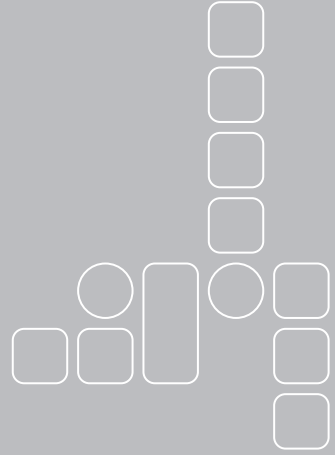




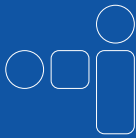
HSS TUBES AND JUNCTIONS

بررسی مقاطع HSS
و اتصال مرتبط در سازه های فولادی



مطالب مندرج در این دفترچه برگرفته از آیین نامه‌های معتبر داخلی و بین‌المللی طراحی سازه‌های فولادی است که شامل آیین نامه، AISC-360-16، CIDECT، AISI-Cold Formed Steel Design، مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه ۲۸۰۰ ایران می‌شود که توسط تیم فنی و مهندسی شرکت فولادگستر آتنا متشکل از اساتید برتر دانشگاهی و صنعتی در حوزه ساختمان گردآوری شده است. امید است که این مطالب راهگشای مهندسین و طراحان گرامی قرار گیرد.





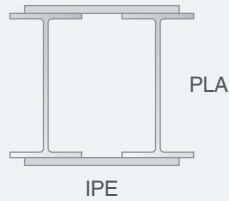
INTRODUCTION

در طراحی سازه‌های فلزی در ایران به خصوص ساختمان‌های مسکونی، عمدتاً، چند گزینه مطرح می‌باشد که در اینجا سعی بر این است که به بررسی معایب تعدادی از آن‌ها پرداخته و در انتها با معرفی مقاطع HSS تولید شده به روش مدرن صنعتی که می‌تواند جایگزین مناسبی برای تعدادی از این مقاطع مرسوم باشد و معایب ذکر شده را نداشته باشد در جهت ارتقاء سطح کیفی سازه‌های فلزی کشور عزیزمان گامی جدی برداریم.

مشاهدات عینی و آمارها نشان می‌دهد که از بین مقاطع متنوعی که جهت استفاده به عنوان یک عضو فشاری (ستون) می‌توان انتخاب نمود؛ ستون‌های دوگانه Box، IPE، قوطی، مقطع I شکل و صلیبی ساخته شده بسیار مرسوم بوده و در برخی از پروژه‌های خاص مقاطع HE نیز (خصوصاً در پروژه‌های صنعتی) کاربردهای ویژه‌ای دارد.

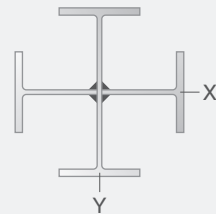
در ادامه به معایب تعدادی از این مقاطع مرسوم در مقایسه با مقاطع HSS تولید شده به روش مدرن صنعتی اشاره خواهیم کرد.

TYPES OF TUBE



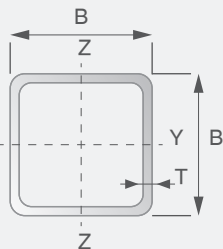
مقطع مرکب 2IPE

مقطع صلیبی

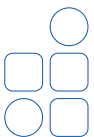


مقطع بال پهن

باکس با ورق



HSS تولیدی به روش صنعتی





DISADVANTAGES

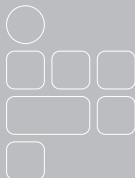
معایب مقاطع باکس ساخته شده از ورق:

از جمله ایرادات عمده مقاطع باکس ساخته شده با ورق به صورت دستی، می توان به موارد زیر اشاره نمود:

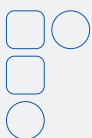
- بالا بودن درصد خطای انسانی و در نتیجه کاهش میزان اعتماد پذیری سازه.
- زمان تولید بیشتر.
- افزایش نیروی کار مورد نیاز.
- هزینه تولید بالاتر.
- تنش پسماند قابل توجه به علت جوشکاری زیاد.
- بالا بودن حجم ضایعات بلا استفاده.



TO BE MOST
VALUED
BY THOSE
WHO
MOST VALUE
BRANDS



THINK SMART BEFORE YOU START



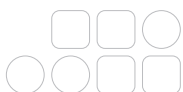
معایب استفاده از مقاطع مرکب :

اغلب ستون‌هایی که در صنعت ساختمان ایران استفاده می‌شود، از مقاطع باکس ساخته شده از ورق یا مقاطع مرکب هستند. اینکه چرا تاکنون از مقاطع مرکب در ستون‌ها استفاده می‌شده است دلایلی دارد که در زیر شرح داده شده است :

- عدم دسترسی به IPB یا HSS بصورت تولید داخلی.
- افزایش سطح مقطع ستون در صورتی که مقاطع نورد شده سطح مقطع لازم را نداشته باشند.
- اجرای سریع‌تر و آسان‌تر مقاطع مرکب نسبت به ستون‌های ساخته شده از ورق.

به معایب مقاطع باکس ساخته شده از ورق اشاره شد. حال می‌خواهیم به ایرادات مقاطع مرکب اشاره ای داشته باشیم. توصیه می‌شود از مقاطع دوبل در قاب خمشی به دلایل ذیل استفاده نشود :

- کماتش موضعی خصوصاً در محل اتصالات.
- ترد شدن ستون به علت جوشکاری زیاد.
- کارگاهی بودن ساخت مقاطع دوبل و عدم رعایت ضوابط مندرج در نقشه.
- مطابق آیین نامه مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران، استفاده از ستون‌های دوبل در قاب خمشی متوسط به شرطی مجاز است که خمش حول محور با مصالح باشد و در قاب‌های خمشی ویژه نیز به طور کل مجاز نمی‌باشد.
- در قاب‌های مهاربندی در محل اتصال گاست پلیت به ستون نیز امکان وقوع کماتش موضعی زیاد است.

