



تولید ایران با فناوری جهان

استراکچرهای فلزی ساختمانی
Steel Structure Systems
محصول شرکت خانه آفتاب شرق

www.khanehaftab.com



فهرست مطالب

◀ A. کلیات و شکل عمومی مقطع

۱. تشریح کلی و کاربرد ۴
۲. اساس محاسبات ۵
۳. دامنه کاربرد محصول و شاخص‌های طرح ۵
۴. مصالح ۱۰
۵. تلورانس و رواداری‌های مجاز ۱۰
۶. محافظت از زنگ زدگی ۱۱
۷. نظارت بر کیفیت ۱۱

◀ B. ملاحظات فنی

۸. ظرفیت بارگذاری جان‌ها و بال‌ها ۱۲
۹. انتخاب ابعاد تیرها ۲۲
۱۰. انتخاب ابعاد ستون‌ها ۲۳
۱۱. کنترل تعریف بار موضعی ۲۴
۱۲. مشخصات مقطع برای wavy web ۲۴
۱۳. استانداردها و پیشنهادات متخصصین ۲۶



فهرست مطالب

◀ C. جداول پیشنهاد مقاطع

۱۴. مشخصات مقاطع	۲۸
۱۵. ظرفیت باربری عرضی	۳۲
۱۶. تعریف بار متمرکز	۳۴
۱۷. ظرفیت باربری بال	۳۶

◀ D. چکیده کتاب راهنما

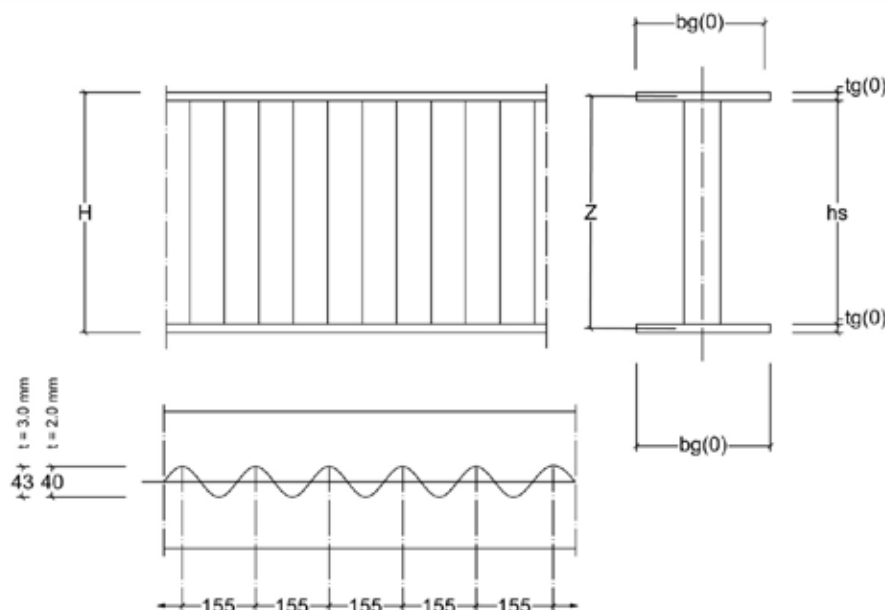
مقدمه	۳۸
اتصالات پیچ یا جوش توسط صفحه انتهائی	۳۹
طرح و اجرای پی در سوله‌ها	۴۰
آبرو، شیروانی و ناودانی در سوله‌ها و ظرفیت آنها	۴۴
انبساط و انقباض گرمایی و تاثیر آنها در سوله‌ها	۴۸
عایق‌بندی حرارتی و پدیده چگالش در سوله‌ها	۴۹
حفاظت در مقابل برق ناشی از رعد و برق	۴۵
دفع برف (برف زدایی)	۶۷
داده‌های برف، یخ‌بندان و باد	۷۳
تمیز کردن سطح پانل‌ها	۷۳
تمیز کردن فولاد ساختمان	۷۴

◀ E. راهنمای استفاده از سامانه برآورد هزینه



۱- تشریح کلی و کاربرد

wavy web تیر ورقی با جان موج دار، ساخته شده از جان موج دار و بال‌های فولادی مسطح به شکل زیر می‌باشد.



شکل ۱. تیر ورقی با جان موج دار، ساخته شده از جان موج دار

نورد کردن جان ، به طور کلی از گسیختگی ناشی از کمبود پایداری تا آستانه محدوده پلاستیک جان جلوگیری می‌کند. انتخاب پروفیل سینوسی، علاوه بر ویژگی‌های برتر در پروسه‌های تولید، در اغلب موارد مزایای بیشتری نسبت به پروفیل دوزنقه‌ای در جلوگیری از خمش موضعی صفحه مسطح دارد؛ خمش موضعی در مقاطع با جان سینوسی غالباً وجود ندارد.

تیرهای با جان موج دار ممکن است بصورت تیر (پشت بام یا تیرهای دال‌ها، قاب) یا حسب مورد بعنوان اعضای تحت نیروهای محوری (ستون‌ها یا قاب پیش ساخته) بکار گرفته شود و در اجرا محدودیتی ندارند. دامنه کاربرد بهینه آن در مهندسی سازه فولادی در بخشی است که پروفیل‌های نورد شده با ارتفاع سازه‌ای بیش از 300mm یا شاه تیرهای خرپایی شبکه کوتاه با ارتفاع کمتر از حدود 1800mm بکار گرفته می‌شود.



◀ ۲-اساس محاسبات

در نتیجه نورد سینوسی، جان غالبا در انتقال تنش های خمشی نرمال محوری شرکت نمی کند. این بدان معناست که،

در شرایط استاتیکی، تیر با جان موج دار عملکردی شبیه شاه تیر خrpایی دارد.

که در آن لنگرهای خمشی و نیروهای نرمال تنها بواسطه بال ها انتقال می یابند، در حالی که نیروهای عرضی تنها از طریق اعضاء قائم و مورب تیرهای خrpایی (یا در این حالت توسط جان موج دار) انتقال داده می شوند.

انتخاب ابعاد و کنترل مقاومت آن ها برپایه این مدل استاتیکی بوده و مطابق با استاندارد EN 1993-1-1 و 1993-1-5 EN پیوست D مطابق با روش P-E (E-E) انجام می شود. بدین ترتیب، صحت سنجی ظرفیت باربری به بهترین شکل برپایه نیروهای داخلی و مقاومت های مقطع برشی مولفه های جداگانه مقطع برش (بال و جان) انجام می شود.

از سوی دیگر، محاسبات ممکن است برپایه استانداردهای محلی برای شاه تیرهای خrpایی مشبک یا ستون های با جان باز و یا کمانش جانبی صفحات متعامد انجام شود.

تخمین مقادیر مقاومت برای تیر با جان موج دار با جزئیات در بخش ۸ تشریح شده است، که لزوما برپایه فرمت صحت سنجی استاندارد بیان شده در EN 1993-1-5 در رابطه با تیرهای با جان موج دار می باشد. این روش بر پایه نتایج آزمایشگاهی ([8]...) ([10]) و نظرات متخصصین [6] و [7] معرفی شده است.^۱

◀ ۳-دامنه کاربرد محصول و شاخص های طرح

تیرهای استاندارد : متشکل از جان های انتخاب شده و بال های فولادی مسطح است که معمولا با انتخاب ابعاد بال بالایی و پائینی یکسان همراه می باشد.

^۱ - از آنجایی که نظرات این متخصصین قبل از نوشته شدن استاندارد EN 1993-1-1 (5) بیان شده است، فرمول بارهای اعمال شده بر بال ها در آن با موارد استانداردهای پیشین تطابق خوبی ندارد. البته، محاسبات مقایسه ای نشان داده است که نتایج در محدوده انتخاب ابعاد و کاربرد تطابق خوبی دارد.



● ابعاد جان:

عرض‌های استاندارد کویل‌های فولادی عبارتند از 1500mm/1250mm/1000mm. با در نظر گرفتن عرض‌های استاندارد کویل‌های فولادی تولیدی، عمق‌های جان استاندارد زیر را داریم:

عرض های استاندارد				1500mm	1250mm	1000mm	
ارتفاع جان	1500mm	1250mm	1000mm	750mm	625mm	500mm	300mm
کد ضخامت جان	F	E	D	C	B	A	O
ضخامت جان	6.00mm	5.00mm	4.00mm	3.00mm	2.50mm	2.00mm	1.50mm

با گرید فولاد ST-37 و ST-52 (S235 و S355).

O... 1.5mm

A... 2.0mm

B... 2.5mm

C... 3.0mm

D... 4.0mm

E... 5.0mm

F... 6.0mm

● ابعاد بال:

حداکثر $w_{max}=450mm$

حداکثر $t_{max}=30mm$

حداقل عرض بال $w_{min}=120mm$

حداقل ضخامت بال $t_{min}=6mm$

با گرید فولاد ST-37 و ST-52 (S235 و S355).



● wavy web با بال‌های موازی

طول‌های قابل تولید:

طول قابل تولید بسته به نقشه‌های موجود می‌تواند متفاوت باشد.

حداقل 4000mm حداکثر 20000mm

حداکثر ابعاد برای المان‌ها:

به جداول مقاطع استاندارد پیوست مراجعه شود.

کد گذاری:

→ [ضخامت] x [عرض] / [ارتفاع] [جان] WT

→ WT A 1000 / 300x15

مثال:

ضخامت بال‌های بالایی (UF) و بال‌های پائینی (LF) می‌توانند متفاوت باشند. ولی به دلایل تولید، عرض بال‌ها را یکسان در نظر بگیرید.

$$W_{UF} = w_{LF} ; t_{UF} \neq t_{LF}$$



البته بطور خاص، با یکسان فرض کردن ضخامت بال ها عرض بال های بالا و پایین می تواند با ۵۰ میلیمتر اختلاف در نظر گرفته شود.

$$w_{UF} = w_{LF} \pm 50 \text{mm}$$

→ WT B 1250 / 300x15 / 300x12

مثال:

● wavy web با مقطع غیر منشوری

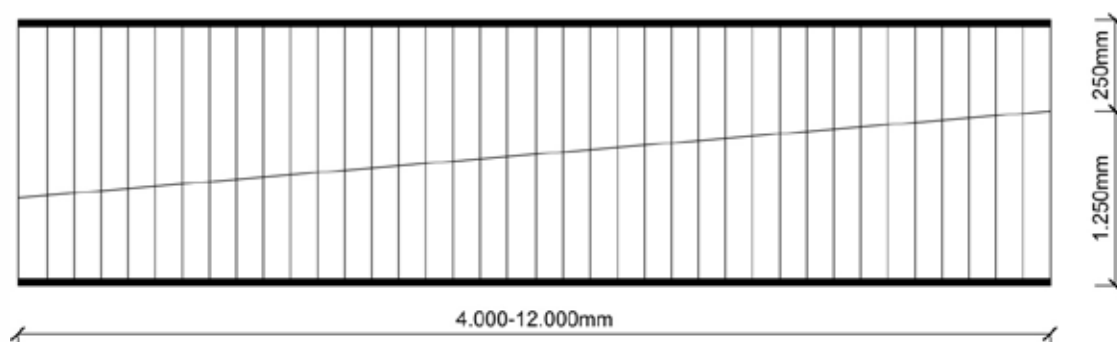
تولید

دو تیر غیر منشوری را می توان از یک تیر استاندارد ارتفاع بلند تولید کرد. با استفاده از یک مشعل برش، جان در زاویه ای نسبت به بال ها برش داده می شود بطوری که عمق تیر در هر دو وجه برابر باشد.

طول های قابل تولید و اندازه ها:

حداکثر 12000mm

حداقل 4000mm





به دلایل اجرایی، ترکیبات استاندارد زیر تعریف شده است:

- برپایه تیر اصلی 1500mm، ترکیبات عبارتند از:
1250+250/1200+300/ 1150+350 / 1100+400 / 1050+450 / 1000+500
- برپایه تیر اصلی 1250mm ترکیبات عبارتند از:
1000+250/950+300 / 900+350 / 850+400 / 800+450
- برپایه تیر اصلی 1000mm ترکیبات عبارتند از:
650+350 / 700+300 / 750+250

دیگر ترکیبات ابعادی نیز قابلیت تولید دارند، اما تولید آن ها با محدودیت هایی من جمله پرت مصالح همراه خواهد بود.

نمادها

$SIN [LF, \text{ضخامت}] \times [LF, \text{عرض}] / [UF, \text{ضخامت}] \times [UF, \text{عرض}] / [\text{حداکثر ارتفاع} - \text{حداقل ارتفاع}] [جان]$

که در این موارد UF بیانگر بالی است که عمود بر جان می باشد.

مثال:

→ **SINA 1000-500 / 300x15 / 320x12**

ضخامت بال های بالایی (UF) و بال های پائینی (LF) می توانند متفاوت باشند. ولی به دلایل تولید، عرض بال ها را یکسان در نظر بگیرید.

$$W_{UF} = W_{LF} ; t_{UF} \neq t_{LF}$$



◀ ۴- مصالح

● بازه استاندارد محصول:

■ بال: فولاد مسطح پهن یا صفحات فولادی

■ EN 10 025-2 (S235J0 or JR) ST-37 مطابق با استاندارد

■ EN 10 025-2 (S355J2) ST-52 مطابق با استاندارد

■ جان: صفحات گرم نورد شده یا سرد نورد شده مطابق با استاندارد EN 10 025-2

● گرید ویژه:

در صورت عدم دسترسی به گریدهای بالا می‌توانیم از مصالح با گریدهای دیگر من جمله ورق‌های فولادی تخت با مقاومت تسلیم بالا تا 320 N/mm^2 را استفاده کنیم. توجه داشته باشید استفاده از مصالح با گرید ویژه میتواند علاوه بر طولانی‌تر شدن زمان تهیه متریال باعث کاهش کیفیت مدنظر محصول نیز شود.

◀ ۵- تلورانس و رواداری‌های مجاز

برای دسترسی به نکات جامع مراجعه شود به استاندارد EN 1090-2



◀ ۶-محافظت از زنگ زدگی

● محافظت از زنگ زدگی از طریق پوشش رنگ:

حداقل مقدار ضخامت پوشش نهایی برای این محصول $40\mu\text{m}$ است. با توجه به شرایط محل بهره برداری از سازه ممکن است ضخامت‌های بالاتر یا پرایمر های دیگری لازم باشد که باید جداگانه اعمال گردد. رنگ‌های استاندارد در لیست هزینه بیان شده است.

در طراحی استاندارد، صفحه جان به بال‌ها به صورت جوش گوشه پیوسته یکطرفه جوش داده می‌شود. یک پوشش پرایمر زینک بر وجه بدون جوش جان زده می‌شود.

● محافظت از زنگ زدگی با استفاده از گالوانیزه گرم:

wavy web به سادگی گالوانیزه گرم می‌شود.

◀ ۷-نظارت بر کیفیت

تولید همواره نیاز به نظارت داخلی ثابت و مستند شده دارد.

مدارک کنترل کیفیت در صورت نیاز قابل ارائه است.



◀ ۸- ظرفیت بارگذاری جان‌ها و بال‌ها

● ظرفیت باربری نیروی عرضی جان‌ها (EN 1993-1-5 Annex D)

ظرفیت باربری برشی V_{Rd} بصورت زیر مطابق با استاندارد EN 1993-1-5 تعریف شده است:

$$V_{Rd} = \chi_c \frac{f_{yw}}{\gamma_{ml} \sqrt{3}} h_w f_w$$

که در این رابطه χ_c ضریب کاهش کوچکتز برای کماتش موضعی صفحات $\chi_{c,l}$ و برای کماتش $\chi_{c,g}$ می‌باشد.

ضریب کاهش برای کماتش موضعی صفحات $\chi_{c,g}$ بصورت زیر تعریف شده است:

$$\chi_{c,l} = \frac{1.15}{0.9 + \overline{\lambda}_{c,l}} \leq 1.0$$

که در این رابطه

$$\overline{\lambda}_{c,l} = \sqrt{\frac{f_y}{\tau_{cr,l} \sqrt{3}}}$$

$\tau_{cr,l}$ برای جان‌های سینوسی می‌باشد

$$\tau_{cr,l} = \left(5.34 + \frac{a_3 s}{h_w t_w} \right) \frac{\pi^2 E}{12(1 - \nu^2)} \left(\frac{t_w}{s} \right)^2$$

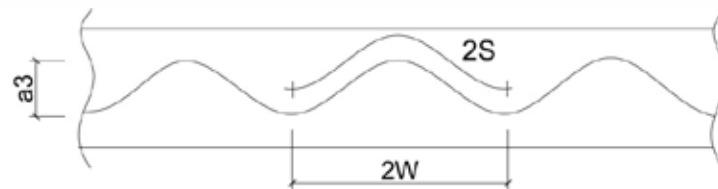


آزمایش‌ها نشان داده‌اند که کمانش موضعی قابل توجه نمی‌باشد.

■ S نصف طول انبساط یافته از طول موج wavy web می‌باشد.

■ W نصف طول ایجاد شده از طول موج wavy web می‌باشد $w=155\text{mm}$

■ a_3 ارتفاع دامنه ایجاد شده



S با انتگرال گیری عددی به فرم پروفیل واقعی تخمین زده می‌شود

$$S = \int_0^w \left(\sqrt{1 + \left[\frac{a_3 \pi}{w} \sin\left(\frac{2\pi x}{w}\right) \right]^2} \right) dx$$

$$a_3 = 40\text{mm}$$

$$t_w = 1.5\text{--}2.5\text{mm} \text{ برای}$$

$$a_3 = 43\text{mm}$$

$$t_w = 3\text{mm} \text{ برای}$$

ضریب کاهش برای کمانش جان بصورت زیر محاسبه می‌شود:

جان موج دار بصورت یک صفحه متعامد با صلبیت D_x و D_z در نظر گرفته شده است. بنابراین موارد زیر برای جان موج دار اعمال شده است:

$$D_x = \frac{E \cdot t^3}{12(1 - \nu^2)} \cdot \frac{w}{s} \quad ; \quad D_z = \frac{E \cdot I_z}{w} \quad \text{for } D_x \ll D_y$$



با لنگر دوم اینرسی یک مقطع پروفیل با طول w داریم:

$$I_z = \int_0^w \left(\frac{1}{12} t_w^3 + t_w \left[\frac{a_3}{2} \sin \left(\frac{2\pi x}{w} \right) \right]^2 \right) dx$$

و تنش کمانش عرضی عبارت است از

$$\tau_{cr,g} = \frac{32.4}{t_w h_w^2} \sqrt[4]{D_x D_z^3}$$

ما نسبت لاغری نسبی را بصورت زیر داریم

$$\lambda_{c,g} = \sqrt{\frac{f_{yk}}{\sqrt{3} \tau_{cr,g}}}$$

و ضریب کاهش برای کمانش جان بصورت زیر خواهد بود

$$\chi_{c,g} = \frac{1.5}{0.5 + \lambda_{c,g}^2} \leq 1.0$$

• ظرفیت باربری نیروی نرمال بال‌ها

در هنگام تخمین ظرفیت باربری نیروی نرمال بال‌ها، تنش‌های کششی و فشاری جداگانه در نظر گرفته می‌شود.

در مورد تنش کششی، ظرفیت باربری بال از روابط زیر بدست می‌آید:

$$N_{g,Rk} = f_{yk} \cdot b_g \cdot t_g \quad ; \quad N_{g,Rd} = N_{g,Rk} / \gamma_M$$

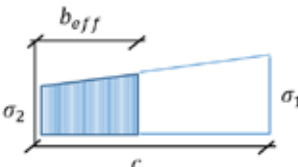
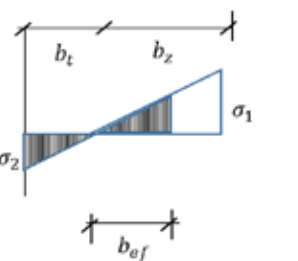


پایداری بال باید تحت تنش فشردگی در نظر گرفته شود. در اینجا تمایزی باید بین کمانش موضعی بال‌ها و پایداری کلی در نظر گرفته شود (کمانش عرضی به محور تیر = کمانش انعطاف پیچشی).

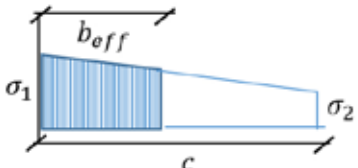
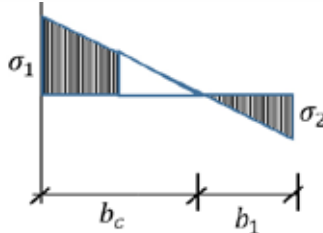
در خمش موضعی، مساحت موثر واقعی بال تحت تنش فشردگی بصورت زیر تخمین زده می‌شود (استاندارد EN 1993-1-5 بند 4.4).

$$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$$

جدول زیر مناطق موثر برای مقاطع برشی طره‌ای را ارائه می‌دهد:

Stress distribution (Pressure – positive)		Effective width b_{eff}		
		$1 > \psi \geq 0 \quad b_{eff} = \rho c$		
		$\psi < 0 \quad b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	0	-1	$1 \geq \psi \geq -3$
	0.43	0.57	0.85	$0.57 - 0.21 \psi + 0.07 \psi^2$



Stress distribution (Pressure – positive)		Effective width b_{eff}			
		$1 > \psi \geq 0 \quad b_{eff} = \rho c$			
		$\psi < 0 \quad b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$			
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 \geq \psi \geq -1$	-1
	0.43	$0.578 / (\psi + 0.34)$	1.70	$1.7 - 5\psi + 17.1\psi^2$	23.8

جدول ۱. مقاطع برشی طره‌ای تحت تنش فشرده‌گی (EC 1993-1-5 جدول 4.2)

ضریب کاهش ρ بصورت زیر قابل تخمین می‌باشد:

$$\rho = 1$$

$$\text{for } \bar{\lambda}_\rho \leq 0.748$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_\rho - 0.188}{\bar{\lambda}_\rho^2} \leq 1.0$$

$$\text{for } \bar{\lambda}_\rho > 0.748$$



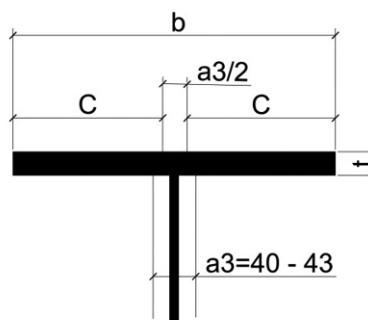
بطوری که در این روابط داریم:

$$\bar{\lambda}_\rho = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\bar{b}/t}{28.4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}}$$

■ k_σ ضریب خمش بصورت تابعی از نسبت تنش Ψ

■ $\bar{b}$ عرض نسبی

$$\bar{b} = c = \frac{b - 0.5a_3}{2} \quad ; \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{23.5}{f_{yk}}}$$



بنابراین عرض موثر بال فشرده بصورت زیر خواهد بود

$$b_{DG,eff} = \rho \cdot 2 \cdot c + \frac{a_3}{2} \quad \text{or} \quad A_{c,eff} = \left(\rho \cdot 2 \cdot c + \frac{a_3}{2} \right) \cdot t$$



$$N_{g,Rd,l} = A_{c,eff} \cdot \frac{f_{yk}}{\lambda_M}$$

برای جلوگیری از خمش موضعی و بکارگیری از عرض کامل بال ($\rho=1$)، حد زیر باید برای $\bar{b}$ در نظر گرفته شود:

$$\bar{\lambda}_\rho = \frac{\bar{b}/t}{28.4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} \leq 0.748$$

$$\bar{b} = t \cdot 28.4 \cdot \varepsilon \sqrt{k_\sigma \lambda_p} \qquad \bar{b} = t \cdot \varepsilon \cdot 13.9$$

$$\bar{b} = c = \frac{b - 0.5a_3}{2} = t \cdot \varepsilon \cdot 13.9$$

$$b_{lim} = 2 \cdot t \cdot \varepsilon \cdot 13.9 + 0.5a_3$$

با توجه به پایداری کلی سیستم بال‌ها، روش طراحی ساده سازی شده برای تیرها با قید خمش منعطف پیچشی برای ساختمان‌ها بکار گرفته می‌شود (استاندارد EN 1993-1-1 بند 6.3.2.4).

المان‌های ساختمان با بال‌های فشاری با تکیه گاه‌های جانبی در نقاط مجزا ممکن است تحت ریسک خمش انعطاف پیچشی نباشد اگر طول L_c فاصله بین این نقاط تکیه گاهی باشد، یا نسبت لاغری حاصل λF بال تحت تنش فشرده‌گی باشد باید بندهای زیر در آن صادق باشد:

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_l} \leq \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}}$$



■ $M_{y,Ed}$ بزرگترین لنگر طراحی ضربه بین نقاط تکیه گاهی؛

$$M_{c,Rd} = W_{y,eff} \frac{f_y}{\gamma_{M_l}}$$

■ W_y مدول کاربردی مقطع برشی برای تار فشاری

■ k_c ضریب تصحیح برای نسبت لاغری وابسته به توزیع لنگر بین نقاط تکیه گاهی جانبی

Distribution of moment	k_c
$\psi = 1$ $-1 \leq \psi \leq 1$	1.0 $\frac{1}{1.33 - 0.33\psi}$
	0.94
	0.90
	0.91
	0.86
	0.77
	0.82

جدول ۲. ضرایب تصحیح پیشنهاد شده k_c (استاندارد EC 1993-1-1 جدول 6.6)



■ شعاع ژیراسیون بال تحت تنش فشردگی حول محور ضعیف مقطع برشی $i_{f,z}$

■ λ_{c0} حدود نسبت لاغری برای المان بالای تحت تنش فشردگی؛

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.9 \varepsilon \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (f_y \text{ in } N/mm^2)$$

$$\bar{\lambda}_{c0} = \bar{\lambda}_{LT,0} + 0.1 \quad \bar{\lambda}_{LT,0} = 0.4 \quad (\text{max. value acc. to EN 1339 - 1 - 1 6.3.2.3})$$

برای بند 4 مقاطع برشی $i_{f,z}$ را می‌توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$i_{f,z} = \sqrt{\frac{I_{eff,f}}{A_{eff,f}}}$$

که در این رابطه داریم:

■ $I_{eff,f}$ ممان اینرسی ثانویه موثر بال تحت تنش فشردگی حول محور ضعیف مقطع برشی

■ $A_{eff,f}$ مساحت موثر بال تحت تنش فشردگی

مشارکت یک سوم مقطع صفحه جان تحت تنش فشردگی $(1/3 A_{eff,w,c+})$ در مورد تیر با جان موج دار صرف نظر شده است.

