل منحنی مطابق شکل ۲ پیشنهاد شده است که به خوبی در آن مرز نواحی الاستیک و پلاستک نشان داده شده است.

چنانچه روابط تعیین مقاومت ستون در آیین نامه AISC-2005 را با روابط نظیر در آیین نامه AISC-89 مقایسه کنیم خواهیم دید که در AISC-89 ضریب C_m اثر تشدید کننده لنگر دارد و لحاظ کننده اثرات مرتبه دوم در رابطه مربوطه است درحالیکه در AISC-2005 ضریب تشدید لنگر طی فرآیند طاقت فرسا با تقسیم مراحل آنالیز به دو مرحله قاب با انتقال جانبی و بدون انتقال جانبی تعیین می شود که باعث وقت گیر شدن و البته دقیق تر شدن این روش نسبت به قبل شده است بطوریکه روابط H-1-1 نسبت به روابط نظیر در AISC-89 جواب هایی با لحاظ خصوصیات بیشتری از اندرکنش تیر- ستون می دهد.

اما برای خمش برون صفحه[۲] با لحاظ مقاومت کمانشی خمشی-پیچشی اعضای I شکل با تقارن دو محوره ای که در معرض فشار محوری و خمش حول محور قوی قرار دارند مطابق بخش H-1-3 از AISC 2005 داریم :

اعضا با مقطعی با دو محور تقارن تحت اثر توام فشار محوری و لنگر خمشی حول فقط یک محور:

ب- برای حالت حدی کمانش خارج از صفحه خمش

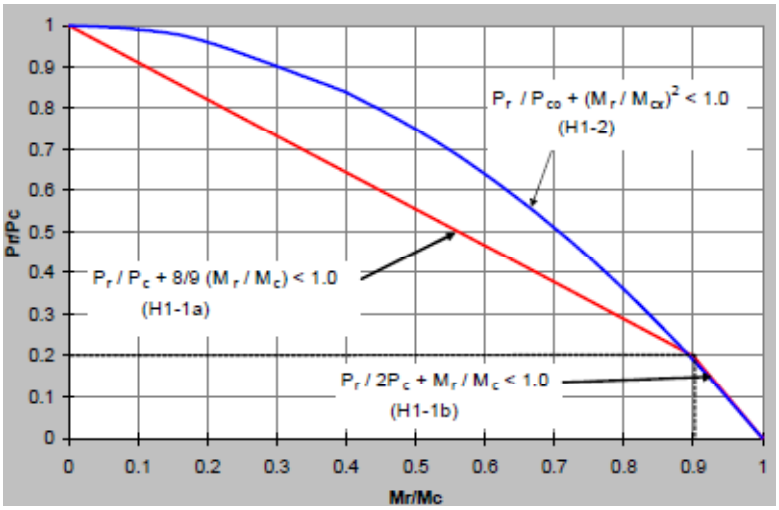
$$\frac{P_r}{\phi_c P_{no}} + \left(\frac{M_r}{\phi_b M_{nx}}\right)^2 \le 1 \qquad \text{(H-1-2)}$$

$P_{no}=$ مقاومت فشاری اسمی برای کمانش خارج از صفحه

$M_{nx}=$ مقاومت خمشی- پیچشی اسمی برای خمش حول محور قوی

برای اعضایی با لنگر دو محوره قابل توجه ($M_r/\phi_b M_n \ge 0.05$ در هر امتداد) باید مقررات بند H-1-1 مـورد استفاده قرار گیرد

White and kim نشان دادند که رابطه H-1-2 میبایست تنها برای اعضای I شکل فشرده با تقارن دو محوره به کار گرفته شود. گرچه روابط H-1-1 تنها زمانی قابل استفاده است که کمانش خارج از صفحه در تعیین P_c و کمانش جانبی پیچشی در تعیین M_c ناچیز شمرده شود، اما کمانش خارج از صفحه را هم می توان با کمی تقریب به کمک روابط H-1-1 تخمین زد به شرطیکه $P_n = P_{no}$ جایگذاری شود.