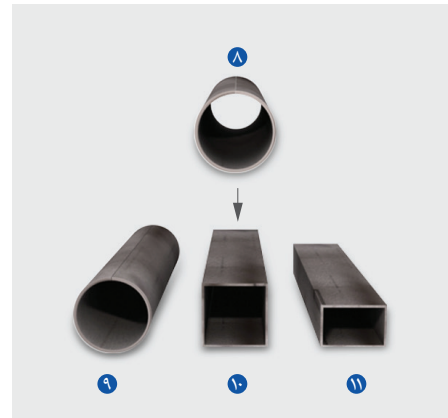
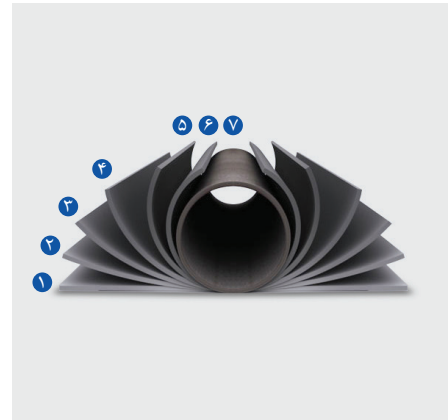
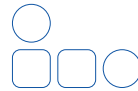


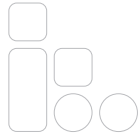
HSS MANUFACTURE

روش تولید HSS:

تبدیل ورق فولادی به مقاطع سازه‌ای تو خالی (HSS) در روش نورد سرد به چندین روش مختلف انجام می‌شود که در زیر اشاره‌ای به یکی از به روزترین و بهینه‌ترین روش‌های تولید این مقاطع شده است:

در این روش، ورق صاف فولادی (۱) در امتداد محور طولی به طور پیوسته در طی یک پروسه‌ی نورد سرد فرم داده می‌شود تا به تیوب با مقطع گرد تبدیل شود. این عمل با حرکت دادن ورق از میان مجموعه‌ای از غلتک‌ها (۲-۶) انجام می‌شود. لبه‌های ورق (۷) در مجاورت هم قرار می‌گیرند و به وسیله‌ی جوش القایی با فرکانس بالا یا جوشکاری تماسی حرارت داده می‌شوند و لبه‌ها در اثر جوشکاری در یکدیگر فرو می‌روند تا یک جوش طولی پیوسته بدون نیاز به اضافه کردن فلز پرکننده (الکتروود) به وجود بیاید. سپس درز جوش (۸) خنک می‌شود و در انتها با عبور از یک سری غلتک‌های سایزینگ در طی یک پروسه‌ی نورد سرد دیگر به مقاطع گرد (۹)، مربع (۱۰) یا مستطیل (۱۱) سایز شده تبدیل می‌شود.





INDUSTRIAL MODERN HSS

HSS تولید شده به روش مدرن صنعتی:

HSS صنعتی پروفیل فولادی با سطح مقطع توخالی است که دارای هندسه بسته، بدون گوشه‌های تیز و با ظاهری جذاب می‌باشد. این مقاطع به دلیل تولید صنعتی، نسبت به مقاطع سنتی دست‌ساز هم از نظر کیفیت جوش و هم از نظر اعوجاج و رواداری، از کیفیت به مراتب بالاتری برخوردارند.

طبقه‌بندی مقاطع HSS:

مقاطع HSS به لحاظ روش فرم‌دهی به دو نوع گرم‌نورد و سرد‌نورد تقسیم‌بندی می‌شوند. مقاطع HSS سرد‌نورد نسبت به نوع گرم‌نورد، دارای مقاومت تسلیم و نهایی بیشتری می‌باشند و این مسئله در گوشه‌های مقطع قابل ملاحظه‌تر است. این موضوع به دلیل عملیات سرد و پدیده سخت‌شدگی کرنشی در منحنی رفتاری فولاد است.

همچنین این مقاطع به لحاظ هندسی به دو نوع جدار نازک و جدار ضخیم تقسیم‌بندی می‌شوند. مقاطع HSS سرد‌نورد معمولاً تا ضخامت ورق ۴ میلیمتر به عنوان جدار نازک و برای ضخامت ورق بیشتر از ۴ میلیمتر به عنوان جدار ضخیم طبقه‌بندی می‌شوند. مزیت مقاطع HSS جدار ضخیم نسبت به جدار نازک این است که این مقاطع در سازه‌های فولادی می‌توانند نقش سازه‌ای داشته باشند. مقاطع گرد جدار ضخیم مورد مصرف سازه‌های صنعتی و عمرانی می‌باشند و مقاطع مربعی و مستطیلی جدار ضخیم به عنوان مقاطع کششی و فشاری ستون و یا تیرهای خمشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقاطع جعبه‌ای فولادی سرد‌نورد (HSS) به علت دارا بودن مقاومت و پایداری خوب و وزن مناسب در طراحی و ساخت سازه‌های مختلف ساختمانی و صنعتی و در کشورهای مختلف جهان مصرف وسیعی دارند. کاربرد این نوع مقاطع در سازه‌های فولادی باعث کاهش قابل توجه عملیات جوشکاری و ساخت و همچنین سرعت عمل در ساخت و اجرای سازه می‌شود. لازم به ذکر است که مقاطع HSS تولیدی شرکت فولادگستر آتنا از نوع سرد‌نورد جدار ضخیم می‌باشد.

ALWAYS BE
RESPONSIBLE
FOR
THE SAFETY
OF YOURSELF
AND
OTHERS

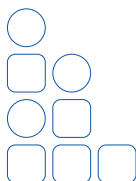




مزایای مهم HSS مدرن صنعتی:

مقاطع HSS صنعتی نسبت به مقاطع سنتی ذکر شده مزایای بی‌شماری دارد که در زیر به چند مزیت مهم آن اشاره می‌کنیم:

- نسبت مقاومت به وزن بیشتر.
- مقاومت پیچشی ۲۰۰ برابر نسبت به مقاطع با جان باز مانند مقاطع IPE.
- ایده‌آل‌ترین گزینه برای ستون به دلیل برابری شعاع ژیراسیون در دو جهت.
- کیفیت بالای جوش به دلیل استفاده از جوش ERW که نیازی به الکتروند ندارد.
- ساخت سازه‌های سبک‌تر و عملکرد بهتر در مقابل زلزله.
- ظاهری زیباتر در ساخت سازه‌های اکسپوز.
- امکان تولید مقاطع در طول دلخواه بر اساس نیاز مشتری و محدودیت‌های ترافیکی.
- امکان استفاده از HSS در مقاطع CFT.
- سطح رویه کمتر آنها نسبت به مقاطع بان، باعث کاهش مصرف رنگ و همچنین تمیز کردن راحت‌تر می‌شود.
- مقاطع HSS علاوه بر حل مشکلات فنی مقاطع دوبل خصوصاً کماتش موضعی در محل اتصالات، از لحاظ اقتصادی باعث کاهش هزینه حدود ۲۰ درصدی سازه به تناسب سیستم باربر جانبی مورد استفاده می‌شوند.





• صنعت ساختمان

HSS APPLICATION

کاربرد مقاطع HSS سرد نورد در سازه های فولادی:

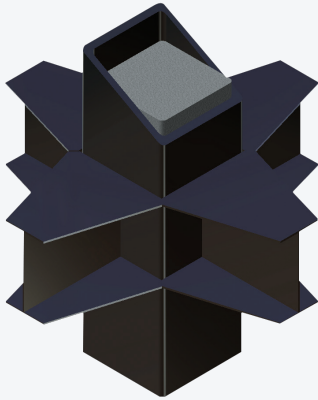
- مقاطع HSS سرد نورد را می توان در قاب های ساده، قاب های خمشی متوسط و قاب های خمشی ویژه، خرپاها و تیرهای ویرندیل با رعایت الزامات آیین نامه های مربوطه به کاربرد.
- همچنین این نوع مقاطع گزینه های بسیار مناسبی جهت طراحی و ساخت سازه های صنعتی و سازه های بزرگ دهانه می باشند.