با استفاده از این فرمول برای نسبت لاغری بال، یک $L_{c,lim}$ را می‌توان با رابطه بالا تخمین زد که مساله پایداری کلی می‌تواند رخ دهد.

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_l} \leq \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} \quad M_{c,Rd} = M_{y,Ed}$$

$$L_{c,lim} = \frac{\bar{\lambda}_{c0} \cdot i_{f,z} \cdot \lambda_l}{k_c}$$



پایداری کلی وقتی که $L_c > L_{c,lim}$ باشد مهم می شود

$$N_{c,Rd} = \frac{M_{c,Rd}}{h} \quad ; \quad N_{y,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{h}$$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_l} \leq \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{N_{c,Rd}}{N_{y,Ed}}$$

$$N_{g,Rd,g} = \frac{\bar{\lambda}_{c0} \cdot N_{c,Rd} \cdot i_{f,z} \cdot \lambda_l}{k_c \cdot L_c}$$

ظرفیت باربری بال تحت تنش فشرده‌گی بصورت زیر خواهد بود

$$N_{g,rd} = \min(N_{g,Rd}; N_{g,Rd,l}; N_{g,Rd,g})$$

جدول ۲ ظرفیت‌های باربری بال‌ها برای گرید فولاد ST-37 را ارائه می‌دهد که تابعی از فواصل تکیه گاه‌های جانبی برای نیروی نرمال ثابت می‌باشد ($kc=1$).

محدودیت‌های خمش موضعی کاربردی برای مقاطع برشی بال نشان داده شده در جدول ۱۳ آورده شده است. دیگر محدوده‌های کاربرد عبارتند از:

- C_{lim} فواصل بین تکیه گاه‌های جانبی تا بال فشرده را می‌توان برای حدود بارگذاری الاستیک کامل N_{gFlk} بدون کاهش طراحی کرد و
- C_{max} حداکثر فواصل بین تکیه گاه‌های جانبی که توسط حداکثر نسبت لاغری 250 (عرضی به محور تیر) داده شده است.



۹- انتخاب ابعاد تیرها

در یک مدل محاسباتی ساده سازی شده فرض شده است که وظیفه استهلاک نیروهای نرمال و لنگرهای خمشی جذب شده تنها با بال‌ها بوده (بطوری که از صلبیت خمشی بال‌ها صرف نظر شده است) و نیروهای برشی و عرضی تنها به وسیله جان جذب شده است. این روش برای محاسبه ظرفیت های تیرهای خرپایی با بال موازی استفاده می شود. طراحی و صحت سنجی برای تیرهای با جان موج دار نیز با روشی مشابه انجام می شود.

- انتخاب عمق مقطع بواسطه لاغری تیر

$$h_s = L_s / 15 \text{ to } L_s / 25 \text{ (شاه تیرهای تک دهانه ... شاه تیرهای پیوسته یا قاب تبدیلی)}$$

- انتخاب و کنترل ضخامت جان بواسطه ظرفیت باربری نیروی عرضی V_{Rd} .

$$V_d = \gamma_F V < V_{Rd} = \frac{V_{g.Rk}}{\gamma_m} \quad V_{Rk} \text{ مطابق با بخش ۸ یا جدول ۱.}$$

- انتخاب و کنترل بال بواسطه ظرفیت باربری نیروی نرمال N_{Rd} .

$$(N_{gd} = \gamma_F N \cdot (A_g / A) + (\gamma_F M / z) < N_{g.Rk} = \frac{N_{g.Rk}}{\gamma_m})$$

■ A مساحت مقطع برشی دو بال

■ Z فواصل مراکز گرانش بال‌ها

■ N_{Rk} مطابق با بخش ۸ یا جدول ۲ برای تنش‌های کششی و فشردگی، با در نظر گرفتن پایداری جانبی

به عنوان روشی دیگر برای صحت سنجی بال، امکان صحت سنجی لنگر باربری $M_{Rd} = M_{Rk} / \gamma_M$ مقطع برشی کل مستقیماً وجود دارد که با استفاده از جداول مقطع برشی در بخش ۱۲ انجام می شود. این پیش فرض‌ها، پایداری بال فشرده شده با معیارهای ساختاری کنترل می شود (برای مثال قرار گرفتن مستقیم صفحات دوزنقه‌ای یا فواصل $e < c_{lim}$).



• صحت سنجی سرویس دهی

این امر باید توسط تغییر شکل‌ها صحت سنجی شود. تغییر شکل برشی باید در این مورد نظر گرفته شود. جداول مقطع برشی در بخش ۱۲ جزئیاتی از «مساحت نیروی عرضی» A_Q و یا نسبت A_Q/A می‌دهد که در بسیاری از برنامه‌های کامپیوتری لازم می‌باشد تا اجازه انعطاف برشی در هنگام تخمین تغییر شکل‌ها و نیروهای مقطع برشی داده شود.

• صحت سنجی نقاط تعریف بار

به بخش ۱۱ مراجعه شود.

◀ ۱۰- انتخاب ابعاد ستون‌ها

در هنگام انتخاب ابعاد ستون‌ها، مدل استاتیکی ستون با عضو فشرده مشبک یا قاب پورتال فرض شده است. همانند شاه تیرهای خمشی، نیروی نرمال تنها در بال‌ها توزیع یافته و جان موج دار برای انتقال تنها نیروهای برشی بین بال‌ها عمل می‌کند. وقتی که کنترل خمش در جهت محور «قوی» مدنظر می‌باشد می‌بایست برای جان، انعطاف برشی قائل بود. برای مثال برای تعریف لاغری ایده آل.

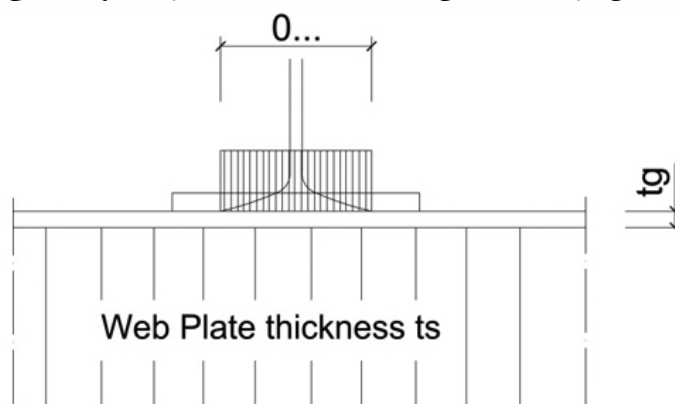
$$\lambda_{id} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_l^2} \quad \text{with} \quad \lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} \quad \text{and} \quad \lambda_l^2 = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{G_s \cdot t_s \cdot h_s} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{G_s \cdot A_Q} = 25.9 \cdot \frac{A}{A_Q}$$

کنترل خمش در حول محور «ضعیف»، یا کنترل خمش انعطاف پیچشی ممکن است انجام شود تا ایمنی در بال «جداسازی شده» با رجوع به جدول ۲ رعایت شود.



۱۱- کنترل تعریف بار موضعی

آزمایش‌ها این فرضیه را نشان داده است که معادله زیر محدوده ایمنی لازم را با دقت قابل قبولی تعیین می کند.



$$P_{Rk} = t_s(a + 5.t_g).f_{yk}$$

۱۲- مشخصات مقطع برای wavy web

نمادها و علامت‌ها:

ابعاد بال $b_g \times t_g$ ■

ارتفاع بیرونی تیر H ■

پوشش سطحی در هر متر U ■

مساحت مقطعی (هر دو بال) $2A_g$ ■

$$A_{go} = b_{go}.t_{go} ; A_{gu} = b_{gu}.t_{gu} ; 2A_g = A_{go} + A_{gu}$$

مساحت نیروی عرضی برای در نظر گرفتن اعوجاج برشی A_Q ■



$$G^* = G \frac{w}{s} = 80\,000 \cdot \frac{155}{178} \approx 69700 \text{ N/mm}^2$$

$$A_Q = h_s \cdot t_s \cdot \frac{G^*}{G} = h_s \cdot t_s \cdot \frac{w}{s}$$

ممان اینرسی I_y, I_z ■

$$I_y = \frac{A_{go} \cdot A_{gu}}{A_{go} + A_{gu}} \cdot z^2 \quad ; \quad I_z = \frac{1}{12} \cdot (t_{go} b_{go}^3 + t_{gu} b_{gu}^3)$$

شعاع ژیراسیون i_y, i_z ■

ضریب ثابت پیچشی St. Venant (برای تیرهای با بال‌های بالا و پائین برابر) I_t ■

$$I_d = \frac{2}{3} \cdot b_g t_g^3 + \frac{1}{3} h_s t_s^3$$

ضریب ثابت اعوجاج (برای تیرهای با بال‌های بالا و پائین برابر) I_w ■

$$I_\omega = \frac{A_G}{24} \cdot b_g^2 z^2 \quad \dots \quad ; \quad (A_g = b_g \cdot t_g \dots \text{area of a flange})$$

حداکثر فواصل تکیه گاه‌های جانبی برای جلوگیری از خمش جانبی بال فشرده شده مطابق با استاندارد C_{lim} ■

DIN 18 800 بخش 2، EI (310)



استانداردها و نظرات متخصصین: ◀

- EN 1993 -1-1
- EN 1993 -1-5
- En 1993 -1-5, Annex D
- O.Univ. Prof.D.I.Dr.Gunter Ramberger, Gutachten uber die Berechnung von geschweiBten I-Tragern mit Stegen aus gewellten Blechen, Wien 20.12.1989.
[Expert Opinion on the calculation of welded l-beams with corrugated webs, Vienna 12.20.1989]
- O.Univ. Prof.D.I.Dr.Gunter Ramberger, 2.Gutachten uber die Berechnung von geschweiBten I-Tragern mit Stegen aus gewellten Blechen, Wien 16.11.1990.
[2 nd Expert Opinion on the calculation of welded I-beams with corrugated webs, Vienna 16.11.1990]
- Test reports on experiments carried out on I-beams with corrugated web plates, Vienna University of Technology, Institute of steel construction, Dept of Applied Model Statics in Steel Construction, August 1990.[in German]
- Report no. 943040 : Intersuchung zur Einleitung dynamischer lasten in Wellstegtrager WTB750-300 x 12, Versuchsanstalt fur Stahl, Holz und Steine (Amtl. Materialprufanstalt) Universitat Karlsruhe, 1995.
[Investigation into the introduction of dynamic loads into corrugated web 750- 300 X12 , Experimental Institute for Steel, Timber and Brick (official testing institute), University of Karlsruhe, 1995]
- Fire test on corrugated web beams, institute for Fire Prevention Technology and Safety Research (officially authorized testing and experimental institute), Linz 1995. [in German]
- Final report on the bearing performance of corrugated web beams; Brandenburg University



of Technology, Chair of Steel Construction, Cottbus 1996. [in German]

- Gutachterliche Stellungnahme sur Querkrafttragfahigkeit von wellstegtragern ; Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. Hartmut Pasternak, Braunschweig/Cottbus 1996.

Expert statement on the transverse force load bearing capacity of corrugated web
[beams]web beams

◀ مراجع:

- Easley : Buckling Formulas for Corrugated Metal Shear Diaphragms. Journal of the Structural Division, ASCE , No. ST 7, July 1975, pp. 1403- 1417.

- Commentary to EN 1993-1-5

- Stahlbaukalender 2004 “Trager mit profilierten Stegen”



WT 333

Dimensions			Weight/m							Cross Section Values							S235			S355		
$b_f \times t_f$ mm	H mm	U m^2/m	W10 Kg/m	WTA Kg/m	WTB Kg/m	WTC Kg/m	WTD Kg/m	WTE Kg/m	WTF Kg/m	$2A_g$ cm^2	L_y cm^4	I_y cm	I_x cm^4	I_z cm	I_t cm^4	I_w cm^6	C lim cm	N_{RK} kN	M_{RK} kNm	C lim cm	N_{RK} kN	M_{RK} kNm
160x6	345	1.46	19.8	21.3	22.9	24.5	27.6	30.8	33.9	19.2	5.500	16.93	410	4.62	2.5	118.000	217	451	076	177	682	116
180x6	345	1.54	21.7	23.2	24.8	26.4	29.5	32.6	35.8	21.60	6.200	16.94	580	5.18	2.8	168.000	243	508	086	198	767	130
200x6	345	1.62	23.5	25.1	26.7	29.3	31.4	34.5	37.7	24.00	6.900	16.96	800	5.77	3.1	230.000	271	564	096	221	852	144
160x8	349	1.47	24.8	26.4	27.9	29.5	32.6	35.8	38.9	25.6	7.400	17.00	550	4.64	5.6	159.000	218	460	103	177	909	155
180x8	349	1.55	27.3	28.9	30.5	32.0	35.2	38.3	41.4	28.80	8.400	17.08	780	5.20	6.3	226.000	244	677	115	199	1.022	174
200x8	349	1.63	29.8	31.4	33.0	34.5	37.7	40.8	43.9	32.00	9.300	17.05	1.070	5.78	7.0	310.000	271	752	128	221	1.136	194
220x8	349	1.71	32.3	33.9	35.5	37.0	40.2	43.3	46.5	35.20	10.200	17.02	1.420	6.35	7.7	413.000	298	827	141	243	1.250	213
200x10	353	1.64	36.1	37.7	39.2	40.8	43.9	47.1	50.2	40.0	11.800	17.18	1.330	5.77	13.5	392.000	271	940	161	220	1.420	244
220x10	353	1.72	39.2	40.8	42.4	44.0	47.1	50.2	53.4	44.00	12.900	17.12	1.770	6.34	14.8	522.000	298	1.034	177	242	1.652	268
250x10	353	1.84	44.0	45.5	47.1	48.7	51.8	54.9	58.1	50.00	14.700	17.15	2.600	7.21	16.8	766.000	339	1.175	202	275	1.775	304
200x12	357	1.65	42.4	44.0	45.5	47.1	50.2	53.4	56.5	48.0	14.300	17.26	1.600	5.77	23.2	476.000	271	1.125	195	221	1.704	294
220x12	357	1.73	46.2	47.7	49.3	50.9	54.0	57.1	60.3	52.80	15.700	17.24	2.130	6.35	25.5	634.000	298	1.241	214	243	1.874	323
250x12	357	1.85	51.8	53.4	54.9	56.5	59.6	62.8	65.9	60.00	17.900	17.27	3.130	7.22	29.0	930.000	339	1.410	243	276	2.130	367
300x12	357	2.05	61.2	62.8	64.4	65.9	69.1	72.2	75.3	72.00	21.400	17.24	5.400	8.66	34.7	1.607.000	407	1.692	292	331	2.556	441
220x15	363	1.74	56.5	58.1	59.7	61.2	64.4	67.5	70.6	66.0	20.000	17.41	2.660	6.35	49.7	806.000	298	1.551	270	242	2.343	408
250x15	363	1.86	63.6	65.1	66.7	68.3	71.4	74.6	77.7	75.0	22.700	17.40	3.910	7.22	56.4	1.183.000	339	1.763	307	276	2.663	463
300x15	363	2.06	75.4	76.9	78.5	80.1	83.2	86.3	89.5	90.0	27.200	17.38	6.750	8.66	67.7	2.044.000	407	2.115	368	331	3.195	556
350x15	363	2.48	87.1	88.7	90.3	91.8	95.0	98.1	101.2	105.0	31.800	17.40	10.720	10.10	78.9	3.245.000	474	2.468	429	386	3.728	649
250x20	373	1.88	83.2	84.8	86.3	87.9	91.0	94.2	97.3	100.0	31.200	17.66	5.210	7.22	133.5	1.623.000	339	2.350	415	276	3.550	627
300x20	373	2.08	98.9	100.5	102.0	103.6	106.7	109.9	113.0	120.0	37.400	17.65	9.000	8.66	160.2	2.804.000	407	2.820	498	331	4.260	752
350x20	373	2.28	114.6	116.2	117.7	119.3	122.4	125.6	128.7	140.0	43.600	17.65	14.290	10.10	186.8	4.452.000	474	3.290	581	386	4.970	877
400x20	373	2.48	130.3	131.9	133.4	135.0	138.1	141.3	144.4	160.0	49.800	17.64	21.330	11.55	213.5	6.646.000	542	3.760	664	441	5.680	1.003
300x25	383	2.10	122.5	124.0	125.6	127.2	130.3	133.4	136.6	150.0	48.100	17.91	11.250	8.66	312.7	3.605.000	407	3.525	631	331	5.325	953
350x25	383	2.30	142.1	143.6	145.2	146.8	149.9	153.1	156.2	175.0	56.100	17.90	17.860	10.10	364.8	5.724.000	474	4.113	736	386	6.213	1.112
400x25	383	2.50	161.7	163.3	164.8	166.4	169.5	172.7	175.8	200.0	64.100	17.90	26.670	11.55	416.8	8.544.000	542	4.700	841	441	7.100	1.271
430x25	383	2.62	173.5	175.0	176.6	178.2	181.3	184.5	187.6	215.0	68.900	17.90	33.130	12.41	448.1	10.615.000	583	5.053	904	474	7.633	1.366
450x25	383	2.70	181.3	182.9	184.5	186.0	189.2	192.3	195.4	225.0	72.100	17.90	37.970	12.99	468.9	12.166.000	610	5.288	946	496	7.988	1.430
350x30	393	2.32	169.6	171.1	172.7	174.3	177.4	180.5	183.7	210.0	69.200	18.15	21.440	10.10	630.2	7.062.000	474	4.935	896	386	7.455	1.353
400x30	393	2.52	193.1	194.7	196.2	197.8	200.9	204.1	207.2	240.0	79.100	18.15	32.000	11.55	720.2	10.542.000	542	5.640	1.024	441	8.520	1.546
430x30	393	2.64	207.2	208.8	210.4	211.9	215.1	218.2	221.4	258.0	85.000	18.15	39.750	12.41	774.2	13.096.000	593	6.063	1.100	474	9.159	1.662
450x30	393	2.72	216.7	218.2	219.8	221.4	224.4	227.6	230.8	270.0	89.900	18.15	45.560	12.99	810.2	15.009.000	610	6.345	1.152	496	9.585	1.740

WT 500

Dimensions			Weight/m							Cross Section Values							S235			S355		
$b_f \times t_f$ mm	H mm	U m^2/m	W10 Kg/m	WTA Kg/m	WTB Kg/m	WTC Kg/m	WTD Kg/m	WTE Kg/m	WTF Kg/m	$2A_g$ cm^2	L_y cm^4	i_y cm	I_x cm^4	i_z cm	I_y cm^4	I_w cm^6	C lim cm	N_{Rk} kN	M_{Rk} kNm	C lim cm	N_{Rk} kN	M_{Rk} kNm
160x6	512	1.86	22.1	24.5	26.8	29.2	33.9	38.6	43.3	19.2	12.300	25.31	410	4.62	2.6	262.000	217	451	114	177	682	172
180x6	512	1.94	24.0	26.4	28.7	31.1	35.8	40.5	45.2	21.60	13.800	25.28	580	5.18	2.9	373.000	243	508	128	198	767	194
200x6	512	2.02	25.9	28.3	30.6	33.0	37.7	42.4	47.1	24.00	15.400	25.33	800	5.77	3.1	512.000	271	564	143	221	852	216
160x8	516	1.87	27.2	29.5	31.9	34.2	38.9	43.6	48.4	25.6	16.500	25.39	550	4.64	5.7	352.000	218	602	153	177	909	231
180x8	516	1.95	29.7	32.0	34.4	36.7	41.4	46.2	50.9	28.80	18.600	25.41	780	5.20	6.4	502.000	244	677	172	199	1.022	260
200x8	516	2.03	32.2	34.5	36.9	39.3	44.0	48.7	53.4	32.00	20.600	25.37	1.070	5.78	7.1	688.000	271	752	191	221	1.136	289
220x8	516	2.11	34.7	37.1	39.4	41.8	46.5	51.2	55.9	35.20	22.700	25.39	1.420	6.35	7.8	916.000	298	827	210	243	1.250	317
200x10	520	2.04	38.5	40.8	43.2	45.5	50.2	55.0	59.7	40.0	26.000	25.50	1.330	5.77	13.6	867.000	271	940	240	220	1.420	362
220x10	520	2.12	41.6	44.0	46.3	48.7	53.4	58.1	62.8	44.00	28.600	25.50	1.770	6.34	14.9	1.154.000	298	1.034	264	242	1.652	398
250x10	520	2.24	45.3	48.7	51.0	53.4	58.1	62.8	67.5	50.00	32.500	25.50	2.600	7.21	16.9	1.693.000	339	1.175	300	275	1.775	453
200x12	524	2.05	44.7	47.1	49.5	51.8	56.5	61.2	65.9	48.0	31.500	25.62	1.600	5.77	23.3	1.049.000	271	1.125	289	221	1.704	436
220x12	524	2.13	48.5	50.9	53.2	55.6	60.3	65.0	69.7	52.80	34.600	25.60	2.130	6.35	25.6	1.396.000	298	1.241	318	243	1.874	480
250x12	524	2.25	54.2	56.5	58.9	61.2	65.9	70.7	75.4	60.00	39.300	25.59	3.130	7.22	29.1	2.048.000	339	1.410	361	276	2.130	545
300x12	524	2.45	63.6	65.9	68.3	70.7	75.4	80.1	84.8	72.00	47.200	25.60	5.400	8.66	34.8	3.539.000	407	1.692	433	331	2.556	654
220x15	530	2.14	58.9	61.2	63.6	65.9	70.7	75.4	80.1	66.0	43.800	25.76	2.660	6.35	49.8	1.765.000	298	1.551	399	242	2.343	603
250x15	530	2.26	65.9	68.3	70.7	73.0	77.7	82.4	87.1	75.0	49.700	25.74	3.910	7.22	56.5	2.590.000	339	1.763	454	276	2.663	686
300x15	530	2.46	77.7	80.1	82.4	84.8	89.5	94.2	98.9	90.0	59.700	25.76	6.750	8.66	67.8	4.476.000	407	2.115	545	331	3.195	823
350x15	530	2.66	89.5	91.8	94.2	96.6	101.3	106.0	110.7	105.0	69.600	25.75	10.720	10.10	79.0	7.107.000	474	2.468	635	386	3.728	960
250x20	540	2.28	85.6	87.9	90.3	92.6	97.3	102.1	106.8	100.0	67.600	26.00	5.210	7.22	133.6	3.521.000	339	2.350	611	276	3.550	923
300x20	540	2.48	101.3	103.6	106.0	108.3	113.0	117.8	122.5	120.0	81.100	26.00	9.000	8.66	160.3	6.084.000	407	2.820	733	331	4.260	1.108
350x20	540	2.68	117.0	119.3	121.7	124.0	128.7	133.5	138.2	140.0	94.600	25.99	14.290	10.10	186.9	9.661.000	474	3.290	855	386	4.970	1.292
400x20	540	2.88	132.7	135.0	137.4	139.7	144.4	149.2	153.9	160.3	108.200	26.00	21.330	11.55	213.6	14.421.000	542	3.760	978	441	5.680	1.477
300x25	550	2.50	124.8	127.2	129.5	131.9	136.6	141.3	146.0	150.0	140.000	26.26	11.250	8.66	312.8	7.752.000	407	3.525	925	331	5.325	1.398
350x25	550	2.70	144.4	146.8	149.2	151.5	156.2	160.9	165.6	175.0	120.600	26.25	17.860	10.10	364.8	12.310.000	474	4.113	1.080	386	6.213	1.631
400x25	550	2.90	164.1	166.4	168.8	171.1	175.8	180.6	185.3	200.0	137.800	26.25	26.670	11.55	416.9	18.375.000	542	4.700	1.234	441	7.100	1.864
430x25	550	3.02	175.8	178.2	180.6	182.9	187.5	192.3	197.0	215.0	148.100	26.25	33.130	12.41	448.2	22.827.000	583	5.053	1.326	474	7.633	2.004
450x25	550	3.10	183.7	186.0	188.4	190.8	195.5	200.2	204.9	225.0	155.000	26.25	37.970	12.99	469.0	26.163.000	610	5.288	1.388	496	7.988	2.097
350x30	560	2.72	171.9	174.3	176.6	179.0	183.7	188.4	193.1	210.0	147.500	26.50	21.440	10.10	630.3	15.054.000	474	4.935	1.308	386	7.455	1.976
400x30	560	2.92	195.5	197.8	200.2	202.7	207.2	212.0	216.7	240.0	168.500	26.50	32.000	11.55	720.3	22.472.000	542	5.640	1.495	441	8.502	2.258
430x30	560	3.04	209.6	212.0	214.3	216.7	221.4	226.1	230.8	258.0	181.200	26.50	39.750	12.41	774.3	27.917.000	593	6.063	1.607	474	9.159	2.427
450x30	560	3.12	219.0	221.4	223.7	226.1	230.8	235.5	240.2	270.0	189.600	26.50	45.560	12.99	810.3	31.996.000	610	6.345	1.681	496	9.585	2.544



