

Statens vegvesen

NOTAT

Til: **Thomas Hauan Lamo**

Kopi: Per Olav Berg, Stig Lillevik, Ine Gressetvold

Oppdrag:	Rv. 706 Marienborgtunnelen		
Oppdragsgiver:	Statens vegvesen Region midt	Dato:	24.09.2018
Planfase:	D/V	Geot. kategori:	-
Kommune:	Trondheim	Vegnr:	Rv. 706
UTM 33 ref:	N7041590, Ø268730	Profil: 2 330	Ant. vedlegg: 4
Utarbeidet av:	Anders Aal	Sign.:	
Kontrollert av:	Stig Lillevik	Sign.:	

Rv. 706 Marienborgtunnelen Sikring ved profil 2 330, etter nedfall.

BAKGRUNN

I 2016/2017 ble det gjennomført hovedinspeksjon av berg- og bergsikring i rv. 706 Marienborgtunnelen og Steinberg tunnelen. Under inspeksjonen ble det observert nedfall av bergmasse og sprøytebetong ved profil 2 330, venstre side. Utrasningen har skjedd fra veggen og det er et volum på omtrent 2 m³ bergmasse som har rast ut, med et omtrentlig areal på 5 m².

I inspeksjonsrapporten fra hovedettersynet ble det foreslått sikringstiltak. Det ble da anbefalt sikring med fiberarmert sprøytebetong og bolter. I dette notatet er det sett på alternativt sikringstiltak i form av utstøpning med betong som forankres med sikringsbolter, da sikring med sprøytebetong vil være utfordrende med hensyn på arbeidsforhold bak hvelvet.

OBSERVASJONER OG ANALYSER

Det er gjennomført laboratorieanalyse av det nedraste materiale for å undersøke for svellende egenskaper. Analysene viser at det er svellende materiale med frissvelling 170 % (meget aktiv svelleleire), mens svelletrykket målt i ødometer er 0,15 MPa, dvs. middels svelletrykk.

Sprøytebetongtykkelsen inn mot sårkanten varierer fra ca. 6 til 10 cm. Det er ikke registrert deformasjoner/oppsprekking utover sprekk i sprøytebetong direkte i tilknytning til utrasningen.

VURDERINGER OG TILTAK

Til sikring av tunnelveggen i det utraste partiet anbefales utstøpning med betong forankret med 6 stk. fullt innstøpte kamstålbolter/sikringsbolter, diameter 20 mm, lengde 3 m, se vedlegg 03, tegning K01 og foto 1. Ca. omfang av utstøpning er $H \times B = 2,75 \text{ m} \times 3 \text{ m} \sim 8\text{--}9 \text{ m}^2$ støp, mengde betong anslås til 5 m^3 . Tilkomst til stedet er via luke i nødkiosk ca. 30 m fra utrasningen. Som arbeidssikring bør såret renskes over forsiktig med spett/krafse før arbeidet starter opp. Det er utarbeidet et beregningsnotat for utstøpningen vedlegg 01. Utstøpningen armeres iht. tegning K01 og bøyeliste vedlegg 02. Før forskalingen bygges må utrast bergmasse/sprøytebetong spres på sålen til siden for nedfallet. Entreprenøren er ansvarlig for å sikre forskalingen under støp. Sikringsbolter kan inngå som en del av sikring av forskaling.

Boltehullene til sikringsboltene må bores gjennom veggelementene. Dimensjon av borkrone kan være 38 mm eller større, men det bør tilstrebes så liten dimensjon som mulig. Hullene bores med egnet boreutstyr for ansett på veggelementene. For å redusere støv bør det bores med vann. Hull skal ikke bores nærmere enn 0,5 m fra elementskjøtene. Etter at boltene er montert tettes hullene i elementene med reparasjonsmørtel. Etter at støpen er tilstrekkelig herdet rives forskalingen og sikringsboltene forspennes til 50 kN.

Inntil sikring er utført anbefales det at partiet holdes under fortsatt oppsikt ca. hver annen måned.



Foto 1: Profil 2330. Bergmasser og sprøytebetongflak på sålen. Utrast parti innenfor rød strek. Veggstøp innenfor gul stiplet strek.

