

MEMO 711
SØYLER I FRONT – INNFESTING I
PLASSTØPT DEKKE, BEREGNING AV
DEKKE OG BALKONGARMERING

Dato: 11.02.2015
Siste rev.: 18.05.2016
Dok. nr.: K5-10/711

Sign.: sss
Sign.: sss
Kontr.: ps

SØYLER I FRONT – INNFESTING I PLASSTØPT DEKKE, BEREGNING AV DEKKE OG BALKONGARMERING

INNHold

GRUNNLEGGENDE FORUTSETNINGER OG ANTAGELSER.....	2
GENERELT	2
STANDARDER.....	2
KVALITETER.....	3
DIMENSJONER OG TVERRSNITTSVERDIER.....	3
LASTER BWC H60	4
LASTER BWC HV80	4
LIKEVEKTER – BWC H60	5
BWC H60 – UTEN VERTIKALFORSKYVING.....	5
BWC H60 – MED VERTIKALFORSKYVING	7
LIKEVEKTER – BWC HV80.....	10
BWC HV80 – UTEN VERTIKALFORSKYVING.....	10
BWC HV80 – MED VERTIKALFORSKYVING.....	12

GRUNNLEGGENDE FORUTSETNINGER OG ANTAGELSER

GENERELT

De følgende beregninger av forankring av enhetene og den tilhørende armering er å betrakte som et eksempel som illustrerer dimensjoneringsmodellen. Endelig armeringsføring i og omkring enheten skal i alle tilfeller utføres av ansvarlig konstruktør med nødvendig kompetanse på betong og stålberegninger.

STANDARDS

Beregningene er utført i henhold til:

- Eurocode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger.
- Eurocode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner. Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger.
- EN 10080: Steel for the reinforcement of concrete. Weldable reinforcing steel. General.

For alle NDP-er (Nationally Determined Parameter) i Eurocodene er Norske verdier benyttet.

NDP-ene er som følger:

Parameter	γ_c	γ_s	α_{cc}	α_{ct}
Anbefalt verdi	1.5	1.15	1.0	1.0
NDP Norge	1.5	1.15	0.85	0.85
Benyttet	1.5	1.15	0.85	0.85

Tabell 1: NDP-er i EC-2.

Parameter	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}
Anbefalt verdi	1.0	1.0	1.25
NDP Norge	1.05	1.05	1.25
Benyttet	1.05	1.05	1.25

Tabell 2: NDP-er i EC-3.

KVALITETER

Betong B30:	$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$	EC2, Tabell 3.1
	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 30 / 1,5 = 17,0 \text{ MPa}$	EC2, Pkt.3.15
	$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 0,85 \cdot 2,00 / 1,5 = 1,13 \text{ MPa}$	EC2, Pkt.3.16
	$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,13 = 1,78 \text{ MPa}$	EC2, Pkt.8.4.2

Armering 500C (EN 1992-1-1, App. C):

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa} \quad \text{EC2, Pkt 3.2.7}$$

Merk: Armering av annen duktilitetsklasse kan benyttes såfremt bøybarheten er slik at armeringen kan tilpasses rundt enheten.

Stål S355:	Strekk: $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 = 338 \text{ MPa}$
	Trykk: $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1,05 = 338 \text{ MPa}$
	Skjær: $f_{sd} = f_y / (\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}) = 355 / (1,05 \cdot \sqrt{3}) = 195 \text{ MPa}$

$$\text{Sveis: } f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{EC3-Del 1-8, pkt 4.5.3.3}$$

$$f_u = 510 \quad \text{EC3-Del 1-1, Tabell 3.1}$$

$$\beta_w = 0.90 \quad \text{EC3-Del 1-8, Tabell 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{EC3-Del 1-1, pkt 6.1}$$

$$\Rightarrow f_{vw,d} = \frac{510 / \sqrt{3}}{0.9 \cdot 1.25} = 262 \text{ MPa}$$

DIMENSJONER OG TVERRSNITTSVERDIER

Rør: HUP 100x50x6. L=990mm Kaldformet, S355

BWC H60 (Rør brukt på flasken):

Plastisk motstandsmoment om svak akse: $W_{pl} = 28500 \text{ mm}^3$

Tverrsnittsareal: $A = 1560 \text{ mm}^2$

Skjærareal for vertikal skjærkraft: $A_v = \frac{1560 \cdot 50}{(100 + 50)} = 520 \text{ mm}^2$

Stålplate for vertikalforskyving: $h_{bxt} = 220 \times 120 \times 15, \text{ S355}$

