

Projekt:

**Fodgænger-bro
Pøle Å**

STATISKE BEREGNINGER



REKVIENT	Wood-ways.com A/S Findlandsvej 5 8660 Skanderborg
PROJEKT	Fodgænger-bro, komposit • Pøle Å
BELIGGENDE	Gribstrup Kommune Pøle Å
INGENIØR RÅDGIVER	WH-PlanAction Ingeniører ApS Rådgivende Ingeniører F.R.I. Danmarksvej 8 8660 Skanderborg
Sagsbehandler	civilingeniør Georg Rosenkilde Tlf.: 3026 4848

Skanderborg, den 20.09.2018.
WH-PlanAction ApS.
Rådgivende Ingeniører F.R.I.



Georg Rosenkilde

Indhold

Indledning	4
Dimensioneringsgrundlag	4
Forudsætninger	5
Komposit-bro	6
Værn	7
Brodæk	11
Vanger / bjælker	13
Vindlast	19
Komfort	20
Fundering	23
Jordskruer	24
Bilag:	25
Tegning af fodgænger-bro	26
Data for HD Plank	27
Fiberlinie – materialeværdier m.m.	30 – 37

Indledning

Nærværende statiske beregninger af en fodgænger-bro over Pøle Å.
Broen har en fri bredde på 1,15 m og en længde på 11,0 m.

Broernes konstruktion opbygges af profiler fra FIBERLINE. Bropladens udføres af HD Plank med skrid sikring.

Broens bærevanger opbygges af firkantrør og kulfiberbånd som samles ved limning.

Bropladen fastgøres til bærevangerne ved limning.

Fundering udføres med jordskruer, der fastgøres til fodgængerbroen via en crossbeam i hårdt træ.

Dimensioneringsgrundlag

Eurocode incl. gældende dansk nationale anneks

	Udgave	
Eurocodes 0	Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner DS/EN 1990.2007	X
	EN 1990/A1 Annex A2, DK, NA: 2009 Applications for bridges	X
Eurocodes 1 Del 2	Last på vej- og stibroer EN 1991-2, 2007	X
	EN 1991-2 DK, NA: 2017 Trafiklast på broer	X
Eurocodes 2	Betonkonstruktioner DS/EN 1992.2007	
Eurocodes 3	Stålkonstruktioner DS/EN 1993.2007	
Eurocodes 5	Trækonstruktioner DS/EN 1995.2007	
	Del 1-1 DS/EN 1995-1-1 DK NA: 2010_05 Generelt – Almindelig regler samt regler for bygningskonstruktioner	
	Del 2 Trækonstruktioner – broer DS/EN 1995-2, 1.udg. 2004-11-30.	
Eurocodes 7	Fundering DS/EN 1997.2007	

Broer:	Vejledning til Belastnings- og beregningsregler Vejdirektoratet * Vejregelrådet	April 2015
Udstyr:	Autoværn og tilhørende udstyr Anlæg og Planlægning Vejdirektoratet * Vejregelrådet	Oktober 2015

Forudsætninger

Projektmateriale:	Tegning fra WH-PlanAction ApS.	
Broklasse:	3	ifølge Vejdirektoratet
Partialkoefficient på nyttelast	1,4	ifølge Vejdirektoratet
Kontrolklasse :	Normal	
Konsekvensklasse CC2:	Middel	$\Rightarrow K_{FI} = 1,0$

Broklasse 3: Broer på offentlige veje og private fællesveje med svag trafik

Som svagt trafikerede vejstrækninger kan regnes sekundære veje med kun et kørespor samt tosporede veje med ringe trafikintensitet, hvor der ikke forventes at opstå behov for passage af tunge særtransporter.

Last:	Fladelast	500 kg/m ²
	Køretøj	Ingen
	Vandret last	10% af lodret last
	Naturlast	Vind 0,5 kN/m ²

Kompositmateriale:

Komposit profilerne fremstilles af Fiberline Composites A/S, Barmstedt Allé 5, 5500 Middelfart, Danmark.

Materiale egenskaberne fremgår af firmaet konstruktionshåndbog og er vedlagt i bilaget.

Materialerne er blevet testet af Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt). Zulassungsnummer Z-10.9-299, gyldig indtil 22. december 2016.

Komposit-bro

(7)

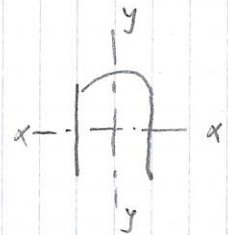
Værn:

Håndliste	80 × 80 × 7	= 2,68 kg/m
Baluster	60 × 60 × 5, $\eta_c = 1,07$ m, $l = 1,5$	= 2,80 -
Udfyldning	2 × 40/34 2 · 0,63	= 1,26 -
Fodliste	100 × 15	= 0,99 -
		<u>$\Sigma = 7,73$ kg/m</u>

Håndliste - kontinuert over flere fagLast: Nyttelast $p = 1,0 \text{ kN/m}$

$$M_d = \frac{1}{10} \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,07^2 = 0,160 \text{ kNm}$$

$$R_d = 1,1 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,07 = 1,648 \text{ kN}$$



$$M_{Rid} (I-y) = \frac{I_{yy} \cdot f_{mid}}{0,5B} = \frac{1,31 \cdot 10^6}{40} \cdot \frac{185}{10^{-6}} = 6,059 \text{ kNm}$$

$$M_{Rid} = 6,059 \text{ kNm} > M_d = 0,160 \text{ kNm} \quad \text{ok}$$

Udfyldning Rør 40/34 mm $W = \frac{\pi (40^4 - 34^4)}{32} = 3003 \text{ mm}^3$

Last:

Enkelt kraft på midten 1,0 kN

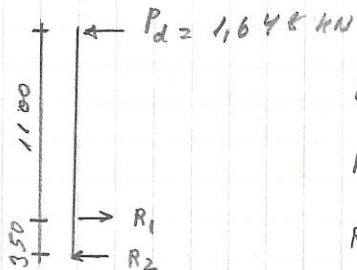
$$M_d = 0,20 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,07 = 0,300 \text{ kNm}$$

$$M_{Rid} = W \cdot p_{mid} = 3003 \cdot 185 \cdot 10^{-6} = 0,556 \text{ kNm} > M_d = 0,300 \text{ kNm} \quad \text{ok}$$

$$u = 0,8^3 \cdot \frac{1 \cdot 1,0 \cdot 10^3 \cdot (1070 - 60)^3}{48 \cdot 20.000 \cdot 60066} = 9,2 \text{ mm} \sim \frac{1}{100} l \quad \text{ok}$$

Baluster:

□ 60 x 60 x 5



$$M_d = 1,1 \cdot 1,648 = 1,813 \text{ kNm}$$

$$R_1 = 1,648 + 1,813 / 0,35 = 6,83 \text{ kN (træk)}$$

$$R_2 = 1,813 / 0,35 = 5,179 \text{ kN (tryk)}$$

$$M_{Rid} = 18,90 \cdot 10^3 \cdot 185 \cdot 10^{-6} = 3,497 \text{ kNm} > M_d = 1,813 \text{ kNm} \quad \text{ok}$$

$$V_{Rid} = 0,54 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 10,8 \text{ kN} > V_d = 6,83 \text{ kN} \quad \text{ok}$$

Udbøjning:

$$u = \frac{1 \cdot 1,07 \cdot 10^3 \cdot 1070^3}{3 \cdot 23.000 \cdot 0,57 \cdot 10^9} = 33,3 \text{ mm} \quad \text{ok}$$

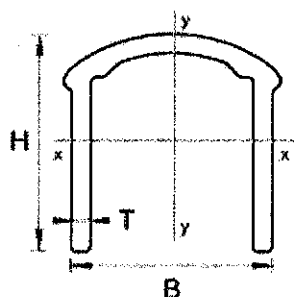
Fastgørelse:

$$\text{Bolt: } M10 \text{ kv. A2-70} \quad A_s = 58 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rid} = \frac{k_a \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 700 \cdot 58}{1,35} \cdot 10^{-3} = 27,07 \text{ kN}$$

$$N_{Rid} = 27,07 \text{ kN} > N_d = 6,83 \text{ kN} \quad \text{ok}$$

80 x 80 mm

**Geometri / Geometrie / geometri**

H: 80.00mm
 B: 80.00mm
 T1 og T2 / T: 7,00 mm
 EN: $1,49 \times 10^3 \text{ mm}^2$
 Iyy: $1,31 \times 10^6 \text{ mm}^4$

