



K.N.TOOSI  
University of  
Technology

فن آوری های نوین در صنعت ساختمان

## سیستم قاب فولادی سبک (LSF)

Lightweight (Lightgauge) Steel Frame

Hasan Ghasemzadeh

<http://sahand.kntu.ac.ir/~ghasemzadeh/indexfa.html>

Adv. Tech. in Building Industry

1

### فهرست مطالب

معرفی سیستم قاب فولادی سبک (LSF) ✓

کاربردهای سیستم LSF ✓

مزایای استفاده از سیستم (LSF) ✓

تاریخچه و دلایل استفاده از سیستم ✓

اجرای ساختمان ✓

معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده ✓

مباحث علمی ✓

نمونه پروژه های انجام شده ✓

Adv. Tech. in Building Industry

## فهرست مطالب

» نحوه اجرای سیستم (LSF)  
» روش تولید مقاطع سرد نورد شده

✓ معرفی سیستم قاب فولادی سبک (LSF)

✓ کاربردهای سیستم LSF

✓ مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ تاریخچه و دلایل استفاده از سیستم

✓ اجرای ساختمان

✓ معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده

✓ مباحث علمی

✓ نمونه پروژه های انجام شده

Adv. Tech. in Building Industry

۳

## معرفی سیستم LSF

سیستم LSF یک سیستم نوین برای ساخت و ساز




معرفی سیستم LSF

سیستم قاب سبک فولادی (LSF)

**L**      **S**      **F**

↓      ↓      ↓

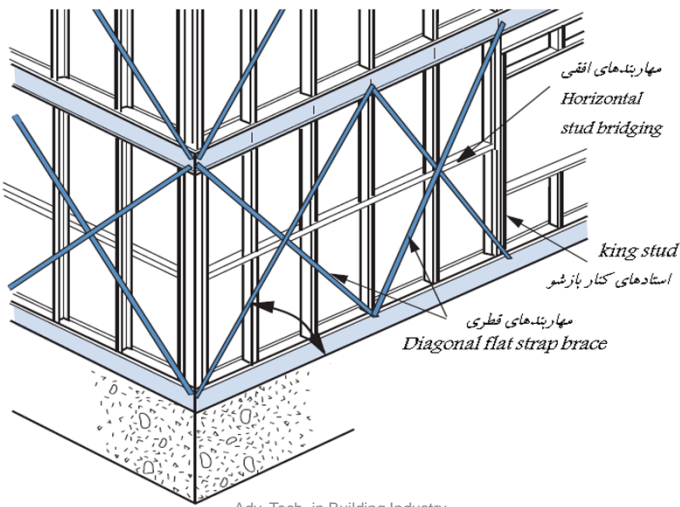
Lightweight  
Lightgauge      Steel      Frame



Adv. Tech. in Building Industry ۵

معرفی سیستم LSF

اجزای اصلی تشکیل دهنده سیستم قاب فولادی سبک، ورق‌های فولادی فرم داده شده در حالت سرد می‌باشند.



مهارندهای افقی  
Horizontal stud bridging

king stud  
استادهای کنار بازشو

مهارندهای قطری  
Diagonal flat strap brace

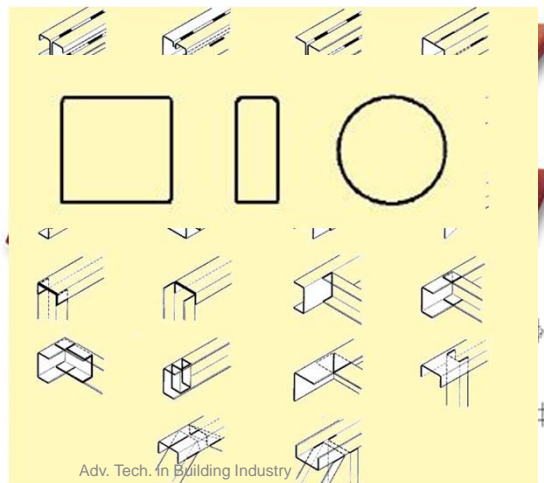
Adv. Tech. in Building Industry ۶

### معرفی سیستم LSF

اجزای اصلی تشکیل دهنده سیستم قاب فولادی سبک، ورق‌های فولادی فرم داده شده در حالت سرد می‌باشند.

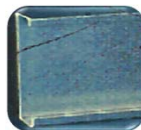
✓ انواع مقاطع سرد نورد شده (CFS)

1. Open
2. Closed
3. Built up



### معرفی مقاطع LSF

1 - STUD&JOIST



2 - truck



3 - HAT



Adv. Tech. in Building Industry



## معرفی سیستم LSF

### ✓ روش تولید

۱. مقاطع گرم نورد شده: عملیات نورد گرم و عملیات حرارتی

مراحل از عملیات نورد گرم و عملیات حرارتی



Adv. Tech. in Building Industry

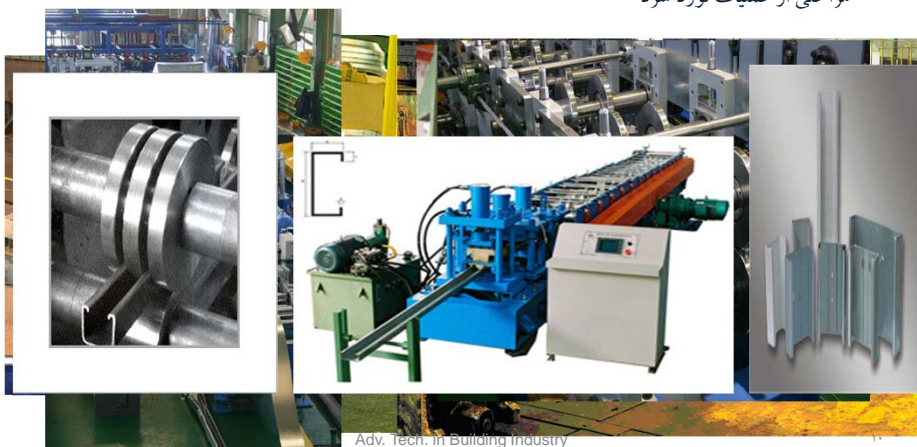
۹

## معرفی سیستم LSF

### ✓ روش تولید

۲. مقاطع سرد نورد شده: عملیات نورد سرد

مراحل از عملیات نورد سرد



Adv. Tech. in Building Industry

۱۰

## فهرست مطالب

❖ دیوارهای داخلی	✓ معرفی سیستم قاب فولادی سبک (LSF)
❖ دیوارهای خارجی	✓ کاربردهای سیستم LSF
❖ ساختمان های مسکونی	✓ مزایای استفاده از سیستم (LSF)
❖ ساختمان های عمومی	✓ تاریخچه و دلایل استفاده از سیستم
❖ ساختمان با دهانه های بلند	✓ اجرای ساختمان
❖ اضافه اشکوب	✓ معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده
	✓ مباحث علمی
	✓ نمونه پروژه های انجام شده

Adv. Tech. in Building Industry

۱۱

## کاربردهای سیستم LSF

### ❖ پارتیشن بندی داخلی



از سال ۱۹۶۰ قطعات سبک فولادی، برای اجرای دیوارهای غیر باربر و همچنین دیوارهای پیرامونی در ساختمان های بلند مرتبه به کار گرفته شد.