مستندات فنی و تکنیکی

WT 625																						
Dimensions			Weight/m							Cross Section Values							S235			S355		
$b_g \times t_g$ mm	H mm	U m^2/m	W10 Kg/m	WTA Kg/m	WTB Kg/m	WTC Kg/m	WTD Kg/m	WTE Kg/m	WTF Kg/m	$2A_g$ cm^2	L_y cm^4	I_y cm	I_z cm^4	I_z cm	I_t cm^4	I_w cm^6	C lim cm	N_{RK} kN	M_{RK} kNm	C lim cm	N_{RK} kN	M_{RK} kNm
160x6	637	2.16	23.9	26.8	29.8	32.7	38.6	44.5	50.4	19.2	19.100	31.54	410	4.62	2.6	408.000	217	451	142	177	682	215
180x6	637	2.24	25.8	28.7	31.7	34.6	40.5	46.4	52.3	21.60	21.500	31.55	580	5.18	2.9	581.000	243	508	160	198	767	242
200x6	637	2.32	27.7	30.6	33.6	36.5	42.4	48.3	54.2	24.00	23.900	31.56	800	5.77	3.1	796.000	271	564	178	221	852	269
160x8	641	2.17	28.9	31.9	37.8	37.8	43.6	49.5	55.4	25.6	25.600	31.62	550	4.64	5.7	547.000	218	602	190	177	909	288
180x8	641	2.25	31.4	34.4	37.3	40.3	46.2	52.0	57.9	28.80	28.800	31.62	780	5.20	6.4	779.000	244	677	214	199	1,022	324
200x8	641	2.33	34.0	36.9	39.8	42.8	48.7	54.6	60.4	32.00	32.100	31.67	1,070	5.78	7.1	1,069.000	271	752	238	221	1,136	360
220x8	641	2.41	36.5	39.4	42.4	45.3	51.2	57.1	63.0	35.20	35.300	31.67	1,420	6.35	7.8	1,422.000	298	827	262	243	1,250	395
200x10	645	2.34	40.2	43.2	46.1	49.1	55.0	60.8	66.7	40.0	40.300	31.74	1,330	5.77	13.6	1,344.000	271	940	298	220	1,420	451
220x10	645	2.42	43.4	46.3	49.3	52.2	58.1	64.0	69.9	44.00	44.400	31.77	1,770	6.34	14.9	1,789.000	298	1,034	328	242	1,652	496
250x10	645	2.54	48.1	51.0	54.0	56.9	62.8	68.7	74.6	50.00	50.400	31.75	2,600	7.21	16.9	2,625.000	339	1,175	373	275	1,775	564
200x12	649	2.35	46.5	49.5	52.4	55.3	61.2	67.1	73.0	48.0	48.700	31.85	1,600	5.77	23.3	1,623.000	271	1,125	359	221	1,704	543
220x12	649	2.43	50.3	53.2	56.2	59.1	65.0	70.9	76.8	52.80	53.600	31.86	2,130	6.35	25.6	2,160.000	298	1,241	395	243	1,874	597
250x12	649	2.55	55.9	58.9	61.8	64.8	70.7	76.5	82.4	60.00	60.900	31.86	3,130	7.22	29.1	3,170.000	339	1,410	449	276	2,130	678
300x12	649	2.75	65.4	68.3	71.2	74.2	80.1	86.0	91.8	72.00	73.000	31.84	5,400	8.66	34.8	5,478.000	407	1,692	539	331	2,556	814
220x15	655	2.44	60.6	63.6	66.5	69.5	75.4	81.2	87.1	66.0	67.600	32.00	2,660	6.35	49.8	2,726.000	298	1,551	496	242	2,343	750
250x15	655	2.56	67.7	70.7	73.6	76.5	82.4	88.3	94.2	75.0	76.300	32.00	3,910	7.22	56.5	4,000.000	339	1,763	564	276	2,663	852
300x15	655	2.76	79.5	82.4	85.4	88.3	94.2	100.1	106.0	90.0	92.200	32.01	6,750	8.66	67.8	6,912.000	407	2,115	677	331	3,195	1,022
350x15	655	2.96	91.3	94.2	97.1	100.1	106.0	111.9	117.8	105.0	107.500	32.00	10,720	10.10	79.0	10,976.000	474	2,468	790	386	3,728	1,193
250x20	665	2.58	87.3	90.3	93.2	96.2	102.1	107.9	113.8	100.0	104.000	32.25	5,210	7.22	133.6	5,417.000	339	2,350	758	276	3,550	1,145
300x20	665	2.78	103.0	106.0	108.9	111.9	117.8	123.6	129.5	120.0	124.300	32.25	9,000	8.66	160.3	9,361.000	407	2,820	909	331	4,260	1,374
350x20	665	2.98	118.7	121.7	124.6	127.6	133.5	139.3	145.2	140.0	145.600	32.25	14,290	10.10	186.9	14,864.000	474	3,290	1,061	386	4,970	1,603
400x20	665	3.18	134.4	137.4	140.3	143.3	149.2	155.0	160.9	160.3	166.400	32.25	21,330	11.55	213.6	22,188.000	542	3,760	1,213	441	5,680	1,832
300x25	675	2.80	126.6	129.5	132.5	135.4	141.3	147.2	153.1	150.0	158.400	32.50	11,250	8.66	312.8	11,883.000	407	3,525	1,146	331	5,325	1,731
350x25	675	3.00	146.2	149.2	152.1	155.0	160.9	166.8	172.7	175.0	184.800	32.50	17,860	10.10	364.8	18,869.000	474	4,113	1,337	386	6,213	2,019
400x25	675	3.20	165.8	168.8	171.7	174.7	180.6	186.4	192.3	200.0	211.300	32.50	26,670	11.55	416.9	28,167.000	542	4,700	1,528	441	7,100	2,308
430x25	675	3.32	177.6	180.6	183.5	186.4	192.3	198.2	204.1	215.0	227.100	32.50	33,130	12.41	448.2	34,991.000	583	5,053	1,642	474	7,633	2,481
450x25	675	3.40	185.5	188.4	191.3	194.3	200.2	206.1	212.0	225.0	237.700	32.50	37,970	12.99	469.0	40,104.000	610	5,288	1,718	496	7,988	2,596
350x30	685	3.02	173.7	176.6	179.6	182.5	188.4	194.3	200.2	210.0	225.200	32.400	21,440	10.10	630.3	22,993.000	474	4,935	1,616	386	7,455	2,442
400x30	685	3.22	197.2	200.2	203.1	206.1	212.0	217.8	223.7	240.0	257.400	32.000	32,000	11.55	720.3	34,322.000	542	5,640	1,847	441	8,520	2,790
430x30	685	3.34	211.4	214.3	217.2	220.2	226.1	232.0	237.9	258.0	276.700	39.750	39,750	12.41	774.3	42,638.000	593	6,063	1,986	474	9,159	3,000
450x30	685	3.42	220.8	223.7	226.7	229.6	235.5	241.4	247.3	270.0	289.600	45.560	45,560	12.99	810.3	48,869.000	610	6,345	2,078	496	9,585	3,139

WT 750																						
Dimensions			Weight/m							Cross Section Values							S235			S355		
$b_g \times t_g$ mm	H mm	U m^2/m	W10 Kg/m	WTA Kg/m	WTB Kg/m	WTC Kg/m	WTD Kg/m	WTE Kg/m	WTF Kg/m	$2A_g$ cm^2	L_y cm^4	I_y cm	I_z cm^4	I_z cm	I_t cm^4	I_w cm^6	C lim cm	N_{RK} kN	M_{RK} kNm	C lim cm	N_{RK} kN	M_{RK} kNm
160x6	762	2.46	25.7	29.2	32.7	36.3	43.3	50.4	57.5	19.2	27.400	37.78	410	4.62	2.7	585.000	217	451	171	177	682	258
180x6	762	2.54	27.6	31.1	34.6	38.2	45.2	52.3	59.3	21.60	30.900	37.82	580	5.18	3.0	833.000	243	508	192	198	767	290
200x6	762	2.62	29.4	33.0	36.5	40.0	47.1	54.2	61.2	24.00	34.300	37.80	800	5.77	3.3	1,143.000	271	564	213	221	852	322
160x8	766	2.47	30.7	34.2	37.8	41.3	48.4	55.4	62.5	25.6	36.800	37.91	550	4.64	5.9	784.000	218	602	228	177	909	344
180x8	766	2.55	33.2	36.7	40.3	43.8	50.9	57.9	65.0	28.80	41.400	37.91	780	5.20	6.5	1,117.000	244	677	257	199	1,022	387
200x8	766	2.63	35.7	39.3	42.8	46.3	53.4	60.4	67.5	32.00	46.000	37.91	1,070	5.78	7.2	1,532.000	271	752	285	221	1,136	431
220x8	766	2.71	38.2	41.8	45.3	48.8	55.9	63.0	70.0	35.20	50.600	37.91	1,420	6.35	7.9	2,039.000	298	827	314	243	1,250	474
200x10	770	2.64	42.0	45.5	49.1	52.6	59.7	66.7	73.8	40.0	57.800	37.01	1,330	5.77	13.7	1,925.000	271	940	357	220	1,420	540
220x10	770	2.72	45.1	48.7	52.2	55.7	62.8	69.9	76.9	44.00	63.500	37.99	1,770	6.34	15.1	2,563.000	298	1,034	393	242	1,652	594
250x10	770	2.84	49.8	53.4	56.9	60.4	67.5	74.6	81.6	50.00	72.200	38.00	2,600	7.21	17.1	3,760.000	339	1,175	447	275	1,775	675
200x12	774	2.65	48.3	51.8	55.3	58.9	65.9	73.0	80.1	48.0	69.700	38.11	1,600	5.77	23.4	2,323.000	271	1,125	430	221	1,704	649
220x12	774	2.73	52.0	55.6	59.1	62.6	69.7	76.8	83.8	52.80	76.600	38.09	2,130	6.35	25.7	3,091.000	298	1,241	473	243	1,874	714
250x12	774	2.85	57.7	61.2	64.8	68.3	75.4	82.4	89.5	60.00	87.100	38.10	3,130	7.22	29.2	4,536.000	339	1,410	537	276	2,130	812
300x12	774	3.05	67.1	70.7	74.2	77.7	84.8	91.8	98.9	72.00	104.500	38.10	5,400	8.66	35.0	7,839.000	407	1,692	645	331	2,556	974
220x15	780	2.74	62.4	65.9	69.5	73.0	80.1	87.1	94.2	66.0	96.600	38.26	2,660	6.35	49.9	3,895.000	298	1,551	593	242	2,343	896
250x15	780	2.86	69.5	73.0	76.5	80.1	87.1	94.2	101.3	75.0	109.700	38.24	3,910	7.22	56.6	5,715.000	339	1,763	674	276	2,663	1,018
300x15	780	3.06	81.2	84.8	88.3	91.8	98.9	106.0	113.0	90.0	131.700	38.25	6,750	8.66	67.9	9,876.000	407	2,115	809	331	3,195	1,222
350x15	780	3.26	93.0	96.6	100.1	103.6	110.7	117														



WT 1000

Dimensions			Weight/m								Cross Section Values								S235			S355		
$b_f \times t_f$	H	U	W10	WTA	WTB	WTC	WTD	WTE	WTF	$2A_g$	I_y	i_y	I_z	i_z	I_t	I_w	C	N_{RK}	M_{RK}	C	N_{RK}	M_{RK}		
mm	mm	m^2/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	cm^2	cm^4	cm	cm^4	cm	cm^4	cm^6	lim	kN	kNm	lim	kN	kNm		
160x6	1012	3.06	29.2	33.9	38.6	43.3	52.8	62.2	71.6	19.2	48.600	50.31	410	4.62	2.8	1.036.000	217	451	227	177	682	343		
180x6	1012	3.14	31.1	35.8	40.5	45.2	54.6	64.1	73.5	21.60	54.600	50.28	580	5.18	3.1	1.476.000	243	508	255	198	767	386		
200x6	1012	3.22	33.0	37.7	42.4	47.1	56.5	65.9	75.4	24.00	60.700	50.29	800	5.77	3.4	2.024.000	271	564	284	221	852	429		
160x8	1016	3.07	34.2	38.9	43.6	48.4	57.8	67.2	76.6	25.6	65.000	50.39	550	4.64	6.0	1.387.000	218	602	303	177	909	458		
180x8	1016	3.15	36.7	41.4	46.2	50.9	60.3	69.7	79.1	28.80	73.200	50.41	780	5.20	6.7	1.975.000	244	677	341	199	1.022	515		
200x8	1016	3.23	39.3	44.0	48.7	53.4	62.8	72.2	81.6	32.00	81.300	50.40	1.070	5.78	7.3	2.710.000	271	752	379	221	1.136	573		
220x8	1016	3.31	41.8	46.5	51.2	55.9	65.3	74.7	84.2	35.20	89.400	50.40	1.420	6.35	8.0	3.606.000	298	827	417	243	1.250	630		
200x10	1020	3.24	45.5	50.2	55.0	59.7	69.1	78.5	87.9	40.0	102.000	50.50	1.330	5.77	13.9	3.400.000	271	940	475	220	1.420	717		
220x10	1020	3.32	48.7	53.4	58.1	62.8	72.2	81.6	91.1	44.00	112.200	50.50	1.770	6.34	15.2	4.526.000	298	1.034	522	242	1.652	789		
250x10	1020	3.44	53.4	58.1	62.8	67.5	76.9	86.4	95.8	50.00	127.500	50.50	2.600	7.21	17.2	6.641.000	339	1.175	593	275	1.775	896		
200x12	1024	3.25	51.8	56.5	61.2	65.9	75.4	84.8	94.2	48.0	122.900	50.60	1.600	5.77	23.6	4.097.000	271	1.125	571	221	1.704	862		
220x12	1024	3.33	55.6	60.3	65.0	69.7	79.1	88.5	98.0	52.80	135.200	50.60	2.130	6.35	25.9	5.453.000	298	1.241	628	243	1.874	948		
250x12	1024	3.45	61.2	65.9	70.7	75.4	84.8	94.2	103.6	60.00	153.600	50.60	3.130	7.22	29.3	8.001.000	339	1.410	713	276	2.130	1.078		
300x12	1024	3.65	70.7	75.4	80.1	84.8	94.2	103.6	113.0	72.00	184.300	50.59	5.400	8.66	35.1	13.826.000	407	1.692	856	331	2.556	1.293		
220x15	1030	3.34	65.9	70.7	75.4	80.1	89.5	98.9	108.3	66.0	170.000	50.75	2.660	6.35	50.0	6.856.000	298	1.551	787	242	2.343	1.189		
250x15	1030	3.46	73.0	77.7	82.4	87.1	96.6	106.0	115.4	75.0	193.200	50.75	3.910	7.22	56.8	10.061.000	339	1.763	894	276	2.663	1.351		
300x15	1030	3.66	84.8	89.5	94.2	98.9	108.3	117.8	127.2	90.0	231.800	50.75	6.750	8.66	68.0	17.385.000	407	2.115	1.073	331	3.195	1.621		
350x15	1030	3.86	96.6	101.3	106.0	110.7	120.1	129.5	138.9	105.0	270.400	50.75	10.720	10.10	79.3	27.607.000	474	2.468	1.252	386	3.728	1.892		
250x20	1040	3.48	92.6	97.3	102.1	106.8	116.2	125.6	135.0	100.0	260.100	51.00	5.210	7.22	133.9	13.547.000	339	2.350	1.199	276	3.550	1.811		
300x20	1040	3.68	108.3	113.0	117.8	122.5	131.9	141.3	150.7	120.0	312.100	51.00	9.000	8.66	160.5	23.409.000	407	2.820	1.438	331	4.260	2.173		
350x20	1040	3.88	124.0	128.7	133.5	138.2	147.6	157.0	166.4	140.0	364.100	51.00	14.290	10.10	187.2	37.173.000	474	3.290	1.678	386	4.970	2.535		
400x20	1040	4.08	139.7	144.4	149.2	153.9	163.3	172.7	182.1	160.3	416.200	51.00	21.330	11.55	213.9	55.488.000	542	3.760	1.918	441	5.680	2.897		
300x25	1050	3.70	131.9	136.6	141.3	146.0	155.4	164.9	174.3	150.0	394.000	51.25	11.250	8.66	313.0	29.549.000	407	3.525	1.807	331	5.325	2.729		
350x25	1050	3.90	151.5	156.2	160.9	165.6	175.1	184.5	193.9	175.0	459.600	51.25	17.860	10.10	365.1	46.922.000	474	4.113	2.108	386	6.213	3.184		
400x25	1050	4.10	171.1	175.8	180.6	185.3	194.7	204.1	213.5	200.0	525.300	51.25	26.670	11.55	417.2	70.042.000	542	4.700	2.409	441	7.100	3.639		
430x25	1050	4.22	182.9	187.6	192.3	197.0	206.5	215.9	225.3	215.0	564.700	51.25	33.130	12.41	448.4	87.013.000	583	5.053	2.589	474	7.633	3.912		
450x25	1050	4.30	190.8	195.5	200.2	204.9	214.3	223.7	233.1	225.0	591.000	51.25	37.970	12.99	469.3	99.727.000	610	5.288	2.710	496	7.988	4.094		
350x30	1060	3.92	179.0	183.7	188.4	193.1	202.5	212.0	221.4	210.0	557.000	51.50	21.440	10.10	630.5	56.858.000	474	4.935	2.542	386	7.455	3.839		
400x30	1060	4.12	202.5	207.2	212.0	216.1	226.1	235.5	244.9	240.0	636.500	51.50	32.000	11.55	720.5	84.872.000	542	5.640	2.905	441	8.520	4.388		
430x30	1060	4.24	216.7	221.4	226.1	230.8	240.2	249.6	259.1	258.0	684.300	51.50	39.750	12.41	774.5	105.436.000	593	6.063	3.122	474	9.159	4.717		
450x30	1060	4.32	226.1	230.8	235.5	240.2	249.6	259.1	268.5	270.0	716.100	51.50	45.560	12.99	810.5	120.843.000	610	6.345	3.268	496	9.585	4.936		

WT 1250

Dimensions			Weight/m								Cross Section Values								S235			S355		
$b_f \times t_f$	H	U	W10	WTA	WTB	WTC	WTD	WTE	WTF	$2A_g$	L_y	i_y	I_y	i_z	I_z	i_w	C	N_{Rk}	M_{Rk}	C	N_{Rk}	M_{Rk}		
mm	mm	m ² /m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm ⁶	lim	kN	kNm	lim	kN	kNm		
160x6	1262	3.66		38.6	44.5	50.4	62.2	73.9	85.7	19.2	75.700	62.79	410	4.62	3.0	1.615.000	217	451	283	177	682	428		
180x6	1262	3.74		40.5	46.4	52.3	64.1	75.8	87.6	21.60	85.200	62.80	580	5.18	3.2	2.300.000	243	508	319	198	767	482		
200x6	1262	3.82		42.4	48.3	53.9	65.9	77.7	89.5	24.00	94.700	62.82	800	5.77	3.5	3.155.000	271	564	354	221	852	535		
160x8	1266	3.67		43.6	49.5	55.4	67.2	79.0	90.7	25.6	101.300	62.90	550	4.64	6.1	2.161.000	218	602	378	177	909	572		
180x8	1266	3.75		46.2	52.0	57.9	69.7	81.5	93.3	28.80	113.900	62.89	780	5.20	6.8	3.077.000	244	677	426	199	1.022	643		
200x8	1266	3.83		48.7	54.6	60.4	72.2	84.0	95.8	32.00	126.600	62.90	1.070	5.78	7.5	4.220.000	271	752	473	221	1.136	715		
220x8	1266	3.91		51.2	57.1	63.0	74.7	86.5	98.3	35.20	139.300	62.91	1.420	6.35	8.2	5.617.000	298	827	520	243	1.250	786		
200x10	1270	3.84		55.0	60.8	66.7	78.5	90.3	102.1	40.0	158.800	63.01	1.330	5.77	14.0	5.292.000	271	940	592	220	1.420	895		
220x10	1270	3.92		58.1	64.0	69.9	81.6	93.4	105.2	44.00	174.600	62.99	1.770	6.34	15.3	7.044.000	298	1.034	651	242	1.652	984		
250x10	1270	4.04		62.8	68.7	74.6	86.4	98.1	109.9	50.00	198.500	63.01	2.600	7.21	17.3	10.336.000	339	1.175	740	275	1.775	1.118		
200x12	1274	3.85		61.2	67.1	73.0	84.8	96.6	108.3	48.0	191.100	63.10	1.600	5.77	23.7	6.371.000	271	1.125	712	221	1.704	1.075		
220x12	1274	3.93		65.0	70.9	76.8	88.5	100.3	112.1	52.80	210.200	63.10	2.130	6.35	26.0	8.479.000	298	1.241	783	243	1.874	1.183		
250x12	1274	4.05		70.7	76.5	82.4	94.2	106.0	117.8	60.00	238.900	63.10	3.130	7.22	29.5	12.443.000	339	1.410	890	276	2.130	1.344		
300x12	1274	4.25		80.1	86.0	91.8	103.6	115.4	127.2	72.00	286.700	63.10	5.400	8.66	35.2	21.501.000	407	1.692	1.068	331	2.556	1.613		
220x15	1280	3.94		75.4	81.2	87.1	98.9	110.7	122.5	66.0	264.000	63.25	2.660	6.35	50.2	10.649.000	298	1.551	981	242	2.343	1.482		
250x15	1280	4.06		82.4	88.3	94.2	106.0	117.8	129.5	75.0	300.000	63.25	3.910	7.22	56.9	15.627.000	339	1.763	1.115	276	2.663	1.684		
300x15	1280	4.26		94.2	100.1	106.0	117.8	129.5	141.3	90.0	350.100	63.25	6.750	8.66	68.2	27.004.000	407	2.115	1.338	331	3.195	2.021		
350x15	1280	4.46		106.0	111.9	117.8	129.5	141.3	151.3	105.0	420.100	63.25	10.720	10.10	79.4	42.881.000	474	2.468	1.561	386	3.728	2.358		
250x20	1290	4.08		102.1	107.9	113.8	125.6	137.4	149.2	100.0	403.200	63.50	5.210	7.22	134.0	21.001.000	339	2.250	1.492	276	3.550	2.254		
300x20	1290	4.28		117.8	123.6	129.5	141.3	151.3	164.9	120.0	483.900	63.50	9.000	8.66	160.7	36.290.000	407	2.820	1.791	331	4.260	2.705		
350x20	1290	4.48		133.5	139.3	145.2	157.0	168.8	180.6	140.0	564.500	63.50	14.290	10.10	187.3	57.628.000	474	3.290	2.089	386	4.970	3.156		
400x20	1290	4.68		149.2	155.0	160.9	172.7	184.5	196.3	160.3	645.200	63.50	21.330	11.55	214.0	86.021.000	542	3.760	2.388	441	5.680	3.607		
300x25	1300	4.30		141.3	147.2	153.1	164.9	176.6	188.4	150.0	609.600	63.75	11.250	8.66	313.2	45.721.000	407	3.525	2.247	331	5.325	3.395		
350x25	1300	4.50		160.9	166.8	172.7	184.5	196.3	208.0	175.0	711.200	63.75	17.860	10.10	365.2	72.603.000	474	4.113	2.622	386	6.213	3.960		
400x25	1300	4.70		180.6	186.4	192.3	204.1	215.9	227.7	200.0	812.800	63.75	26.670	11.55	417.3	108.375.000	542	4.700	2.996	441	7.100	4.526		
430x25	1300	4.82		192.3	198.2	204.1	215.9	227.7	239.4	215.0	873.800	63.75	33.130	12.41	448.6	134.634.000	583	5.053	3.221	474	7.633	4.866		
450x25	1300	4.90		200.2	206.1	212.0	223.7	235.5	247.3	225.0	914.400	63.75	37.970	12.99	469.4	154.307.000	610	5.288	3.371	496	7.988	5.092		
350x30	1310	4.52		188.4	194.3	200.2	212.0	223.7	235.5	210.0	860.200	64.00	21.440	10.10	630.7	87.808.000	474	4.935	3.158	386	7.455	4.771		
400x30	1310	4.72		212.0	217.8	223.7	235.5	247.3	259.1	240.0	983.000	64.00	32.000	11.55	720.7	131.072.000	542	5.640	3.610	441	8.520	5.453		
430x30	1310	4.84		226.1	232.0	237.9	249.6	261.4	273.2	258.0	1.056.800	64.00	39.750	12.41	774.7	162.830.000	593	6.063	3.880	474	9.159	5.862		
450x30	1310	4.92		235.5	241.4	247.3	259.1	270.8	282.6	270.0	1.105.900	64.00	45.560	12.99	810.7	186.624.000	610	6.345	4.061	496	9.585	6.134		