• پل سازی



• سوله سازی



A STEP AHEAD

مقاطع CFT (مقاطع HSS پر شده با بتن):

ستون‌های CFT ستون‌های پر شده با بتن (Concrete Filled Tube) هستند که دارای خصوصیات ویژه از جمله مقاومت کششی بالا، شکل‌پذیری بالا و ظرفیت جذب انرژی بالایی هستند. علاوه بر افزایش قابل توجه ویژگی‌های سازه‌ای، ستون‌های CFT می‌تواند زمان ساخت را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد. تحقیقات مختلفی راجع به ستون‌های CFT در سال‌های اخیر صورت گرفته است.

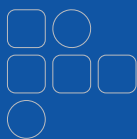


CFT BENEFIT

مزایای ستون CFT:

- افزایش مقاومت در یک مقطع با ابعاد ارائه شده‌ی مشخص در مقایسه با موارد مشابه.
- افزایش سختی که منجر به کاهش لاغری و افزایش مقاومت در برابر کماتش می‌شود.
- ستون‌های بتنی روکش دار، مقاومت خوبی در برابر آتش دارند.
- مقاومت در برابر خوردگی در ستون‌های روکش دار، مزایای قابل توجه اقتصادی هم در برابر سازه‌های فولادی خالص و هم بتن‌آرمه دارد.
- دو سطح مقطع همسان با بارها و مقاومت‌های خمشی متفاوت را می‌توان با فولاد با ضخامت‌های متفاوت، بتن مقاوم شده یا بتن آرمه تولید کرد. این امر این امکان را به ما می‌دهد تا ابعاد بیرونی ستون در مقابل تعداد طبقات ساختمان ثابت بماند، بنابراین منجر به ساده شدن ساخت و معماری می‌شود.
- کارآمدی در ساخت سازه‌های بلند.
- عدم نیاز به قالب در بتن ریزی.

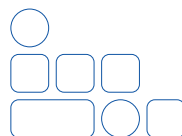
QUALITY IS
TRULY
MATTER TO
PROFESSIONALS



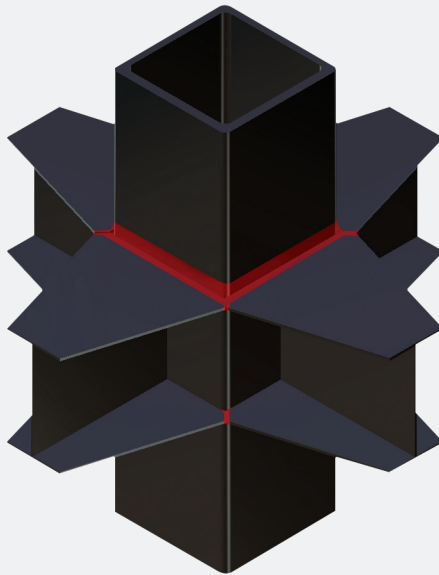
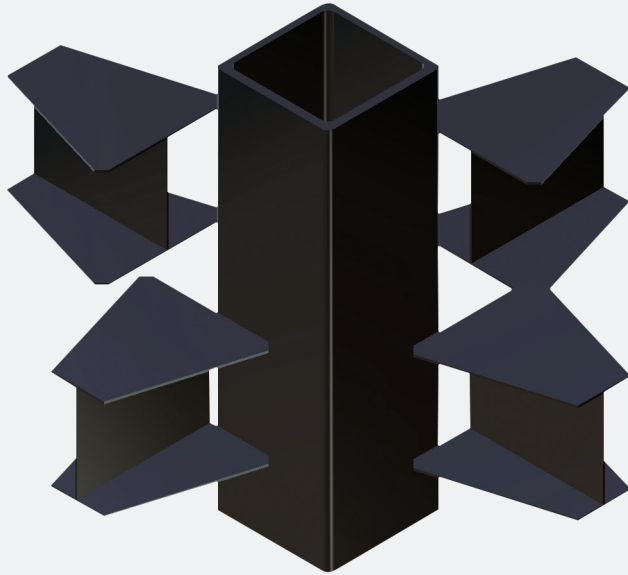
HSS JUNCTION

اتصالات سازه‌ای متداول برای مقاطع HSS :

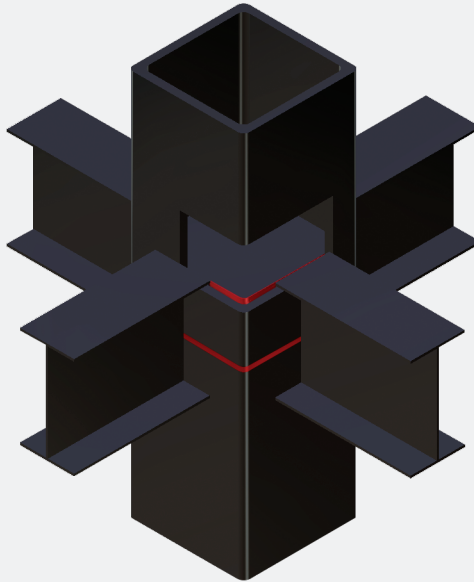
کاربرد اتصالات مفصلی همانند اتصالات رایج می باشد اما در مورد اتصالات خمشی از اتصالات ارایه شده توسط آیین نامه CIDECT (International Committee for the Development and Study of Tubular Structures) که مورد تایید آیین نامه فولاد آمریکا (AISC) نیز هست استفاده می شود .