BWC HV80 (Rør brukt på høykant):

Plastisk motstandsmoment om sterk akse: $W_{pl} = 46900 \text{ mm}^3$

Tverrsnittsareal: $A = 1560 \text{ mm}^2$

Skjærareal for vertikal skjærkraft: $A_v = \frac{1560 \cdot 100}{(100 + 50)} = 1040 \text{ mm}^2$

Stålplate for vertikalforskyving: $h_{bxt} = 270 \times 120 \times 15, \text{ S355}$

LASTER BWC H60

Løsning 1: Standard rør innspent i balkong og dekke:

Bruddgrenselast vertikalt: $F_V = 60\text{kN}$.

Bruddgrenselast horisontalt: $F_H = 20\text{kN}$.

Løsning 2: Standard rør innspent i balkong og dekke. 150mm vertikalforskyving ved hjelp av stålplate:

Bruddgrenselast vertikalt: $F_V = 50\text{kN}$ v/100mm utkraging til senter vertikalforskyvingsplate.

Bruddgrenselast vertikalt: $F_V = 30\text{kN}$ v/185mm utkraging til senter vertikalforskyvingsplate.

Bruddgrenselast horisontalt: $F_H=20\text{kN}$.

LASTER BWC HV80

Løsning 1: Standard rør innspent i balkong og dekke:

Bruddgrenselast vertikalt: $F_V = 80\text{kN}$.

Bruddgrenselast horisontalt: $F_H = 20\text{kN}$.

Løsning 2: Standard rør innspent i balkong og dekke. 150mm vertikalforskyving ved hjelp av stålplate:

Bruddgrenselast vertikalt: $F_V = 75\text{kN}$ v/100mm utkraging til senter vertikalforskyvingsplate.

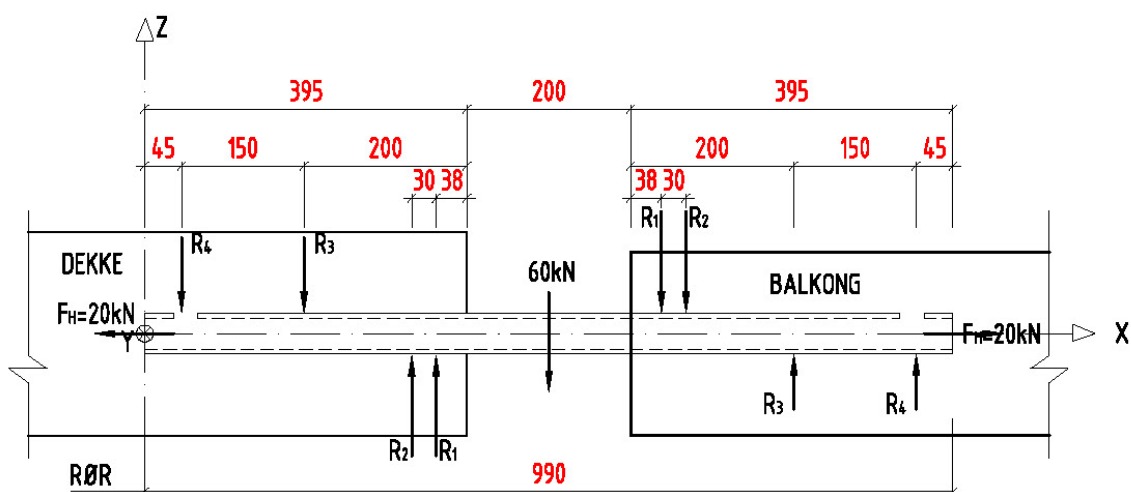
Bruddgrenselast vertikalt: $F_V = 50\text{kN}$ v/185mm utkraging til senter vertikalforskyvingsplate.

Bruddgrenselast horisontalt: $F_H=20\text{kN}$.