Vægt / Vægt / Vægt

g: 2,68 g / m *kg/m*

Stivhed / Steifigkeit / Stivhed

E0o: $23,00 \times 10^3 \text{ MPa}$

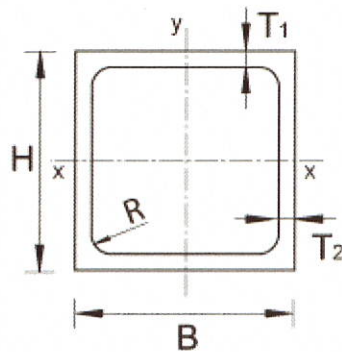
status

status: L

Norm / Standard

Norm: EN13706. kl 23

60 x 60 mm

**Geometri/Geometrie/Geometry**

H:	60.00mm
B:	60.00mm
T1:	5.00mm
T2:	5.00mm
R:	5.00mm
A:	$1.11 \times 10^3 \text{ mm}^2$
A _{kx} :	$0.54 \times 10^3 \text{ mm}^2$
A _{ky} :	$0.54 \times 10^3 \text{ mm}^2$
I _{xx} :	$0.57 \times 10^6 \text{ mm}^4$
W _{xx} :	$18.90 \times 10^3 \text{ mm}^3$
W _{xx2} :	$18.90 \times 10^3 \text{ mm}^3$
I _{yy} :	$0.57 \times 10^6 \text{ mm}^4$
W _{yy} :	$18.90 \times 10^3 \text{ mm}^3$
W _{yy2} :	$18.90 \times 10^3 \text{ mm}^3$

Vægt/Gewicht/Weight

g:	2 000.00g/m
----	-------------

Stivhed/Steifigkeit/Stiffness

E ₀₀ :	$23.00 \times 10^3 \text{ MPa}$
E _{00xl} :	$13.11 \times 10^9 \text{ Nmm}^2$

Norm/Standard

Norm:	EN13706. kl E23
-------	-----------------

(11)

Brodek: - HD-Plank.

Spændvidde		= 1,04 m
Nyttebredde		= 1,15 m.
Egen vægt	20 kg/m ²	= 0,20 kN/m ²
Nyttelast	500 kg/m ²	= 5,00 kN/m ²
Areal		9 566 mm ² /m
Inertimoment		2 140 · 10 ³ mm ⁴ /m
Elasticitets modul.		20.500 N/mm ²

Nedbøjning:

$$u = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 5,20 \cdot 1040^4}{384 \cdot 20500 \cdot 2140 \cdot 10^3} = \underline{\underline{1,8 \text{ mm} \approx 1/576 l}}$$

ok

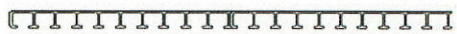
Bæreevne: (korttids last)

$$q_d = 0,2 + 1,4 \cdot 5,00 = 7,20 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 1/8 \cdot 7,2 \cdot 1,04^2 = 0,97 \text{ kNm/m}$$

$$M_{R,d} = \frac{M_{R,k}}{\gamma} = \frac{11,7}{1,3} = \underline{\underline{9,00 \text{ kNm/m} > M_d = 0,97 \text{ kNm/m}}} \quad \text{ok.}$$

Values for global analyses

Geometric Properties	Unit	Value	
Moment of inertia, I_{yy}	mm ⁴ /m	2.140.000	
Shear area, A_{yshear}	mm ² /m	3.419	
Total area, A_{ytotal}	mm ² /m	9.566	
Material Properties (average)	Unit	Value	
Elastic modulus, E_{ff}	N/mm ²	20.500	
Poisson's ratio, axial, ν_{yx}	-	0,230	
Poisson's ratio, transverse, ν_{xy}	-	0,090	
Temperature expansion, axial, α_{tx}	1/K	11·10 ⁶	
Temperature expansion, transverse, α_{ty}	1/K	19·10 ⁶	

Classification	Unit	Characteristic value
Bending moment, between supports, $M_{R,k}$	kN·m	11,7
Bending moment, at the supports, $M_{R,k}$	kN·m	14,0
Upward vertical force at the supports, R_k	kN	3,53
Horizontal load, axial, R_k	kN	0,736
Horizontal load, transverse, R_k	kN	0,404
Stiffness, EI	N·mm ²	2,189·10 ¹⁰

(13)

Vange / Bjælke:

Broens Længde 11,00 m

Spændvidde 10,70 m

Nyttébredde 1,15 m.

Egenvegt pr. vange

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Værn} & = 7,73 \text{ kg/m} & \\
 \text{Dæk} & \frac{1}{2} \cdot 20,0 \cdot 1,25 & = 12,50 - \\
 \text{Vange} & = 20,30 - &
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \\ \\ \end{array}} \right\} \Rightarrow g = 40,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Nyttelast} \quad \frac{1}{2} \cdot 500 \cdot 1,15 = \dots \Rightarrow p = 288 \text{ kg/m}$$

Bærecapne:

$$q_d = 1,0 \cdot 0,405 + 1,4 \cdot 2,88 = 4,43 \text{ kN/m}$$

$$M_d = \frac{1}{8} \cdot 4,43 \cdot 10,70^2 = 63,40 \text{ kNm}$$

$$M_{R,d} = 381,5 \text{ kNm} > M_d = 63,40 \text{ kNm} \quad \text{ok}$$

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot 4,43 \cdot 10,70 = 23,70 \text{ kN}$$

$$S_w = 5,48 \cdot 500 \cdot (233 - 2,5) + 2 \cdot 2600 \cdot 114 = 1224 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\tau = \frac{V_d \cdot S_w}{I \cdot b} = \frac{23,70 \cdot 10^3 \cdot 1224 \cdot 10^3}{480 \cdot 10^6 \cdot b} = \frac{69,45}{b}$$

$$b = 114 \text{ mm} \Rightarrow \tau_d = 0,53 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Limfuge})$$

$$b = 2 \cdot 6 \text{ mm} \Rightarrow \tau_d = 5,0 \text{ N/mm}^2 < f_{\tau,d} = 20 \text{ N/mm}^2 \quad \text{ok.}$$

Last på punktfundament.

$$P_d = 23,70 \cdot 11,00 / 10,70 = 24,36 \text{ kN}$$

(14)

Nedbøjning

$$u = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot EI} = \frac{5 \cdot q \cdot 10700^4}{384 \cdot EI} = \frac{1,707 \cdot 10^{14} \cdot q}{EI} \quad [mm]$$

A: Vange uden samvirke med dæk.

$$EI = 11040 \cdot 10^9 \text{ mm}^2 \Rightarrow u = 15,46 \cdot q$$

$$\text{Egenvægt} \quad q = g = 0,405 \text{ kN/m} \Rightarrow u = 6,3 \text{ mm}$$

$$\text{Nyttelast} \quad q = p = 2,88 - \Rightarrow \underline{u = 44,5 \text{ mm} \sim 1/240 \text{ l.}}$$

B: Samvirke af vange + dæk

$$EI = 14.005 \cdot 10^9 \text{ mm}^2 \Rightarrow u = 12,19 \cdot q$$

$$\text{Egenvægt} \quad q = g = 0,405 \text{ kN/m} \Rightarrow u = 4,9 \text{ mm}$$

$$\text{Nyttelast} \quad q = p = 2,88 - \Rightarrow \underline{u = 35,1 \text{ mm} \sim 1/305 \text{ l.}}$$

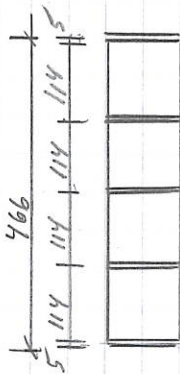
ok

Vanger / Bjælker

Profiler : $\square 114 \times 114 \times 6$ - 4 stk.

