Vedlegg E - Stålkobling

Stål S355

Stålkonstruksjoner, tabeller og formler

$\beta_w := 0.9$

NS-EN 1993-1-1
Tabell 3.1

$f_u := 510 \ \frac{N}{mm^2}$

$f_y := 355 \ \frac{N}{mm^2}$

NS-EN 1993-1-2

$\gamma_{m0} := 1.00$

$\gamma_{m1} := 1.10$

$\gamma_{m2} := 1.25$

$\gamma_{m6.ser} := 1.00$

$a := 3 \ mm$ $\quad F := \frac{449.1}{2} \ kN$ $\quad E := 210000 \ \frac{N}{mm^2}$ $\quad \nu := 0.3$

$$G := \frac{E}{2 \cdot (1+\nu)} = 80769.231 \ \frac{N}{mm^2}$$

HE-A 800: $\quad r := 30 \ mm \quad h := 790 \ mm \quad l_r := \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{4} \quad t := 28 \ mm$

$s := 15 \ mm \quad b := 300 \ mm$

$h_{steg} := h - 2 \cdot r - 2 \cdot t = 674 \ mm \quad l_{radius} := l_r$

$$l_{flens} := \frac{b - s - 2 \cdot r}{2} = 112.5 \ mm$$

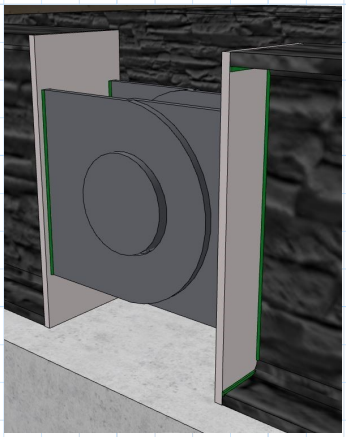
Antar kun sveis på innside flens samt steg mot stålplate.

$L_W := h_{steg} \cdot 2 + l_{flens} \cdot 4 = 1.798 \ m$

$$\sigma_N := \frac{F}{L_W \cdot a} \cdot \cos(45 \ deg) = (2.944 \cdot 10^7) \ Pa \qquad \sigma_P := 0 \ Pa$$

$$\sqrt{(\sigma_N)^2 + 3 \cdot (\sigma_P{}^2 + \sigma_N{}^2)} = (5.887 \cdot 10^7) \ Pa \qquad \frac{f_u}{\gamma_{m2} \cdot \beta_w} = (4.533 \cdot 10^8) \ Pa$$

$$F = 224.55 \ kN \quad \leq \quad \frac{f_u \cdot L_W \cdot a}{2 \cdot \cos(45 \ deg) \cdot \gamma_{m2} \cdot \beta_w} = 1729.074 \ kN$$



Figur 1: Konsept Nr 1.

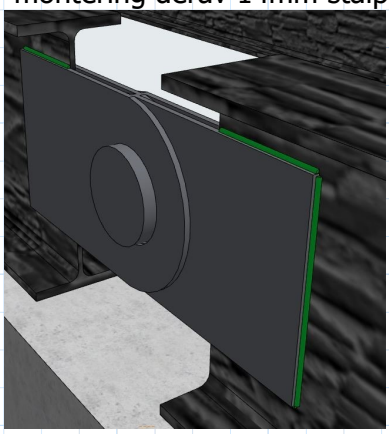
Beregnet kapasitet sveis plate mot bjelke. med a=3mm

$a := 5 \ mm$ gir:

$$\frac{f_u \cdot L_W \cdot a}{2 \cdot \cos(45 \ deg) \cdot \gamma_{m2} \cdot \beta_w} = 2881.79 \ kN$$

Non-Commercial Use Only

Etter å ha sett på løsningen ovenfor ser vi at det blir mange usikkerhetsfaktorer og lite sveisemuligheter (Kun rygg av forbinder mot plate) dermed beregnes heller denne type forbindelse. Merk at tykkelsen på steget er 15mm, derfor er 1mm klaring best for montering derav 14mm stålplater.