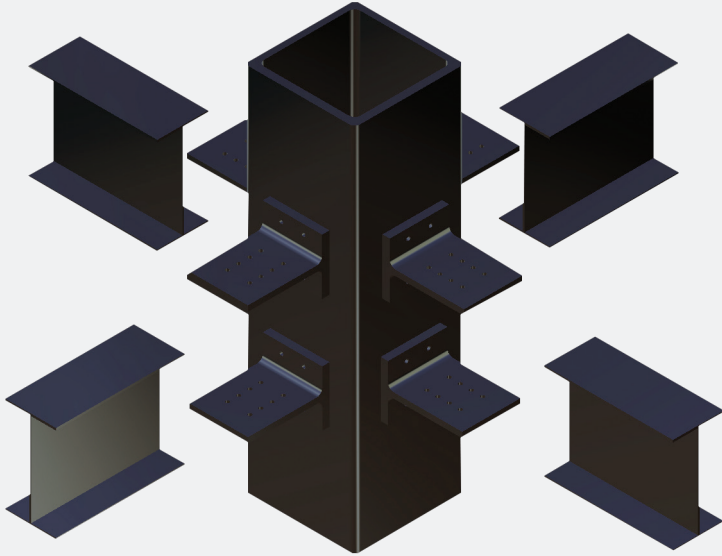
اتصال OUTER DIAPHRAGM



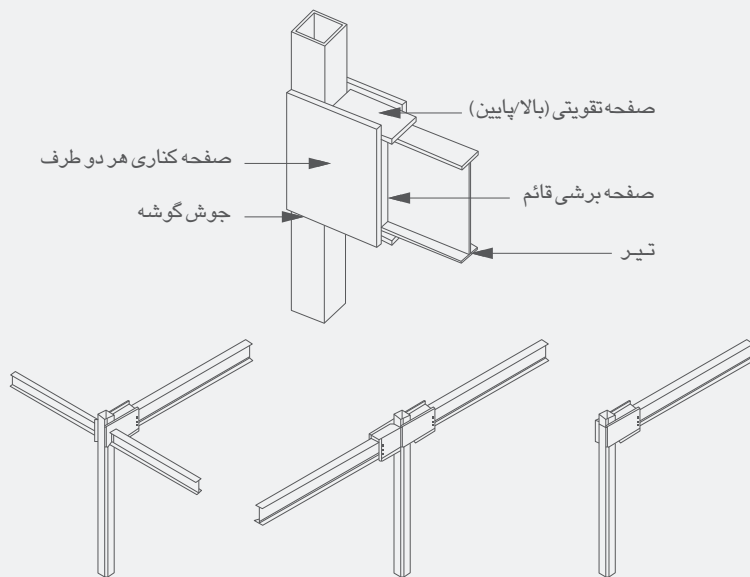
INNER DIAPHRAGM اتصال



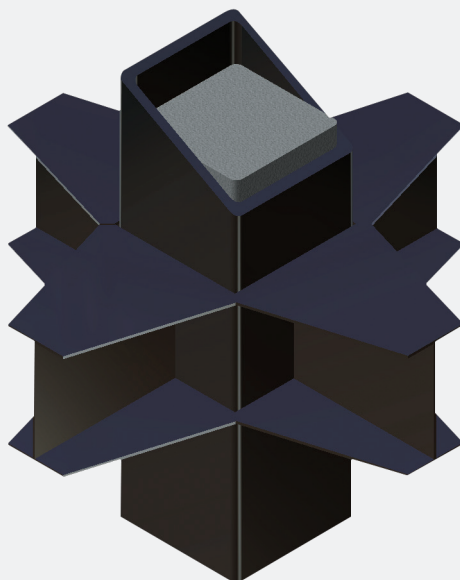
BOLTED JOINT (Hyper Frame™) اتصال



اتصال SIDE PLATE

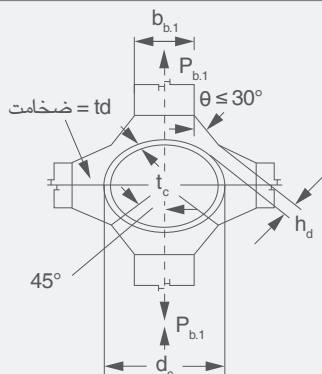


اتصال مربوط به سازی CFT



نمونه‌ای از محاسبات مربوط به اتصالات خمشی

شکل دیافراگم خارجی

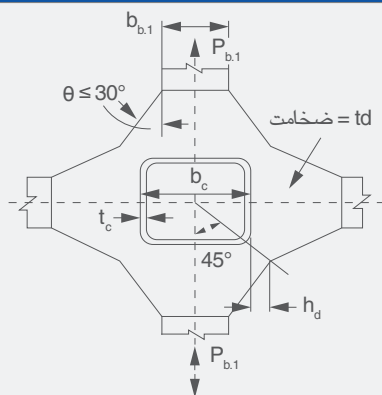


$$P_{b,f}^* = 19.6 \left(\frac{d_c}{t_c} \right)^{-1.54} \left(\frac{h_d}{d_c} \right)^{0.14} \left(\frac{t_d}{t_c} \right)^{0.34} \left(\frac{d_c}{2} \right)^2 f_{c,y}^* \quad \text{معادله مقاومت نهایی:}$$

$$14 \leq \frac{d_c}{t_c} \leq 36 \quad 0.05 \leq \frac{h_d}{d_c} \leq 0.14 \quad 0.75 \leq \frac{t_d}{t_c} \leq 2.0 \quad \theta \leq 30^\circ \quad \text{بازه مورد استفاده:}$$

$f_{c,y}^{**}$ مقاومت تسلیم مصالح ستون ، $P_{b,f}$ بار محوری در بال کششی یا فشاری

شکل دیافراگم خارجی



$$P_{b,f}^* = 3.17 \left(\frac{t_c}{b_c} \right)^{2/3} \left(\frac{t_c}{b_c} \right)^{2/3} \left(\frac{t_c + h_d}{b_c} \right)^{1/3} b_c^2 f_{d,u}^* \frac{b_c / 2 + h_d}{t_d} \leq \frac{240}{\sqrt{f_{d,y}^*}} \quad \text{معادله مقاومت نهایی:}$$

$$17 \leq \frac{b_c}{t_c} \leq 67 \quad 0.07 \leq \frac{h_d}{b_c} \leq 0.4 \quad 0.75 \leq \frac{t_d}{t_c} \leq 2.0 \quad \theta \leq 30^\circ \quad \text{بازه مورد استفاده:}$$

$f_{d,y}^{**}$ مقاومت تسلیم مصالح دیافراگم ، $f_{d,u}^*$ مقاومت نهایی تنش مصالح دیافراگم ، $P_{b,f}$ بار محوری در بال کششی یا فشاری

بررسی مزیت‌های کاربرد HSS در سازه‌های فولادی و الزامات طراحی لرزه‌ای:

در این صورت بر اساس ضوابط آیین‌نامه‌های AISC و AISI تنش مجاز طراحی برای آنها حد جاری شدن ورق مصرفی ($F_y = F_u$) در نظر گرفته می‌شود.

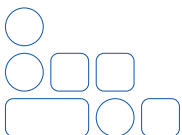
در بحث طراحی لرزه‌ای منطبق با آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله - استاندارد ۲۸۰۰ ایران - مقاطع HSS سردنورد می‌توانند در سازه‌های LSF و سیستم‌های شامل قاب‌های ساختمانی با اتصالات ساده در صورت داشتن دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه و یا متوسط، مهاربندی و اگر ای ویژه فولادی و یا مهاربندی همگرای ویژه فولادی تا ارتفاع $H_m=50m$ (شانزده طبقه) مورد استفاده قرار گیرند. همچنین در صورت استفاده از این مقاطع در قاب‌های خمشی فولادی متوسط در صورت طراحی اتصالات گیردار کمربندی نیز می‌توانند در ساختمان‌های تا ارتفاع پنجاه متر $H_m=50m$ (شانزده طبقه) مورد کاربرد قرار گیرند.

