

# Beregning av tørrmur Test prosjekt

Revisjon: \*\*

Dato: 09.08.2022 10:22:02

Utført av: \*\*

Kontrollert av: \*\*

# 1. Innledning

## 1.1 Prosjekt beskrivelse

## 1.2 Generelt

Murene fundamenteres direkte på løsmasser

Konsekvensklasse: *CC2 Alvorlig*

Bruddmekanisme: *Nøytralt brudd*

Materialfaktor: *1,4*

## 1.3 Dimensjoneringsgrunnlag

### 1.3.1 Generelle SVV dokumenter

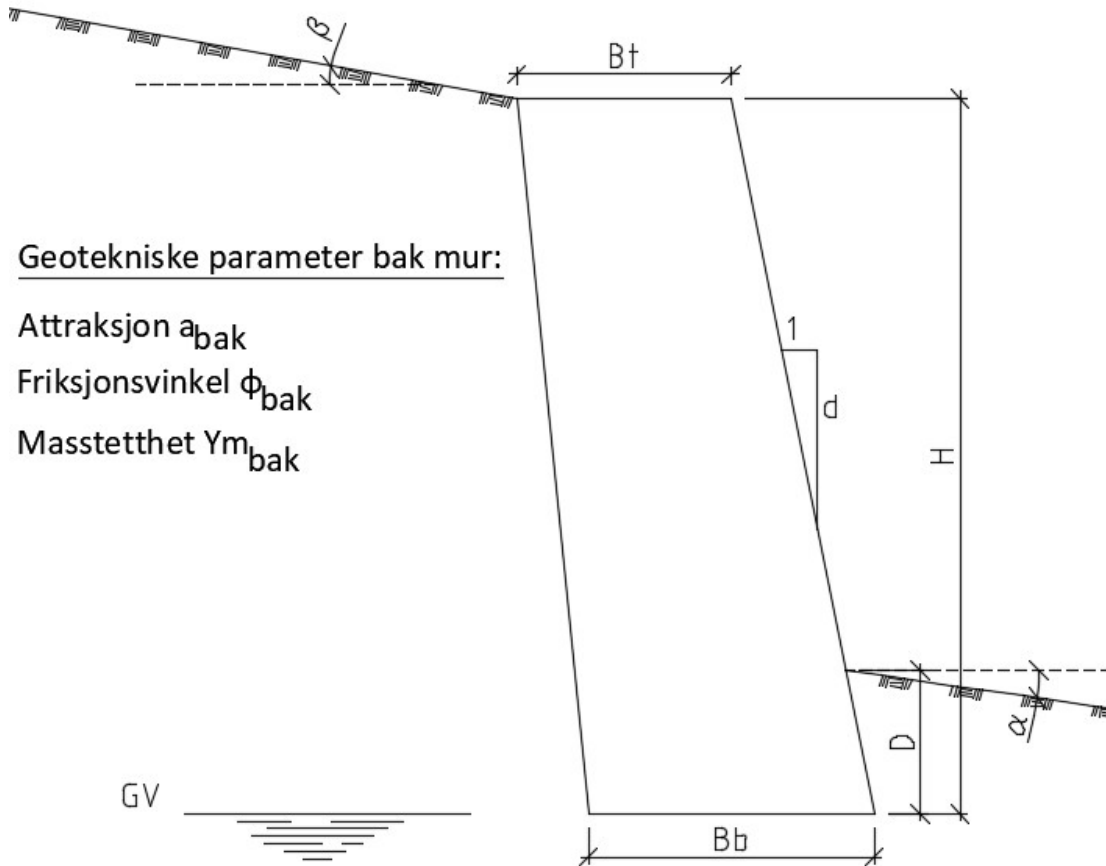
- V220 Geoteknikk i vegbygging (2010)
- Forskrift for trafikklast på bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner i det offentlige vegnettet (Lovdata)