Adv. Tech. in Building Industry

۱۲

## کاربردهای سیستم LSF

❖ دیوارهای خارجی

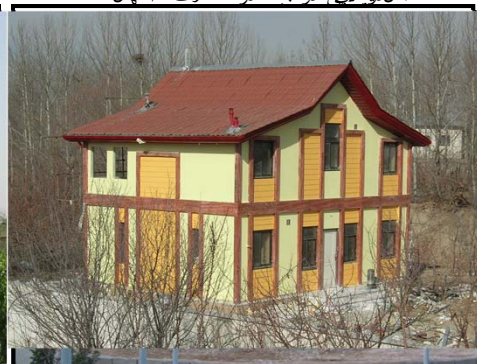


۱۳

## کاربردهای سیستم LSF

❖ ساختمان های مسکونی

ساختمان ویلاهای دو طبقه در منطقه کنگریت اصفهان



Adv. Tech. in Building Industry

۱۴



## کاربردهای سیستم LSF

❖ ساختمان های عمومی:

مانند مدارس و بیمارستان ها، مراکز اداری و...

✓ مرکز علمی بهداشت که در سال ۲۰۰۱ در شهر Toronto ساخته شده است.



در  
گیر

Adv. Tech. in Building Industry

۱۵

## کاربردهای سیستم LSF

❖ ساختمان با دهانه های بلند

این سازه با دهانه ۲۱/۳ متر در سال ۱۹۹۹ در شهر Burlington, Ontario ساخته شده است.



Adv. Tech. in Building Industry

۱۶

## کاربردهای سیستم LSF

❖ اضافه اشکوب

افزودن طبقات ۴ و ۵ به بیمارستانی ۳ طبقه در استرالیا

انتقال دیوارهای سیستم

انتقال خراباهای سقف سیستم



۱۷

## فهرست مطالب

✓ معرفی سیستم قاب فولادی سبک (LSF)

✓ کاربردهای سیستم LSF

✓ مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ تاریخچه و دلایل استفاده از سیستم

✓ اجرای ساختمان

✓ معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده

✓ مباحث علمی

✓ نمونه پروژه های انجام شده

Adv. Tech. in Building Industry

۱۸

### مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ سرعت زیاد در اجرای طرح‌ها

❖ مقایسه سرعت ساخت در سیستم‌های مختلف.



Adv. Tech. in Building Industry

۱۹

### مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ سرعت زیاد در اجرای طرح‌ها

دلایل سرعت بالای ساخت در سیستم LSF:

- ❖ پیش ساخته بودن قطعات و پانل‌ها
- ❖ سبک بودن قطعات و سادگی در جابه‌جایی آنها
- ❖ استفاده‌ی حداقل از بتن درجا
- ❖ استفاده از اتصالات خشک، به خصوص اتصالات پیچ خودکار
- ❖ سرعت بسیار زیاد در اجرای نازک‌کاری به دلیل استفاده از روشهای سریع و عدم نیاز به آماده‌سازی سطحی
- ❖ سادگی و سرعت بالا در اجرای تأسیسات در مقایسه با سیستم‌های سنتی

Adv. Tech. in Building Industry

۲۰

# مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ کاهش وزن سازه و نیروهای لرزه‌ای

✦ مقایسه وزن در سیستم‌های مختلف



Adv. Tech. in Building Industry

۲۱

# مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ کاهش وزن سازه و نیروهای لرزه‌ای

✦ مقایسه برش پایه زلزله در سیستم‌های مختلف



Adv. Tech. in Building Industry

۲۲



### مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ صرفه جویی در مصالح و اقتصادی شدن ساخت و ساز

❖ مقایسه دور ریز مصالح مصرفی در سیستم‌های مختلف



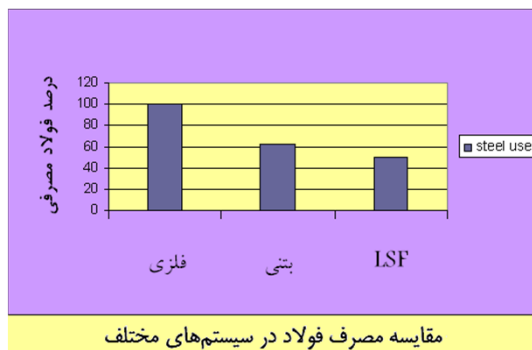
Adv. Tech. in Building Industry

۲۳

### مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ صرفه جویی در مصالح و اقتصادی شدن ساخت و ساز

❖ مقایسه مصرف فولاد در سیستم‌های مختلف



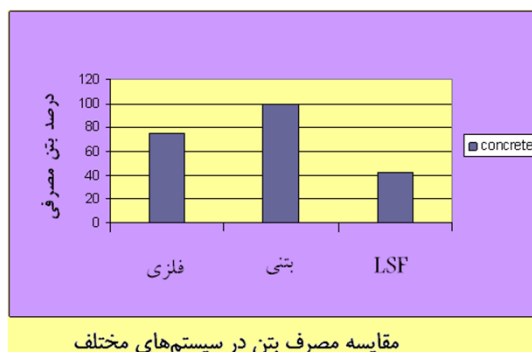
Adv. Tech. in Building Industry

۲۴

### مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ صرفه جویی در مصالح و اقتصادی شدن ساخت و ساز

✦ مقایسه مصرف بتن در سیستم‌های مختلف



Adv. Tech. in Building Industry

۲۵

### مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ عملکرد صوتی و حرارتی مطلوب و سازگاری با محیط زیست

مقایسه مقاومت حرارتی پانل دیوار در سیستم‌های مختلف:

✦ یک دیوار ۱۰ سانتی در این روش عملکرد حرارتی برابر با دیوار ۹۴ سانتی آجری دارد

Adv. Tech. in Building Industry

۲۶

## مزایای استفاده از سیستم (LSF)

## ✓ عملکرد صوتی و حرارتی مطلوب و سازگاری با محیط زیست

❖ مقایسه درجه تراگسیل صدا در پانل دیوار، در سیستم‌های مختلف.