WT 1500

Dimensions			Weight/m							Cross Section Values							S235			S355		
$b_g \times t_g$ mm	H mm	U m^2/m	W10 Kg/m	WTA Kg/m	WTB Kg/m	WTC Kg/m	WTD Kg/m	WTE Kg/m	WTF Kg/m	$2A_g$ cm^2	L_y cm^4	I_y cm	I_z cm^4	I_z cm	I_t cm^4	I_w cm^6	C lim cm	N_{RK} kN	M_{RK} kNm	C lim cm	N_{RK} kN	M_{RK} kNm
160×6	1512	4.26		43.3	50.4	57.5	71.6	85.7	99.9	19.2	108.900	75.31	410	4.62	3.1	2.322.000	217	451	340	177	682	513
180×6	1512	4.34		45.2	52.3	59.3	73.5	87.6	101.7	21.60	122.500	75.31	580	5.18	3.4	3.307.000	243	508	382	198	767	577
200×6	1512	4.42		47.1	65.9	61.2	75.4	89.5	103.6	24.00	136.100	75.30	800	5.77	3.7	4.536.000	271	564	425	221	852	642
160×8	1516	4.27		48.4	55.4	62.5	76.6	90.7	104.9	25.6	145.500	75.39	550	4.64	6.2	3.105.000	218	602	454	177	909	685
180×8	1516	4.35		50.9	57.9	65.0	79.1	93.3	107.4	28.80	163.700	75.39	780	5.20	6.9	4.421.000	244	677	510	199	1.022	771
200×8	1516	4.43		53.4	60.4	67.5	81.6	95.8	109.9	32.00	181.900	75.39	1.070	5.78	7.9	6.064.000	271	752	567	221	1.136	857
220×8	1516	4.51		55.9	63.0	70.0	84.2	98.3	112.4	35.20	200.100	75.40	1.420	6.35	8.3	8.071.000	298	827	624	243	1.250	942
200×10	1520	4.44		59.7	66.7	73.8	87.9	102.1	116.2	40.0	228.000	75.50	1.330	5.77	14.1	7.600.000	271	940	710	220	1.420	1.072
220×10	1520	4.52		65.8	69.9	76.9	91.1	105.2	119.3	44.00	250.800	75.50	1.770	6.34	15.4	10.116.000	298	1.034	781	242	1.652	1.179
250×10	1520	4.64		67.5	74.6	81.6	95.8	109.9	124.0	50.00	285.000	75.50	2.600	7.21	17.4	14.844.000	339	1.175	887	275	1.775	1.340
200×12	1524	4.45		65.9	73.0	80.1	94.2	108.3	122.5	48.0	274.300	75.59	1.600	5.77	23.8	9.145.000	271	1.125	853	221	1.704	1.288
220×12	1524	4.53		69.7	76.8	93.8	98.0	112.1	126.2	52.80	301.800	75.60	2.130	6.35	26.1	12.171.000	298	1.241	938	243	1.874	1.417
250×12	1524	4.65		75.4	82.4	89.5	103.6	117.8	131.9	60.00	342.900	75.60	3.130	7.22	29.6	17.861.000	339	1.410	1.066	276	2.130	1.610
300×12	1524	4.85		84.8	91.8	98.9	113.0	127.2	141.3	72.00	411.500	75.60	5.400	8.66	35.3	30.863.000	407	1.692	1.279	331	2.556	1.932
220×15	1530	4.54		80.1	87.1	94.2	108.3	122.5	136.6	66.0	378.700	75.75	2.660	6.35	50.3	15.275.000	298	1.551	1.175	242	2.343	1.775
250×15	1530	4.66		87.1	94.2	101.3	115.4	129.5	143.7	75.0	430.400	75.75	3.910	7.22	57.0	22.414.000	339	1.763	1.335	276	2.663	2.017
300×15	1530	4.86		98.9	106.0	113.0	127.2	141.3	155.4	90.0	516.400	75.75	6.750	8.66	68.3	38.732.000	407	2.115	1.602	331	3.195	2.420
350×15	1530	5.06		110.7	117.8	124.8	138.9	153.1	167.2	105.0	602.500	75.75	10.720	10.10	79.5	61.505.000	474	2.468	1.869	386	3.728	2.824
250×20	1540	4.68		106.8	113.8	120.9	135.0	149.2	163.3	100.0	577.600	76.00	5.210	7.22	134.1	30.083.000	339	2.350	1.786	276	3.550	2.698
300×20	1540	4.88		122.5	129.5	136.6	150.7	164.9	179.0	120.0	693.100	76.00	9.000	8.66	160.8	51.984.000	407	2.820	2.143	331	4.260	3.238
350×20	1540	5.08		138.2	145.2	152.3	166.4	180.6	194.7	140.0	808.600	76.00	14.290	10.10	187.4	82.549.000	474	3.290	2.500	386	4.970	3.777
400×20	1540	5.28		153.9	160.9	168.0	192.1	196.3	210.4	160.3	924.200	76.00	21.330	11.55	214.1	123.221.000	542	3.760	2.858	441	5.680	4.317
300×25	1550	4.90		146.0	153.1	160.1	174.3	188.4	202.5	150.0	872.100	76.25	11.250	8.66	313.3	65.408.000	407	3.525	2.688	331	5.325	4.060
350×25	1550	5.10		165.6	172.7	179.8	193.9	208.0	222.2	175.0	1.017.500	76.25	17.860	10.10	365.4	103.866.000	474	4.113	3.136	386	6.213	4.737
400×25	1550	5.30		185.3	192.3	199.4	213.5	227.7	241.8	200.0	1.162.800	76.25	26.670	11.55	417.4	155.042.000	542	4.700	3.584	441	7.100	5.414
430×25	1550	5.42		197.0	204.1	211.2	225.3	239.4	253.6	215.0	1.250.000	76.25	33.130	12.41	448.7	192.608.000	583	5.053	3.853	474	7.633	5.820
450×25	1550	5.50		204.9	212.0	219.0	233.1	247.3	261.4	225.0	1.308.200	76.25	37.970	12.99	469.5	220.753.000	610	5.288	4.032	496	7.988	6.090
350×30	1560	5.12		193.1	200.2	207.2	221.4	235.5	249.6	210.0	1.229.000	76.50	21.440	10.10	630.8	125.458.000	474	4.935	3.775	386	7.455	5.703
400×30	1560	5.32		216.7	223.7	230.8	244.9	259.1	273.2	240.0	1.404.500	76.50	32.000	11.55	720.8	197.272.000	542	5.640	4.315	441	8.520	6.518
430×30	1560	5.44		230.8	237.9	244.9	259.1	273.2	287.3	258.0	1.509.900	76.50	39.750	12.41	774.8	232.647.000	593	6.063	4.638	474	9.159	7.007
450×30	1560	5.52		240.2	247.3	254.3	268.5	282.6	296.7	270.0	1.580.100	76.50	45.560	12.99	810.8	266.643.000	610	6.345	4.854	496	9.585	7.333



ظرفیت باربری عرضی

F_y, k 23.5 kN/cm^2

Steelgrade S235 , ST-37

Steelgrade S235 , S1-37																							
WTO						WTA						WTB						WTC					
t=	1.5		mm		t=	2		mm		t=	2.5		mm		t=	3		mm					
2w=	155		mm		2w=	155		mm		2w=	155		mm		2w=	155		mm					
2s=	178		mm		2s=	178		mm		2s=	178		mm		2s=	178		mm					
2ly=	4.65		cm ⁴		2ly=	6.21		cm ⁴		2ly=	7.77		cm ⁴		2ly=	10.8		cm ⁴					
Dx=	5.65		kNcm ²		Dx=	13.4		kNcm ²		Dx=	26.2		kNcm ²		Dx=	45.2		kNcm ²					
Dy=	6.300		kNcm ²		Dy=	8.414		kNcm ²		Dy=	10.527		kNcm ²		Dy=	14.605		kNcm ²					
h,steg	τ.cr.	τ.pl.	λ.quer	x,c	V.rd	τ.cr.	τ.pl.	λ.quer	x,c	V.rd	τ.cr.	τ.pl.	λ.quer	x,c	V.rd	τ.cr.	τ.pl.	λ.quer	x,c	V.rd			
[mm]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]			
333	212.4	13.6	0.25	1.00	68	245.5	13.6	0.24	1.00	90	274.7	13.6	0.22	1.00	113	335.5	13.6	0.20	1.00	136			
500	94.2	13.6	0.38	1.00	102	108.9	13.6	0.35	1.00	136	121.9	13.6	0.33	1.00	170	148.8	13.6	0.30	1.00	204			
625	60.3	13.6	0.47	1.00	127	69.7	13.6	0.44	1.00	170	78.0	13.6	0.42	1.00	212	95.2	13.6	0.38	1.00	254			
750	41.9	13.6	0.57	1.00	153	48.4	13.6	0.53	1.00	204	54.2	13.6	0.50	1.00	254	66.1	13.6	0.45	1.00	305			
1000	23.6	13.6	0.76	1.00	204	27.2	13.6	0.71	1.00	271	30.5	13.6	0.67	1.00	339	37.2	13.6	0.60	1.00	407			
1250	15.1	13.6	0.95	1.00	254	17.4	13.6	0.88	1.00	339	19.5	13.6	0.83	1.00	424	23.8	13.6	0.75	1.00	509			
1500	10.5	13.6	1.14	1.00	255	12.1	13.6	1.06	1.00	377	13.5	13.6	1.00	1.00	508	16.5	13.6	0.91	1.00	611			

WTD					WTE					WTF					
t=	4	mm	t=	5	mm	t=	6	mm							
2w=	155	mm	2w=	155	mm	2w=	155	mm							
2s=	178	mm	2s=	178	mm	2s=	178	mm							
2ly=	14.41	cm ⁴	2ly=	18.02	cm ⁴	2ly=	21.77	cm ⁴							
Dx=	107	kNcm ²	Dx=	209	kNcm ²	Dx=	362	kNcm ²							
Dy=	19.523	kNcm ²	Dy=	24.414	kNcm ²	Dy=	29.495	kNcm ²							
h,steg	τ _{cr}	τ _{pl}	λ _{quer}	x,c	V _{rd}	τ _{cr}	τ _{pl}	λ _{quer}	x,c	V _{rd}	τ _{cr}	τ _{pl}	λ _{quer}	x,c	V _{rd}
[mm]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]
333	388.2	13.6	0.19	1.00	181	434.1	13.6	0.18	1.00	226	478.0	13.6	0.17	1.00	271
500	172.2	13.6	0.28	1.00	271	192.6	13.6	0.27	1.00	339	653.8	13.6	0.14	1.00	407
625	110.2	13.6	0.35	1.00	339	123.2	13.6	0.33	1.00	424	418.4	13.6	0.18	1.00	509
750	76.5	13.6	0.42	1.00	407	85.6	13.6	0.40	1.00	509	290.6	13.6	0.22	1.00	611
1000	43.0	13.6	0.56	1.00	543	48.1	13.6	0.53	1.00	678	163.4	13.6	0.29	1.00	814
1250	27.5	13.6	0.70	1.00	678	30.8	13.6	0.66	1.00	848	104.6	13.6	0.36	1.00	1018
1500	19.1	13.6	0.84	1.00	814	21.4	13.6	0.80	1.00	1018	72.6	13.6	0.43	1.00	1221



Fy , k 35.5 kN/cm²
Steelgrade S355 / ST-52

	WT0					WTA					WTB					WTC				
	t=	1.5	mm	t=	2	mm	t=	2.5	mm	t=	3	mm								
	2w=	155	mm	2w=	155	mm	2w=	155	mm	2w=	155	mm								
	2s=	178	mm	2s=	178	mm	2s=	178	mm	2s=	178	mm								
	2ly=	4.65	cm ⁴	2ly=	6.21	cm ⁴	2ly=	7.77	cm ⁴	2ly=	10.8	cm ⁴								
	Dx=	5.65	kNcm ²	Dx=	13.4	kNcm ²	Dx=	26.2	kNcm ²	Dx=	45.2	kNcm ²								
	Dy=	6.300	kNcm ²	Dy=	8.414	kNcm ²	Dy=	10.527	kNcm ²	Dy=	14.605	kNcm ²								
h,steg	τ,cr.	τ,pl.	λ,quer	x,c	V,rd	τ,cr.	τ,pl.	λ,quer	x,c	V,rd	τ,cr.	τ,pl.	λ,quer	x,c	V,rd	τ,cr.	τ,pl.	λ,quer	x,c	V,rd
[mm]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]
333	212.4	20.5	0.31	1.00	102	245.5	20.5	0.29	1.00	137	274.7	13.6	0.22	1.00	113	335.5	20.5	0.25	1.00	205
500	94.2	20.5	0.47	1.00	154	108.9	20.5	0.43	1.00	205	121.9	13.6	0.33	1.00	170	148.8	20.5	0.37	1.00	307
625	60.3	20.5	0.58	1.00	192	69.7	20.5	0.54	1.00	256	78.0	13.6	0.42	1.00	212	95.2	20.5	0.46	1.00	384
750	41.9	20.5	0.70	1.00	231	48.4	20.5	0.65	1.00	307	54.2	13.6	0.50	1.00	254	66.1	20.5	0.56	1.00	461
1000	23.6	20.5	0.93	1.00	307	27.2	20.5	0.87	1.00	410	30.5	13.6	0.67	1.00	339	37.2	20.5	0.74	1.00	615
1250	15.1	20.5	1.17	0.81	310	17.4	20.5	1.08	0.89	459	19.5	13.6	0.83	1.00	424	23.8	20.5	0.93	1.00	769
1500	10.5	20.5	1.40	0.61	281	12.1	20.5	1.30	0.68	420	13.5	13.6	1.00	1.00	508	16.5	20.5	1.11	0.86	795

	WTD					WTE					WTF				
	t=	4	mm	t=	5	mm	t=	6	mm						
	2w=	155	mm	2w=	155	mm	2w=	155	mm						
	2s=	178	mm	2s=	178	mm	2s=	178	mm						
	2ly=	14.41	cm ⁴	2ly=	18.02	cm ⁴	2ly=	21.77	cm ⁴						
	Dx=	107	kNcm ²	Dx=	209	kNcm ²	Dx=	362	kNcm ²						
	Dy=	19.523	kNcm ²	Dy=	24.414	kNcm ²	Dy=	29.495	kNcm ²						
h,steg	τ,cr.	τ,pl.	λ,quer	x,c	V,rd	τ,cr.	τ,pl.	λ,quer	x,c	V,rd	τ,cr.	τ,pl.	λ,quer	x,c	V,rd
[mm]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]	[kNcm ²]	[kNcm ²]			[kN]
333	388.2	20.5	0.23	1.00	273	434.1	20.5	0.22	1.00	341	478.0	20.5	0.21	1.00	410
500	172.2	20.5	0.35	1.00	410	192.6	20.5	0.33	1.00	512	286.5	20.5	0.27	1.00	615
625	110.2	20.5	0.43	1.00	512	123.2	20.5	0.41	1.00	640	183.4	20.5	0.33	1.00	769
750	76.5	20.5	0.52	1.00	615	85.6	20.5	0.49	1.00	769	127.3	20.5	0.40	1.00	922
1000	43.0	20.5	0.69	1.00	820	48.1	20.5	0.65	1.00	1025	71.6	20.5	0.53	1.00	1230
1250	27.5	20.5	0.86	1.00	1025	30.8	20.5	0.82	1.00	1281	45.8	20.5	0.67	1.00	1537
1500	19.1	20.5	1.04	0.95	1174	21.4	20.5	0.98	1.00	1537	34.9	20.5	0.77	1.00	1845



تعریف بار متمرکز

Steelgrade : S235 , ST-37

gm= 1.0	WTO					WTA					WTB					WTC				
	t_s = 1.5mm					t_s = 2.0mm					t_s = 2.5mm					t_s = 3.0mm				
	Length mit a in [mm]																			
$t_{flansch}$	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200
6	10.6	28.2	45.8	63.5	81.1	14.1	37.6	61.1	84.6	108.1	17.6	47.0	76.4	105.8	135.1	21.2	56.4	91.7	126.9	162.2
8	14.1	31.7	49.4	67.0	84.6	18.8	42.3	65.8	89.3	112.8	33.5	52.9	82.3	111.6	141.0	28.2	63.5	98.7	134.0	169.2
10	17.6	35.3	52.9	70.5	88.1	23.5	47.0	70.5	94.0	117.5	29.4	58.8	88.1	117.5	146.9	35.3	70.5	105.8	141.0	176.3
12	21.2	38.8	56.4	74.0	91.7	28.2	51.7	75.2	98.7	122.2	35.3	64.6	94.0	123.4	152.8	42.3	77.6	112.8	148.1	183.3
15	26.4	44.1	61.7	79.3	96.9	35.3	58.8	82.3	105.8	129.3	44.1	73.4	102.8	132.2	161.6	52.9	88.1	123.4	158.6	193.9
20	35.3	52.9	70.5	88.1	105.8	47.0	70.5	94.0	117.5	141.0	58.8	88.1	117.5	146.9	176.3	70.5	105.8	141.0	176.3	211.5
25	44.1	61.7	79.3	96.9	114.6	58.8	82.3	105.8	129.3	152.8	73.4	102.8	132.2	161.6	190.9	88.1	123.4	158.6	193.9	229.1
30	52.9	70.5	88.1	105.8	123.4	70.5	94.0	117.5	141.0	164.5	88.1	117.5	146.9	176.3	205.6	105.8	141.0	176.3	211.5	246.8

gm=	WTD					WTE					WTF				
	t_s = 4.0mm					t_s = 5.0mm					t_s = 6.0mm				
	Lasteinleitungsbreite am Flansch mit a in [mm]														
1.0															
$t_{flansch}$	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200
6	28.2	75.2	122.2	169.2	216.2	35.3	94.0	152.8	211.5	270.3	42.3	112.8	183.3	253.8	324.3
8	37.6	84.6	131.6	178.6	225.6	47.0	105.8	164.5	223.3	282.0	56.4	126.9	197.4	267.9	338.4
10	47.0	94.0	141.0	188.0	235.0	58.8	117.5	176.3	235.0	293.8	70.5	141.0	211.5	282.0	352.5
12	56.4	103.4	150.4	197.4	244.4	70.5	129.3	188.0	246.8	305.5	84.6	155.1	225.6	296.1	366.6
15	70.5	117.5	164.5	211.5	258.5	88.1	146.9	205.6	264.4	323.1	105.8	176.3	246.8	317.3	387.8
20	94.0	141.0	188.0	235.0	282.0	117.5	176.3	235.6	293.8	352.5	141.0	211.5	282.0	353.5	423.0
25	117.5	164.5	211.5	258.5	305.5	146.9	205.6	264.4	323.1	381.9	176.3	246.8	317.3	387.8	458.3
30	141.0	188.0	235.0	282.0	329.0	176.3	235.0	293.8	352.5	411.3	211.5	282.0	352.5	423.0	493.5



Steelgrade : S355 , ST-52

gm=	WTO					WTA					WTB					WTC				
	t_s = 1.5mm					t_s = 2.0mm					t_s = 2.5mm					t_s = 3mm				
1.0						Length mit a in [mm]														
$t_{flansch}$	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200
6	16.0	42.6	69.2	95.9	122.5	21.3	56.8	92.3	127.8	163.3	26.6	71.0	115.4	159.8	204.1	32.0	85.2	138.5	191.7	245.0
8	21.3	47.9	74.6	101.2	127.8	28.4	63.9	99.4	134.9	170.4	35.5	79.9	124.3	168.6	213.0	42.6	95.9	149.1	202.4	255.6
10	26.6	53.3	79.9	106.5	133.1	35.5	71.0	106.5	142.0	177.5	44.4	88.8	133.1	177.5	221.9	53.3	106.5	159.8	213.0	266.3
12	32.0	58.6	85.2	111.8	138.5	42.6	78.1	113.6	149.1	184.6	53.3	97.6	142.0	186.4	230.8	63.9	117.2	170.4	223.7	276.9
15	39.9	66.6	93.2	119.8	146.4	53.3	88.8	124.3	159.8	195.3	66.6	110.9	155.3	199.7	244.1	79.9	133.1	186.4	239.6	292.6
20	53.3	79.9	106.5	133.1	159.8	71.0	106.5	142.0	177.5	213.0	88.8	133.1	177.5	221.9	266.3	106.5	159.8	213.0	266.3	319.5
25	66.6	93.2	119.8	146.4	173.1	88.8	124.3	159.8	195.3	230.8	110.9	155.3	199.7	244.1	288.4	133.1	186.4	239.6	292.9	346.1
30	79.9	106.5	133.1	159.8	186.4	106.5	142.0	177.5	213.0	248.5	133.1	177.5	221.9	266.3	310.6	159.8	213.0	266.3	319.5	372.8

gm=	WTD					WTE					WTF				
	t_s = 4.0mm					t_s = 5.0mm					t_s = 6.0mm				
1.0	Lasteinleitungsbreite am Flansch mit a in [mm]														
$t_{flansch}$	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200
6	42.6	113.6	184.6	255.6	326.6	53.3	142.0	230.8	319.5	408.3	63.9	170.4	276.9	383.4	489.9
8	56.8	127.8	198.8	269.8	340.8	71.0	159.8	248.5	337.3	426.0	85.2	191.7	298.2	404.7	511.2
10	71.0	142.0	213.0	284.0	355.0	88.8	177.5	266.3	355.0	443.8	106.5	213.0	319.5	426.0	532.5
12	85.2	156.2	227.2	298.2	369.2	106.5	195.3	284.0	372.8	461.5	127.8	234.3	340.8	447.3	553.8
15	106.5	177.5	248.5	319.5	390.5	133.1	221.9	310.6	399.4	488.1	159.8	266.3	372.8	479.3	585.8
20	142.0	213.0	284.0	355.0	426.0	177.5	266.3	355.0	443.8	532.5	213.0	319.5	426.0	532.5	639.0
25	177.5	248.5	319.5	390.5	461.5	221.9	310.6	399.4	488.1	576.9	266.3	372.8	479.3	585.8	692.3
30	213.0	284.0	355.0	426.0	497.0	266.3	355.0	443.8	532.5	621.3	319.5	426.0	532.5	639.0	745.5



ظرفیت باربری بال

$f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$		Consicering Distribution of Normalforces $k_c = 1.00$ (EN1993-1-1 , Tabelle 6.6)													$Y_M = 1.00$	
Dimensions of Flange		TENSION N_{Rd} [kN]	PRESSURE N_{Rd} [kN] Distance of Lanteral Support[m]												C_{lim} [m]	C_{max} [m]
			C_{lim} [m]	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00	10.00	12.00	15.00	18.00	21.00	24.00		
160×6	9.60	226	2.17	163	122	98	82	61	49						11.55	
180×6	10.80	254	2.44	206	155	124	103	77	62	52					12.99	
200×6	12.00	282	2.71	255	191	153	127	96	76	64					14.43	
160×8	12.80	301	2.17	217	163	130	109	82	65						11.55	
180×8	14.40	338	2.44	275	206	165	138	103	83	69					12.99	
200×8	16.00	376	2.71	340	255	204	170	127	102	85					14.43	
220×8	17.60	414	2.98	411	308	247	206	154	123	103	82				15.88	
200×10	20.00	470	2.71	425	319	255	212	159	127	106					14.43	
220×10	22.00	517	2.98	514	385	308	257	193	154	128	103				15.88	
250×10	25.00	588	3.39	588	498	398	332	249	199	166	133	111			18.04	
200×12	24.00	564	2.71	510	382	306	255	191	153	127					14.43	
220×12	26.40	620	2.98	617	463	370	308	231	185	154	123				15.88	
250×12	30.00	705	3.39	705	597	478	398	299	239	199	159	133			18.04	
300×12	36.00	846	4.07	846	846	688	573	430	344	287	229	191	164		21.65	
220×15	33.00	776	2.98	771	578	463	385	289	231	193	154				15.88	
250×15	37.50	881	3.39	881	747	597	498	373	299	249	199	166			18.04	
300×15	45.00	1058	4.07	1058	1058	860	717	538	430	358	287	239	205		21.65	
350×15	52.50	1234	4.74	1234	1234	1171	976	732	585	488	390	325	279	244	25.26	
250×20	50.00	1175	3.39	1175	995	796	664	498	398	332	265	221			18.04	
300×20	60.00	1410	4.07	1410	1410	1147	956	717	573	478	382	319	273		21.65	
350×20	70.00	1645	4.74	1645	1645	1561	1301	976	780	650	520	434	372	325	25.26	
400×20	80.00	1880	5.42	1880	1880	1880	1699	1274	1019	849	680	566	485	425	28.87	
450×20	90.00	2115	6.10	2115	2115	2115	2115	1613	1290	1075	860	717	614	538	32.48	
300×25	75.00	1763	4.07	1763	1763	1433	1195	896	717	597	478	398	341		21.65	
350×25	87.50	2056	4.74	2056	2056	1951	1626	1219	976	813	650	542	465	406	25.26	
400×25	100.00	2350	5.42	2350	2350	2350	2124	1593	1274	1062	849	708	607	531	28.87	
430×25	107.50	2526	5.83	2526	2526	2526	2454	1841	1472	1227	982	818	701	614	31.03	
450×25	112.50	2644	6.10	2644	2644	2644	2644	2016	1613	1344	1075	896	768	672	32.48	
350×30	105.00	2468	4.74	2468	2468	2341	1951	1463	1171	976	780	650	557	488	25.26	
400×30	120.00	2820	5.42	2820	2820	2820	2548	1911	1529	1274	1019	849	728	637	28.87	
430×30	129.00	3032	5.83	3032	3032	3032	2945	2209	1767	1472	1178	982	841	736	31.03	
450×30	135.00	3173	6.10	3173	3173	3173	3173	2419	1935	1613	1290	1075	922	806	32.48	



$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$		Consicering Distribution of Normalforces $k_c = 1.00$ (EN1993-1-1 , Tabelle 6.6)													$Y_M = 1.00$
Dimensions of Flange		TENSION N_{Rd} [kN]	PRESSURE												
			N_{Rd} [kN]												
			Distance of Lanteral Support[m]												
$b \times t$ [mm]	A [cm ²]	N_{Rd} [kN]	C_{lim} [m]	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00	10.00	12.00	15.00	18.00	21.00	24.00	C_{max} [m]
160×6	9.60	341	1.76	200	150	120	100	75	60						11.55
180×6	10.80	383	1.99	254	190	152	127	95	76	63					12.99
200×6	12.00	426	2.21	313	235	188	157	117	94	78					14.43
160×8	12.80	454	1.76	267	200	160	134	100	80						11.55
180×8	14.40	511	1.99	338	254	203	169	127	101	85					12.99
200×8	16.00	568	2.21	418	313	251	209	157	125	104					14.43
220×8	17.60	625	2.43	505	379	303	253	189	152	126	101				15.88
200×10	20.00	710	2.21	522	392	313	261	196	157	131					14.43
220×10	22.00	781	2.43	632	474	379	316	237	189	158	126				15.88
250×10	25.00	888	2.76	816	612	489	408	306	245	204	163	136			18.04
200×12	24.00	852	2.21	626	470	376	313	235	188	157					14.43
220×12	26.40	937	2.43	758	568	455	379	284	227	189	152				15.88
250×12	30.00	1065	2.76	979	734	587	489	367	294	245	196	163			18.04
300×12	36.00	1278	3.31	1278	1057	846	705	529	423	352	282	235	201		21.65
220×15	33.00	1172	2.43	947	711	568	474	355	284	237	189				15.88
250×15	37.50	1331	2.76	1223	918	734	612	459	367	306	245	204			18.04
300×15	45.00	1598	3.31	1598	1321	1057	881	661	529	440	352	294	252		21.65
350×15	52.50	1864	3.86	1864	1799	1439	1199	899	719	600	480	400	343	300	25.26
250×20	50.00	1775	2.76	1631	1223	979	816	612	489	408	326	272			18.04
300×20	60.00	2130	3.31	2130	1762	1409	1175	881	705	587	470	392	336		21.65
350×20	70.00	2485	3.86	2485	2398	1918	1599	1199	959	799	639	533	457	400	25.26
400×20	80.00	2840	4.41	2840	2840	2506	2088	1566	1253	1044	835	696	597	522	28.87
450×20	90.00	3195	4.96	3195	3195	3171	2643	1982	1586	1321	1057	881	755	661	32.48
300×25	75.00	2663	3.31	2663	2202	1762	1468	1101	881	734	587	489	419		21.65
350×25	87.50	3106	3.86	3106	2998	2398	1998	1499	1199	999	799	666	571	500	25.26
400×25	100.00	3550	4.41	3550	3550	3132	2610	1958	1566	1305	1044	870	746	653	28.87
430×25	107.50	3816	4.74	3816	3816	3620	3016	2262	1810	1508	1207	1005	862	754	31.03
450×25	112.50	3994	4.96	3994	3994	3964	3303	2478	1982	1652	1321	1101	944	826	32.48
350×30	105.00	3728	3.86	3728	3597	2878	2398	1799	1439	1199	959	799	685	600	25.26
400×30	120.00	4260	4.41	4260	4260	3759	3132	2349	1879	1566	1253	1044	895	783	28.87
430×30	129.00	4580	4.74	4580	4580	4344	3620	2715	2172	1810	1448	1207	1034	905	31.03
450×30	135.00	4793	4.96	4793	4793	4757	3964	2973	2378	1982	1586	1321	1133	991	32.48



«چکیده نکات کاربردی کتاب راهنمای طرح و اجرای سوله»

◀ A1.1 مقدمه

مالکین ساختمان های سوله در طول زمان بهره برداری نیاز به آگاهی هایی در زمینه تعمیر و نگهداری ساختمان دارند تا عمر مفید ساختمان خود را افزایش دهند. از جمله این اطلاعات، آگاهی درباره نحوه هدایت و تخلیه آب باران، عایق بندی های حرارتی، کنترل چگالش، تهویه هوا، حفاظت در مقابل برق و آذرخش، برف زدایی و دفع آن و نحوه تمیز کردن سطح پانل ها و اسکلت فلزی سوله می باشد.