Figur 2 Visuell fremstilling av langsgående sveis Konsept 2:

Etter tabell 3.9 - Geometriske krav til bolteleddforbindelser Type A:

$F_{V.Ed} := \frac{449.1\ kN}{2} \cdot 1.25 = 280.688\ kN$ To bjelker opptar bremsekraft, regner en potensiell skjevfordeling på 25%

$t := 2 \cdot 14\ mm$ Tykkelse steg (2 steg)

$d_0 := 33\ mm$ Diameter bolt M33

Fasthetsklasse bolt tabell 3.3
NS 93-1-2: Fasthetsklasse 8.8

$d_{0.test} := 48\ mm$

$f_{yb} := 640\ \frac{N}{mm^2}$ $f_{ub} := 800\ \frac{N}{mm^2}$

Boltens strekkfasthet: $f_{up} := f_{ub}$

Boltens areal: $A := \pi \cdot \left(\frac{d_0}{2}\right)^2$ $A_{test} := \pi \cdot \left(\frac{d_{0.test}}{2}\right)^2$

Boltens avskjæringskapasitet:

$F_{V.Rd} := \frac{0.6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{m2}} = 328.435\ kN \geq F_{V.Ed} = 280.688\ kN$

$F_{V.Rd.test} := \frac{0.6 \cdot A_{test} \cdot f_{up}}{\gamma_{m2}} = 694.87\ kN$

Kapasitet hullkanttrykk mellom platen og bolten:

$F_{b.Rd} := \frac{1.5 \cdot t \cdot d_0 \cdot f_y}{(\gamma_{m0})} = 492.03\ kN \geq F_{V.Ed} = 280.688\ kN$

Dersom bolten skal kunne skiftes ut må d0 være større enn $d_{0.test} := 48\ mm$

$F_{b.Rd.ser} := \frac{0.6 \cdot t \cdot d_{0.test} \cdot f_y}{(\gamma_{m6.ser})} = 286.272\ kN \geq F_{V.Ed} = 280.688\ kN$

Non-Commercial Use Only

Selve bolten får ingen momentpåkjenning, men dersom den skal kunne være utskiftningsdyktig med oppgitte laster må diameteren være større enn 48mm. Dette kan utføres ved å ha Ø50mm gjenget kamstål, ulempen er at dette ruster. Fordelen er at den kan skiftes ut ved behov.

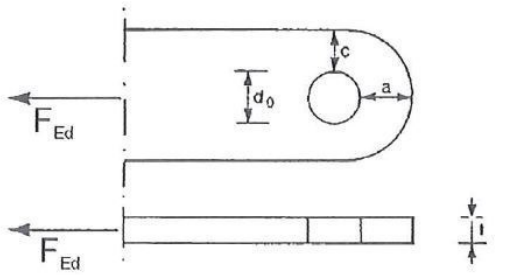
Plater:

Tabell 3.9 NS-93-1-8

$$a := \frac{F_{V.Ed} \cdot \gamma_{m0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = 36.119\ mm$$

$$c := \frac{F_{V.Ed} \cdot \gamma_{m0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = 25.119\ mm$$

$$h := 2 \cdot c + d_0 = 83.238\ mm$$



Figur 3: Dimensjonering av plate

$$a_{test} := \frac{F_{V.Ed} \cdot \gamma_{m0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_{0.test}}{3} = 46.119\ mm$$

$$c_{test} := \frac{F_{V.Ed} \cdot \gamma_{m0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_{0.test}}{3} = 30.119\ mm$$

$$h_{test} := 2 \cdot c_{test} + d_{0.test} = 108.238\ mm$$

4.1 NS 93-1-8:

Opptredende kraft: $F := F_{V.Ed} = 280.688\ kN$

A-mål på sveis: $a := 5\ mm$

Lengde sveis normalt med aksialkraft: $L_{S.N} := 2 \cdot 100\ mm$

Lengde sveis parallelt med aksialkraft: $L_{S.ll} := 4 \cdot 100\ mm$

Tabell 6.2 i Stålkonstruksjoner profiler og formler finnes formlene for beregning av dimensjonerende krefter i sveis. Merk at 'N' er normal sveis (⊥) med kraften, og 'll' angir den parallelle sveisen (ll) med kraften.

(NS-EN 93-1-1 (4.1)) $\left(\sigma_N^{\ 2} + 3 \cdot \left(\tau_N^{\ 2} + \tau_{ll}^{\ 2}\right)\right)^{0.5} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$ og $\sigma_N \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}}$

Tabell 6.2: $\tau_N := \frac{F}{\sqrt[2]{2} \cdot L_{S.N} \cdot a}$ og $\sigma_N := \tau_N$

$\beta := 0\ deg$ $\tau_{ll} := \frac{F}{L_{S.ll} \cdot a} \cos(\beta)$

$$\left(\sigma_N^{\ 2} + 3 \cdot \left(\tau_N^{\ 2} + \tau_{ll}^{\ 2}\right)\right)^{0.5} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

Non-Commercial Use Only

Omskrevet med 'N'=0 får at sveis over og under platene mot steget har en kapasitet på:

$$F_{V.Rd.S} := \frac{f_u \cdot L_{S.ll} \cdot a}{\sqrt[2]{3} \cdot \gamma_{m2} \cdot \beta_w} \cdot 0.75 = 392.598\ kN$$

Reduksjonsfaktor på 25% for usikkerhet i lastfordeling.