صدا بندی هوایر تعدادی از دیوارهای متداول در ساختمان سازی و دیوار دوجداره

شماره	نوع جدا کننده	ضخامت به سانتیمتر	چگالی سطحی به کیلوگرم بر متر مربع	درجه تراگسیل صدا به دسی بل (STC)
۲	دیوار آجری معمولی دو طرف اندود شده	۲۵	۴۸۸	۵۲
۸	دیوار با ساخت و ساز خشک (dry wall) با پشم شیشه به ضخامت ۶ سانتیمتر هر طرف دولایه صفحه گچی هر کدام به ضخامت ۱/۲ سانتیمتر	۱۲	۴۹	۵۱
۸	دیوار با ساخت و ساز خشک (dry wall) با پشم شیشه به ضخامت ۶ سانتیمتر هر طرف دولایه صفحه گچی هر کدام به ضخامت ۱/۲ سانتیمتر	۱۲	۴۹	۵۱

Adv. Tech. in Building Industry

## مزایای استفاده از سیستم (LSF)

## ✓ عدم نیاز به تجهیزات پیچیده و سهولت اجرا

❖ مقایسه درجه تراگسیل صدا در پانل دیوار، در سیستم‌های مختلف

مقایسه زمان ساخت سیستم LSF با سیستم‌های سنتی برای ۱۰۰ مترمربع ساختمان

زمان اجرای مورد نیاز		ساعت کار مورد نیاز برای هر متر مربع	روش ساخت
نازک کاری (ماه)	سفت کاری (ماه)		
۳	۲	۳۳	سیستم سنتی
۱	۱	۱۱/۵	سیستم LSF

Adv. Tech. in Building Industry

۲۸

### مزایای استفاده از سیستم (LSF)

#### ✓ توسعه پایدار (ساختمان های سبز)

روش های سنتی ساخت مسکن جوابگوی نیازهای فعلی کشور نمی باشد.  
 نسل جوان و تحصیل کرده ی جویای شغل رغبت و اشتیاقی به یادگیری تکنیک های ساختمان سازی سنتی ندارد و انجام کار تولیدی با روش های سنتی را چندان مطلوب خود نمی شمارد  
 برای توجه به مفهوم توسعه پایدار باید با استفاده از دانش و فناوری در کمترین زمان و با صرف کمترین انرژی و منابع، تولیدات را سرعت بخشید و در عین حال محیط زیست را از گزند آسیب مصون داشت.  
 استفاده از سیستم LSF به دلیل پیش ساخته شدن، سرعت و کیفیت ساختمان سازی در کشور را دوچندان نموده و از هدررفت بیش از حد منابع و زمان جلوگیری می نماید



۲۹

### مزایای استفاده از سیستم (LSF)

#### ✓ علل سازگاری سیستم LSF با محیط زیست (ساختمان های سبز)

- صرفه جویی در میزان مصالح به کار رفته و کاهش ضایعات ساختمانی

ماده ی اولیه برداشت شده از طبیعت برای اجرای هر متر مربع

سیستم های سنتی ← بیش از ۱۰۰۰ کیلوگرم

سیستم LSF ← در حدود ۳۰۰ کیلوگرم

ضایعات ساختمانی غیر قابل بازیافت

سیستم های سنتی ← حداقل ۲۰۰ کیلوگرم

سیستم LSF ← کمتر از ۲ تا ۳ کیلوگرم

به این ترتیب در صورتی که سالانه هفت و نیم میلیون مترمربع ساختمان با سیستم LSF اجرا شود (معادل صد هزار واحد مسکونی) منجر به صرفه جویی قابل توجهی در استفاده از منابع ملی (حدود پنج میلیون تن مصالح ساختمانی) خواهد شد.

- فولاد ماده ای با قابلیت بازیافت صد در صد

- صرفه جویی در مصرف انرژی

Adv. Tech. in Building Industry

۳۰

### مزایای استفاده از سیستم (LSF)

#### ✓ اشتغال زایی

– کاهش مصرف فولاد مورد نیاز در ساختمان و افزایش چشمگیر میزان ساخت و ساز

میزان واردات و تولید ورق فولادی سرد سالانه در کشور ← جمعاً در حدود ۱۹۰۰ هزار تن

اختصاص ۱۲٪ از این مقدار یعنی ۲۲۵ هزار تن ورق فولادی ← تولید یکصد هزار واحد مسکونی در سال  
سرد به ساختمان سازی با روش LSF

هر تیم کاری ۳۳ نفره قادر است سالانه ۵۰ تا ۶۰ واحد مسکونی را اجرا نماید.

نیروی انسانی مورد نیاز برای اجرای یکصد هزار واحد مسکونی در سال ← در حدود ۶۰۰۰۰ نفر

Adv. Tech. in Building Industry

۳۱

### فهرست مطالب

✓ معرفی سیستم قاب فولادی سبک (LSF)

✓ کاربردهای سیستم LSF

✓ مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ تاریخچه و دلایل استفاده از سیستم

✓ اجرای ساختمان

✓ معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده

✓ مباحث علمی

✓ نمونه پروژه های انجام شده

Adv. Tech. in Building Industry

۳۲

### تاریخچه و دلایل استفاده از سیستم LSF

#### انگلستان ✓

- ❖ پس از جنگ جهانی اول سیستم ساختمانی آجر و بلوک پاسخگوی نیازهای بخش ساختمان نبود.
- ❖ برای رفع این مشکل از ورق فلزی نازک فرم داده شده در ساختمانهای مسکونی استفاده شد.
- ❖ به دنبال آن استفاده از سیستم LSF از سال ۱۹۹۰ در صنعت ساختمان سازی انگلستان آغاز شد.