LIKEVEKTER – BWC H60

BWC H60 – UTEN VERTIKALFORSKYVING

ENHET



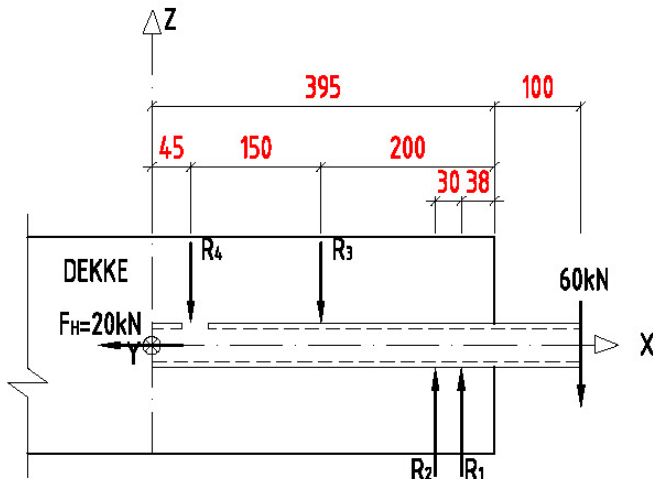
Figur 1: BWC H60 uten vertikalforskyving

R_1, R_2, R_3, R_4 = Ytre reaksjonskrefter mot rør. (Ved plassering av forankringsbøyler).

FORUTSETNINGER

Rør er innspent i både balkong og dekke. Begge deler armeres likt. (Forankringsbøylene skal selvsagt ligge hver sin veg i dekke og balkong)

LIKEVEKT



Figur 2: Likevekt for halve røret. (Symmetri gir at moment er null ved senter utkraging)

Hvordan reaksjonskreftene R_1 , R_2 , R_3 og R_4 fordeles er avhengig av rørets stivhet for bøyning på langs. Pga. at røret får fire oppleggspunkt er likevekten statisk ubestemt. For å finne krefter og foreta tverrsnittskontroll lages en modell i FOKUS hvor bøylerne modelleres som fjærer. Fjærstivhet for en enkeltbøyle $\varnothing 12$ (2 snitt, antar en lengde på vertikaldelen av bøylen $L=175\text{mm}$):

$$k = \frac{EA}{L} = \frac{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi \cdot 6^2 \cdot 2\text{mm}^2}{175\text{mm}} = 271\text{kN} / \text{mm}$$

Resultater fra FOKUS:

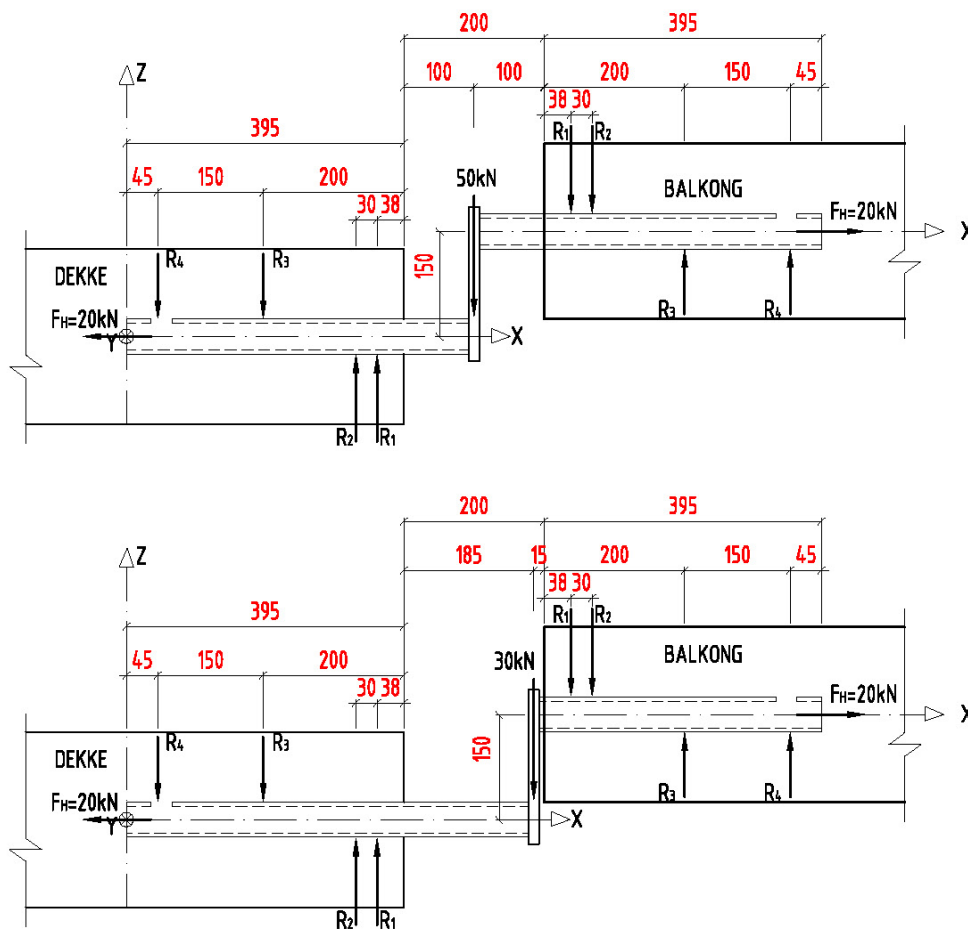
- $R_1 = 78\text{kN}$.
- $R_2 = 27\text{kN}$.
- $R_3 = 32\text{kN}$.
- $R_4 = 13\text{kN}$.

