Structure 808 Webinar with Associated of Kerman University (Bahonar) Of IRAN

دانشگاه شهید باهنر کرمان

Methods of Stability Analysis for the Design of Steel Frames

(Evaluation of the ELM and the DAM Method according to AISC 360-2005)

مجتبی اصغری سرخی

Mojtaba Asghari

www.Saze808.com

IRAN,Kerman-December 2010

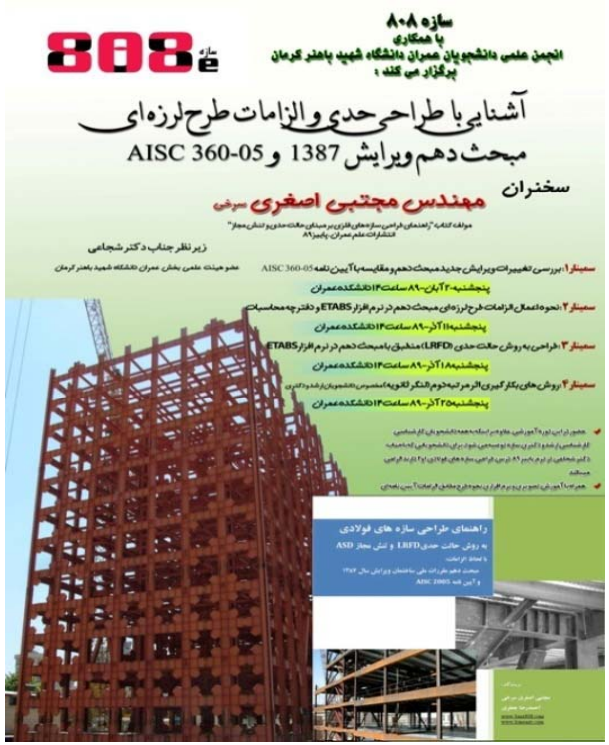
آنچه در این دوره تابحال اشاره شد:

- **بررسی تغییرات صورت گرفته در مبحث دهم ویرایش ۱۳۸۷ و مقایسه با** AISC360-05
- **نحوه اعمال الزامات طرح لرزه ای مبحث دهم در دفترچه محاسبات و** ETABS
- **طراحی سازه های فولادی به روش حدی** LRFD**بر اساس ضوابط مبحث دهم و** AISC 360-05 **در** ETABS

و آنچه در این سمینار اشاره می شود:

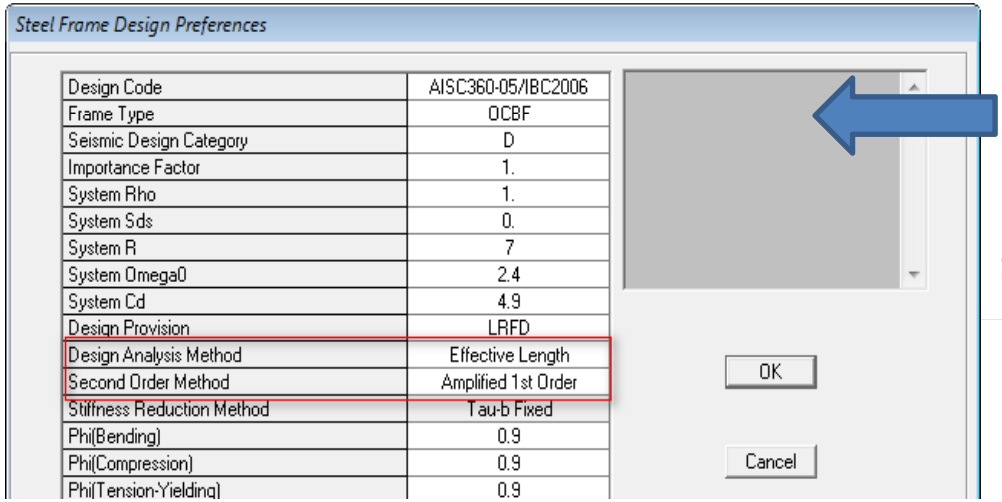
- **روش های بکار گیری اثر مرتبه دوم(لنگر ثانویه)**

مطابق مبحث دهم و AISC 360-05



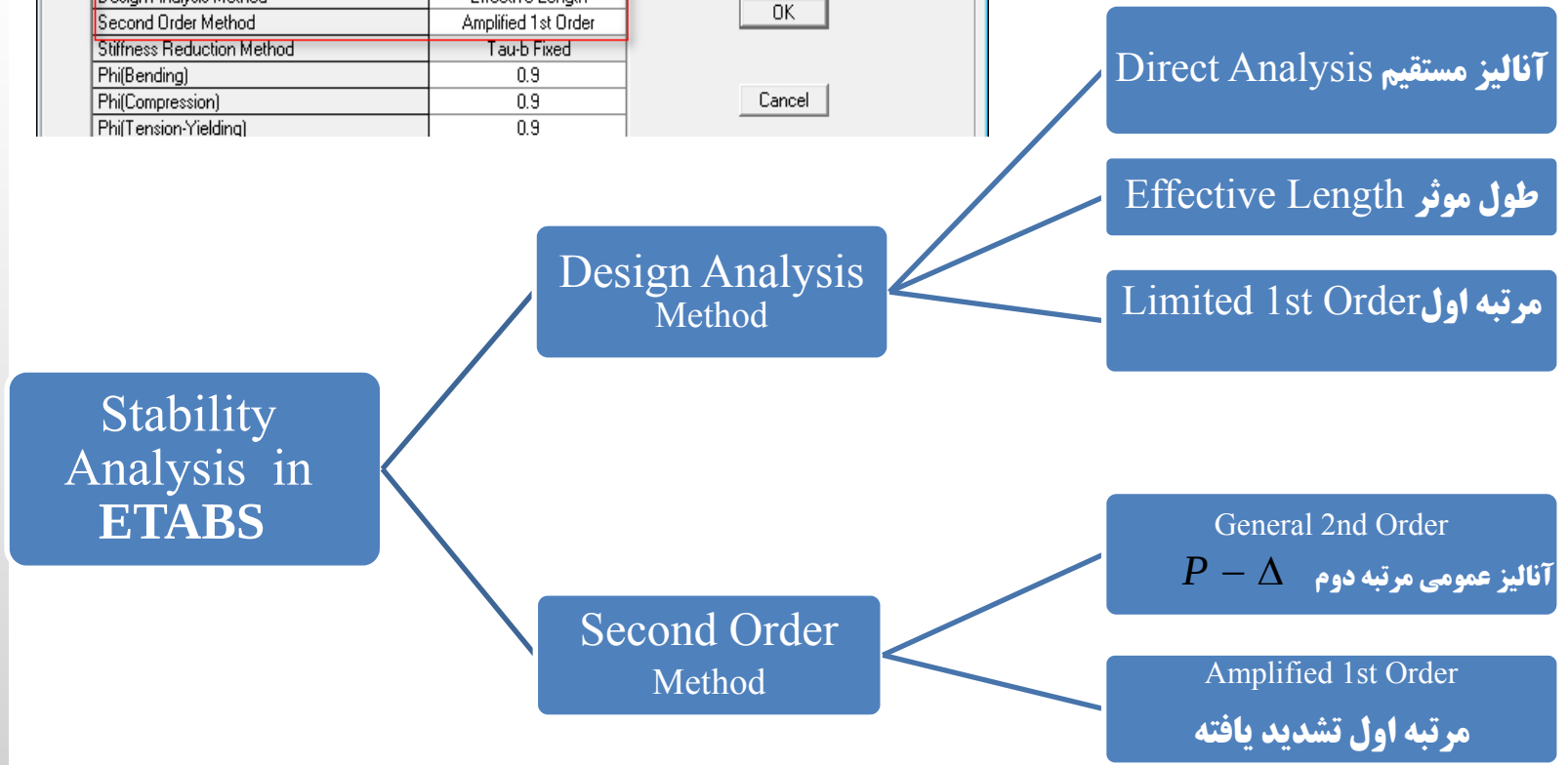
❖روش های بکار گیری اثر مرتبه دوم(لنگر ثانویه)

