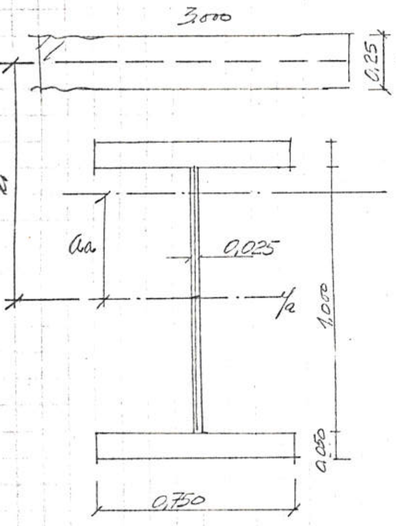
Test av formlene mot egen fantel



$\underline{I_{ya\,\text{stål}}}$ $0{,}75 \cdot \frac{1{,}1^3}{12} - 0{,}725 \cdot \frac{1^3}{12} = \underline{22{,}77 \cdot 10}$

$I_{ya\,\text{stål}} = 0{,}750 \cdot \frac{1{,}1^3}{12}$

Prog: $z_g = 0{,}550$

$A_a t = 100{,}0 \cdot 10^{-3}$

$I_{ya} = \underline{22{,}77 \cdot 10^{-3}}$

Betong $n = \frac{E_a}{E_c} = \underline{7{,}0}$

$I_c = \frac{3{,}0}{7} \cdot \frac{0{,}25^3}{12} = \underline{0{,}558 \cdot 10^{-3}}$

Prog. $z_g = 0{,}125$

$A_{tc} = 0.107$

$\underline{I_{yc} = 558 \cdot 10^{-3}}$

Formlene fra NS 3476

$a_a = a \cdot \dfrac{\frac{A_c}{n}}{\frac{A_c}{n} + A_a} = (0{,}55 + 0{,}125) \cdot \dfrac{0{,}107}{0{,}100 + 0{,}10}$

$= \underline{0{,}348}$

prog:

$z_g = 0{,}899$

$\Rightarrow a_a = 0{,}899 - 0{,}55 = \underline{0{,}349}$

Stemmer !

$\Rightarrow$ Konkl. Spenn. $\left\{ \begin{array}{l} \text{3 rader} \\ \underline{s_c = 150} \end{array} \right\}$ + effekt av arm etc.

$\boxed{\frac{15{,}8}{0{,}80} \approx 20 \text{ dybler pr m}}$

dybel: $\tau_{rd} = \frac{0{,}5 \cdot 350}{1{,}15} = \underset{152{,}2}{183}$ ($\overset{420}{350}$)

$F_d = \pi \cdot 0{,}011^2 \cdot 152{,}2 \cdot 10^6 \,[Pa]$

$= \underline{57{,}9 \cdot 10^3 N} \rightarrow$

$\Rightarrow \frac{q_i}{F_d} = 15{,}82$ dybler pr m.

$I_i = I_a + I_c + a^2 \dfrac{\frac{A_c}{n} A_a}{\frac{A_c}{n} + A_a}$

$23{,}55 \cdot 10^{-3}$

$= 22{,}77 \cdot 10^{-3} + 0{,}558 \cdot 10^{-3} + \dfrac{(0{,}675)^2 \cdot 0{,}107 \cdot 0{,}100}{0{,}107 + 0{,}100}$

$= \underline{46{,}81 \cdot 10^{-3}}$

Prog. $\underline{46{,}9 \cdot 10^{-3} m^4}$

$S_i = \frac{1}{n} A_c (a - a_a)$ (grensesjikt)

$= 0.107 \cdot (0{,}675 - 0{,}349) = \underline{34{,}88 \cdot 10^{-3} m^3}$

Prog EHØ : $\underline{I_{yp} = 34{,}91 \cdot 10^{-3} m^3}$ ɔ: meget bra !

$\frac{q}{\tau_v} = V \frac{S_1}{I_i} = 1569 \cdot 10^3 N \cdot \frac{34{,}91}{46{,}9} = 1168 \cdot 3 \cdot 10^3$

fordeling

$V = 210 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 1{,}3 = 819$

$+ \frac{32m}{2} \cdot 9 \cdot 10^3 N/m \cdot 1{,}3 = \underline{187}$

$\Sigma V \leq 1006 \cdot 1{,}3$

20% økning $\Rightarrow$ 1569 kN

Brudd.

Med. Armering (over effektiv bredde)

$\Phi 20\, c200 \Rightarrow A_s t = 9{,}574 \cdot 10^{-3}$

$I_{yc} = 47{,}72 \cdot 10^{-3} m^4$

$I_{yp} = 36{,}24 \cdot 10^{-3} m^3$

$q_c = V \cdot \frac{36{,}24}{47{,}72} = 1207 \cdot 10^3 \cdot \frac{36{,}24}{47{,}72} = 916 \cdot 10^3$

Tilsvarende forenklet oppbygning av tverrsnitt er vist på figur A.7.3.2b.