VEDLEGG

Vedlegg 1: Beregningsnotat Rv. 706 Marienborgtunnelen, Mur, datert 20.09.2018

Vedlegg 2: Marienborgtunnelen. Bøyeliste for: Mur, datert 20.09.2018

Vedlegg 3: Prinsippskisser utstøpning figur 01 - 04

TEGNING

K01 – Rv. 706 Marienborgtunnelen Mur



Statens vegvesen

Beregningsnotat

Rv. 706 Marienborgtunnelen

Mur

Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Prosjekt: Rv. 706 Marienborgtunnelen					Revisjon

 Statens vegvesen	Rv. 706 Marienborgtunnelen	SIDE	1
	Mur	DATO	20.09.2018
Bru- og ferjekaiseksjonen RM		SIGN.	iraurd

INNHALDSFORTEGNELSE

1	OPPSUMMERING.....	2
2	GEOMETRI.....	2
3	MATERIALER.....	3
4	DIMENSJONERING	4
4.1	Minimumsarmering:	4
4.2	Sikringsbolter	4
4.2.1	Beregning av trykkapasitet og spaltestrekk.....	4
4.2.2	Kontroll av gjennomlokking	6

 Statens vegvesen	Rv. 706 Marienborgtunnelen	SIDE	2
	Mur	DATO	20.09.2018
Bru- og ferjekaiseksjonen RM		SIGN.	iraurd

1 Oppsummering

Hovedinspeksjon av Marienborgtunnelen har avdekket utrasing av bergmasser og sprøytebetong. Det er ca. 2 m³ bergmasse over et omtrentlig areal på 5 m² som har rast ut.

Som sikringstiltak er det besluttet å støpe en betongvegg som forankres i berget med sikringsbolter. Boltene har en forspenningskraft på 50 kN.

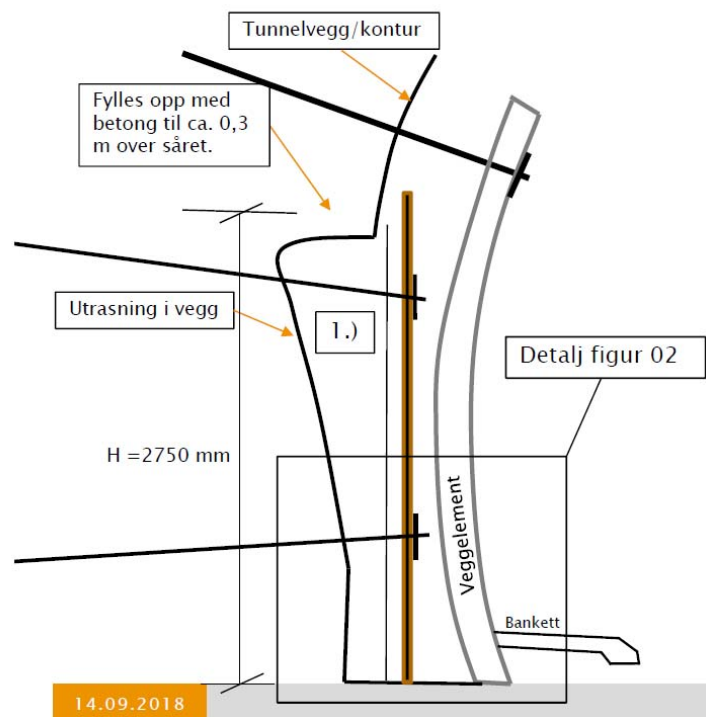
Muren armeres med minimumsarmering ø12c150 horisontalt og vertikalt i begge retninger. I områder hvor veggens tykkelse større enn 400 mm legges ekstra armeringsnett K131 inntil bergvegg.

2 Geometri

Det er anbefalt utstøping med betong forankret med 6 stk. fullt innstøpte kamstålbolter/sikringsbolter, diameter 20 mm, lengde 3 m.

Ca. omfang av utstøping er $H \times B = 2,75 \text{ m} \times 3 \text{ m} \approx 8\text{-}9 \text{ m}^2$ støp. Mengde betong er anslått til 5 m³. Betongveggen skal ha minimum tykkelse 0,3 meter.

