

DIMENSJONERING HOVEDBJELKE- BRUDDGRENSETILSTAND (ULS)

Egenskaper:

Betongklasse	$f_{ck} := 45 \text{ N} \div \text{mm}^2$
Armering	$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$
Strekkfasthet	$f_{ctm} := 3.8 \text{ MPa}$
Materialfaktor betong	$\gamma_b := 1.50$
Materialfaktor armering	$\gamma_a := 1.15$
Fyd-verdi	$f_{yd} := f_{yk} \div \gamma_a = 435 \text{ MPa}$
Fcd-verdi	$f_{cd} := 0.85 \cdot f_{ck} \div \gamma_b = 25.5 \text{ N} \div \text{mm}^2$

Dimensjoner

Lengde	$l := 9.0 \text{ m}$
Bredde	$b := 900 \text{ mm}$
Høyde	$h := 900 \text{ mm}$

Overdekning

$c_{min.b} := 25 \text{ mm}$	EC 2, NA.4.2
$c_{min.dur} := 60 \text{ mm}$	EC 2, NA.4.4N
$\Delta c_{dur.\gamma} := 0 \text{ mm}$	EC 2, NA.4.4.1.2(6)
$\Delta c_{dur.st} := 0 \text{ mm}$	EC 2, NA.4.4.1.2(7)
$\Delta c_{dur.add} := 0 \text{ mm}$	EC 2, NA.4.4.1.2(8)
$\Delta c_{dev} := 10 \text{ mm}$	EC 2, NA.4.4.1.3(1)
EC 2, 4.4.1.2	
$c_{min} := \max(c_{min.b}, c_{min.dur} + \Delta c_{dur.\gamma} - \Delta c_{dur.st} - \Delta c_{dur.add}, 10 \text{ mm}) = 60 \text{ mm}$	
$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 70 \text{ mm}$	EC 2, 4.4.1.3

DIMENSJONERING AV FRITT OPPLAGT HOVEDBJELKE:

LASTER

Moment

ULS y-retning:

Største moment støtte: $M_{Ed;y;støtte} := 577.60 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (fra Autodesk Robot)

Største moment felt: $M_{Ed;y;felt} := 243.83 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (fra Autodesk Robot)

ULS z-retning:

Største moment støtte: $M_{Ed;z;støtte} := 88.50 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (fra Autodesk Robot)

Største moment felt: $M_{Ed;z;felt} := 88.50 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (fra Autodesk Robot)

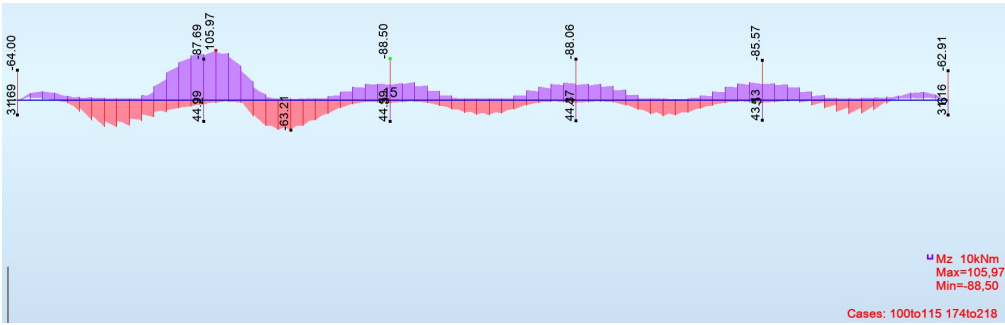
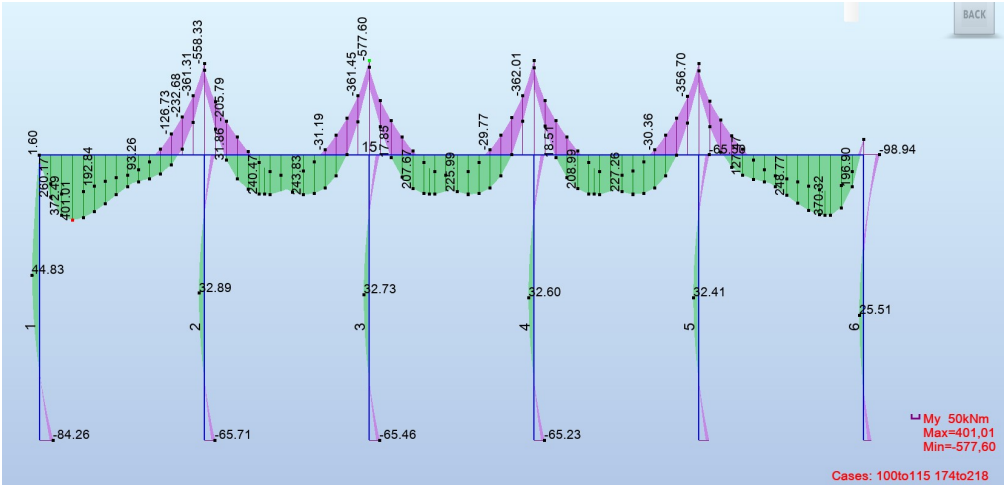
Skjærkrefter