[۲] Out of Plane Bending

رابطه ساده سازی شده ترکیب تنش ها مطابق AISC 360-05

Aminmansour در مقاله ای در سال ۲۰۰۰ روش خلاصه و ساده شده ای برای محاسبه ترکیب تنش ها پیشنهاد داد[55]. بر این اساس روابط اندرکنشی H-1-1 به صورت زیر تعریف می شوند:

۱- اگر $\frac{P_r}{\phi_c P_n} \geq 0.2$ باشد $pP_r + b_x M_{rx} + b_y M_{ry} \leq 1.0$

۲- اگر $\frac{P_r}{\phi_c P_n} < 0.2$ باشد: $\frac{pP_r}{2} + \left(\frac{9}{8}\right)\left(b_x M_{rx} + b_y M_{ry}\right) \leq 1.0$

در AISC 13th Manual پارامتر های فوق برای انواع مقاطع W شکل و با فرض $F_y = 50Ksi$ در جداول۶-۱ آورده شده است. مقادیر ترکیب تنش ها بر اساس مقدار ضریب p (وابسته به حداکثر طول موثر ستون حول محور $y-y$ $(KL)_y$و حداکثر طول موثر حول محور $x-x$ با لحاظ اثر r_x/r_yبرابر با $(KL)_{y-eq} = \frac{(KL)_x}{r_x/r_y}$) و مقدار ضریب b در جهت قوی ستون (وابسته به حداکثر طول مهار نشده خمشی عضو و با فرض $C_b = 1$) طبق جداول ۶-۱ محاسبه می شود.ضریب b در جهت ضعیف وابسته به طول مهار نشده خمشی تیر نمیباشد از این رو برای هر مقطع مقدار ثابتی خواهد داشت. در ترکیب نیروهای کششی و خمشی اگر $A_e > 0.75A_g$ از t_r استفاده می شود و اگر نه از t_y:

	LRFD	ASD
Axial Compression	$p = \frac{1}{\phi_c P_n}$, (kips)$^{-1}$	$p = \frac{\Omega_c}{P_n}$, (kips)$^{-1}$
Strong Axis Bending	$b_x = \frac{8}{9\phi_b M_{nx}}$, (kip-ft)$^{-1}$	$b_x = \frac{8\Omega_b}{9M_{nx}}$, (kip-ft)$^{-1}$
Weak Axis Bending	$b_y = \frac{8}{9\phi_b M_{ny}}$, (kip-ft)$^{-1}$	$b_y = \frac{8\Omega_b}{9M_{ny}}$, (kip-ft)$^{-1}$
Tension Rupture	$t_r = \frac{1}{\phi_t 0.75F_u A_g}$, (kips)$^{-1}$	$t_r = \frac{\Omega_t}{0.75F_u A_g}$, (kips)$^{-1}$
Tension Yielding	$t_y = \frac{1}{\phi_c F_y A_g}$, (kips) $^{-1}$	$t_y = \frac{\Omega}{F_y A_g}$, (kips) $^{-1}$

با مراجعه به جداول مربوطه درAISC 13th Manual و جاگذاری مجهولات و معلومات مطابق روابط بالا می توان برای مقاطع W شکل مقادیر ترکیب تنش ها را با سرعت و دقت بیشتری تعیین کرد.

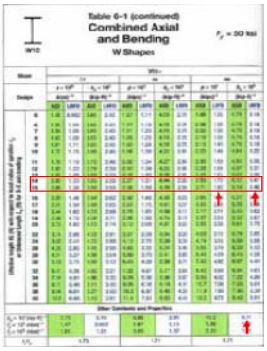


Table 6-1 (continued)
Combined Axial and Bending
W Shapes

$$p = \frac{1}{\phi_c P_n} \xrightarrow{\phi_c = 0.9} P_n = \frac{1}{0.9 \times p}$$

$$b_x = \frac{8}{9\phi_b M_{nx}} \xrightarrow{\phi_b = 0.9} M_{nx} = \frac{8}{9 \times 0.9 \times b_x}$$

ترکیب تنش ها در آیین های مختلف

الف) خمش درون صفحه:

- روابط اندرکنش نیروهای محوری و خمشی مطابق آیین نامه AISC-2005-USA :

۱- اگر $\frac{P_r}{\phi_c P_n} \geq 0.2$ باشد:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8M_u}{9\phi M_n} \leq 1.0 \quad (۳)$$

۲- اگر $\frac{P_r}{\phi_c P_n} < 0.2$ باشد:

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1.0 \quad (۴)$$

- روابط اندرکنش نیروهای محوری و خمشی مطابق آیین نامه کانادا Canadian Standards. 2004 :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{0.85M_u}{\phi M_n} \leq 1.0 \quad (۵)$$

$$\frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1.0$$

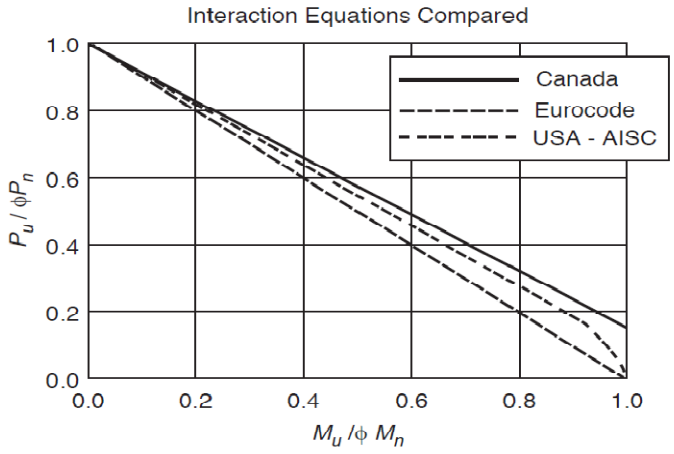
- روابط اندرکنش نیروهای محوری و خمشی مطابق آیین نامه اروپا Eurocode 3. 2004 :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1.0 \quad (۶)$$

- روابط اندرکنش نیروهای محوری و خمشی مطابق آیین نامه استرالیا(SAA) AS4100-1998 :

$$\frac{P_u^*}{\phi P_n} + \frac{M_u^*}{\phi M_n} \leq 1.0 \quad (۷)$$

در استاندارد استرالیا منحنی اندرکنش بر حسب نوع مقطع و مشخصات آن کلاس بندی شده است.



شکل ۳-مقایسه روابط اندرکنشی نیروهای محوری و خمشی در سه آیین نامه مختلف

ب) خمش خارج از صفحه:

- روابط اندرکنش نیروهای محوری و خمشی مطابق آیین نامه AISC-2005-USA :

$$\frac{P_r}{\phi_c P_{no}} + \left(\frac{M_r}{\phi_b M_{nx}}\right)^2 \leq 1 \quad (۸)$$

CAN/CSA-S16-01 (CSA, 2001)

In-plane buckling: Eq. 8.11a

Out-of-plane buckling: $$\frac{C_f}{C_{ry,T}} + \frac{0.85U_{1x}M_{fx}}{M_{rx}} \leq 1.0 \qquad (8.19)$$

AS 4100-1998 (SAA, 1998)

In-plane buckling: Eq. 8.12

Out-of-plane buckling: $$\frac{N^*}{\phi N_{cy}} + \frac{M^*}{\phi M_{bx}} \leq 1.0 \qquad (8.20)$$

Eurocode 3 (CEN, 2005)

In-plane buckling: $$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1.0 \qquad (8.21)$$

Out-of-plane buckling: $$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1.0 \qquad (8.22)$$

آنالیز پایداری در سایر آیین نامه ها

در این بخش ضوابط پایداری مندرج در هر یک از آیین نامه های مختلف از قبیل آیین نامه آمریکا AISC 2005 ، آیین نامه استرالیا AS4100 (SAA, 1998)، آیین نامه کانادا CSA-S16-01 (CSA, 2001) و آیین نامه اروپا Eurocode 3 (CEN, 2005) مورد بررسی قرار می گیرد.

روش های آنالیزدر این ٤ استاندارد از جهاتی شابهت هایی با یکدیگر دارند:

- در همه این استاندارد ها از فلسفه طراحی حدی LRFD استفاده شده است که قابل قیاس است با آنالیز الاستیک با شکل گیری اولین مفصل که در بخش سوم به آن اشاره شده است. (به جز AISC که تنها استانداردی هست که در کنار LRFD استفاده از روش ASD را هم مجاز اعلام کرده است)
- در تمام این استاندارد ها اثرات مرتبه دوم در حالت الاستیک مورد بررسی قرار می گیرد.
- آنالیز مرتبه دوم یا با استفاده از آنالیز مرتبه دوم تشدید یافته $P-\Delta$ یا با استفاده از روش های تقریبی که بر اساس استفاده از ضرایب تشدید نتایج آنالیز مرتبه اول میباشند انجام می شود.
- آثار عیوب هندسی قاب و اعضا یا بوسیله لحاظ آنها در مدل آنالیز یا افزودن بار فرضی یکنواخت به سازه در آنالیز منظور می شود.
- دقت آنالیز به وسیله استفاده از روابط اندرکنش عضو به عضو تامین می شود.