kulfiber : $\text{—} 5 \times 100$ - 1 stk top + 1 stk bund.

$$\alpha = \frac{E_0 (\text{kulfiber})}{E_0 \text{ □-profil}} = \frac{126 \cdot 10^6}{23.000 \cdot 10^3} = 5,48$$



$$A = 2600 \text{ mm}^2$$

$$4,68 \text{ kg/m}$$

$$I = 5,08 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$E = 23.000 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma A = 2 \cdot 5,48 \cdot (5 \times 100) + 4 \cdot 2600 = 5480 + 10400 = 15880 \text{ mm}^2$$

$$I = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 5,48 \cdot 100 \cdot 5^3 + 2 \cdot 5,48 \cdot 5 \cdot 100 \cdot 230,5^2$$

$$+ 4 \cdot 5,08 \cdot 10^6 + 2 \cdot 2600 (57^2 + 171^2)$$

$$= 11,4 \cdot 10^3 + 291,2 \cdot 10^6 + 20,32 \cdot 10^6 + 168 \cdot 10^6$$

$$= 291,2 \cdot 10^6 + 189,3 \cdot 10^6$$

$$\underline{I = 480 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}$$

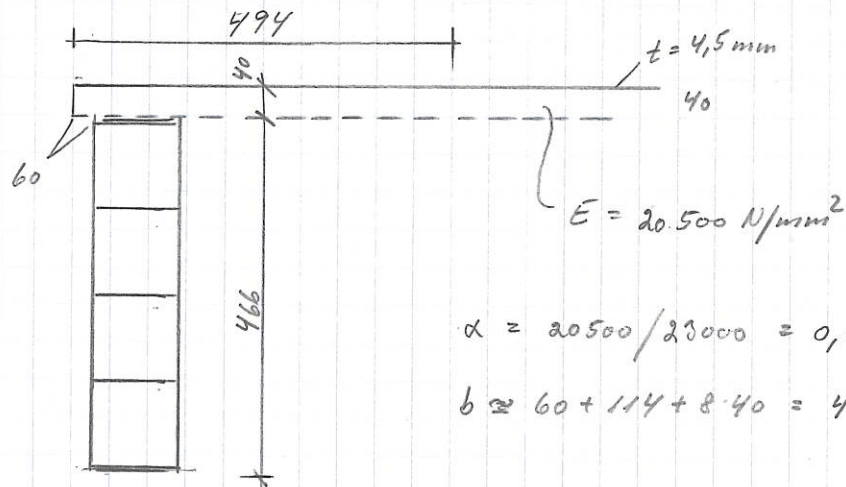
$$W = I / 233 = \underline{2062 \cdot 10^3 \text{ mm}^3}$$

$$M_{Rid} = W \cdot f_{mid} = 2062 \cdot 10^3 \cdot 185 \cdot 10^{-6} = \underline{381,5 \text{ kNm}}$$

$$EI = 23.000 \cdot 480 \cdot 10^6 = \underline{11.040 \cdot 10^9 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Egenvægt : } g = 2 \cdot 9,78 + 4 \cdot 4,68 = \underline{20,3 \text{ kg/m}}$$

(16)

Samvirke mellem dæk og vange:

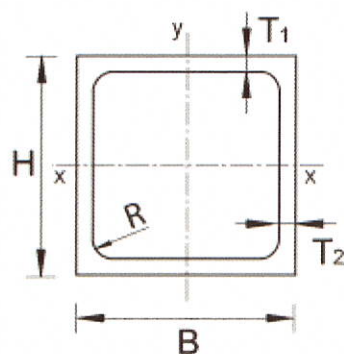
$$A = 15880 + 0,89 \cdot 4,5 \cdot 494 = 15880 + 1978 \Rightarrow \underline{A = 17.858 \text{ mm}^2}$$

$$\eta = \frac{15880 \cdot 233 + 1978 \cdot 504}{17858} = \underline{263 \text{ mm}}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} \cdot 0,89 \cdot 494 \cdot 4,5^3 + 0,89 \cdot 4,5 \cdot 494 (503,7 - 263)^2 \\ &+ 480 \cdot 10^6 + 15880 (263 - 233)^2 \\ &= 3,34 \cdot 10^3 + 114,6 \cdot 10^6 + 480 \cdot 10^6 + 14,29 \cdot 10^6 \Rightarrow \underline{I = 608,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} \end{aligned}$$

$$EI = 23.000 \cdot 608,9 \cdot 10^6 = \underline{14.005 \cdot 10^9 \text{ mm}^2}$$

114 x 114 mm

**Geometri/Geometrie/Geometry**

H:	114.00mm
B:	114.00mm
T1:	6.00mm
T2:	6.00mm
R:	4.00mm
A:	$2.60 \times 10^3 \text{ mm}^2$
A _{kx} :	$1.23 \times 10^3 \text{ mm}^2$
A _{ky} :	$1.23 \times 10^3 \text{ mm}^2$
I _{xx} :	$5.08 \times 10^6 \text{ mm}^4$
W _{xx} :	$89.07 \times 10^3 \text{ mm}^3$
W _{xx2} :	$89.07 \times 10^3 \text{ mm}^3$
I _{yy} :	$5.08 \times 10^6 \text{ mm}^4$
W _{yy} :	$89.07 \times 10^3 \text{ mm}^3$
W _{yy2} :	$89.07 \times 10^3 \text{ mm}^3$

Vægt/Gewicht/Weight

g:	4 684.00g/m
----	-------------

Stivhed/Steifigkeit/Stiffness

E ₀₀ :	$23.00 \times 10^3 \text{ MPa}$
E _{00xl} :	$116.77 \times 10^9 \text{ Nmm}^2$

Norm/Standard

Norm:	EN13706. kl E23
-------	-----------------



CREATE MORE WITH LESS®

Church Bridge, Gloucestershire

Fiberline Carbon Strip

Fiberline's Carbon strips are engineered to stiffen and strengthen structures.

Fiberline Carbon Strips consists of multitude of continues fibres, oriented in the direction of the load, each with diameter of approx. $7\mu\text{m}$.

Fiberline Carbon Strips are pultruded with vinylester resin, with a peel-ply cover.

The unique production process guarantees the complete impregnation of the carbon fibres and extremely high degree of curing.

The peel-ply cover ensures good bonding properties to other prepared surfaces, like other CFRP or GFRP strips, profiles or planks.

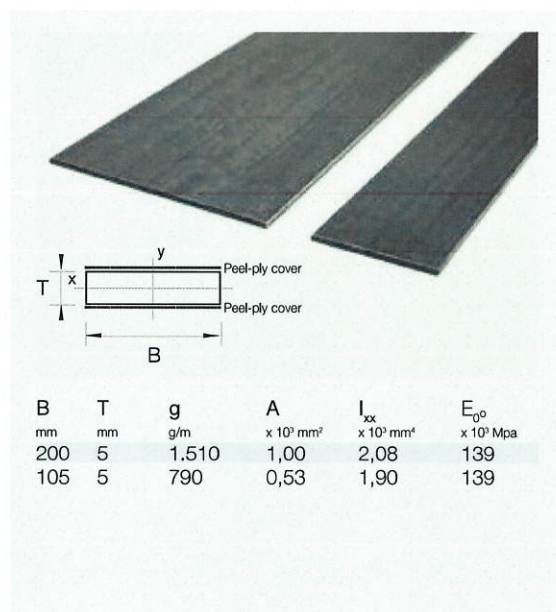
Simply remove the peel-ply cover before installation.

Advantages:

- High modulus of elasticity
- Low weight, high strength and unparalleled durability
- A lighter and slimmer construction than otherwise possible
- Corrosion and weather resistance
- Easy handling and quick installation
- A product manufactured to meet APQP standards

Properties (Characteristic):

Density:	1.55 g/cm ³
Fiber volume fraction:	60%
Flexural E modulus:	126 GPa
Tensile strength:	1640 MPa
Compressive strength:	890 MPa
Flexural strength:	900 MPa
Tensile transverse strength:	18 MPa
Inter laminar shear strength:	52 MPa



Please contact us for further information.

