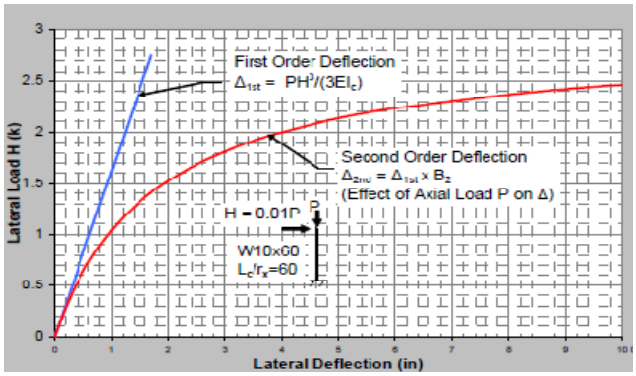
کاربرد B_2 در آنالیز پایداری سازه های فولادی و چگونگی تعیین آن

مجتبی اصغری سرخی

مرداد ۹۰

mojtaba808@yahoo.com

ضریب B_2در آیین نامه AISC-360-05 برای لحاظ اثرات $P-\Delta$و به عنوان پارامتر معادل نسبت جابجایی نسبی مرتبه دوم به جابجایی نسبی طبقات در آنالیز مرتبه اول تعریف می شود همچنین ضریب تشدید کننده نیروهای داخلی به علت انتقال جانبی قاب P_{nL} و M_{nL} بر پایه تحلیل مرتبه اول برای در نظر گرفتن اثر $P-\Delta$ میباشد و تنها ضریبیست که به عنوان تشدید کننده نیروهای محوری استفاده می شود. بنابراین می توان گفت پارامتری برای مهارشده یا نشده بودن طبقات نیز به شمار میرود و به نوعی نقش مهمی در آنالیز پایداری سازه های فولادی برعهده دارد. در شکل زیر اثر B_2 را در لحاظ اثرات مرتبه دوم مشاهده می شود:



طبق ASCE7-05 مقدار ضریب B_2از طریق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$B_2 = \frac{1}{\left[1-\frac{\alpha\sum P_{nt}}{\sum P_{e2}}\right]} = \frac{1}{\left[1-\frac{\alpha\sum P_{nt}\Delta H}{R_m\sum HL}\right]}, R_m = \frac{1}{1+C_{L(ave)}}$$

C_L ضریبی برای محاسبه کاهش سختی جانبی ستون به جهت نیروی محوری P_n میباشد. که مقدار آن از صفر(برای قاب های مهاربندی شده) تا ۰.۲۱۶ متغیر میباشد.برای قاب های خمشی مقدار C_L برابر ۰.۱۸ منظور می شود. به طور خلاصه و مطابق AISC360-05 برای قاب های مهاربندی شده مقدار R_m برابر ۱ و برای قاب های خمشی و سیستم های دوگانه برابر۰.۸۵ منظور می شود.

با مقایسه دو روش تشدید لنگر بـا روش عمـومی تحلیـل $P-\Delta$، وجـه تشـابه دو رابطـه اسـتفاده از شاخص پایداری در رابطه تعیین تشدید نیروهای داخلی بر اساس اثر $P-\Delta$ میباشد:

- در روش عمومی تحلیل $P-\Delta$ داشتیم:

$$AF=\frac{1}{\left(1-\frac{P_u\Delta_1}{HL}\right)}\rightarrow M_{ip\Delta}=M_i(1+\theta_i+\theta_i^2+\theta_i^3...)=M_i\left(\frac{1}{1-\theta_i}\right)$$

