

## MEMO 702b

BWC 55 LIGHT - SØYLER I FRONT – INNFESTING  
I PLASSTØPT DEKKE – BEREGNING AV  
FORANKRINGSARMERING  
DIMENSJONERING

Dato: 15.05.2012  
Siste rev.: 09.11.2020  
Dok. nr.: K5-10/3b

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

## INNHold

<b>GRUNNLEGGENDE FORUTSETNINGER OG ANTAGELSER.....</b>	<b>3</b>
GENERELT .....	3
STANDARDER.....	3
KVALITETER.....	4
DIMENSJONER OG TVERRSNITTSVERDIER.....	4
<b>LIKEVEKT - KOMPLETT ENHET .....</b>	<b>5</b>
LASTER .....	5
FORUTSETNINGER .....	5
LIKEVEKT - INNERRØR.....	6
LIKEVEKT - YTTERRØR .....	8
LIKEVEKT – UTSPARINGSKASSE I BALKONG.....	10
<b>LIKEVEKT – STANDARD YTTERRØR + TSS I BALKONG.....</b>	<b>11</b>
LASTER .....	11
FORUTSETNINGER .....	11
LIKEVEKT - YTTERRØR .....	11
<b>LIKEVEKT – ENHET BRUKT MED INNERRØRET UTTREKT 370MM.....</b>	<b>13</b>
LASTER .....	13
FORUTSETNINGER .....	13
LIKEVEKT - YTTERRØR .....	13
LIKEVEKT– INNERRØR.....	14
<b>LIKEVEKT – STANDARD YTTERRØR + INNERRØR MED STÅLVINKEL .....</b>	<b>15</b>
LASTER .....	15
FORUTSETNINGER .....	15
LIKEVEKT - INNERRØR M/STÅLVINKEL.....	15
LIKEVEKT - YTTERRØR .....	15
<b>LIKEVEKT – STANDARD YTTERRØR + INNERRØR MED STÅLVINKEL FOR OPPADRETTET LAST .....</b>	<b>17</b>
LASTER.....	17

---

FORUTSETNINGER .....	17
LIKEVEKT - INNERRØR M/STÅLVINKEL FOR NEGATIV LAST .....	17
LIKEVEKT - YTTERRØR .....	18

# 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	$\gamma_c$	$\gamma_s$	$\alpha_{cc}$	$\alpha_{ct}$
Anbefalt verdi	1.5	1.15	1.0	1.0
NDP Norge	1.5	1.15	0.85	0.85
<b>Benyttet</b>	<b>1.5</b>	<b>1.15</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>

Tabell 1: NDP-er i EC-2.

Parameter	$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$	$\gamma_{M2}$
Anbefalt verdi	1.0	1.0	1.25
NDP Norge	1.05	1.05	1.25
<b>Benyttet</b>	<b>1.05</b>	<b>1.05</b>	<b>1.25</b>

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 halvrundstålene fremme på 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

Standard ytterrør: HUP 120x80x5xL=740mm, Kaldformet, S355

Standard innerrør: HUP 100x50x6xL=740mm, Kaldformet, S355

Innerrør m/stålvinkel: HUP 100x50x6, L=595mm Kaldformet, S355

Innerrør m/stålvinkel for oppadrettet last: HUP 100x50x6, L=595mm Kaldformet, S355

## LIKEVEKT - KOMPLETT ENHET

### LASTER

Bruddgrenselast vertikalt:  $F_V = 55\text{kN}$ .

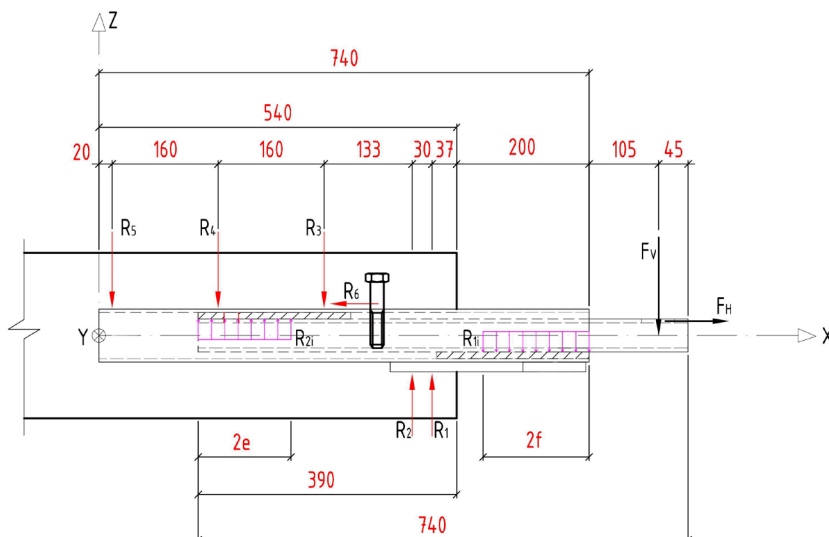
Bruddgrenselast horisontalt:  $F_H = 20\text{kN}$ .

