

DIMENSJONERING AV HOVEDBJELKE - BRUKSGRENSETILSTAND (SLS)

Egenskaper

Betongfasthet		B45
Armeringsklasse		B500NC
E-modul betong	EC 2, Tabell 3.1	$E_c := 34 \text{ kN} \div \text{mm}^2$
E-modul for stål	EC 2, 3.2.7(4)	$E_s := 200 \text{ kN} \div \text{mm}^2$

Dimensjoner

Lengde	$L := 9 \text{ m}$
Bredde	$b := 900 \text{ mm}$
Høyde	$h := 900 \text{ mm}$
Betongtverrsnitt	$A_c := b \cdot h = 810000 \text{ mm}^2$
Armeringstverrsnitt lengdearmring	$\phi_{LA} := 25 \text{ mm}$
Armeringstverrsnitt bøylearmring	$\phi_{BA} := 12 \text{ mm}$
Nominell overdekning	$c_{nom} := 70 \text{ mm}$
Minimumsoverdekning (Tabell NA.4.5N)	$c_{min,dur} := 60 \text{ mm}$
Effektiv høyde y-retning	$d_y := 805.5 \text{ mm}$
Effektiv høyde z-retning	$d_z := 805.5 \text{ mm}$

Senteravstand:

$$S := \frac{b - 2 \cdot (c_{nom} + \phi_{BA}) - 4 \phi_{LA}}{3} + \phi_{LA} = 237 \text{ mm}$$

Senteravstand støtte (y):

$$S_{y;støtte} := S$$

Senteravstand felt(y):

$$S_{y;felt} := S$$

Senteravstand støtte (z):

$$S_{z;støtte} := S$$

Senteravstand felt (z):

$$S_{z;felt} := S$$

Armeringsareal

Armeringsdiameter lengdearmring:

$$A_{s;y;støtte} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 \frac{1 \text{ m}}{S_{y;støtte}} = 2071 \text{ mm}^2$$

$$A_{s;y;felt} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 \frac{1 \text{ m}}{S_{y;felt}} = 2071 \text{ mm}^2$$

$$A_{s;z;støtte} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 \frac{1 \text{ m}}{S_{z;støtte}} = 2071 \text{ mm}^2$$

$$A_{s;z;felt} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 \frac{1 \text{ m}}{S_{z;felt}} = 2071 \text{ mm}^2$$

Vedlegg 4: Dimensjonering av hovedbjelke - bruksgrensetilstand (SLS)

Krefter:

Dimensjonerende moment z-retning (SLS): $M_{Ed;z;støtte} := 25.71 \text{ kN} \cdot \text{m}$

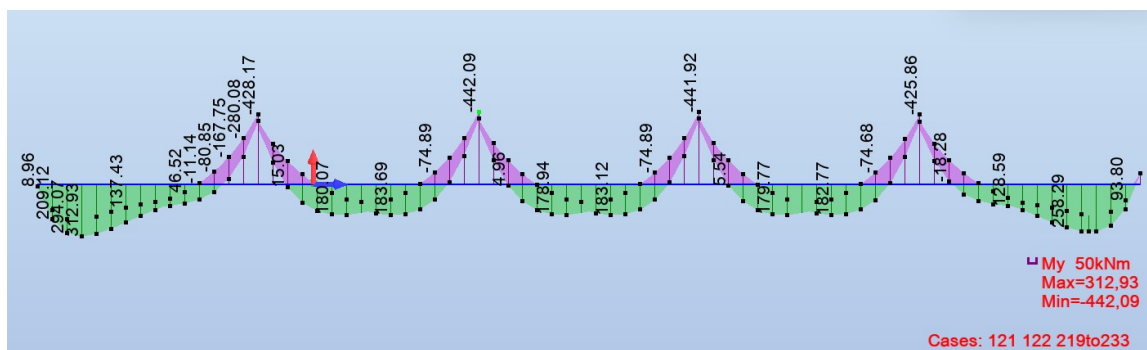
Dimensjonerende moment z-retning (SLS): $M_{Ed;z;felt} := 25.71 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Dimensjonerende moment y-retning (SLS): $M_{Ed;y;støtte} := 442.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$