Adv. Tech. in Building Industry

۳۳

### تاریخچه و دلایل استفاده از سیستم LSF

#### کانادا ✓

- ❖ در کانادا برای مدت ها از سیستم سازه های چوبی در ساخت و ساز استفاده می شد.
- ❖ بروز مشکلات زیست محیطی، خطر نابودی جنگل ها و افزایش قیمت چوب تمایل به استفاده از فولاد را افزایش داد.
- ❖ استفاده از سیستم LSF به اوایل دهه ۹۰ باز می گردد.
- ❖ نمونه ای از ساختمان های بنا شده با سیستم LSF در کانادا



Steel Plays a Role In Unique Design of Environmental Technology Centre Addition



Prepainted Steel Cladding and Light Steel Framing Combat Harsh Conditions

Adv. Tech. in Building Industry

۳۴

### تاریخچه و دلایل استفاده از سیستم LSF

#### ژاپن ✓

- ✦ در سال ۱۹۵۰ کشور ژاپن با کمبود ۴/۲ میلیون واحد مسکونی روبه رو بود.
- ✦ برای رفع این معضل وزارت مسکن تأسیس شد و طرح‌های نوین ساخت و ساز مورد بررسی قرار گرفت.
- ✦ در این بین استفاده از ورق‌های فلزی سرد نورد شده و به دنبال آن سیستم LSF به سرعت پذیرفته شد.

Adv. Tech. in Building Industry

۳۵

### تاریخچه و دلایل استفاده از سیستم LSF

#### امریکا ✓

- ✦ چوب به دلیل فراوانی، ارزان بودن، سادگی اجرا برای قرن‌ها در امریکا مورد استفاده قرار می‌گرفت.
- ✦ از دهه ۶۰ مقاطع سرد نورد شده فولادی به صنعت ساختمان‌سازی راه یافت، اما به دلیل گران بودن به تولید انبوه نرسید.
- ✦ با افزایش قیمت چوب و ثابت ماندن قیمت فولاد، تمایل به استفاده از فولاد سرد نورد شده افزایش یافت.
- ✦ استفاده از سیستم LSF به طور وسیع از سال ۱۹۹۰ آغاز شد و با رشدی معدل ۳۰٪ در هر سال ادامه یافت.



Adv. Tech. in Building Industry

۳۶



## تاریخچه و دلایل استفاده از سیستم LSF

### استرالیا ✓

✧ در استرالیا نیز برای مدت‌ها استفاده از چوب در ساختمان‌سازی رواج داشت.

✧ استفاده از سیستم LSF از سال ۱۹۵۰ و با وارد نمودن این سیستم از امریکا شروع شد.

✧ هدف عمده از به کارگیری این سیستم در استرالیا بهبود تولیدات مصالح ساختمانی و استفاده از قطعات پیش ساخته در ساخت و ساز مهندسی بود.

✧ برپایی سیستم LSF ابتدا با فلز غیر گالوانیزه بود که شش برابر گران‌تر از سیستم‌های رایج تمام می‌شد. امروزه با بکارگیری ورق گالوانیزه در اجرای سیستم LSF قیمت این سیستم با دیگر سیستم‌ها برابری می‌کند.



✧ اجرای ساختمان رستوران  
McDonalds در استرالیا

۳۷

## فهرست مطالب

✓ معرفی سیستم قاب فولادی سبک (LSF)

✓ کاربردهای سیستم LSF

✓ مزایای استفاده از سیستم (LSF)

✓ تاریخچه و دلایل استفاده از سیستم

✓ اجرای ساختمان

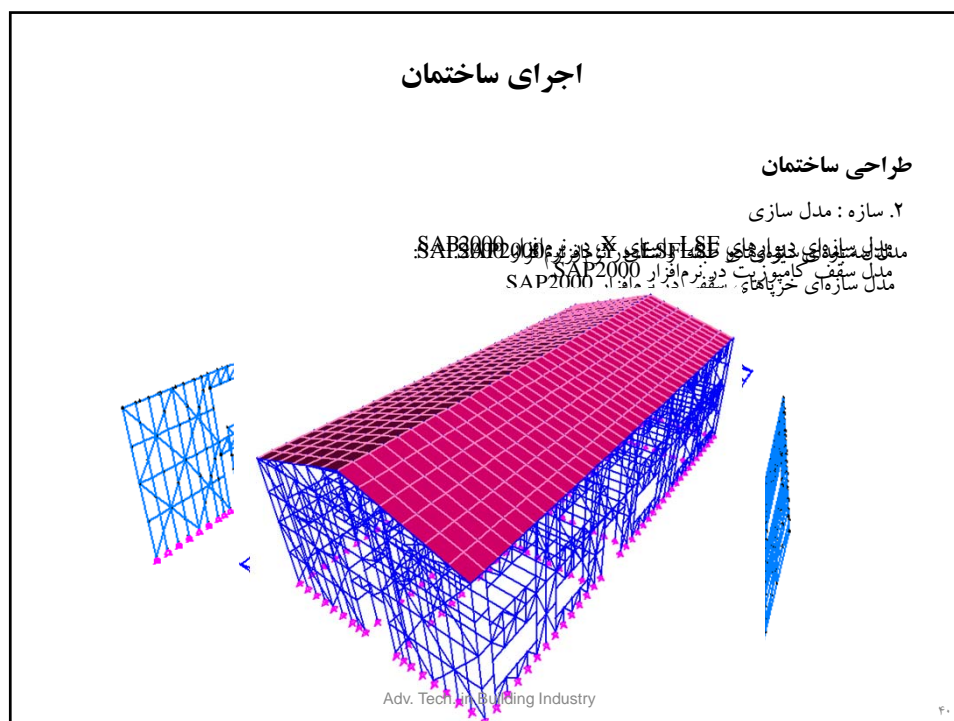
✓ معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده

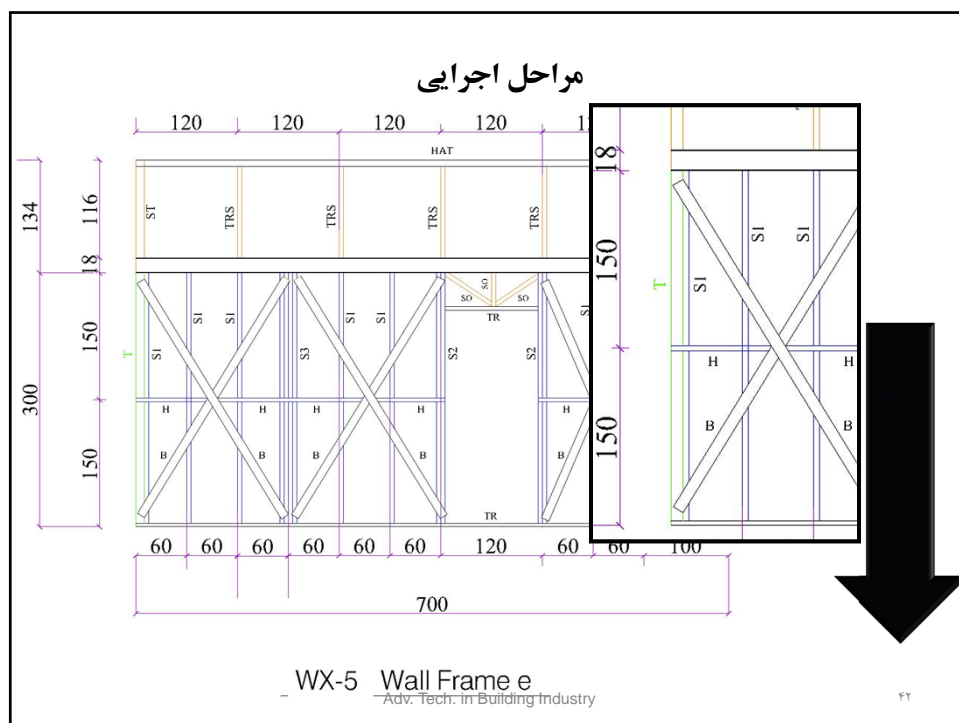
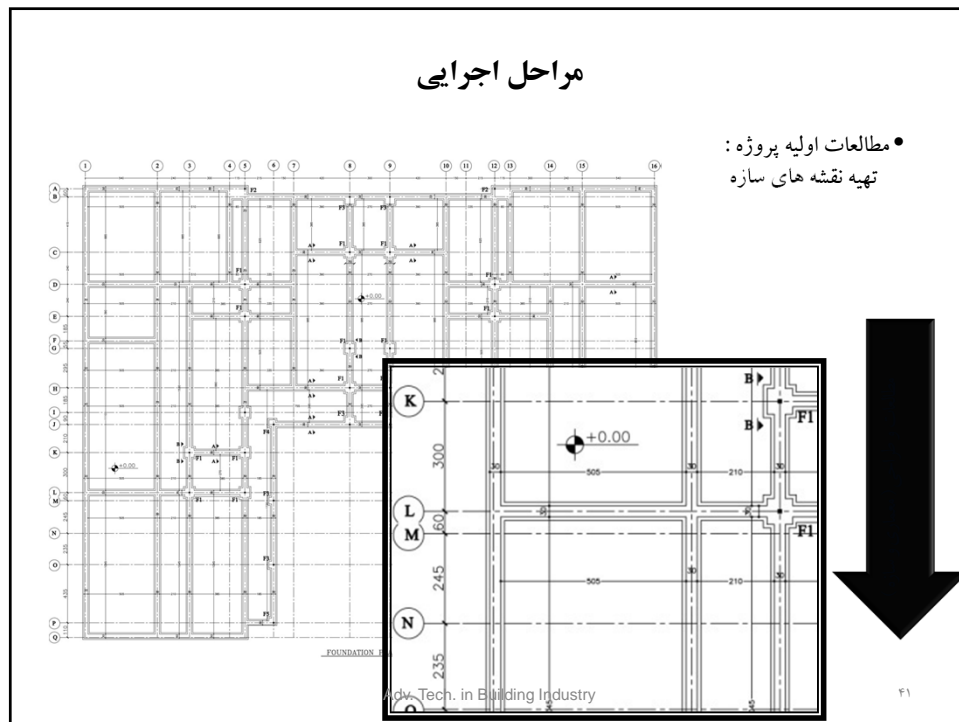
✓ مباحث علمی