KONKLUSJON ARMERING

NB: Pga. lokal kraftoverføring mellom armering og HUP skal det ikke forankringsarmeringen ha mindre diameter enn $\varnothing 12$ (alle posisjoner). Dette korresponderer også med testet armering for TSS101. -> Bruk $\varnothing 12$ bøyler i alle posisjoner.

BWC H60 – MED VERTIKALFORSKYVING

ENHET



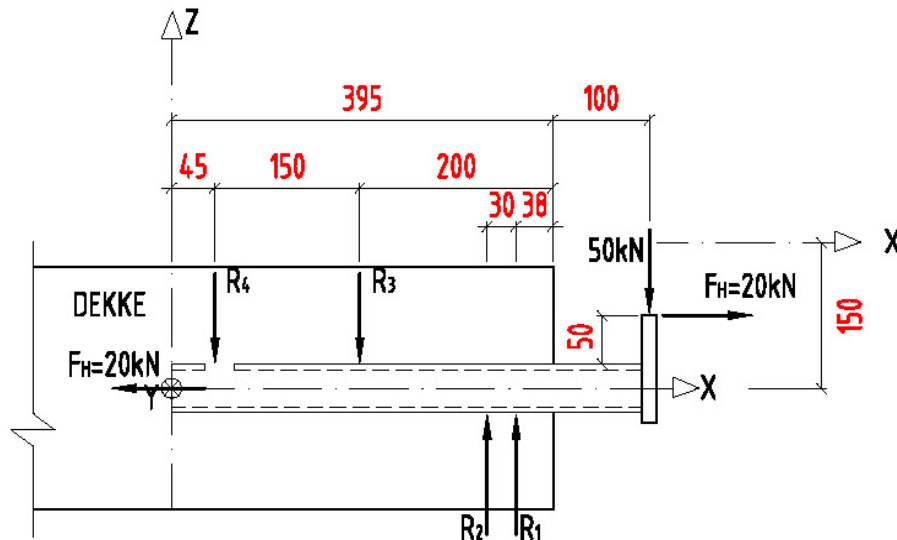
Figur 3: BWC H60 med vertikalforskyving

R_1, R_2, R_3, R_4 = Ytre reaksjonskrefter mot rør. (Ved plassering av forankringsbøyler).

FORUTSETNINGER

Rør er innspent i både balkong og dekke. Begge deler armeres likt. (Forankringsbøylene skal selvsagt ligge hver sin veg i dekke og balkong). Vertikalplate overfører kun vertikallast og horisontallast. Løsningen har størst kapasitet dersom vertikalplaten er plassert på midten. Dersom vertikalplaten ikke står på midten vil den ene enheten få større belastning enn den andre. (Utgraving skal regnes til senter vertikalplate)

LIKEVEKT – 150mm vertikal forskyving - 100mm utkraging



Figur 4: Likevekt for halve røret. (Symmetri gir null moment i midtsnitt på vertikalplate)

Hvordan reaksjonskreftene R_1 , R_2 , R_3 og R_4 fordeles er avhengig av rørets stivhet for bøying på langs. Pga. at røret får fire oppleggspunkt er likevekten statisk ubestemt. For å finne krefter og foreta tverrsnittskontroll lages en modell i FOKUS hvor bøyelene modelleres som fjærer. Fjærstivhet for en enkeltbøyle $\varnothing 12$ (2 snitt, antar en lengde på vertikaldelen av bøylen $L=175\text{mm}$):

$$k = \frac{EA}{L} = \frac{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi \cdot 6^2 \cdot 2\text{mm}^2}{175\text{mm}} = 271\text{kN} / \text{mm}$$

