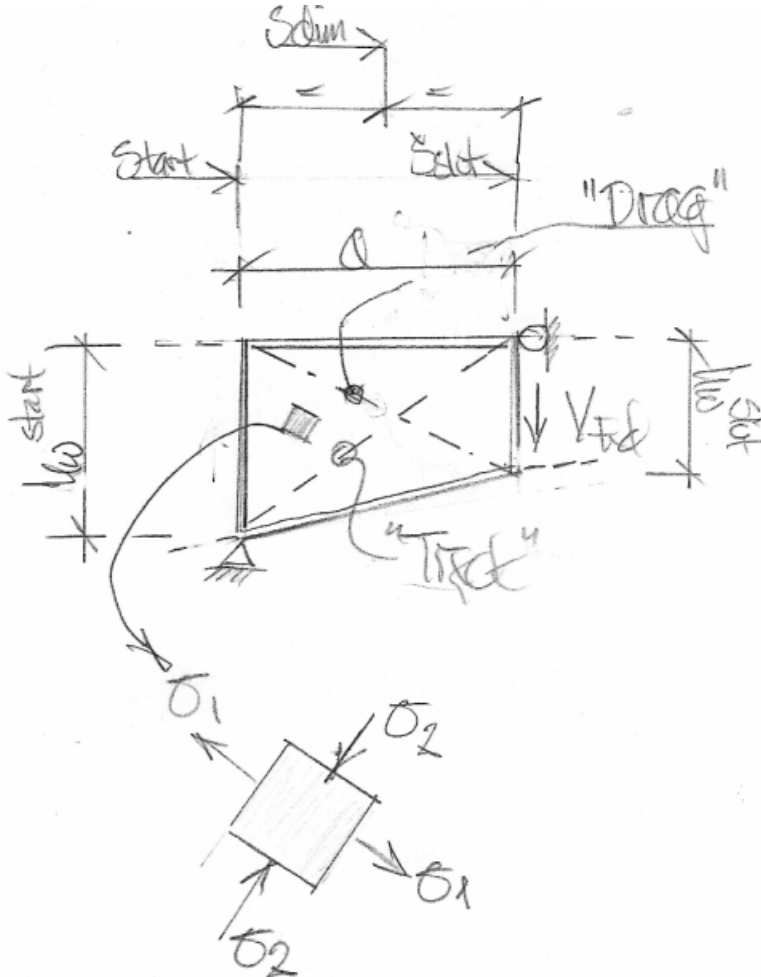


Objekt: Huvudbalk**TEORI**

Beräkningen har gjorts med följande antaganden :

- Inverkan av längsgående avstyvningar medges ej.
- Kontroll utförs för huruvida plastisk bärförmåga får tillämpas eller om hänsyn till skjuvbuckling måste beaktas.
- Om tvärkraftskapacitet bestäms med hänsyn till skjuvbuckling så bör styva tvärvstyvningar införas åtminstone vid respektive upplagslinje. Beräkningsprogrammet kommer att redovisa $V_{bw,Rd} = 0$ kN om inga tvärvstyvningar förekommer.
(Om ett utförande med oavstyvat liv önskas då bärförmågan bestäms så går detta men måste hanteras separat enligt EC 3-1-5 avsnitt 6.1 (2c). Utförandet bör dock undvikas).
- Om hänsyn till skjuvbuckling erfordras så bestäms bucklingskoefficient κ_τ enligt EC 3-1-5 ekvationer A.5. Dessa förutsätter styva mellanliggande tvärvstyvningar.
- Om mellanliggande tvärvstyvningar erfordras så skall dessa utformas enligt EC 3.1.5 avsnitt 9.2.1. Tvärvstyvningar skall utformas för att klara tryckande normalkraft från anslutande liv samt från koncentrerade som verkar direkt mot fläns.