✓ نمونه پروژه های انجام شده

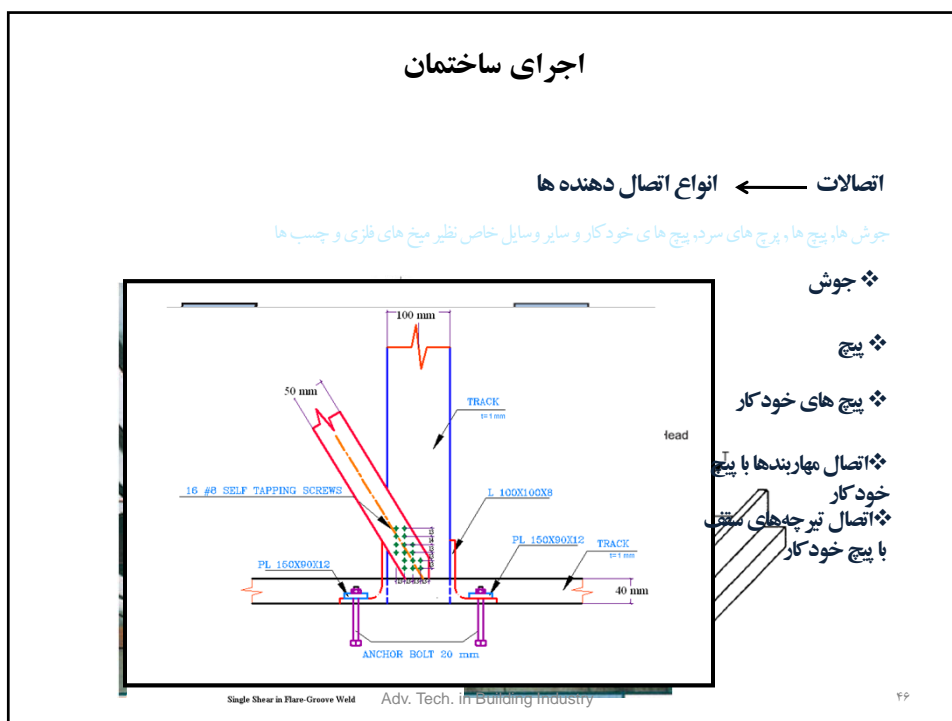
Adv. Tech. in Building Industry

۳۸











اجرای ساختمان



هفته دوم

Adv. Tech. in Building Industry

۴۷

اجرای ساختمان



هفته دوم

Adv. Tech. in Building Industry

۴۸

## اجرای ساختمان

اجرای دیوار: اجرا در محل



❖ نصب Track

❖ نصب Stud به کمک نگهدارنده

11-14-2005

Adv. Tech. in Building Industry

۴۹

## اجرای ساختمان

اجرای دیوار: به صورت پیش ساخته



Adv. Tech. in Building Industry

۵۰



## اجرای ساختمان



هفته سوم

۵۱

## اجرای ساختمان

اجرای سقف سیستم LSF

❖ سقف خرپایی متشکل از مقاطع CFS

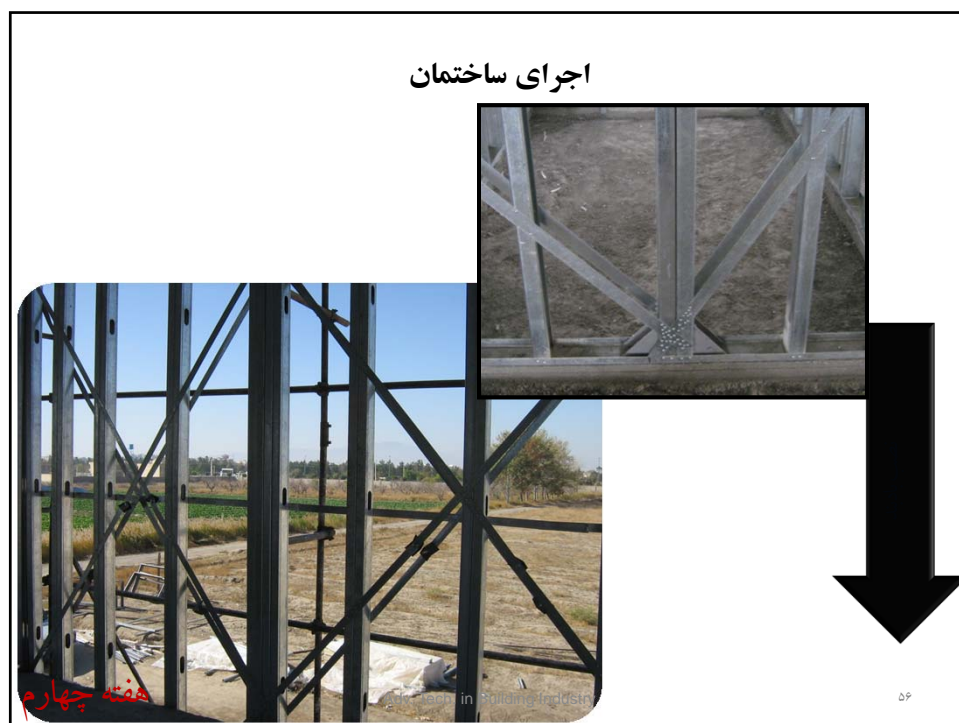
❖ تیرچه‌ها در سقف مسطح

❖ اجرای دال بتنی بر روی روفیکس و تیرچه‌ها در سقف مسطح



۵۲











## اجرای ساختمان

### پوشش خارجی دیوارها

مصالح به کار رفته برای پوشش خارجی دیوارها:



Cement Board ❖

Fiber Cement Board ❖

ساندویچ پانل ❖

Wall Board ❖

❖ نماسازی های معمولی سنتی

(آجرکاری، نمای سنگی، فلزی و...)

Adv. Tech. in Building Industry

۶۱

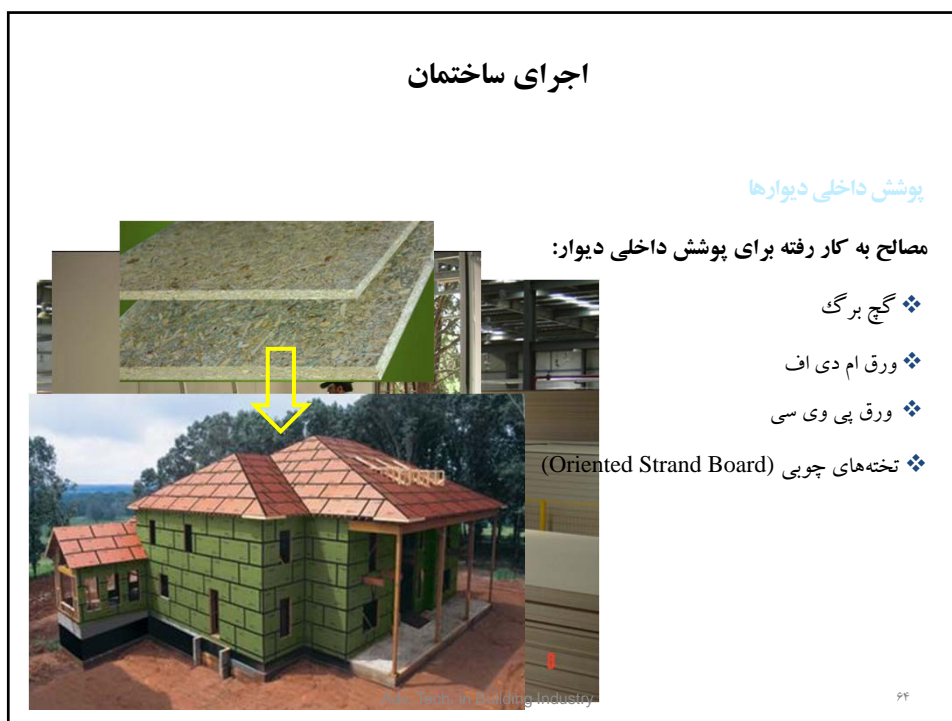
## اجرای ساختمان



Adv. Tech. in Building Industry

۶۲











## معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده

### ✓ طراحی اعضاء بر اساس روابط آئين نامه AISI



✦ معرفی بخش های مختلف آئين نامه

✦ بخش A، ضوابط کلی، محدودیت های کاربرد ضوابط، مصالح، روش های طراحی و...

✦ بخش B، اجزاء، محدودیت های ابعاد، عرض های مؤثر مقاطع سخت شده و ...

✦ بخش C، اعضاء، خواص هندسی مؤثر مقطع،

طراحی اعضاء فشاری، کششی، خمشی ...

✦ بخش D، مجموعه های سازه ای، طراحی مقاطع مرکب، سیستم های ترکیبی، بادبندی، دیواری...

✦ بخش E، اتصالات، اتصالات جوشی، پیچی، پیچ خودکار...

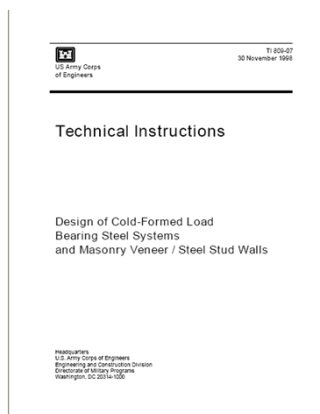
✦ بخش F، آزمایشات حالات خاص.