Resultater fra FOKUS:

$$R_1 = 73\text{kN.}$$

$$R_2 = 23\text{kN.}$$

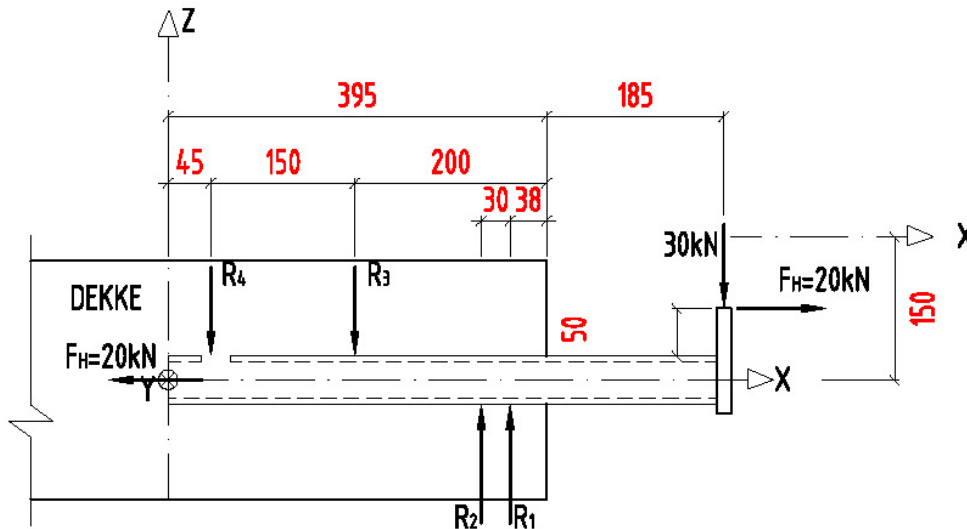
$$R_3 = 33\text{kN.}$$

$$R_4 = 13\text{kN.}$$

KONKLUSJON ARMERING

NB: Pga. lokal kraftoverføring mellom armering og HUP skal det ikke forankringsarmeringen ha mindre diameter enn $\varnothing 12$ (alle posisjoner). Dette korresponderer også med testet armering for TSS101. -> Bruk $\varnothing 12$ bøyler i alle posisjoner.

LIKEVEKT - 150mm vertikal forskyving - 185mm utkraging



Figur 5: Likevekt. Regner på røret med lengst utkraging.

Hvordan reaksjonskreftene R_1 , R_2 , R_3 og R_4 fordeles er avhengig av rørets stivhet for bøying på langs. Pga. at røret får fire oppleggspunkt er likevekten statisk ubestemt. For å finne krefter og foreta tverrsnittskontroll lages en modell i FOKUS hvor bøyene modelleres som fjærer. Fjærstivhet for en enkeltbøyle $\varnothing 12$ (2 snitt, antar en lengde på vertikaldelen av bøylen $L=175\text{mm}$):

$$k = \frac{EA}{L} = \frac{210000 \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \pi \cdot 6^2 \cdot 2\text{mm}^2}{175\text{mm}} = 271\text{kN} / \text{mm}$$

Resultater fra FOKUS:

- $R_1 = 59\text{kN}$.
- $R_2 = 15\text{kN}$.
- $R_3 = 32\text{kN}$.
- $R_4 = 12\text{kN}$.