### 1.3.2 Andre generelle dokumenter

- NS-EN 1990:2002 + NA:2008. Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner NS-EN 1990:2002/A1:2005 + NA:2010. Endringsblad A1
- NS-EN 1997-1:2004 + A1:2013 + NA: 2020. Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler

## 1.4 Statiske beregninger

Tørrmuren er beregnet i et program av JET AS. I programmet er det mulig å gi inn flere tverrsnitt med geometri av tørrmur, med parametere som vist under:



Geotekniske parameter bak mur:

Attraksjon  $a_{\text{bak}}$

Friksjonsvinkel  $\phi_{\text{bak}}$

Masstetthet  $Y_{m_{\text{bak}}}$

Geotekniske parameter under mur:

Attraksjon  $a_{\text{under}}$

Friksjonsvinkel  $\phi_{\text{under}}$

Masstetthet  $Y_{m_{\text{under}}}$

## 1.5 Verifisering av beregninger

I denne rapporten er ikke detaljerte utregninger vist. Rapporten viser del utregninger slik at beregninger kan sjekkes, beregnings metodikken er basert på statikk, håndbok V220 og geotekniske fagbøker.

## 2 Laster

### 2.1 Lastfaktorer

Det benyttes følgende lastfaktorer:

Lastfaktor	ULS
Lastfaktor for egenvekt mur	1.00
Lastfaktor for egenvekt jord	1.00
Lastfaktor for Nyttelast på fylling $Q_k$	1,35
Lastfaktor for Nyttelast på fylling $q_k$	1,3
Lastfaktor for $F_v$	1,5
Lastfaktor for $F_h$	1,5
Lastfaktor for $M_t$	1,5

### 2.2 Egenlaster

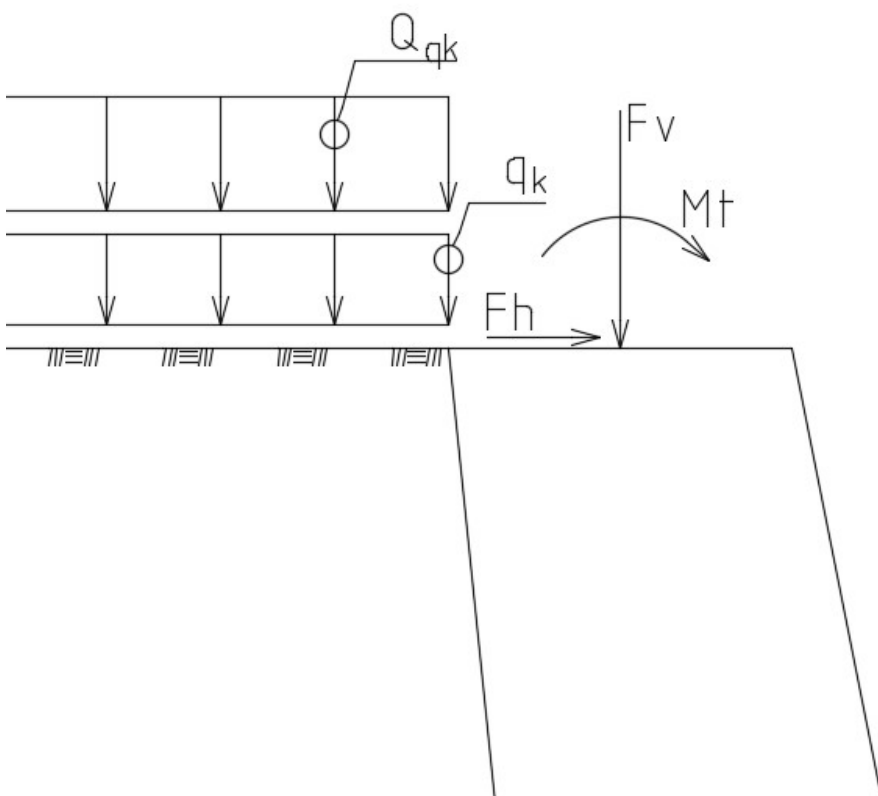
Egenlaster fra tørrmur genereres automatisk i programmet ut fra geometrien. Tyngdetetthet for tørrmur er satt til 22 kN/m<sup>3</sup>.