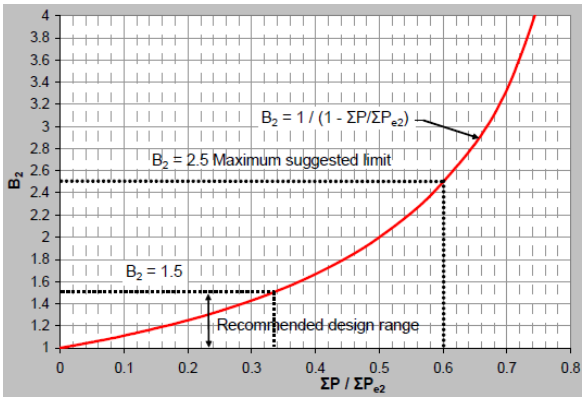
- و در روش تشدید لنگر با لحاظ تنها اثر $P-\Delta$:

$$B_2=\frac{1}{\left[1-\frac{\alpha\sum P_{nt}}{\sum P_{e2}}\right]}=\frac{1}{\left[1-\frac{\alpha\sum P_{nt}\Delta H}{R_m\sum HL}\right]}=\frac{1}{1-\frac{\alpha}{R_m}\theta_i},M_r\approx B_2M_{lt}=M_{lt}\left(\frac{1}{1-\frac{\alpha}{R_m}\theta_i}\right)$$

در صورت طراحی حالت حدی($\alpha=1$) و قاب مهاربنـدی شـده ($R_m=1$) دو روش منجـر بـه نتیجـه یکسانی می شود که می توان با تعیین میزان شاخص پایداری هر طبقـه، مقـدار ضـریب B_2 مربـوط بـه اعضای آن طبقه را تعیین کرد.طبق ASCE7-05 مقدار شاخص پایداری میبایست بین ۰.۱ و ۰.۲۵ باشـد. ($\theta_{\max}=\frac{0.5}{\beta C_d}\le 0.25$) مطابق ASCE7-05 مقدار بحرانی و تعیین کننده برای ضـریب B_2 از رابطـه زیـر تعیین می شود:

$$B_2=\frac{1}{1-\frac{1}{R_m}\theta_{\max}}\xrightarrow{\theta_{\max}=0.25}\left\{\begin{array}{l}Braced-Frame\xrightarrow{R_m=1}B_2=1.33\\Moment\ \&\ Dual-Frame\xrightarrow{R_m=0.85}B_2=1.42\end{array}\right\}$$

AISC360-05 محدوده بحرانی و تعیین کننده ضریب B_2 را ۱.۵ اعلام کرده است.در شکل زیر محدوده مقادیر B_2 مشاهده می شود:

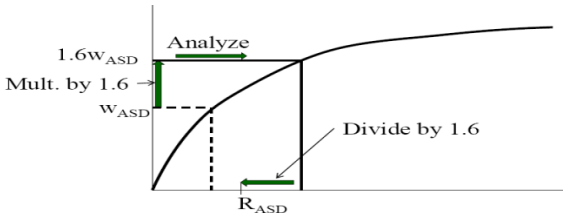


در AISC 360-05 شروطی در بعضی از روش ها وضع شده که در آنها نیاز به تعیین ضریب B_2میباشد:

- شرط استفاده از دو روش طول موثر و روش مرتبه اول محدود شده مقدار $B_2\le 1.5$ میباشد.

- چنانچه در تعیین B_2 از سختی کاهش یافته در اعضای سازه استفاده شود مقدار B_2 با مقدار کوچکتر مساوی 1.7 مقایسه می شود.
- در آنالیز مستقیم چنانچه $B_2 \leq 1.5$ باشد بارهای جانبی خیالی تنها در ترکیبات ثقلی اضافه می شود.
- در روش طول موثر چنانچه مقدار $B_2=\Delta_{2nd}/\Delta_{1st}<1.1$، اعضا مجاز هستند که با K=1 طراحی شوند
- در روش تشدید لنگر برای لحاظ بارهای جانبی میبایست ضریب B_2 تعیین شود.
- در طراحی به روش ASD تحلیل ها باید تحت بارهای 1.6 برابر آنچه که در ترکیبات بارگذاری آورده شده انجام گیرد و سپس نتایج باید برای رسیدن به مقاومت مورد نیاز بر 1.6 تقسیم شود.

در روش تحلیل مرتبه اول تشدید شده، اثر ضریب 1.6 به صورت مستقیم در ضرایب B_2 و B_1 لحاظ گردیده و در نتیجه احتیاج به فاکتور فزاینده دیگری نیست. در روش $P-\Delta$ از آنجا که $B_2=1$ باید در انتها نتایج تحلیل پایداری در روش تنش مجاز را بر 1.6 تقسیم شود.



