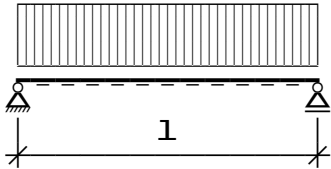


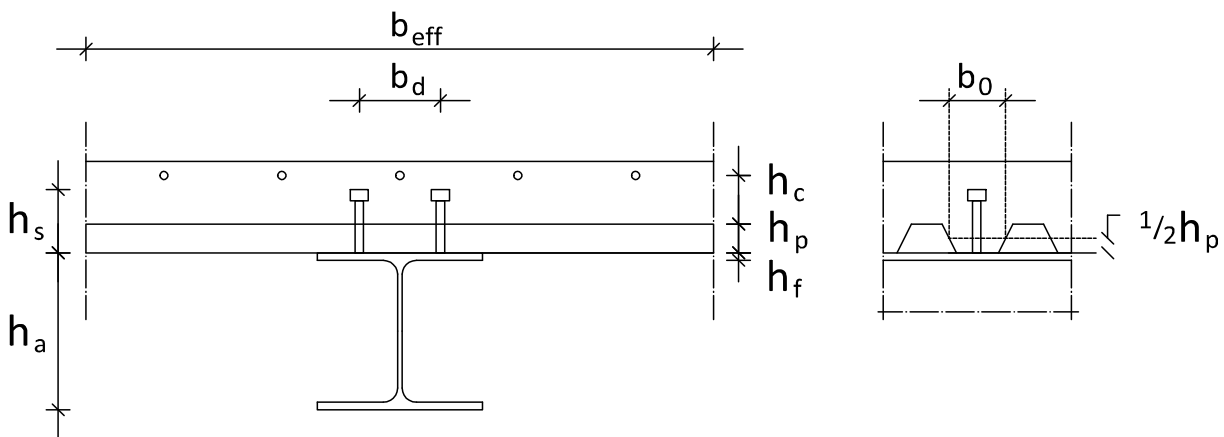
Staalbeton ligger op vrij opgelegd

Geometrie

Schema



Doorsnede van de staalbetonligger



Overspanning $l =$				12,000 m
Profieltype	=			HEA
Gekozen profiel	=			HEA 500
Profielhoogte h_a	=			490 mm
Profielbreedte b_a	=			300 mm
Flensdikte t_f	=			23,0 mm
Lijfdikte t_w	=			12,0 mm
$h_c =$				64 mm
$h_p =$				46 mm
Oppervlak A	=			19800 mm ²
Weerstandsmoment $W_{pl,a}$	=			3949000 mm ³
Afschuifoppervlak A_v	=			8970 mm ²
Wapening over b_{eff} $A_s =$				500 mm ²
Dekking $c_s =$				15 mm
$b_d =$				150 mm
$b_{eff} =$	$b_d + 2 * l / 8 * 10^3$	=		3150 mm
Schachtdiameter deuvelds $d =$				19 mm
Hoogte deuveld $h_{sc} =$				85 mm
$4 * d$	=			76 mm < h_{sc}
dus $\alpha =$				1,0
Plaatdikte $t =$				1,20 mm

Materialen en veiligheidsfactoren

Staal	=	S355
Beton	=	C28/35
Wapening	=	B500
f_{yk}	=	355 N/mm ²
f_{ck}	=	28 N/mm ²
f_{sk}	=	500 N/mm ²
$f_{yd} = f_{yk} / 1,0$	=	355 N/mm ²
$f_{cd} = f_{ck} / 1,50$	=	18,7 N/mm ²
$f_{sd} = f_{sk} / 1,15$	=	435 N/mm ²
$\varepsilon = \sqrt{235 / f_{yd}}$	=	0,814
f_u	=	450 N/mm ²
E_{cm}	=	31000 N/mm ²

Belastingen

Permanente belasting $g_k =$		50 kN/m
Veranderlijke belasting $q_k =$		25 kN/m
Rekenwaarde $q_d =$	$1,2 * g_k + 1,5 * q_k$	= 98 kN/m
$M_{Ed} =$	$1/8 * q_d * l^2$	= 1764 kNm
$V_{Ed} =$	$1/2 * q_d * l$	= 588 kN