### 2.3 Geotekniske laster

Horisontale jordtrykkskoeffisienter beregnes automatisk i programmet ut fra type masser og helning på masser. Det brukes aktivt trykk for beregning av tørrmur iht V220. Jordtrykk koeffisient reduseres med  $K_{kor}$  hvis helning på mur i bakkant tillater det. Det er i henhold til kap 5.2.3 i V220.

### 2.4 Laster

Laster på og bak mur er satt på som vist på skisse under:



## 3 Beregning av snitt

### 3.1 Oppsummerte resultater

De følgende kapitlene viser beregninger av tørrmursnittene. Under vises en oppsummering av resultater:

<b>Nr</b>	<b>Høyde [m]</b>	<b>Utnyttelse bæreevne qv/Ov</b>	<b>Utnyttelse ruhet rb/rbmaks</b>	<b>Eksentrisitet</b>
1	7	0.6	0.72	Muren lener seg mot bakfyll, ny ruhet bør vurderes
2	7	0.71	0.9	Eksentrisitet ok

Beregninger for alle snitt er vist i etterfølgende delkapittel.

## 3.2 Beregning av snitt 1

### 3.2.1 Geometri

Geometrien til det beregnede snittet er gitt i tabellen under:

Høyde [m]	Bredde topp: Btopp[m]	Bredde bunn: Bbunn [m]	Helning : d [m]
7	1.3	2	3

### 3.2.2 Jordkonfigurasjon under og bak mur

Tabellen under gir hvilke geotekniske parametere som er beregnet på snittet:

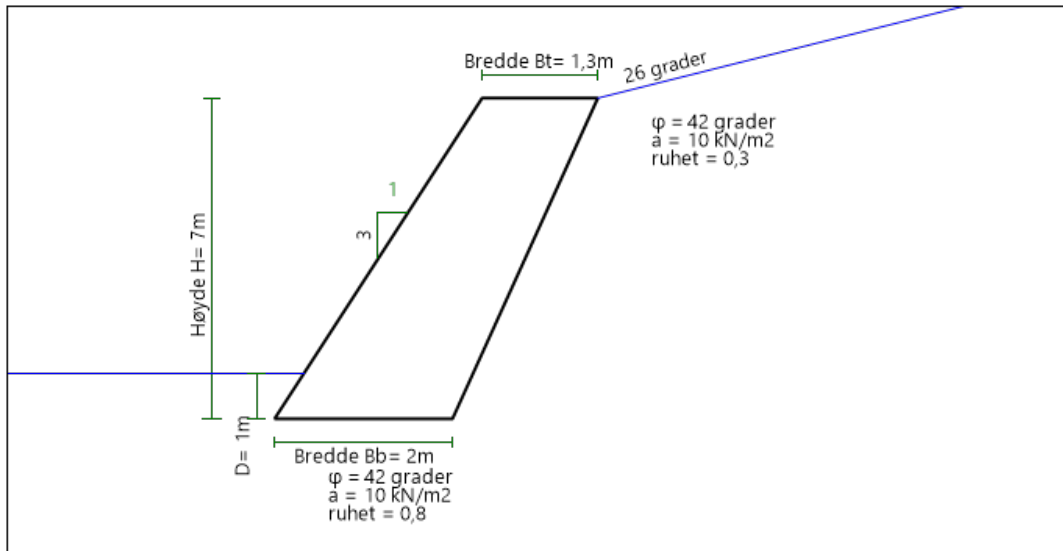
Masser under:

Attraksjon under	Friksjonsvinkel under	Tyngdetetthet på masser under [kN/m <sup>3</sup> ]	Høyde på jord foran mur [m]	Høyde på grunnvann ift. bunn mur [m]	Helning på terreng foran mur[grader]
10	42	19	1	0	0

Masser bak:

Attraksjon bak mur	Friksjonsvinkel bak mur	Tyngdetetthet på masser bak mur [kN/m <sup>3</sup> ]	Helning på terreng bak mur [grader]
10	42	19	26

### Geometri og jordparameter



### 3.2.3 Lastkonfigurasjon på mur

Lastene som er satt på snittet er gitt i tabellen under:

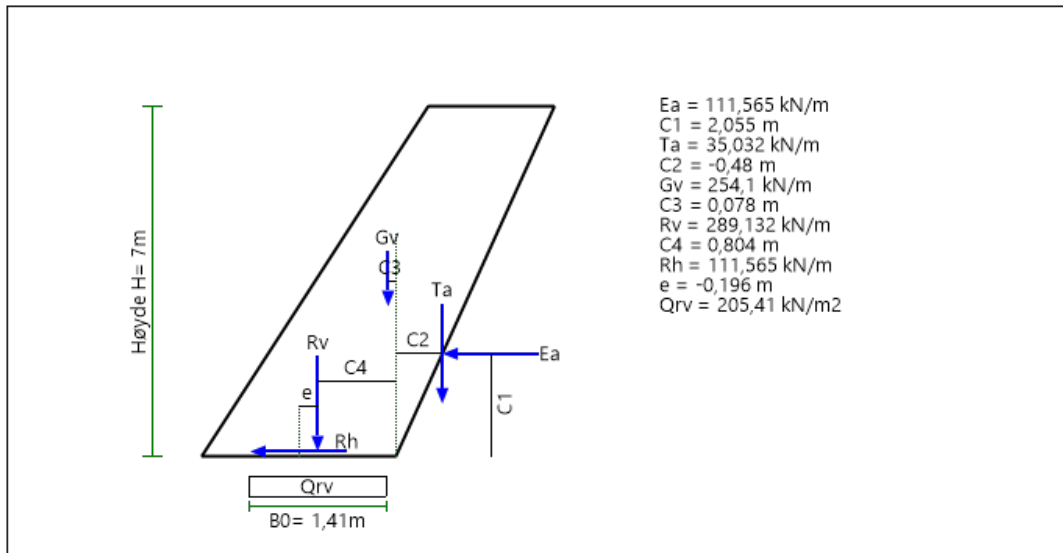
Vertikal last $F_v$ [kN]	Horisontal last $F_h$ [kN]	Moment $M_t$ [kNm]	Jevnt fordelt last $q_k$ [kN/m]	Jevnt fordelt last $Q_{qk}$ [kN/m]
0	0	0	5	0

### 3.2.4 Geotekniske resultater

For snittet er det beregnet en jordtrykks koeffisient  $K_a = 0,417$  Resulterende jordtrykks koeffisient med fall på bakenliggende terreng er regnet til:  $K_{a\text{korr}} = 0,309$

Et bilde av geotekniske resultat og krefter er vist under:

### Krefter på mur



Forklaring på verdier:

Type verdier	Forklaring
$E_a$	Horisontalt trykk fra masser
$C_1$	Avstand til $E_a$ fra bunn mur
$T_a$	Vertikalt skjærtrykk fra masser
$C_2$	Horisontal avstand til $T_a$
$G_v$	Vertikal last fra mur
$C_3$	Avstand til $G_v$ fra bunn mur
$R_v$	Resulterende vertikal last
$C_4$	Horisontal avstand til $R_v$
$R_h$	Resulterende horisontal last
$e$	eksentrisitet resulterende grunntrykk
$Q_{rv}$	Resulterende grunntrykk