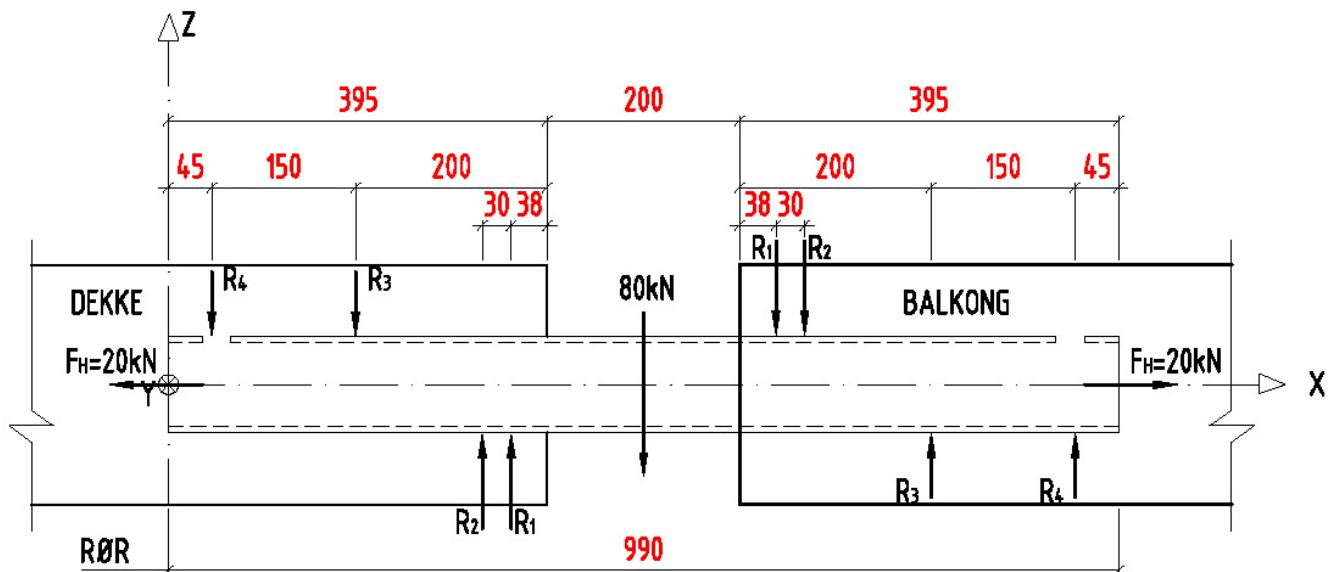
KONKLUSJON ARMERING

NB: Pga. lokal kraftoverføring mellom armering og HUP skal det ikke forankringsarmeringen ha mindre diameter enn $\varnothing 12$ (alle posisjoner). Dette korresponderer også med testet armering for TSS101. -> Bruk $\varnothing 12$ bøyler i alle posisjoner.

LIKEVEKTER – BWC HV80

BWC HV80 – UTEN VERTIKALFORSKYVING

ENHET



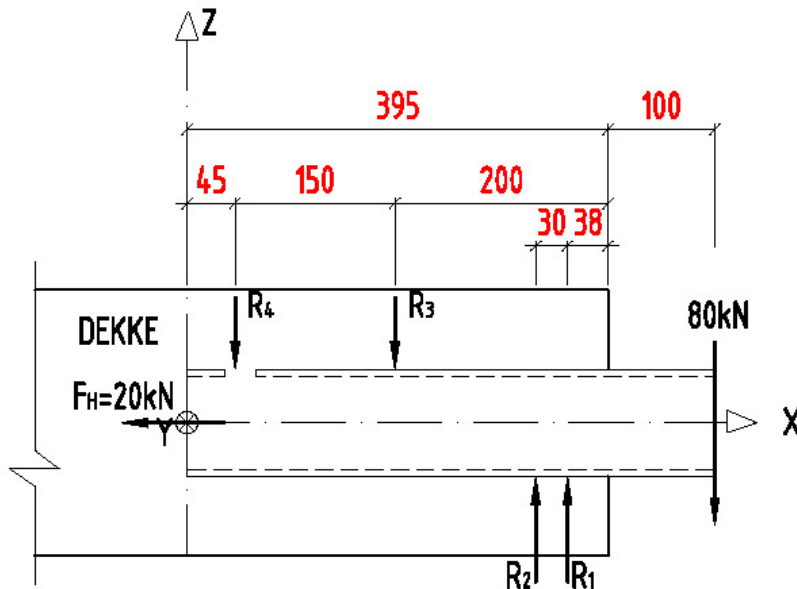
Figur 6: BWC HV80 uten vertikalforskyving

R_1 , R_2 , R_3 , R_4 = Ytre reaksjonskrefter mot rør. (Ved plassering av forankringsbøyler).

FORUTSETNINGER

Rør er innspent i både balkong og dekke. Begge deler armeres likt. (Forankringsbøylene skal selvsagt ligge hver sin veg i dekke og balkong)

LIKEVEKT



Figur 7: Likevekt for halve røret. (Symmetri gir at moment er null ved senter utkraging)

Hvordan reaksjonskreftene R_1 , R_2 , R_3 og R_4 fordeles er avhengig av rørets stivhet for bøyning på langs. Pga. at røret får fire oppleggspunkt er likevekten statisk ubestemt. For å finne krefter og foreta tverrsnittskontroll lages en modell i FOKUS hvor bøylenes modelleres som fjærer. Fjærstivhet for en enkeltbøyle $\varnothing 12$ (2 snitt, antar en lengde på vertikaldelen av bøylen $L=175\text{mm}$):

$$k = \frac{EA}{L} = \frac{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi \cdot 6^2 \cdot 2\text{mm}^2}{175\text{mm}} = 271\text{kN/mm}$$