اما مابین هرکدام از این استاندارد ها در نحوه لحاظ آنالیز پایداری قاب تفاوت هایی وجود دارد:

- تفاوت در ضرایب بار و مقاومت(که به عنوان ضریب اطمینان برای مقاومت به حساب می آید)
- تفاوت در فرمول مقاومت ستون و مقاومت تیر
- نوع و فرمت منحنی اندرکنش تیر–ستون
- استفاده یا عدم استفاده از ضریب طول موثر K
- اصلاح ممان ها برای محاسبه عیوب هندسی یا اثرات توزیع پلاستیک در اثر بار های فرضی جانبی

در همه این ٤ استاندارد الزامات مشترکی برای تعیین نیروهای اعضا با استفاده از آنالیز الاستیک مرتبه دوم وجود دارد. تمام این استاندارد ها استفاده از ضرایب تشدید برای تقریب اثرات مرتبه دوم با کمک آنالیز مرتبه اول الاستیک را پیشنهاد می دهند، گرچه ترجیح بیشتر این استاندارد هادر استفاده از روش مرتبه دوم تشدید شده $P-\Delta$ میباشد(بخصوص در صورت استفاده از نرم افزارها).

هر ٤ استاندارد بر مبنای آنالیز مرتبه دوم الاستیک به همراه بارهای فرضی جانبی به عنوان روش اولیه برای کنترل پایداری قاب می باشند.

از آنجا که نرم افزارهای آنالیز قاب کنونی قادر به مدل کردن ناپایداری خمشی-پیچشی نیستند، در همه ٤ استاندارد فوق اثرات ناپایداری خارج از صفحه در روابط اندرکنشی تیر-ستون دیده شده است.

تفاوت ها:

مقایسه آنالیز پایداری در استاندارد های مختلف نشان می دهد که ضوابط پایداری مندرج در آیین نامه های آمریکا،استرالیا،کانادا و اروپا(AISC 2005,AS4100,CSA-S16-01,EuroCode3)در مواردی با یکدیگر مشابه نیستند:

طول عضو:

- در همه ٤ استاندارد استفاده از طول واقعی K=1 عضو در قاب و بعضا $K>1$ برای کنترل پایداری تیر ستون اجازه داده می شود.
- تنها EuroCode برای کنترل پایداری اعضای قاب خمشی اجازه استفاده از $K<1$ را می دهد.

بار فرضی جانبی:

روش های مختلفی برای لحاظ آثار عیوب هندسی در این ٤ استاندارد آمده است(در همه آنها تنها اثر ناشاقولی در بارفرضی جانبی آورده شده است)

مقدار بار فرضی جانبی در ٤ استاندارد فوق عبارت است از:

- در AISC برای محاسبه آثار ناشاقولی اجازه استفاده از بار فرضی جانبی برابر $N_i = 0.002Y_i$ را می دهد و برای لحاظ آثار غیر الاستیک به جای استفاده از ضریب کاهشی τ اجازه افزایش بار فرضی را به میزان $0.001Y_i$ می دهد.(Y_i مجموع بار های ثقلی طبقه i)
- در CSA-S16-01 برای هر دو اثر ناشاقولی واثرات غیر الاستیک از بار های فرضی جانبی $0.005Y_i$ استفاده می شود.

- در AS4100 مقداری برابر $0.002Y_i$ به کار می رود.
- در EuroCode مقدار $\sqrt{0.5\left(1+\frac{1}{m}\right)}\frac{2}{\sqrt{h}}0.005Y_i$ میباشد(تاثیر مستقیم تعداد ستون های طبقه m و ارتفاع طبقه h در تعیین بارفرضی دیده می شود.)