### FORUTSETNINGER

Se også illustrasjoner i memo 701b. Last fra balkong påføres ved innerrørets ende og overføres fra innerrøret til ytterrøret via gummimellomlegg pålimt innerrøret. Dette er illustrert i Figur 1 som kreftene  $R_{1i}$  og  $R_{2i}$ . Forankringsarmering forutsettes plassert som vist. Horisontalkraft forankres med M20 bolt gjennom inner/ytterør og inn i betongen.

På grunn av relativt tynnveggede tverrsnitt vil tykket fra gummimellomlegget kunne medføre hhv. en lokal utbøyning av ytterrørets flens og en innbøyning av innerrørets flens. Siden vektarmene endres med lengdene  $e$  og  $f$ , vil samtidig de indre resultantkreftene  $R_{1i}$  og  $R_{2i}$ 's størrelse være avhengig av hvor stort dette kontaktrykket kan tillates å være. Den indre kontaktsonens utbredelse, og dermed de indre kreftenes størrelse, baseres i det videre på at største tillatte kontaktspenning mellom inner og ytterør er 5.6MPa.

Enhetens likevekt baseres på følgende geometri:



**Figur 1: Krefter på enhet.**

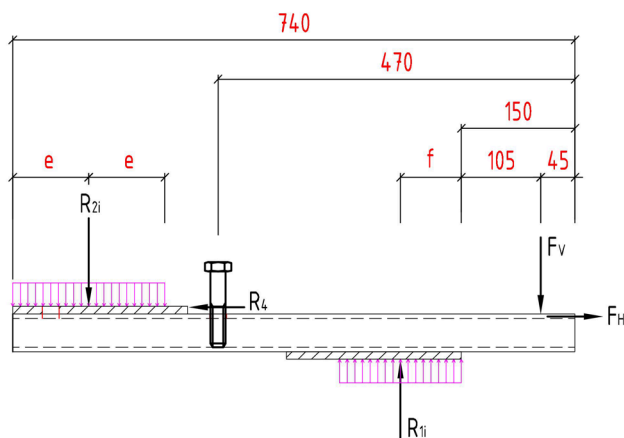
$F_V$  = Ytre vertikal last på innerrør

$F_H$  = Ytre horisontal last på innerrør

$R_{1i}$ ,  $R_{2i}$  = Indre krefter fra innerrør på ytterør.

$R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $R_6$  = Ytre reaksjonskrefter mot ytterør. (Ved plassering av forankringsbøyler.)

## LIKEVEKT - INNERRØR



Figur 2: Likevekt av innerrør.

Setter opp likevektslikningene for innerrøret (vertikalt):

$$1): \sum M=0: \quad R_{2i} \cdot (740 - 150 - f - e) = F_v \cdot (105 + f)$$

$$2): \sum F_y=0: \quad R_{2i} + F_v = R_{1i}$$

$$3): e = \frac{R_{2i}}{2 \cdot \sigma_{2i} \cdot b_{i,eff}}$$

$$4): f = \frac{R_{1i}}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}}$$

( $b_{i,eff}$  = effektiv bredde i kontaktflaten = 82mm)

$$R_{2i} \cdot (740 - 150 - \frac{R_{1i}}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}} - \frac{R_{2i}}{2 \cdot \sigma_{2i} \cdot b_{i,eff}}) = F_v \cdot (105 + \frac{R_{1i}}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}})$$

$$\Rightarrow R_{2i} \cdot 740 - R_{2i} \cdot 150 - \frac{R_{2i} \cdot (R_{2i} + F_v)}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}} - \frac{R_{2i}^2}{2 \cdot \sigma_{2i} \cdot b_{i,eff}} = F_v \cdot (105 + \frac{R_{2i} + F_v}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}})$$

$$\Rightarrow R_{2i} \cdot 740 - R_{2i} \cdot 150 - \frac{R_{2i}^2}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}} - \frac{R_{2i} \cdot F_v}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}} - \frac{R_{2i}^2}{2 \cdot \sigma_{2i} \cdot b_{i,eff}} = F_v \cdot 105 + \frac{F_v \cdot R_{2i}}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}} + \frac{F_v^2}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}}$$

$$\Rightarrow -\left(\frac{1}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}} + \frac{1}{2 \cdot \sigma_{2i} \cdot b_{i,eff}}\right) \cdot R_{2i}^2 + (740 - 150 - \frac{F_v}{\sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}}) \cdot R_{2i} - \left[105 \cdot F_v + \frac{F_v^2}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}}\right] = 0$$

