

sin designer

SinDesigner

Integrated low-rise Buildings Design Solution



SULE
MARKET
S.A.



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 WT ۲۴
۱۳. استانداردها و پیشنهادات متخصصین ۲۶

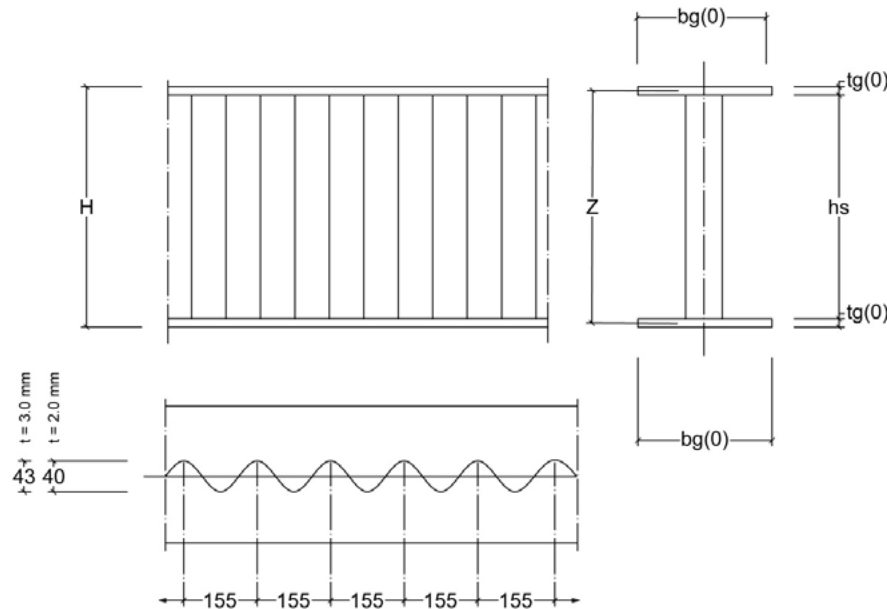
فهرست مطالب

C. جداول پیشنهاد مقاطع ◀

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

۱- تشریح کلی و کاربرد

wavy web تیر ورقی با جان موج دار، ساخته شده از جان های فولادی مسطح به شکل زیر می باشد.



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 می کند. انتخاب پروفیل سینوسی، علاوه بر ویژگی های برتر در پروسه های تولید، در اغلب موارد مزایای بیشتری نسبت به پروفیل دوزنقه ای 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 دال ها، قاب) یا حسب مورد بعنوان اعضای تحت نیروهای محوری (ستون ها یا قاب پیش ساخته) بکار گرفته شود و در اجرا محدودیتی ندارند. دامنه کاربرد بهینه آن در مهندسی سازه فولادی در بخشی است که پروفیل های نورد شده با ارتفاع سازه ای بیش از 300mm یا شاه تیرهای خرپایی شبکه کوتاه با ارتفاع کمتر از حدود 1800mm بکار گرفته می شود.

◀ ۲-اساس محاسبات

در نتیجه نورد سینوسی، جان غالباً 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 خرپایی 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 خرپایی (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 EN 1993-1-5 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 خرپایی مشبک یا ستون های با جان باز و یا کماتش جانبی صفحات متعامد انجام شود.

تخمین مقادیر مقاومت برای تیر با جان موج دار با جزئیات در بخش ۸ تشریح شده است، که لزوماً 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.

◀ ۳-دامنه کاربرد محصول و شاخص های طرح

تیرهای استاندارد : متشکل از جان های انتخاب شده و بال های فولادی مسطح است که معمولاً 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:

عرض های استاندارد کویل های فولادی عبارتند از 1500mm/1250mm/1000mm. با در نظر گرفتن عرض های استاندارد کویل های فولادی تولیدی، عمق های جان استاندارد زیر را داریم:

| | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| عرض های استاندارد | | 1000mm | 1250mm | 1500mm | | | |
| 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:

→ WT [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.

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

→ WT B 1250 / 300x15 / 300x12

مثال:

● wavy web با مقطع غیر منشوری

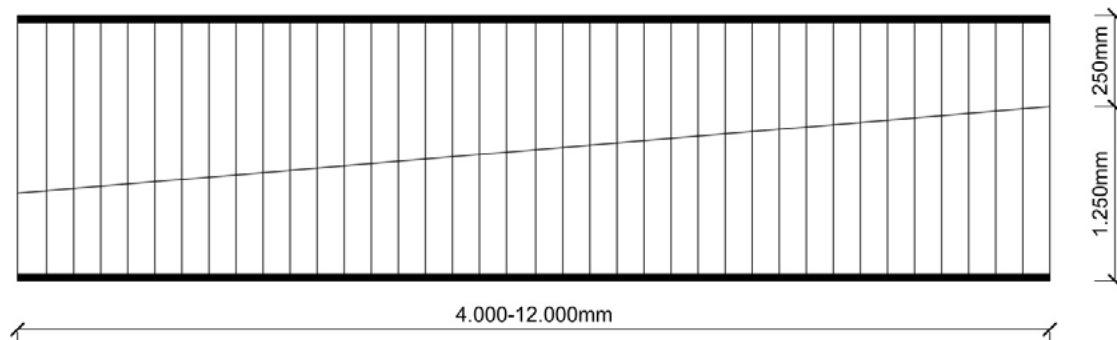
تولید

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 مطابق با استاندارد (S235J0 or JR) ST-37
- EN 10 025-2 مطابق با استاندارد (S355J2) ST-52