Resultater fra FOKUS:

$$R_1 = 83\text{kN.}$$

$$R_2 = 47\text{kN.}$$

$$R_3 = 19\text{kN.}$$

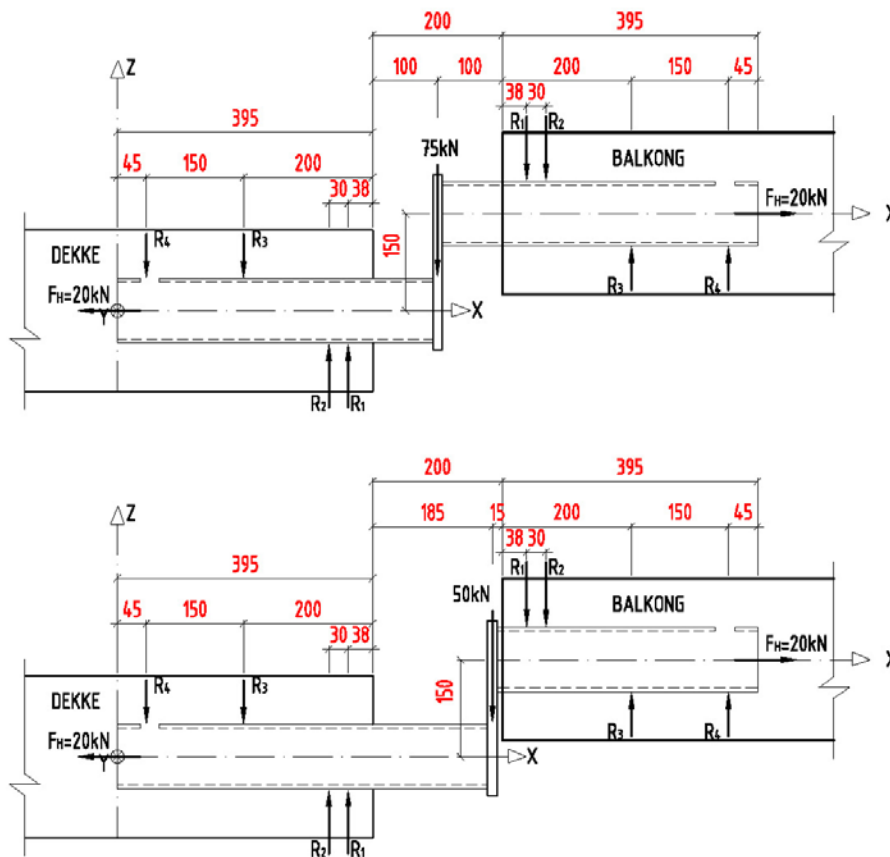
$$R_4 = 31\text{kN.}$$

KONKLUSJON ARMERING

NB: Pga. lokal kraftoverføring mellom armering og HUP skal det ikke forankringsarmeringen ha mindre diameter enn $\varnothing 12$ (alle posisjoner). Dette korresponderer også med testet armering for TSS101. -> Bruk $\varnothing 12$ bøyler i alle posisjoner.

BWC HV80 – MED VERTIKALFORSKYVING

ENHET



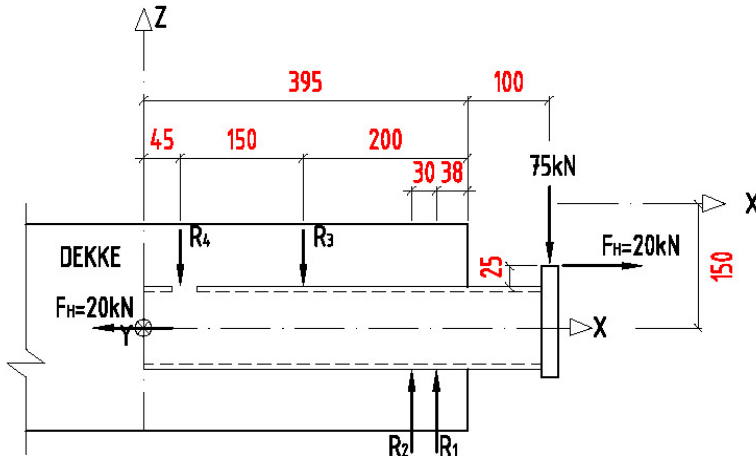
Figur 8: BWC HV80 med vertikalforskyving

R₁, R₂, R₃, R₄ = Ytre reaksjonskrefter mot rør. (Ved plassering av forankringsbøyler).