در این بخش به اختصار به نکات کاربردی طرح، اجرا، تعمیر و نگهداری و بهره برداری از ساختمان می پردازیم. مهندسين طرح می توانند برای اطلاع از جزئیات فنی بیشتر به کتاب راهنمای طرح و اجرای سوله تالیف دفتر فنی شرکت خانه آفتاب شرق مراجعه بفرمایند.

● A1.2: اعضاء غير منشوري در قاب بندی سوله ها

MBMA و برخی دیگر از سازمان ها از سال ۱۹۶۶ به بعد مسئولیت طراحی اعضاء غير منشوري و سوله ها را برعهده گرفته اند. این اقدام به بهبود حائز اهمیت در مشخصات AISC برای سوله ها منجر گردیده است بطوریکه «ضمیمه D مربوط به اعضاء غير منشوري» بعنوان قسمتی از متمم ۳ در ۱۲ ژوئن ۱۹۷۴ منتشر شده است. این اطلاعات در ویرایش ۱۹۸۹ تحت عنوان مشخصات AISC ASD در ضمیمه F7 ارائه گردیده اند. استفاده از عضو غير منشوري برای طراح اختیاری است ولی وقتی که از اعضاء غير منشوري استفاده شود صرفه جویی حائز اهمیتی در مصرف مواد به عمل می آید. قالب معمولی مشخصات AISC در ارتباط با فرمولهای طراحی و فاکتورهای اصلاحی مورد استفاده برای لحاظ نمودن نسبت تبدیل F_y نیز به آن ضمیمه شده است فرمول ها برای محاسبه تنش های محوری مجاز و تنش های خمشی مجاز در شرایط مهاربندی روی یک فضای یکنواخت یا غير یکنواخت تهیه گردیده اند. شرایط AISC محدود به اعضاء دارای دو محور تقارن با اندازه بال یکنواخت هستند. این ضروریات با اقدامات عمومی صنعتی طرح و ساخت سوله ها تناقضی ندارند.



یک کتاب مرجع در برگیرنده تمام تحقیقات مربوط به اعضاء غیر منشوری سوله ها بوسیله دکتر جرج سی. لی و همکارانش (مرجع B7.3) به رشته تحریر درآمده است. این کتاب مرجع شامل نمونه های متعدد طراحی و همچنین شرح رفتار عضو تبدیلی و توسعه فرمول های طراحی است.

◀ A2 : اتصالات پیچ یا جوش توسط صفحه انتهائی

معمولترین روش اتصال اعضاء اصلی قاب بندی در سیستم های ساختمان سوله در شرایطی که پیوستگی ممانی (خمشی) مورد نظر می باشد روش اتصال پیچ یا جوش صفحه انتهائی است. برای تعیین ضخامت ضروری یک صفحه انتهائی روش های بسیار زیادی وجود دارد. روش پیشنهادی در کتابچه دستی AISC در سال ۱۹۶۹ روشی است که همانند شیار T می باشد و در آن عمل اهرمی مورد توجه قرار می گیرد. این روش معمولاً نتیجه بسیار محافظ کارانه ای را دنبال دارد. MBMA برای توصیه یک روش طراحی بسیار دقیقتر از سال ۱۹۷۲ به بعد همراه با AISC مسئولیت مشترک تحقیق در این زمینه را برعهده گرفته اند.

روش مذکور در سال ۱۹۷۸ بچاپ رسیده است. (مرجع B8.7) و با آزمایشات فیزیکی بسیار زیادی در حد گسترده ای تعدیل شده است. در ارتباط با تاثیرات سخت کننده ها (مرجع B8.4) و پیچ های چند ردیفه کارهای تکمیلی انجام گرفته است. در ویرایش نهم کتابچه دستی AISC (مرجع B8.16) این روش طراحی مورد بررسی قرار گرفته است.

از سال ۱۹۷۸ به بعد کار پیوسته و مستمری در دانشگاه اوکلاهما و دانشگاه ایالتی و موسسه پلی تکنیک ویرجینیا VT انجام گرفته است. تحقیقات مربوط به اتصالات سر به سر صفحه انتهائی در مراجع B8.17 تا B8.19 و B8.21 گزارش شده اند. اتصالات صفحه انتهائی جان به جان براساس گزارش مراجع B8.22 و B8.20 و B8.23 مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته اند.

این مطالعات به روش های طراحی برای تعیین ضخامت صفحه انتهائی و اندازه پیچ برای اتصالات خاص صفحه انتهائی منجر شده اند. روش مذکور براساس روش اصلاحی «به منظور تعیین نیروی پیچ هایی که در عملکرد اهرمی به عنوان تابعی از سختی مؤثر صفحه انتهائی هستند» و یک تئوری خطی تسلیم برای تعیین ضخامت مورد نیاز صفحه انتهائی دارند بنا نهاده شده است.



از *AISC* یک چاپ تحت عنوان مجموعه‌های راهنمایی طراحی فولاد، شماره ۱۶ در دسترس قرار دارد در این چاپ اتصالات پیچی صفحه انتهائی که مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند همراه با روشهای مناسب طراحی گردآوری شده‌اند. همچنین برای تعیین رضایت بخشی سختی پیچ در ارتباط با بارهای چرخه‌ای در بردارنده تأثیرات باد نیز مطالعاتی در دانشگاه ایالتی و موسسه پلی تکنیک ویرجینیا VT انجام گرفته است. نتیجه مطالعه مذکور (مرجع B8.24) این بوده است که سختی پیچ‌ها دارای مقاومت نهائی معادل با مقاومت پیچ‌های کاملاً سفت پس از بکارگیری بارهای چرخه‌ای است.

آخرین ویرایش مشخصات برای بکارگیری درزها یا اتصالات سازه‌ای *ASTM A325* یا پیچ‌های *A490* (مرجع B8.25) اخیراً بوسیله هیات مشاوره تحقیق در مورد ارتباطات سازه‌ای (RCSC) منتشر گردیده است. این ویرایش تأثیر حائز اهمیتی روی نصب پیچ‌ها در اغلب سیستم‌های ساختمان فلزی و سوله‌ها خواهد داشت. اتصالات با استفاده از پیچ‌های مقاومت بالای *A325* در اغلب کاربردها با سفت کردن نهائی مجاز شناخته شده است. *AISC* تجدید نظرهای مشابهی روی آخرین مشخصات خود تحت عنوان بارها و فاکتور مقاومت طراحی برای ساختمان سازه‌های فولادی به منظور مجاز کردن استفاده بیشتر از مدل طراحی به روش مقاومت نهائی در پیچ‌ها به عمل آورده است (مرجع B8.27). یک نشریه فنی از *MBMA* (مرجع B8.58) در دسترس قرار دارد که در آن اطلاعات بیشتری در زمینه پذیرش استفاده از پیچ‌های مذکور برای سیستم‌های ساختمان فلزی ارائه گردیده است.

◀ A3: طرح و اجرای پی در سوله‌ها

● A3.1 مقدمه

در این قسمت تلاشی در ارتباط با بررسی دقیق و عمیقانه مبانی طراحی پی سوله‌ها به عمل نیامده است زیرا بحث پی در سوله‌ها موضوع پیچیده و جامعی است که در بسیاری از کتابهای دیگر به اندازه کافی مطرح شده است. به هر حال در این قسمت متداولترین سیستم‌های پی مورد استفاده در سوله‌ها به وسیله مهندسین پروژه‌های سوله به منظور ارائه دیدگاه اجمالی عمومی از انواع سیستم‌های قابل دستیابی به تصویر کشیده می‌شوند. به علاوه یک بحث عمومی از انواع بارهای ساختمان فلزی و سوله‌ها که بر پی‌ها وارد می‌شوند و نیز برخی از مکانیزم‌های مقاومتی درمقابل با این بارها ارائه می‌گردد.

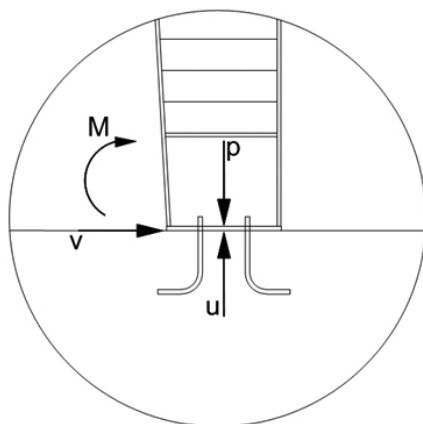


تولید کننده یا سازنده سوله مسئولیت طراحی، مواد و مهارت در ساخت پی سوله را برعهده ندارد. برای کسب اطلاعات بیشتر دربارهٔ مسئولیتهای طراحی پی به قسمت (۳-۳-۲) تحت عنوان اقدامات صنعتی عمومی مراجعه نمایید. بطور جدی توصیه شده است که مهاربندی و پی سوله بوسیلهٔ یک نفر مهندس حرفه‌ای رسمی مجرب و مسلط بر ضوابط ساخت سوله طراحی شوند.

سازنده سوله معمولاً نقشه پیچهای مهاربندی (انکر بولتها) و داده‌های نشان دهنده قطر، تحمل و بیرون زدگی تمام پیچهای مهاربندی، اندازه کف پی یا صفحه تکیه گاهی و واکنش ستونها (بزرگی و جهت) برای سوله را تهیه می‌نماید. تولید کننده یا سازنده سوله مسئولیت تعیین مقدار پیچهای مهاربندی و قطر آنها را بگونه‌ای که امکان انتقال نیروهای بین کف پی و پیچ مهاربندی را در برش و کشش فراهم آورند برعهده دارد ولی مسئولیتی در قبال انتقال نیروهای پیچ مهاربندی به بتون و یا کفایت پیچ مهاربندی در ارتباط با بتون ندارد.

● ۳.۲.۱: انواع نیروهای وارد بر پی سوله

پی‌های ساختمان سوله با تمام بارهایی که پی‌های ساختمان‌های معمولی و متداول با آنها سر و کار دارند مواجه می‌باشند ولی دو تفاوت عمده به شرح زیر در آنها وجود دارد:



نیروهای وارد بر پی ستون



● A3.2.1: نیروی محوری (پانچ و آپ لیفت) زیر ستون

ساختمان‌های سوله بعلت بهینه سازی در طراحی طبیعتاً سازه‌های سبک وزنی هستند. بنابراین نیروی فشاری یا بالا برنده باد که با استفاده از آیین نامه های ساختمانی محاسبه می‌گردد در مقابل بارهای مرده ساختمان در مقایسه با بسیاری از فرم‌های متداول ساختمانی نسبت بسیار بیشتری را شامل می‌گردد.

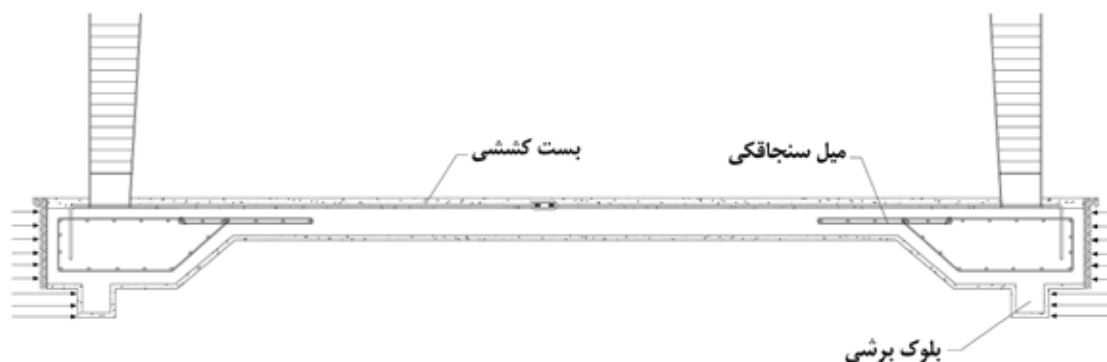
با وجود این حتی بار کل باد روی قاب سوله بعلت وجود زمان عکس‌العمل دارای تاثیر جزئی روی پی است. به همین دلیل پیشنهاد شده است که فقط ۷۰٪ بار کل روی قاب در طراحی پی در نظر گرفته شود (مرجع B3.25 و B3.24) بقیه‌ها پیچ‌ها باید برای ۱۰۰٪ بار باد طراحی شوند. در مقابله با نیروی آپ لیفت (واژگونی)، وزن یک سوم طول شناژهای رابط هر پی با پی قبلی و بعدی خود می‌تواند به وزن بتن هر پی اضافه گردد.

با توجه به نوع و مقاومت خاک بستر پی، ابعاد قاعده پی سوله می‌بایست طوری انتخاب شود که فشار ناشی از نیروی محوری آن از تنش مجاز خاک بیشتر نشود. در غیر اینصورت پی دچار پدیده نشست می‌شود.

● A3.2.2: نیروی افقی رانش

بسیاری از ساختمان‌های فلزی از قابهای صلب سوله ای که می‌توانند یک نیروی الزامی افقی «رانشی» از بارهای ثقلی ایجاد نمایند تشکیل شده‌اند.

این نیرو معمولاً به سمت خارج از سوله است و تمایل دارد که پی سوله را تحت شرایط اعمال بارهای افقی قرار دهد. پی‌ها می‌بایست براینند این بارهای افقی و بار افقی ناشی از نیروهای جانبی وارد بر ساختمان (به طور مثال بار باد) را مستهلک نمایند. به این منظور پی کنی و اجرای پی به طوری که سطح بالای پی زیر سطح طبیعی زمین باشد برای بهره‌مندی از فشار پسیو خاک توصیه می‌شود. این روش در مناطق سردسیر برای جلوگیری از پدیده یخ زدگی بتن نیز مفید است. ضمن اینکه خاک سطح زیر پی کنی انجام شده به واسطه وجود فشار ناشی از سنگینی خاک، تراکم و مقاومت لازم را داراست.



جزئیات اجرای پی

● A3.2.3: نیروی لنگر خمشی

ساختمان های سوله از قاب های خمشی و صلب تشکیل می گردند که نیروهای بزرگ لنگر خمشی در نواحی پلاستیک زون محل اتصال تیر و ستون مستهلک شده و به زوج نیروها و نیروهای محوری تبدیل میگردند. بنابراین معمولاً لنگرهای خمشی به کف ستون ها منتقل نمی شوند لذا اتصال کف ستون به پی ها به طور عمومی به صورت مفصلی طراحی میشود. بنابراین تار بالای بتن پی تحت فشار بوده و الزامی به استفاده از میلگرد کششی در سطح بالایی پی ها وجود ندارد.

● A3.3: روش های مقاومت در مقابل بارهای جانبی

نیروهای جانبی در سیستم ساختمان سوله را با بکارگیری یکی از روشهای زیر می توان مهار نمود: بست کششی، میله های سنجاقکی و بلوکهای برشی.

● A3.4: بست های کششی

یک میله پیش تنیده شده را می توان از یک ستون (یا پایه) به ستون (یا پایه) در سمت مقابل سوله متصل نمود و نیروهای افقی را متعادل کرد.



● 3.5.A: میل‌های سنجاقکی

روش دیگر مقاومت در مقابل نیروهای افقی شامل بکارگیری یک میلگرد خمیده یا سنجاقک می‌باشد که درون دال هم کف، قالب‌ریزی می‌شود. دال هم کف هرگاه بنحو مطلوب مسلح شود می‌تواند مقاومت ضروری برای مهار نیروی برشی را فراهم آورد. نیرو ابتدا از پیچ‌های مهاری به میل سنجاقک منتقل می‌گردد آنگاه به بتون از طریق اتصال به میلگرد منتقل می‌شود و سپس وارد مش (شبکه آرماتوری) درون دال می‌گردد که تحت عنوان جزء کششی نهائی عمل می‌کند.

● 3.6.A: بلوک‌های برشی

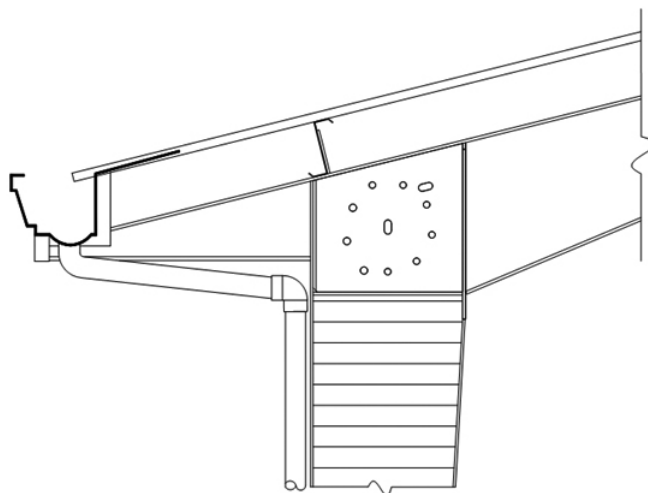
در برخی از سوله‌ها ممکن است امکان نداشته باشد که این بست‌های تنشی یا میل‌های سنجاقکی را تهیه نمود. تنها روشی که برای جلوگیری از لغزش ناشی از کل نیروهای افقی وجود دارد اصطکاک بین پی و خاک و یا استفاده از یک بلوک برشی است و یا ترکیبی از این دو می‌باشد. برای مثال، دیوارهای حائل معمولاً باید بتوانند مقاومت در مقابل لغزش را تامین نمایند و از این روش برای ایجاد مقاومت می‌توان استفاده کرد. در موردی که نیروی اصطکاک برای مقاومت در مقابل نیروی کل افقی کافی نباشد (با توجه به یک ضریب مناسب ایمنی)، ممکن است لازم گردد که یک بلوک برشی افزوده گردد، بلوک برشی چیزی نیست بجز یک فرو افتادگی در کف پی.

◀ 4.A: آبرو، شیروانی و ناودانی در سوله‌ها و ظرفیت آنها

هدف از تدوین این ضمیمه ارائه اطلاعات کاربردی لازم درباره اندازه آبرو شیروانی و فاصله ناودان‌های تخلیه (زهکشی) یا ناودان‌های ساختمانی برای سقف‌های سوله‌ها است. در کد ساختمان بین‌المللی ۲۰۰۰، قسمت ۱۵۰۳/۴ قید گردیده است که طراحی و نصب سیستم‌های تخلیه بام (سقف) باید با آیین نامه لوله کشی بین‌المللی مطابقت داشته باشند. فاصله بین ناودان‌ها تابعی از سطح زهکشی شیب‌های سقف سوله‌ها و شدت بارندگی پیش‌بینی شده است. بارندگی بوسیله سازمان هواشناسی اندازه‌گیری می‌شود.



این سازمان، آمار بارندگی تجمعی یک رگبار را در فواصل ۵ دقیقه‌ای ثبت می‌کند. آنگاه بیشترین بارندگی تجمعی ۵ دقیقه‌ای برای بارش یک ساعته، برون‌یابی می‌شود که تحت عنوان شدت بارندگی برحسب اینچ بر ساعت تلقی می‌گردد. سازمان هواشناسی با استفاده از آمار بارندگی یک دوره بلند مدت (بیش از ۲۵ سال) می‌تواند با توجه با اصول آمار و احتمالات رگبارهای مورد انتظار را برای دوره‌های برگشت مختلف پیش‌بینی نماید. قسمت نهم این کتاب شامل اطلاعاتی می‌باشد که مربوط به داده‌هایی با دوره‌های برگشت ۵ ساله و ۲۵ ساله هستند. در این مورد توصیه شده است که سیستم‌های مربوط به زهکشی خارجی براساس دوره برگشت ۵ ساله و مربوط به زهکشی داخلی براساس دوره برگشت ۲۵ ساله طراحی شوند. ریسک خسارتهای مالی در مواردی که در سیستم زهکشی داخلی استفاده می‌شود خیلی بیشتر است. قسمت‌های پیشانی و جان پناهها باید برای شرایط زهکشی داخلی طراحی شوند. همچنین توصیه شده است که در محل اتصال آبرو به ناودان از یک کلکتور (جمع کننده) استفاده شود. معادلاتی که متعاقباً ارائه می‌گردند امکاناتی را فراهم می‌آورند که طراح سوله بتواند اندازه مورد نیاز آبراهه و فاصله ناودان‌ها را تعیین نماید. معادلات زیر که برای آبروهای مستطیلی شکل بکار می‌روند از عبارات مندرج در مرجع B1.3.5 استخراج شده‌اند.



(A4.1) معادله اصلی برای ظرفیت آبراهه مستطیلی



$$\frac{0/481 \times R^{5/14}}{43200^{5/14} \times \left(\frac{W}{12}\right)} \times \frac{\left(\frac{L \times 2}{6}\right)}{3/7 \times \left(\frac{7}{12}\right)^{4/7}} \leq 1$$

در رابطه فوق خواهیم داشت:

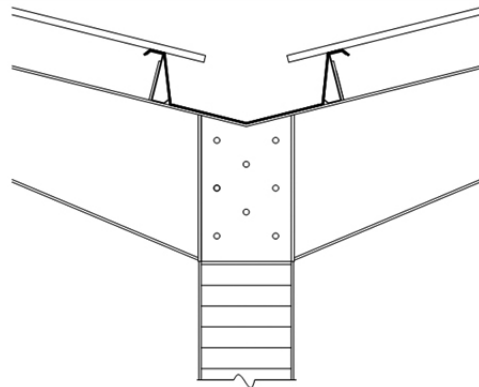
- R = عرض سقفی که باید زهکشی یا تخلیه شود (برحسب فوت)
 - L = طول آبرویی که باید تخلیه شود (برحسب فوت)
 - I = شدت بارندگی برحسب اینچ بر ساعت با دوره ۵ دقیقه‌ای (اینچ بر ساعت)
 - d = عمق آبرو (برحسب اینچ)
 - W = عرض آبراهه بر حسب اینچ.
 - $T=1$ برای شرایطی که ناودان در انتهای آبراهه مورد نظر زهکشی قرار گرفته باشد.
 - $T=2$ برای شرایطی که ناودان در مرکز طول آبراهه مورد نظر زهکشی قرار گرفته باشد.
- معادله اصلی برای تعیین ظرفیت ناودان به شرح زیر ارائه شده است: $\frac{I \times R \times L}{1200 \times A} \leq 1$
- A = سطح مقطع عرضی بر حسب اینچ مربع.
- معادلاتی را که دارای کاربرد عمومی هستند به شرح زیر میتوان ارائه داد

$$L \leq \left\{ \left[\frac{\left(\frac{W}{12}\right)^{\frac{3}{7}} \times \left(\frac{d}{12}\right)^{\frac{4}{7}} \times (43200)^{\frac{5}{14}}}{0/481} \right]^{28/13} \right\} \times \left(\frac{T}{2}\right)$$

$$A \geq \frac{I \times R \times L}{1200}$$



با توجه به فرمول های ذکر شده ، حداقل شیب طولی آبرو های سقفی برابر با ۰,۲٪ می باشد. به عنوان مثال هر ۶ متر می بایست ۱۲ میلی متر شیب در نظر گرفت.



