# مقدمه ای بر طراحی سازه های فولادی سردنورد شده سبک

## مدرس : رشید چراغی

@College808

کانال تخصصی عمران و معماری

موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

# سرفصل ها

## مقدمه ای بر سازه های فولادی سردنورد شده سبک

- سازه **LSF** یا سازه **CFS** چیست؟
- آیین نامه ها
- اعضای سازه ای یک ساختمان ساخته شده با فولاد سرد نورد شده
- سیستم های باربری ثقلی سازه های **CFS**
- سیستم های باربری لرزه ای سازه های **CFS**
- موارد طراحی مقاطع جدار نازک
- مبانی طراحی اعضای سازه ای مقاطع جدار نازک
  - رفتار مقاطع جدار نازک
  - ناپایداری ها
  - عدم خدمت پذیری
  - پدیده های خاص
  - محدودیت های ابعادی
- روش های طراحی سازه های فولادی سرد نورد شده سبک
  - روش متداول آیین نامه
  - روش جدید مقاومت مستقیم (DSM)
- نرم افزارهای طراحی سازه های فولادی سردنورد شده
- آشنایی با نرم افزار SAP2000 در طراحی اعضای فولادی سرد نورد شده

کانال تخصصی عمران و معماری
موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

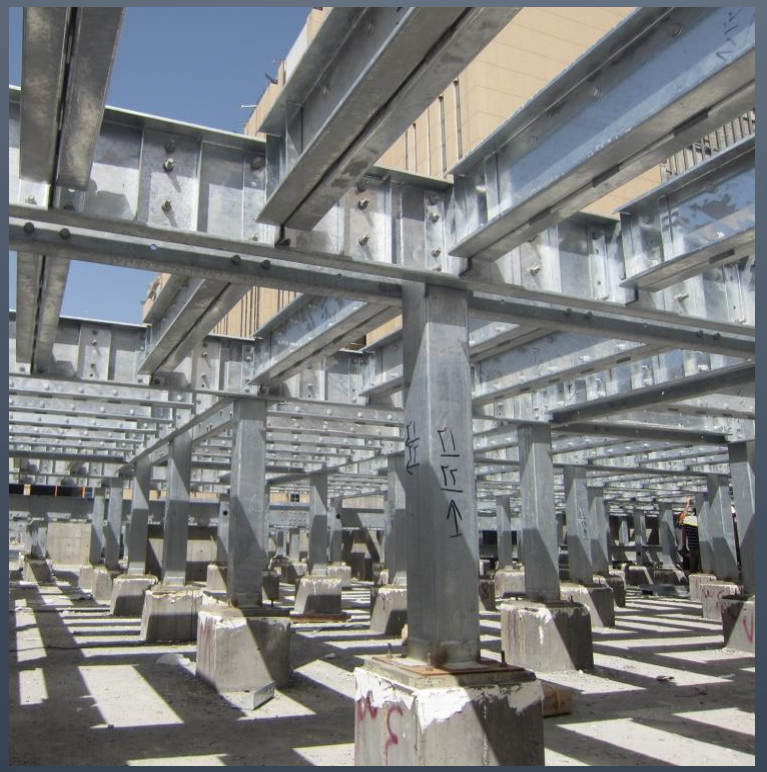


fppt.com

# سازه LSF یا سازه CFS ؟

کانال تخصصی عمران و معماری
موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

- یک سیستم ساختمانی نوین برای انتقال بارهای ثقلی و جانبی
  - مثل سازه های فولادی (فلزی)
  - مثل سازه های بتن آرمه
  - مثل سازه های مصالح بنایی