FORUTSETNINGER

Rør er innspent i både balkong og dekke. Begge deler armeres likt. (Forankringsbøylene skal selvsagt ligge hver sin veg i dekke og balkong). Vertikalplate overfører kun vertikallast og horisontallast. Løsningen har størst kapasitet dersom vertikalplaten er plassert på midten. Dersom vertikalplaten ikke står på midten vil den ene enheten få større belastning enn den andre. (Utkraging skal regnes til senter vertikalplate)

LIKEVEKT – 150mm vertikal forskyving- 100mm utkraging



Figur 9: Likevekt for halve røret. (Symmetri gir null moment i midtsnitt på vertikalplate)

Hvordan reaksjonskreftene R_1 , R_2 , R_3 og R_4 fordeles er avhengig av rørets stivhet for bøying på langs. Pga. at røret får fire oppleggspunkt er likevekten statisk ubestemt. For å finne krefter og foreta tverrsnittskontroll lages en modell i FOKUS hvor bøyene modelleres som fjærer. Fjærstivhet for en enkeltbøyle $\varnothing 12$ (2 snitt, antar en lengde på vertikaldelen av bøylen $L=175\text{mm}$):

$$k = \frac{EA}{L} = \frac{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi \cdot 6^2 \cdot 2\text{mm}^2}{175\text{mm}} = 271\text{kN} / \text{mm}$$

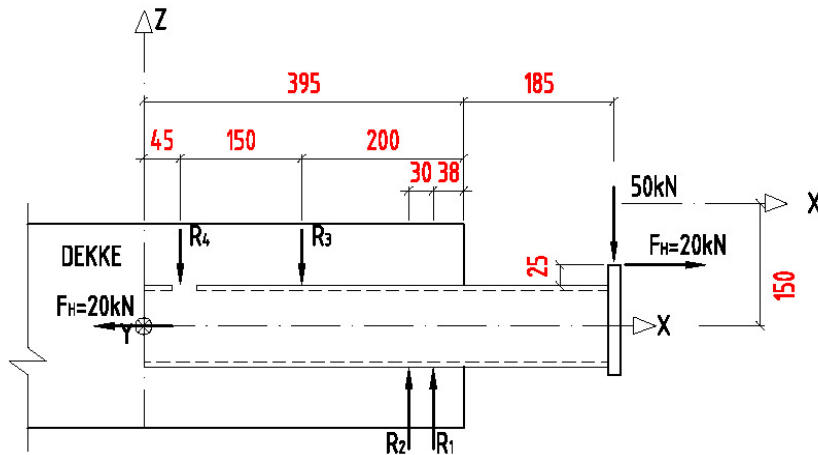
Resultater fra FOKUS:

- $R_1 = 83\text{kN}$.
- $R_2 = 46\text{kN}$.
- $R_3 = 22\text{kN}$.
- $R_4 = 32\text{kN}$.

KONKLUSJON ARMERING

NB: Pga. lokal kraftoverføring mellom armering og HUP skal det ikke forankringsarmeringen ha mindre diameter enn $\varnothing 12$ (alle posisjoner). Dette korresponderer også med testet armering for TSS101. -> Bruk $\varnothing 12$ bøyler i alle posisjoner.

LIKEVEKT - 150mm vertikal forskyving- 185mm utkraging



Figur 10: Likevekt. Regner på røret med lengst utkraging.

Hvordan reaksjonskreftene R_1 , R_2 , R_3 og R_4 fordeles er avhengig av rørets stivhet for bøyning på langs. Pga. at ytterrøret får fire oppleggspunkt er likevekten statisk ubestemt. For å finne krefter og foreta tverrsnittskontroll lages en modell i FOKUS hvor bøylen modelleres som fjærer. Fjærstivhet for en enkeltbøyle $\varnothing 12$ (2 snitt, antar en lengde på vertikaldelen av bøylene $L=175\text{mm}$):

$$k = \frac{EA}{L} = \frac{210000 \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \pi \cdot 6^2 \cdot 2\text{mm}^2}{175\text{mm}} = 271\text{kN} / \text{mm}$$

Resultater fra FOKUS:

- $R_1 = 71\text{kN}$.
- $R_2 = 36\text{kN}$.
- $R_3 = 26\text{kN}$.
- $R_4 = 31\text{kN}$.

KONKLUSJON ARMERING

NB: Pga. lokal kraftoverføring mellom armering og HUP skal det ikke forankringsarmeringen ha mindre diameter enn $\varnothing 12$ (alle posisjoner). Dette korresponderer også med testet armering for TSS101. -> Bruk $\varnothing 12$ bøyler i alle posisjoner.

REVISJON	
Dato:	Beskrivelse:
11.02.2015	Første utgave.
11.01.2016	Inkludert merknad om duktilitetsklasse armering.
18.05.2016	Ny mal