(19)

Vindlast:

Vindens hastigheds tryk

$q_w = 0,50 \text{ kN/m}^2$

Tæthedsfaktor $q = \frac{466 + 40 + 100 + 2 \cdot 40 + 80}{1556} = 0,492 \approx 0,50$

Formfaktor c

$B/h = 2,27/1,556 = 1,46 \Rightarrow c = 2,0$

$w_k = c \cdot q_w \cdot q \cdot h = 2,0 \cdot 0,50 \cdot 0,5 \cdot 1,556 = 0,78 \text{ kN/m}$

$w_d = 1,5 \cdot 0,78 = 1,17 \text{ kN/m}$

$M_d = 1/8 \cdot 1,17 \cdot 10,70^2 = 16,70 \text{ kNm}$

$R_d = 1/2 \cdot 1,17 \cdot 10,70 = 6,24 \text{ kN}$ pr ende

Optages af 2x2 stk. 12x80mm franske skruer
fastgjort til cross beam.

For skydning pr skruer $V_d = 6,24/4 = 1,56 \text{ kN}$ ok.

Forankring mod løft.Formfaktor $c = 1,3$

Areal $1,25 \cdot 11,00 = 13,75 \text{ m}^2$

Vind sug: $1,5 \cdot 1,3 \cdot 0,50 \cdot 13,75 = 13,41 \text{ kN}$

Egenvegt: $0,9 \cdot 2 \cdot 0,405 \cdot 11,0 = 8,02 \text{ kN}$

Forankring ved hver understøtning

$V_d = 1/4 (13,41 - 8,02) = 1,35 \text{ kN}$

Påvirkning pr skruer

$= 0,67 \text{ kN}$ pr franske skruer

Komfort beregninger

Stivhed og fodgængerkomfort

Komfortklasse (høj/normal/lav)	normal		
Krav til max acceleration [m/s^2]			
Lodrette svingninger	$\leq$	0,70	m/s^2
Vandrette svingninger	$\leq$	0,20	m/s^2

Lodrette svingninger

Dimension af hovedvægen			
Bjælkelængde	L =	10.700	mm
Tværsnitareal	A =	1,79E+04	mm^2
Inertimoment - I_y	I_y =	6,09E+08	mm^4
Massen pr længdeenhed	μ =	40,5	kg/m
Elastitetsmodul		23.000	N/mm ²

n	0	1	2	3	4	
K	9,87	10,5	12,5	50		
$\omega_n = K/L^2 \times v(EI/\mu)$	50,69	53,93	64,20	256,81	0,00	rad/s
$f_n = \omega_n/2\pi$	8,07	8,58	10,22	40,87	0,00	Hz
						m/s
						m/s^2

For stibroer konstateres typisk generende ubehagelige svingninger for broer med egenfrekvenser i følgende intervaller.

- * primært 1,3 - 2,3 Hz ($\approx$ gangfrekvens)
- * sekundært 2,5 - 4,6 Hz ($\approx$ 2. harmoniske svingning fra gang, samt løbefrekvens) for brodæk med ringe stivhed og dæmpning, eller som også anvendes til løb.

Egenfrekvensen	$f_0 =$	8,07	Hz	$>$	4,60	Hz
Accelerationen	$a_0 =$		$\ll$		0,70	m/s^2
						Komfortkravet

Vandrette svingninger - tværsvingninger

Dimension af hovedvangen

Bjælkelængde

L =

10700 mm

Centerafstand mellem hovedvanger c/c =

1036 mm

Tværsnitareal

A =

1,59E+04 mm²

Inertimoment

I_y =3,41E+10 mm⁴

Massen pr længdeenhed

μ =

81,00 kg/m

Elastetsmodul

E_{mid} =23.000 N/mm²

n	0	1	2	3	4	
K	9,87	10,5	12,5	50	0	
$\omega_n = K/L^2 \times \sqrt{EI/\mu}$	268,21	285,33	339,68	1358,70	0,00	rad/s
$f_n = \omega_n/2\pi$	42,69	45,41	54,06	216,24	0,00	Hz
						m/s
						m/s ²

For stibroer konstateres typisk generende ubehagelige svingninger for broer med egenfrekvenser i følgende intervaller.

* primært 0,5 - 1,2 Hz ($\approx \frac{1}{2}$ gangfrekvens)

* sekundært 2,6 - 3,4 Hz

Egenfrekvensen

f₀ =

42,69

Hz

>

3,40

Hz

Accelerationen

a₀ =

0,000

<<

0,20

m/s²

Komfortkravet

Længdesvingninger

Dimension af hovedvagen

Bjælkelængde $L = 10700 \text{ mm}$ Bredde $B = 1270 \text{ mm}$ Højde $h = 466 \text{ mm}$ Tværsnitareal $A = 3,57\text{E}+04 \text{ mm}^2$ Massen pr længdeenhed $\mu = 81,00 \text{ kg/m}$ Elastetsmodul $E_{\text{mid}} = 23.000 \text{ N/mm}^2$

n	0	1	2	3	4	
K	9,87	10,5	12,5	50	0	
$\omega_n = n\pi/L \times \sqrt{EA/\mu}$	935	1.870	2.805	3.740	4.675	rad/s
$f_n = \omega_n/2\pi$	148,81	297,62	446,44	595,25	744,06	Hz
						m/s
						m/s ²

For stibroer konstateres typisk generende ubehagelige svingninger for broer med egenfrekvenser i følgende intervaller.

* primært 1,3 - 2,3 Hz ($\approx$ gangfrekvens)

Egenfrekvensen $f_0 = 148,812 \text{ Hz} > 2,30 \text{ Hz}$

Accelerationen $a_0 = 0,000 << 0,20 \text{ m/s}^2$

Komfortkravet

Fundering

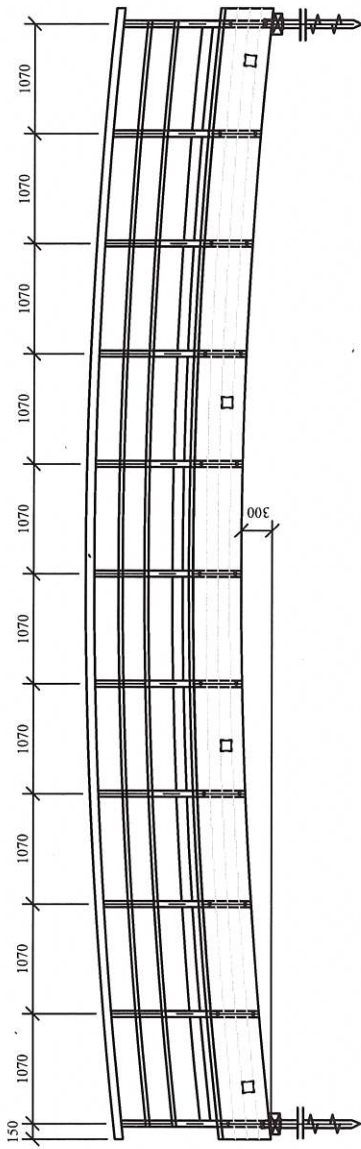
Jordskruer / Jordbor

Ved montage af jordskruerne måles det hydrauliske tryk, der omsættes til et vridningsmoment.
Alle skruer er monteret med det samme vridningsmoment, hvorved ens bæreevne sikres.