■ 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:

$$V_{Rd} = \chi_c \frac{f_{yw}}{\gamma_{m1} \sqrt{3}} h_w f_w$$

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:

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

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

که در این رابطه

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

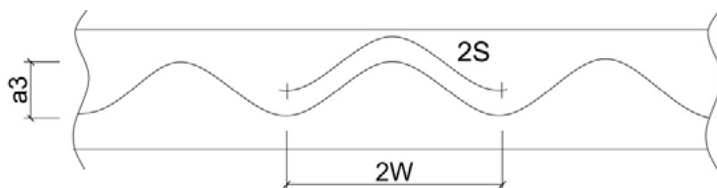
$$\tau_{cr,l} = \left(5.34 + \frac{a_3 s}{h_w t_w} \right) \frac{\pi^2 E}{12(1 - \nu^2)} \left(\frac{t_w}{s} \right)^2$$

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:

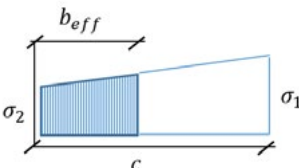
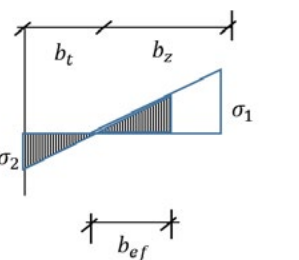
$$N_{g,Rk} = f_{yk} \cdot b_g \cdot t_g \quad ; \quad N_{g,Rd} = N_{g,Rk} / \gamma_M$$

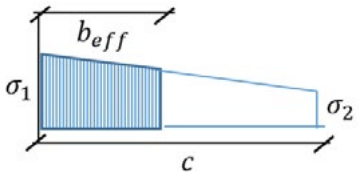
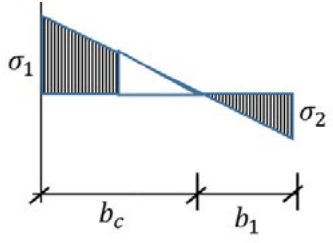
پایداری بال باید تحت تنش فشردگی در نظر گرفته شود. در اینجا تمایزی باید بین کماتش موضعی بال‌ها و پایداری کلی در نظر گرفته شود (کمانش عرضی به محور تیر = کمانش انعطاف پیچشی).

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:

$$\rho = 1$$

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

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

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

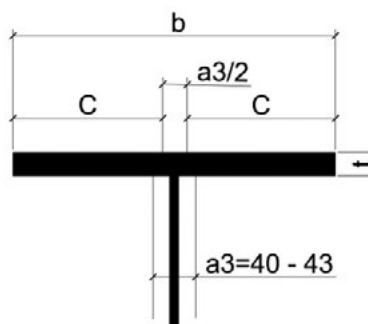
بطوری که در این روابط داریم:

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

■ 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:

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

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

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

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

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:

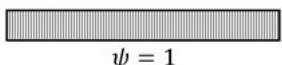
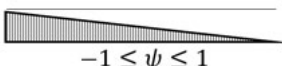



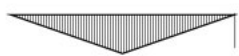
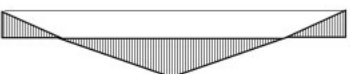

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_1} \leq \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{y,eff} \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

■ 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 |
|--|-----------------------------|
|  <p>$\psi = 1$</p> | 1.0 |
|  <p>$-1 \leq \psi \leq 1$</p> | $\frac{1}{1.33 - 0.33\psi}$ |
|  | 0.94 |
|  | 0.90 |
|  | 0.91 |
|  | 0.86 |
|  | 0.77 |
|  | 0.82 |

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

- شعاع ژیراسیون بال تحت تنش فشرده حول محور ضعیف مقطع برشی $i_{f,z}$
- λ_{c0} حدود نسبت لاغری برای المان بالای تحت تنش فشرده؛

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

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

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 فشرده حول محور ضعیف مقطع برشی

- $A_{eff,f}$ مساحت موثر بال تحت تنش فشرده

مشارکت یک سوم مقطع صفحه جان تحت تنش فشرده $(1/3 A_{eff,w,c+})$ 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.

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_1} \leq \bar{\lambda}_{c0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} \quad M_{c,Rd} = M_{y,Ed}$$

$$L_{c,lim} = \frac{\bar{\lambda}_{c0} \cdot i_{f,z} \cdot \lambda_1}{k_c}$$

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 ظرفیت‌های تیرهای خرپایی با بال موازی استفاده می‌شود. طراحی و صحت سنجی برای تیرهای با جان موج دار نیز با روشی مشابه انجام می‌شود.

- 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} .