❖Stability Analysis in Design of Steel Building



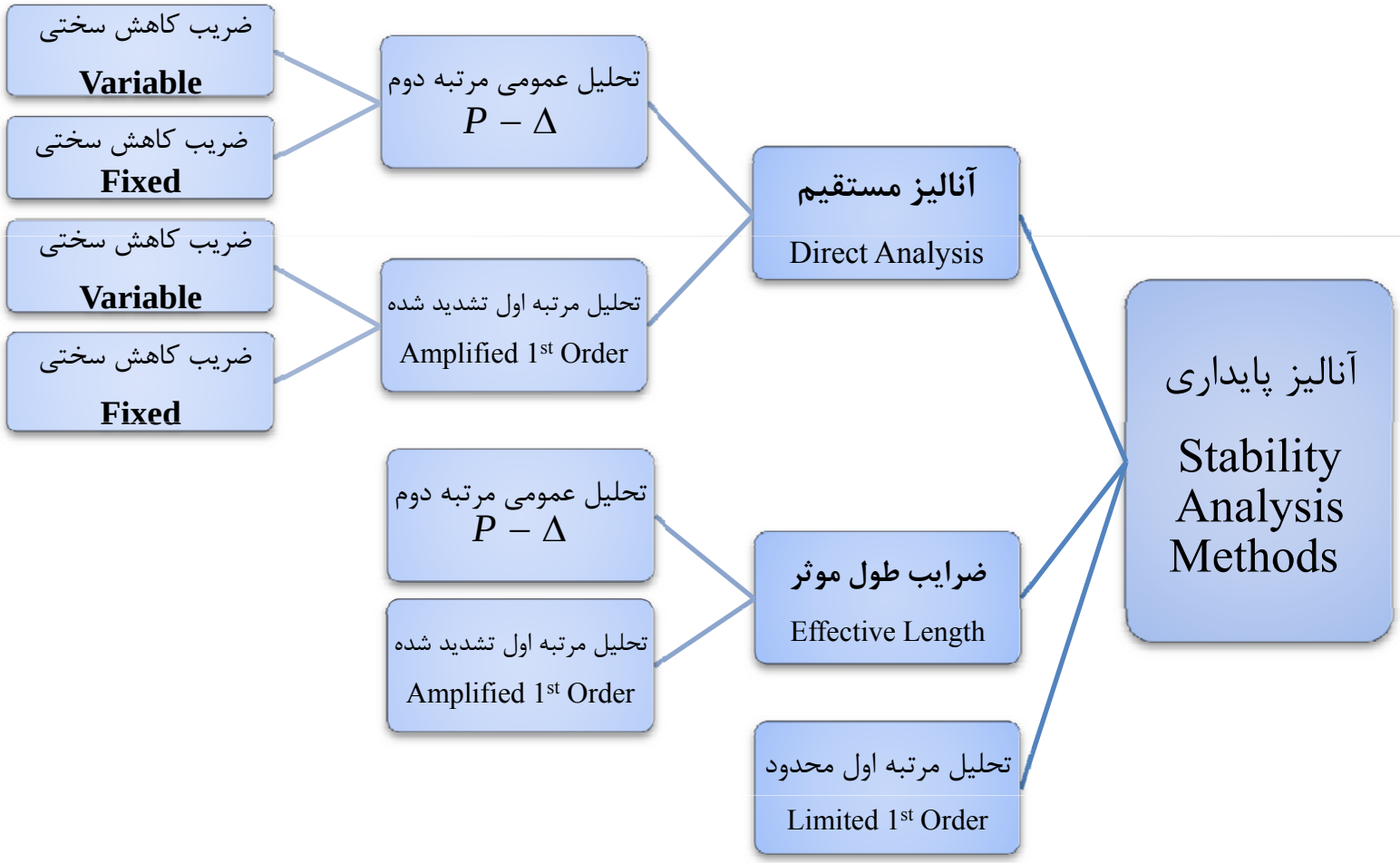
In ETABS v.9.5 with AISC 360-05 Standard

روش اعمال اثر ثانویه در دو گزینه Design Analysis Method و Second Order Method قابل تعیین است :



مطابق AISC 360-05 هفت روش برای لحاظ آثار ثانویه وجود دارد:

- 7 Method for Stability Analysis with AISC 360-05 :



Design Analysis Method :

❖ روش آنالیز مستقیم Direct Analysis

روش جدید آیین نامه AISC است و تحلیل اثرات ثانویه به صورت مستقیم با تحلیل $P-\Delta$ یا غیر مستقیم با ضرایب تشدید لنگر روی اعضا اعمال می شود. اثر کاهش سختی محوری و خمشی ناشی از تنش های پسماند به صورت مستقیم اعمال می شود. در مبحث دهم اشاره ای به این روش نشده است.

❖ روش طول موثر Effective Length

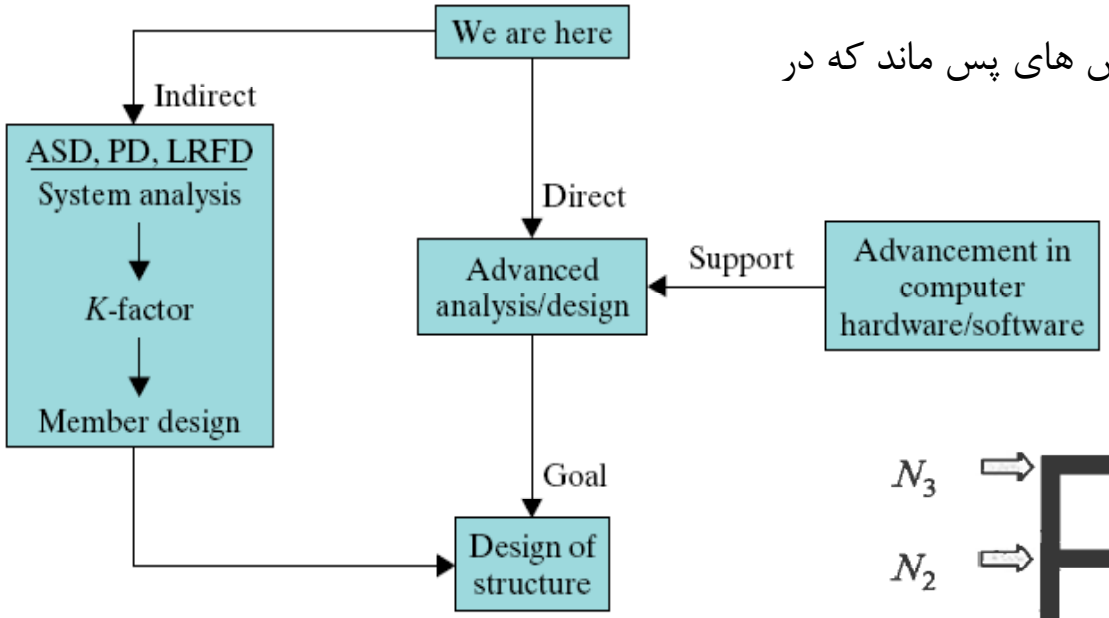
روش سنتی آیین نامه AISC و روش اصلی معرفی شده در مبحث دهم میباشد و در آن از ضریب طول موثر K استفاده می شود و اثرات ثانویه با اعمال تحلیل یا محاسبه ضریب تشدید لنگر در نظر گرفته می شوند.