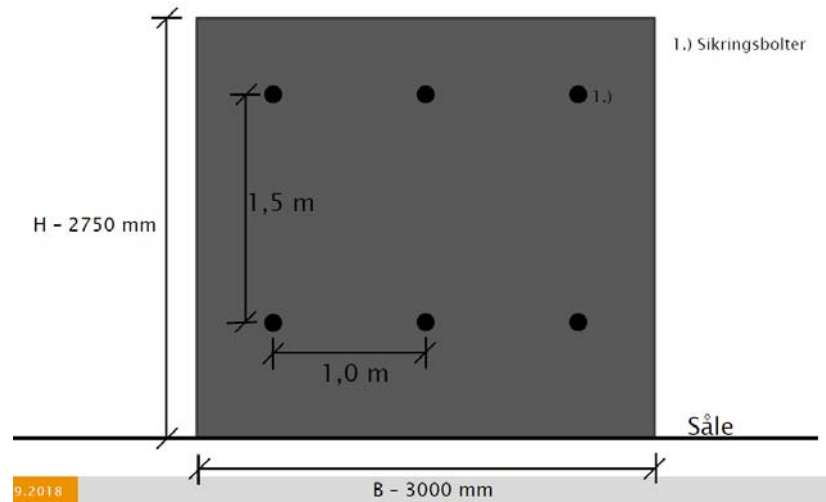
Figur 1 og Figur 2 viser prinsippskisse for utforming av ny vegg med sikringsbolter som støpes inn mot berg bak veggelementet. Sikringsboltene skal plasseres minst 0,5 meter fra elementskjøt. Forankringsplater til sikringsbolter er sirkulære med diameter 200 mm.



Figur 1 Prinsippskisse

Vedlegg 1

 Statens vegvesen	Rv. 706 Marienborgtunnelen	SIDE	3
	Mur	DATO	20.09.2018
Bru- og ferjekaiseksjonen RM		SIGN.	iraurd



Figur 2 Prinsippskisse front vegg

3 Materialer

Det forutsettes betongkvalitet B45 SV-Standard og armeringskvalitet B500NC.

Materialparametere betong:

- Sylindertrykkfasthet: $f_{ck} = 45 \text{ MPa}$
- Midlere trykkfasthet: $f_{cm} = 53 \text{ MPa}$
- Midlere strekkfasthet: $f_{ctm} = 3,8 \text{ MPa}$
- Materialfaktor: $\gamma_b = 1,5$

Materialparametere armering:

- Flytegrense: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- Materialfaktor: $\gamma_s = 1,15$

 Statens vegvesen	Rv. 706 Marienborgtunnelen	SIDE	4
	Mur	DATO	20.09.2018
Bru- og ferjekaiseksjonen RM		SIGN.	iraurd

4 Dimensjonering

Det legges minimumsarmering i muren, og gjøres en enkel kontroll i områdene rundt sikringsboltene.

4.1 Minimumsarmering:

For vegger som hovedsakelig er påkjent av bøyning ut av planet, gjelder regler for minimumsarmering for plater. Minimumsarmering beregnes etter EK2, NA.9.2.1.1(1):

$$A_{smin} = 0,26 \times (f_{ctm}/f_{yk}) \times b_t \times d \geq 0,0013 \times b_t \times d$$

Forutsetter platetykkelse 500 mm ved beregning av minimumsarmering.

$$d = 500 - 75 - 10 = 415 \text{ mm}$$

$$A_{smin} = 0,26 \times (3,8/500) \times 1000 \times 415 \geq 0,0013 \times 1000 \times 415$$

$$A_{smin} = 820 \text{ mm}^2/\text{m} \geq 540 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Legger $\phi 12$ c150 ($A_s = 754 \text{ mm}^2/\text{m}$) vertikalt og horisontalt begge sider i en tenkt vegg på 300 mm. I Områder hvor veggen har totaltykkelse større enn 400 mm legges armeringsnett inn mot fjellveggen.

4.2 Sikringsbolter

4.2.1 Beregning av trykkapasitet og spaltestrekk

Sikringsboltene har forankringsplater med dimensjon $\phi 200$.