**بازار**

سازهLSF

سازه CFS

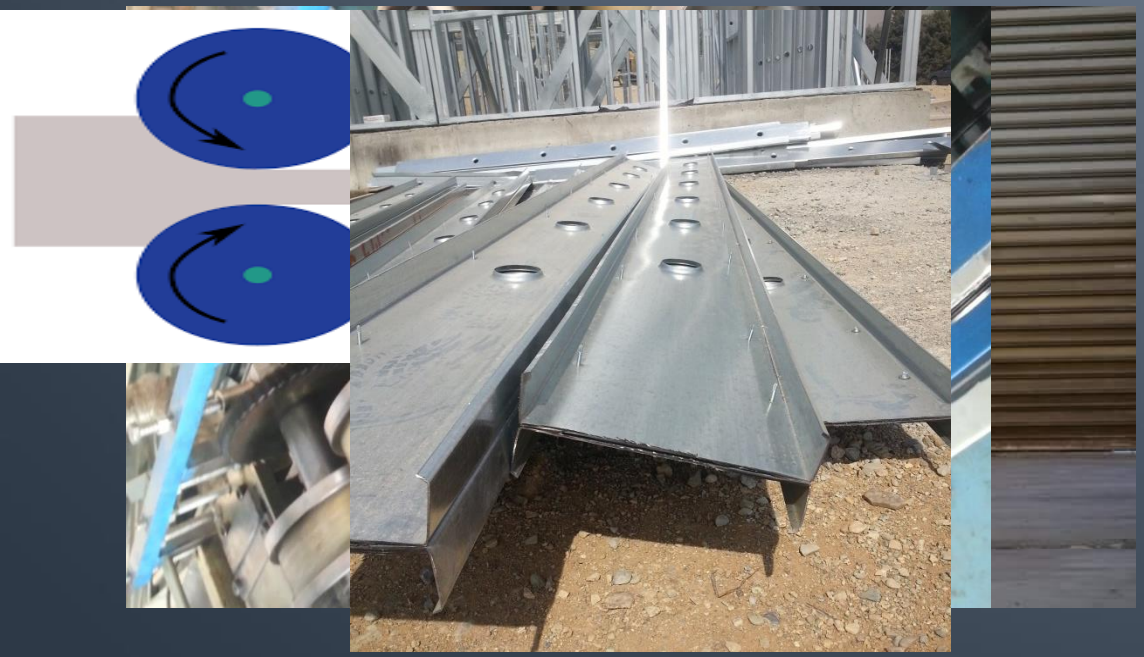


fppt.com

# سازه LSF یا سازه CFS ؟

- **واژه شناسی**

- **LSF** : Light Steel Frame Structures — سازه های قاب فولادی سبک
- **CFS** : Cold-formed Steel Structures — سازه های فولادی سرد شکل دهی شده یا سرد نورد
- Cold-rolled Steel Structures — سازه های فولادی سرد نورد شده (غلطت خورده)
- **LGS**: Light Gauge Steel Structures — سازه های فولادی کم ضخامت





موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری
fppt.com

# آیین نامه ها

- آیین نامه های داخلی
  - مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
    - نشریه ۶۰۸ : آیین نامه طراحی و اجرای سازه های فولادی سبک سردنورد
  - سازمان برنامه و بودجه کشور-نظام فنی و امور اجرایی
    - نشریه ۶۱۲ (مباحث سازه ای)
    - نشریه ۶۱۳ (مباحث غیرسازه ای)
  - آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش ۴

fppt.com

# آیین نامه ها

- آیین نامه های خارجی

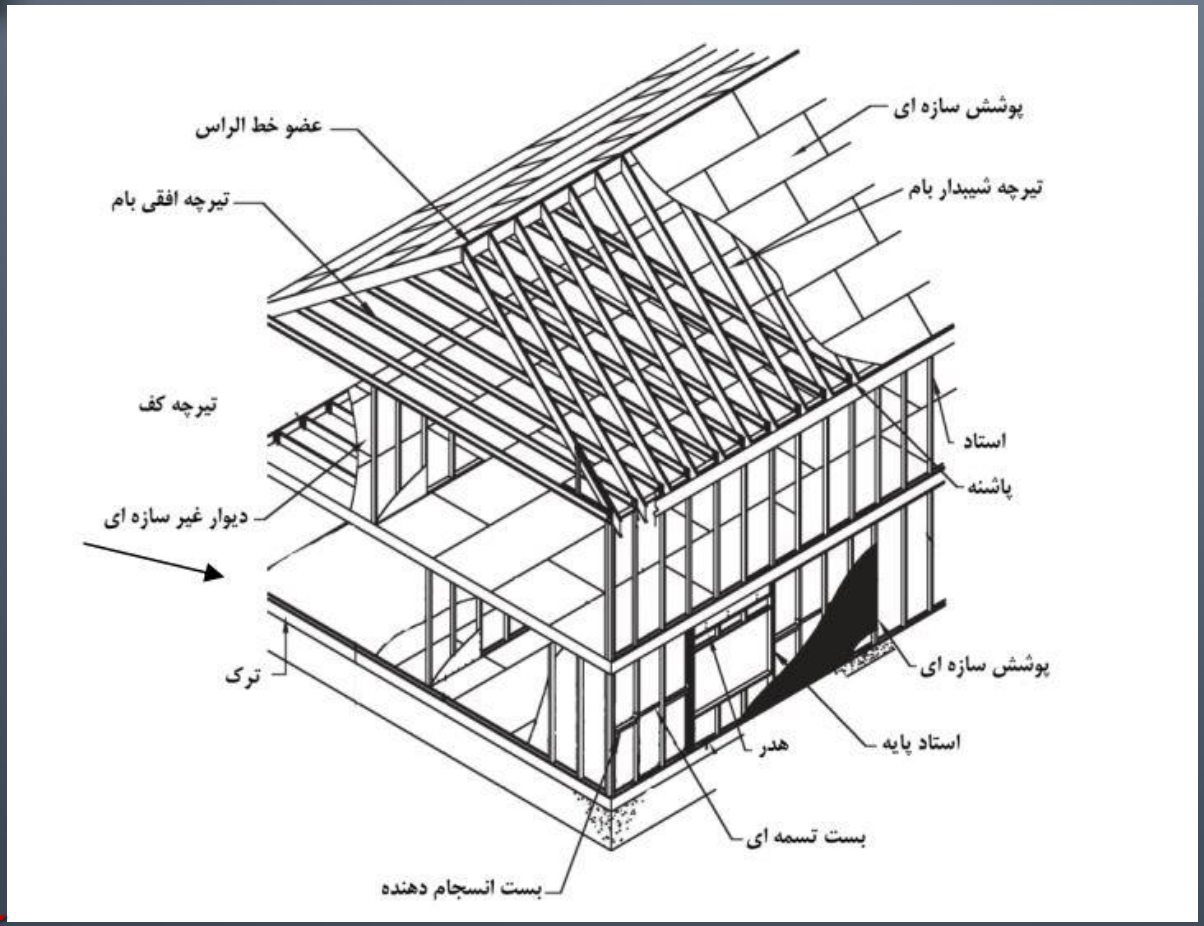
– Australian/New Zealand Standard (AS/NZS 4600)
  - Cold-formed steel structures
– AISI STANDARD (2016)
  - AISI S100-16 : North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members
  - AISI S220-16 : North American Specification for Cold-Formed Steel Framing-Nonstructural Members
  - AISI S230-16 : North American Specification for Cold-Formed Steel Framing-Prescriptive Method for One- and Two-Family Dwellings
  - AISI S240-16 : North American Specification for Cold-formed Steel Structural Framing
  - AISI S400-16: North American Standard for Seismic Design of Cold-Formed Steel Structural Systems
– ASCE7-16 (2016)
  - Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures
– NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 12 (2016)
  - Seismic Design of Cold-formed Steel Lateral Load-Resisting Systems