شکل ۱- ضوابط آنالیز پایداری در طراحی به روش تنش مجاز ASD

با توجه به اینکه در حال حاضر و در آخرین نسخه از نرم افزار طراحی سازه ای ETABS امکان محاسبه B_2 توسط نرم افزار نیست بنابراین برای آنالیز پایداری در روش تنش مجاز با استفاده از ضرایب تشدید لنگر میبایست به صورت دستی مقدار B_2 اعضا را محاسبه کرد و یا در انتها نتایج حاصل از طراحی را بر 1.6 تقسیم کرد.

Chapter 3 - Design using ANSI/AISC 360-05

If the program assumptions are not satisfactory for a particular structural model or member, the user has the choice to explicitly specify the values of B_1 for any member.

Currently, the program does not calculate the B_2 factor. The user is required to overwrite the values of B_2 for the members.

تعیین ضریب B_2 از طریق تعیین شاخص پایداری هر طبقه، θ، امکان پذیر است و روش سریع در تعیین شاخص پایداری طبقه و سپس ضریب B_2 برای اجزای طبقه عبارت است از:

$$B_2=\frac{1}{1-\frac{\alpha}{R_m}\theta},\ \theta=\frac{P_u\Delta_{wi}}{V_{us}h_{story}}=\frac{P_u}{V_{us}}.\frac{\Delta_{wi}}{h_{story}}\xrightarrow[drift=\Delta_{wi}/h_{story}]{V_{us}=C.P_u}\theta=\frac{Drift_{wi}}{C}$$

C ضریب بار زلزله میباشد که در تحلیل استاتیکی معادل برابر است با: $C = V / W$ بنابراین با جایگذاری مجموع بار های ثقلی طبقه P_u و نیروی برش وارد به طبقه V_{us}، می توان از روی تعیین جابجایی نسبی طبقه iام مقدار شاخص پایداری طبقه را تعیین کرد $\theta_{wi} = \frac{Drift_{wi}}{C}$

در حال حاضر جهت آنالیز پایداری در هر دو روش تنش مجاز و حالت حدی در نرم افزار ETABS-SAP بهتر است از روش پی دلتا استفاده کنیم چراکه در این روش نیازی به تعیین B_2 نمیباشد .به علاوه در طراحی به روش تنش مجاز میبایست نتایج طراحی بر 1.6 تقسیم شود..

در AISC 360-2010 با انتقال روش تشدید لنگر به پیوست، اجبار استفاده از این روش برای تشدید نیروهای مرتبه دوم از بین رفته است و به همین جهت در نرم افزار های SAP,ETABS امکان استفاده از این روش اختیاری پیش بینی نشده است.

کنترل آثار مرتبه دوم با بارهای ضریب دار:

اثرات مرتبه دوم وابسته به میزان بار های ثقلی در سازه می باشد. بدون حضور بارهای ثقلی در مدل، نتایج آنالیز مرتبه دوم و اول منجر به نتایج یکسانی می شود.از آنجا که اثرات مرتبه دوم به طور کلی غیر خطی می باشند نیروهای داخلی و تغییر شکل های مرتبه دوم تحت بارهای ضریب دار به طور خطی مقیاس با نتایج مرتبه دوم تحت بار بهره برداری نمی باشند بنابراین آنالیز مرتبه دوم بهتر است تحت بارهای ضریب دار انجام شود. از طرفی روابط تعیین ضریب نشان می دهد زمانی آثار مرتبه دوم بحرانی می شود که نیروهای ثقلی بیشترین اثر فشاری را وارد کنند. بنابراین لازم است در ترکیبات بار کنترل آثار مرتبه دوم، بارهای ثقلی با بیشترین ضریب آنها در ترکیبات بار وارد شوند.

مراجع:

[1] American Institute of Steel Construction Inc., Steel Construction Manual, 13th ed. 2005, Second Printing.
[2] CSI ETABS 9.7.2 manual help.