استفاده از مقاطع HSS سردنورد در قاب‌های خمشی ویژه در صورت تعبیه مکانیزم مستهلک‌کننده انرژی (E.D.M) و یا به عبارتی قابلیت ایجاد مفصل پلاستیک و تامین شکل‌پذیری بدون ایجاد کماتش موضعی در سایر نقاط قاب بلامانع است.

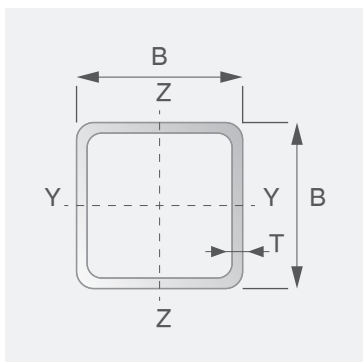
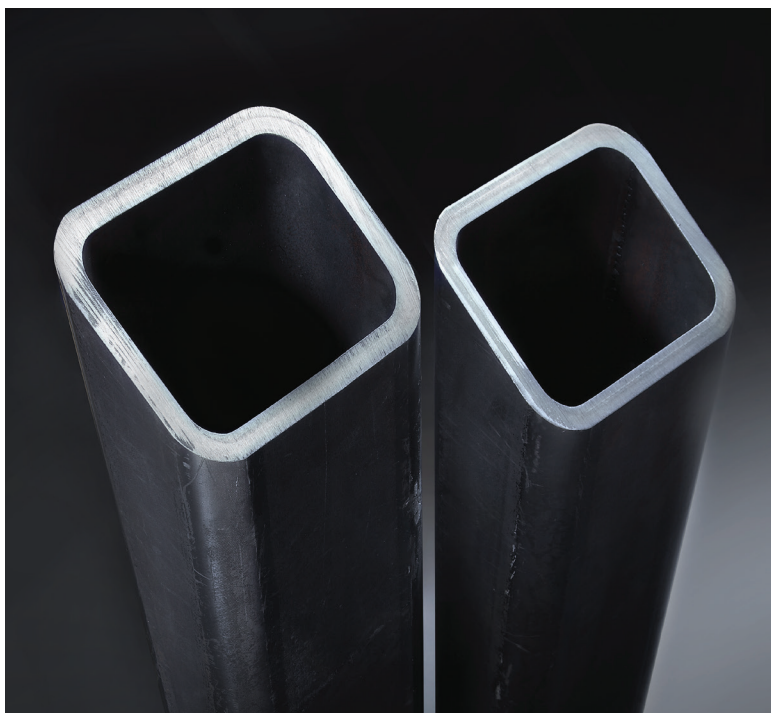
مقاطع HSS سردنورد می‌توانند در طراحی مقاطع مرکب بتن فولادی نیز مورد استفاده قرار گیرند و در این صورت ظرفیت ستون مرکب طراحی شده به نحو قابل توجهی افزایش می‌یابد و کاهش قابل توجهی در وزن فولاد مصرفی نتیجه می‌شود.

به طور کلی سازه‌های فولادی دارای مزیت‌های ویژه‌ای نسبت به سایر سازه‌ها می‌باشند. سبکی وزن، سرعت عمل اجرا، اتصالات قابل اطمینان‌تر و نسبت بالاتر مقاومت به وزن از مشخصه‌های قابل توجه این نوع سازه‌ها می‌باشد. مقاطع قوطی شکل (Hollow Structural Section) HSS به علت داشتن شکل هندسی مقاوم‌تر که ناشی از ممان اینرسی بیشتر نسبت به دو محور و همچنین دارا بودن ممان اینرسی قطبی (پیچشی) و شعاع ژیراسیون بزرگتر است، از نظر اقتصادی نسبت به مقاطع مرکب تیر آهنی ساخته شده از دو یا سه نیم‌رخ بسیار مقرون به صرفه‌ترند. این نوع مقاطع در مقایسه با مقاطع جعبه‌ای (Box) ساخته شده از تیر ورق که از عملیات برشکاری، مونتاژ و جوشکاری قابل توجهی برخوردارند نیز بسیار باصرفه‌ترند. مقاطع HSS به علت ظرفیت فشاری و خمشی قابل توجه جهت طراحی و ساخت ستون‌ها، تیرستون‌ها، قاب‌های خمشی، خرپاها و تیرهای ویرندیل‌کاری ویژه ای دارند و مورد توجه مهندسين محاسب و طراحان معماری و سازه‌ای می‌باشند. از آنجا که تولید مقاطع HSS گرم نورد به علت لزوم استفاده از روش‌های تزریقی (اکستروژن) با مشکلات و محدودیت‌های زیادی همراه است، استفاده از مقاطع HSS سردنورد که از نورد و شکل‌دهی سرد ورق فولادی تولید می‌شوند متداول‌تر و فراگیرتر است. بر اساس اصل افزایش مقاومت ناشی از کار سرد که مبتنی بر افزایش حد جاری شدن مقطع پس از شکل‌دهی سرد است، ظرفیت باربری و خمشی مقاطع HSS سردنورد بیشتر از نوع گرم نورد می‌باشد.

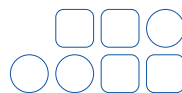
مقاطع HSS جدارضخیم در طراحی و ساخت سازه‌های کوتاه مرتبه و بلند مرتبه و همچنین طراحی و ساخت سازه‌های صنعتی و پل‌سازی مصرف وسیعی دارند و به سهولت مقاطع جعبه‌ای (Box) تیوروقی جوشی می‌شوند. مقاطع HSS جدارضخیم دارای مقاومت بسیار خوبی در برابر کماتش موضعی می‌باشند و هرچه ضخامت جداره آنها بیشتر می‌شود، ضریب عرض موثر آنها (p) نسبت به یک میل می‌کند و ضریب عرض موثر برابر یک ($p=1$) موید تامین شرایط مقطع فشرده برای آنها است.