Dette er en andregradslikning av type  $ax^2+bx+c=0$ , med løsning:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Hvor:

$$a = -\left(\frac{1}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}} + \frac{1}{2 \cdot \sigma_{2i} \cdot b_{i,eff}}\right) = -\left(\frac{1}{2 \cdot 5.6 \cdot 82} + \frac{1}{2 \cdot 5.6 \cdot 82}\right) = -0.0021777$$

$$b = (740 - 150 - \frac{F_v}{\sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}}) = 740 - 150 - \frac{55000}{5.6 \cdot 82} = 470.23$$

$$c = -\left[105 \cdot F_v + \frac{F_v^2}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}}\right] = -\left[105 \cdot 55000 + \frac{55000^2}{2 \cdot 5.6 \cdot 82}\right] = -9.068 \cdot 10^6$$

Dette gir:

$$\Rightarrow R_{2i} = \frac{-470.23 \pm \sqrt{470.23^2 - 4 \cdot 0.0021777 \cdot 9.068 \cdot 10^6}}{-2 \cdot 0.0021777} = \frac{-470.23 \pm 377}{-0.0043554} = 21.4 \text{ kN}$$

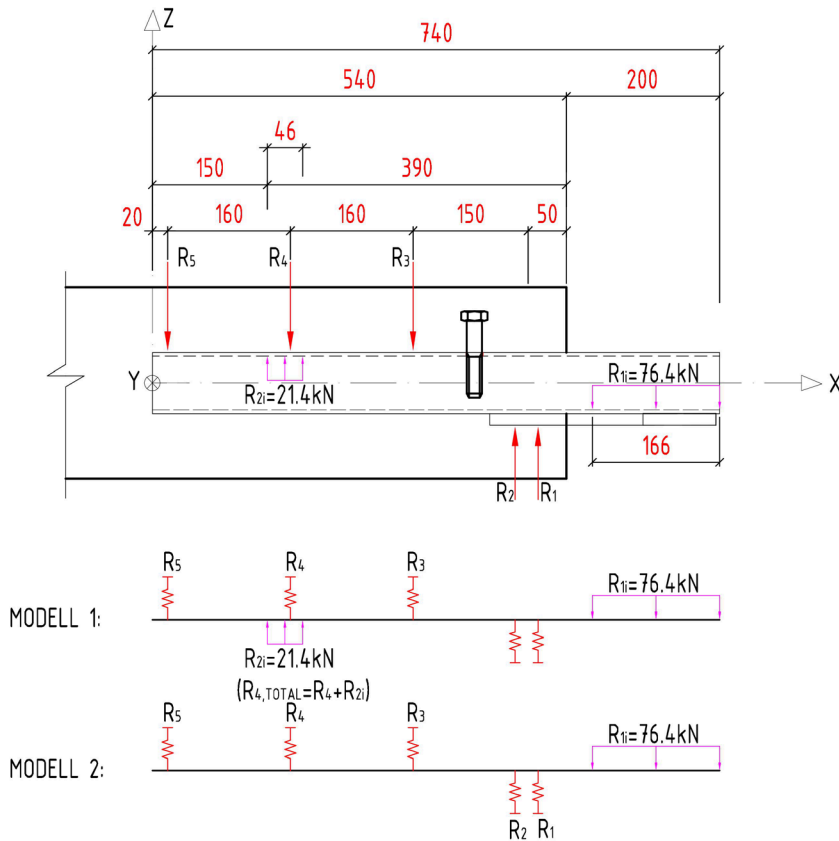
Når  $R_{2i}$  er kjent finnes øvrige parametere:

$$\Rightarrow R_{1i} = F_v + R_{2i} = 55 \text{ kN} + 21.4 \text{ kN} = 76.4 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow e = \frac{R_{2i}}{2 \cdot \sigma_{2i} \cdot b_{i,eff}} = \frac{21400}{2 \cdot 5.6 \cdot 82} = 23.3 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow f = \frac{R_{1i}}{2 \cdot \sigma_{1i} \cdot b_{i,eff}} = \frac{76400}{2 \cdot 5.6 \cdot 82} = 83.1 \text{ mm}$$

LIKEVEKT - YTERRØR



Figur 3: Likevekt av ytterrør.

Horisontalkraft forankres med M20 bolt gjennom inner/ytterrør og inn i betongen.

Hvordan reaksjonskreftene  $R_1, R_2, R_3, R_4$  og  $R_5$  fordeles er avhenging av ytterrøret stivhet for bøyning både på langs og på tvers, lokalt i tverrsnittet. For å redusere faren for riss pga bøyning av ytterrøret brukes flere bøyler langs enheten. Hver av bøylene regnes som opplegg for enheten. Fem oppleggspunkt gjør likevekten statisk ubestemt. For å finne krefter i armeringen og foreta tverrsnittskontroll lages en modell i FOKUS hvor bøylene modelleres som fjærer. Fjærstivhet for en enkeltbøyle  $\varnothing 12$  (2 snitt, antar en lengde på vertikaldelen av bøylene  $L=175\text{mm}$ ):

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

To ytterpunkter vurderes:

Modell 1: Utbøyning av ytterrørets overflens neglisjeres ved punktet for kraften  $R_{2i}$ . Dvs. hele kraften  $R_{2i}$  tenkes å bli overført fra innerrør til ytterrøret.