◀ A5: انبساط و انقباض گرمایی و تاثیر آنها در سوله ها

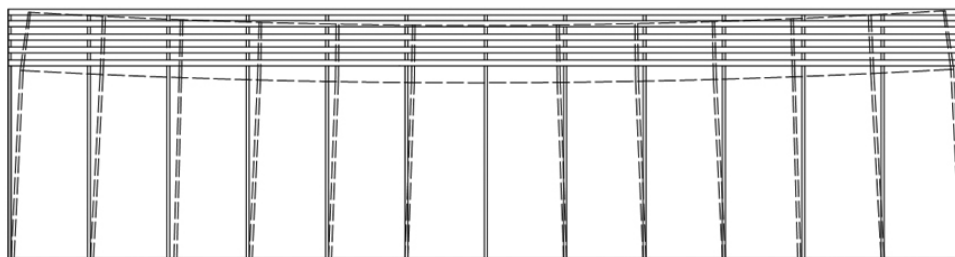
تأثیرات درجه حرارت روی انبساط و انقباض سقف سوله مستند گردیده اند (مرجع B12.6) در هر حال بارهای زیاد ناشی از تغییر درجه حرارت در بست هایی که پانل های صفحه ای را بر پرلین های سقف سوله ها متصل می نماید و مکانیزم واقعی عکس العمل سازه ای و توزیع فضائی بارهای اتصال دهنده هنوز بخوبی درک نشده اند. بعلاوه درجه حرارت های ناشی از اشعه خورشید در طول ساعات روز و انعکاس مجدد سرمایشی در طول شب قبلاً اندازه گیری نشده است و روش های تحلیلی برای پیش بینی درجه حرارت سطحی پوسته ارائه شده است. MBMA برای دستیابی به اطلاعات بیشتری درباره این پدیده در طول سال های ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۳ مسئولیت تلاش های تحقیقی گسترده ای را برعهده گرفته است. تحقیقات تحلیلی و مطالعات میدانی برای یک ساختمان سوله همراه با آزمایشات آزمایشگاهی در مقیاس کامل به عمل آمده است و نتیجه نهائی این تحقیقات در دو گزارش بوسیله محققین منتشر شده است (مراجع B12.1 و B12.4)

در گزارش اول در «قسمت ۱» تحت عنوان درجه حرارتهای حد نهایی پوسته سطحی حاصل از اشعه خورشیدی و تشعشع مجدد سرمایشی به روشهایی برای پیش بینی درجه حرارتهای پوسته سطحی پانل های دیوار و سقف بعنوان تابعی از پارامترهای ساختمان و

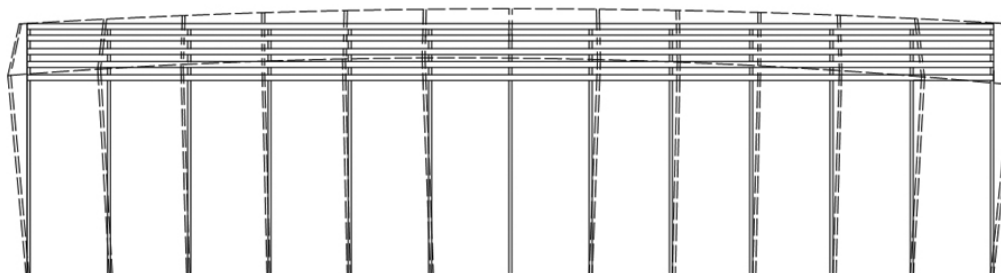


شرایط آب و هوایی همراه با یک موقعیت خاص جغرافیایی اشاره شده است. در گزارش دوم در «قسمت ۲» تحت عنوان عکس العمل سازه‌ای سیستم سقف سوله ها نیز توجه خاصی به عکس العمل سازه‌ای سیستم سقف یک سوله به عمل آمده و یک مدل اجزاء محدود دو بعدی (FEM) با توانایی ارزیابی بارهای حرارتی واقعی تولیدی در اجزاء مختلف (پنل، پرلین ها و اتصالات) یک سقف فلزی معمولی بسته سوله ارائه گردیده است. یک مدل ساده یک بعدی خطی از تیر شیروانی نیز ارائه شده است که می توان از آن برای پیش بینی بارهای حرارتی تولیدی در پرلین و ورود آنها به اتصالات پرلین ها برای انواع مختلفی از سیستم سقف های بسته سوله ها استفاده کرد. نهایتاً نتایج مطالعات پارامتری بعمل آمده با استفاده از مدل اجزاء محدود با دیدگاه کاهش تاثیرات انقباض و انقباض ارائه گردیده اند. اندازه و توزیع فضائی بارهای اتصالات برای تعدادی از سیستم های سازه ای سقف نیز داده شده اند.

MBMA بر پایه نتیجه نهایی تحقیقات فوق اعمال محدودیت طولی ۶۶ متری برای هر سازه سوله جداگانه را پیشنهاد کرده است. این مقدار در ایران با حاشیه امنیت محافظه کارانه ۶۰ متر پیشنهاد می شود.



تاثیرات اسکلت سوله بر اثر انقباض



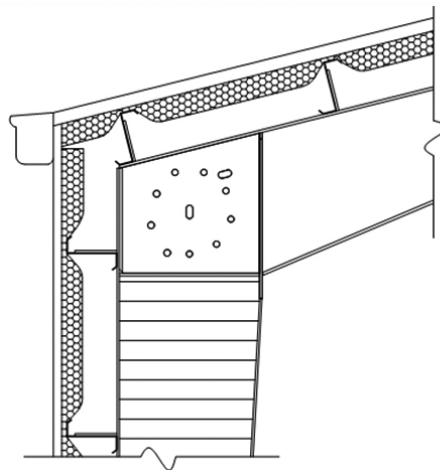
تاثیرات اسکلت سوله بر اثر انبساط



◀ A6: عایق‌بندی حرارتی و پدیده چگالش در سوله‌ها

● A6.1: کلیات

بقاء انرژی یکی از مسائل مهم مالکیت ساختمان و طراحان سقف به ویژه در ساختمانهای صنعتی و سوله‌ها است. برای عایق‌بندی سیستم‌های ساختمان سوله‌ای طرح‌های مختلفی وجود دارد ولی متداولترین آنها طرح عایق‌بندی پشم شیشه‌ای و طرح عایق‌بندی ساندویچ پنل است. بعلاوه سیستم‌های خاص متعددی در بازار وجود دارد که برای برخی از کاربردهای خاص بسیار مناسب هستند.



● A6.1.1: اصول اساسی انتقال حرارت

انتقال حرارت عبارتی است که معمولاً برای نشان دادن حرکت انرژی حرارت از یک ناحیه به ناحیه دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. به حداقل رساندن انتقال حرارت در واقع نقشی است که مواد عایق‌بندی در حفظ بقاء انرژی ایفاء می‌نمایند. نیروی حرکت برای انتقال حرارت، تفاوت درجه حرارت بین دو ناحیه یا بین سطوح است و در یک مسیر از گرم به سرد بوقوع می‌پیوندد. سه مکانیزم اساسی انتقال حرارت را به شرح زیر می‌توان خلاصه کرد:

۱- **رسانائی یا هدایت:** فرآیندی است که حرارت از آن طریق در میان یک جسم جامد منتقل می‌شود، حرارت از طریق تماس معکوس در میان ماده حرکت می‌کند.



- ۲- همرفتی یا جابجائی: انتقال حرارت از طریق یک سیال متحرک مانند هوا یا آب انجام می‌گیرد. در این نوع مکانیزم انتقال، حرارت بوسیله یک سیال متحرک جذب می‌شود و به جسم دیگر منتقل می‌گردد.
- ۳- تشعشع: انتقال حرارت بوسیله امواج الکترومغناطیسی انجام می‌گیرد.

● 6.1.2.A: اندازه‌گیری انتقال حرارت

مقدار حرارت انتقالی برحسب واحد حرارت انگلیسی BTU (بریتیش ترمال یونیت) اندازه‌گیری می‌شود. یک BTU (بی تی یو) معادل با مقدار انرژی مورد نیاز برای بالا آوردن یک درجه فارنهایت در یک پوند آب است. برای اندازه‌گیری توانائی یک ماده در عبور جریان از خود از خصوصیات متعدد درون ارتباطی استفاده می‌شود.

هدایت حرارتی (c) عبارت است از شدت حرارتی بر حسب BTU بر ساعت که به موجب آن حرارت در میان یک ماده عایق جریان می‌یابد. موادی که دارای مقادیر هدایت حرارتی کمتری هستند حرارت کمتری در میان آنها جریان می‌یابد.

مقاومت حرارتی (R) عبارت از وسیله‌ای برای اندازه‌گیری توانائی مقاومت یک ماده در مقابل عبور حرارت است. موادی که مقدار مقاومت آنها بیشتر است حرارت کمتری در میان آنها جریان پیدا می‌کند. مقاومت حرارتی عکس هدایت حرارتی است.

مقاومت کل (R) برای سیستم‌های چند لایه‌ای مجموعه مقاومت انفرادی هر لایه است.

انتقال حرارتی (u) عبارت از شدت کل حرارتی می‌باشد که در میان یک سقف یا مجموعه دیوار مورد نظر جابجا می‌شود. مقدار u کمتر بیانگر آن است که حرارت کمتری در میان یک مجموعه بجریان می‌افتد. انتقال حرارتی (u) عکس مقاومت کل (R_p) است.



● ASHRAE 90.1: A6.2.1

استاندارد ASHRAE 90.1 برای ضروریات طراحی جهت استفاده موثر از انرژی در ساختمان‌های جدید مسکونی باستانی ساختمان‌های مسکونی منفرد و چند خانوار سه طبقه‌ای یا کمتر تدوین گردیده است. ASHRAE 90.1 موارد زیر را در ارتباط با انرژی دربر می‌گیرد: (۱) روشنایی، (۲) نیروی الکتریکی، (۳) سیستم‌ها و تجهیزات HVAC، (۴) سیستم‌ها و تجهیزات آبگرمایی، (۵) مدیریت انرژی، (۶) پوشش ساختمان.

بحثی که در اینجا مطرح می‌گردد محدود به ضرورت‌های پوشش ساختمانی است. ASHRAE 90.1 دارای آیتم‌هایی است که طراح سوله با استفاده از آنها می‌تواند مقبولیت طرح و اجرای ساختمان سوله را نشان دهد. این گزینه‌ها شامل (۱) معیارهای تجویزی، (۲) معیارهای عملکرد سیستم‌ها، و (۳) روش بودجه هزینه انرژی ساختمان، هستند. معیارهای تجویزی الزامات طراحی را بصورت کلی تر و ساده تر عنوان میکند ولی ممکن است به نتایج محافظه کارانه‌تری منجر گردند. برای کسب اطلاعات بیشتر به کتاب مبانی ASHRAE مراجعه نمائید.

● A6.2.2: مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان در سال ۱۹۹۱ در هیئت وزیران به تصویب رسید. از آنجا که رعایت قانون اصلاح مصرف انرژی و مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان الزامی است، ذکر مفاد آن در این بخش بدلیل گستردگی موضوعات میسر نیست و خواننده محترم را به کتاب مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ارجاع می‌دهیم.

● A6.3.1: عایق بندی لبه های کناری سوله ها

عایق‌بندی لبه یا محیط اصولاً برای کاهش انتقال حرارتی در محیط اطراف ساختمان سوله، لحاظ نمودن ضروریات مختلف کد انرژی، و حفظ راحتی و آسایش در مناطق تحت تاثیر است. عایق‌بندی لبه ها در حد نهایی شرایط آب و هوایی را می‌توان برای



حفاظت از پی ساختمان در مقابل تورم ناشی از یخبندان استفاده نمود.

در ارتباط با یک دال تپیک روی یک سطح شیب دار، افت های حرارتی عمدتاً در نزدیک تقاطع دال با پی و بمقدار کمتری در زیر سطح مذکور بوقوع می پیوندند. عایق بندی حرارتی لبه ای یا پیرامونی موجب می گردد که اتلاف انرژی در این مسیر به حداقل ممکن کاهش پیدا کند.

● 6.3.2 A : عملکرد عایق بندی درجا

عایق بندی علی رغم روشی که برای نشان دادن راه حل قابل قبول بکار برده می شود دارای مقدار مشخصی از مقاومت حرارتی یا (R) است. MBMA و انجمن تولیدکنندگان مواد عایق بندی آمریکای شمالی (NAIMA) کاهش راندمان حرارتی ناشی از فشردگی عایق روی قاب سازه ای سوله را مورد تحقیق قرار داده اند.

این تحقیق به تدوین یک استاندارد کلی صنعتی از عملکرد حرارتی برای سوله ها منجر گردیده است که تحت عنوان مقادیر U خوانده می شود. آزمایشات با استفاده از «وی نیل - پرلین» PCF انجام گرفته اند. شکل پرلین، فاصله اتصال دهنده و شکل و ترکیب پانل در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفته اند.

NAHMA معادله ای را برای برآورد مقادیر اسمی U در سیستم های دیگر عایق بندی تحت فشار پیشنهاد کرده است. این معادله می تواند برای برآورد مقادیر U در سیستم هایی که عایق آنها از نوع پشم شیشه می باشد و ضخامت آنها حداکثر ۶ اینچ است بکار برده شود. معادله مذکور بشرح زیر است:

$$U = 0.012 + \left(\frac{0.255}{0.31R_F + t} \right) \times \left(1 - \frac{N}{L} \right) + \frac{N}{L} (0.198 + 0.065n)$$



حروف و علائم بکار رفته در مبادله فوق بشرح زیر تعریف می‌شوند:

■ U = مقدار U برحسب بی تی یو بر (ساعت $\times$ فوت $\times$ مربع $\times$ درجه فارنهایت)

■ RF = مجموع مقاومت های لایه هوای داخلی و خارجی برحسب (ساعت $\times$ فوت $\times$ مربع $\times$ درجه فارنهایت) بر بی تی یو. t = ضخامت عایق برحسب اینچ.

■ L = طول مقطع ساختمان عمود بر پرلین‌ها یا تیرها برحسب فوت.

■ N = تعداد پرلین‌ها یا تیرهایی که به وسیله بعد L احاطه گردیده‌اند.

■ n = تراکم اتصال دهنده برحسب تعداد در فوت

تشخیص این موضوع که فرآیند تولید مورد استفاده برای لایه‌بندی یک مانع بخار در عایق پشم شیشه معمولاً مقدار R تئوریک عایق‌بندی غیرسطحی را کاهش می‌دهد نیز حائز اهمیت است. روش‌های تعیین مقدار R عایق‌بندی غیرسطحی و نیز خصوصیات دیگر فیزیکی که در استاندارد 202.96 NAIMA مشخص گردیده‌اند بشرح زیر هستند:

۱- ASTM C653 برای تعیین مقاومت حرارتی (مقدار R)

۲- ASTM E84 برای تعیین خصوصیات اشتعال سطحی: که حداکثر مجاز شاخص گسترش شعله برابر با ۲۵ و حداکثر شاخص مجاز دود توسعه یافته برابر با ۵۰ است.

۳- ASTM C1104 برای تعیین جذب بخار آب: که بیش از ۵٪ وزنی نخواهد بود.

۴- ASTM C6607 برای تعیین خوردگی: عایق‌بندی خوردگی بیشتری از کنترل پنبه خشک استریل شسته شده نشان نخواهد داد.

۵- ASTM C665 برای مقاومت در مقابل قارچ‌ها: عایق‌بندی، رشدی بزرگتر از رشد مشاهده شده در آیتم کنترل مقایسه‌ای را نخواهد داشت.

۶- ASTM C665 برای انتشار بو.



۷- رواداری‌های ابعادی: طول (۰- اینچ) و عرض ($\pm \frac{1}{4}$ اینچ)

یک تولیدکننده مواد عایق‌بندی برای استفاده از گواهی NAIMA202 جهت محصولات خود باید پذیرش خود را در ارتباط با بازرسان مستقل و آزمایشات فهرست تصادفی اعلام نماید. با توجه به نیاز به لحاظ نمودن تأثیری که فرآیند لایه‌بندی روی عملکرد عایق‌بندی دارد اعضاء لایه ساز انجمن ملی عایق‌بندی (NIA) مشخصات مبتنی بر یک عملکرد را در راستای NAIMA202 تدوین کرده اند. این استاندارد جدید تحت عنوان NIA دارای خصوصیات فیزیکی شبیه به NAIMA202 می‌باشد و علاوه بر آن باید ضروریات ASTM C1136 را نیز در برداشته باشد. NIA400 اندازه دقیقی از مقدار R را با منظور نمودن تأثیر چسبنده‌های مورد استفاده برای اتصال ضخامت رویه کشی و غیربازیافتی که هنگام فشرده شدن عایق‌بندی در حین فرآیند رویه کشی از دست رفته است ارائه می‌دهد. این در استاندارد NIMA202 , NIA404 گواهی ضروری عایق‌بندی پشم شیشه ساختمان فلزی را بگونه‌ای که باید به محل کار تحویل داده شود تأمین می‌نمایند.

■ پذیرش ASHRAE90.1 برای ساختمان‌های فلزی و سوله‌ها

انجمن آمریکای شمالی تولیدکنندگان مواد عایق‌بندی (NAIMA) برخی از سیستم‌های تجویزی را در نشریه خودشان تحت عنوان «پذیرش ASHRAE90.1 برای ساختمان‌های فلزی» ارائه داده‌اند. روش مذکور شامل تعیین ضرورت مقدار U تصریحی بوسیله ASHRAE90.1 براساس موقعیت جغرافیایی ساختمان و پس از آن انتخاب یکی از سیستم‌های تجویزی عایق‌بندی و ضخامت در راستای لحاظ نمودن ضروریات است. در این ارتباط چهار سیستم ارائه شده در کتاب درسی بنیانی ASHRAE بشرح زیر تجزیه و تحلیل می‌شوند:

■ سیستم I- عایق‌بندی روی پرلین‌های سوله‌ها

رول عایق پشم شیشه عمود بر قسمت خارجی قاب سازه‌ای (پرلین‌ها یا لاپه‌ها) گسترده می‌گردد و سپس روکش فلزی به قاب نگهدارنده عایق در جایگاه خود بسته می‌شود. عیب این روش در آن است که عایق‌بندی در میان قاب فشرده می‌شود و بنابراین راندمان کلی حرارتی سیستم کاهش می‌یابد. این عایق‌بندی معمولاً بازدارنده عبور بخار می‌باشد و ضمن ایجاد بازتابندگی نوری دارای ظاهر جذابی نیز می‌باشد.



■ ■ سیستم II- نصب عایق بین پرلین‌های سوله‌ها

این روش برای عایق‌بندی‌های ضخیم مناسب است و مسئله تراکم پذیری عایق را که در سیستم اول وجود دارد از میان برمی‌دارد. عایق رویه یا سطح بجای عمود بر پرلین‌ها بین آنها قرار می‌گیرد. برای اینکار بمنظور مهار عایق لازم است شبکه‌ای از باندهای نواری ایجاد گردد. همچنین عایق مانع بخار باید روی قالب‌بندی قرار گیرد و برای ایجاد پیوستگی لازم است که مانع همپوشی داشته باشند. در هر حال مشکل پل زدن حرارتی در میان اعضا سازه‌ای در تماس مستقیم با ورق‌های پوششی فلزی راندمان کلی حرارتی را پایین می‌آورد. اغلب تولیدکنندگان ساختمان فلزی و سوله‌ها بر این باورند که سیستم اتصال عایق درون سقفی در محاسبات طراحی آنها موجب مقاومت پرده‌ای (دیافراگمی) می‌گردد و نیز امکان مهار جانبی برای پرلین‌ها را فراهم می‌آورد. با توجه به همین واقعیت است که تولیدکننده سیستم سقف باید هنگام استفاده از بلوک‌های عایق حرارتی فاصله انداز در میان سیستم اتصال درون سقفی مورد مشورت قرار گیرد.

■ ■ سیستم III- عایق روی پرلین‌ها یا تیرچه‌های میله‌ای با بلوک‌های فاصله‌انداز

در این سیستم از عایق‌بندی روکش روی پرلین‌ها و عمود بر آنها یا تیرچه‌های میله‌ای بگونه‌ای که در سیستم (I) شرح داده شده است استفاده می‌شود. آنگاه فاصله دهنده‌ای بلوکی حرارتی روی پرلین‌ها یا تیرچه‌های میله قرار می‌گیرند تا بعنوان جبران کننده عایق فشرده عمل نمایند. متعاقباً می‌توان از عایق فیلتری پتوی پشم شیشه فاقد روکش اضافی بین پرلین‌ها و روی اولین لایه عایق سطح برای پر کردن فضای حاصل از فضاهای مجوف ورقه‌ای سقف استفاده نمود.

■ ■ سیستم IV- استقرار دو لایه عایق بین پرلین‌ها با بلوک‌های فاصله‌انداز

این سیستم در واقع نوع پیشرفته‌ای از سیستم دوم است. مشکل انتقال حرارتی در میان اعضاء سازه‌ای در تماس مستقیم با ورقه‌های دارای پوشش فلزی که قبلاً به آن اشاره شد با نصب بلوک‌های صلب حرارتی اسفنجی در بالای پرلین‌ها برای تامین گسیختگی



حرارتی برطرف می‌شود. در صورت نیاز می‌توان لایه دوم عایق روکش را نیز بین پرلین‌ها نصب کرد.

● A6.4 – فرآیند چگالش یا انقباض در سوله‌ها

فرآیند چگالش وقتی بوقوع می‌پیوندد که هوای مرطوب گرم‌تر با سطوح سردتری نظیر اعضا قاب‌بندی سوله‌ها، پنجره‌ها و سایر لوازم کمکی و یا ناحیه سردتر درون پوشش عایق تماس پیدا کند (هرگاه رطوبت در بخار تعویقی نفوذ کرده باشد). هوای گرم که در مقایسه با هوای سرد از توانایی نگهداری رطوبت بیشتر برخوردار است این توانایی را هنگام برخورد و تماس با سطوح یا نواحی سرد و خنک از دست می‌دهد. در چنین شرایطی رطوبت اضافی در هوا به فرم چگالش یا تغلیظ رها می‌گردد. هرگاه این رطوبت در محل مجزایی جمع‌آوری گردد مقدار رطوبت محل مجزا شده کاهش پیدا می‌کند زیرا عایق رطوبتی یا قسمت مجزا شده دارای ضریب هدایت حرارتی مشابه با ضریب هدایت حرارت آب است.

هنگام بحث درباره چگالش می‌توان هوا را تحت عنوان مخلوطی از دو گاز یعنی هوای خشک و بخار آب تلقی کرد. یک هزار فوت مکعب هوا در ۷۵ درجه فارنهایت می‌تواند دارای $\frac{1}{4}$ پنیت آب باشد و هرگاه حرارت آن به ۴۵ درجه فارنهایت کاهش یابد فقط می‌تواند $\frac{0}{5}$ پنیت آب داشته باشد رطوبت نسبی عبارت از درصد اندازه مقدار بخار آب موجود در هوا در ارتباط با مقدار آبی است که هوای مذکور می‌تواند در آن درجه حرارت در خود نگهداری نماید. بنابراین 50% رطوبت نسبی بمفهوم آن است که هوا فقط نصف مقدار کل رطوبتی را که می‌تواند در همان رطوبت مشخص نگهداری نماید، حل می‌کند. هوای سرد بیرون از سوله معمولاً خیلی خشک‌تر از هوای گرم داخل سوله است. بدین ترتیب هرگاه هوای بیرون سوله وارد هوای داخل شود و با رطوبت آن مخلوط و رقیق گردد می‌تواند رطوبت نسبی داخلی را پایین بیاورد. هوا در رطوبت نسبی 100% در حالت اشباع قرار می‌گیرد. درجه حرارتی که سهواً در آن اشباع می‌شود و دیگر قادر به جذب رطوبت نمی‌باشد. تحت عنوان درجه حرارت نقطه شبنم خوانده می‌شود (برای کسب اطلاعات بیشتر بجدول A6.4.4.1 مراجعه نمایید). هنگامی که درجه حرارت هوا به پایین‌تر از نقطه شبنم آن می‌رسد رطوبت مازاد بفرم تغلیظ یا چگالش رها می‌گردد. مسائل تغلیظ بااحتمال زیاد وقتی در آب و هوا مطرح می‌گردند که درجه حرارت بوفور تا ۳۵ درجه فارنهایت پایین بیاید و یا در یک دوره زمانی طولانی سردتر از ۳۵ درجه فارنهایت باقی بماند.



● A6.4.2 – کنترل چگالش یا تغلیظ در سوله ها

برای وقوع فرآیند چگالش دو چیز باید وجود داشته باشد که یکی از آنها هوای مرطوب و دیگری درجه حرارت سطح آب در زیر نقطه شبنم است. کنترل مناسب این دو عامل می تواند چگالش را بحداقل برساند. در سوله ها ما با دو زمینه یا موقعیت متفاوت مواجه هستیم که یکی از آنها چگالش قابل رویت و دیگری چگالش مخفی یا نهفته است. چگالش قابل رویت روی سطوحی که دارای درجه حرارت زیر نقطه شبنم هستند بوقوع می پیوندد و چگالی مخفی وقتی ایجاد می شود که رطوبت از میان مناطق داخلی عبور می کند و سپس روی یک سطح در زیر درجه حرارت نقطه شبنم غلیظ می گردد.

● A6.4.2.1 – چگالش قابل رویت

برای کنترل موثر چگالش قابل رویت لازم است که مساحت سطح سرد در نقاطی که ممکن است بوقوع بپیوندد کاهش پیدا کند. بحداقل رساندن درصد رطوبت هوا در یک سوله با استفاده از طرح سیستم های مناسب تهویه حائز اهمیت است.

● A6.4.2.2 – چگالش مخفی

مقابله با چگالش مخفی بسیار مشکل است و می تواند برای هر نوع سازه زیانبار باشد. این نوع چگالش را با استفاده مناسب از تاخیراندازهای بخار و یا بحداقل رسانی درصد رطوبت در فضای داخلی سوله ها از طریق تهویه مناسب می توان در سوله ها کنترل کرد. با تعبیه پنجره در محل حفره های دیوار و سقف می توان چگالش را بیشتر کنترل کرد.

● A6.2.3 – تاخیراندازهای بخار

برای جلوگیری از عبور هوای مرطوب گرم تر در میان نواحی سقف یا سیستم دیوار از یک تاخیرانداز بخار استفاده می شود. انتخاب



مناسب و نصب تاخیرانداز می‌تواند به مسائل کنترل تغلیظ یا چگالش کمک نماید. تاخیراندازهای بخار با مقدار رطوبتی که می‌تواند از میان آنها عبور نماید واسنجی می‌شوند. هرچه این نسبت اسمی که تحت عنوان «rating Perm» خوانده می‌شود کمتر باشد بخار کمتری منتقل می‌گردد و تاخیرانداز بخار موثرتر می‌شود. موادی که دارای «پرم ری تینگ» 0.5 و بیشتر می‌باشند در شرایط وجود رطوبت بالا هوا و یا مرطوب بودن ممکن است مواد مناسبی نباشند و موادی که «پرم ری تینگ» آنها برابر با ۱ یا بالاتر باشد تحت عنوان موادی که دارای حداقل سطح تاخیراندازی بخار می‌باشند تلقی می‌گردند. انواع مختلف تاخیراندازهای بخار را بشرح زیر می‌توان خلاصه کرد:

۱- غشاءهای سازه‌ای، از جمله ورقه‌های سازه‌ای صلب یا سایر مواد نفوذ ناپذیر.

۲- غشاءهای انعطاف‌پذیر، نظیر ورقه‌های نازک فلزی، کاغذهای روکش دار یا لایه‌های پلاستیکی. این غشاءها در ASTM F 96 - 96 با پرم یا کمتر واسنجی می‌شوند (معروف‌ترین تاخیراندازهای غشایی در صنعت سوله لایه‌های مجزای پتوی پشم شیشه هستند). وی نیل طرح سفید با پرم ری تینگ برابر ۱ بخصوص در ساختمان‌های دارای رطوبت نسبی زیاد یک تاخیرانداز بخار موثر نیست.