fppt.com

## مقدمه ای بر سازه های فولادی سردنورد شده سبک

## اعضای سازه ای یک ساختمان ساخته شده با فولاد سرد نورد شده




کانال تخصصی عمران و معماری



fppt.com

مقدمه ای بر سازه های فولادی سردنورد شده سبک

# سیستم های باربر ثقلی سازه های CFS

کانال تخصصی عمران و معماری

- **DEFINITIONS, Based on ASCE7-16**
  - **Light Frame Wall**
    - A frame with wood or steel studs
  - **Bearing Wall System**
    - A structural system with bearing walls providing support for all or major portions of the vertical loads. Shear walls or brace frames provide seismic force resistance.
  - **Space Frame System**
    - A 3-D structural system composed of interconnected members, other than bearing walls, that is capable of supporting vertical loads and, where designed for such an application, is capable of providing resistance to seismic forces.

سیستم های باربر لرزه ای سازه های CFS

- **Shear Wall (Vertical Diaphragm)**
  - A wall, bearing or non-bearing, designed to resist lateral forces acting in the plane of the wall
- **Braced Wall**
- **Moment Frame**
  - A frame in which members and joints resist lateral forces by flexure and along the axis of the members.



fppt.com

# سیستم های باربر لرزه ای سازه های CFS

- **Seismic Force-Resisting Systems, Based on AISI S400-16**

1. Cold-Formed Steel Light Frame Shear Walls Sheathed With Wood Structural Panels
2. Cold-Formed Steel Light Frame Shear Walls Sheathed With Steel Sheet Sheathing
3. Cold-Formed Steel Light Frame Strap Braced Wall Systems-Dissipative Design Approach ( Limited Ductility Brace Walls)
4. Cold-Formed Steel Light Frame Shear Walls With Wood-Based Structural Panel Sheathing on One Side and Gypsum Board Panel Sheathing on the Other Side
5. Cold-Formed Steel Light Frame Shear Walls Gypsum Board or Fiberboard Panel Sheathing
6. Conventional Construction Cold-Formed Steel Light Frame Strap Braced Wall Systems(Only Canada)-Elastic Design Approach
7. **Cold-Formed Steel Special Bolted Moment Frames (CFS-SBMF)**

- فولاد سرد نورد
- قاب سبک
- دیوار برشی فولادی یا چوبی یا پانل گچی یا پانل فیبردار سیمانی
- مهاربند تسمه ای
- قاب خمشی پیچ مهره ای ویژه
- سیستم دیوار باربر ۹۰-۹۵٪
- قاب خمشی ۵-۱۰٪-ساختمان های یک طبقه با اتفاع حداکثر ۱۰.۵ متر

کانال تخصصی عمران و معماری
موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری



fppt.com

# موارد طراحی مقاطع جدار نازک

- طراحی اعضای سازه ای
- طراحی اتصالات
  - طراحی مهاری ها در بتن
- طراحی برای پایداری
  - روش تحلیل مستقیم به کمک تحلیل الاستیک مرتبه دوم
  - روش تحلیل مستقیم به کمک تحلیل الاستیک مرتبه اول تشدید یافته
  - روش طول موثر
- طراحی سیستم ها و مجموعه های سازه ای
  - دیافراگم ها و کالکتورها
- طراحی برای خدمت پذیری
- طراحی برای آب انباشتگی
- طراحی برای خستگی
- طراحی برای اثرات خوردگی

کانال تخصصی عمران و معماری

موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

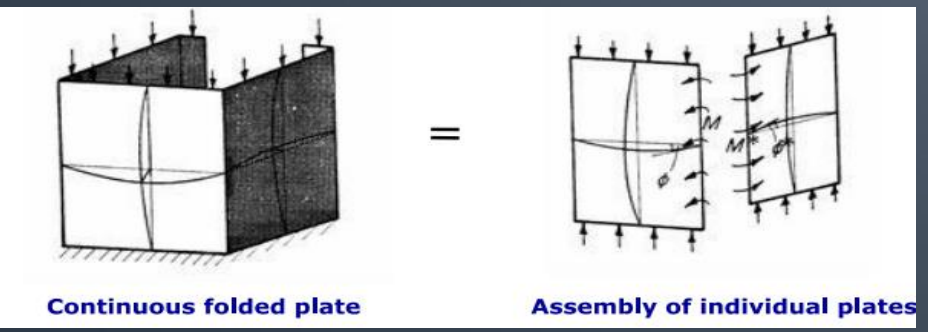


fppt.com

# مبانی طراحی اعضای سازه ای مقاطع جدار نازک

- رفتار مقاطع جدار نازک
  - کمانش موضعی
    - مقاومت پس-کمانشی
      - بر خلاف اعضای سازه ای گرم-نورد، اعضای CFS قبل از تسلیم یا کمانش کلی، مقطع دچار کمانش موضعی می شوند.
      - اعضای فشاری CFS وقتی دچار تنش کمانشی واقع می شود، ناپایدار نمی شوند.
      - بعد از کمانش هم، باربری توسط عضو انجام می پذیرد، به واسطه باز توزیع تنش. این پدیده، «مقاومت پس کمانشی» نامیده می شود.
    - ایده عرض موثر
      - وون کارمن ۱۹۳۲ به منظور اجتناب از تحلیل رفتار پس-کمانشی الاستیک صفحات جدار نازک به کمک تئوری تغییرشکل های بزرگ که در عمل کاری بسیار پیچیده می باشد، ایده عرض موثر را مطرح کرد.
      - در سال ۱۹۴۰ فرمول پایه برای محاسبه عرض موثر توسط آقای وینتر در دانشگاه کرنل ارائه شد.
    - کاربرد ایده عرض موثر