نحوه مشارکت بار های فرضی جانبی در ٤ استاندارد فوق عبارت است از:

- در EuroCode , CSA در همه ترکیبات بار
- در AS تنها در ترکیبات بار شامل بار ثقلی
- و در AISC چنانچه $B_2>1.5$ در همه ترکیبات بار اگرنه تنها در ترکیبات بار شامل بار ثقلی

جهت اعمال بار فرضی جانبی در ٤ استاندارد فوق عبارت است از:

- در همه استاندارد ها به جز CSA بارهای فرضی جانبی میبایست در هر دو جهت وارد شود
- در CSA تنها در جهت قاب خمشی

سختی اصلاح شده:

- تنها در AISC از سختی جانبی کاهش یافته در کنار لحاظ طول واقعی عضو برای محاسبه اثرات غیر الاستیک استفاده می شود.
- در بقیه استانداردها کاهش سختی در آنالیز تنها با لحاظ طول واقعی عضو جبران می شود.

انعطاف پذیری قاب:

در همه استاندارد ها اهمیت اثرات مرتبه دوم با ضریب تشدید ممان B_2 معرفی می شود:

- در AISC,EuroCode زمانی از آنالیز مرتبه اول می توان استفاده کرد که $B_2<1.5$ باشد.
- در AS4100 زمانی از آنالیز مرتبه اول می توان استفاده کرد که $B_2<1.4$ باشد.
- در CSA گرچه در ویرایش های قبلی این استاندارد شرط $B_2<1.5$ بوده اما در نسخه ۲۰۰۵ این آیین نامه این شرط حذف شده است.

روابط اندرکنش مقاومت اعضا:

- همه استاندارد ها بر مبنای استفاده از آنالیز مرتبه دوم الاستیک در تداخل با روابط اندرکنشی برای محاسبه پایداری قاب و تیر–ستون میباشند.
- مقدار مقاومت خمشی اسمی در همه استاندارد ها مشابه تعیین می شود.
- منحنی اندرکنشی در AISC , CSA همانند هم از سه منحنی تشکیل شده است.

- استاندارد های کانادا و استرالیا شامل روابط اندرکنشی مجزا برای کنترل مقاومت اعضا، مقاومت درون صفحه و مقاومت خارج از صفحه می باشند.

روش تنش مجاز ASD:

تنها در AISC استفاده از روش تنش مجازASD در کنار روش طراحی حالت حدی LRFD مجاز اعلام شده است. به خاطر بارهای بهره برداری وارده در حالت تنش مجاز میبایست این بارها هنگام استفاده در آنالیز مرتبه دوم برای توزیع نیروهای داخلی و ممان ها در ۱.٦ ضرب شود. و پایداری قاب و اعضا با استفاده از تقسیم نتایج نیروها وممان ها بر ۱.٦ و سپس استفاده از فرمت ASD برای روابط اندرکنشی حاصل می شود. که این تقسیم در صورت استفاده از ضریب B_2 با قراردادن $\alpha=1.6$امکان پذیر است.

روش های آنالیز پایداری مطابق AISC 360-2010

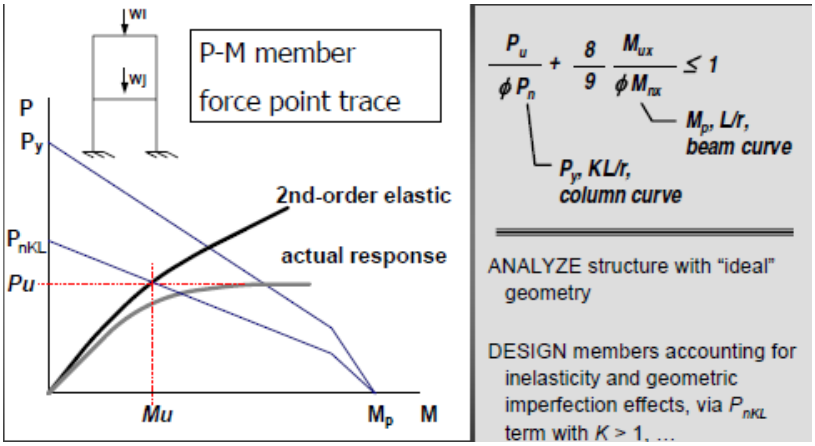
در AISC 2010 روش آنالیز مستقیم که در پیوست 7 آیین نامه AISC 360-05 منتشر شده جای روش سنتی ضرایب طول موثر را که در Chapter C این آیین نامه موجود است، گرفته است وبه عنوان روش پیش‌فرض و اصلی آیین‌نامه جهت لحاظ اثر مرتبه دوم سازه‌های فلزی معرفی شده است ضمن اینکه از بین روش های سنتی لحاظ اثر مرتبه دوم روش ضرایب تشدید لنگر به پیوست ۸ آیین نامه AISC-2010 منتقل شده است.