Største skjærkraft FY: $V_{Ed;z;støtte} := 535.27 \text{ kN}$ (fra Autodesk Robot)

Største skjærkraft FZ: $V_{Ed;y;støtte} := 23.35 \text{ kN}$ (fra Autodesk Robot)

Vedlegg 3: Dimensjonering av hovedbjelke - bruddgrensetilstand (ULS)

Figur:



Armering

Lengdearmoring ϕ_{LA} :	$\phi_{LA} := 25 \text{ mm}$	
Bøylearmoring ϕ_{BA} :	$\phi_{BA} := 12 \text{ mm}$	
Effektiv høyde y-retning:	$d_z := h - c_{nom} - \phi_{BA} - \phi_{LA} \div 2 = 806 \text{ mm}$	
Effektiv høyde z-retning:	$d_y := b - c_{nom} - \phi_{BA} - \phi_{LA} \div 2 = 806 \text{ mm}$	
k-verdi:	$k := 0.275$	Sørensen (tabell 4.3)

Beregning av bjelkens momentkapasitet i trykksone:

$$M_{Rd;y} := k \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_z^2 = 4095 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd;z} := k \cdot f_{cd} \cdot h \cdot d_y^2 = 4095 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Sørensen lign. (4.23 a)

Avstand mellom trykk-og strekkresultanten

$c := 0.17$ hvor $c=1-z/d$. Vi ser på avrundete verdier og finner $c=0.17$

Sørensen (tabell 4.5)

$$z_{y;støtte} := d_y \cdot \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed;y;støtte}}{M_{Rd;y}} \right) = 786 \text{ mm}$$

Sørensen (lign. 4.28)

$$z_{y;felt} := d_y \cdot \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed;y;felt}}{M_{Rd;y}} \right) = 797 \text{ mm}$$

$$z_{z;støtte} := d_z \cdot \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed;z;støtte}}{M_{Rd;z}} \right) = 803 \text{ mm}$$

$$z_{z;felt} := d_z \cdot \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed;z;felt}}{M_{Rd;z}} \right) = 803 \text{ mm}$$

NØDVENDIG ARMERING

$$A_{s;y;støtte;nød} := \frac{M_{Ed;z;støtte}}{f_{yd} \cdot z_{y;støtte}} = 259 \text{ mm}^2$$

$$A_{s;z;støtte;nød} := \frac{M_{Ed;y;støtte}}{f_{yd} \cdot z_{z;støtte}} = 1655 \text{ mm}^2$$

$$A_{s;y;felt;nød} := \frac{M_{Ed;z;felt}}{f_{yd} \cdot z_{y;felt}} = 255 \text{ mm}^2$$

$$A_{s;z;felt;nød} := \frac{M_{Ed;y;felt}}{f_{yd} \cdot z_{z;felt}} = 699 \text{ mm}^2$$

Sørensen (lign. 4.27)