$$f_{cr} = k.\frac{\pi^2.E}{12.(1-\mu^2)}.\left(\frac{t}{w}\right)^2$$



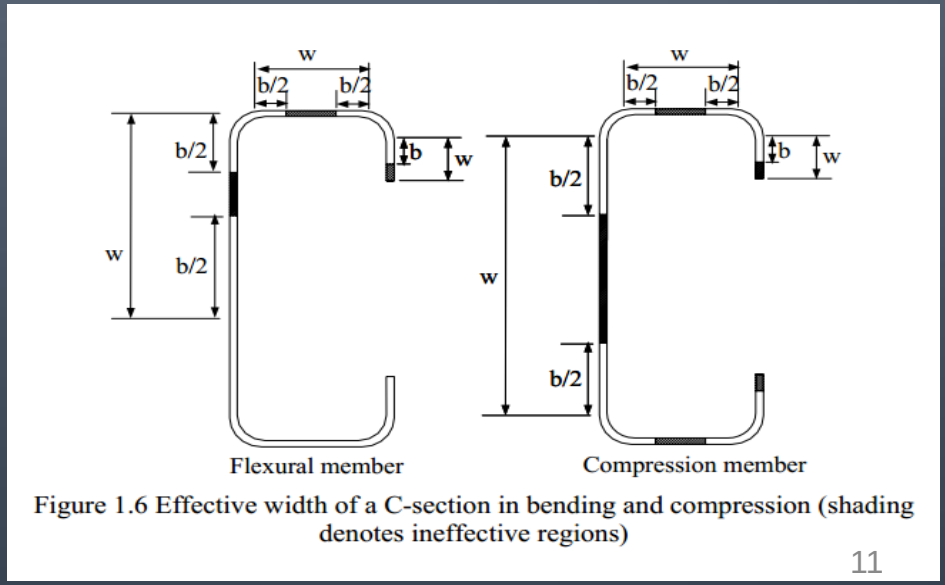
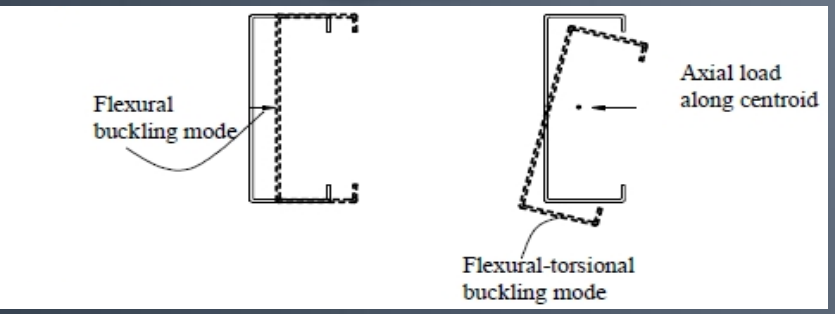



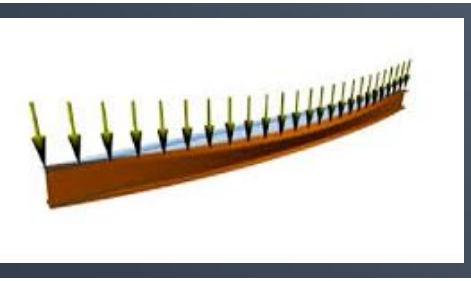

Figure 1.6 Effective width of a C-section in bending and compression (shading denotes ineffective regions)

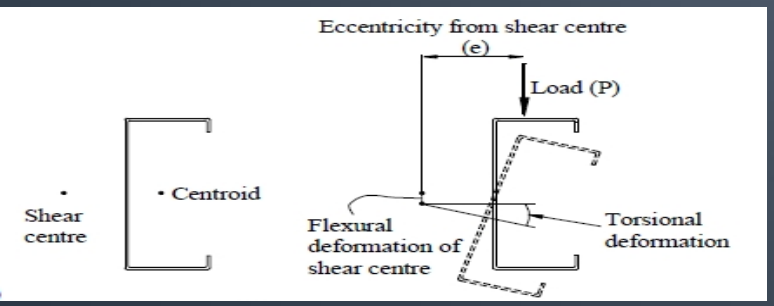


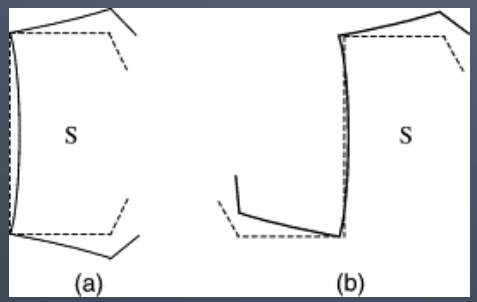
کانال تخصصی عمران و معماری
موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری
fppt.com

# مبانی طراحی اعضای سازه ای مقاطع جدار نازک






- ناپایداری
  - کمانش کلی
    - ستونها
      - کمانش خمشی (اویلری)
      - کمانش خمشی-پیچشی
    - تیرها
      - کمانش جانبی-پیچشی
      - اثر پیچش
  - کمانش اعوجاجی
    - ستونها
    - تیرها