SQUARE TUBE



مقطع مربع

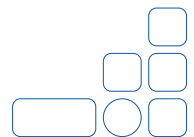
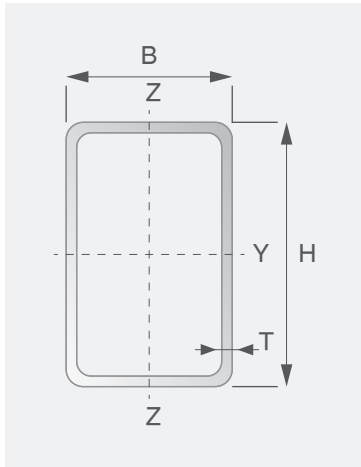


سایز	ضخامت	جرم	سطح مقطع	ممان اینرسی	شعاع ژیراسیون	مدول الاستیک	مدول پلاستیک	ثابت پیچشی		سطح پیرامونی (واحد متر)	طول (واحد تن)
BxB	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m/t
120x120	4.0	14.2	18.1	396	4.67	66	79	636	107	0.466	70.6
120x120	5.0	17.4	22.4	474	4.60	79	96	777	132	0.463	57.3
120x120	6.0	20.6	26.4	543	4.53	90	112	910	155	0.459	48.5
120x120	8.0	26.2	33.6	610	4.26	102	141	1156	197	0.446	38.1
120x120	10.0	31.6	40.6	663	4.04	111	169	1363	235	0.437	31.6
140x140	4.0	16.7	21.3	644	5.49	92	108	1022	148	0.546	60.1
140x140	5.0	20.6	26.4	777	5.43	111	133	1254	182	0.543	48.6
140x140	6.0	24.4	31.2	897	5.36	128	156	1475	215	0.539	41.0
140x140	8.0	31.2	40.0	1043	5.10	149	198	1892	275	0.526	32.0
140x140	10.0	37.9	48.6	1166	4.90	167	237	2258	331	0.517	26.4
160x160	4.0	19.1	24.5	979	6.31	122	143	1540	194	0.626	52.2
160x160	5.0	23.7	30.4	1186	6.25	148	176	1894	240	0.623	42.2
160x160	6.0	28.1	36.0	1378	6.18	172	207	2235	284	0.619	35.6
160x160	8.0	36.2	46.4	1641	5.94	205	264	2887	366	0.606	27.6
160x160	10.0	44.1	56.6	1869	5.75	234	318	3471	443	0.597	22.7
180x180	5.0	26.8	34.4	1718	7.07	191	224	2721	306	0.703	37.3
180x180	6.0	31.8	40.8	2005	7.01	223	265	3218	362	0.699	31.4
180x180	8.0	41.2	52.8	2429	6.78	270	339	4177	470	0.686	24.3
180x180	10.0	50.4	64.6	2805	6.59	312	410	5052	571	0.677	19.9
180x180	12.0	58.1	74.5	2851	6.19	317	472	5830	659	0.658	17.2
200x200	5.0	29.9	38.4	2389	7.89	239	279	3760	380	0.783	33.4
200x200	6.0	35.6	45.6	2797	7.83	280	330	4453	451	0.779	28.1
200x200	8.0	46.2	59.2	3433	7.61	343	424	5803	586	0.766	21.6
200x200	10.0	56.6	72.6	4007	7.43	401	515	7048	715	0.757	17.7
200x200	12.0	65.6	84.1	4172	7.04	417	594	8190	830	0.738	15.3
220x220	5.0	33.0	42.4	3215	8.71	292	340	5034	462	0.863	30.3
220x220	6.0	39.3	50.4	3774	8.65	343	403	5970	549	0.859	25.4
220x220	8.0	51.2	65.6	4678	8.44	425	519	7801	716	0.846	19.5
220x220	10.0	62.8	80.6	5506	8.27	501	631	9506	875	0.837	15.9
220x220	12.0	73.1	93.7	5841	7.90	531	730	11104	1020	0.818	13.7
250x250	6.0	45.0	57.6	5627	9.88	450	525	8836	714	0.979	22.2
250x250	8.0	58.7	75.2	7054	9.68	564	679	11582	934	0.966	17.0
250x250	10.0	72.2	92.6	8381	9.52	670	829	14166	1145	0.957	13.9
250x250	12.0	84.3	108.1	9082	9.17	727	962	16636	1341	0.938	11.9
250x250	14.0	96.5	123.7	9868	8.93	789	1095	18918	1530	0.928	10.4
250x250	16.0	108.2	138.8	10456	8.68	836	1223	21028	1708	0.918	9.2
280x280	6.0	50.6	64.8	8002	11.11	527	664	12496	900	1.099	19.8
280x280	8.0	66.2	84.8	10117	10.92	723	861	16418	1180	1.086	15.1
280x280	10.0	81.6	104.6	12105	10.76	865	1053	20138	1451	1.077	12.3
280x280	12.0	95.5	122.5	13324	10.43	952	1226	23745	1705	1.058	10.5
280x280	14.0	109.6	140.5	14630	10.20	1045	1399	27103	1952	1.048	9.1
280x280	16.0	123.2	158.0	15678	9.96	1120	1565	30258	2186	1.038	8.1
300x300	6.0	54.3	69.6	9908	11.93	661	765	15425	1036	1.179	18.4
300x300	8.0	71.2	91.2	12584	11.74	839	994	20292	1361	1.166	14.1
300x300	10.0	87.8	112.6	15112	11.59	1107	1218	24928	1675	1.157	11.4
300x300	12.0	103.0	132.1	16771	11.27	1118	1420	29451	1972	1.138	9.7
300x300	14.0	118.4	151.7	18520	11.05	1235	1622	33684	2261	1.128	8.4
300x300	16.0	133.2	170.8	19966	10.81	1331	1817	37691	2537	1.118	7.5
320x320	6.0	58.1	74.4	12095	12.75	756	874	18780	1182	1.259	17.2
320x320	8.0	76.2	97.6	15419	12.57	964	1137	24732	1554	1.246	13.1
320x320	10.0	94.0	120.6	18576	12.41	1161	1394	30241	1915	1.237	10.6
320x320	12.0	110.5	141.7	20759	12.11	1297	1628	35998	2258	1.218	9.1
320x320	14.0	127.1	162.9	23033	11.89	1440	1862	41242	2592	1.208	7.9
320x320	16.0	143.2	183.6	24959	11.66	1560	2088	46236	2913	1.198	7.0