Ekvivalent betongareal er A_c/n med $n = E_{ak}/E_{ck}$.

Transf. stål.

Det samlede tverrsnitt vil være $A_i = A_a + A_c/n$

med annet arealmoment:

I trans.

$$I_i = I_a + \frac{1}{n} I_c + a^2 \frac{\frac{1}{n} \cdot A_c \cdot A_a}{A_i}$$

Felles tyngdepkt. Transformert til stål.
NB virkningen av armeringsstål plate ikke tatt med.

Tyngdepunktets beliggenhet for det samlede tverrsnitt vil være

$$a_a = a \cdot \frac{\frac{1}{n} A_c}{A_i}$$

Statisk moment om det felles tyngdepunkt er for betongarealet

$$S_i = a \cdot \frac{\frac{1}{n} \cdot A_c \cdot A_a}{A_i} = a_a \cdot A_a = \frac{1}{n} A_c \, (a - a_a)$$

Kraftresultanten i betonggurten pga. et ytre moment blir

Moment som virker på samvirke tverrsnitt

$$N_c = \frac{M}{I_i} S_i$$

Skjærkraft per lengdeenhet i fugen mellom stålflens og betong blir ved monolittisk (stiv) forbindelse

$$q_v = \frac{dN_c}{dx} = V \frac{S_i}{I_i} = \frac{d\left(\frac{M}{I_i} S_i\right)}{dx}$$

ok.

Armering.

Dersom lengdearmering A_s i betongen er av betydning, skal den tas med i betong-tverrsnittet.

$$A_c = t_c \cdot b_c + nA_s \text{ eller } x \cdot b_c + nA_s$$

Tyngdepunkt og I-verdier regnes så ut på vanlig måte.

Betongtverrsnitt i strekksone regnes ikke virksomt i bruddgrensetilstanden.

NB.

kryp

Ved beregning av spenninger fra en konstant langtidslast kan virkningen av betongens krypning tas med ved å regne med en redusert modul.

$$E'_{ck} = E_{ck} \frac{1}{1 + 1{,}1\ \varphi}$$

=> kryp.

Verdier for φ er gitt i punkt A.4.1.2.

Residu: that which is left after a part is taken away

Valg av løsningsmåte for svinnkrefter / Temperatur forskjell.

Beregning av svinnkrefter inkludert virkning av krypning kan bli forholdsvis komplisert, men alle nødvendige data er gitt i punkt A.4.1.2. En metode som kan brukes i de aller fleste tilfeller, er å regne med en redusert elastisitetsmodul E'_{ck} for betongen.

Ved beregning av svinnkrefter kan da antas:

$$E_{cs} \quad E'_{ck} = \frac{E_{ck}}{1+0{,}6\ \varphi}; \text{ eller } n'_{cs} = n\ (1+0{,}6\ \varphi) \qquad n = \frac{E_a}{E_c} \qquad \frac{1}{n_{es}} = \frac{1}{n(1+0{,}6\varphi)}$$

Virkning av svinn kan bestemmes som for sprangvis temperaturforskjell, idet man bestemmer tverrsnittsverdier $A'_i \cdot I'_i$ osv. med n' istedenfor for n.

Med betegnelser som på figur A.7.3.2b blir det strekkraft i betongen på grunn av svinn.

evt. $e_{(\Delta T)}$

$$N_{cs} = \epsilon_{cs} E'_{ck} A_c \ \frac{A_a \left(I_a + \dfrac{1}{n'} I_c\right)}{A'_i \cdot I'_i}$$

samvirketverrsnitt.

$$\epsilon_{c(T)} = \Delta T \cdot \alpha_c = 1{,}5 \cdot 10^{-4} \qquad (15^\circ,\ 1{,}0 \cdot 10^{-5})$$

Husk E_{ck_0} !

Har problemer med å få dette til å stemme.

med en tilsvarende trykkraft i stålkonstruksjonen. Dette kraftpar fører til momenter i stålkonstruksjonen M_{as} og betongdelen M_{cs}.

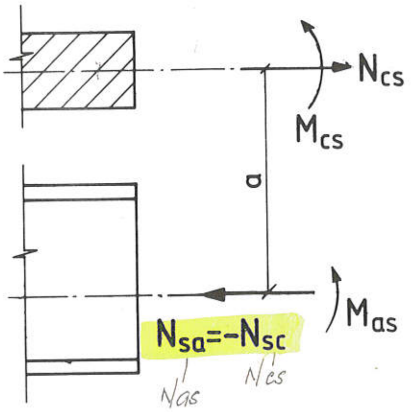
?

$$M_{as} = \epsilon_{cs} E'_{ck} A_c \ \frac{A_s I_s}{A'_i \cdot I'_i} \cdot a \qquad M_{cs} = \frac{I_c}{n' \cdot I_a}\ M_{as}$$

$A_a I_a$

ok – K – $\Phi_1 = \Phi_2$

Se figur A.7.3.2c.