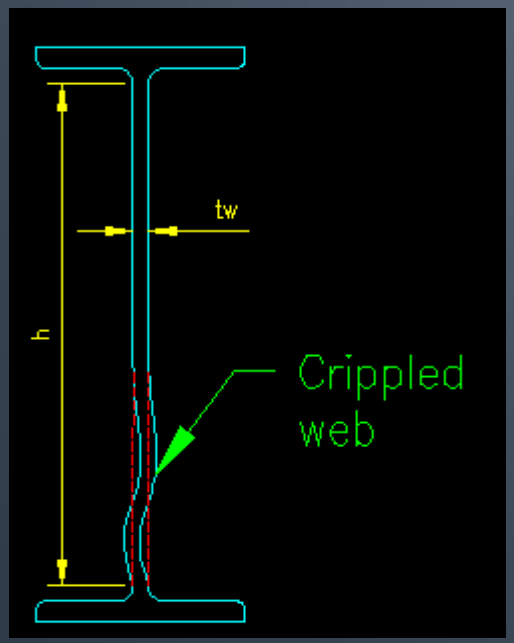
@Eng808/@College808
کانال تخصصی عمران و معماری



fppt.com

## مبانی طراحی اعضای سازه ای مقاطع جدار نازک

- ناپایداری (مقاومتی)
  - تسلیم
    - رسیدن به نقطه تسلیم مصالح در کشش یا فشار
  - تسلیم موضعی
    - لهیدگی جان تحت اثر بارهای متمرکز

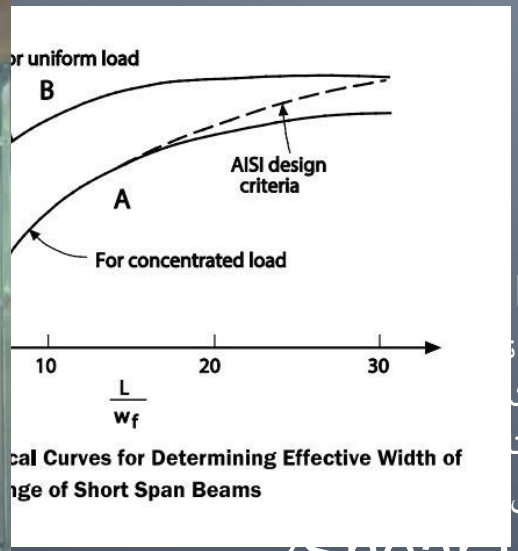



کانال تخصصی عمران و معماری
موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری



fppt.com

# مبانی طراحی اعضای سازه ای مقاطع جدار نازک




cal Curves for Determining Effective Width of
nge of Short Span Beams

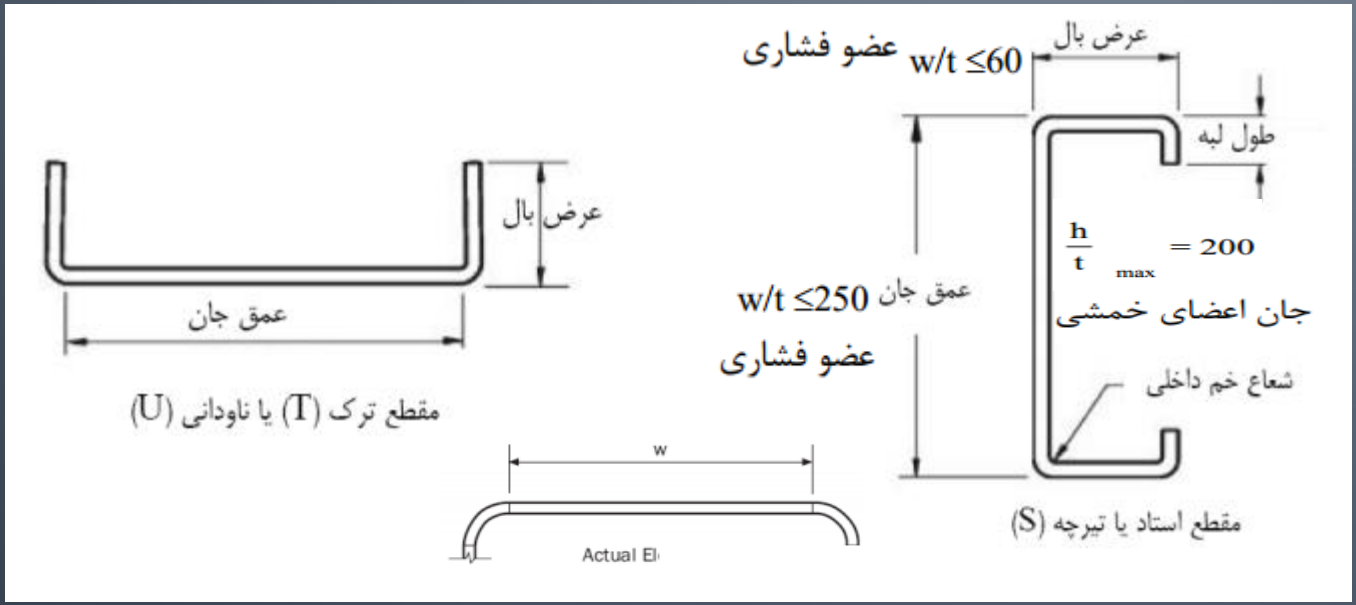
- عدم خدمت پذیری
  - خیز
  - لرزش
- پدیده های خاص
  - افتادگی بال (rling
    - تیری با بالی عریض و
    - این بال بیشتر تحت ک
    - تغییر شکل به سمت ت
    - حداکثر میزان افتادگی
  - تاخیر برش (Shear Lag)
    - در تیرهای با دهانه کوتاه با حضور یک یا چند بار متمرکز در طول تیر
    - در تیر های با مقاطع متداول، تنش های نرمال در بال ها به واسطه شوند.
    - این تنش های برشی تولید کرنش های برشی در بال می کنند، که برای ابعاد متداول، اثرات قابل اعماضی دارند.
    - با این حال اگر بال ها به طور غیر معمولی نسبت به طول شان عریض باشند، این کرنش های برشی اثری دارند که طی آن تنش های خمشی نرمال در بال ها با افزایش از فاصله از جان، کاهش می یابند. این پدیده « تاخیر برش» شناخته می شود.
    - این پدیده باعث توزیع تنش غیر یکنواخت در عرض بال می شود.
    - راحت ترین راه برای منظور کردن این تغییر تنش در طراحی، جایگزین کردن عرض واقعی بال با تنش غیر یکنواخت با عرض کاهش یافته و موثر تحت تنش یکنواخت