VELGER ARMERING

Støtte y-retning:

$$A_{s;y;støtte;nød} = 259 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\phi;y;støtte} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 = 491 \text{ mm}^2$$

Nødvendig antall stenger pr. bredde:

$$n_{y;støtte} := \frac{A_{s;y;støtte;nød}}{A_{s\phi;y;støtte}} = 0.527 \quad n := \text{ceil}(n_{y;støtte}) = 1$$

Velger n:

$$n := 2$$

Maksimal senteravstand mellom stengene: (EC2, 9.3.1.1)

$$s_{y;støtte} := \frac{h}{n} = 450 \text{ mm}$$

På områder med konsentrerte laster benytter vi senteravstand 250 mm istedfor beregnet nødvendig avstand etter krav EK2.9.3. Vi setter derfor senteravstand mindre eller lik **250 mm**.

$$s_{y;støtte} := 250 \text{ mm}$$

$$n := \frac{h}{s_{y;støtte}} = 3.6$$

$$A_{s;y;støtte} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 \cdot \text{ceil}(n) = 1963 \text{ mm}^2$$

Felt y-retning:

$$A_{s;y;felt;n\ddot{o}d} = 255 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\phi;y;felt} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 = 491 \text{ mm}^2$$

Nødvendig antall stenger pr. bredde:

$$n_{y;felt} := \frac{A_{s;y;felt;n\ddot{o}d}}{A_{s\phi;y;felt}} = 0.52 \quad \boxed{n} := \text{ceil}(n_{y;felt}) = 1$$

Velger n:

$$\boxed{n} := 2$$

Maksimal senteravstand mellom stengene: (EC2, 9.3.1.1)

$$s_{y;felt} := \frac{h}{n} = 450 \text{ mm}$$

På områder med konsentrerte laster benytter vi senteravstand 250 mm istedenfor beregnet nødvendig avstand etter krav EK2.9.3. Vi setter derfor senteravstand mindre eller lik **250 mm**.

$$\boxed{s_{y;felt}} := 250 \text{ mm}$$

$$\boxed{n} := \frac{h}{s_{y;felt}} = 3.6$$

$$A_{s;y;felt} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 \cdot \text{ceil}(n) = 1963 \text{ mm}^2$$

Støtte z-retning:

$$A_{s;z;st\ddot{o}tte;n\ddot{o}d} = 1655 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\phi;z;st\ddot{o}tte} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 = 491 \text{ mm}^2$$

Nødvendig antall stenger pr. bredde:

$$n_{z;st\ddot{o}tte} := \frac{A_{s;z;st\ddot{o}tte;n\ddot{o}d}}{A_{s\phi;z;st\ddot{o}tte}} = 3.37 \quad \boxed{n} := \text{ceil}(n_{z;st\ddot{o}tte}) = 4$$

Velger n:

$$\boxed{n} := 4$$

Maksimal senteravstand mellom stengene: (EC2, 9.3.1.1)

$$s_{z;støtte} := \frac{b}{n} = 225 \text{ mm}$$

$$A_{s;z;støtte} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 \cdot n = 1963 \text{ mm}^2$$

Felt z-retning:

$$A_{s;z;felt;nød} = 699 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\phi;z;felt} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 = 491 \text{ mm}^2$$

Nødvendig antall stenger pr. bredde:

$$n_{z;felt} := \frac{A_{s;z;felt;nød}}{A_{s\phi;z;felt}} = 1.424 \quad \boxed{n} := \text{ceil}(n_{z;felt}) = 2$$

Velger n:

$$\boxed{n} := 2$$

Maksimal senteravstand mellom stengene: (EC2, 9.3.1.1)

$$s_{z;felt} := \frac{b}{n} = 450 \text{ mm}$$

På områder med konsentrerte laster benytter vi senteravstand 250 mm istedfor beregnet nødvendig avstand etter krav EK2.9.3. Vi setter derfor senteravstand mindre eller lik **250 mm**.

$$\boxed{s_{z;felt}} := 250 \text{ mm}$$

$$\boxed{n} := \frac{h}{s_{z;felt}} = 3.6$$

$$A_{s;z;felt} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 \cdot \text{ceil}(n) = 1963 \text{ mm}^2$$