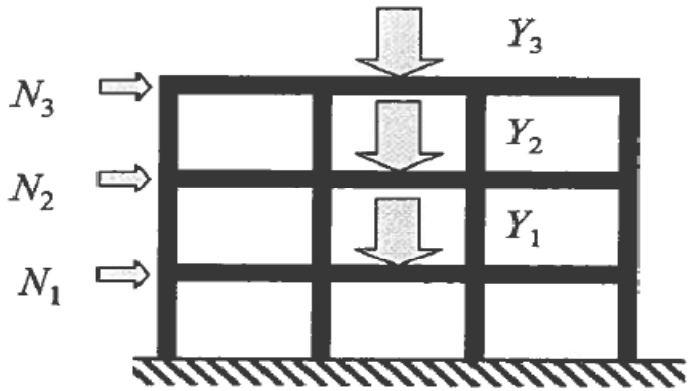
❖ روش طراحی اعضا بدون لحاظ کردن آثار مرتبه دوم Limited 1st Order

استفاده از این روش علاوه بر تامین شروط مربوطه بند ۱۰-۲-۷-۱-۶ مبحث دهم ، دارای تقریب قابل توجهی هم خواهد بود که به جهت محدودیت های موجود، استفاده از این روش به طور کلی توصیه نمی شود.

Advanced analysis or
second-order inelastic analysis for frame design:

- لحاظ خطاهای اجرایی در حین بارهای ثقلی پیش بینی شده
- اثر نواقص هندسی
- خاصیت غیر الاستیک به دلیل عدم توجه به خروج از محوریت
- و کاهش سختی عضو ناشی از تنش های پس ماند که در تحلیل رخ می دهد

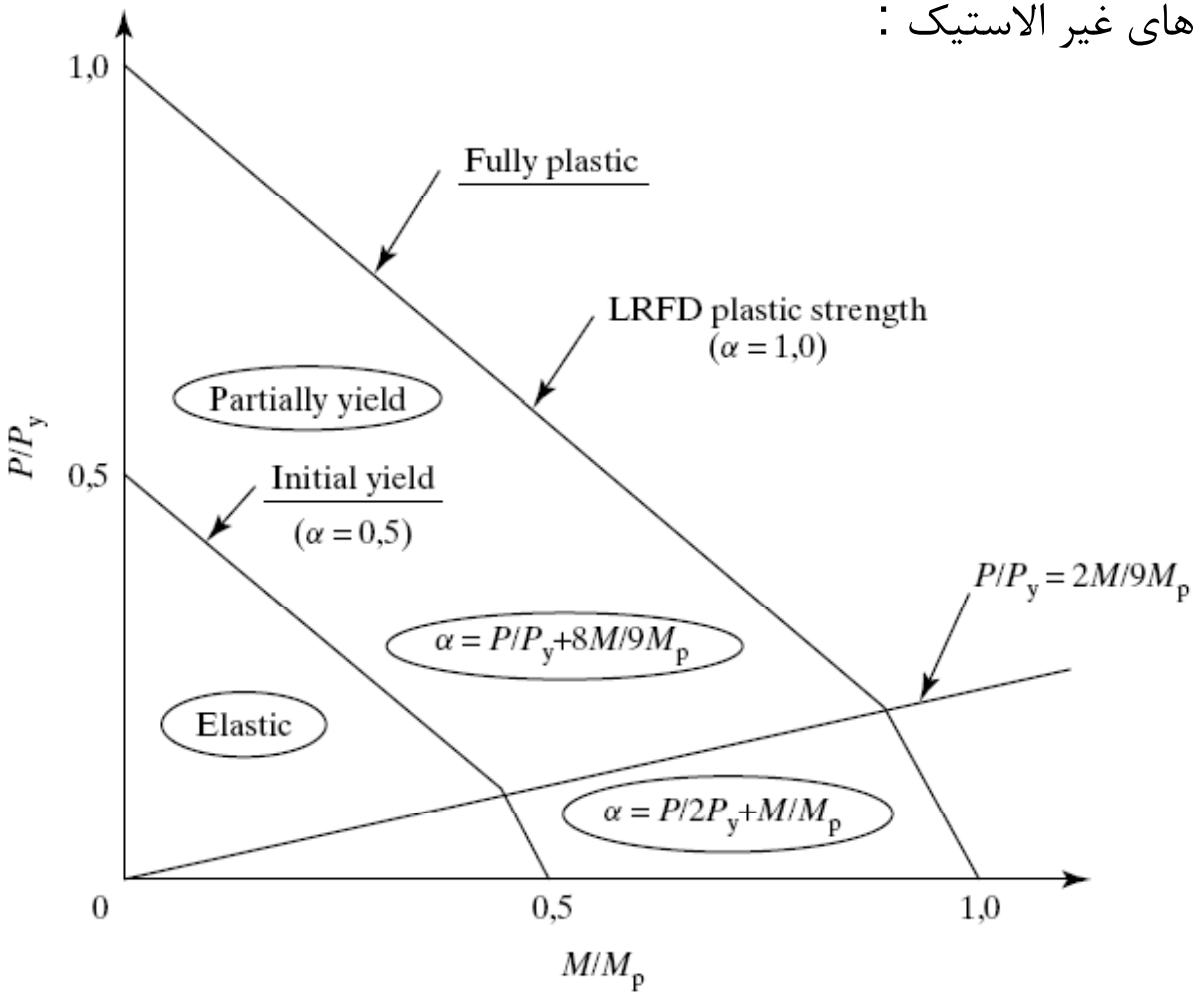




$$N_i = 0.002Y_i$$

مزیت روش های جدید تحلیل پایداری در AISC 2005

در تحلیل های غیر الاستیک :



It is a state-of-the-art methodology for the structural engineering profession for the 21st century.