fppt.com

# مبانی طراحی اعضای سازه ای مقاطع جدار نازک

- محدودیت های ابعادی




کانال تخصصی عمران و معماری
موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری



fppt.com

# مبانی طراحی اعضای سازه ای مقاطع جدار نازک

- **روش های طراحی سازه های فولادی سرد نورد شده سبک**
  - روش متداول آیین نامه
    - محاسبه عرض موثر یا اساس مقطع موثر
    - محاسبه تنش های کمانشی
    - محاسبه مقاومت اسمی
    - محاسبه مقاومت طراحی
    - مقایسه با مقاومت مورد نیاز

کانال تخصصی عمران و معماری
موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری



fppt.com

# مبانی طراحی اعضای سازه ای مقاطع جدار نازک

## • روش های طراحی سازه های فولادی سرد نورد شده سبک
### – روش مقاومت مستقیم (DSM)

- **چـــرا روش مقاومت مستقیم**
  - وقتی مقاطع پیچیده تر و بهینه تر می گردند، با لبه های اضافی یا سخت کننده های میانی، محاسبه عرض موثر بسیار دشوار و زمان بر می گردد.
  - علاوه بر این، روش طراحی سنتی به هر عضو مقطع به صورت مستقل نظر دارد، در نتیجه اندرکنش عموما نادیده گرفته می شود.
  - برای مقابله با این مشکلات، یک روش جدید توسط شیفر و پکوز در سال ۱۹۹۸ با عنوان «روش مقاومت مستقیم» توسعه یافت.
- **اساس این روش**
  - «روش مقاومت مستیم» از کل سطح مقطع در تعیین کمانش الاستیک استفاده می کند و ضوابط ویژه ای برای کمانش کلی، اعوجاجی و موضعی به ترتیب برای اعضای CFS فشاری و خمشی ارائه می کند.
  - راه حل کمانش الاستیک برای کل مقطع عضو به جای راه حل سنتی برای هر عضو مقطع به صورت جداگانه
  - توسعه روش مقاومت مستقیم بر اساس همان فرضیات تجربی-تحلیلی می باشد که در روش عرض موثر به کار رفته است، که در آن مقاومت نهایی تابعی از بارهای کمانشی الاستیک و تنش تسلیم مصالح می باشد.
  - منحنی های مقاومتی از روش «مقاومت مستقیم» با تعداد زیادی داده های آزمایشگاهی کالیبره شده است.
- **ورود به آیین نامه AISI S100 از سال ۲۰۰۴**
  - در سال ۲۰۰۴، روش مقاومت مستقیم توسط کمیته AISI تایید شد و به عنوان روش طراحی جایگزین برای تعیین مقاومت محوری اسمی و مقاومت خمشی اسمی اعضای فولادی سرد نورد شده در «ضوابط آمریکای شمالی برای طراحی اعضای سازه ای فولاد سرد نورد» گنجانده شد.

کانال تخصصی عمران و معماری
موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری



fppt.com

# مبانی طراحی اعضای سازه ای مقاطع جدار نازک

- روش های طراحی سازه های فولادی سرد نورد شده سبک
  - روش مقاومت مستقیم (DSM)