۳- غشاءهای روکش‌دار که شامل مواد رنگی هستند. انتخاب محل مناسب برای نصب تاخیر اندازهای بخار، بسیار مهم است. برخی از خطوط مهم هدایتی که برای اطمینان از عملکرد تاخیرانداز بخار باید دنبال شوند بشرح زیر هستند:

(۱) نصب تاخیرانداز بخار در سمت گرم سطح مجزای عایق‌بندی. تاخیر انداز بخارها نباید در بالای هیچ نوع دیگری از تاخیرانداز در سطح تراز سقف مورد استفاده قرار گیرد.

(۲) هنگام نصب یک نوع غشاء در هر نوع سازه باید اطمینان حاصل گردد که تمام شیارها، همپوش‌ها و درزها بنحو مطلوب آب‌بندی شده باشند. یک تاخیرانداز بخار را با استفاده از چسب، نوار یا بست و بخیه می‌توان آب‌بندی کرد. یکی از روش‌های بست و بخیه زدن در شکل A6.4.2.1 شرح داده شده است.

(۳) حسب مورد نوع تاخیرانداز غشائی باید اطمینان حاصل گردد که هرگونه مگنه سوراخ کن یا شکافنده تعمیر شده باشد.



نظر باینکه تمایل روبه رشدی در ارتباط با افزودن عایق به ساختمان‌های فلزی و سوله‌ها وجود دارد تاخیرانداز بخار یکی از مسائلی بحرانی تلقی می‌گردد. یکی از متداول‌ترین روش‌ها، افزودن یک لایه اضافی عایق به بال زیرین سیستم پرلین است. بدین ترتیب یک فضا در جایی که رطوبت نهفته هوا وجود دارد می‌تواند ایجاد گردد و هرگاه یکپارچگی نزدیکترین تاخیرانداز بخار جدید به سطح عایق گرم ساختمان حفظ نشده باشد، می‌تواند در آنجا تجمع و ذخیره شود.

● 6.2.4 A – علائم چگالش یا تغلیظ

■ ۱- چگالش قابل رویت سطح

تغلیظ در سطوح بیرون زده سرد بوقوع می‌پیوندد.

a – آب، برفک یا شبنم یا یخ روی پنجره‌ها، درها، قاب‌ها، سقف‌ها، دیوارها، کف‌ها، تاخیراندازهای بخار عایق‌بندی، نورگیرها، لوله‌های آب سرد و یا بخاری سردکننده.

■ ۲- چگالش مخفی حفره‌ای سازه‌ای

a- نقاط مرطوب و نم‌دار، لکه و زنگ زدگی، قارچ و یا کپک روی دیوارها یا سقف‌ها.

b – لایه زمانی از سطوح لایه بندی، حباب‌ها یا تاول‌ها در سطوح آسفالتی و پوسته‌ای شدن رنگ‌ها.

c- عایق رطوبت.

● 6.4.5 A – کنترل چگالش یا تغلیظ

دستورالعمل راهنمای کنترل مسائل تغلیظ که در این قسمت فهرست گردیده‌اند در جدول A6.4.5.1 ارائه گردیده است.



۱- محدود نمودن مقدار بخار آب در قسمت گرم در فضای داخلی سوله به طرق زیر:

- a- تامین یک مسیر اصلی زهکشی با استفاده از سنگ خرد شده یا شسته در زیر سطح شیب دار دال برای جلوگیری از نفوذ رطوبت در میان ساختمان از طریق دال.
- b- تعبیه زهکشی کافی جهت جلوگیری از بالا آمدن آب زیرزمینی.
- c- دور نمودن بارندگی و آب مذاب ناشی از برف‌ها از پی.
- d- تهویه تمام دستگاه‌های مکانیکی گرمازا با تخلیه کننده‌های محصولات فرعی اکسیژن - هیدروژن .
- e- کاهش رطوبت زائی مکمل داخلی.
- f- آگاهی از این موضوع که ریختن بتون در میان یک سازه نصب شده جدید می‌تواند مسایلی خاصی را بدنبال داشته باشد.

۲- بوسیله عایق‌بندی

یک طرح مناسب عایق‌بندی درجه حرارت سطوح را بنحوی موثر و مطلوب در میان پوش ساختمان بالا می‌برد و در بالاتر از درجه حرارت نقطه شبنم نگه می‌دارد. این کار با کنترل افت حرارت در جوانب خارجی بیرون زده سطوح مذکور انجام می‌گیرد. در هر حال عایق افزوده در بالای یک سقف موجود باید در سطح تراز سقف موجود قرار گیرد و در صورت امکان در مقابل سقف تقویتی تعبیه نشود. فضای کافی برای تهویه ضروری است زیرا هرگونه هوای گرمی که محصور می‌گردد می‌تواند در سقف فلزی سرد سوله ها تغلیظ شود.

a- تامین عایق‌بندی اضافی در حفرات سقف و یا دیوار سوله یا از میان برداشتن رطوبت موجود یا تعویض مواد عایق‌بندی خیس شده در آب درون این حفره‌ها.

b- نصب پنجره‌های لعابدار شیشه‌ای دوبل یا سه تائی و یا پانل‌های عایق رگباری با قاب‌های ضد گرما.

c- نصب درهای عایق.



d- نصب نوار عایق (یا تاخیرانداز بخار خارجی) در اطراف لوله‌های سرد و یا غلاف مجازی هوا.

e- عایق بندی آن قسمت از لبه‌های دال کف که در معرض درجه حرارت‌های خارجی قرار می‌گیرند با ترکیبی از تخته چند لایه سخت فشرده عایق.

f- رنگ آمیزی سطوح مستعد به چگالش یا تغلیظ با رنگ‌های جاذب رطوبت.

■ ■ ■ ۳- با تاخیراندازهای بخار

تاخیرانداز بخار یک غشاء مقاوم به بخار از لایه پلی اتیلین، ورقه نازک آلومینیومی، رنگ، لایه آسفالتی و یا لعابی، کاغذ ساختمان اشباعی آسفالتی با نفوذپذیری کمتر از یک پرم است. نظر باینکه غشاء موثر نوعی آب‌بندی برای جلوگیری از بخار آب موجود در توده هوای درون حفرات است لذا لازم است پیوسته و بدون بریدگی باشد. تمام درزها و شیارها باید همدیگر را پوش دهند و آب‌بندی شوند و قابل اطمینان گردند.

a- تاخیرانداز بخار باید در سمت سطح گرم تمام مواد عایق بکار گرفته شود و یا تعبیه شود. تاخیرانداز را می‌توان بصورت یک لایه روی فیبر عایق قرار داد. تمام درزها در زیر مجاری دال‌ها، روزنه‌های اطاق زیر شیروانی، ضمائم سقف یا دیوارهای دیگر سوله، منافذ سقف و کف باید بنحو کاملاً مطلوب و مناسب آب‌بندی شوند.

b- یک پوشش زمینی مقاوم به بخار روی سطوح بیرون زده داخلی زمین قرار دهید.

c- یک تاخیرانداز بخار بین قسمت زیر کف‌بندی و دال زمین تعبیه نمایید.

d- یک تاخیرانداز تمیز بخار روی دریچه‌های نورگیر و عایق‌های آب‌بندی سمت گرم قرار دهید.

e- یک تاخیرانداز بخار روی هر دو طرف عایق ساختمان‌ها همراه با فضای خنک کننده تحت کنترل و نیز در سوله‌های سردخانه و انبارهای خنک برای جلوگیری از چگالش داخل عایق‌بندی نصب نمائید.



■ ■ ■ ۴- از طریق تهویه

رقیق کردن یک توده هوای مرطوب داخلی با هوای خشک بیرونی با هدف پایین آوردن رطوبت نسبی توده هوا. تهویه بالای سقف موجود سوله در کاربردهای تقویتی در شرایطی که موارد زیر با وسایل کافی تاخیراندازهای بخار حذف شده باشند الزامی نخواهد بود. مقادیر طبیعی بخار آب حاصل از تبادل هوای خارج بدون هیچگونه تاثیری از بین می‌رود.

a- تهویه سمت سرد

تهویه حفره‌های خارجی اجزاء سازه‌ای ساختمان (حفره‌ها در سمت سرد پوشش عایق که در جداره پیرامونی سوله جا میگیرند). برای هر ۳۰۰ فوت مربع مساحت همرفتی حفره باید یک فوت مربع سطح پنجره باز در نظر گرفته شود. برای اینکه جریان ورودی هوا در سراسر پنجره بخوبی ایجاد گردد لازم است که پنجره‌ها از توزیع یکنواخت روزنه‌ها برخوردار باشند و همچنین برای جلوگیری از ورود حشرات و باران به حفرات و روزنه‌های دیگر به توری مجهز گردد.

۱- در نقاط زیر شیروانی در سوله، مجاری تهویه لبه و قرنیز را تعبیه نمائید.

۲- خط تهویه برای قاعده و قرنیز مربوط به حفره‌های دیوار را تعبیه نمائید.

۳- پنجره‌های بازشو تهویه برای نقاطی که در پوشش پیرامونی ساختمان برآمدگی ایجاد میکند را نصب کنید.

۴- پنکه‌های هواکش خروجی را نصب نمائید.

b- تهویه سمت گرم

مجاری تهویه پوشش داخلی سوله.

۱- دستگاه تهویه از نوع همرفتی را نصب نمائید.



- ۲- با حفظ فاصله تغییر دهنده هوای خارجی با سیستم‌های حرارتی و توزیع گرما را در صورت نیاز نصب نمائید.
- ۳- پنکه‌های هواکش خروجی را نصب کنید (توجه: خط تاثیر مرزی عمدتاً به تراوش و نفوذ تغییر هوا بستگی دارد).

● A6-5 - تهویه

تمام ساختمان‌های فلزی سوله به سطحی از تهویه نیاز دارند و مسئولیت این تهویه غالباً بر عهده سازنده سوله است. فقدان تهویه می‌تواند شرایط کاری نامطلوبی را در میان سطوح گرم مرتفع و هوای مانده و بودار ایجاد نماید. همچنین می‌تواند در مسائل چگالش سهیم باشد. تهویه را با تعداد دفعاتی در هر ساعت که هوای داخلی سوله با هوای خارج از سوله جابجا می‌شود به بهترین وجه می‌توان انجام داد. این موضوع تحت عنوان جایگزینی هوا در ساعت بیان می‌گردد. تعداد جایگزین مورد نیاز هوا در ساعت با توجه به نوع کاربرد در حد قابل توجهی تغییر می‌نماید. بموجب یک قانون سرانگشتی برای یک سوله انبار ۳ تا ۵ جایگزینی هوا در هر ساعت، برای یک سوله کارخانه تولیدی سبک ۵ تا ۱۰ جایگزینی هوا در هر ساعت، برای یک سوله کارخانه تولیدی سنگین ۱۰ تا ۲۰ جایگزینی هوا در ساعت مورد نیاز است. روش تعیین نیاز جریان ورودی هوا را بشرح زیر می‌توان خلاصه کرد:

فرض کنید یک سوله به عرض ۱۰۰ فوت، طول ۲۵۰ و ارتفاع ۳۰ فوت برای مونتاژ و انبار تولیدات سبک در دسترس باشد. اولین کاری که باید انجام گیرد تعیین حجم کل ساختمان است.

$$\text{حجم کل ساختمان برحسب فوت مکعب فوت} = ۱۰۰ \times ۲۵۰ \times ۳۰ = ۷۵۰/۰۰۰$$

در مرحله بعد باید جریان کل هوا را با توجه به جایگزینی هوا تعیین کرد. CFM عبارت اختصاری مدت مکعب جریان هوا در هر دقیقه است.



۶۰ دقیقه / ۵ تغییر هوا $750/1000 \text{ ft}^3 = 60 \text{ دقیقه}$ / تغییرات هوا $\times$ حجم هوا بر حسب فوت مکعب CFM

فوت مکعب در دقیقه $\text{CFM} = 62500$

بنابراین لازم است ۶۲۵۰۰ فوت مکعب هوا در هر دقیقه براساس ۵ بار جایگزینی در هر ساعت در میان این سوله جریان پیدا کند (بحرکت درآید) تا تهویه مناسب برقرار گردد. برای محاسبه میزان بازشو جهت ورود هوا به ساختمان و خروج هوا از آن لازم است که مقدار اضافه‌تری نیز در نظر گرفته شود. از طرفی جریان هوا باید بخوبی در سراسر ساختمان سوله توزیع گردد.

روش‌های معمولی بحرکت درآوردن هوا شامل مجرای تخلیه هوا و هواکش خروجی و تامین پنک‌های هوا، تهویه کننده‌های حاشیه‌ای و دریچه‌های تهویه‌ای هستند.

● A6.6 – سقف‌های سرد در سوله‌ها

بطور کلی رنگ‌های روشن‌تر در مقایسه با رنگ‌های تیره‌تر می‌توانند نور بیشتری را منعکس نمایند زیرا رنگ‌های تیره‌تر، توانایی جذب نور بیشتری را دارند. این اصل برای محصولات سقفی نیز صدق می‌کند. درجه حرارت‌های بالا روی سطح سقف می‌تواند از طریق فرآیند هدایت حرارت، درجه حرارت داخلی پوشش ساختمان را بالا ببرند. همین خصوصیت موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای در خنک کردن ساختمان می‌شود. با توجه باینکه بخش عمده‌ای از انرژی از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی تامین می‌گردد بنابراین تقاضای بیشتر برای انرژی می‌تواند مستقیماً همراه با آلودگی هوا، انتشار گازهای گلخانه‌ای، باران‌های اسیدی و نهایتاً افزایش گرمای جهانی گردد. این مسئله در ترکیب با پدیده‌ای که تحت عنوان «اراضی گرم شهری» خوانده می‌شود بعلت جذب اشعه بوسیله سطوح اراضی اطراف و فقدان پوشش گیاهی شرایط حادثتری را بخود می‌گیرد. در پدیده مذکور درجه حرارت هوای اطراف گروهی از ساختمان‌ها درحد قابل توجهی بیشتر است. سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (EPA) اخیراً برنامه سقف ستاره‌ای انرژی خود را اعلام نموده است. تولیدکنندگان و کارخانه داران بموجب این برنامه مجازند که از برچسب ستاره انرژی روی تولیدات سقف‌های انعکاسی که منطبق بر مشخصات مستحکم EPA برای انعکاس اشعه‌های خورشیدی می‌باشند استفاده نمایند. تجربه نشان داده است که سقف‌های دارای علامت ستاره از قدرت انعکاس اولیه ماده با حداقل ۶۵ درصد یا بزرگ‌تر برخوردار است



و می‌تواند قدرت انعکاس خود را برای یک دوره سه ساله حداقل در حد ۵۵ درصد باقی نگه دارد. موسسه آمریکایی آهن و فولاد (AISI) همراه با انجمن تولیدکنندگان ساختمان فلزی (MBMA)، انجمن ساختمان فلزی (MCA)، انجمن‌های آسترهای پوششی سیم پیچی (NCCA) و روش‌های اجرایی ورقه‌های گالوانیزه آمریکای شمالی (ZAC Nam) همگی مشمول یک پروژه در آزمایشگاه‌های ملی حاشیه بلوط (ORNL) می‌باشند که انعکاس پذیری خورشیدی پانل‌های فلزی با انعکاس پذیری مواد دیگری سقفی را مورد مقایسه قرار می‌دهد.

◀ A7- حفاظت در مقابل برق ناشی از رعد و برق

● A7.1 - مقدمه

مالکین سوله‌ها ممکن است بخواهند موضوع تامین حفاظت در مقابل رعد و برق را مورد توجه قرار دهند. تامین حفاظت در قبال رعد و برق برای یک سوله معمولی یک کار ساده و ارزان است ولی جبران غرامت‌های شخصی و حفاظت از تجهیزات هزینه‌های هنگفتی را تحمیل می‌کند.

● A7.2 - جایگاه (پست) زمینی

ماهیت سیستم‌های اتصال و ارتباط مورد استفاده در اغلب ساختمان‌های فلزی عملاً زمین‌هایی هستند که تمام پانل‌ها و لوازم فرعی را به سازه‌های اصلی متصل می‌کنند. بنابراین تنها کاری که باقی می‌ماند ارتباط دادن قاعده‌های سازه‌های اصلی به برخی از وسایل موثر زمینی است. سیم‌های زمینی روی ساختمان‌های کوچک از سازه‌های اصلی به وسیله زمین فقط باید به دو گوشه مقابل همدیگر وصل شوند. اتصالات در ساختمان‌های بلندتر باید در سازه‌های میانی حداکثر بفاصله ۱۰۰ فوت از همدیگر و نیز در هر گوشه در نظر گرفته شوند. ساده‌ترین روش بستن اتصالات فوق الذکر بوسایل زمینی، زیر خاک قرار دادن یک سیم مقاوم کوتاه در اطراف ساختمان و اتصال آن به هر خط سازه‌ای مناسب است. آنگاه این «خط اصلی» می‌تواند به زمین انتخابی منتهی گردد.



همیشه از سیم مقاوم کوتاه که ترجیحا مقاومت آن کمتر از مقاومت رسانای مورد استفاده برای اتصال زمین به تجهیزات الکتریکی در میان ساختمان می باشد استفاده نمائید.

● 7.3.A – وسایل اتصال به زمین

● 7.3.1.A – لوله اصلی آب

قابل اعتماد ترین و دائمی ترین وسیله اتصال به زمین با مقاومت کم، لوله اصلی آب چدنی زیرزمینی مفصل سربی است. اتصال به لوله اصلی شبکه آبرسانی می تواند تا فاصله ۷۵ فوتی از ساختمان تاثیرگذار باشد. هرگاه چنین لوله ای در دسترس نباشد یک اتصال زمینی به لوله آب رزوه دار یا فولاد جوشکاری شده به قطر ۳ اینچ یا بزرگتر کفایت می کند. اتصالات را با استفاده از گیره های مسی یا برنجی در محلی از روی لوله که عاری از مواد رنگی و یا مواد فرسایشی و زنگ زدگی می باشد برقرار کنید.

● 7.3.2.A – میله های فرورونده

میله ها یا لوله های فرورونده در میان برخی از انواع خاک ها یکی از وسایل موثر اتصال زمین با مزیت قیمت ارزان و نصب آسان هستند. میله ها باید از نوع فولاد با روپوش مسی و یا آهن گالوانیزه با قطر حداقل $\frac{5}{8}$ اینچ باشد. هرگاه قرار است از لوله استفاده بعمل آید توصیه می شود که از آهن گالوانیزه $\frac{3}{4}$ اینچ استفاده شود.

طول میله یا لوله تقریبا باید ۸ فوت بوده و کمتر از ۶ فوت نباشد. بکارگیری فقط یک میله فرورونده یا لوله ندرتا ممکن است برای خنثی سازی ضربه رعد و برق کفایت نماید و لذا برای دستیابی به مقاومت کم مطلوب زمین توصیه شده است که دو میله یا دو لوله بطور موازی و بفاصله حدود ۱۰ فوت از همدیگر برای اتصال زمین تعبیه گردد.



● 7.3.3 A – ورقه‌ها یا صفحات مدفون

از صفحات مدفون بعنوان وسایل اتصال زمین می‌توان استفاده نمود. این صفحات باید از نوع مسی با ضخامت $\frac{1}{16}$ اینچ و به مساحت حداقل ۹ فوت مربع باشد و در زیر سطوح تراز دائمی رطوبت همراه با دو فوت ذغال چوب یا ذغال کک شکسته در بالا و در زیر هر صفحه مدفون گردند.

● 7.4 A – توصیه‌های عمومی

در روش میله فروورونده و صفحه مدفون توصیه شده است که مقاومت زمین، آزمایش شود. بمنظور پایین آوردن مقاومت کلی سیستم مقدار مقاومت زمین بیش از ۵ اهم برای اغلب وسایل اتصال زمین بطور موازی بکار برده می‌شود. بسیاری از پیمانکاران الکتریکی می‌توانند مقاومت زمین در یک سیستم رعد و برقی را آزمایش نمایند. برای اطمینان از کافی بودن یکی از روش‌های مقابله با رعد و برق توصیه شده است که با یک مهندس متخصص محلی استفاده شود. آزمایشات دوره‌ای بوسیله تکنسین‌های متخصص موجب اطمینان از حفاظت دائمی در هرگونه سازه می‌گردد.

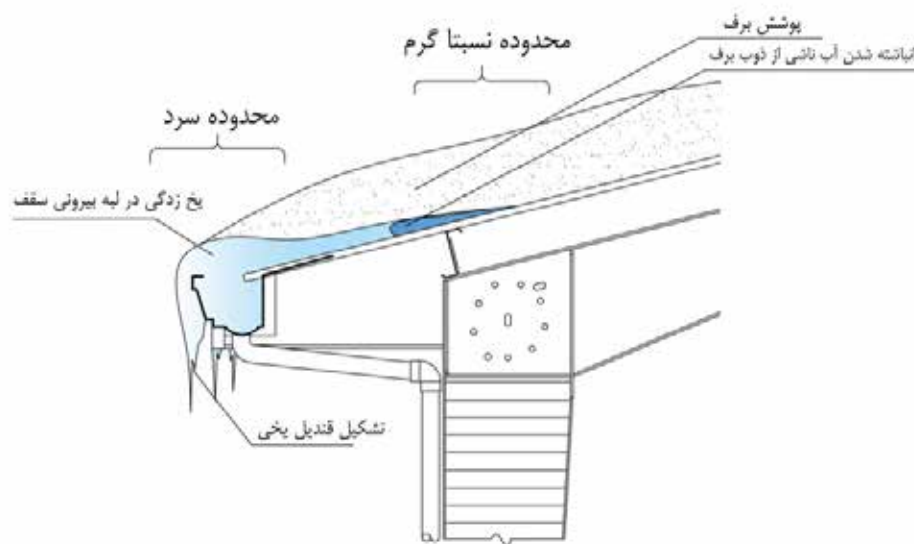
◀ 8 A – دفع برف (برف زدایی)

● 8-1 A – مقدمه

یکی از قطعی‌ترین شرایط آب و هوایی در ارتباط با سوله‌ها تشکیل برف و یخ روی سقف سوله است. جمع شدن برف تا هر عمق حائز اهمیتی که باشد بارهای روی سقف را تا حد قابل توجهی افزایش می‌دهد. ضمن اینکه بخش عمده‌ای از برف تمایل دارد که روی سقف‌های شیب‌دار بلغزد (سقف‌های دارای شیب بیش از ۴:۱۲) بخش قابل توجهی از آن نیز روی یک سطح سرد یا سطحی که قبلاً از برف پوشیده شده است باقی می‌ماند. برای جلوگیری از لغزش برف معمولاً وسائلی را در نقاط استراتژیک روی سقف قرار می‌دهند. برف با سهولت بیشتری روی سقف گرم بحرکت در می‌آید و علت آن ممکن است ناشی از تابش خورشید و یا افت حرارت



در میان سقف باشد. برف‌های نسبتاً کمی روی سقف‌های که شیب آنها کم است می‌لغزند.

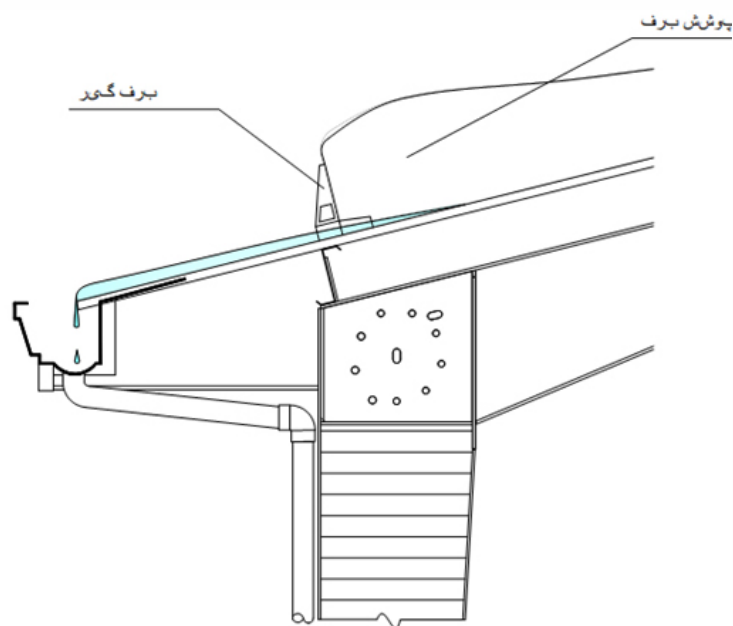


● A8.2 - زهکشی (تخلیه)

آبروهای شیروانی، ناودان‌ها و مجاری داخلی سقف امکان تخلیه تحت کنترل برف از سیستم سقف را فراهم می‌آورند. این مجاری باید همیشه باز بوده و آب بتواند بسهولة در میان آنها جریان پیدا کند. آبروها، ناودان‌ها و مجاری تخلیه در شرایط درجه حرارت سرد ممکن است یخ بزنند و موجب تشکیل یخ روی سقف سوله گردند.

این یخ زدگی موجب برگشت آب اضافی روی عرشه سقف می‌گردد. جریان‌های مذکور شرایط بارگذاری حد نهایی روی سیستم سقف سوله را بوجود می‌آورند. احتمال وقوع یخ زدگی بخصوص در سمت شمال ساختمان و در نقاط سایه دار آن وجود دارد. یکی از مراقبت‌های ساده‌ای که بعمل می‌آید تعبیه نوارهای حرارتی در میان آبراهه‌های شیروانی و ناودان‌ها است. این نوارها به بازماندن و جاری شدن آب در میان آنها کمک می‌کند.

در هر حال نوارهای حرارتی در شرایط درجه حرارت‌های کم حد نهایی ممکن است ۱۰۰٪ موثر نبوده و لازم است که بطور منظم چک شوند.