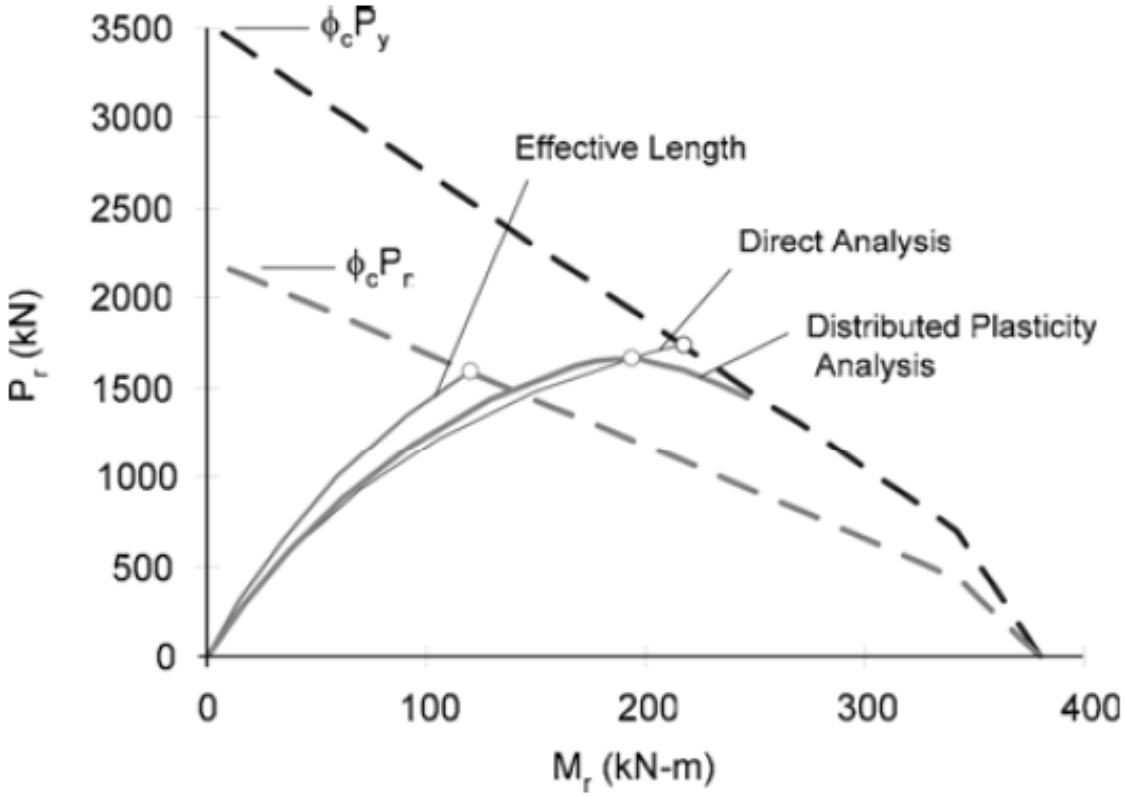


Figure 6. Comparison of effective length and direct analysis method beam-column strength interaction calculations to distributed plasticity analysis, example cantilever beam-column subjected to major-axis bending, adapted from White and Kim (2006).

تفاوت عمده مبحث دهم با AISC 360-05 در لحاظ اثر مرتبه دوم :

مطابق AISC 360-05 برخلاف مبحث دهم انتخاب روش لحاظ آثار مرتبه دوم وابسته به یکی از شرایط $B_2 = \Delta_{2nd} / \Delta_{1st} > 1.5$ یا $B_2 = \Delta_{2nd} / \Delta_{1st} \le 1.5$ ،یکی از سه روش آنالیز مستقیم ، روش طول موثر و مرتبه اول میباشد.

در حالیکه مبحث دهم استفاده از روش های لحاظ آثار مرتبه دوم را تنها از یکی از دو روش طول موثر و روش مرتبه اول مجاز می داند.

مطابق AISC 360-05 در حالت $B_2 = \Delta_{2nd} / \Delta_{1st} > 1.5$ از میان سه روش لحاظ اثر مرتبه دوم تنها روش آنالیز مستقیم قابل استفاده میباشد.

Design Analysis Method :

AISC 2005 Specification

C2.2 Design Requirements

- Effective Length Method (C2.2a)
  - **Limited application**
  - uses K>1.0
- First-order analysis (C2.2b)
  - **Limited application**
  - Simplest approach
- Direct Analysis Method (Appendix 7)
  - **Applies to all buildings (**K=1.0**)**
  - Preferred method

Effective Length Method→ **ELM** روش طول موثر

- Applies when $B_2 = \Delta_{2nd} / \Delta_{1st} \le 1.5$
- Notional Loads, Ni = 0.002Yi (gravity load combinations)
- Second-Order Analysis

  Nominal Geometry

  Nominal Stiffness
- K from a sidesway buckling analysis

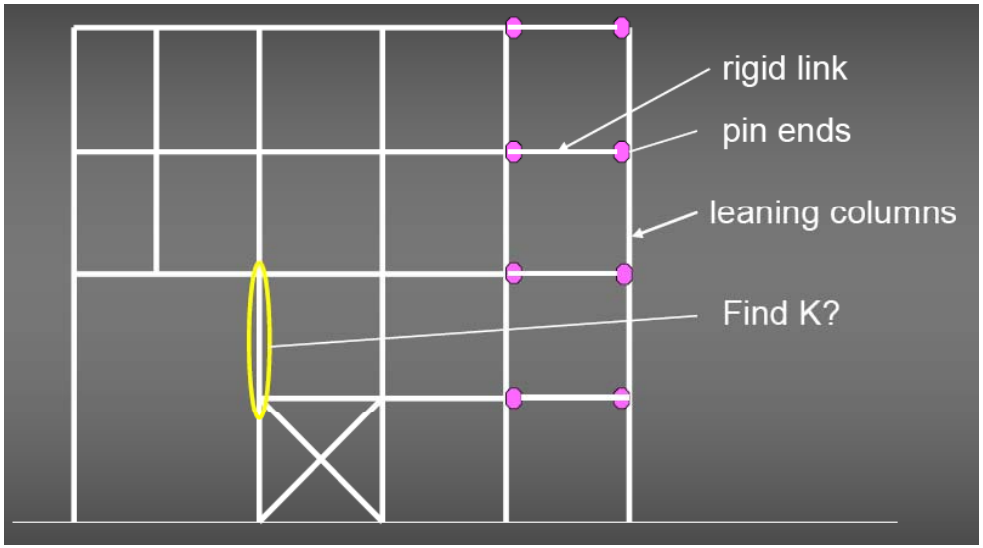
  $\Delta_{2nd} / \Delta_{1st} \le 1.1$ then K=1.0

مطابق آیین‌نامه AISC360-05 تنها در صورت برقراری شرط $B_2 \le 1.5$ (نسبت جابجایی ثانویه به جابجایی اولیه) مجاز به استفاده از روش طول موثر خواهیم بود.

معایب روش های سنتی آنالیز پایداری سازه های فولادی:

روش طول موثر Effective Length

- عدم قابلیت انعکاس توزیع غیر الاستیک نیرو های داخلی در سیستم سازه ای
- عدم تشخیص اطلاعات مکانیزم شکست اعضا در سیستم سازه ای
- آنالیز پایداری با روش طول موثر در نرم افزارهای محاسباتی به جهت لزوم محاسبه K برای هر عضو و سپس بررسی آنالیز پایداری با سرعت کمی همراه است
- و مهم تر اینکه همواره در تعیین ضریب K با مشکلات و پیچیدگی هایی برای موارد خاص مواجه بودیم که روند آنالیز را با مشکل روبرو می سازد مانند:



First-Order Method

روش مرتبه اول

- Applies when $B_2 = \Delta_{2nd} / \Delta_{1st} \leq 1.5$

  And $aPr \leq 0.5Py$ for all lateral members

- Notional Loads $N_i = 2.1\left(\frac{\Delta}{L}\right)Y_i \geq 0.0042Y_i$
- First-Order Analysis on Nominal Geometry using Nominal Stiffness
- Apply B1 to total member moments
- Use K=1.0

مهمترین تفاوت استفاده از آنالیز مرتبه اول در روش حالت حدی مبحث دهم و روش حالت حدی AISC 360-05 در اینست که علاوه بر شروط بند ۱۰-۲-۷-۱-۶، در AISC 360-05 برای استفاده از روش تحلیل مرتبه اول میبایست لزوماً شرط $B_2 \leq 1.5$ نیز برقرار باشد.

Direct Analysis Method→ **DAM**

روش آنالیز مستقیم

- ✓Applies to all structures $B_2 < 1.5, B_2 \geq 1.5$
- ✓ K=1.0
- ✓ Straight-forward Analysis and Design
- ✓ Improved Results & Less potential for error
- ✓ Applies to all lateral systems or combination of systems w/o distinction
- ✓ Most accurate determination of internal forces when combined with rigorous second-order analysis

مزایای روش آنالیز مستقیم:

- در هر دو صورت برقراری شرط $B_2 < 1.5, B_2 \geq 1.5$ قابل استفاده است.
- در صورت انجام تحلیل آنالیز مستقیم ، نیازی به کنترل طبقه مهار شده و نشده برای سازه ها نیست.در این روش ضریب K برای همه ستون ها برابر 1 انتخاب می شود.
- انجام آنالیز مستقیم توسط کاربر ساده تر و سریع تر از روش ضریب طول موثر Effective Length می باشد و منجر به نتایج واقعی تر از سازه می شود.