Bepaling ligging neutrale lijn

$$N_c = h_c * b_{eff} * 0,85 * f_{cd} * 10^{-3} = 3204 \text{ kN}$$

$$N_a = A * f_{yd} * 10^{-3} = 7029 \text{ kN}$$

$$N_{lijf} = (h_a - 2 * t_f) * t_w * f_{yd} * 10^{-3} = 1891 \text{ kN}$$

$$\text{Geval} = 2$$

Geval 1 is neutrale lijn in betonnen plaat; $N_c > N_a$

Geval 2 is neutrale lijn in de flens van het staalprofiel; $N_a > N_c > N_{lijf}$

Geval 3 is neutrale lijn in het lijf van het staalprofiel; $N_{lijf} > N_c$

Bepaling plastisch momentweerstand (zelf juiste geval kiezen)

Geval 1

$$x_{pl} = \frac{A * f_{yd}}{b_{eff} * 0,85 * f_{cd}} = 140 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = A * f_{yd} * \left(\frac{1}{2} * h_a + h_p + h_c - \frac{1}{2} * x_{pl} \right) * 10^{-6} = 2003 \text{ kNm}$$

Geval 2

$$N_c = N_c * 10^3 = 3204000 \text{ N}$$

$$M_{pl,Rd} = N_c * \left(\frac{1}{2} * h_a + h_p + \frac{1}{2} * h_c \right) + \frac{1}{2} * (A * f_{yd} - N_c) * \left(h_a - \frac{A * f_{yd} - N_c}{2 * b_a * f_{yd}} \right) = 1938 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd} = M_{pl,Rd} * 10^{-6} = 1938 \text{ kNm}$$

Geval 3

$$M_{pl,Rd} = N_c \bar{c} \left(\frac{1}{2} h_a + h_p + \frac{1}{2} h_c \right) + W_{pl,a} f_{yd} - \frac{N_c^2}{4 t_w f_{yd}} = 1834 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot 10^{-6} = 1834 \text{ kNm}$$

$$\text{Toetsing: } M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0,96 < 1$$

Bepaling plastische dwarskrachtweerstand

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_{yd}}{\sqrt{3}} \cdot 10^{-3} = 1838 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 919 > V_{Ed}$$

Dus geen gecombineerde toetsing tussen dwarskracht en moment noodzakelijk

$$h_a / t_w \cdot \varepsilon = 33 < 72$$

Dus geen toetsing op weerstand tegen plooiën noodzakelijk

$$\text{Toetsing: } V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,32 < 1$$

Bepaling van de rekenwaarde voor de afschuifsterkte van de deuvels

$$\text{Afschuiven stiftdeuvel } P_{Rd,1} = \frac{0,8 f_u \frac{1}{4} \pi d^2}{1,25} = 81656 \text{ N}$$

$$\text{Verbrijzelen beton } P_{Rd,2} = \frac{0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{1,25} = 78029 \text{ N}$$

De ribben van de staalplaat liggen haaks op de stalenligger daarom wordt de deuvelsterkte gereduceerd.

Het aantal deuvels per rib is:

$$n_r = 1$$

De breedte tussen twee ribben op de hoogte $1/2 \cdot h_p$ is:

$$b_0 = 136 \text{ mm}$$

De reductie factor is:

$$k_t = \frac{0,7 b_0}{\sqrt{n_r} h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 1,75$$

$$k_{t,max} = 1,00$$

$$k_t = \text{MIN}(k_t; k_{t,max}) = 1,00$$

Afschuifsterkte van de deuvels is:

$$P_{Rd} = k_t \cdot \text{MIN}(P_{Rd,1}; P_{Rd,2}) \cdot 10^{-3} = 78 \text{ kN}$$

Bepaling aantal benodigde deuvels

De schuifkracht tussen het beton en de stalenligger wordt bepaald door de kleinste waarde van de volgende twee formules

$$V_{I,Ed,1} = A \cdot f_{yd} \cdot 10^{-3} = 7029 \text{ kN}$$

$$V_{I,Ed,2} = h_c \cdot b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{cd} \cdot 10^{-3} = 3204 \text{ kN}$$

$$V_{I,Ed} = \text{MIN}(V_{I,Ed,1}; V_{I,Ed,2}) = 3204 \text{ kN}$$

Het aantal deuvels per liggerhelft wordt:

$$n_f = \frac{V_{I,Ed}}{P_{Rd}} = 41$$