$F_{V.Ed} = 280.688\ kN$ Det er større kapasitet enn opptredende spenning.

Med et rotmål $a = 5\ mm$, sveiset over og under plater på begge sider av steget, med total sveiselengde $L_{S.ll} = 400\ mm$ kan koblingen ta $F_{V.Rd.S} = 392.598\ kN$ aksialkraft.

Kapasiteten til bolten er også opprettholdt, forbindelsen er beregnet til å være kraftigere enn største beregnede opptredende aksialkraft. Denne koblingen er designet for å ikke overføre hverken moment eller skjær.

Boltens avskjæringskapasitet: $F_{V.Ed} := \frac{449.1}{2}\ kN$

$$F_{V.Rd.B} := \frac{0.6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{m2}} = 328.435\ kN \quad \geq \quad F_{V.Ed} = 224.55\ kN$$

Kapasitet hullkanttrykk:

$$F_{b.Rd} := \frac{1.5 \cdot t \cdot d_0 \cdot f_y}{(\gamma_{m0})} = 492.03\ kN \quad \geq \quad F_{V.Ed} = 224.55\ kN$$

Kapasitet sveis:

$$F_{V.Rd.S} := \frac{f_u \cdot L_{S.ll} \cdot a}{\sqrt[2]{3} \cdot \gamma_{m2} \cdot \beta_w} \cdot 0.75 = 392.598\ kN \quad \geq \quad F_{V.Ed} = 224.55\ kN$$

$L_{S.ll} = 400\ mm$ Sveiset 100mm over og under platene

$d_0 = 33\ mm$ Boltens diameter

Platenes krav til dimensjoner:
Tabell 3.9 NS-93-1-8

$$a := \frac{F_{V.Ed} \cdot \gamma_{m0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = 33.295\ mm$$

$$c := \frac{F_{V.Ed} \cdot \gamma_{m0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = 22.295\ mm$$

$$h := 2 \cdot c + d_0 = 77.591\ mm$$

Non-Commercial Use Only

Dersom vi får en 50mm differanse i høyden, hva da?

Det er 160mm senter til senter i boltekonstruksjonen, med 50mm vertikalt har vi en vinkel på:

$$\beta := \operatorname{asin}\left(\frac{50}{160}\right) = 18.21\ deg$$

Opptredende skjærsprnning i bolten vil være den samme, det vil også platens kapasitet og skjøten vil fremdeles ikke overføre moment til bolten. Men hva med sveis?

$F := 3000\ kN$ $\qquad \cos(\beta) = 0.95$

Tabell 6.2: $\tau_N := \dfrac{F}{\sqrt[2]{2} \cdot L_{S.N} \cdot a} \cdot \sin(\beta) = \left(9.955 \cdot 10^7\right)\ Pa$ og $\sigma_N := \tau_N$

$$\tau_{ll} := \frac{F}{L_{S.ll} \cdot a} \cos(\beta) = \left(2.14 \cdot 10^8\right)\ Pa$$

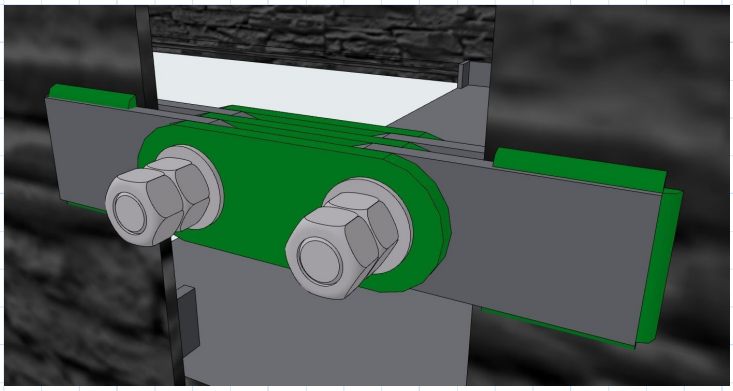
$$\left(\sigma_N{}^2 + 3 \cdot \left(\tau_N{}^2 + \tau_{ll}{}^2\right)\right)^{0.5} = \left(4.207 \cdot 10^8\right)\ Pa \quad \leq \quad \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = \left(4.533 \cdot 10^8\right)\ Pa$$

```
if (σN^2 + 3·(τN^2 + τll^2))^0.5 ≤ fu/(βw·γm2)
    return "Kapasitet i sveis OK for:"
else
    return "Kapasitet  i sveis IKKE OK for"
```

= "Kapasitet i sveis OK for:" $F = 3000\ kN$

$\beta = 18.21\ deg$

Sveisen vil kunne motstå vertikale forskyvninger pga setninger og liknende godt.