Stiffness Reductions (Inelasticity)

- Axial Stiffness $EA^* = 0.8\ EA$
- Flexural Stiffness $EI^* = 0.8\ \tau_b\ EI$

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

$$\alpha = 1(LRFD), \qquad \alpha = 1.6(ASD)$$

- Ultimately this allows for K=1.0
- τ_b=1.0 may be used for all members provided an additive notional load of 0.001Yi is applied

در روش تحلیل مستقیم، باید یکی از روش های کاهش سختی خمشی را به صورت ثابت و متغیر انتخاب کرد.

در حالت متغیر ضریب τ_b تابعی از نیروی محوری ستون ها خواهد بود.در حالت سختی ثابت ضریب τ_b برابر 1.0بوده و کاهش سختی خمشی برابر 0.8 خواهد بود.

Stiffness Reduction

Reduced flexural stiffness, 0.8 τ_b EI

Generally τ_b = 1.0 for the following :

- Beams

  moment frames (low axial load)

  Braced frames (flexural stiffness does not contribute)

- Braces (flexural stiffness does not contribute)
- Columns in braced frames (flexural stiffness does not contribute)

Can take τ_b = 1.0 for all members if :

- apply additional notional load Ni = 0.001Yi
- Eliminates iteration!

در حالت ضریب کاهش سختی متغیر ضریب بار مجازی برابر ۰.۰۰۲ میباشد اما در حالت انتخاب ضریب کاهش سختی ثابت این ضریب مقدار ۰.۰۰۳ خواهد بود. یعنی چنانچه در جهت اطمینان مقدار ضریب کاهش سختی برابر ۱ فرض شود میبایست سازه را به میزان ۵۰٪ بار مجازی جانبی بیشتری تحلیل کرد.

Procedure Summary

- Model the structure (no change)
- Apply Notional Loads
- Perform second-order analysis on nominal geometry with reduced stiffness
- Design all members for resulting forces
- Design compression members with **K=1.0**

Updates Stability Design Requirements

- New requirements for analysis
- Recognizes current analysis options
- Addresses shortcomings of previous methods (K = ?)
- Provides straight-forward methods

DAM is most general and accurate approach

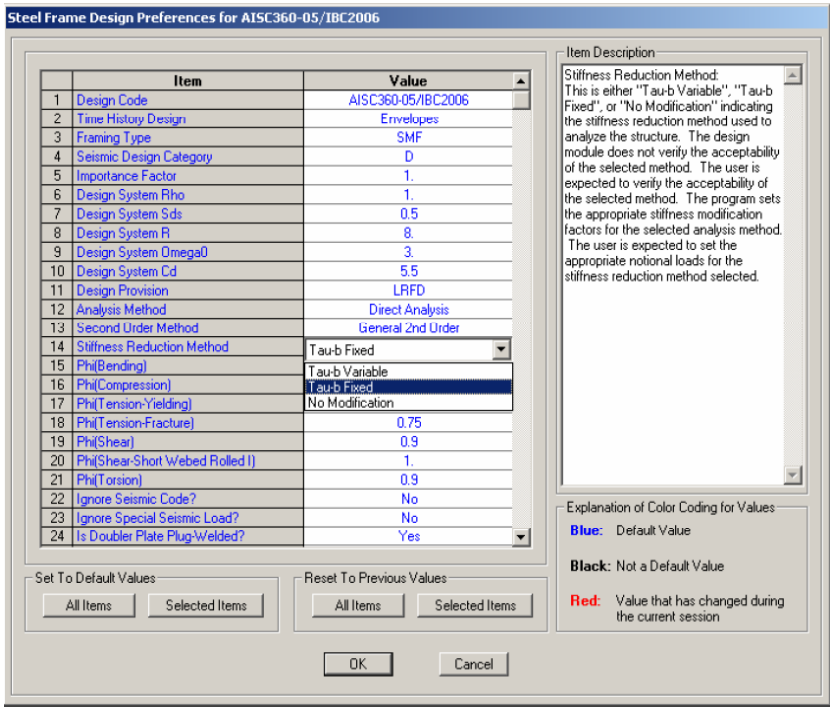
Direct Analysis in CSI Programs:

Direct Analysis using **ETABS v.9.6** :

Design Analysis Method	Direct Analysis
Second Order Method	General 2nd Order
Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed

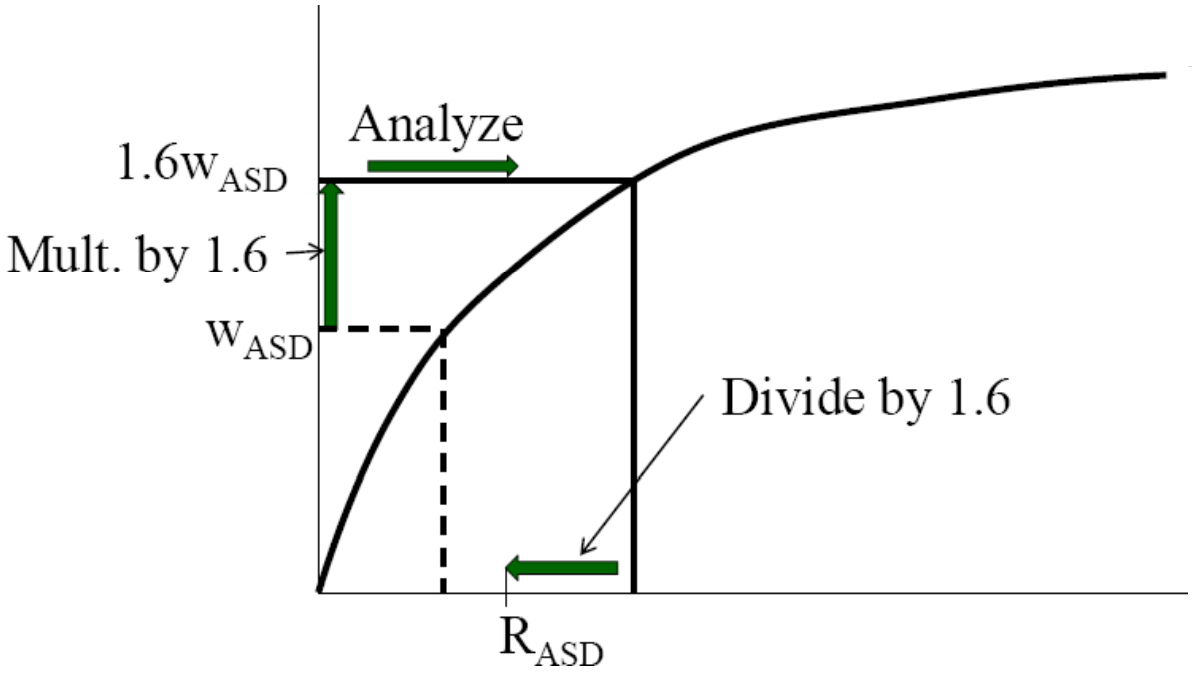
چنانچه آنالیز مستقیم با لحاظ ضریب کاهش سختی متغیر مدنظر باشد از کشوی Stiffness Reduction Method عبارت Tau-b Variable و برای آنکه ضریب کاهش سختی ثابت درنظر گرفته شود گزینه Tau-b Fixed انتخاب می شود (به شرطیکه بار های مجازی جانبی به میزان 0.001 بیشتر منظور شود)

Direct Analysis Method using **SAP2000 v. 11.0.7** :



Second Order Analysis in ASD - AISC 360-05 :