Modell 2: Kraften  $R_{2i}$  går rett i betongen (myk overflens ytterrør) og til  $\varnothing 12$  bøylene.  $\varnothing 12$  bøylene må i tillegg ta lasten forårsaket av ytterrørets øvrige bøyning.



Resultater modell 1 fra FOKUS:

$$R_1 = 80,7\text{kN.}$$

$$R_2 = 42,9\text{kN.}$$

$$R_3 = 24,5\text{kN.}$$

$$R_4 = 32,1\text{kN.}$$

$$R_5 = 11,9\text{kN.}$$

Resultater modell 2 fra FOKUS:

$$R_1 = 80,1\text{kN.}$$

$$R_2 = 43,2\text{kN.}$$

$$R_3 = 19,8\text{kN.}$$

$$R_4 = 20,2\text{kN. } R_{4,TOTAL} = 20,2\text{kN} + 21,4\text{kN} = 41,6\text{kN.}$$

$$R_5 = 6,9\text{kN.}$$

## Nødvendig armering for $R_1$ , $R_2$ , $R_3$ , $R_4$ og $R_5$ :

Armerer i hvert punkt for den største kraften fra modell 1 eller 2.

Armering for opplagerkraften  $R_1$ :

$$A_s = R_1 / f_{sd} = 80700 / 435 = 185\text{mm}^2$$

$$\text{Bruker } 1\text{Ø}12 = 2 \cdot 113\text{mm}^2 = 226\text{mm}^2$$

Armering for opplagerkraften  $R_2$ :

$$A_s = R_2 / f_{sd} = 43200 / 435 = 100\text{mm}^2$$

$$\text{Bruker } 1\text{Ø}12 = 2 \cdot 113\text{mm}^2 = 226\text{mm}^2$$

Armering for opplagerkraften  $R_3$ :

$$A_s = R_3 / f_{sd} = 24500 / 435 = 56\text{mm}^2$$

$$\text{Bruker } 1\text{Ø}12 = 2 \cdot 113\text{mm}^2 = 226\text{mm}^2$$

Armering for opplagerkraften  $R_4$ :

$$A_s = R_4 / f_{sd} = 41600 / 435 = 96\text{mm}^2$$

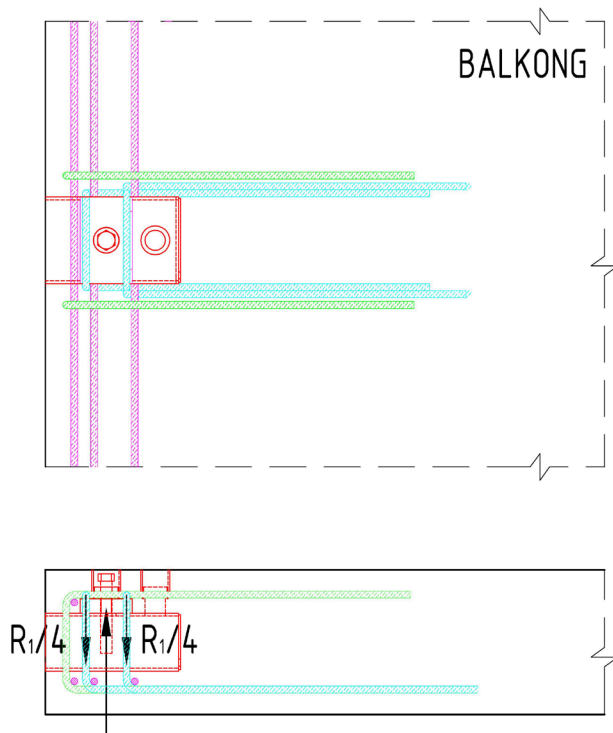
$$\text{Bruker } 1\text{Ø}12 = 2 \cdot 113\text{mm}^2 = 226\text{mm}^2$$

Armering for opplagerkraften  $R_5$ :

$$A_s = R_5 / f_{sd} = 11900 / 435 = 27\text{mm}^2$$

$$\text{Bruker } 1\text{Ø}12 = 2 \cdot 113\text{mm}^2 = 226\text{mm}^2$$

**LIKEVEKT – UTSPARINGSKASSE I BALKONG**



**Figur 4: Krefter på balkongenhet**

Reaksjonskraft i armering:

$$\Rightarrow R_1 = F_v = 55kN$$

**Nødvendig armeringsareal:**

$$A_s = R_1 / f_{sd} = 55000N / 435MPa = 126mm^2$$

$$\text{Bruker } 2\varnothing 10 \text{ bøyler} = 2 \cdot 2 \cdot 78mm^2 = 312mm^2$$