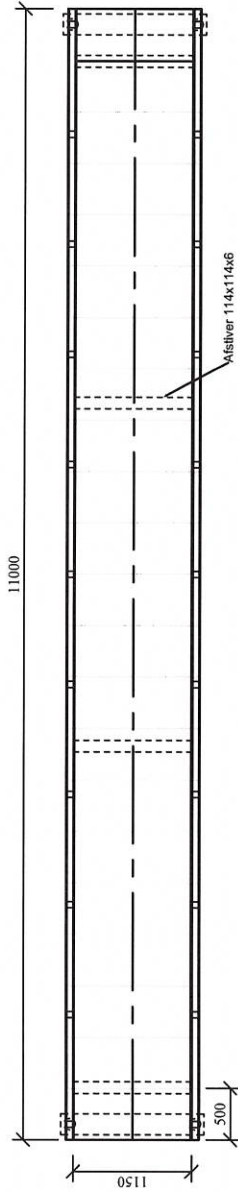
Hydraulisk tryk	$p_d =$	75 bar	
Vridningsmoment	$M_{v,k} =$	889,5 N m	0,8895 kNm
Antal vindinger pr jordskruer	$n =$	2	
Vindingens ydre diameter	$D_v =$	175 mm	
Stigning af 1 vinding	$s =$	55 mm	8,93 gr
Centerrørets diameter	$d_v =$	76 mm	
Areal af 1 vinding incl. centerrør	$A_v =$	24053 mm ²	0,0241 m ²
Areal af centerrør	$A_r =$	4536 mm ²	0,0045 m ²
Effektiv friktionsareal af 1 vinding	$A_{v,eff} =$	19516 mm ²	0,0195 m ²
Polære modstandsmoment, 1 side	$W_p =$	1014879 mm ³	
Forskydningsareal, 1 vinding	$A_c =$	39033 mm ²	
Forskydningsareal, n vindinger	$A_c =$	78065 mm ²	
Forskydningsspænding	$c_{u,v} =$	$M_{v,k} / (2 \times n \times W_p) =$	0,22 N/mm ²
Vertikal bæreevne, 1 vinding	$c_{u,v} N_c i_c = c_{u,v} \times 5,14 \times 1,2 \times 1,0 =$		
		1,35 N/mm ²	1352 kN/m ²
Bæreevne, karakteristisk, 1 vinding	$V_{R,k} =$	26,38 kN	
Bæreevne, regningsmæssig, 1 vinding	$V_{R,d} =$	14,65 kN	$\lambda_{c,u} = 1,8$
Bæreevne, karakteristisk, n vindinger	$V_{R,k} =$	52,75 kN	
Bæreevne, regningsmæssig, n vindinger	$V_{R,d} =$	29,31 kN	

Belastning på jordskruen iht til de statiske beregninger **24,36 kN**

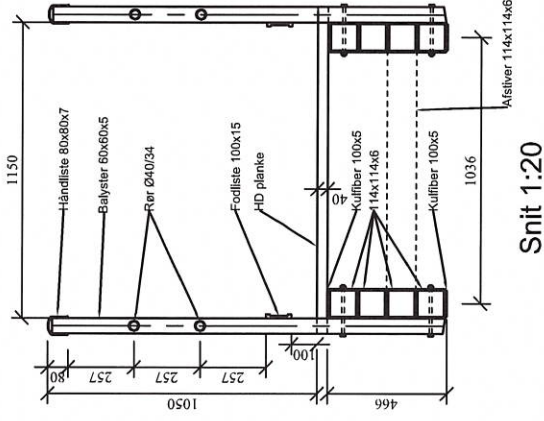
Bilag



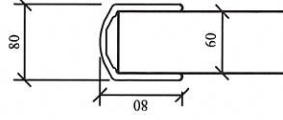
Opstalt 1:50



Plan 1:50

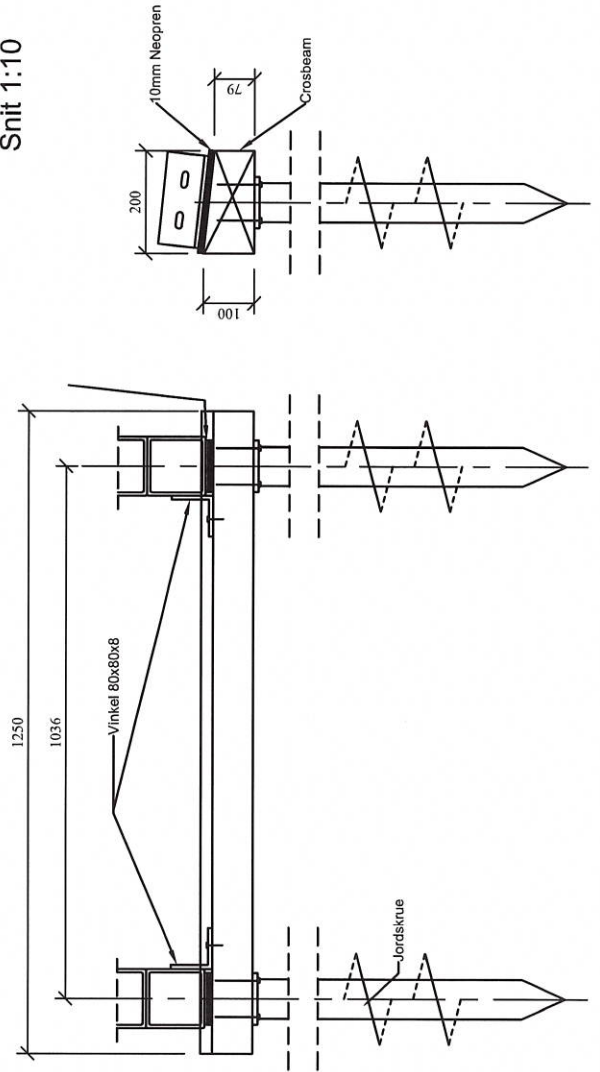


Snit 1:20



Håndliste 1:5

Snit 1:10



Projekt	Fodgænger - bro, Pøl A	Dato:	18-09-2018
Kunde	Gribstrup Kommune / Arkil	Udarb.	GR/FB
Rådgiver	WH Rådgivende Ingeniører	Geot.	GR
		Mål:	1:100 / 1:20 / 1:20
 Wood-ways.com - en verden af træ-broer			
Finlandsvej 5-8660 Skanderborg - Tlf. 61 377 588 - info@wood-ways.com - www.wood-ways.com			



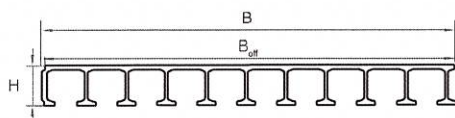
CREATE MORE WITH LESS®



Fiberline Plank HD

When it comes to potential applications for Fiberline's deck unit – the HD Plank - only the imagination sets the limit: Pedestrian bridges, walkways, stairs, cladding, and covers are just some of the many possibilities.

The properties of the HD Plank are well-documented, it is easy to machine and resistant to attack even in highly corrosive environments. This contributes to low overall costs.



Profile

H	B	B _{eff}	A	I _x	Weight	E _{0p}
mm	mm	mm	mm	x 10 ⁵ mm ⁴	g/m	x 10 ³ MPa
40	505	500	4.783	1,07	8.530	20,5

Anti-skid Surface

Fiberline Composites supply its deck elements with an optional standard anti-skid surface, but most types of surfacings will adhere very well to the polyester surface of all Fiberline Composites A/S' decking systems.

The anti-skid surface from Fiberline Composites has been tested according to DIN 51130 and achieved level R13 with grain size 1-2 mm and has an slip resistance of 78,2 according to EN 13036-4 in dry conditions.

Colours (RAL)

☐ White (9010)	☐ Grey(7035)	☐ Anthracite (7016)
☐ Mahogany (8016)	☐ Black (9005)	☐ Olive green (6022)

Other RAL colours are possible but with 15% extra cost on the total paint price.

See certification and norms on our homepage:

<https://fiberline.com/certification-and-norms>

Fittings and accessories



X : Marks the mounting position for standard Fiberline fittings



HD Clamp

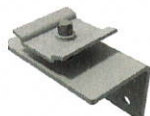
For easy assembly and disassembly without special tools.
With machine bolt and Nord-Lock washers.

Item number: 148896 for 10-30 mm
Item number: 148889 for 20-40 mm



HD Clip

Narrow clip for mounting of HD planks.
With M8x60 bolt and washer.



HD Angle

For mounting HD planks on wooden beams.
With M8x25 bolt and washer.



Coupling Clip

For joining bottom flanges of HD and MD planks. With Allen screw.