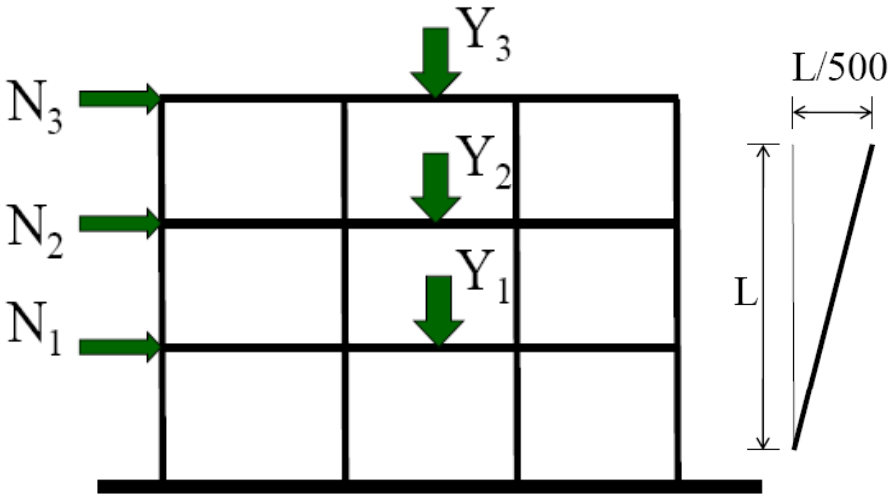
- Carried out under 1.6 times ASD load combination
- Results divided by 1.6 to obtain required strengths



In Direct second order analysis , the method already includes 1.6 factor

Initial imperfections, either

بار های مجازی



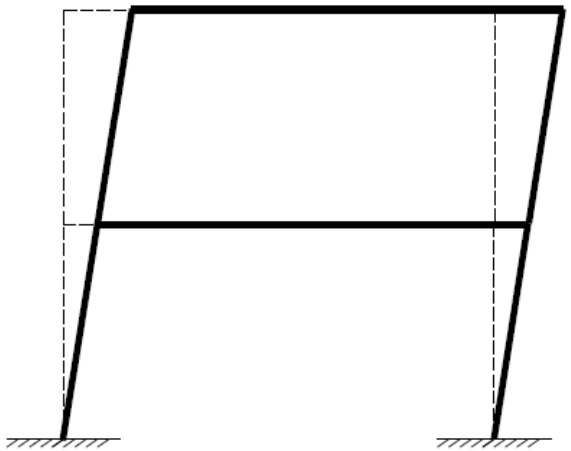
➢**Notional Loads at each level, or**

- Notional Loads at each level
- Ni = 0.002Yi
- Yi = total gravity load on a level
- Applied to all load combinations

Applied only in Gravity Combos, except for $B_2 \leq 1.5$

Gravity load combinations:

Two orthogonal directions
Positive and negative sense
Same direction at all levels



➢**Model with assumed out-of-plumbness**

روابط و حالات مندرج در AISC 360-05 مطابق جدول ۲-۱ از راهنمای آیین نامه AISC360-05 موجود در ETABS :

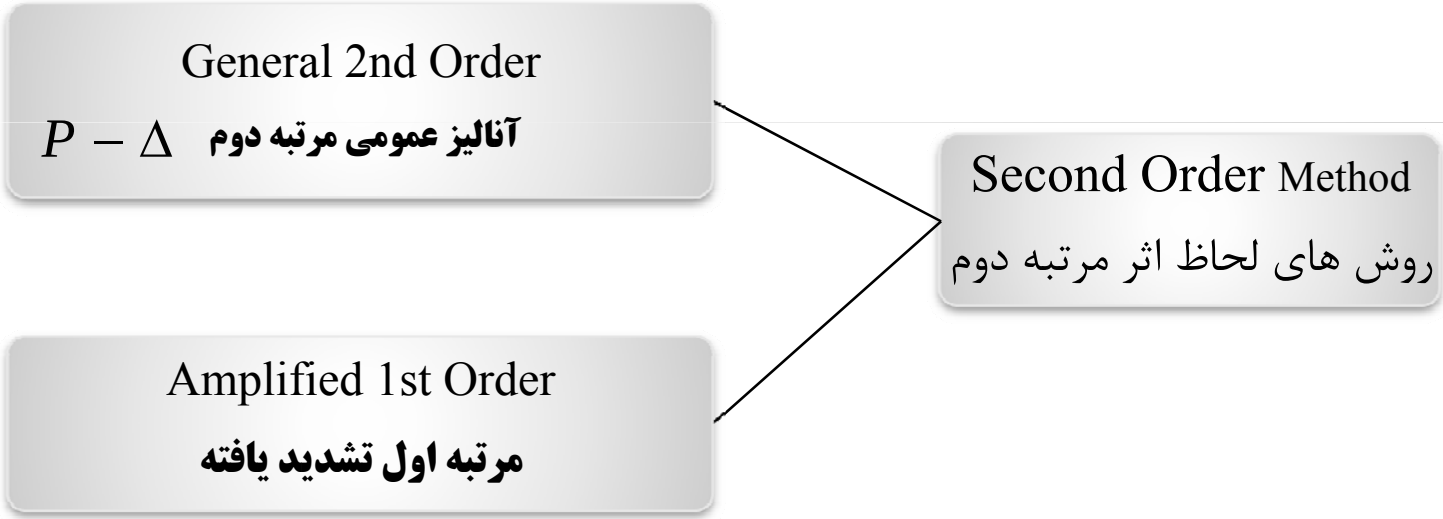
Table 2-1 The Essentials and Limitations of the Design Analysis Methods

Direct Analysis Method			
Option	Variable	Limitation or Applicability	Essentials of the Method
General Second Order Analysis	Variable Factor Stiffness Reduction	No limitation	2nd Order Analysis Reduced stiffness $EI^* = 0.8\tau_b EI$ $EA^* = 0.8EA$ $\tau_b = \begin{cases} 1.0 \text{ for } \frac{\alpha P_r}{P_y} \le 0.5 \\ 4\left(\frac{\alpha P_r}{P_y}\right)\left(1 - \frac{\alpha P_r}{P_y}\right) \text{ for } \frac{\alpha P_r}{P_y} \ge 0.5 \end{cases}$ B_1 and B_2 not used $K_x = 1$ (used for P_e) Notional load with all combos, except for $\Delta_{2nd}/\Delta_{1st} \le 1.5$ for which notional load with gravity combos only Notional load coefficient = 0.002 (typically)
	Fixed Factor Stiffness Reduction	No limitation	2nd Order Analysis Reduced stiffness $EI^* = 0.8\tau_b EI$ $EA^* = 0.8EA$ $\tau_b = 1.0$ B_1 and B_2 not used $K_x = 1$ (used for P_e) Notional load with all combos, except for $\Delta_{2nd}/\Delta_{1st} \le 1.5$ for which notional load with gravity combos only Notional load coefficient = 0.003 (typically)
Amplified First Order Analysis	Variable Factor Stiffness Reduction	No limitation	1st Order Analysis Reduced Stiffness $EI^* = 0.8\tau_b EI$ $EA^* = 0.8EA$ $\tau_b = \begin{cases} 1.0 \text{ for } \frac{\alpha P_r}{P_y} \le 0.5 \\ 4\left(\frac{\alpha P_r}{P_y}\right)\left(1 - \frac{\alpha P_r}{P_y}\right) \text{ for } \frac{\alpha P_r}{P_y} \ge 0.5 \end{cases}$ $K_1 = 1$ for B_1 $K_2 = 1$ for P_e and B_2 Notional load with all combos, except for $\Delta_{2nd}/\Delta_{1st} \le 1.5$ for which notional load with gravity combos only