Inndata:

Forspenningskraft bolt	$F_{kar} := 50 \text{ kN}$
Lastfaktor	$\zeta := 1.1$
Dimensjonerende forspenningskraft bolt	$F_b := F_{kar} \cdot \zeta = 55 \cdot \text{kN}$
Dimensjonerende trykkfasthet betong	$f_{cd} := 25.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Dimensjonerende fasthet armering	$f_{sd} := 250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

 Statens vegvesen	Rv. 706 Marienborgtunnelen	SIDE	5
	Mur	DATO	20.09.2018
Bru- og ferjekaiseksjonen RM		SIGN.	iraurd

Beregning av trykkapasitet EK2, pkt. 6.7:

Innspenningsplate for bolter er sirkulære med diameter $\varnothing 200\text{mm}$.

Diameter belastningsflate $D_{c0} := 200\text{mm}$

Diameter fordelingsflate $D_{c1} := 3 \cdot D_{c0} = 600\text{mm}$

Belastningsflate $A_{c0} := \pi \cdot \left(\frac{D_{c0}}{2} \right)^2 = 31415.927 \cdot \text{mm}^2$

Fordelingsflate $A_{c1} := \pi \cdot \left(\frac{D_{c1}}{2} \right)^2 = 282743.339 \cdot \text{mm}^2$

Trykkapasitet $F_{cd} := \min \left(A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}}, 3 \cdot A_{c0} \cdot f_{cd} \right) = 2403.318 \cdot \text{kN}$

Utnyttelsesgrad trykkapasitet $u := \frac{F_b}{F_{cd}} = 0.023$

Trykkapasiteten er ok.

Beregning av spaltestrekkarmering:

Strekkrefter under lager beregnes i henhold til NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 kap.6.5.

ULS-STR

Beregner strekkstav etter formelen for begrenset trykkutbredelse (delvis diskontinuitet). Uttrykk 6.58, Figur 6.25a.

Strekkstav $S_h := 0.25 \cdot F_b \cdot \left(1 - \frac{D_{c0}}{D_{c1}} \right) = 9.167 \cdot \text{kN}$

Nødvendig tverrestrekkarmering $A_s := \frac{S_h}{f_{sd}} = 36.667 \cdot \text{mm}^2$

Diameter armering $\varnothing := 12\text{mm}$

Antall jern i hver retning $n := \frac{A_s}{\pi \cdot \left(\frac{\varnothing}{2} \right)^2} = 0.324$

Armeringsbehovet pga. spaltestrekk er lite, legger dermed ikke inn ekstra armering.

 Statens vegvesen	Rv. 706 Marienborgtunnelen	SIDE	6
	Mur	DATO	20.09.2018
Bru- og ferjekaiseksjonen RM		SIGN.	iraurd

4.2.2 Kontroll av gjennomlokking

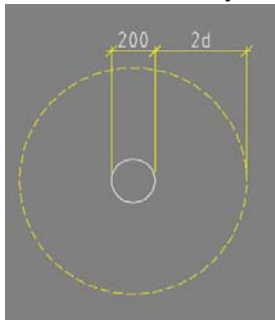
Dimensjonerende skjærspenning:

$$d_y = 300 - 75 - 7,5 = 217,5 \text{ mm}$$

$$d_x = 300 - 75 - 15 - 7,5 = 202,5 \text{ mm}$$

$$d_{\text{middel}} = (217,5 + 202,5)/2 = 210 \text{ mm}$$

Kontrollsnitt for skjærstrekkspenning er 2d ut fra lastflaten



$$v_{Ed} = V_{Ed}/u_1 \cdot d = 1,1 \cdot 50 \cdot 10^3 / (3267 \cdot 210) = 0,08 \text{ MPa}$$

Skjærstrekkkapasitet:

$$A_{sx} = A_{sy} = 753 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\rho = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} = \sqrt{(A_{sx}/b \cdot d_x) \cdot (A_{sy}/b \cdot d_y)}$$

$$\rho = \sqrt{(753/1000 \cdot 202,5) \cdot (753/1000 \cdot 217,5)} = 0,0036$$

$$C_{Rd,c} = k_2/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{210}} = 1,98$$

$$v_{\min} = 0,0035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,0035 \cdot 1,98^{2/3} \cdot 45^{1/2} = 0,037$$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k(100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3} \geq v_{\min}$$

$$V_{Rd,c} = 0,12 \cdot 1,98(100 \cdot 0,0036 \cdot 45)^{1/3} = 0,6 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} < V_{Rd,c} \quad \text{Kapasiteten er ok.}$$