● A8.3 - زمان دفع برف

تعیین عمق خاصی از برف که بتوان سوله را برای حفاظت در قبال آن طراحی نمود امکان‌پذیر نیست زیرا چگالی برف متغیر می‌باشد و به شرایط هوا در حین ریزش برف و پس از آن بستگی دارد و نیز تحت تاثیر عمق کل برف در هر نقطه قرار می‌گیرد. با قابلیت تغییرپذیری چگالی برف امکان برقراری شرایط تجاوز از طرح‌هایی که با کدهای ساختمانی مشخص گردیده است وجود دارد. همچنین چگالی برف در اثر ذوب برف تغییر پیدا می‌کند. تمام آب‌هایی که روی سقف ریخته می‌شوند تخلیه نمی‌گردند زیرا لایه‌های زیرین برف مقداری از آب برف مذاب فوقانی را جذب می‌کنند. این پدیده به ایجاد یخ روی سقف سوله منجر می‌گردد و علت آن نیز تغییر درجه حرارت از روز به شب است. وزن برف تازه خیلی زیاد نیست و وزن هر متر مکعب آن بیش از ۱۰ تا ۱۲ پوند بر فوت مکعب (PCF) نمی‌باشد ولی وقتی متراکم می‌گردد چگالی آن در حد قابل توجهی افزایش می‌یابد و با آب سنگین‌تر می‌شود. چگالی معمولی برف روی یک سقف که به عمق آن بستگی دارد در محدوده بین ۱۶ تا ۳۰ پوند بر فوت مکعب قرار دارد. در



شرایطی که برف روی سقف یک سوله قرار داشته باشد و بارندگی بوقوع بپیوندد بارهای اضافی بسرعت می‌توانند توسعه پیدا کنند. برف در چنین شرایطی بعنوان یک اسفنج عمل می‌کند و بارها می‌توانند به وزن آب یعنی $62/4$ پوند بر فوت مکعب یا $5/2$ پوند بر فوت مربع (PCF) برای عمق یک اینچ نزدیک شوند. بندرت ممکن است یک فوت مکعب برف و آب با وزن یک فوت مکعب آب مساوی گردد زیرا آب پس از یخ زدن منبسط می‌شود. در هر حال این شرایط باید با دقت و مراقبت جدی تحت نظارت قرار گیرند. برف در مناطق اطراف دیوارهای دودکش ها، دیوارهای جان پناه، آبرو وسط شیب‌ها، پنجره‌های شیروانی‌ها، و روی سطوح پایین تر سقف سوله ها یعنی در جایی که یک پله ایجاد می‌گردد جمع می‌شود. تمام آئین نامه های ساختمانی فعلی برای طراحی شرایط ایجاد برف باید بگونه‌ای لحاظ گردند که بتوانند سیستم‌های سازه‌ای در این مناطق را در مقابل بارهای اضافی محافظت نمایند. در هر حال همانگونه که قبلا اشاره شد بعلت تغییرپذیری چگالی برف می‌توان برای برقراری شرایط تجاوز از طرح‌های مشخص با استفاده از آئین نامه های ساختمانی اقدامات لازم را انجام داد. اگرچه با دقت نمی‌توان عمق مشخصی از برف را تحت عنوان حداکثر عمق مطمئن تلقی کرد ولی می‌توان این عمق را بطور تقریبی برآورد نمود. گام اول آن است که اطلاعات مربوط به بار برفی را که ساختمان باید تحمل نماید از مالک ساختمان بدست آوریم. برای مثال یک سوله که برای بار برف 30 پوند بر فوت مربع طراحی شده است می‌تواند بار 18 اینچ برف با چگالی 20 پوند بر فوت مکعب را تحمل نماید و امکان دارد که بار آن با کمتر از یک فوت برف در شرایط مرطوب مازاد بر بار طراحی گردد.

البته تمیز کردن سقف سوله تنها راه رهایی از این مشکل است. در کتابچه دستورالعمل کارخانه (مرجع B2.44) توصیه شده است سقف‌ها وقتی از برف زدوده شوند که نیمی از عمق حداکثر ایمنی حاصل شده باشد. حداکثر عمق برف را می‌توان براساس بار برف طراحی و چگالی برف و یا تشکیل یخ برآورد نمود.

● A8.4 – روش دفع برف / یخ

ذیلا برخی از پیشنهاداتی که معمولا برای برف زدایی بکار می‌روند ارائه گردیده‌اند. در هر حال توصیه شده است که قبل از شروع به زدودن برف‌ها، سازنده ساختمان یا مهندس سازه مورد مشورت قرار گیرد.



- ۱- تمام قندیل‌های آویزان یخی از قرنیزها و آبراهه‌ها را دفع کنید. این مواد کاملاً سنگین هستند و هرگاه برف در حین زدودن روی آنها آویزان باقی بماند فقط می‌تواند بار را افزایش دهد. مراقبت کافی باید بعمل آید که صدمه‌ای به ساختمان زده نشود و در پیاده روها خطراتی را بوجود نیاورند.
 - ۲- همیشه هنگام کار کردن روی سقف مراقبت‌های ایمنی را لحاظ نمائید. با استفاده از دراگ لاین در میان برف‌ها و کارکردن از دیوارهای انتهایی گاهی می‌توان اینکار را انجام داد.
 - ۳- انباشت‌های برف را در انتهای ساختمان بگونه‌ای قرار دهید که لغزش برف آنها را از جای خود خارج نکند.
 - ۴- برای برف زدایی هیچ‌وقت یک نفر را روی سقف نفرستید.
 - ۵- برف را در الگوهایی که موجب شرایط بارگذاری نامتعادل می‌گردند دفع نکنید. از تفاوت‌های زیاد در عمق برف بین مناطق همجوار سقف اجتناب نمائید. تمام برف را از مناطق کوچک خارج نکنید و سپس به منطقه دیگر ببرید. در عوض برف را در لایه‌هایی از روی تمام سقف سوله خارج نمائید. با این اقدام بارها بتدریج کاهش می‌یابند.
 - ۶- ابتدا مناطق تجمع برف را بردارید و آنها را تا سطح برف‌های دیگر پایین بیاورید. هرگاه عمق تجمع برف در یک منطقه برابر با ۴ فوت باشد و برف روی سقف اصلی برابر با ۲ فوت باشد قبل از هر گونه اقدامی لایه ۴ فوتی را به دو فوت کاهش دهید.
 - ۷- برف را از روی تاج بسمت لبه ببرید و آنها را بخارج از سقف سوله روی آبراهه‌ها بلغزانید.
 - ۸- برف را از میان یک سوم وسطی هر دهانه در عرض کامل ساختمان را بردارید از محلی شروع کنید که برف در طول روز متراکم شده باشد. برف‌زدایی از روی بقیه ساختمان را کامل کنید.
 - ۹- در سوله‌های دو شیب برف روی دو طرف لبه را در یک زمان بردارید.
- هرگز از بیل‌های فلزی روی هیچ نوعی سقفی استفاده ننمائید. برای شکستن یخ روی سقف از کلنگ، تبر یا سایر ابزار تیز استفاده ننمائید. این ابزار به سهولت می‌تواند به سقف صدمه بزنند.



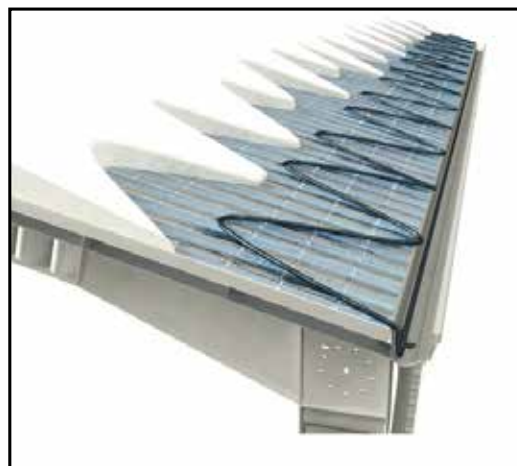
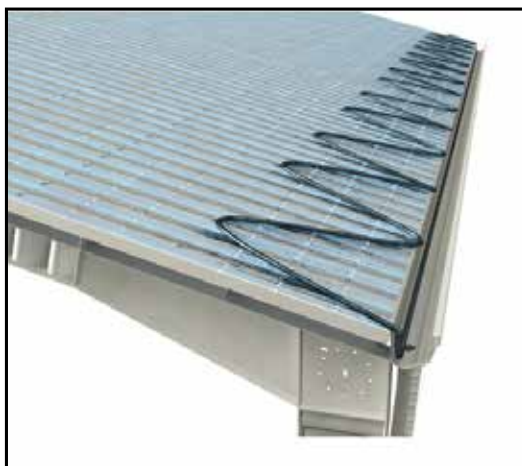
۱۰- برفی را که عمق آن روی ورقه‌های سقف کمتر از ۳ اینچ می‌باشد دفع نکنید. در ارتباط با حذف اتصالات پانل حرارتی، نرده‌های محافظ برف و غیره کاملاً مراقب باشید. هرگاه یک لایه یخی در جوار یک پانل باشد در صورتی که ضخامت غیرعادی نداشته باشد باید آن را بحال خود رها کرد.

۱۱- در دفع یخ اطراف پایه‌های پنکه‌های تهویه، جوش لوله‌ها و واحدهای HVAC به علت سهولت در صدمه دیدن نئوپرین، لوله‌ها، مجاری و غیره باید مراقب بود.

۱۲- در دفع برف یا یخ و لغزاندن آنها به پایین سقف سوله حتی روی ساختمان‌هایی که شیب سقف آنها کم است باید مراقب بود

۱۳- هنگام کار در امتداد لبه سقف از اقدامات مراقبتی حد نهایی استفاده نمائید.

۱۴- مراقب جابجایی حد نهایی باشید و هنگامی که شرایط تجمع برف و یخ فراهم می‌گردد به صداهای غیرعادی گوش دهید.



استفاده از کابل حرارتی روی لبه های سقف شیبدار



◀ A9 – داده‌های برف، یخ بندان و باد

داده‌های برف و یخبندان و باد با استفاده از معیارهای نیروگاه‌های برق متحده، فرضیات بار برای ساختمان‌ها، UFC3-310-01 در ۳۰ ژوئن سال ۲۰۰۰ اخذ گردیده‌اند. این اطلاعات مجموعه مشترکی از گروه مهندسی ارتش آمریکا، فرماندهی مهندسی نیروگاه‌های نیروی دریایی، و نمایندگی پشتیبانی مهندسی عمران نیروی هوایی است. طراحی بارهای برف و باد براساس ضروریات ASCE-7 انجام می‌گیرد. بدین معنی که بار برف زمینی براساس میانگین دوره برگشت ۵۰ ساله و سرعت باد اصلی براساس میانگین دوره برگشت ۵۰ ساله بفاصله ۳۲ فوتی از سطح زمین برای نقشه‌نمایشی C تعیین می‌گردد. در هر حال سرعت باد بجای تندبادهای ۳ ثانیه‌ای مورد استفاده بوسیله 7 - ASCE بعلت داده‌های قابل دستیابی براساس تندبادهای ۲/۵ ثانیه در نظر گرفته شده است. معیارهای آیین نامه مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان و نشریه ۳۲۵ نیز بر اساس همان ضروریات ASCE-7 تدوین شده‌اند.

◀ A10 – تمیز کردن سطح پانل‌ها

در بسیاری از موارد شستشوی ساختمان سوله بسادگی با آب معمولی با استفاده از شیلنگ یا آبیپاش‌های فشاری برای تمیز کردن کافی خواهد بود. در نقاطی که رسوبات سخت و درگیر با سطح وجود دارد می‌توان از محلول آب و پاک کننده (برای مثال با نسبت $\frac{1}{3}$ فنجان در هر گالن آب) استفاده نمود شستشو با آب تمیز باید شرح زیر انجام گیرد.

مناطق دارای رطوبت بالا ممکن است با کپک زدگی مواجه گردند که البته این کپک زدگی مشکل خاصی را بعلت مقاومت بالای ذاتی اندوذهای پخته در مقابل کپک بوجود نمی‌آورد. در هر حال کپک می‌تواند روی رسوبات و نهشته‌های کثیف و هاگ دار دربرخی مناطق رشد می‌کنند. برای دفع این کپک‌ها همراه با مواد کثیف شستشو با آب تمیز و محلول زیر توصیه می‌شود: $\frac{1}{3}$ فنجان ماده پاک کننده. $\frac{2}{3}$ فنجان فسفات تری سدیم (TSP) یک کوارت محلول ۵٪ هیپوکلریت سدیم (کوارت پیمانه‌ای است در حدود یک لیتر) یک گالن آب از حلال‌ها و تمیزکننده‌های دارای خصوصیات خوردندگی باید اجتناب شود. نفت، روغن، گریس، قیر، موم و مواد مشابه را فقط در نقاطی که آلوده شده‌اند می‌توان با الکل معدنی پاک کرد. متعاقباً برای تمیز کردن و شستشوی پاک کننده از حلال استفاده نمایید. تراشه‌های فلزی ناشی از دریل کاری و سایر کارها در سقف سوله با ۸ با دقت بوسیله برس در پایان هر روز در طول زمان



نصب دفع گردند. تراشه‌های رها شده روی سقف سوله به سرعت زنگ می‌زنند و اندود سقف را با زنگ زدگی مواجه می‌نمایند. خارج کردن قسمت‌های زنگ زده خیلی مشکل است. هرگونه تمیز کننده شیمیایی یا دارای خصوصیات خوردگی روی یک سقف رنگی به نماها یا اندودهای رنگی صدمه می‌زنند. در برخی از موارد تمیزکننده خانگی ملایم می‌تواند موثر واقع شود. زنگ روی سقف‌های گالوانیزه یا «روی - آلومینیومی» را می‌توان با استفاده از یک بالشتک سایشی غیرفلزی برطرف کرد.

◀ 11-A - تمیز کردن فولاد ساختمان

توصیه های شورای رنگ فولاد سازه‌ای، تمیز کردن با ابزار دستی، (SSPC-SP2) از مشخصه‌های استانداردهایی هستند که معمولاً برای آماده کردن فولاد قبل از کاربرد آستر پوشش اولیه کارگاهی بوسیله شرکت‌های عضو MBMA مورد استفاده قرار می‌گیرند. تمیز کردن با ابزار دستی یکی از روش‌های آماده کردن سطوح فلزی با استفاده از ابزار دستی بدون نیرو برای زدودن تمام مواد پوسته‌ای سست کارخانه‌ای، مواد رنگ زده سست و سایر مواد خارجی مخرب است. قبل از بکارگیری روش تمیز کردن با ابزار دستی لازم است که هرگونه مواد روغنی قابل رویت، گریس بقایای جوش قابل حل و نمک‌ها بوسیله یکی از روشهای تمیز کردن با حلال مذکور در SP1-SSPC زدوده شوند. پس از تمیز کردن با ابزار دستی مواد قابل رویت و زائد و آلاینده‌های مشابه را بوسیله برس کردن، تمیز کردن با هوای فشرده یا تمیز کردن مکشی بر طرف نمائید.

یادآوری می‌نماید که مطالب این راهنما صرفاً جنبه آگاهی رسانی دارد و شرکت خانه آفتاب شرق مسئولیت هر گونه خطا و ایراد خسارت ناشی از بکارگیری آنها را نمی‌پذیرد.



◀ برآورد هزینه چیست؟

نرم افزاری تحت وب است که با دریافت اطلاعات و مشخصات ضروری سوله مورد نیاز، میزان مصالح ساختمانی لازم برای ساخت:

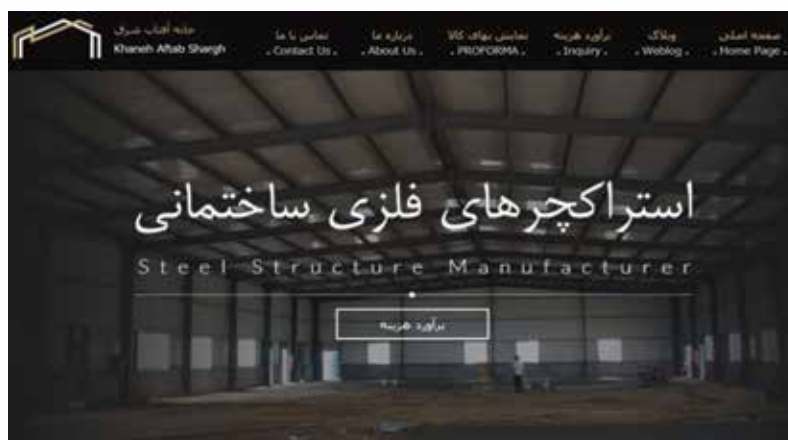
- فونداسیون سوله
- اسکلت فلزی سوله
- کف‌سازی سوله
- درب و پنجره و وال پست مناسب سوله
- دیوارهای پیرامونی و داخلی سوله
- پوشش سقف سوله
- تاسیسات سوله
- روشنایی سوله

را به دقت برآورد کرده و در انتها در قالب پیش فاکتور نمایش میدهد.

● چگونه کار می‌کند؟

سامانه برآورد هزینه با لحاظ کردن اطلاعات ورودی مربوط به منطقه و چگونگی وضعیت رونمای ظاهری محل احداث سوله، بر پایه آیین نامه مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان برای داخل کشور و ۷-۵ ASCE برای خارج از کشور میزان بارهای جانبی وارد بر ساختمان را محاسبه کرده، مدلسازی سازه سوله را بر مبنای ابعاد و اندازه‌های داده شده انجام می‌دهد، سازه سوله و فونداسیون مقاوم در برابر آنها را آنالیز و طراحی می‌کند.

در این پروسه میزان مصرف مصالح ساختمانی (بتن و فولاد) معلوم میگردد و قیمت مقطوع طراحی ساخت و نصب آنها را بصورت پیمان E.P.C ارایه می‌دهد. برای وارد شدن روی کادر «برآورد هزینه» کلیک کنید.



اسکلت فلزی سوله از دو بخش تشکیل می‌گردد:

● (الف) قاب خمشی:

سیستم اصلی مقاوم در برابر بارهای جانبی (MWFRS) که شامل قطعات اصلی تیر و ستونهای سازه میباشند.

● (ب) المانهای ثانویه:

شامل قطعات الحاقی و تکمیلی تیرهای اصلی، پرلینهای سقفی و دیواری پروفیل Z، میل مهار و میل بادبند و استرات‌ها و بطور کلی هر آنچیزی که غیر از تیر و ستون‌های اصلی قاب خمشی در اسکلت فلزی سوله وجود دارد. سامانه برآورد هزینه، قیمت نهایی اسکلت فلزی سوله را به تفکیک قطعات قاب خمشی و المانهای ثانویه برآورد میکند و در قالب ۲ آیتم مجزا از هم در پیش فاکتور نمایش میدهد. نحوه برآورد قیمت آیتم‌های دیگر در قسمت «موضوع سفارش» شرح داده می‌شود.

■ ■ مرحله اول؛ مشخصات فردی:

در این مرحله وارد نمودن شماره تلفن همراه الزامی است. سیستم برای مشاهده و دسترسی آسانتر بعدی به پیش فاکتور صادره، شماره پیگیری پیش فاکتور را به‌همراه برآورد انجام شده به شماره تلفن همراه اعلامی شما اس ام اس میکند. شما با این شماره برای سیستم شناخته می‌شوید و اطلاعات بعدی از این راه برای شما ارسال یا ذخیره میشوند.



■ ■ مرحله دوم؛ موضوع سفارش:

در این مرحله شما میتوانید با انتخاب کردن هر یک از ۸ آیتم: فونداسیون، اسکلت فلزی سوله، در و پنجره و وال پست، تاسیسات، کف سازی، دیوار کشی، روشنایی و پوشش سقف سوله در پایان پروسه هزینه برآورد شده را مشاهده نمایید. برای این منظور روی مربع کنار هر آیتم کلیک کنید تا علامت تیک ظاهر شود.

■ ■ مرحله سوم؛ مشخصات عمومی ساختمان:

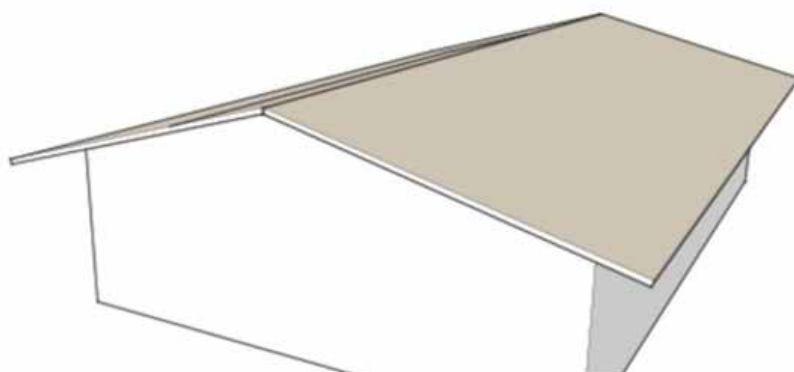
در این مرحله انتخاب محل احداث، وضعیت توپوگرافیک زمین محل احداث، نوع خاک و کاربری سوله برای تعیین مقادیر بارهای جانبی وارده و ضرایب محاسباتی مورد نیاز ضروری است. دقت فرمایید تا قبل از انتخاب شهر، استان انتخاب شده باشد تا شهرها قابل نمایش شوند.

■ ■ مجموع دهانه‌ها:

منظور از مجموع دهانه ها، جمع کل مقادیر فاصله آکس به آکس ستونها در هر قاب از سوله میباشد. یعنی مثلاً چنانچه سوله مورد نظر شما از یک سالن اصلی با دهانه (S_1) : ۲۲ متر و ۳۰ سانتیمتر و یک بچه سوله (Lean-to) با دهانه: (S_2) ۵ متر و ۱۰ سانتیمتر تشکیل شده باشد؛ مجموع دهانه ها (span) معادل ۲۷ متر و ۴۰ سانتیمتر خواهد بود. برای این منظور عدد ۲۷ را در قسمت متر و عدد ۴۰ را در قسمت سانتیمتر وارد نمایید.

■ ■ مرحله چهارم؛ انتخاب شکل:

سیستم به علت وجود محدودیت‌های اجرایی ناشی از ابعاد و اندازه مجموع دهانه های وارد شده، سوله های قابل اجرا با کاربریهای مختلف از جمله: سردخانه، سالن های ورزشی، کارخانجات، انبار، سالن های بسته بندی مواد غذایی، استخر و سوله های صنعتی را با نمایش شکل ۳ بعدی به شما پیشنهاد می کند. برای انتخاب مدل شماتیک سوله (با تعداد ستون وسط دلخواه) روی دایره متناظر با شکل مورد نظر کلیک کرده تا مدل انتخاب و شکل شماتیک ثابت شود. پس از آن به مرحله بعد بروید.



- Cold-Store ○
- Gabled Rigid ***
- Double-Span ○
- Triple-Span ○
- Quad-Span ○

■ ■ مرحله پنجم؛ تکمیل اطلاعات

در این مرحله اطلاعات تکمیلی از موضوعات خواسته شده را وارد نمایید.
تعداد و نوع پنجره، در، نوع دیوار و پوشش سقف را وارد نمایید. مقادیر روشنایی و تاسیسات و کف سازی متناسب با نیاز خود را انتخاب نمایید.

■ ■ مرحله آخر؛ مشخصات فنی ساختمان:

علایم اختصاری این بخش بشرح ذیل می باشد:

Span: همان مجموع دهانه های سوله است که در بخش مشخصات عمومی ساختمان توضیح داده شده است.

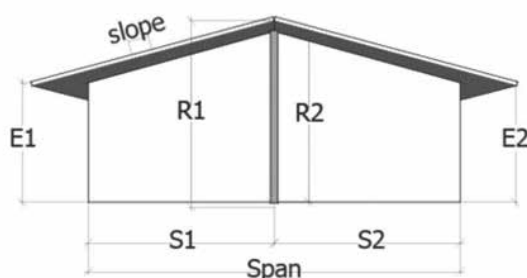
S_n : مقادیر فاصله آکس به آکس ستونهای مجاور در هر یک از قابهای سوله مورد نظر.

E_n : (Eave Height) کمترین مقدار ارتفاع در دهانه.

R_n : (Ridge Height) بیشترین مقدار ارتفاع در دهانه.

Slope: شیب سقف.

L_n : (Length) طول سوله.



27.4		Span
☐ میان طبقه	☒ جرثقیل سقفی	☐ بار زنده مضاعف
0	متر	سانتی متر
S1		
	متر	سانتی متر
E1		
0	متر	سانتی متر
R1		
Slope1		
0	تن	ظرفیت جرثقیل S1
0	متر	ارتفاع تیر جرثقیل S1
27.4		S2
	متر	سانتی متر
E2		
0	متر	سانتی متر
R2		

در این قسمت سیستم با دریافت مقادیر تعیین کننده اصلی، دیگر مقادیر را بصورت اتوماتیک محاسبه کرده و نمایش میدهد. مثلاً تنها کافیست تا کاربر E و slope را وارد کند. در اینصورت R بصورت اتوماتیک نمایش داده میشود. مقادیر بر حسب واحد متر را در کادر متر و مقادیر بر حسب واحد سانتیمتر را در کادر سانتیمتر وارد نمایید. بطور مثال چنانچه مقدار هفده و نیم متر مورد نظر است؛ در کادر "متر" عدد ۱۷ و در کادر "سانتیمتر" عدد ۵۰ را وارد نمایید. برای اضافه کردن قابلیت نصب جرثقیل سقفی به سوله، گزینه بار زنده را انتخاب و دکمه جرثقیل سقفی را فعال نمایید. در اینصورت لازم است ارتفاع تیر جرثقیل و ظرفیت جرثقیل را نیز وارد نمایید. بدیهی است که هزینه کلیه ادوات و تیرهای اصلی و فرعی جرثقیل و نصب و راه اندازی آن جزو سازه سوله محسوب نمیگردند و سوله تنها قابلیت نصب جرثقیل سقفی را دارا خواهد بود. در انتها با کلیک بر روی کادر نمایش برآورد، شما امکان مشاهده هزینه سوله مورد نظر و نیز مشاهده نسخه قابل چاپ پیش فاکتور را خواهید داشت. دقت فرمایید بسته به سرعت اینترنت شما، نمایش برآورد ممکن است تا ۲۰ ثانیه زمان ببرد. لطفاً پس از یکبار کلیک بر روی کادر نمایش برآورد، برای جلوگیری از اختلال و بازگشت به صفحه اول از کلیک مجدد خودداری نمایید.

◀ سامانه پیام کوتاه و تلفن شرکت خانه آفتاب شرق به شماره ۰۲۱-۶۶۵۶۶۷۶۶

در طول روز آماده پاسخگویی می باشد.