Table 2-1 The Essentials and Limitations of the Design Analysis Methods

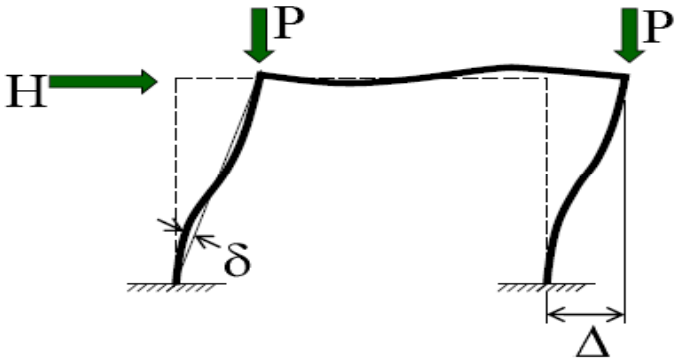
Direct Analysis Method			
Option	Variable	Limitation or Applicability	Essentials of the Method
			Notional load coefficient = 0.002 (typically)
Amplified First Order Analysis	Fixed Factor Stiffness Reduction	No limitation	2nd Order Analysis Reduced stiffness $EI^* = 0.8\tau_b EI$ $EA^* = 0.8EA$ $\tau_b = 1.0$ $K_2 = 1$ (used for P_r) Notional load with all combos, except for $\Delta_{2nd}/\Delta_{1st} \le 1.5$ for which notional load with gravity combos only Notional load coefficient = 0.003 (typically)
Effective Length Method			
Option	Limitation or Applicability		Essentials of the Method
General Second Order Elastic Analysis	$\frac{\Delta_{2nd}}{\Delta_{1st}} \le 1.5$ (for all stories) $\frac{\alpha P_r}{P_y} = any$ (for all columns)		2nd Order Analysis Unreduced Stiffness $K = K_2$ (used for P_r) Notional load with gravity combos only Notional load coefficient = 0.002 (typically) $B_1 = 1$ $B_2 = 1$
Amplified First Order Analysis	$\frac{\Delta_{2nd}}{\Delta_{1st}} \le 1.5$ (for all stories) $\frac{\alpha P_r}{P_y} = any$ (for all columns)		1st Order Analysis Unreduced stiffness K_1 for B_1 K_2 for B_2 $K = K_2$ (used for P_r) Notional load with gravity combos only Notional load with coefficient = 0.002 (typically) Use of B_1 and B_2
Limited First Order Analysis			
Limited First Order Elastic Analysis	$\frac{\Delta_{2nd}}{\Delta_{1st}} \le 1.5$ (for all stories) $\frac{\alpha P_r}{P_y} \le 0.5$ (for all columns)		1st Order Analysis Unreduced stiffness K_2 for P_r (not B_2) Notional load with all combos Notional load with coefficient = $(2)\left(\frac{\Delta}{L}\right) \ge 0.0042$

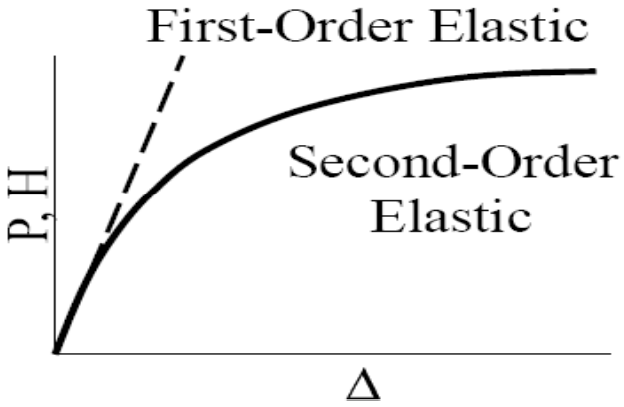
Second Order Analysis:



General 2nd Order ($P-\Delta$ **روش عمومی تحلیل مرتبه دوم (تحلیل غیرخطی هندسی**

- اثر ثانویه برای بارهای جانبی $P-\Delta$
- اثر ثانویه برای بار های ثقلی $P-\delta$



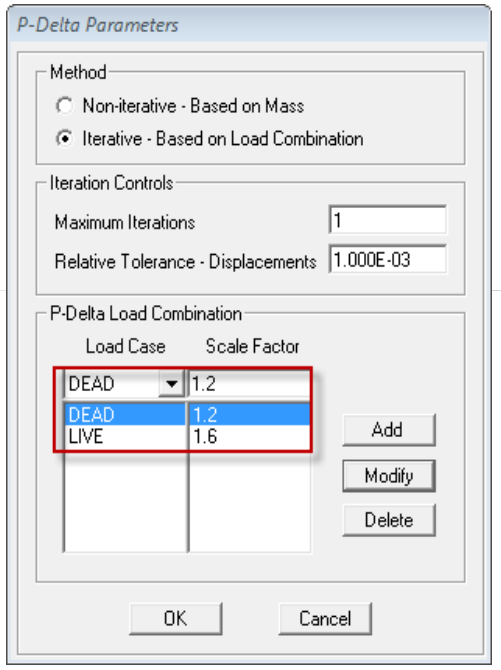
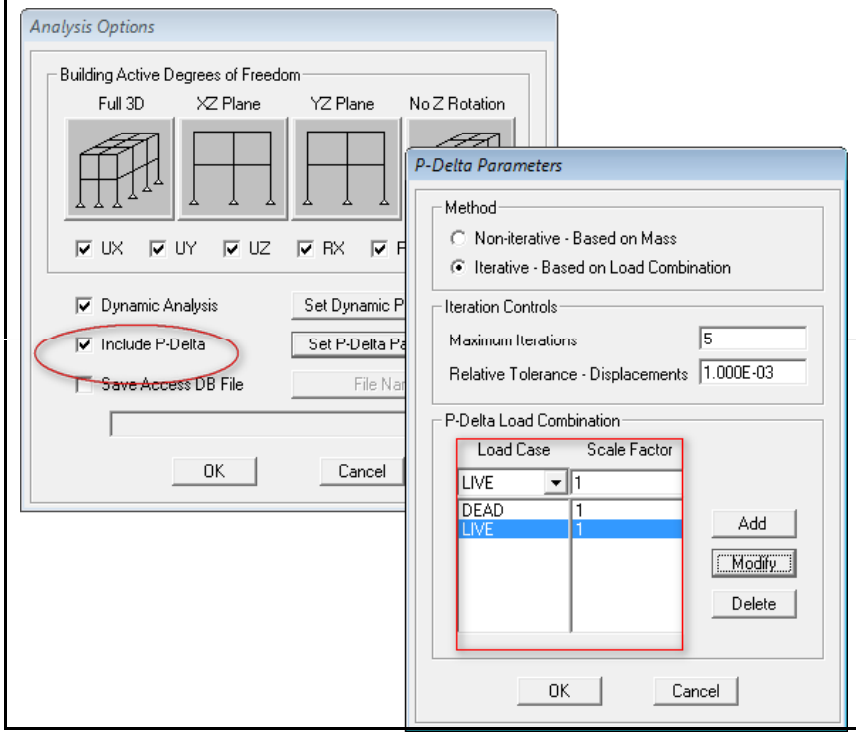


General Second-Order Analysis

- Free of limitations of amplified first-order method
- More accurate determination of internal forces and strength level deformations
  Complex geometry
  irregular lateral framing
- Structure Analyzed for Load Combinations (ASD with a 1.6 factor)
- Stable model required

تحلیل $P-\Delta$ در ETABS

P-Delta Combination in LRFD

AISC 360-05	مبحث دهم حالت حدی
	

تحلیل $P-\delta$ در ETABS

اثرات ثانویه تشدید لنگر مربوط به بار های ثقلی در اکثر موارد نسبت به $P-\Delta$ ناچیز می باشند و تنها برای ستون های با طول بلند و مقطع کوچک بحرانی خواهد شد.