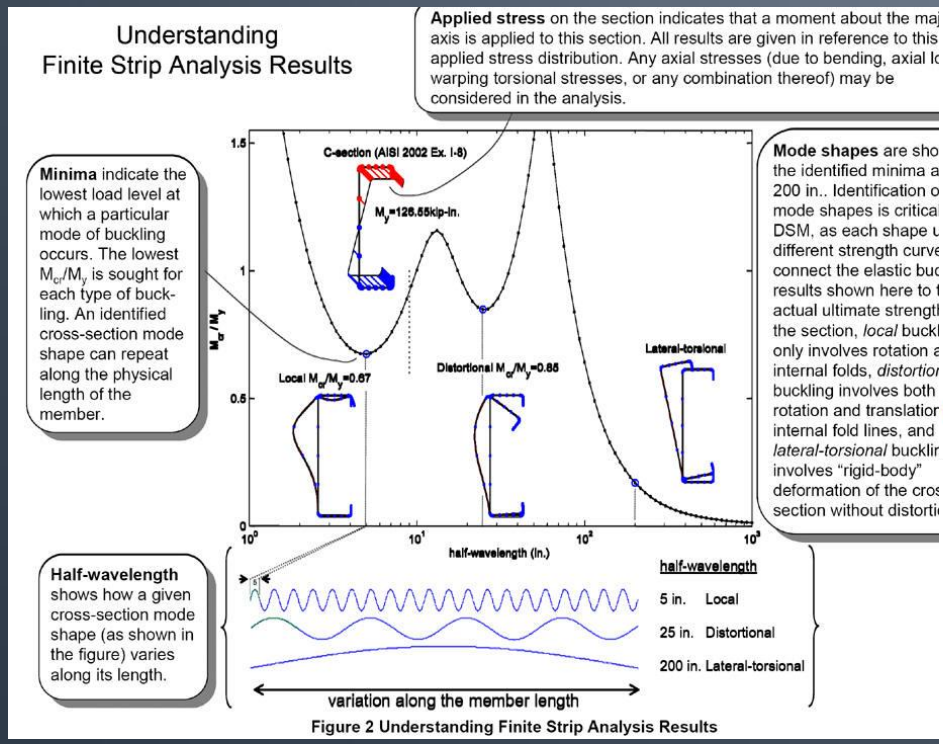


Figure 2 Understanding Finite Strip Analysis Results

The nominal flexural strength, $M_{n\ell}$ for local buckling is

for $\lambda_\ell \le 0.776$

$$M_{n\ell} = M_{ne} \qquad (1.4)$$

for $\lambda_\ell > 0.776$

$$M_{n\ell} = \left(1 - 0.15\left(\frac{M_{cr\ell}}{M_y}\right)^{0.4}\right)\left(\frac{M_{cr\ell}}{M_y}\right)^{0.4} M_y \qquad (1.5)$$

where $\lambda_\ell = \sqrt{M_{ne}/M_{cr\ell}}$, $M_{cr\ell}$ critical elastic local buckling moment.

---

The nominal flexural strength, $M_{nd}$, for distortional buckling is

for $\lambda_d \le 0.673$

$$M_{nd} = M_y \qquad (1.7)$$

for $\lambda_d > 0.673$

$$M_{nd} = \left(1 - 0.22\left(\frac{M_{crd}}{M_y}\right)^{0.5}\right)\left(\frac{M_{crd}}{M_y}\right)^{0.5} M_y \qquad (1.8)$$

where $\lambda_d = \sqrt{M_y/M_{crd}}$, $M_{crd}$ critical elastic distortional buckling moment.

@Eng808/@College808
کانال تخصصی عمران و معماری



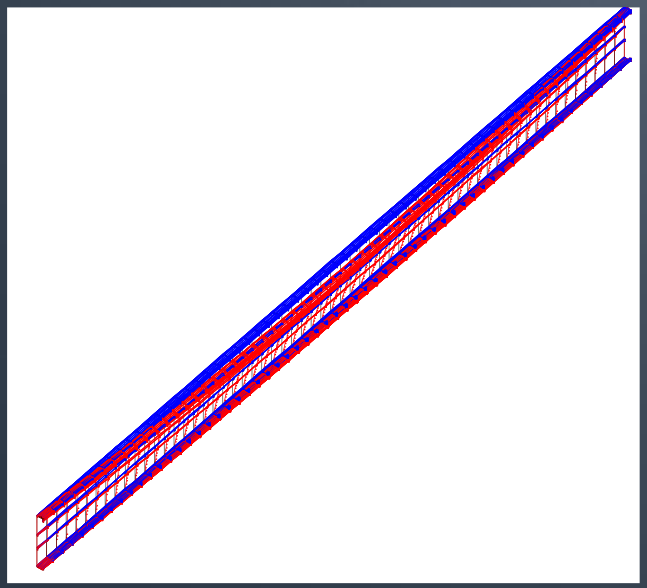
fppt.com

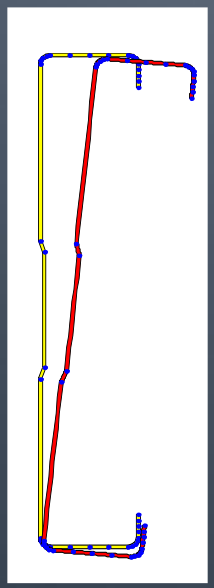
# نرم افزارهای طراحی سازه های فولادی سرد نورد

**کانال تخصصی عمران و معماری**

موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

$$K_e\phi = \lambda K_g\phi$$





- **SAP 2000**
- **CFS 11.0**
  - New Section –
  - New Analysis –
  - New Design –
- **CUFSM**
  - FSM –
  - محاسبه ماتریس سختی الاستیک و هندسی –
  - تحلیل کمانش الاستیک –
  - بردارهای ویژه (مد شکل های کمانشی) –
  - مقادیر ویژه (ضریب بار برای یک مد شکل کمانشی خاص) –
- **FRAMECAD STRUCTURE**
  - Easy Modeling –
  - Define Codes –
  - Good Truss Design –
  - No Joist Design –
- **فایل های محاسباتی جانبی**
- **طراحی دستی**



fppt.com

# آشنایی با برنامه SAP2000

- مزایا
  - دسترسی آسان
  - برنامه مهندسی با مدلسازی سه بعدی قدرتمند
  - امکان بارگذاری حرفه ای
  - آنالیز قوی (استاتیکی و غیر استاتیکی)
  - دارای موتور طراحی
  - نتایج خروجی مناسب
- معایب
  - عدم داشتن مقاطع مرکب
  - عدم کنترل مقاومت اعوجاجی