Item number: 148839



Baseplate washer

Baseplate ø30 mm washer for top mounting of HD planks.
Ø 21,5 mm hole.
With M8x60 mm bolt, incl. nut and DIN 433 washer.

Item number: 148731



Joint profile

For butt joints of HD plank in length direction. Length 200 mm and made out of PEHD.

Item number: 148737



Edge U-profile

U profile for finishing edges of HD and MD planks. Dimensions U 35x45x2.5/4 mm.

Item number: 090145

All metal parts are stainless steel AISI 316

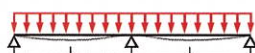
Load bearing capacity



One span, uniform distributed load

(included reduction factors γ_{M1} , A_1 and A_2)

Span L [m]	Load capacity per meter width		
	Deflection L/200 [kN/m ²] around z-axis	Deflection L/300 [kN/m ²] around z-axis	Failure [kN/m ²] around z-axis
0.25	545.9*	440.16	545.90
0.50	118.18	78.79	272.95
0.75	38.06	25.37	147.28
1.00	16.56	11.04	82.84
1.25	8.60	5.74	53.02
1.50	5.02	3.35	36.82
1.75	3.16	2.12	27.05
2.00	2.13	1.42	20.71
2.25	1.50	1.00	16.36
2.50	1.10	0.73	13.25



Two spans, uniform distributed load

(included reduction factors γ_{M1} , A_1 and A_2)

Span L [m]	Load capacity per meter width		
	Deflection L/200 [kN/m ²] around z-axis	Deflection L/300 [kN/m ²] around z-axis	Failure [kN/m ²] around z-axis
0.25	436.72*	436.72*	436.72
0.50	218.36*	157.48	218.36
0.75	83.31	55.54	145.57
1.00	37.65	25.10	82.84
1.25	19.94	13.29	53.02
1.50	11.76	7.84	36.82
1.75	7.49	4.99	27.05
2.00	5.05	3.37	20.71
2.25	3.57	2.38	16.36
2.50	2.61	1.74	13.25



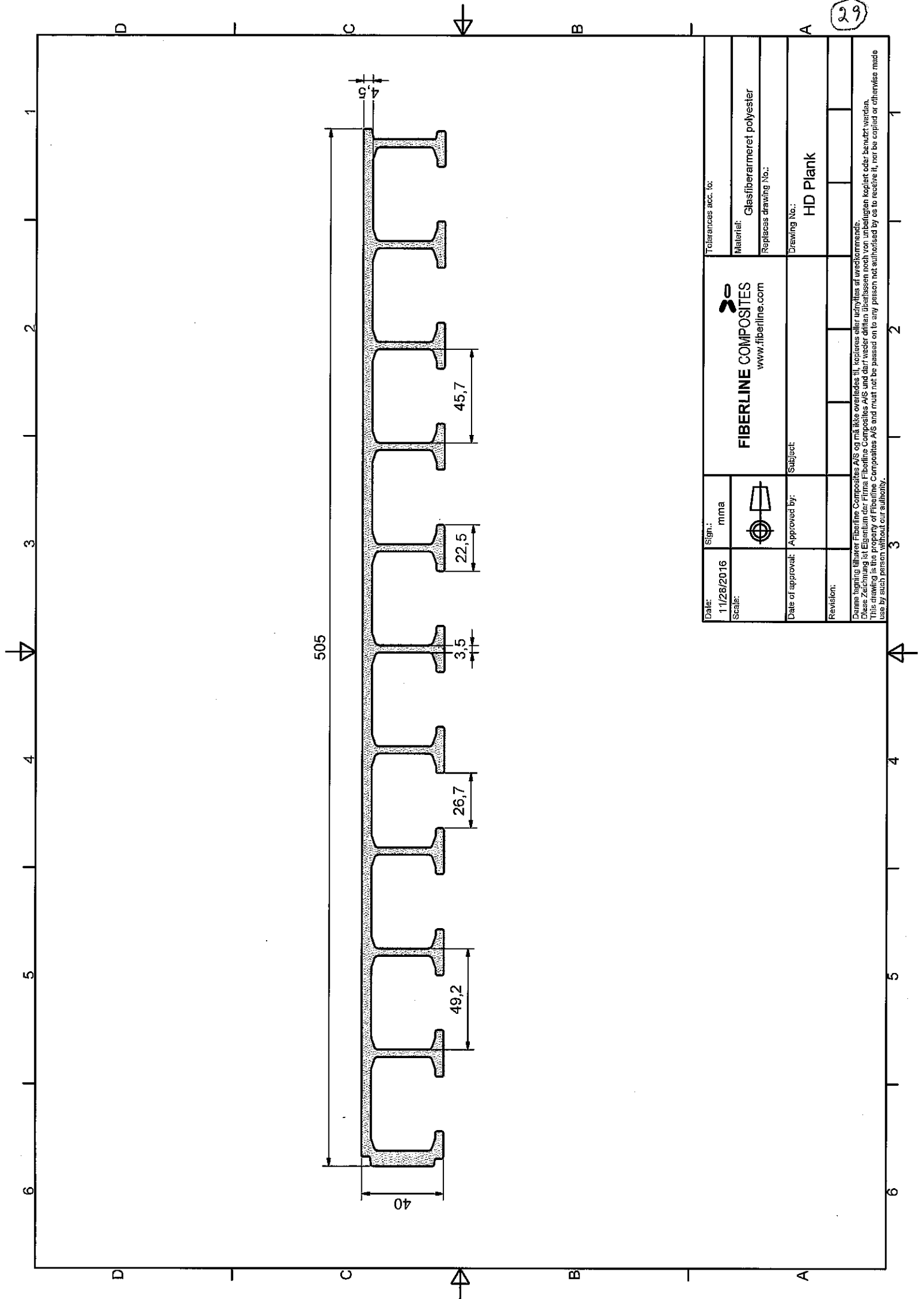
Three spans, uniform distributed load

(included reduction factors γ_{M1} , A_1 and A_2)

Span L [m]	Load capacity per meter width		
	Deflection L/200 [kN/m ²] around z-axis	Deflection L/300 [kN/m ²] around z-axis	Failure [kN/m ²] around z-axis
0.25	454.92*	454.92*	454.92
0.50	196.19	132.13	227.46
0.75	67.82	45.21	151.64
1.00	30.25	20.17	103.55
1.25	15.91	10.61	66.27
1.50	9.35	6.23	46.02
1.75	5.94	3.96	33.81
2.00	4.00	2.67	25.89
2.25	2.82	1.88	20.46
2.50	2.06	1.38	16.57

* The load bearing capacity at failure determines the dimension.

Find more information about our profiles on our homepage: <https://fiberline.com/download-area-structural-profiles>