# LIKEVEKT – STANDARD YTERRØR + TSS I BALKONG

## LASTER

Ytterrør brukt i kombinasjon med:	TSS 41	TSS 60P	TSS 101/TSS 102
Bruddgrenselast vertikalt <sup>1)</sup> $F_V$	40kN	57kN	75kN
Bruddgrenselast horisontalt <sup>2)</sup> $F_H$	0-20kN		

<sup>1)</sup> Se memo 701b for forutsetninger. MERK: For tynne balkonger er det ikke anbefalt å utnytte TSS-enhetenes fulle kapasitet. Se tabell 2 i Memo 55.

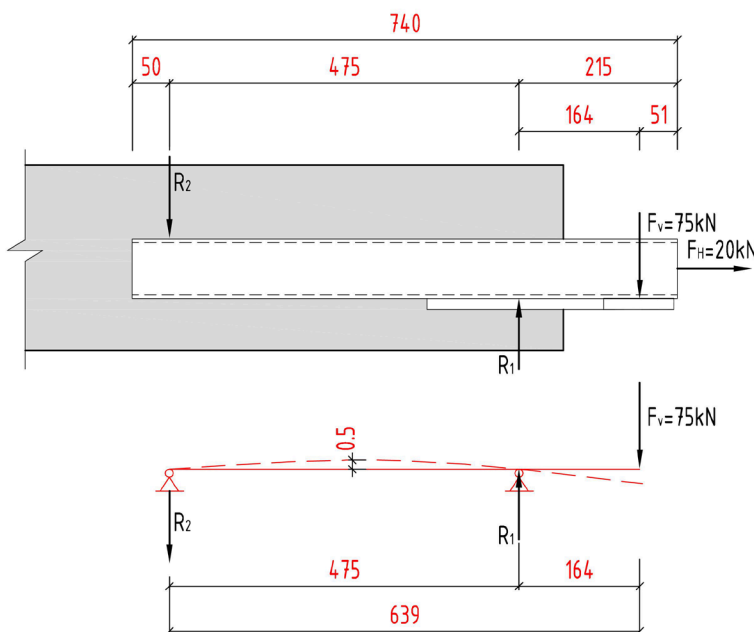
<sup>2)</sup> Kapasitet for horisontallast vil være avhengig av valgt løsning for overføring av kraften fra TSS til BWC. Ved behov for å overføre horisontalkraft må denne detalj utarbeides i hvert enkelt tilfelle, avhengig av tilkomstmulighet.

## FORUTSETNINGER

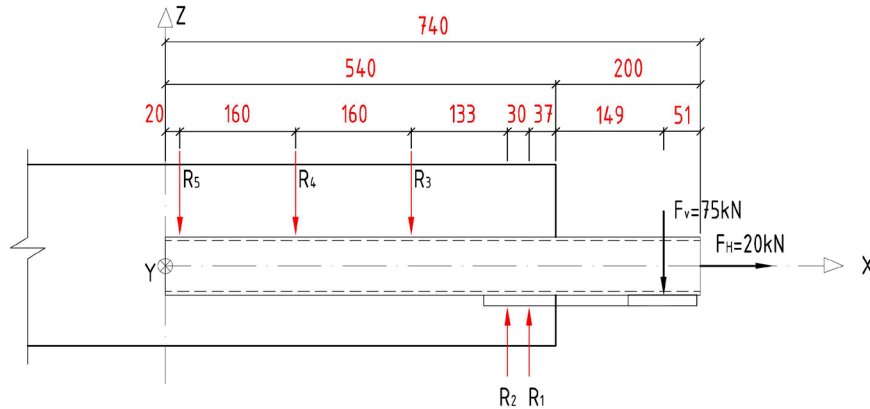
Last fra TSS i balkong påføres 51mm inn i ytterrøret. Se også illustrasjoner i memo 701b.

## LIKEVEKT - YTERRØR

Siden ytterrøret ikke har uendelig bøyestivet bør det ikke være for lang avstand mellom forankringsarmeringen i fremkant og bakkant. Dersom røret regnes opplagret som vist i Figur 5 er beregningsmessig deformasjon ca 0.5mm. Siden røret er innstøpt er denne deformasjonen forhindret så lenge betongen ikke risser opp. Dermed er røret mer innspent i betongen enn denne modellen tilsier. Det anbefales derfor å bruke samme armeringsmønster som ved bruk av komplett enhet, se Figur 6.



Figur 5: Krefter på enhet - modell 1. Ikke anbefalt (fare for riss).