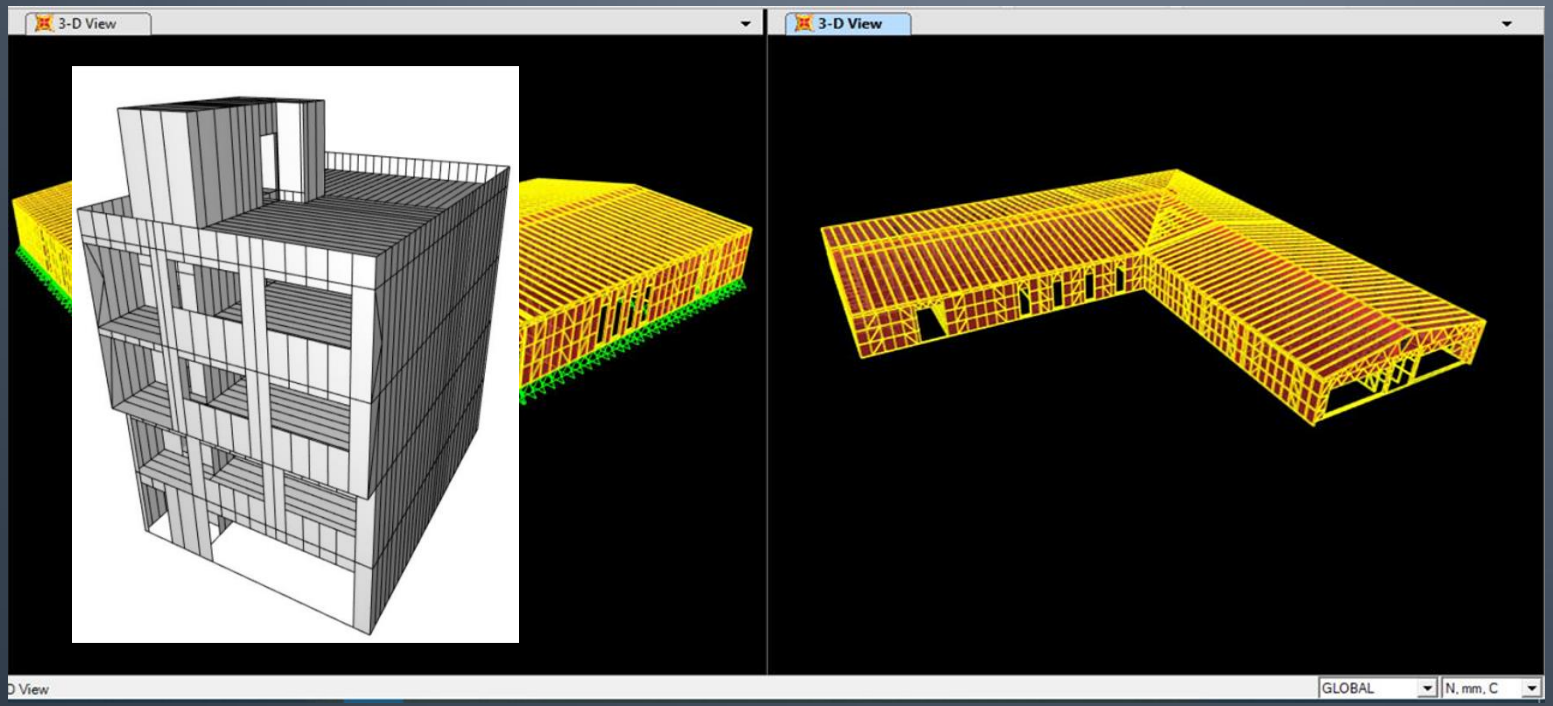
کانال تخصصی عمران و معماری
موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری



fppt.com

# آشنایی با برنامه SAP2000

- مزایا
  - مدلسازی سه بعدی قدرتمند

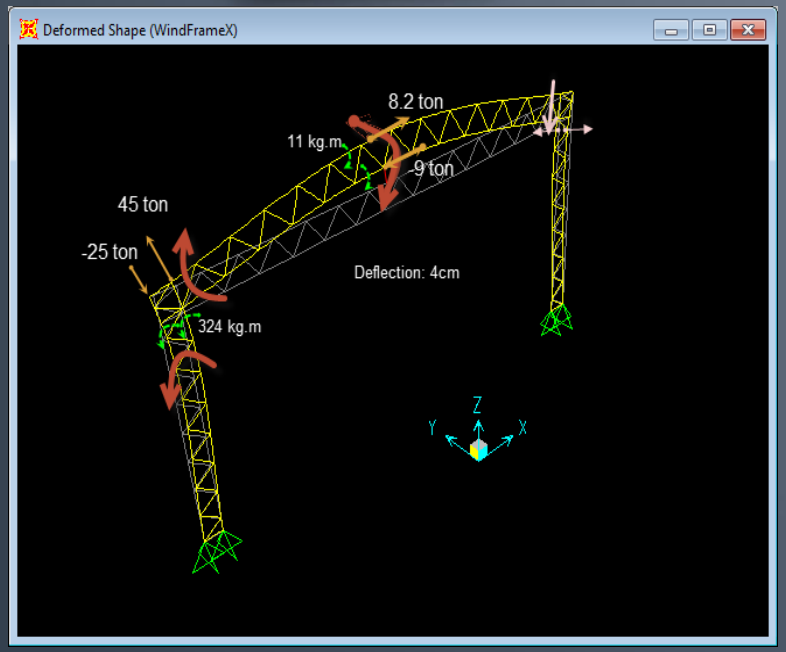



@Eng808/@College808
کانال تخصصی عمران و معماری



fppt.com

# آشنایی با برنامه SAP2000




- مزایا
  - آنالیز قوی
  - نمایش تغییرشکلها
  - نمایش تلاش های داخلی

کانال تخصصی عمران و معماری
موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری



fppt.com

# مقدمه ای بر طراحی سازه های فولادی سردنورد شده سبک

# پایان جلسه

1397/12/14

@College808

کانال تخصصی عمران و معماری

موسسه آموزشی و مهندسی ۸۰۸
آموزشهای تخصصی عمران و معماری