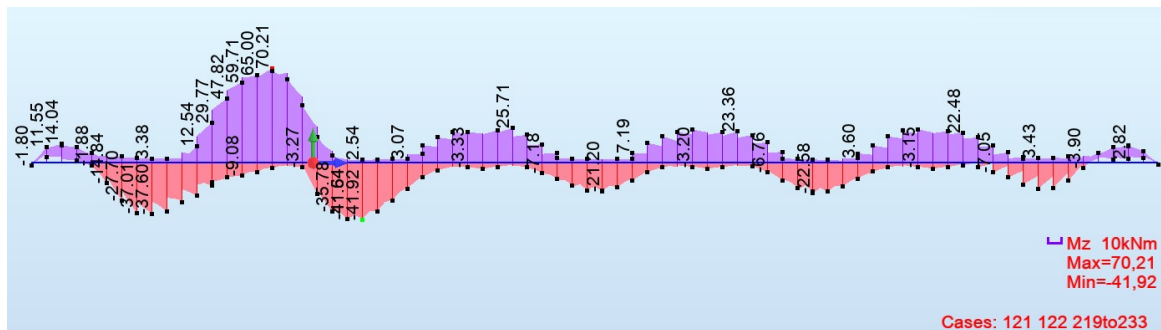
Dimensjonerende moment y-retning (SLS): $M_{Ed;y;felt} := 183.69 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Tegninger:

Dimensjonerende moment i y-retning:



Dimensjonerende moment i z-retning:



NEDBØYNINGSBEREGNING:

Materialstivhetsforhold:

$$\eta := \frac{E_s}{E_c} = 5.9$$

Armeringsforhold:

Sørensen (s. 116)

$$\rho_{y;støtte} := \frac{A_{s;y;støtte}}{(b \cdot d_y)} = 0.003$$

$$\rho_{y;felt} := \frac{A_{s;y;felt}}{(b \cdot d_y)} = 0.003$$

$$\rho_{z;støtte} := \frac{A_{s;z;støtte}}{(b \cdot d_z)} = 0.003$$

$$\rho_{z;felt} := \frac{A_{s;z;felt}}{(b \cdot d_z)} = 0.003$$

$$\eta \rho_{y;støtte} := \eta \cdot \rho_{y;støtte} = 0.017$$

$$\eta \rho_{y;felt} := \eta \cdot \rho_{y;felt} = 0.017$$

$$\eta \rho_{z;støtte} := \eta \cdot \rho_{z;støtte} = 0.017$$

$$\eta \rho_{z;felt} := \eta \cdot \rho_{z;felt} = 0.017$$

Sørensen (lign. 5.5)

$$\alpha_{y;støtte} := \sqrt{(\eta \rho_{y;støtte})^2 + 2 \cdot \eta \rho_{y;støtte}} - \eta \rho_{y;støtte} = 0.17$$

$$\alpha_{y;felt} := \sqrt{(\eta \rho_{y;felt})^2 + 2 \cdot \eta \rho_{y;felt}} - \eta \rho_{y;felt} = 0.17$$

$$\alpha_{z;støtte} := \sqrt{(\eta \rho_{z;støtte})^2 + 2 \cdot \eta \rho_{z;støtte}} - \eta \rho_{z;støtte} = 0.17$$

$$\alpha_{z;felt} := \sqrt{(\eta \rho_{z;felt})^2 + 2 \cdot \eta \rho_{z;felt}} - \eta \rho_{z;felt} = 0.17$$

Betongtrykksonen:

Sørensen (lign. 5.9)

$$I_{c,y;støtte} := 0.5 \cdot \alpha_{y;støtte}^2 \left(1 - \frac{\alpha_{y;støtte}}{3} \right) \cdot b \cdot d_y^3 = (6.215 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$I_{c,y;felt} := 0.5 \cdot \alpha_{y;felt}^2 \left(1 - \frac{\alpha_{y;felt}}{3} \right) \cdot b \cdot d_y^3 = (6.215 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$I_{c,z;støtte} := 0.5 \cdot \alpha_{z;støtte}^2 \left(1 - \frac{\alpha_{z;støtte}}{3} \right) \cdot b \cdot d_z^3 = (6.215 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$I_{c,z;felt} := 0.5 \cdot \alpha_{z;felt}^2 \left(1 - \frac{\alpha_{z;felt}}{3} \right) \cdot b \cdot d_z^3 = (6.215 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

Elastisitets modul:

Sørensen (lign. 5.10)

$$EI_{y;støtte} := E_c \cdot I_{c,y;støtte} = (2.113 \cdot 10^{11}) \text{ kN} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{y;felt} := E_c \cdot I_{c,y;felt} = (2.113 \cdot 10^{11}) \text{ kN} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{z;støtte} := E_c \cdot I_{c,z;støtte} = (2.113 \cdot 10^{11}) \text{ kN} \cdot \text{mm}^2$$

$$EI_{z;felt} := E_c \cdot I_{c,z;felt} = (2.113 \cdot 10^{11}) \text{ kN} \cdot \text{mm}^2$$

Nedbøyning:

$$\delta_{max} := 1.37 \text{ mm} \quad (\text{Fra Autodesk Robot})$$

$$\delta_{krav} := \frac{L}{250} = 36 \text{ mm} \quad (\text{EC2, 7.4.1(4)})$$

Konstruksjonen er godkjent for nedbøyning

RISSVIDDEKONTROLL:

$$k_c := c_{nom} \div c_{min,dur} = 1.2 \quad (\text{EC2 NA. 7.3.1(5)})$$

$$W_{maz} := 0.30 \cdot k_c = 0.35 \quad (\text{EC2 NA, Tabell 7.1N – Grenseverdier } w_{maz})$$

Sørensen (lign. 5.5):

$$\sigma_{s,y;støtte} := E_s \cdot \frac{M_{Ed;y;støtte} \cdot (1 - \alpha_{y;støtte}) \cdot d_y}{EI_{y;støtte}} = 280.6 \text{ MPa} \quad (\text{ikke godkjent})$$

$$\sigma_{s,y;felt} := E_s \cdot \frac{M_{Ed;y;felt} \cdot (1 - \alpha_{y;felt}) \cdot d_y}{EI_{y;felt}} = 116.6 \text{ MPa} \quad (\text{godkjent})$$

$$\sigma_{s,z;støtte} := E_s \cdot \frac{M_{Ed;z;støtte} \cdot (1 - \alpha_{z;støtte}) \cdot d_z}{EI_{z;støtte}} = 16.3 \text{ MPa} \quad (\text{godkjent})$$

$$\sigma_{s,z;felt} := E_s \cdot \frac{M_{Ed;z;felt} \cdot (1 - \alpha_{z;felt}) \cdot d_z}{EI_{z;felt}} = 16.3 \text{ MPa} \quad (\text{godkjent})$$

Forenklet rissviddekontroll etter EC2, 7.3.3(2):

Tabell 5.3 med armeringsdiameter 25 mm gir; $\sigma_{s,tillatt1} := 200 \text{ MPa}$