Inverkan av skjuvbuckling vid vottad balk hanteras genom att medelvärdet av livhöjden tillämpas utmed hela livplåten. Redovisningen är på säker sida enligt redovisning nedan.



$$\frac{V_{bw.Rd}(s_{start}) + V_{bw.Rd}(s_{slut})}{2} > V_{bw.Rd}(s_{dim})$$

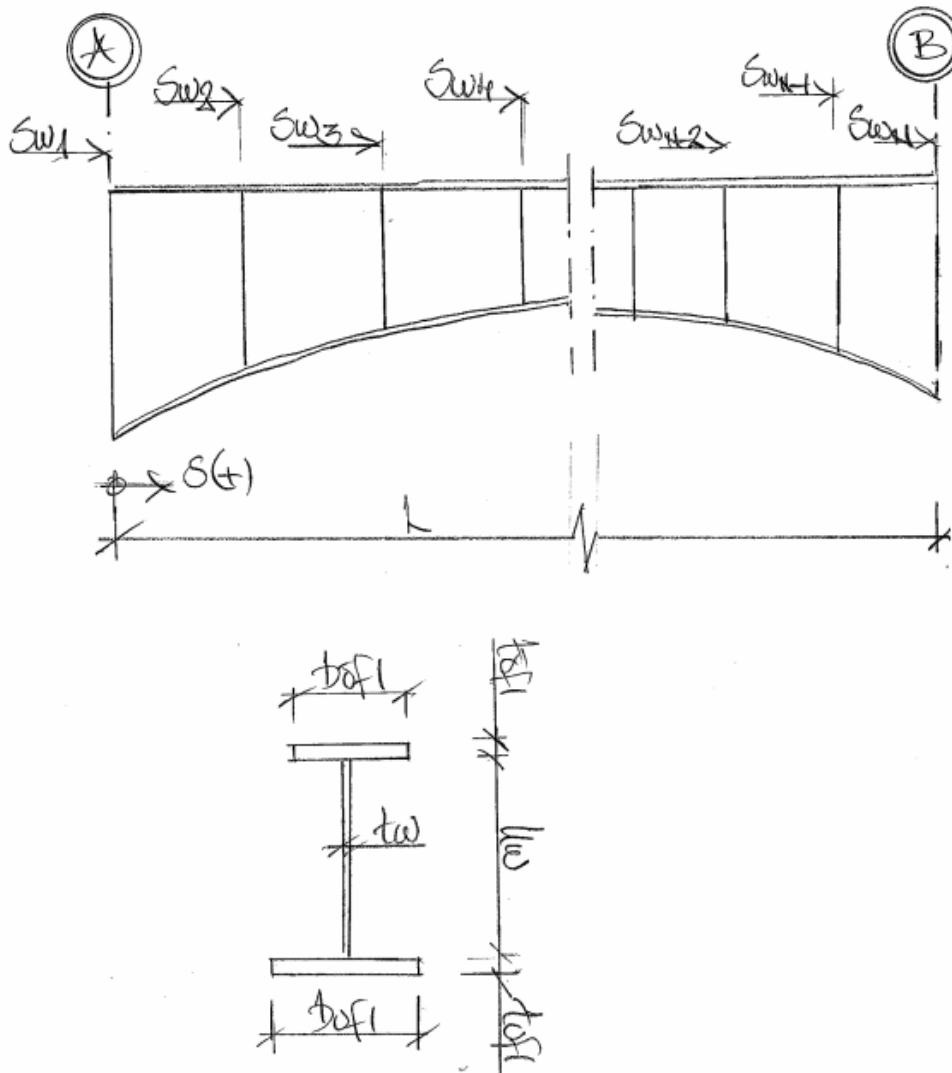
$$s_{dim} = \frac{s_{start} + s_{slut}}{2}$$

$$h_{w, start} = h_w(s_{start})$$

$$h_{w, slut} = h_w(s_{slut})$$

$$h_{w, dim} = h_w(s_{dim})$$

PRINCIPFIGUR



Shear capacity steel girder

INDATA

Material

$f_{yf} = 355\text{MPa}$: sträckgränsen flänsar

$f_{yw} = 355\text{MPa}$: sträckgränsen liv

$\eta = 1.20$: ($\eta = 1.20$ då $f_{yw} \leq 460$ MPa och $\eta = 1.00$ då $f_{yw} > 460$ MPa
se EC 3-1-5 avsnitt 5.2)