Værdier og definitioner

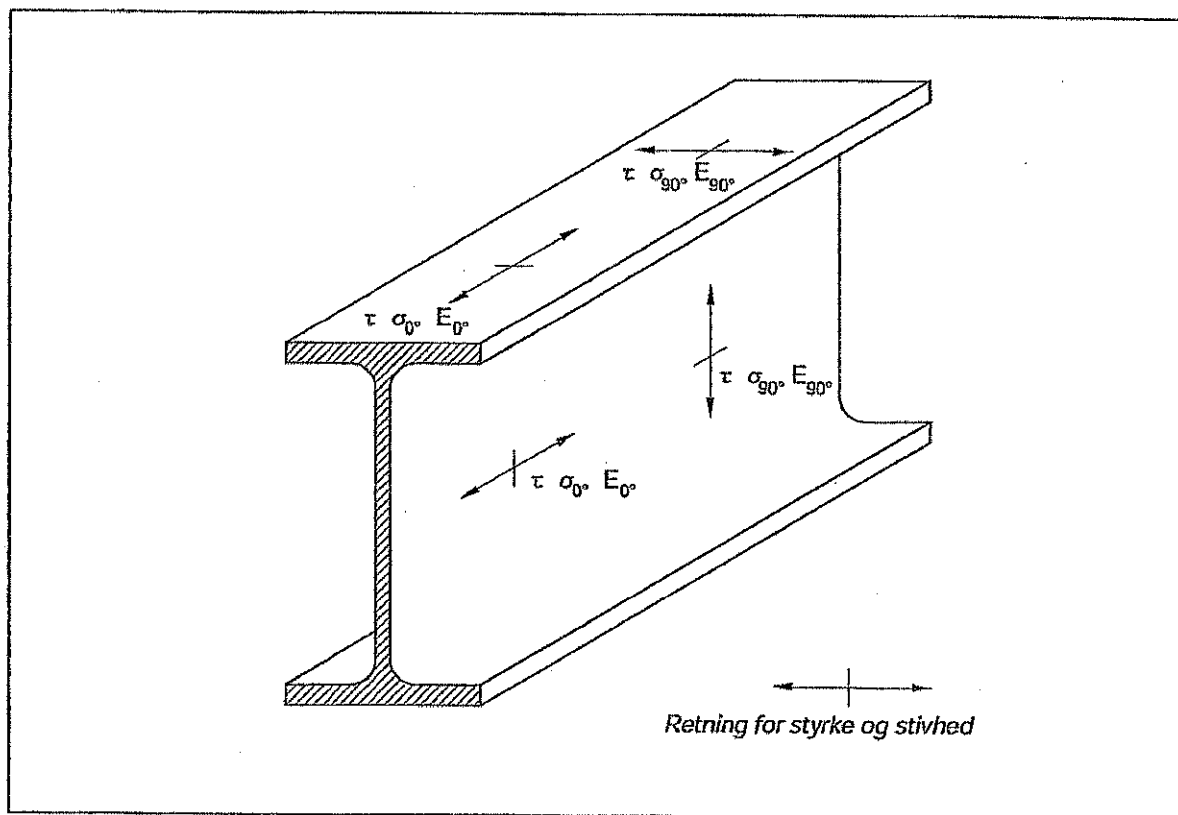


Fig. 2.1
Angivelse af retning for styrke og stivhed

Retningsdefinition

På figur 2.1 ses de forskellige hovedretninger for de opgivne materialekonstanter. Med 0° betegnes profilets længderetning, der samtidigt er trækretningen under pultruderingsprocessen og den almindeligt anvendte ved nedbøjning som bjælke eller udbøjning som søjle. Retningen på tværs af profilets længderetning betegnes 90° og materialekonstanterne for denne retning anvendes hovedsageligt ved samlinger. De eneste materialekonstanter, der er angivet som uafhængigt af retning, er forskydningsstyrken og forskydningsmodulet. Teoretisk er disse konstanter uafhængige; men forskellen er i praksis marginal, og der anvendes derfor den lavest fundne værdi.

Alle angivne værdier baserer sig på målinger udført i Fiberline Composites A/S egne laboratorier eller hos uafhængige prøvningsinstitutter. Målingerne er udført i overensstemmelse med de angivne standarder.

For retningsangivelser henvises til oversigtsbilledet (Fig. 2.1).

Tabellerne 2.5 - 2.11 præsenterer alle væsentlige geometriske data, E-modul, E_{90° , I_{xx} og den teoretiske vægt pr. meter profil for de forskellige profilværsnit, som er nævnt i databladssamlingen.

Statiske beregninger

Statiske beregninger af bærende konstruktioner udført i kompositter hhv. pultruderede profiler baseres normalt på nationalt eller internationalt anerkendte regler og normer.

Denne version af Fiberline Konstruktionshåndbog i overensstemmelse med EUROCOMP Design Code, hvis beregningsmetoder og sikkerhedsfilosofi igen er i overensstemmelse med Eurocode 1, del 1 - "Projekteringsgrundlag og last på bærende konstruktioner". Dette forhold medfører, at de omfattende belastningsangivelser, der nu er frigivet inden for Eurocode-systemet, kan anvendes i forbindelse med brugen af Fiberline Konstruktionshåndbog.

På indeværende tidspunkt er der ikke vedtaget egentlige konstruktionsnormer for kompositter i Eurocode-systemet. Indtil en Eurocode og eventuelle NAD'er (National Application Documents) foreligger, danner EUROCOMP Design Code grundlaget for Fiberline Konstruktionshåndbog.

Grænsetilstande

Statistiske beregninger af en kompositkonstruktion er en vurdering af konstruktionens opførsel i en række grænsetilstande, hvis karakter er fastsat som offentlighedens krav i form af normer mv. eller som bygherrens krav, der har baggrund i konstruktionens anvendelse, fx et mindstekrav til stivheden ved understøtningen af en maskine.

På side 1.2.11 er der givet en oversigt over de lasttilfælde, der normalt tages i betragtning ved beregning af en bærende konstruktion.

Brudgrænsetilstanden

Her vurderes sikkerheden mod svigt på grund af overbelastning eller manglende stabilitet ved, at belastninger og styrker påføres partialkoefficienter.

Virkningen fra de ydre påvirkninger, oftest udtrykt ved beregnede spændinger, S_d kræves mindre end modstandsevnen R_d .

For hver enkelt statistisk set uafhængig belastning bestemmes virkningen S_d i relevante prøvepunkter i konstruktionen ud fra permanente og variable bidrag.

For systemer med en enkelt, variabel påvirkning bestemmes virkningen ved

$$S_{d,k} = \sum_{j=1, \dots, m} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + 1,50 \cdot Q_k$$

idet

$G_{k,j}$: Permanent virkende påvirkning

Q_k : Variabelt virkende påvirkning

$\gamma_{G,j}$: Partialkoefficient på permanent last

Værdien af $\gamma_{G,j}$ er 1,35, dog 1,0 i tilfælde, hvor den permanente last virker til gunst for stabiliteten.

For systemer med flere variable påvirkninger bestemmes virkningen fra hver af disse virkende alene ved

$$S_{d,k,i} = \sum_{j=1, \dots, m} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + 1,50 \cdot Q_{k,i}$$

idet

$G_{k,j}$: Permanent virkende påvirkning

$Q_{k,i}$: Variabel virkende påvirkning

$\gamma_{G,j}$: Partialkoefficient på permanent last

Værdien af $\gamma_{G,j}$ er 1,35, dog 1,0 i tilfælde, hvor den permanente last virker til gunst for stabiliteten.

Herudover vurderes det kombinerede lasttilfælde

$$S_{d,k} = \sum_{j=1, \dots, m} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + 1,35 \cdot \sum_{i=1, \dots, n} Q_{k,i}$$

Den største værdi af virkningen S_d for de betragtede lastkombinationer betegnes som den regningsmæssige virkning. Denne skal være mindre end den regningsmæssige modstandsevne, der bestemmes ud fra den ved prøvning eller beregning fastsatte karakteristiske bæreevne R_k ved udtrykket

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_m}$$

$$\frac{R_k}{\gamma_m} = \frac{R_k}{\gamma_{m,1} \cdot \gamma_{m,2} \cdot \gamma_{m,3} \cdot \gamma_{m,4}}$$

hvor partialkoefficienterne $\gamma_{m,1}$, $\gamma_{m,2}$, $\gamma_{m,3}$ og $\gamma_{m,4}$ beskriver hver sin effekt,

- $\gamma_{m,1}$: profilets fremstillingsmåde
- $\gamma_{m,2}$: graden af genemhærdning
- $\gamma_{m,3}$: sikkerheden for formstabilitet, forskellen mellem driftstemperatur og HDT (Heat Distortion Temperature)
- $\gamma_{m,4}$: driftstemperatur

Partialkoefficienterne $\gamma_{m,1}$, $\gamma_{m,2}$ og $\gamma_{m,3}$ fastsættes i overensstemmelse med EUROCOMP Design Code.

- $\gamma_{m,1} = 1,15$ Fiberline profiler er pultruderede (EUROCOMP, Tabel 2.4)
- $\gamma_{m,2} = 1,1$ Fiberline profiler er genemhærdede svarende til "fully postcured at works" (EUROCOMP, Tabel 2.5)
- $\gamma_{m,3} = 1,0$ Fiberline profiler har en HDT, grænsetemperatur for formstabilitet, på 100°C (EUROCOMP, Tabel 2.6)

Partialkoefficienten $\gamma_{m,4}$ beskriver det pultruderede profils styrke og stivhed afhængigt af driftstemperaturen. Fiberline anbefaler, at $\gamma_{m,4}$ fastsættes som angivet i tabel 2.0.