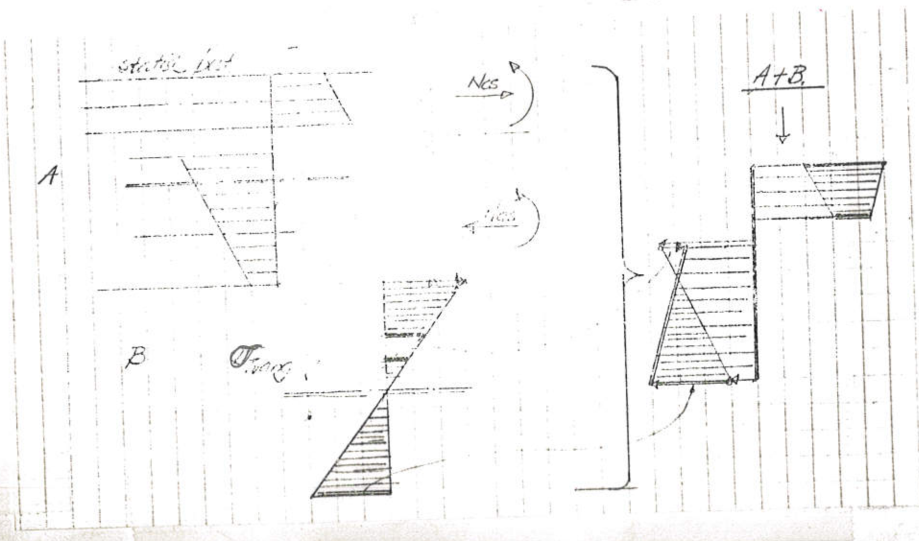
Krefter i statisk bestemt konstruksjon.

Ubest:

θ ⇒ tvangskrefter

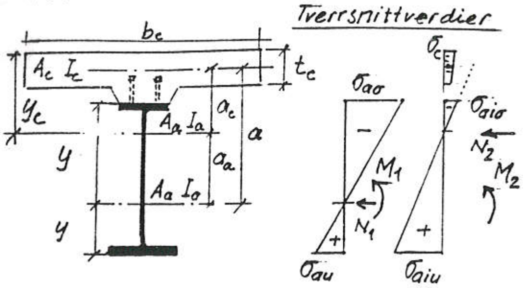
⇒ nye bidrag σ

Figur A.7.3.2c Krefter fra svinn og krypning



FORMELBILAG

Tverrsnittverdier



Ståltverrsnitt alene

$W_{au} = I_a / y_{au}$ $\quad W_{ao} = I_a / y_{au}$

Samvirketverrsnitt

Korttidslast

$n = E_a / E_c$

$A_i = A_a + \frac{1}{n} A_c$ $\quad I_i = I_a + \frac{1}{n} I_c + a^2 \frac{\frac{1}{n} A_c A_a}{A_i}$

$W_{ia} = \frac{I_i}{y_{au} + a_a}$ $\quad W_{io} = \frac{I_i}{y_{ao} - a_a}$ $\quad W_{ic} = \frac{I_i}{y_c}$

hvor $a_a = \frac{\frac{1}{n} A_c}{A_i} a$ $\quad a_c = a - a_a$

Langtidslast

$n_c = E_a / (E_c / (1 + 1{,}1\varphi)) = n(1 + 1{,}1\varphi)$

Med denne verdi istedenfor n, som for korttidslast: A_{ic}, I_{ic}, W_{icu}, W_{ico}

FORMELBILAG

Spenninger i elastisk tverrsnitt

Last på stålbjelke

$\sigma_{au} = \frac{N_1}{A_a} + \frac{M_1}{W_{au}}$ $\quad \sigma_{ao} = \frac{N_1}{A_a} - \frac{M_1}{W_{ao}}$

Last på samvirkebjelke (korttid)

$\sigma_{ia} = \frac{N_2}{A_i} + \frac{M_2}{W_{iu}}$ $\quad \sigma_{io} = \frac{N_2}{A_i} - \frac{M_2}{W_{io}}$

$\sigma_c = \frac{1}{n}\left(\frac{N_2}{A_i} - \frac{M_2}{W_c}\right)$

Last på samvirkebjelke (langtid)

$\sigma_{icu} = \frac{N_3}{A_{ic}} + \frac{M_3}{W_{icu}}$ $\quad \sigma_{ico} = \frac{N_3}{A_{ic}} - \frac{M}{W_{ico}}$