Statens vegvesen

Marienborgtunnelen

Bøyelisteside	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15	P 16	P 17	P 18	P 19
Revisjon										

Rev.	Dato	Beskrivelse
------	------	-------------

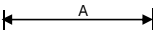
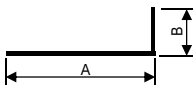
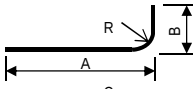
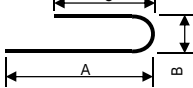
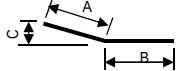
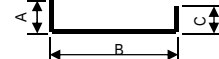
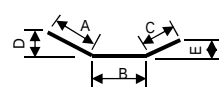
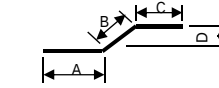
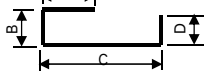
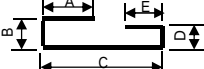
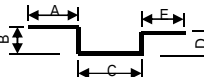
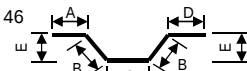
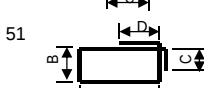
Bøyeliste for:
Mur

Mur

SUMMASJON BØYELISTER

SUMMASJON PR.		20.09.2018										
SIDE	REV.	Ø5	Ø6	Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32	Ø40
P 10				71		242						
P 11												
P 12												
P 13												
P 14												
P 15												
P 16												
P 17												
P 18												
P 19												
SUM lengde [lm].				71		242						
SUM vekt [tonn]				0,0		0,2						

TOTAL lengde 313 lm
TOTAL vekt 0,2 tonn

BØYELISTE					PROSJEKT: Marienborgtunnelen					PROSJEKTNR.		BØYELISTE SIDE		REV.	
 Statens vegvesen					KONSTRUKSJON					REF. TEGN.		REV. DATO		REV. AV	
					ELEMENT Mur					STÅLKVALITET B500NC		UTARB. DATO 20.09.2018		UTARB. AV IRAURD	
BØYEFORMER ETTER NS 8332					DOK. NR.					KONTR. AV					
KODE 0  KODE 11  KODE 12  KODE 13  KODE 15  KODE 21  KODE 25  KODE 26  KODE 31  KODE 33  KODE 41  KODE 44  KODE 46  KODE 51  KODE 67  KODE 77 															
POS. NR.	DIAM. [MM]	LENGDE HVER STANG [M]	ANTALL	TOTAL LENGDE [M]	FORM-KODE		DOR DIAM. [MM]	A [MM]	B [MM]	C [MM]	D [MM]	E [MM]	R [MM]	MERKNAD	REV.
P 100															
P 101	12	LM		242	0										
P 102	8	0,95	20	19	99	412		415	151	400	15				
P 103	8	0,93	20	19	21		20	400	150	400					
P 104	8	0,90	36	33	21		20	400	120	400					
P 105	5													Gjelder armeringsnett K131. Behov og mengde vurderes etter oppmåling.	
P 106															
P 107															
P 108															
P 109															