Adv. Tech. in Building Industry

۶۹

## معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده

### ✓ طراحی اعضاء بر اساس روابط دستورالعمل TI809-07



✦ معرفی بخش های مختلف آئين نامه

✦ فصل اول، مقدمه

✦ فصل دوم، طراحی فولاد سرد نورد شده

✦ فصل سوم، راهبردهای طراحی لرزه ای برای پانل های برشی

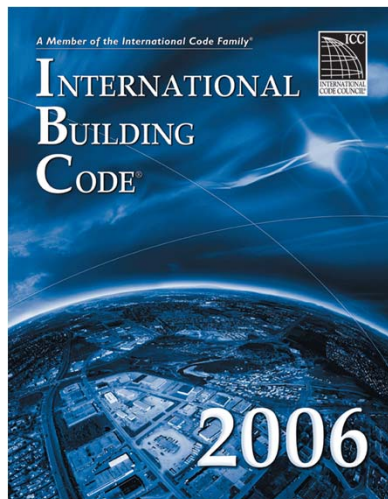
✦ فصل چهارم، وادارهای دیواری فولادی با پوشش بنایی

Adv. Tech. in Building Industry

۷۰

## معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده

### ✓ طراحی اعضاء بر اساس روابط آیین نامه IBC



آیین نامه IBC مربوط به طراحی کلیه ساختمان های موجود می باشد.

در فصل ۲۲ این آیین نامه طراحی ساختمان های فولادی به طور مفصل ارائه شده است که ساختمان های سبک فولادی را نیز شامل می شود.

در بخش ۲۲۰۹ و ۲۲۱۰ طراحی ساختمان با این سیستم به آیین نامه AISI ارجاع داده شده است.

Adv. Tech. in Building Industry

۷۱

## معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده

### ✓ طراحی اعضاء بر اساس روابط دستورالعمل FEMA 450



Program on  
Improved Seismic Safety  
Provisions

2003 Edition

Note: The June 6, 2006 ERRATA has been incorporated into this document.

NEHRP RECOMMENDED PROVISIONS  
FOR SEISMIC REGULATIONS  
FOR NEW BUILDINGS  
AND OTHER STRUCTURES (FEMA 450)

Part 1: Provisions

دستورالعمل FEMA 450 مربوط به طراحی لرزه ای کلیه ساختمان های موجود می باشد.

در فصل ۸ این آیین نامه طراحی ساختمان های فولادی به طور مفصل ارائه شده است که ساختمان های سبک فولادی را نیز شامل می شود.

در بخش ۴-۸ طراحی ساختمان با این سیستم به صورت مختصر بیان شده و ارائه ضوابط به صورت کامل به آیین نامه AISI ارجاع داده شده است.

Adv. Tech. in Building Industry

۷۲

## معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده

### ✓ معرفی چند کتاب موجود



طراحی سازه‌های فولادی سرد نورد شده

طراحی دیوارهای برشی سرد نورد شده

روش تجویزی برای اتصال قاب فولادی سرد نورد شده با دیوار بتنی باربر

با قالب عایق ماندگار در مناطق مسکونی

پارامترهای کلیدی در طراحی لرزه‌ای: پانل‌های دیوار برشی سبک چوبی یا فولادی

مقادیر طراحی دیوار برشی در قاب فولادی سبک

Adv. Tech. in Building Industry

۷۳

## معرفی آیین نامه ها و منابع مورد استفاده

### ✓ معرفی سایت های موجود

<http://www.steel.org>

مؤسسه آهن و فولاد آمریکا

<http://www.cisc-icca.ca/>

مؤسسه کانادایی ساختمان‌های فولادی

<http://www.cfsei.org/>

انجمن مهندسين فولاد سرد نورد شده

<http://www.worldsteel.org/>

مؤسسه بین‌المللی آهن و فولاد

<http://www.steel framingalliance.com/>

مؤسسه آلیانس

<http://ccfssonline.org/>

مرکز وی ون یو برای سازه‌های فولادی

سرد نورد شده

Adv. Tech. in Building Industry

۷۴





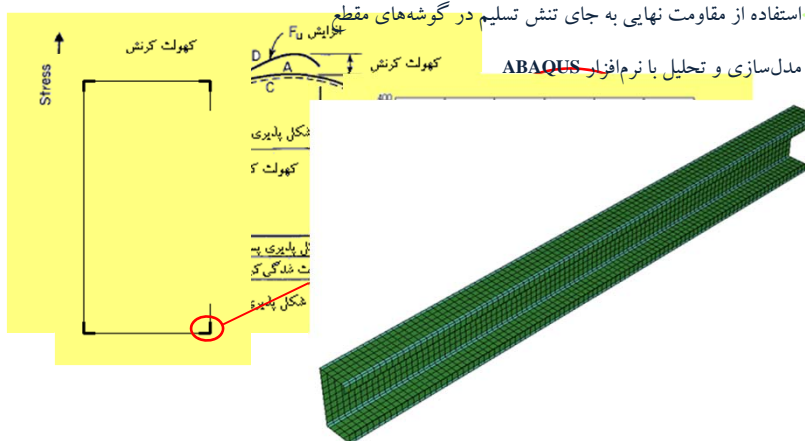
## تأثیر کار سرد بر مقاطع فولادی

افزایش تنش تسلیم-کاهش شکل پذیری

❖ اثر عملیات نورد سرد بر منحنی تنش-کرنش فولاد

❖ استفاده از مقاومت نهایی به جای تنش تسلیم در گوشه های مقطع

مدل سازی و تحلیل با نرم افزار ABAQUS



Adv. Tech. in Building Industry

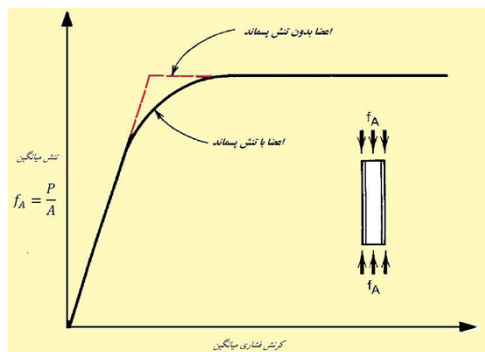
۷۷

## تأثیر کار سرد بر مقاطع فولادی

### تنش های پسماند

❖ تنش هایی که در اثر فرآیندهای ساخت و تولید در عضو به وجود می آیند.