Tabell 5.4 senteravstand 250 mm gir; $\sigma_{s,tillatt2} := 200 \text{ MPa}$

RISSKONTROLL VED BEREGNING AV RISSVIDDE FOR STREKKSONE OVER STØTTE

Tillatt rissvidde: $W_{maz} = 0.35$

$$EI_{y;støtte} = (2 \cdot 10^{11}) \text{ kN} \cdot \text{mm}^2$$

$$f_{ct;eff} := 3.8 \text{ MPa} \quad (\text{EC2, Tabell 3.1 for B45})$$

$$h_{c;eff.y} := \min \left(2.5 (h - d_y), \left(\frac{h - \alpha_{y;støtte} \cdot d_y}{3} \right), \frac{h}{2} \right) = 236 \text{ mm} \quad \text{EC2, 7.3.2(3)}$$

$$A_{c;eff.y} := b \cdot h_{c;eff.y} = 212625 \text{ mm}^2 \quad \text{EC2, 7.3.2 (3)}$$

$$\rho_{p;eff.y} := \frac{A_{s;y;støtte}}{A_{c;eff.y}} = 0.01 \quad \text{EC2, 7.3.4 (2)}$$

$$\eta = 5.9 \quad \text{EC2, 7.3.4 (2)}$$

Tøyningsdifferens:

Tøyningsdifferens etter Sørensen (lign 5.59):

$$k_1 := 0.4 \quad (\text{for langvarig last})$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}):$$

$$\varepsilon_{1.y} := \frac{\sigma_{s;y;støtte} - k_1 \cdot (f_{ct;eff} \div \rho_{p;eff.y}) (1 + \eta \cdot \rho_{p;eff.y})}{E_s} = 0.0006 \quad \text{EC2, 7.3.4(2)}$$

$$\varepsilon_{2.y} := 0.6 \cdot \sigma_{s;y;støtte} \div E_s = 0.0008$$

$$\varepsilon_y := \max(\varepsilon_{1.y}, \varepsilon_{2.y}) = 0.0008$$

Største endelige rissavstand:

$$k_1 := 0.8 \quad \text{EC2, 4.3.4(3)}$$

$$k_2 := 0.5 \quad \text{EC2, 4.3.4(3)}$$

$$k_3 := 3.4 \quad \text{EC2, NA. 7.3.4(3)}$$

$$k_4 := 0.425 \quad \text{EC2, NA. 7.3.4(3)}$$

$$S_{y;støtte} = 237 \text{ mm}$$

$$S_{y;krav} := 5 \cdot (c_{nom} + \phi_{LA} \div 2) = 413 \text{ mm}$$

$$S_{y;støtte} = 237 \text{ mm} < S_{y;krav} = 413 \text{ mm} \rightarrow \text{benytter EC2, 7.3.4(3) lign (7.11)}$$

$$S_{r;max.y} := k_3 \cdot c_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{LA} \div \rho_{p;eff.y} = 674 \text{ mm}$$

Beregnet rissvidde:

$$W_{k.y} := S_{r;max.y} \cdot \varepsilon_y = 0.57 \text{ mm} \quad \text{EC2, 7.3.4 (1) lign (7.8)}$$

$$W_{maz} = 0.35$$

Dvs.

$W_k > W_{maz} \rightarrow$ **krav til rissvidde på strekksone over støtte er ikke tilfredsstilt.**

Derfor må vi legge inn ekstra armering (2 stk Ø25) i strekksone over støtte:

$$S_{ny} := \frac{b - 2 \cdot (c_{nom} + \phi_{BA}) - 6 \phi_{LA}}{5} + \phi_{LA} = 142 \text{ mm}$$

Med ekstra armering vil $W_{k.y;ny} := 0.26 \text{ mm}$ som tilfredsstiler krav til rissvidde på strekksone over støtte

Skjekker krav til $A_{s,max}$:

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

$$A_{s;y;støtte} := \pi \cdot \left(\frac{\phi_{LA}}{2} \right)^2 \cdot 6 = 2945 \text{ mm}^2 \quad \text{Tilfredsstiler krav = OK!}$$

ARMERING ETTER SLS-KONTROLL

Over støtte (strekkzone overkant bjelke):

6Ø25 S142

Ellers:

4Ø25 S212

Bøylearming:

Ø12 S133