Säkerhetsfakorer

$\gamma_{M0} = 1.00$

$\gamma_{M1} = 1.00$

Geometri

$L = 35.4\text{m}$: spännvidd

$N = 10\text{st}$: antalet snitt där geometri definieras

Dimensionerande snitt som utvärderas

$s = (0.1 \ 6.9 \ 7.1 \ 28.1 \ 28.31 \ 35.3) \cdot \text{m}$

$n = 6\text{st}$: antalet snitt där bärförmåga utvärderas

Definition av upplag

("yttre" = ändupplag / "inre" = upplag som fortsätter på andra sidan stömlinjen)

$\text{Upplag}_A = \text{"yttre"}$: upplag stömlinje A

$\text{Upplag}_B = \text{"inre"}$: upplag stömlinje B

Definition av ändavstyvning

("styv" = styv ändavstyvning / "vek" = vek ändavstyvning / "-" = ingen ändavstyvning)

$\text{Typ}_A = \text{"vek"}$: upplag stömlinje A

$\text{Typ}_B = \text{"styv"}$: upplag stömlinje B

Shear capacity steel girder

Dimensionerande snittkrafter :

(Se sidor B3:24-28)

s_{last}	V_{Ed}^{max}	$M_{Ed}^{tillh.1}$	V_{Ed}^{min}	$M_{Ed}^{tillh.2}$
0	-767	8599	-2771	-2601
6.9	-76	16458	-1654	15013
7.1	-18	19414	-1530	14566
10.6	415	20158	-1012	17985
24.6	2399	13374	845	4321
28.1	2874	3977	1121	-2992
28.3	3037	-3523	1157	-966
35.4	4066	-31504	1564	-13836
m	kN	kNm	kN	kNm

Geometri

(Avstyvning anges såsom "Ja" eller "Nej")

s_w	h_w	t_w	b_{off}	t_{off}	b_{ufl}	t_{ufl}	Avstyvning	Balk
0	1730	18	450	25	950	45	Ja	001
6.7	1730	18	450	25	950	45	Ja	001
7.0	1730	18	450	25	950	45	Nej	001
7.0	1725	16	450	25	950	50	Nej	002
14.2	1725	16	450	25	950	50	Ja	002
21.2	1725	16	450	25	950	50	Ja	002
28.3	1725	16	450	25	950	50	Nej	002
28.3	1700	20	750	50	950	50	Nej	003
28.5	1700	20	750	50	950	50	Ja	003
35.4	1700	20	750	50	950	50	Ja	003
-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	-	-

Shear capacity steel girder

BERÄKNING

Funktion - faktor for bestämning av livets slankhet

(Se EC 3-1-5 avsnitt 5.1)

$$\epsilon = \sqrt{\frac{235\text{MPa}}{f_{yw}}} = 0.814$$

Funktion - kontroll av huruvida skjuvbuckling behöver beaktas

(Se EC 3-1-5 avsnitt 5.1)

$$\text{Skjuvbuckling(s)} = \begin{cases} \text{"Ja"} & \text{if } \frac{72}{\eta} \cdot \epsilon < \frac{h_w}{t_w} \\ \text{"Nej"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Funktion - plastisk tvärkraftkapacitet

(Se EC 3-1-1 avsnitt 6.2.6)

$$V_{pl.Rd} = \begin{cases} \text{if Skjuvbuckling(s) = "Nej"} \\ \begin{cases} A_v \leftarrow \eta \cdot h_w \cdot t_w \\ V_{pl.Rd} \leftarrow \frac{A_v \cdot f_{yw}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \end{cases} \\ V_{pl.Rd} \leftarrow 0\text{kN} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Funktion - avstånd mellan avstyvningar

```

a = | Tväravstyvningar ← "Nej"
    | for i ∈ 1 .. N
    |   | sstart ← swi if s > swi ∧ Avstyvning = "Ja"
    |   | sslut ← swN-i+1 if s < swN-i+1 ∧ Avstyvning = "Ja"
    |   | Tväravstyvningar ← "Ja" if Avstyvning = "Ja"
    |   (sslut - sstart) if Tväravstyvningar = "Ja" ∧ Skjuvbuckling(s) = "Ja"
    | 100m otherwise