Driftstemperatur °C i tørre omgivelser	$\gamma_{m,4}$	
	Korttidslast	Langtidslast
-20	1,0	2,5
0	1,0	2,5
20	1,0	2,5
40	1,0	2,5
60	1,0	2,5
80	1,25	3,13

Tabel 2.0

For værdier, der ikke findes i tabellen, kan $\gamma_{m,4}$ fastsættes ved interpolation.

Belastningstiden for en langtidslast måles i år.

Den totale partialkoefficient γ_m på materialemodstandsevnen fremgår af nedenstående tabel 2.0b.

For værdier, der ikke findes i tabellen, kan γ_m fastsættes ved interpolation.

Ofte vil kompositkonstruktionens dimensioner blive bestemt ved vurderinger i anvendelsestilstanden. Hvis et eventuelt svigt af konstruktionen kan tillægges en meget stor eller meget lille overordnet betydning, kan den projekterende vurdere, om det nedenfor anførte, generelt angivne sikkerhedsniveau skal skærpes eller lempes.

Driftstemperatur °C i tørre omgivelser	$\gamma_m = \gamma_{m,1} \cdot \gamma_{m,2} \cdot \gamma_{m,3} \cdot \gamma_{m,4}$	
	Korttidslast	Langtidslast
-20	1,3	3,2
60 (80)	1,3	3,2
80 (100)	1,6	4,0

Tabel 2.0b Tabelværdier i parentes gælder for profiler med vinylgeler.

Anvendelsesgrænsetilstand

Her vurderes konstruktionens opførsel under drift, specielt dens deformationer. Typisk dimensioneres en bjælkekonstruktion, så den maksimale nedbøjning er mellem 1/400 og 1/200 af bjælkens spændvidde.

I relevante prøvepunkter sammenlignes virkningen, der i disse analyser oftest er en deformation, med en acceptabel grænseværdi.

Ved fastsættelse af påvirkninger kan der tages hensyn til, at alle variable laster ikke nødvendigvis optræder samtidigt.

I EUROCOMP Design Code foreslås det i afsnit 2.3.4 at anvende nedenstående udtryk for virkninger ved undersøgelser i anvendelsesgrænsetilstanden.

Når alle permanente laster og højst en enkelt variabel last er virkende:

$$R_{k,i} \geq S_{k,i}$$

$$S_{k,i} = \sum_{j=1, \dots, m} G_{k,j} + Q_{k,i}$$

For den i EUROCOMP angivne samtidighedsfaktor på 0,9 er der i Eurocode del 1 anført værdier, der giver mulighed for en mere realistisk fastsættelse af diverse lasttypers samtidige påvirkning. En ingeniørmæssig vurdering vil tillige ofte kunne berettige en reduktion af samtidighedsfaktoren til en lavere værdi end 0,9.

$$R_{k,i} \geq S_{k,i}$$

$$S_k = \sum_{j=1, \dots, m} G_{k,j} + 0,90 \cdot \sum_{i=1, \dots, n} Q_{k,i}$$

Brandlast

Ved beregningsmæssig vurdering af en bærende konstruktions modstandsevne i en brandsituation forudsættes konstruktionen påvirket af den sandsynligst forekommende last.

Temperaturforløbet kan fastsættes svarende til Eurocode 1, del 2-2 (DS/ENV 1991-2-2).

Ulykkesgrænsetilstanden

Hvor konstruktionens opførelse under utilsigtede forhold som fx brand, påkørsel eller eksplosionslast, kan vurderes tilnærmeth ud fra angivelserne for brudgrænse- og anvendelsesgrænsetilstandene.

I disse grænsetilfælde regnes normalt med karakteristiske værdier, dvs. så tæt på virkeligheden som muligt.

Beregninger følger i princippet undersøgelser i brudgrænsetilstanden, idet alle partialkoefficienter sættes til at have værdien 1,0. Variable laster har en størrelse svarende til den sandsynligst forekommende last.

Materialeparametre

De i dette afsnit angivne materialeverdier er gældende i temperaturområdet mellem -20 °C og 60 °C. For temperaturer over 60 °C skal styrker og stivheder reduceres som anført på side 1.2.6 ved division med tabelværdien $\gamma_{m,4}$.

Karakteristiske styrkeværdier (tør tilstand)		
		[MPa]
Bøjestykke, 0°	$f_{b,0^\circ}$	240
Bøjestykke, 90°	$f_{b,90^\circ}$	100
Trækstyrke, 0°	$f_{t,0^\circ}$	240
Trækstyrke, 90°	$f_{t,90^\circ}$	50
Trykstyrke, 0°	$f_{c,0^\circ}$	240
Trykstyrke, 90°	$f_{c,90^\circ}$	70
Forskydningsstyrke	f_t	25
Hulrandstyrke, længderetning	$f_{cb,0^\circ}$	150
Hulrandstyrke, tværretning	$f_{cb,90^\circ}$	70

Tabel 2.1

Værdierne i tabellen er baseret på forsøgsresultater. Værdierne kan danne grundlag for beregning af samplingsdetaljer og lokale påvirkninger af profiler. Desuden kan generelle bjælke-/søjleberegninger, hvor der tages hensyn til blandt andet stabilitetsforhold og eventuelle langtidsvirkninger, baseres på værdierne.

I mange tilfælde kan vurderingen af bjælkekonstruktioner baseres på forenklede beregninger, der gennemføres med antagelse af en formel styrke i længderetningen (0°). Ved sådanne beregninger kan undersøgelser af Fiberline profiler vedrørende lokalstabilitet af flanger og krybningsfænomener udelades. Forenklede bjælkeberegninger er beskrevet på side 1.2.10.

Karakteristiske stivhedstal og tværkontraktion (tør tilstand)			
		[MPa]	[-]
Elasticitetsmodul	E_{0°	23000 / 28000	
Elasticitetsmodul	E_{90°	8500	
Forskydningsmodul	G	3000	
Poissons forhold	$\nu_{0^\circ,90^\circ}$		0,23
Poissons forhold	$\nu_{90^\circ,0^\circ}$		0,09

Tabel 2.2

Profilernes E-modul varierer fra 23 - 28 GPa afhængigt af geometri og armering. Se de aktuelle værdier i afsnittet om de enkelte profilers bæreevne.

Regningsmæssige styrkeværdier			
		Korttidsværdi [MPa]	Langtidsværdi [MPa]
Bøjestykke, 0°	$f_{b, 0°, d}$	185	75
Bøjestykke, 90°	$f_{b, 90°, d}$	75	30
Trækstyrke, 0°	$f_{t, 0°, d}$	185	75
Trækstyrke, 90°	$f_{t, 90°, d}$	40	30
Trykstyrke, 0°	$f_{c, 0°, d}$	185	75
Trykstyrke, 90°	$f_{c, 90°, d}$	75	30
Forskydningsstyrke	$f_{\tau, d}$	20	8

Tabel 2.3

Ovenstående værdier svarer til tallene i tabel 2.1 divideret med $\gamma_m = 1,3$. Se afsnittet nedenfor vedrørende forenklede bjælkeberegninger. Belastningstiden for en langtidslast måles i år.

Forenklet beregning af bjælkekonstruktioner

Holdes bøjningsspændingerne under nedenstående grænseværdi, kan beregninger af bjælkekonstruktioner med Fiberline profiler forenkles, når undersøgelser af langtidsvirkninger og vurdering af lokal stabilitet kan udelades.

Regningsmæssig grænsspænding når undersøgelse af langtidseffekter og lokal instabilitet af flanger kan udelades		
		[MPa]
Bøjestykke, 0°	$f_{b, 0°, d}$	75

Tabel 2.4

Dimensioneres bjælker efter gængse deformationsgrænser, vil beregninger i brudgrænsetilstanden kun sjældent være dimensionsgivende.