Senteravstand ved 4 stenger:

$$S := \frac{b - 2 \cdot (c_{nom} + \phi_{BA}) - 4 \cdot \phi_{LA}}{3} = 212 \text{ mm}$$

KRAV $A_{s,min}$ OG $A_{s,max}$

Støtte y-retning:

$$A_{s,min;y;støtte} < A_s$$

Ligning etter EC2, NA.9.2.1.1(1)

$$A_{s,min1;y;støtte} := 0.26 \cdot h \cdot d_y \cdot f_{ctm} \div f_{yk} = 1433 \text{ mm}^2 \quad (\text{EC2, NA.9.2.1.1(1)})$$

men også

$$A_{s,min2;y;støtte} := 0.0013 \cdot h \cdot d_y = 942 \text{ mm}^2$$

Felt y-retning:

$$A_{s,min;y;felt} < A_s$$

Ligning etter EC2, NA.9.2.1.1(1)

$$A_{s,min1;y;felt} := 0.26 \cdot h \cdot d_y \cdot f_{ctm} \div f_{yk} = 1433 \text{ mm}^2 \quad (\text{EC2, NA.9.2.1.1(1)})$$

men også

$$A_{s,min2;y;felt} := 0.0013 \cdot h \cdot d_y = 942 \text{ mm}^2$$

Støtte z-retning:

$$A_{s,min;z;støtte} < A_s$$

Ligning etter EC2, NA.9.2.1.1(1)

$$A_{s,min1;z;støtte} := 0.26 \cdot b \cdot d_z \cdot f_{ctm} \div f_{yk} = 1433 \text{ mm}^2 \quad (\text{EC2, NA.9.2.1.1(1)})$$

men også

$$A_{s,min2;z;støtte} := 0.0013 \cdot b \cdot d_z = 942 \text{ mm}^2$$

Felt z-retning:

$$A_{s,min;z;støtte} < A_s$$

Ligning etter EC2, NA.9.2.1.1(1)

$$A_{s,min1;z;felt} := 0.26 \cdot b \cdot d_z \cdot f_{ctm} \div f_{yk} = 1433 \text{ mm}^2 \quad (\text{EC2, NA.9.2.1.1(1)})$$

men også

$$A_{s,min2;z;felt} := 0.0013 \cdot b \cdot d_z = 942 \text{ mm}^2$$

MAKSIMUMARMERING

$$A_c := b \cdot h$$

$$A_{s,max} := 0.04 \cdot A_c = 32400 \text{ mm}^2 \quad (\text{EC2, 9.2.1.1(3)})$$

MINIMUMAVSTAND MELLOM ARMERINGSSTENGER EC2; NA.8.2(2):

$$d_g := 16 \text{ mm} \quad k_1 := 2 \quad k_2 := 5 \text{ mm}$$

Avstand mellom samme lag:

$$a_{h.støtte.xx} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 50 \text{ mm}$$

$$a_{h.felt.xx} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 50 \text{ mm}$$

Avstand mellom ulike lag:

$$k_1 := 1.5$$

$$a_{v.støtte.xx} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 37.5 \text{ mm}$$

$$a_{v.felt.xx} := \max(k_1 \cdot \phi_{LA}, d_g + k_2, 20 \text{ mm}) = 37.5 \text{ mm}$$

Skjærkraftskapasiteten etter EC2:

$$V_{Ed;z;støtte} = 535.27 \text{ kN} \quad (\text{Autodesk Robot})$$

$$V_{Ed;y;støtte} = 23.35 \text{ kN} \quad (\text{Autodesk Robot})$$

Finner skjærkraftskapasiteten:

$$\begin{aligned} f_{ck} &= \frac{\text{MPa}}{\text{mm}^2} = 45 & d_z &= \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \\ d_y &= \frac{\text{mm}}{\text{mm}} = 805.5 & b &= \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \end{aligned}$$