```

Funktion - livhöjd i början på avstyvning

```

hw.start = | Tväravstyvningar ← "Nej"
           | for i ∈ 1 .. N
           |   | sstart ← swi if s > swi ∧ Avstyvning = "Ja"
           |   | Tväravstyvningar ← "Ja" if Avstyvning = "Ja"
           | hw(sstart) if Tväravstyvningar = "Ja"
           | hw(s) otherwise

```

Funktion - livhöjd i slutet på avstyvning

```

hw.slut(s) = | Tväravstyvningar ← "Nej"
              | for i ∈ 1 .. N
              |   | sslut ← swN-i+1 if s < swN-i+1 ∧ Avstyvning = "Ja"
              |   | Tväravstyvningar ← "Ja" if Avstyvning = "Ja"
              | hw(sslut) if Tväravstyvningar = "Ja"
              | hw(s) otherwise

```

Funktion - dimensionerande livhöjd för votad balk

$$h_{w.dim}(s) = \frac{h_{w.start}(s) + h_{w.slut}(s)}{2}$$

Funktion - skjuvbucklingskoefficient

(Se EC 3-1-5 bilaga A ekvation A.5)

$$\kappa_{\tau} = \begin{cases} 0 & \text{if } a = 100m \\ \text{otherwise} \\ \begin{cases} 5.34 + 4.00 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 & \text{if } \frac{a}{h_w} \geq 1 \\ 4.00 + 5.34 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 & \text{otherwise} \end{cases} \end{cases}$$

Funktion - slankhetsparameter

(Se EC 3-1-5 avsnitt 5.3 ekvation 5.6)

$$\lambda_w = \begin{cases} 1000 & \text{if } \kappa_{\tau} = 0 \\ \frac{h_w}{37.4 \cdot t_w \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\kappa_{\tau}}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Funktion - skjuvbucklingsfaktor vid styv avstyvning

(Se EC 3-1-5 tabell 5.1)

$$\chi_{w, \text{styv}} = \begin{cases} \eta & \text{if } \lambda_w \leq \frac{0.83}{\eta} \\ \frac{0.83}{\lambda_w} & \text{if } \frac{0.83}{\eta} < \lambda_w < 1.08 \\ \frac{1.37}{0.70 + \lambda_w} & \text{if } 1.08 \leq \lambda_w < 1000 \\ 0 & \text{if } \lambda_w = 1000 \end{cases}$$

Funktion - skjuvbucklingsfaktor vid vek avstyning

(Se EC 3-1-5 tabell 5.1)

$$\chi_{w,vek} = \begin{cases} \eta & \text{if } \lambda_w \leq \frac{0.83}{\eta} \\ \frac{0.83}{\lambda_w} & \text{if } \frac{0.83}{\eta} < \lambda_w < 1.08 \\ \frac{0.83}{\lambda_w} & \text{if } 1.08 \leq \lambda_w < 1000 \\ 0 & \text{if } \lambda_w = 1000 \end{cases}$$

Funktion - bestämning skjuvbucklingsfaktor

```

χw =   Tvärvstyningar ← "Nej"
        for i ∈ 1..N
            Tvärvstyningar ← "Ja" if Avstyvning = "Ja"
            istart ← i if s > swi ∧ Avstyvning = "Ja"
            islut ← N - i + 1 if s < swN-i+1 ∧ Avstyvning = "Ja"
        if Tvärvstyningar = "Ja"
            χw.styv if istart = 1 ∧ UpplagA = "inre" ∧ TypA = "vek"
            χw.vek if istart = 1 ∧ UpplagA = "yttre" ∧ TypA = "vek"
            χw.styv if istart = 1 ∧ TypA = "styv"
            χw.styv if islut = N ∧ UpplagB = "inre" ∧ TypB = "vek"
            χw.vek if islut = N ∧ UpplagB = "yttre" ∧ TypB = "vek"
            χw.styv if islut = N ∧ TypB = "styv"
            χw.styv if istart ≠ 1 ∧ islut ≠ N
        0 otherwise
    
```

Funktion - livets tvärkraftskapacitet

(Se EC 3-1-5 ekvation 5.1)