برای این تحلیل لازم است ستون ها در طول خود تقسیم بندی شوند

روش تشدید لنگر های خمشی (Amplified 1st Order)

ETABS تلاش‌های وارد بر سازه را به دو بخش تقسیم می‌کند. بار محوری و لنگر خمشی ناشی از بارهای ثقلی را به عنوان P_{nt} و M_{nt} (مطابق توضیحات مبحث دهم) در نظر می‌گیرد که در اینجا M_{nt} را با ضریب B_1 تشدید می‌کند و لنگر و نیروی محوری ناشی از بارهای جانبی باد و زلزله را به عنوان M_{lt} و P_{lt} در نظر می‌گیرد که هر دو مورد باید با ضریب B_2 تشدید شوند.

در اینجا روابط B_1 و B_2 در طبقات مهار نشده از روابط ۱۰-۲-۷-٤ تا ۱۰-۲-۷-۷ مبحث دهم جهت یادآوری آورده شده است:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \qquad P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{\left[1 - \frac{\alpha P}{P_{e1}}\right]} \geq 1 \qquad P = P_{nt} + P_{lt} \qquad B_2 = \frac{1}{\left[1 - \frac{\alpha \sum P_{nt}}{\sum P_{e2}}\right]} \geq 1$$

Limitations of Amplified First-Order Analysis :

- Have to separate translation and no-translation moments
- Engineering judgment often required

  Distribution of moments where B2 factors vary at a joint
- Complex geometry cause difficulties

  Sloping beams and columns

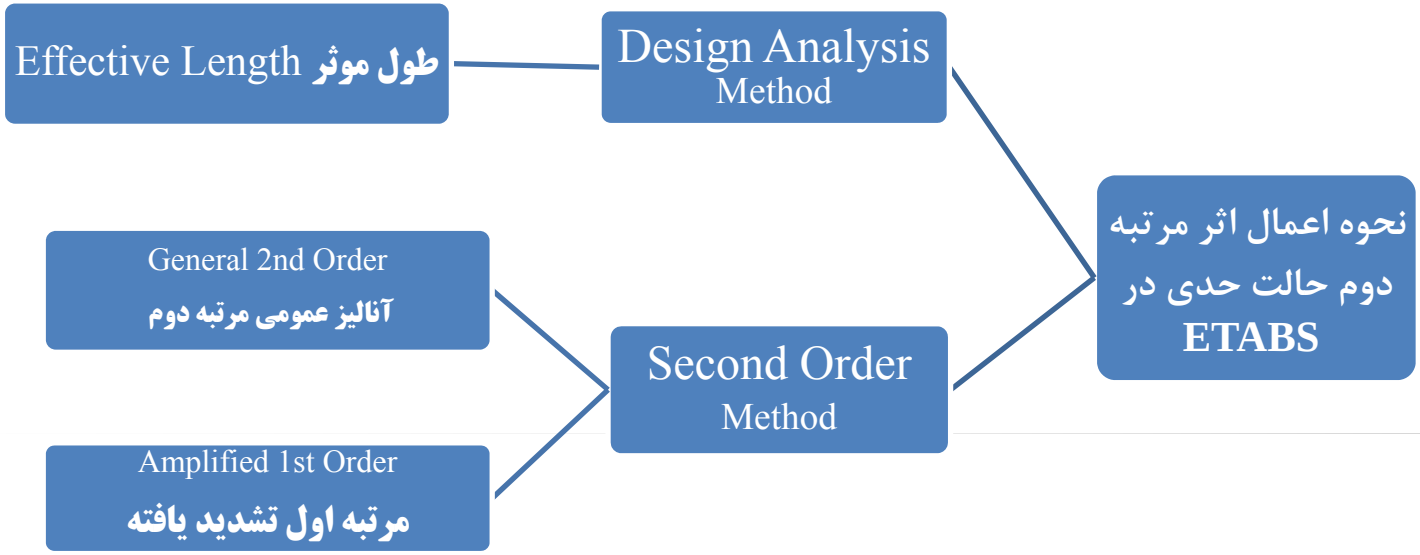
  Floor levels not readily identifiable

توجه مهم:

ETABS با توجه به توضیحات مندرج در راهنمای برنامه، فعلاً قادر به محاسبه ضریب B_2 نیست و این ضریب را به طور پیش فرض یک در نظر می‌گیرد

بر این اساس جدا از مشکلی که در تشدید لنگر و بار محوری در قاب‌های مهار نشده پیش می‌آید در قاب‌های مهار شده مقدار لنگر تشدید شده از آنچه که مورد نظر آیین‌نامه است کمتر به دست می‌آید.

بنابراین مطابق مبحث دهم:



در مبحث دهم مطابق بند ۱۰-۲-۷-۱-۵ به طور کلی جهت لحاظ اثر مرتبه دوم میبایست از دو روش عمومی تحلیل غیرخطی هندسی و روش ضرایب تشدید لنگر یک روش انتخاب و اعمال شود.

روش عمومی تحلیل مرتبه دوم (تحلیل غیرخطی هندسی $P-\Delta$) در ETABS

Design Analysis Method	Effective Length
Second Order Method	General 2nd Order

روش تشدید لنگر های خمشی (Amplified 1st Order) درETABS

Design Analysis Method	Effective Length
Second Order Method	Amplified 1st Order

Changes in **AISC 2010**

- The next AISC specification comes out in 2010
- DAM will be default method in body of code
- Several Clarifications included in Specification

در AISC 2010 روش آنالیز مستقیم که هم اینک به عنوان پیوست 7 از آیین نامه AISC 360-05در دسترس میباشد جای روش سنتی ضرایب طول موثر را در Chapter C خواهد گرفت وبه عنوان روش پیش فرض و اصلی آیین نامه جهت لحاظ اثر مرتبه دوم سازه های فلزی تبدیل خواهد گشت.

بنابراین گرچه این روش در آخرین ویرایش از مبحث دهم (ویرایش ۱۳۸۷) گنجانده نشده است اما به جهت سهولت طراحی و مزایای آنالیز مستقیم در نرم افزار ETABS آشنایی مهندسین با این روش مهم و ضروری میباشد.

	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

Refrences

مراجع :

-مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان ویرایش سال ۱۳۸۷

- AISC-360-2005

- AISC 2010-Draft

-ETABS AISC360-05 Manual

-Jason R Ericksen, CSC ,"How To Guide for the Direct Analysis Method", 2010

-Christopher m. Hewitt ,"Stability Analysis It's not as Hard as You Think",2008

-CSI DAM Guide Manual

ANSI/AISC 360-05
An American National Standard

Specification for Structural Steel Buildings

March 9, 2005

This presentation Published for this Virtual Internet Forum:

- Persian Civil Forum:

  www.Iransaze.com

- Latin Civil International Forum:

  www.forum.civilea.com

And My Structural Websait:

www.Saze808.com

Email for contact with Publisher:

mojtaba808@yahoo.com

جهت دریافت اطلاعات بیشتر:

وبسایت آموزشی سازه ۸۰۸ :

www.Saze808.com

ایمیل:

mojtaba808@yahoo.com

انجمن مهندسین عمران ایران :

www.Iransaze.com

راهنمای طراحی سازه‌های فولادی به روش حالت حدی LRFD و تنش مجاز ASD

با در نظر گرفتن الزامات: مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۸۷ و آیین‌نامه AISC 2005

تالیف: " مجتبی اصغری سرخی ، احمدرضا جعفری"

انتشارات علم عمران-پاییز ۸۹