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

- 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 می‌شود. این پیش فرض‌ها، پایداری بال فشرده شده با معیارهای ساختاری کنترل می‌شود (برای مثال قرار گرفتن مستقیم صفحات دوزنقه‌ای یا فواصل $e < c_{lim}$).

• صحت سنجی سرویس دهی

این امر باید توسط تغییرشکل‌ها صحت سنجی شود. تغییرشکل 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 تغییرشکل‌ها و نیروهای مقطع برشی داده شود.

• صحت سنجی نقاط تعریف بار

به بخش ۱۱ مراجعه شود.

◀ ۱۰- انتخاب ابعاد ستون‌ها

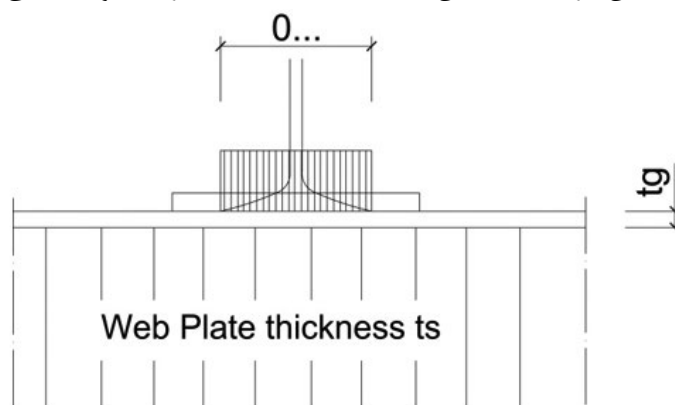
در هنگام انتخاب ابعاد ستون‌ها، مدل استاتیکی ستون با عضو فشرده مشبک یا قاب پورتال فرض شده است. همانند شاه تیرهای خمشی، نیروی نرمال تنها در بال‌ها توزیع یافته و جان موج دار برای انتقال تنها نیروهای برشی بین بال‌ها عمل می‌کند. وقتی که کنترل خمش در جهت محور «قوی» مدنظر می‌باشد می‌بایست برای جان، انعطاف برشی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



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

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) $2A_g$ ■

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

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 I-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 Querkrafttragfähigkeit 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 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 | I_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 | 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 |
| 180x6 | 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 |
| 200x6 | 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 |
| 160x8 | 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 |
| 180x8 | 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 |
| 200x8 | 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 |
| 220x8 | 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 |
| 200x10 | 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 |
| 220x10 | 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 |
| 250x10 | 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 |
| 200x12 | 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 |
| 220x12 | 1524 | 4.53 | | 69.7 | 76.8 | 83.8 | 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 |
| 250x12 | 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 |
| 300x12 | 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 |
| 220x15 | 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 |
| 250x15 | 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 |
| 300x15 | 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 |
| 350x15 | 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 |
| 250x20 | 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 |
| 300x20 | 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 |
| 350x20 | 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 |
| 400x20 | 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 |
| 300x25 | 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 |
| 350x25 | 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 |
| 400x25 | 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 |
| 430x25 | 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 |
| 450x25 | 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 |
| 350x30 | 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 |
| 400x30 | 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 |
| 430x30 | 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 |
| 450x30 | 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

Fy, k 23.5 kN/cm²

Steelgrade S235 , ST-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

| 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] | [kN/cm ²] | [kN/cm ²] | | | [kN] | [kN/cm ²] | [kN/cm ²] | | | [kN] | [kN/cm ²] | [kN/cm ²] | | | [kN] | [kN/cm ²] | [kN/cm 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] | [kN/cm ²] | [kN/cm ²] | | | [kN] | [kN/cm ²] | [kN/cm ²] | | | [kN] | [kN/cm ²] | [kN/cm 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 | 469 | 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 | | |

تعريف بار متمرکز ◀

Steelgrade : S235 , ST-37

| gm= 1.0 | WTO | | | | | WTA | | | | | WTB | | | | | WTC | | | | |
|---------------|----------------------|------|------|-------|-------|---------------|------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| | $t_s = 1.5mm$ | | | | | $t_s = 2.0mm$ | | | | | $t_s = 2.5mm$ | | | | | $t_s = 3.0mm$ | | | | |
| $t_{flansch}$ | Length mit a in [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 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= 1.0 | WTD | | | | | WTE | | | | | WTF | | | | |
|---------------|--|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| | $t_s = 4.0mm$ | | | | | $t_s = 5.0mm$ | | | | | $t_s = 6.0mm$ | | | | |
| $t_{flansch}$ | Lasteinleitungsbreite am Flansch mit a in [mm] | | | | | | | | | | | | | | |
| | 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] | | | | | | | | | | | | | C_{max} [m] |
| | | | C_{lim} [m] | Distance of Lanteral Support[m] | | | | | | | | | | | | |
| $b \times t$ [mm] | A [cm ²] | | | 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] | | | | | | | | | | | | C_{lim} [m] |
| | | | Distance of Lanteral Support[m] | | | | | | | | | | | | |
| $b \times t$ [mm] | A [cm ²] | | 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 |