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

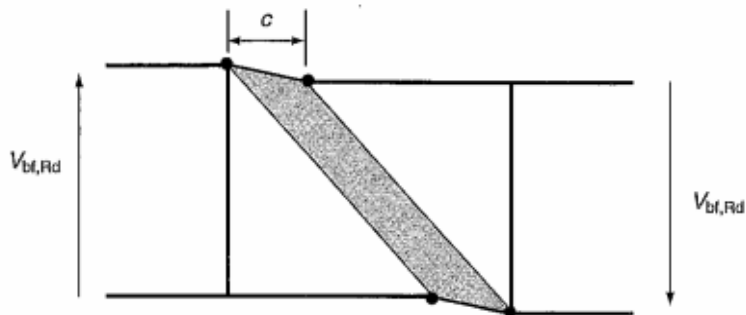
Funktion - bestämning av ekvivalenta flänsar för bestämning av $M_{f,Rd}$

$$b_f = \begin{cases} b_{ufl} & \text{if } b_{öfl} \cdot t_{öfl} > b_{ufl} \cdot t_{ufl} \\ b_{öfl} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$t_f = \begin{cases} t_{ufl} & \text{if } b_{öfl} \cdot t_{öfl} > b_{ufl} \cdot t_{ufl} \\ t_{öfl} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Funktion - förankringslängd

(Se EC 3-1-5 avsnitt 5.4)



$$c = \begin{cases} 100\text{m} & \text{if } a = 100\text{m} \\ a \cdot \left(0.25 + \frac{1.6 \cdot b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{t_w \cdot h_w^2 \cdot f_{yw}} \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Funktion - flänsar bidrag till tvärkraftskapacitet

(Se EC 3-1-5 avsnitt 5.4)

$$M_{f,Rd} = \frac{f_{yf}}{\gamma_{M0}} \cdot b_f \cdot t_f \cdot (h_w + t_f)$$

$$V_{bf,Rd} = \begin{cases} 0 \text{ kN} & \text{if } c = 100 \text{ m} \\ \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{c \cdot \gamma_{M1}} \cdot \left[1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

Funktion - total tvärkraftskapacitet

(Se EC 3-1-5 ekvation 5.1)

$$V_{b,Rd,max} = \frac{\eta \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd}$$

Shear capacity steel girder

RESULTAT

Interpolerad geometri och snittkrafter i studerade snitt

s	$h_w^{\max}$	$h_w^{\min}$	h_w	$h_w^{\dim}$	t_w
0.100	1730	1730	1730	1730	18
6.900	1730	1725	1730	1728	18
7.100	1730	1725	1725	1728	16
28.100	1725	1700	1725	1713	16
28.310	1725	1700	1700	1713	20
35.300	1700	1700	1700	1700	20
m	mm	mm	mm	mm	mm

Interpolerad geometri och snittkrafter i studerade snitt

s	M_{Ed}^{tillh}	b_f	t_f	a	c
0.100	-2346	450	25	6.70	1.73
6.900	15013	450	25	7.50	1.94
7.100	14566	450	25	7.50	1.95
28.100	3977	450	25	7.30	1.90
28.310	-3562	750	50	7.30	2.20
35.300	-31110	750	50	6.90	2.08
m	kNm	mm	mm	m	m

Delresultat bärförmåga i studerade snitt

s	Skjuvbuckling	κ_t	λ_w	χ_w	$V_{bw.Rd}$	$M_{f.Rd}$	$V_{bf.Rd}$
0.100	Ja	5.61	1.33	0.62	3971	7009	51
6.900	Ja	5.55	1.34	0.67	4283	7009	51
7.100	Ja	5.55	1.51	0.62	3518	6989	51
28.100	Ja	5.56	1.49	0.63	3510	6989	51
28.310	Ja	5.56	1.19	0.72	5079	23297	51
35.300	Ja	5.58	1.18	0.73	5072	23297	51
m	-	-	-	-	kN	kNm	kN

Kontroll av bärförmåga i studerade snitt

s'	$V_{b.Rd}$	$V_{pl.Rd}$	V_{Ed}
0.100	4023	0	> 2755
6.900	4334	0	> 1654
7.100	3570	0	> 1530
28.100	3562	0	> 2874
28.310	5131	0	> 3038
35.300	5123	0	> 4052
m	kN	kN	kN