**Figur 6: Krefter på enhet - modell 2**

$F_v=75\text{kN}$ : Resultater fra FOKUS:

$$R_1 = 87\text{kN.}$$

$$R_2 = 45\text{kN.}$$

$$R_3 = 25,4\text{kN.}$$

$$R_4 = 24\text{kN.}$$

$$R_5 = 7,6\text{kN.}$$

**Armering:** Bruker  $\varnothing 12$  bøyler i alle posisjoner.

Spenning i frontarmering:

$$\Rightarrow \sigma = \frac{87000\text{N}}{226\text{mm}^2} = 385\text{MPa}$$

Tøyning:

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{385\text{MPa}}{210000\text{MPa}} = 0.0018\text{mm/mm}$$

Forlengelse av armering i front for bruddlast, antar bøylehøyde 175mm:

$$\Rightarrow \Delta L = \varepsilon \cdot L = 0.0018 \cdot 175\text{mm} = 0.32\text{mm}$$

## LIKEVEKT – ENHET BRUKT MED INNERRØRET UTTREKT 370MM

### LASTER

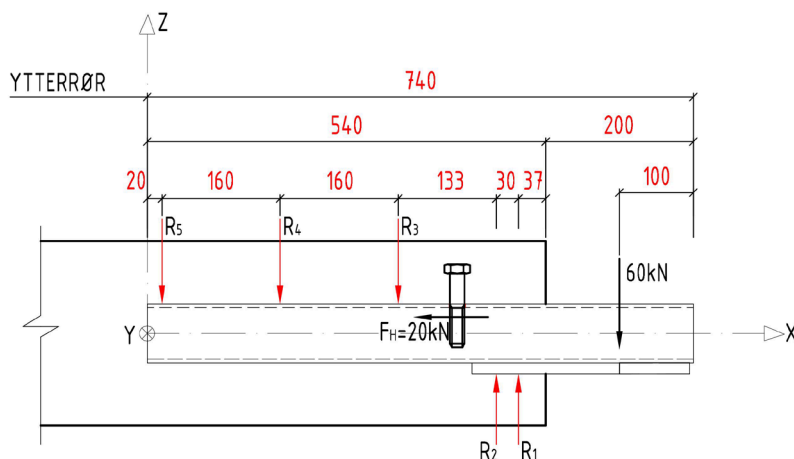
Bruddgrenselast vertikalt:  $F_V = 60\text{kN}$ .

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

### FORUTSETNINGER

Se illustrasjoner i memo 701b.

### LIKEVEKT - YTERRØR

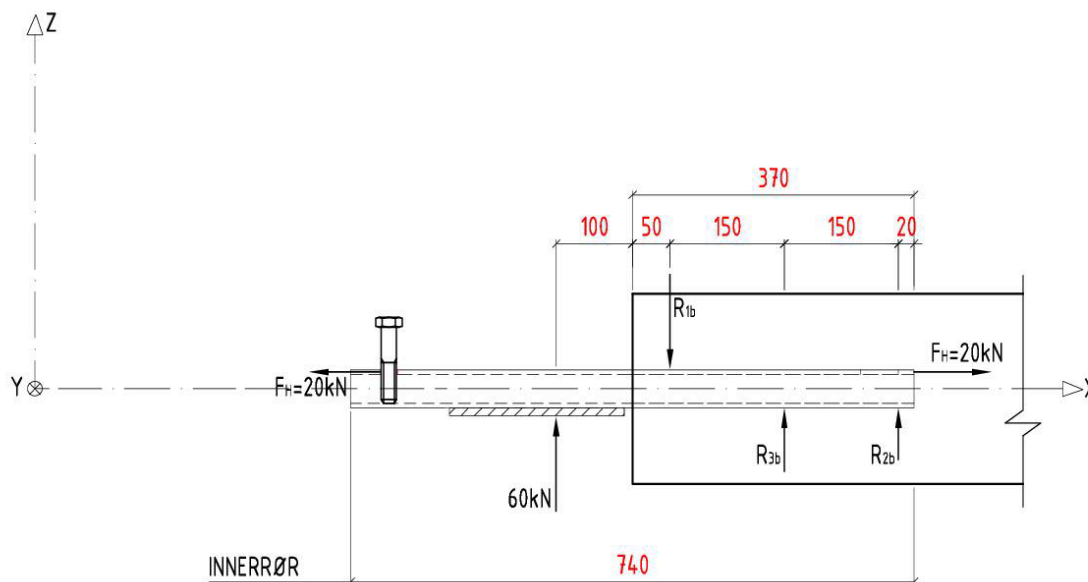


**Figur 7: Likevekt av ytterrør.**

Ytterrøret vil i denne situasjonen ha mindre belastning enn ved bruk av TSS eller balkongkasse. Det gjøres ingen nærmere beregning på krefter i de ulike armeringsposisjoner.