جدول ۱=تغییرات کلی صورت گرفته در AISC 2010 نسبت به AISC 2005

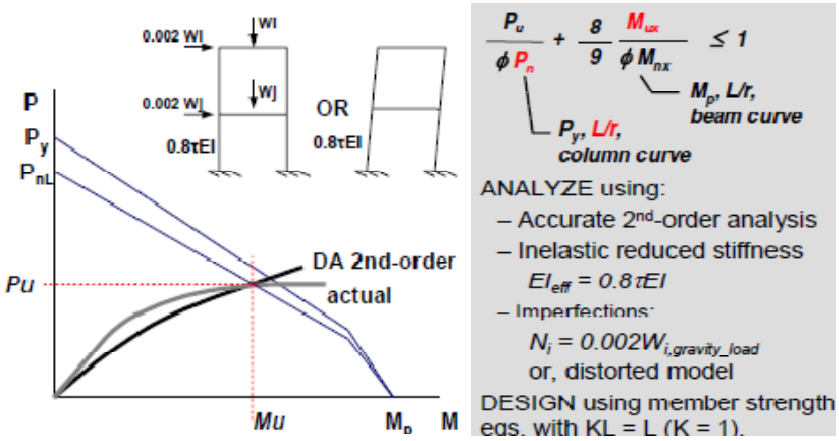
	2005	2010
Member Stability	C1.2	C3
Direct Analysis Method	Appendix 7	1.51
Effective Length Method	C2.2a	Appendix 7 (7.2)
First- Order Analysis Method	C2.2b	Appendix 7 (7.3)
Approximate second- Order Analysis (B1,B2)	C2.1b	Appendix 8

در واقع در نسل جدید آیین نامه ها روش های آنالیز پایداری به دو دسته روش آنالیز مستقیم و روش آنالیز غیر مستقیم تقسیم می شود. روش های طول موثر و مرتبه اول محدود شده جزو روش های غیر مستقیم میباشند و زمانی استفاده می شوند که آثار مرتبه دوم روی سازه خیلی زیاد نباشد یا ممکن است نادیده گرفته شود.در این ویرایش از آیین نامه عملا برای این دو روش محدودیت های شدیدتر وضع شدند تا ترجیح داده شود از روش آنالیز مستقیم که در این ویرایش به عنوان پیشفرض آیین نامه معرفی شده است استفاده شود.

در روش سنتی طول موثر:



و در روش آنالیز مستقیم:



شکل ۴- تفاوت دو روش طول موثر و آنالیز مستقیم

برای آنالیز و طراحی مطابق AISC-360-2010 یک فرآیند چرخه ای برای مقاومت و پایداری قاب فولادی صادق است که در نتیجه آن احتمالا طرح غیر اقتصادی وسنگین تر خواهیم داشت چراکه آنالیز پایداری مطابق آیین نامه AISC-360-2010 اغلب منجر به تغییر مقاطعی می شود که قبلا در طراحی سازه جوابگو بودند. احتمالا اعضایی جوابگو نخواند بود که به همین خاطر نیاز به تغییر مقطع برای بعضی از اعضاست و طراحی میبایست دوباره برای مقطع جدید انجام گیرد.

مراجع

[1] American Institute of Steel Construction Inc., Steel Construction Manual, 13th ed. 2005, Second Printing.
[2] CEN , Eurocode 3: Design of Composite Steel and Concrete Structures, Part 1-1,General Rules and Rules for Buildings, EN 1993-1-1, Comit´e Europ´een de Normalisation (CEN), European Committee for Standardization,Brussels, Belgium. 2005.
[3] CSA, Limit States Design of Steel Structures, CAN/CSA-S16-01, Canadian Standards Association, Rexdale, Ontario, Canada. 2001.
[4] SAA, Steel Structures, AS4100 Standards Association of Australia, Australian Institute of Steel Construction, Sydney, Australia. 1998.