$$k_2 := 0.18 \quad \text{EC2, NA 6.2.2(1)}$$

$$C_{Rd} := k_2 \div \gamma_b = 0.12 \quad \text{EC2, 6.2.2(1)}$$

$$k_y := 1 + \sqrt{200 \div d_y} = 1.5 \quad \text{EC2, 6.2.2(1)}$$

$$k_z := 1 + \sqrt{200 \div d_z} = 1.5 \quad \text{EC2, 6.2.2(1)}$$

$$\rho_{L;y;støtte} := A_{s;y;støtte} \div (b \cdot d_y) = 0.003 \text{ mm}^2 \quad \text{EC2, 6.2.2(1)}$$

$$\rho_{L;z;støtte} := A_{s;z;støtte} \div (b \cdot d_z) = 0.003 \text{ mm}^2 \quad \text{EC2, 6.2.2(1)}$$

$$\rho_{L;y;støtte} = \frac{\rho_{L;y;støtte}}{\text{mm}^2}$$

$$\theta = \frac{h}{\text{mm}}$$

$$\rho_{L;z;støtte} = \frac{\rho_{L;z;støtte}}{\text{mm}^2}$$

$$V_{Rd.c;y;støtte} := C_{Rd} \cdot k_y \cdot \left(100 \cdot \rho_{L;y;støtte} \cdot f_{ck}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot b \cdot d_y \cdot N = 300 \text{ kN} \quad \text{Sørensen (lign. 4.43)}$$

$$V_{Rd.c;z;støtte} := C_{Rd} \cdot k_z \cdot \left(100 \cdot \rho_{L;z;støtte} \cdot f_{ck}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot h \cdot d_z \cdot N = 300 \text{ kN} \quad \text{Sørensen (lign. 4.43)}$$

$$V_{Rd.c;z} < V_{Ed;z} \rightarrow \text{Skjærekraftskapasiteten er ikke tilstrekkelig, slik at det beregningsmessig er nødvendig med skjærarmering.}$$

$$V_{Rd.c;y} > V_{Ed;y} \rightarrow \text{Skjærekraftskapasiteten er tilstrekkelig, slik at det beregningsmessig ikke er nødvendig med skjærarmering.}$$

Vedlegg 3: Dimensjonering av hovedbjelke - bruddgrensetilstand (ULS)

$$A_{sw;bøyle} := 2 \cdot \pi \cdot \frac{(\phi_{BA})^2}{4} = 226 \text{ mm}^2$$

$$d_z := d_z \cdot \text{mm} = 806 \text{ mm}$$

$$z := 0.9 \quad d_z = 725 \text{ mm}$$

EC2, 6.2.3(1)

$$\alpha := 45^\circ$$

$$\cot(\alpha) = 1.0$$

EC2, NA. 6.7 aN

$$\sin(\alpha) = 0.707$$

$$f_{ywd} := f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,s;z;støtte} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\alpha) \geq V_{Ed;z;støtte}$$

EC2, 6.2.3(3)

Nødvendig skjærarmeringstverrsnitt per lengdearmring:

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{V_{Ed;z;støtte}}{f_{ywd} \cdot z \cdot \cot(\alpha)} = 1698.22 \frac{1}{\text{m}} \cdot \text{mm}^2$$

$f_{yk} = 500$

$$\frac{A_{sw,min}}{s} = \rho_{w,min} := 0.1 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \cdot b \cdot \text{mm}^2 = 1.207 \text{ mm}^2$$

$$s := \frac{A_{sw;bøyle}}{A_{sw}} = 133 \text{ mm}$$

Skjekker krav til maksimal senteravstand

$$h' := d_z - 2 \cdot (\phi_{BA} + \phi_{LA}) = 732 \text{ mm}$$

$$s_{l,max} := 0.6 \cdot h' \cdot (1 + \cot(\alpha)) = 878 \text{ mm}$$

Velger bøylearmering $\phi_{BA} = 12 \text{ mm}$ med senteravstand $s = 133 \text{ mm}$

ARMERING I BRUDDGRENSETILSTAND:

Lengdearmering: 4Ø25 s212

Bøylearmering: Ø12 s133