For bæreevne bruker vi ligning:

$$\sigma_v = f_{sq} * (N_q * p' + 1/2 * N_y * \gamma'_{\text{under}} * B_0) + (N_q * f_{sa} - 1) * a$$

$$f_{sq} = (1 - 0.55 \tan \alpha)^5 = 1 ; f_{sa} = e^{-2 \beta * \tan \phi_d} = 1$$

$$N_q = 10,67 ; N_y = 6,44$$

$$p' = 19 \text{ kN/m}^3 ; \gamma'_{\text{under}} = 9 \text{ kN/m}^3$$

For sjekk av glidning bruker vi ligning:

$$r_b = R_h / ((B_0 * a + R_v) * \tan \phi_d) = 0,57$$

$$r_b < r_{\text{maks}} = 0,8$$

I tabellen under er de geotekniske resultatene for bruddgrense(ULS) :

Verdi på jordtrykkskoeffisient	Effektiv bredde $B_0$ [m]	Opptredende grunntrykk $Q_{rv}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Tillatt grunntrykk $O_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Utnyttelse grunntrykk	Ruhet i ULS $r_b$	Maks tillatt ruhet i ULS $r_{\text{maks}}$	Utnyttelse ruhet	Sjekk eksentrisitet
0.309	1.408	205.41	340.16	0.6	0.572	0.8	0.72	Muren lener seg mot bakfyll, ny ruhet bør vurderes

### 3.2.5 Sjekk av skift

Det er sjekket 10 snitt langs høyden på muren.

Nr	Høyde [m]	B Bredder på skift [m]	Rh Horisontalkraft	Rv vertikalkraft	Rh/Rv	e Eksentrisitet	e/B	Status
1	0.7	1.37	0	21.53	0	-0.169	0.124	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
2	1.4	1.44	0.94	45.08	0.021	-0.227	0.158	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
3	2.1	1.51	4.7	69.87	0.067	-0.302	0.2	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
4	2.8	1.58	11.33	96.29	0.118	-0.351	0.222	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
5	3.5	1.65	20.85	124.35	0.168	-0.375	0.228	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
6	4.2	1.72	33.24	154.04	0.216	-0.378	0.22	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
7	4.9	1.79	48.51	185.36	0.262	-0.359	0.201	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
8	5.6	1.86	66.65	218.32	0.305	-0.322	0.173	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
9	6.3	1.93	87.67	252.91	0.347	-0.267	0.138	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5

Forhold mellom Rh/Rv må vurderes opp aktuell friksjonskoeffisient.

Eksentrisitet måles ut fra senter bredde på skift. Negativ eksentrisitet vil si at resultant ligger mot masser i forhold til senter bredde på stein. Positiv eksentrisitet vil si at resultant ligger mot luftside i forhold til senter bredde på stein.

## 3.3 Beregning av snitt 2

### 3.3.1 Geometri

Geometrien til det beregnede snittet er gitt i tabellen under:

Høyde [m]	Bredde topp: Btopp[m]	Bredde bunn: Bbunn [m]	Helning : d [m]
7	0.9	1.6	3

### 3.3.2 Jordkonfigurasjon under og bak mur

Tabellen under gir hvilke geotekniske parametere som er beregnet på snittet:

Masser under:

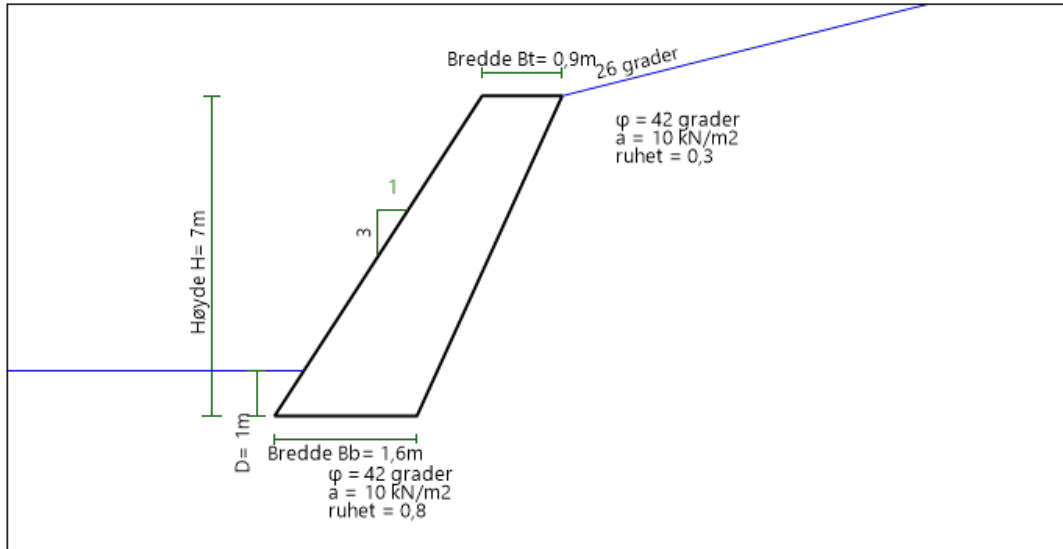
Attraksjon under	Friksjonsvinkel under	Tyngdetetthet på masser under [kN/m <sup>3</sup> ]	Høyde på jord foran mur [m]	Høyde på grunnvann ift. bunn mur [m]	Helning på terreng foran mur[grader]
10	42	19	1	0	0

Masser bak:

Attraksjon bak mur	Friksjonsvinkel bak mur	Tyngdetetthet på masser bak mur [kN/m <sup>3</sup> ]	Helning på terreng bak mur [grader]
10	42	19	26



## Geometri og jordparameter



### 3.3.3 Lastkonfigurasjon på mur

Lastene som er satt på snittet er gitt i tabellen under:

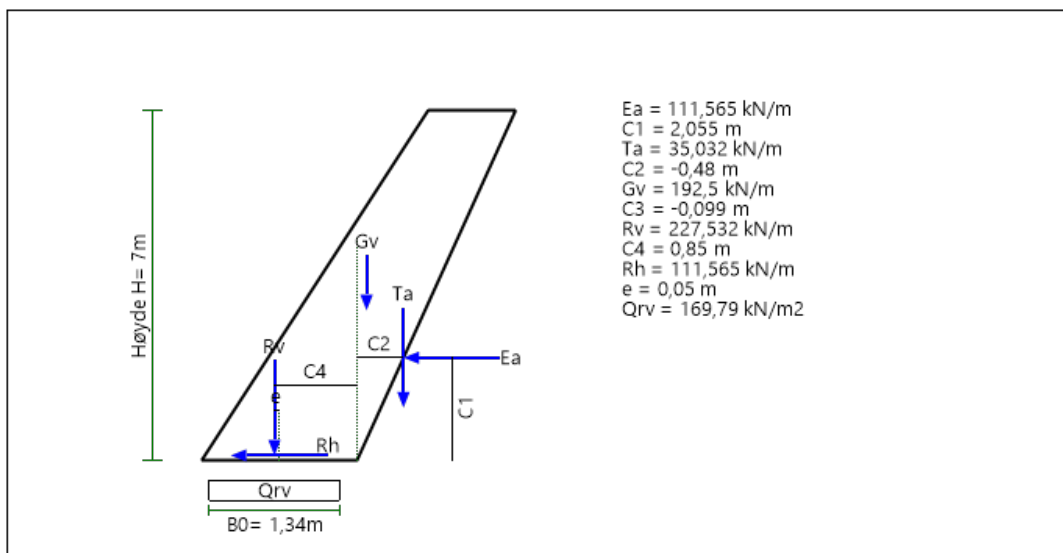
Vertikal last $F_v$ [kN]	Horisontal last $F_h$ [kN]	Moment $M_t$ [kNm]	Jevnt fordelt last $q_k$ [kN/m]	Jevnt fordelt last $Q_k$ [kN/m]
0	0	0	5	0