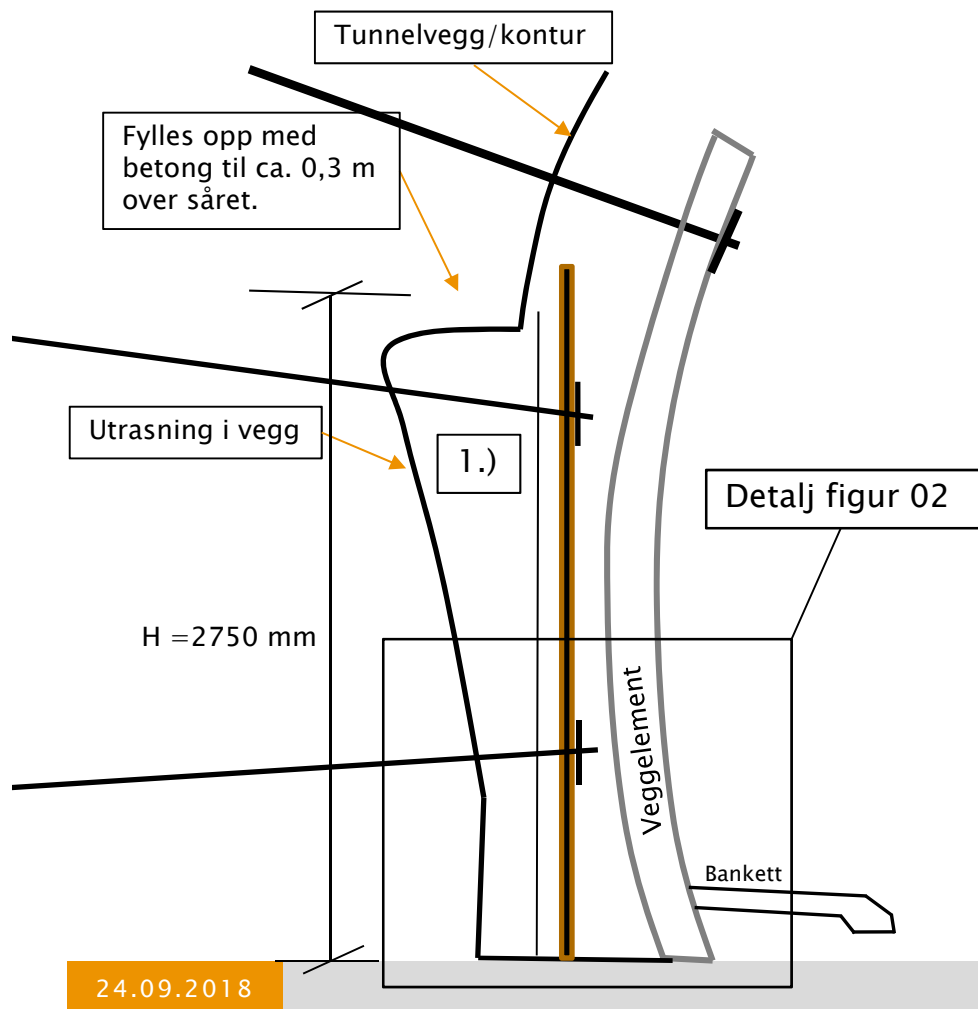
UTFØRELSE SKAL VÆRE I HENHOLD TIL NS-EN 13670+NA

SUM SIDE	Ø5	Ø6	Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32	Ø40
LENGDE [M]			71		242						
VEKT [TONN]			0,03		0,21						