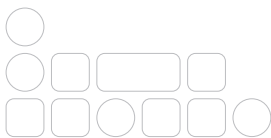


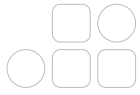
RECTANGLE TUBE

مقطع مستطيل

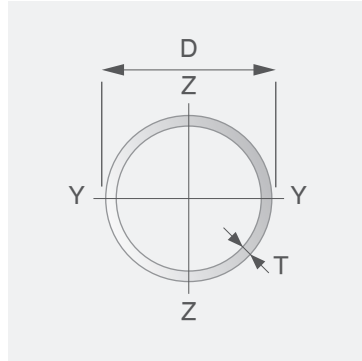


سائز	ت	جرم	سطح مقطع	ممان اینرسی		شعاع ژیراسیون		مدول الاستیک		مدول پلاستیک		ثابت پیچشی		سطح پیرامونی (واحد متر)	طول (واحد تن)
				I_{yy}	I_{zz}	i_{yy}	i_{zz}	W_{elyy}	W_{elzz}	W_{plyy}	W_{plzz}	I_t	C_t		
HxB	T	M	A	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3	cm^4	cm^3	m^2/m	m/t
mm	mm	kg/m	cm^2	cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3	cm^3	cm^3	cm^4	cm^3	m^2/m	m/t
200x120	4.0	19.1	24.5	1342	611	7.39	4.99	134	102	164	116	1344	182	0.626	52.2
200x120	5.0	23.7	30.4	1628	738	7.32	4.93	163	123	201	142	1649	224	0.623	42.5
200x120	6.0	28.1	36.0	1894	855	7.25	4.87	189	142	237	167	1942	265	0.619	35.6
200x120	8.0	36.2	46.4	2252	1012	6.96	4.67	225	169	301	213	2497	341	0.606	27.6
200x120	10.0	44.1	56.6	2562	1148	6.73	4.50	256	191	363	257	2988	411	0.597	22.7
200x160	5.0	26.8	34.4	2009	1426	7.65	6.44	201	178	240	207	2651	302	0.703	37.3
200x160	6.0	31.8	40.8	2346	1663	7.58	6.38	235	208	284	244	3133	358	0.699	21.4
200x160	8.0	41.2	52.8	2843	2011	7.33	6.17	284	251	363	312	4064	463	0.686	24.3
200x160	10.0	50.4	64.6	3284	2319	7.13	5.99	328	290	493	378	4912	563	0.677	19.9
200x160	12.0	58.1	74.5	3323	2366	6.68	5.64	332	296	503	435	5661	649	0.658	17.2
250x150	5.0	29.9	38.4	3277	1493	9.24	6.24	262	199	320	226	3281	355	0.783	33.4
250x150	6.0	35.6	45.6	38404	1743	9.17	6.18	307	232	379	267	3880	421	0.779	28.1
250x150	8.0	46.2	59.2	711	2127	8.92	5.99	377	284	486	343	5038	546	0.766	21.6
250x150	10.0	56.6	72.6	5499	2471	8.71	5.84	440	329	589	416	6097	665	0.757	17.7
250x150	12.0	65.6	84.1	5681	2584	8.22	5.54	454	345	676	481	7048	770	0.738	15.3
300x100	5.0	29.9	38.4	4033	713	10.25	4.31	269	143	349	160	2041	280	0.783	33.4
300x100	6.0	35.6	45.6	4721	827	10.17	4.26	315	165	412	189	2398	331	0.779	28.1
300x100	8.0	46.2	59.2	5761	995	9.86	4.10	384	199	527	242	3068	426	0.766	21.6
300x100	10.0	56.6	72.6	6699	1143	9.61	3.97	447	229	638	292	3657	515	0.757	17.7
300x100	12.0	65.6	84.1	6812	1221	9.00	3.81	454	244	728	339	4137	590	0.738	15.3
300x200	6.0	45.0	57.6	7315	3927	11.27	8.25	488	393	589	447	8108	684	0.979	22.2
300x200	8.0	58.7	75.2	9172	4908	11.04	8.08	611	491	761	578	10610	894	0.966	17.0
300x200	10.0	72.2	92.6	10905	5813	10.85	7.92	727	581	928	705	12956	1095	0.957	13.9
300x200	12.0	84.3	108.1	11792	6293	10.45	7.63	786	629	1074	819	15184	1281	0.938	11.9
300x200	14.0	96.5	124	12790	6837	10.17	7.43	853	684	1222	933	17226	1460	0.928	10.4
300x200	16.0	108.2	139	13506	7261	9.87	7.23	900	726	1362	1043	19104	1628	0.918	9.2
350x250	6.0	54.3	69.6	12392	7413	13.34	10.32	7.8	593	843	672	14545	1006	1.179	18.4
350x250	8.0	71.2	91.2	15742	9397	13.14	10.15	900	752	1095	873	19117	1321	1.166	14.1
350x250	10.0	87.8	112.6	18918	11262	12.96	10.00	1081	901	1342	1069	23462	1625	1.157	11.4
350x250	12.0	103.0	132	20982	12482	12.60	9.72	1199	999	1562	1247	27686	1912	1.138	9.7
350x250	14.0	118	152	23164	13767	12.36	9.52	1324	1101	1784	1426	31630	2191	1.128	8.4
350x250	16.0	133	171	24951	14836	12.09	9.32	1426	1187	1996	1597	35351	2457	1.118	7.5
400x200	6.0	54.3	69.6	14714	5056	14.54	8.32	736	506	907	563	12060	916	1.179	18.4
400x200	8.0	71.2	91.2	18674	6383	14.31	8.36	934	638	1177	732	15801	1201	1.166	14.1
400x200	10.0	87.8	112.6	22432	7619	14.12	8.23	1122	762	1441	895	19331	1475	1.157	11.4
400x200	12.0	103.0	132	24815	8417	13.71	7.98	1241	842	1674	1045	22719	1732	1.138	9.7
400x200	14.0	118	152	27352	9263	13.43	7.81	1368	926	1911	1194	25857	1981	1.128	8.4
400x200	16.0	133	171	29399	9976	13.12	7.64	1470	998	2136	1337	28783	2217	1.118	7.5

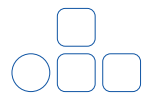
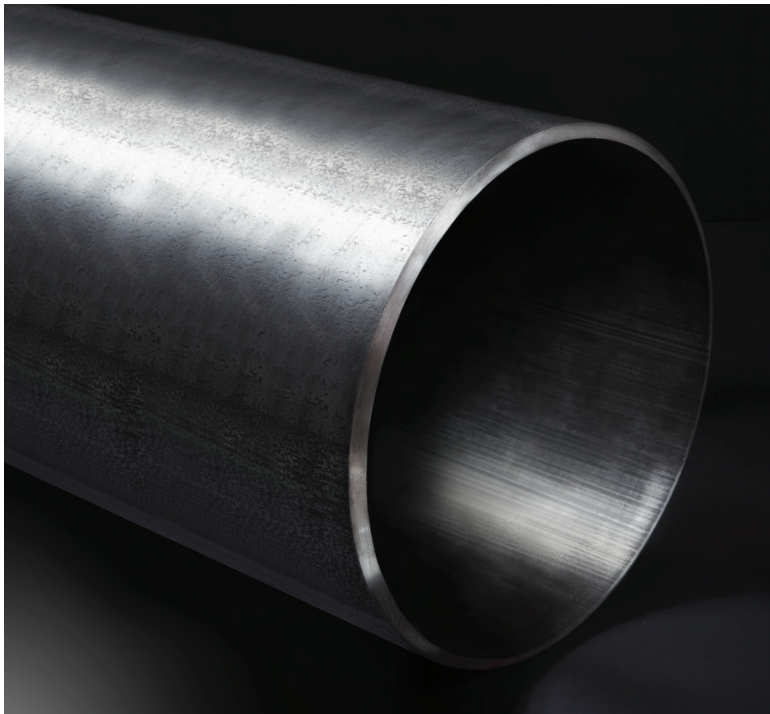