**Konklusjon armering:**  $\varnothing 12$  bøyler i alle posisjoner er tilstrekkelig. (Identisk armering som for komplett enhet)

## LIKEVEKT- INNERRØR



Figur 8: Likevekt av innerrør i balkong.

### Reaksjonskrefter i senter armering:

$$R_{1b, \text{maks}} = 60 \text{ kN} \times (100 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 150 \text{ mm}) / (150 \text{ mm}) = 120 \text{ kN}$$

$$R_{2b, \text{maks}} = 60 \text{ kN} \times (100 \text{ mm} + 50 \text{ mm}) / (150 \text{ mm} + 150 \text{ mm}) = 30 \text{ kN}$$

$$R_{3b, \text{maks}} = 60 \text{ kN} \times (100 \text{ mm} + 50 \text{ mm}) / 150 \text{ mm} = 60 \text{ kN}$$

### Konklusjon armering:

2ø12 bøylor for  $R_{1b}$

1ø12 bøyle for  $R_{2b}$

1ø12 bøyle for  $R_{3b}$

Innerrøret betraktes å fungere tilsvarende en TSS101. Forankringsarmeringen rundt innerrøret i balkongen anbefales derfor utformet på samme måte som gitt for TSS101. For anbefalte begrensinger på bruddlast i selve balkongen ved ulike tykkelser, minste hjørneavstand etc. henvises til Memo 55 for TSS 101.

# LIKEVEKT – STANDARD YTERRØR + INNERRØR MED STÅLVINKEL

## LASTER

Innerrør med stålvinkel rett veg:

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

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

Innerrør med stålvinkel opp-ned:

Bruddgrenselast vertikalt =  $F_V = 45\text{kN}$  med to avstivere på vinkel.

Bruddgrenselast vertikalt =  $F_V = 20\text{kN}$  uten avstivere på vinkel.

Bruddgrenselast horisontalt =  $F_H = 20\text{kN}$ . Både med og uten avstivere

## FORUTSETNINGER

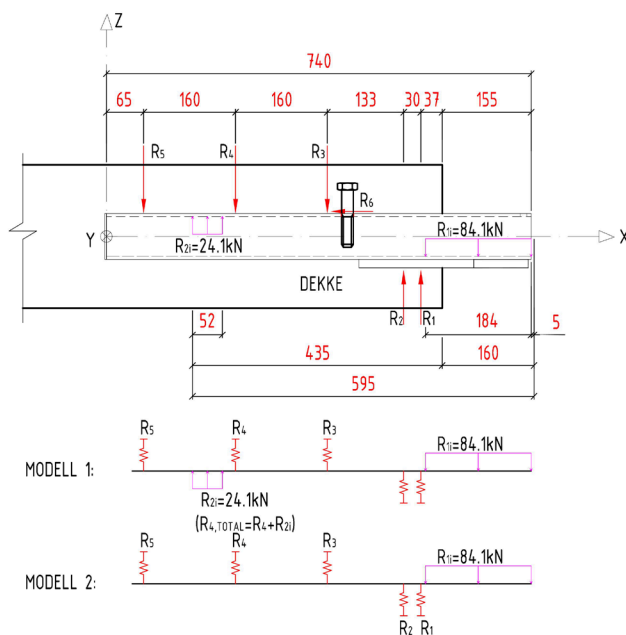
Se illustrasjoner i memo 701b.

## LIKEVEKT - INNERRØR M/STÅLVINKEL

Likevekt av innerrøret er beregnet etter samme prinsipp som vist for komplett enhet, men denne beregning gjengis ikke her.

## LIKEVEKT - YTERRØR

Figur 9 viser største laster på ytterrør fra innerrør m/stålvinkel.



Figur 9: Likevekt av ytterrør.

Beregning i FOKUS med samme forutsetninger på armering som for komplett enhet. Kreftene blir:

MODELL 1:

Resultater fra FOKUS:

$$R_1 = 75,1\text{kN.}$$

$$R_2 = 43,4\text{kN.}$$

$$R_3 = 15,4\text{kN.}$$

$$R_4 = 27,1\text{kN.}$$

$$R_5 = 15,4\text{kN.}$$

MODELL 2:

Resultater fra FOKUS:

$$R_1 = 74,3\text{kN.}$$

$$R_2 = 43,3\text{kN.}$$

$$R_3 = 11,6\text{kN.}$$

$$R_4 = 15,3\text{kN. } R_{4,TOTAL} = 15,3\text{kN} + 24,1\text{kN} = 39,4\text{kN}$$

$$R_5 = 6,1\text{kN.}$$

**Konklusjon armering:**  $\varnothing 12$  bøyle i alle posisjoner er tilstrekkelig. (Identisk armering som for komplett enhet)