Rv. 706 Marienborgtunnelen

Figur 01 – Prinsippskisse utstøpning vegg profil 2330 –Snitt

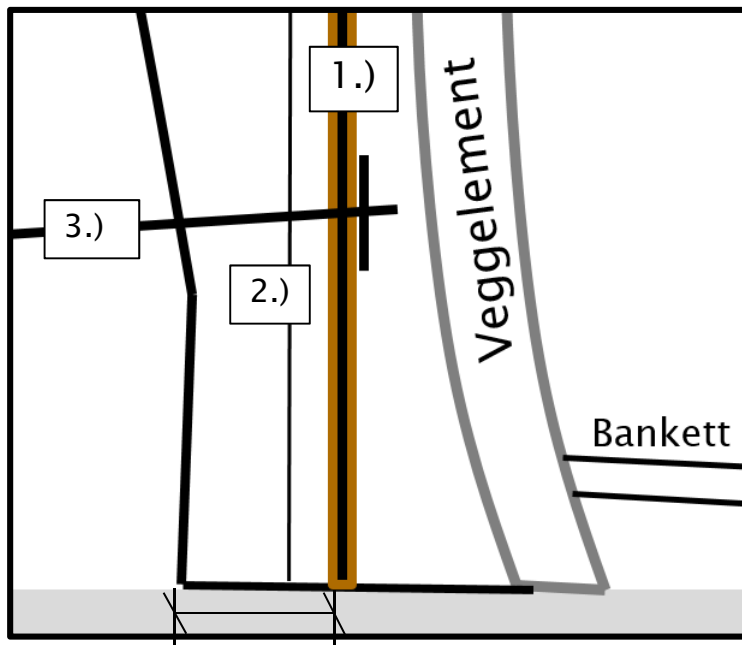


1.)
Betongkvalitet B45 SV-standard,
armeringskvalitet B500NC



Rv. 706 Marienborgtunnelen

Figur 02 – Prinsippskisse utstøpning vegg profil 2 330 – snitt/detalj



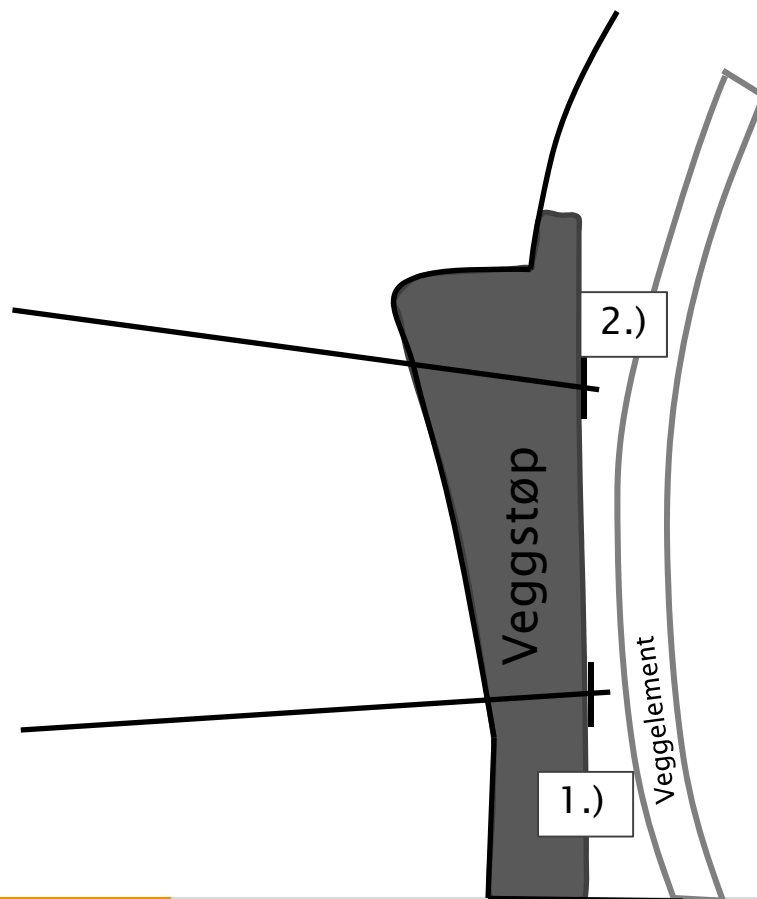
B = min 300 mm

- 1.) Forskaling, sikringsbolter kan inngå i sikring av forskaling 3.).
- 2.) Armering iht. bøyeliste og tegning K01.
- 3.) Fullt innstøpte kamstålbolter, diameter 20 mm, lengde 3 m, 2 stk bolter pr.rast. Boltehull bores gjennom veggelementene. Boring skal utføres vinkelrett på elementveggen. Det bør bores med vann. Det skal ikke bores boltehull nærmere enn 0,5 m fra elementskjøt. Borehull i elementer skal tettes med reparasjonsmørtel når boltene er montert.