CIRCLE TUBE



مقطع دایره



سایز	ضخامت	جرم	سطح مقطع	ممان اینرسی	شعاع ژیراسیون	مدول الاستیک	مدول پلاستیک	ثابت پیچشی		سطح پیرامونی (واحدتن)	طول (واحدتن)
BxB	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m/t
168.3	4.0	16.1	20.6	697	5.81	83	108	1394	166	0.529	62.1
168.3	5.0	20.0	25.7	856	5.78	102	133	1712	203	0.529	50.0
168.3	6.0	23.9	30.6	1009	5.74	120	158	2017	240	0.529	41.9
168.3	8.0	31.4	40.3	1297	5.67	154	206	2595	308	0.529	31.8
168.3	10.0	38.8	49.7	1564	5.61	186	251	3128	372	0.529	25.8
193.7	4.0	18.6	23.8	1073	6.71	111	144	2146	222	0.609	53.8
193.7	5.0	23.1	29.6	1320	6.67	136	178	2640	273	0.609	43.3
193.7	6.0	27.6	35.4	1560	6.64	161	211	3119	322	0.609	36.2
193.7	8.0	36.4	46.7	2016	6.57	208	276	4031	416	0.609	27.5
193.7	10.0	45.0	57.7	2442	6.50	252	338	4883	504	0.609	22.2
219.1	4.0	21.1	27.0	1564	7.61	143	185	3128	286	0.688	47.4
219.1	5.0	26.2	33.6	1928	7.57	176	229	3856	352	0.688	38.1
219.1	6.0	31.3	40.2	2282	7.54	208	273	4564	417	0.688	31.9
219.1	8.0	41.4	53.1	2960	7.47	270	357	5919	540	0.688	24.2
219.1	10.0	51.2	65.7	3598	7.40	328	438	7197	657	0.688	19.5
244.5	4.0	23.6	30.2	2186	8.50	179	231	4371	358	0.768	42.4
244.5	5.0	29.3	37.6	2699	8.47	221	287	5397	441	0.768	34.1
244.5	6.0	35.1	45.0	3199	8.43	262	341	6397	523	0.768	28.5
244.5	8.0	46.4	59.4	4160	8.37	340	448	8321	681	0.768	21.6
244.5	10.0	57.5	73.7	5073	8.30	415	550	10146	830	0.768	17.4
273.0	5.0	32.8	42.1	3781	9.48	277	359	7562	554	0.858	30.5
273.0	6.0	39.3	50.3	4487	9.44	329	428	8974	657	0.858	25.5
273.0	8.0	51.9	66.6	5852	9.37	429	562	11703	857	0.858	19.2
273.0	10.0	64.4	82.6	7154	9.31	524	692	14308	1048	0.858	15.5
273.0	12.0	76.7	98.4	8396	9.24	615	818	16792	1230	0.858	13.0
273.0	14.0	88.9	113.9	9580	9.17	702	940	19160	1404	0.858	11.3
273.0	16.0	100.8	129.2	10707	9.10	784	1058	21414	1569	0.858	9.9
323.9	5.0	39.1	50.1	6369	11.28	393	509	12739	787	1.018	25.6
323.9	6.0	46.7	59.9	7572	11.24	468	606	15145	935	1.018	21.4
323.9	8.0	61.9	79.4	9910	11.17	612	799	19820	1224	1.018	16.1
323.9	10.0	76.9	98.6	12158	11.10	751	986	24317	1501	1.018	13.0
323.9	12.0	91.7	117.6	14320	11.04	884	1168	28639	1768	1.018	10.9
323.9	14.0	106.3	136.3	16396	10.97	1012	1345	32792	2025	1.018	9.4
323.9	16.0	120.7	154.8	18390	10.90	1136	1518	36780	2271	1.018	8.3
355.6	5.0	43.0	55.1	8464	12.40	476	615	16927	952	1.117	23.3
355.6	6.0	51.4	65.9	10071	12.36	566	733	20141	1133	1.117	19.5
355.6	8.0	68.1	87.4	13201	12.29	742	967	26403	1485	1.117	14.7
355.6	10.0	84.7	108.6	16223	12.22	912	1195	32447	1825	1.117	11.8
355.6	12.0	101.0	129.5	19139	12.16	1076	1417	38279	2153	1.117	9.9
355.6	14.0	117.2	150.2	21952	12.09	1235	1635	43904	2469	1.117	8.5
355.6	16.0	133.1	170.7	24663	12.02	1387	1847	49326	2774	1.117	7.5
381.0	5.0	46.1	59.1	10439	13.29	548	707	20879	1096	1.197	21.7
381.0	6.0	55.1	70.7	12428	13.26	652	844	24857	1305	1.197	18.1
381.0	8.0	73.1	93.7	16311	13.19	856	1113	32622	1712	1.197	13.7
381.0	10.0	90.9	116.6	20068	13.12	1053	1377	40135	2107	1.197	11.0
381.0	12.0	108.5	139.1	23702	13.05	1244	1635	47403	2488	1.197	9.2
381.0	14.0	125.9	161.4	27216	12.98	1429	1887	54431	2857	1.197	7.9
381.0	16.0	143.1	183.5	30612	12.92	1607	2133	61224	3214	1.197	7.0
406.4	5.0	49.2	63.1	12701	14.19	625	806	25402	1250	1.277	20.3
406.4	6.0	58.9	75.5	15128	14.16	745	962	30257	1489	1.277	17.0
406.4	8.0	78.1	100.1	19874	14.09	978	1270	39748	1956	1.277	12.8
406.4	10.0	97.1	124.5	24476	14.02	1205	1572	48952	2409	1.277	10.3
406.4	12.0	116.0	148.7	28937	13.95	1424	1867	57874	2848	1.277	8.6
406.4	14.0	134.6	172.6	33260	13.88	1637	2157	66521	3274	1.277	7.4
406.4	16.0	153.1	196.2	37449	13.81	1843	2440	74898	3686	1.277	6.5

www.fgatena.com

این دفترچه‌ی راهنما، با همکاری تیم فنی "شرکت فولادگستر آتنا" جهت استفاده‌ی مهندسين طراح و سازه و ديگر دست‌اندرکاران صنعت ساخت و ساز تهيه شده است. هدف این مجموعه مقایسه و بررسی اجمالی مقاطع سازه‌ای مختلف مرسوم مورد استفاده در کشور با مقطع سازه‌ای HSS تولید شده به روش مدرن صنعتی است.

گردآورندگان امیدوارند با تهیه و ارائه این مجموعه و موارد مشابه گامی مهم در جهت بهبود و ارتقاء سطح کیفی سازه‌ها در کشور عزیزمان بردارند.