### 3.3.4 Geotekniske resultater

For snittet er det beregnet en jordtrykks koeffisient  $K_a = 0,417$ . Resulterende jordtrykks koeffisient med fall på bakenliggende terreng er regnet til:  $K_{a\text{korrr}} = 0,309$

Et bilde av geotekniske resultat og krefter er vist under:

### Krefter på mur



Forklaring på verdier:

Type verdier	Forklaring

Type verdier	Forklaring
Ea	Horisontalt trykk fra masser
C1	Avstand til Ea fra bunn mur
Ta	Vertikalt skjærtrykk fra masser
C2	Horisontal avstand til Ta
Gv	Vertikal last fra mur
C3	Avstand til Gv fra bunn mur
Rv	Resulterende vertikal last
C4	Horisontal avstand til Rv
Rh	Resulterende horisontal last
e	eksentrisitet resulterende grunntrykk
Qrv	Resulterende grunntrykk

For bæreevne bruker vi ligning:

$$\sigma_v = f_{sq} * (N_q * p' + 1/2 * N_y * \gamma'_{\text{under}} * B_0) + (N_q * f_{sa} - 1) * a$$

$$f_{sq} = (1 - 0.55 \tan \alpha)^5 = 1 ; f_{sa} = e^{(-2 \beta * \tan \phi_d)} = 1$$

$$N_q = 7,94 ; N_y = 3,29$$

$$p' = 19 \text{ kN/m}^3 ; \gamma'_{\text{under}} = 9 \text{ kN / m}^3$$

For sjekk av glidning bruker vi ligning:

$$r_b = R_h / ((B_0 * a + R_v) * \tan \phi_d) = 0,72$$

$$r_b < r_{\text{maks}} = 0,8$$

I tabellen under er de geotekniske resultatene for bruddgrense(ULS) :

Verdi på jordtrykkskoeffisient	Effektiv bredde B0 [m]	Opptredende grunntrykk Qrv [kN/m2]	Tillatt grunntrykk Ov [kN/m2]	Utnyttelse grunntrykk	Ruhet i ULS rb	Maks tillatt ruhet i ULS rbmaks	Utnyttelse ruhet	Sjekk eksentrisitet
0.309	1.34	169.79	240.24	0.71	0.72	0.8	0.9	Eksentrisitet ok

### 3.3.5 Sjekk av skift

Det er sjekket 10 snitt langs høyden på muren.

Nr	Høyde [m]	B Bredder på skift [m]	Rh Horisontalkraft	Rv vertikalkraft	Rh/Rv	e Eksentrisitet	e/B	Status
1	0.7	0.97	0	15.37	0	-0.185	0.191	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
2	1.4	1.04	0.94	32.76	0.029	-0.221	0.212	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
3	2.1	1.11	4.7	51.39	0.091	-0.284	0.256	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
4	2.8	1.18	11.33	71.65	0.158	-0.314	0.266	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
5	3.5	1.25	20.85	93.55	0.223	-0.313	0.25	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
6	4.2	1.32	33.24	117.08	0.284	-0.284	0.215	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
7	4.9	1.39	48.51	142.24	0.341	-0.231	0.166	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
8	5.6	1.46	66.65	169.04	0.394	-0.156	0.107	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5
9	6.3	1.53	87.67	197.47	0.444	-0.062	0.04	Ok, forhold mellom e og B er mindre enn 0,5

Forhold mellom Rh/Rv må vurderes opp aktuell friksjonskoeffisient.

Eksentrisitet måles ut fra senter bredde på skift. Negativ eksentrisitet vil si at resultant ligger mot masser i forhold til senter bredde på stein. Positiv eksentrisitet vil si at resultant ligger mot luftside i forhold til senter bredde på stein.