Figur 4 Visuell fremstilling av endelig skjøt:

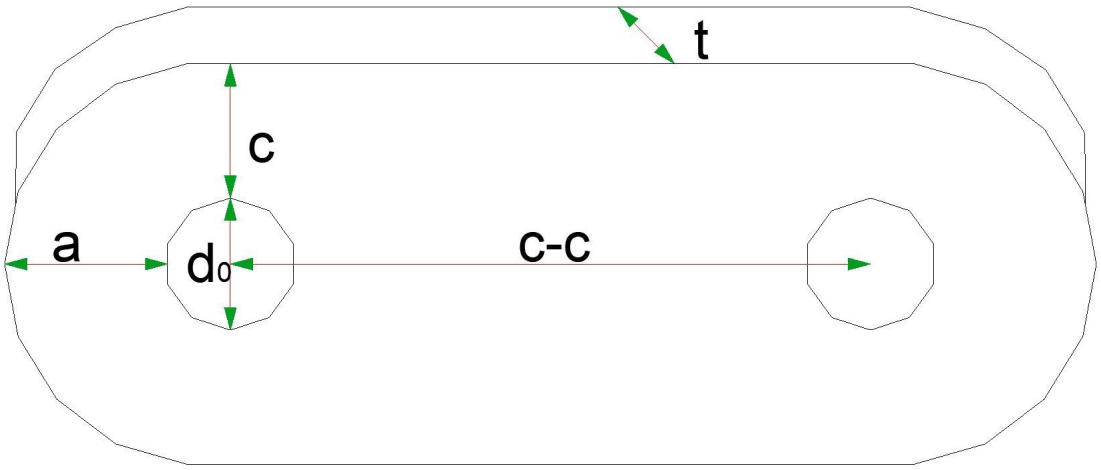
Non-Commercial Use Only

Figur 5: Visuell fremstilling av overgangen med stålfuge og fastholding mot sideveis utglidning.

Mål på forbindelse:

$$d_0 = 33\ mm$$
$$c = 22.295\ mm$$
$$a = 33.295\ mm$$
$$\frac{t}{2} = 14\ mm$$

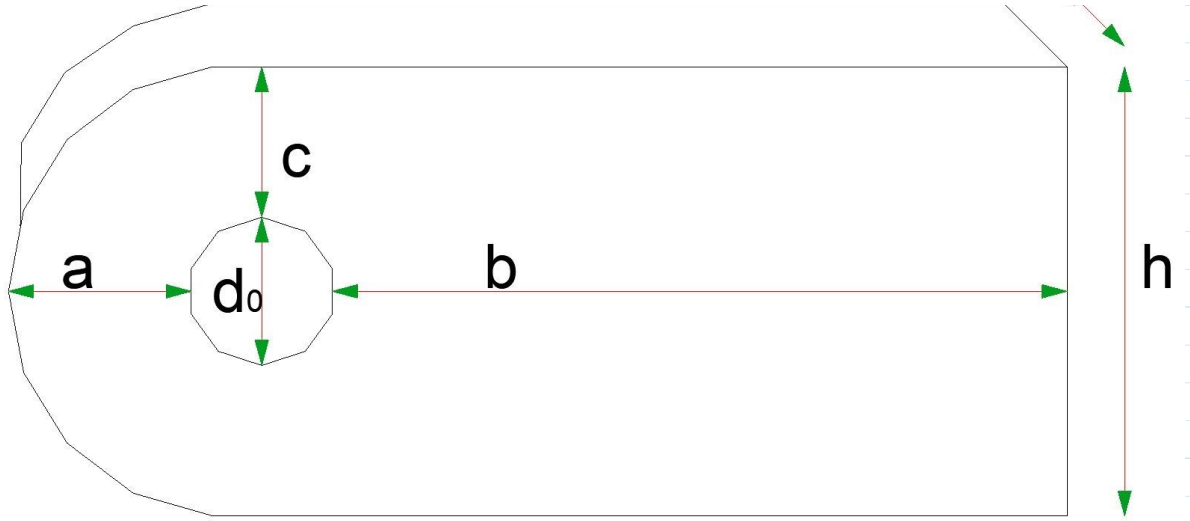
Bestemmer a=40mm, c=40mm, c-c=160mm, t=14mm, $d_0 = 33\ mm$,