$\sigma_{cc} = \frac{1}{n_c}\left(\frac{N_3}{A_{ic}} - \frac{M_3}{W_{cc}}\right)$

Svinnspenninger

Svinntøyning ε_{cs} (neg.) $\quad n_{cs} = n(1 + 0{,}6\varphi)$

$F_{so} = \varepsilon_{cs} \cdot E_c A_c$

$\sigma_{aus} = \frac{-F_{so}}{A_{is}} + \frac{F_{so} \cdot a}{W_{isu}} \cdot \frac{A_a}{A_{is}}$

$\sigma_{aos} = \frac{-F_{so}}{A_{is}} - \frac{F_{so} a}{W_{iso}} \cdot \frac{A_a}{A_{is}}$

$\sigma_{cs} = \frac{F_{so}}{A_c} - \frac{1}{n_{cs}}\left(\frac{F_{so}}{A_{is}} + \frac{F_{so} a}{W_{cs}} \cdot \frac{A_a}{A_{is}}\right)$

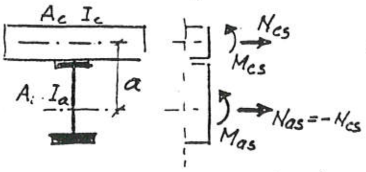
A_{is}, W_{isu}, W_{iso} og W_{cs} beregnes med elastisitetsforholdet n_{cs}

FORMELBILAG

Alternativ beregning av svinnkrefter

Det kan være ønskelig å slippe beregning av tverrsnittsverdier også for "elastisitetsforholdet" n_{cs}, og derved begrense denne beregningen til to sett verdier.

For tverrsnitt hvor stålbjelkens stivhet er dominerende, kan det gis en enkel løsning. Den vil være gyldig for nær sagt alle brubjelker, og iallfall for tverrsnitt med ståldel som minst har høyde ca 1,0m. Siden det ikke er behov for svært nøyaktig beregning, kan nok dette tøyes endel.



Svinntøyn (uhindret): ε_{cs}
Kryptall: φ
E-modul (korttid): E_{ck}

$N_{cs} = (-\varepsilon_{cs} \cdot E_{ck} \cdot A_c) \cdot \frac{\alpha}{1 + 0{,}6\alpha\varphi} = -N_{as}$

hvor $\alpha = \frac{A_a I_a}{A_i (I_i - \frac{1}{n} I_c)}$

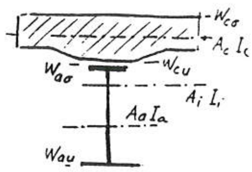
$M_{as} = N_{cs} \cdot a \cdot I_a / (I_a + \frac{1}{n_{cs}} \cdot I_c)$

$M_{cs} = M_{as} \cdot \frac{1}{n_{cs}} I_c / I_s = M_{as} \frac{I_c / I_s}{n(1 + 0{,}6\varphi)}$

Verdier A_i og I_i regnes med $n = E_{ak}/E_{ck}$

$n_{c\varphi} = n(1 + 0{,}6\varphi)$

Disse formlene gir kraftandeler på de to deltverrsnittene. Spenningene blir, etter vanlige prinsipper:



Motstandsmomenter gjelder for hvert deltverrsnitt

$\sigma_{cos} = \frac{N_{cs}}{A_c} - \frac{M_{cs}}{W_{co}}$

$\sigma_{cus} = \frac{N_{cs}}{A_c} + \frac{M_{cs}}{W_{cu}}$

$\sigma_{aos} = \frac{N_{as}}{A_a} - \frac{M_{as}}{W_{ao}}$

$\sigma_{aus} = \frac{N_{as}}{A_a} + \frac{M_{as}}{W_{au}}$

I NS3476 Tillegg, pkt A 7.3.2 er det gitt følgende formler som også bestemmer kraftandeler på deltverrsnitt:

$N_{cs} = -N_{acs} = \frac{-\varepsilon_{cs} \cdot E_{ck} \cdot A_c}{1 + 0{,}6\varphi} \cdot \frac{A_a (I_a + \frac{1}{n_{cs}} \cdot I_c)}{A_{is} \cdot I_{is}}$ $\quad F_{cs}$

$M_{as} = \frac{-\varepsilon_{cs} E_{ck} A_c}{1 + 0{,}6\varphi} \cdot \frac{A_a I_a}{A_{is} I_{is}} \cdot a$ $\quad n_{cs}$

$M_{cs} = \frac{I_c}{n_{cs} I_a} \cdot M_{as}$

I formlene er det korrigert for trykkfeil i Tillegget, samt innført noen symboler som er brukt i dette formelbilag. Ulempen med disse siste formlene er at man må beregne tverrsnittsverdier A_{is} og I_{is} med modulforholdet $n_{cs} = n(1 + 0{,}6\varphi)$.

Na (T)
NCS

Bjørn Nik