❖ در مقاطع گرم نورد شده تنش های پسماند از سرد شدن یکنواخت بعد از نورد گرم و یا جوشکاری ناشی می شوند که به صورت یکنواخت در ضخامت عضو در نظر گرفته می شوند.



Adv. Tech. in Building Industry

۷۸

❖ هرچند ممکن است تاثیر این تنش ها در تنش نهایی قابل توجه نباشد، با این حال تنش پسماند باعث کاهش حد تناسب می شود.

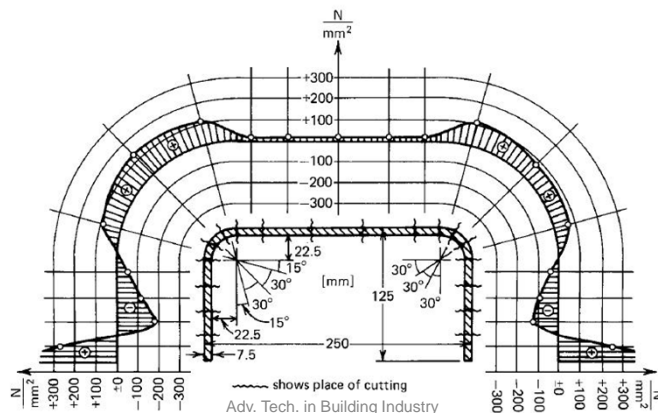
❖ رفتار غیر الاستیک مقاطع گرم نورد شده نمی تواند بدون در نظر گرفتن تنش های پسماند به درستی پیش بینی شود.

## تأثیر کار سرد بر مقاطع فولادی

### تنش های پسماند

تنش های پسماند در مقاطع فولادی سرد نورد شده ناشی از نورد سرد و یا خم کاری سرد می باشد.

تنش های پسماند طولی میانگین اندازه گیری شده در مقطع فولادی ناودانی سرد نورد شده



## تأثیر کار سرد بر مقاطع فولادی

### ✓ مزایای مقاطع فولادی سرد نورد شده

- ❖ نسبت مقاومت به وزن زیاد
  - ❖ عدم وجود کرنش های پسماند
  - ❖ رسیدن به هندسه دلخواه مقاطع
  - ❖ جاگیری مناسب برای انبار کردن متراکم
  - ❖ مقاومت در برابر خوردگی به علت سهولت استفاده از تکنیکهای پوششی
  - ❖ قابلیت پیش ساختگی و حمل آسان
- علت: قابلیت شکل دهی آسان مقاطع با کار سرد  
مزیت: تولید مقاطع اقتصادی
- علت: باز و سبک بودن مقاطع  
مزیت: حمل و نقل آسان و اقتصادی
- علت: عدم آسیب سیستم های حفاظتی در پروسه نورد سرد  
مزیت: امکان استفاده از سیستم LSF در کلیه مناطق آب و هوایی
- علت: استفاده از اتصالات پیچی خودکار در کارگاه  
مزیت: کنترل کیفیت کارگاهی

Adv. Tech. in Building Industry

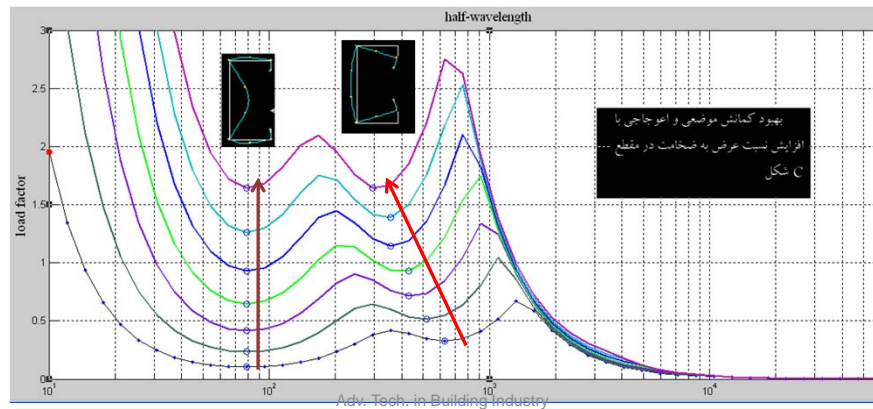
۸۰

### تأثیر کار سرد بر مقاطع فولادی

✓ معایب مقاطع فولادی سرد نورد شده

❖ بزرگ بودن نسبت عرض به ضخامت به دلیل ضخامت کم اعضا

کاهش سختی هندسی ← کاهش تنش بحرانی کمانشی ← کاهش کارایی مقطع



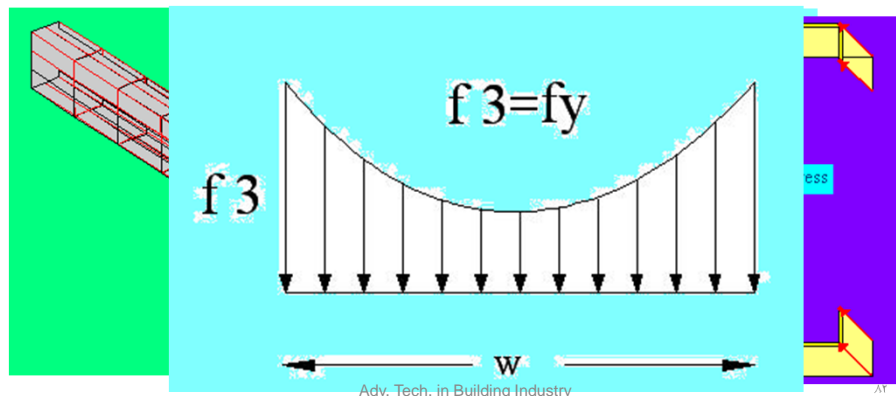
### تأثیر کار سرد بر مقاطع فولادی

✓ فلسفه طراحی مقاطع سرد نورد شده

❖ طراحی مقاطع سرد نورد شده به شکلی متفاوت از مقاطع گرم نورد شده انجام می شود.

❖ عملکردهای بنوری این تفاوت عملیاتی در انحراف فشاری می شود

❖ کوچک بودن ضخامت مصالح در مقاطع سرد نورد شده → فرآیند نورد سرد



۸۳

Λ<sub>F</sub>