Figur 6: Det behøves 6 skiver av denne typen for forbindelsen.

t

Non-Commercial Use Only



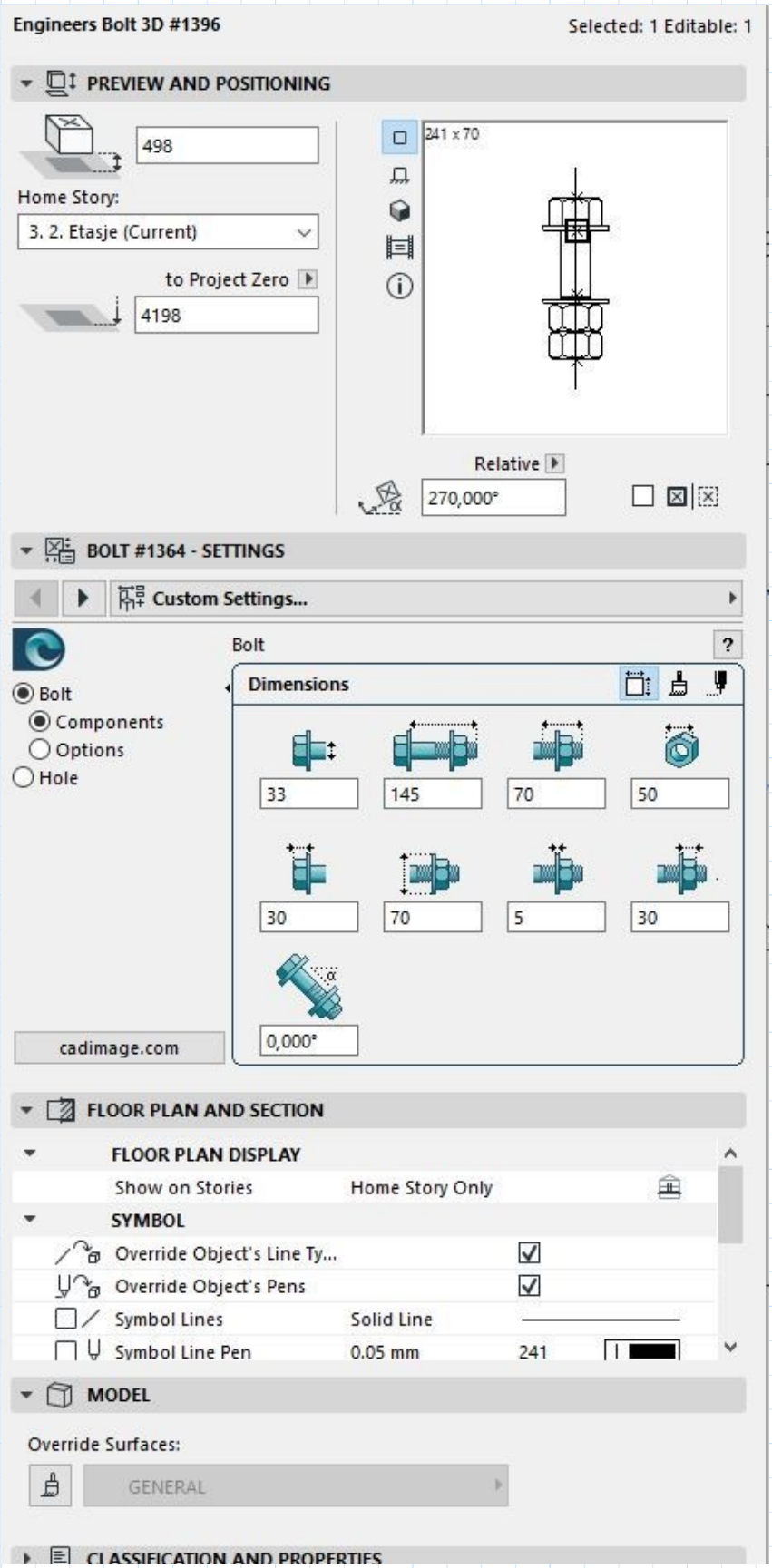
Figur 7: Behøver 4 av denne typen til forbindelsen, denne skal sveises til steget.

Bestemmer
a=40mm,
c=40mm,
c-c=160mm,
t=14mm, $d_0 = 33\ mm$, h=113mm, b=165mm

Sveis lengde horisontal: 100mm
Sveis lengde vertikal: 100mm
a-mål = 5mm

Non-Commercial Use Only

Boltens dimensjoner:



Non-Commercial Use Only