## LIKEVEKT – STANDARD YTERRØR + INNERRØR MED STÅLVINKEL FOR OPPADRETTET LAST

### LASTER

Innerrør med stålvinkel for negativ last:

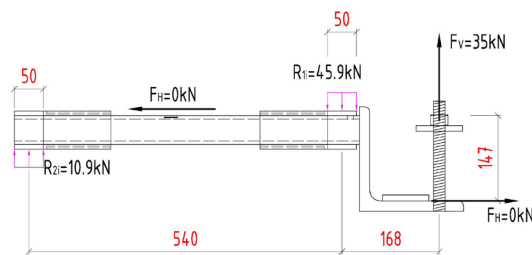
Bruddgrenselast vertikalt (løft oppover) =  $F_v = 35\text{kN}$ .

Bruddgrenselast horisontalt =  $F_H = 0\text{kN}$ .

### FORUTSETNINGER

Se illustrasjoner i memo 701b.

### LIKEVEKT - INNERRØR M/STÅLVINKEL FOR NEGATIV LAST



Figur 10: Likevekt av innerrør.

Likevekt innerrør gir: 
$$R_{2i} = \frac{F_v \times 168\text{mm} + F_H \times 147\text{mm}}{540\text{mm}} = \frac{35 \times 10^3 \times 168\text{mm} + 0 \times 10^3 \times 147\text{mm}}{540\text{mm}} = 10,9\text{kN}$$

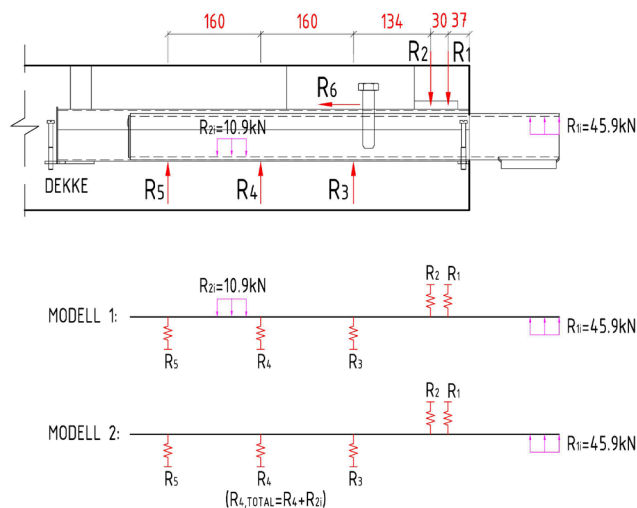
$$R_{1i} = 35\text{kN} + 10,9\text{kN} = 45,9\text{kN}$$

Jevnt fordelte krefter: 
$$r_{2i} = \frac{10900\text{N}}{50\text{mm}} = 218\text{N/mm}$$

$$r_{1i} = \frac{45900\text{N}}{50\text{mm}} = 918\text{N/mm}$$

## LIKEVEKT - YTERRØR

Figur 9 viser største laster på ytterrør fra innerrør m/stålvinkel.



Figur 11: Likevekt av ytterrør.

Beregning i FOKUS med samme forutsetninger på armering som for komplett enhet. Kraftene blir:

### MODELL 1:

Resultater fra FOKUS:

- $R_1 = 50,4\text{kN}$ .
- $R_2 = 26,6\text{kN}$ .
- $R_3 = 14,9\text{kN}$ .
- $R_4 = 18,5\text{kN}$ .
- $R_5 = 8,6\text{kN}$ .

### MODELL 2:

Resultater fra FOKUS:

- $R_1 = 50,0\text{kN}$ .
- $R_2 = 26,5\text{kN}$ .
- $R_3 = 13,2\text{kN}$ .
- $R_4 = 13,1\text{kN}$ .  $R_{4,TOTAL} = 13,1\text{kN} + 10,9\text{kN} = 24,0\text{kN}$
- $R_5 = 4,3\text{kN}$ .

**Konklusjon armering:**  $\varnothing 12$  bøyle i alle posisjoner er tilstrekkelig. (Identisk armering som for komplett enhet)

REVISJON	
Dato:	Beskrivelse:
15.05.2012	Første utgave.
09.07.2014	Inkludert løsning med stålvinkel på innerrør. Justert lengde pålimt gummi alle enheter.
12.02.2015	Forbedret oppløsning på figurer.
08.01.2016	Inkludert merknad om duktilitetsklasse armering. Endret tabell 1
15.04.2016	Endret benevnelse på BWC-55-740-light til BWC 55 light.
18.05.2016	Ny mal
22.09.2016	Korrigert tittelfelt
04.06.2019	Inkludert enhet for oppadrettet last.
09.11.2020	Inkludert TSS 60P. Inkl. beregning av krefter i armering i balkong ved uttrekt innerrør. Små justeringer krefter i armering.