Rv. 706 Marienborgtunnelen

Figur 03 – Prinsippskisse utstøpning vegg profil 2330 – snitt ferdig støp



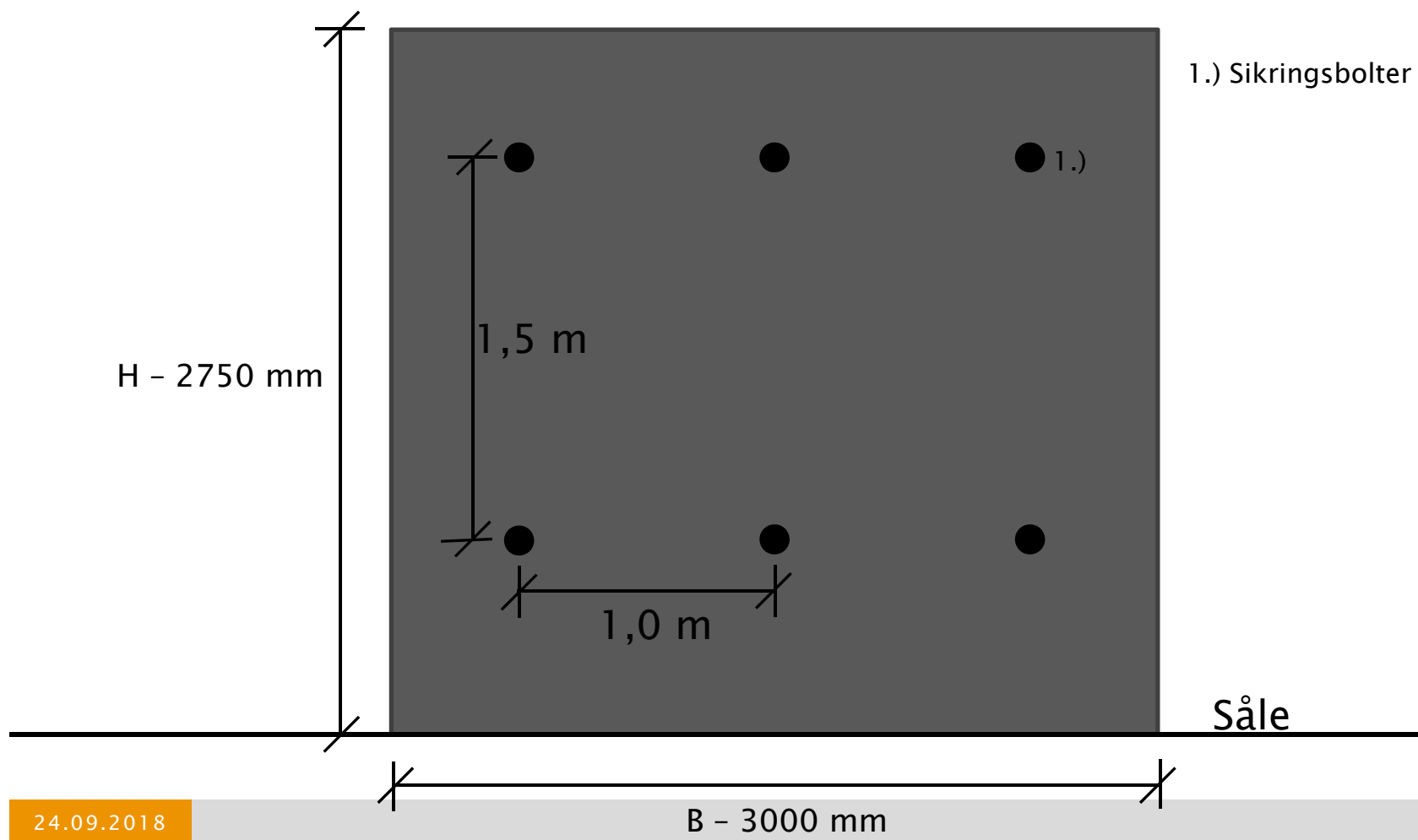
1.) Forskaling rives etter at betongen har fått tilstrekkelig fasthet.

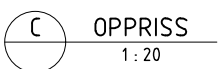
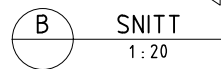
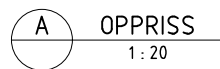
2.) Bolteskiver forspennes til 50 kN mot utstøpningen.



Rv. 706 Marienborgtunnelen

Figur 04 – Prinsippskisse utstøpning vegg profil 2330 – oppriss ferdig støp





D SNITT
1 : 20

Revisjon	Revisjonen gjelder	Uttak	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Statens vegvesen		Tegningsdato		20.09.2018	
		Bestiller		Anders Aal	
		Produsert for		Region midt	
Rv. 706 Marienbergstunnelen Mur		Produsert av Bru- og ferjekalseksjonen RM			
		Prosjektnummer			
		PROF -nummer			
		Arkivreferanse			
		Byggverksnummer		15-3062	
		Målestokk A1		som vist	
Uttarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv		
iraud	ioarnt	iraud			
			Tegningsnummer i revisjonsboksnavn		K01