

Beregning av støttemur Test prosjekt

Revisjon: 0

Dato: 08.09.2022

Utført av: Ola

Kontrollert av: Kari

1. Innledning

1.1 Prosjektbeskrivelse

1.2 Generelt

Murene fundamenteres direkte på løsmasser. Konstruksjonene har en dimensjonerende levetid på 100 år, og kontrollklasse «Utvidet kontroll» benyttes.

Konsekvensklasse: *CC2 Alvorlig*

Bruddmekanisme: *Nøytralt brudd*

Byggegrunn: *Middels*

Konstruksjonsstivhet: *Normal*

1.3 Dimensjoneringsgrunnlag

1.3.1 Generelle SVV dokumenter

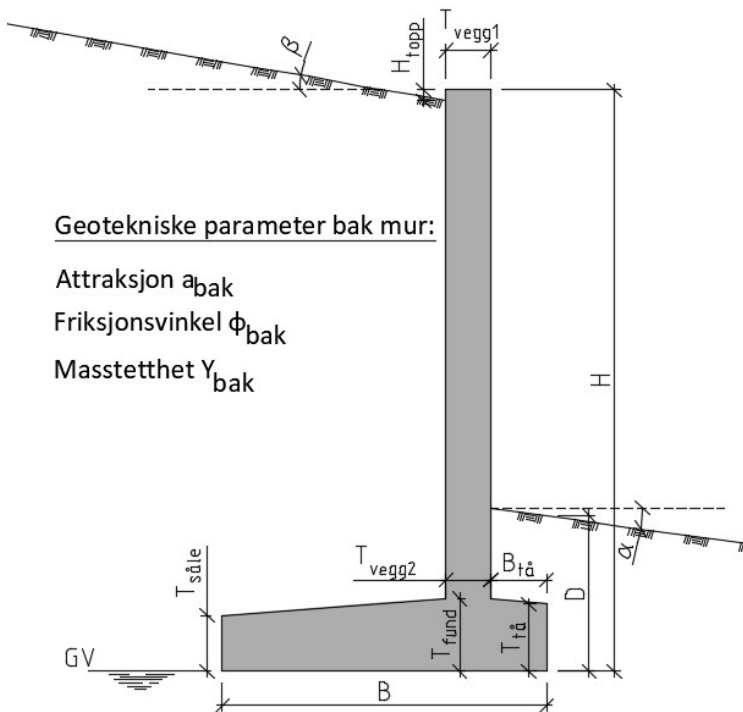
- V220 Geoteknikk i vegbygging (2022)
- N400 Bruprosjektering (2022)
- N101 Trafikksikkert sideterrang og vegsikringsutstyr (2022)
- V161 Brurekkverk (2016)

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 1991-2:2003 + NA: 2010. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 2: Trafikklast på bruer
- NS-EN 1992-1-1:2004 + NA: 2008. Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger
- NS-EN 1992-2:2005 + NA: 2010. Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 2: Bruer
- Forskrift for trafikklast på bruer, ferjeaier og andre bærende konstruksjoner i det offentlige vegnettet (Lovdata)

1.4 Statiske beregninger

Støttemuren er beregnet i et Støttemursprogram fra JET AS. I programmet er det mulig å gi inn flere ulike tverrsnitt med ulike laster og jordparametere. Jordparametere er vist under:



Geotekniske parameter bak mur:

Attraksjon a_{bak}

Friksjonsvinkel ϕ_{bak}

Masstetthet γ_{bak}

Geotekniske parameter under mur:

Attraksjon a_{under}

Friksjonsvinkel ϕ_{under}

Masstetthet γ_{under}

1.5 Supplerende dokumentasjon

Det er laget et dokument som forklarer hvordan programmet skal brukes og hvilke antagelser og regelverk som er brukt i beregninger. Dokumentet kan hentes på www.jet-as.no

2. Materialer

Det er i dette kapitlet gitt materialspesifikasjoner i henhold til relevante standarder.

2.1 Materialfaktorer

I tabellen under er materialfaktorer for betong og armering vist for ULS bruddgrense, SLS bruksgrense og ALS ulykkesgrense.

Grensetilstand	ULS	SLS	ALS
Materialfaktor betong	1.50	1.00	1.20
Materialfaktor armering	1.15	1.00	1.00

Materialfaktor for masser bak og under mur er gitt i kapittel 2.3.

2.2 Egenskaper for betong og armering

Det er dimensjonert for betong av kvalitet B45

Betongegenskaper er i henhold til tabell 3.1 i NS-EN 1992-1-1. For betongen er det forutsatt at opprissingen starter etter 28 døgn. Det gjør at $f_{ct,eff} = f_{ctm}$ fra tabell 3.1 i NS-EN 1992-1-1. Dette har kun betydning for rissviddeberegningen.

Det er benyttet armeringskvalitet B500NC i henhold til NS3576-3.

2.3 Jord

Jordparametere under og bak mur er gitt i kapitell 4 for hvert snitt som er beregnet.

For alle snitt er materialfaktor for masser under $\gamma_m = 1,4$, maksimal ruhet under mur er $r_{bmax} = 0,8$ og ruhet bak mur er satt til $r = 0,71$ i bruddgrense.

I bruksgrense settes ruhet til $r = 0,7$

3 Laster

3.1 Lastfaktorer

Det benyttes følgende lastfaktorer i henhold til NS-EN 1990:

Lastfaktor	ULS	SLS	Rissvidde	SLS sjeldent forekommende	ALS
Lastfaktor for egenvekt betong	1,00	1,00		1,00	1,00
Lastfaktor for egenvekt jord	1,00	1,00		1,00	1,00
Lastfaktor for Nyttelast (25kN/m ²) på fylling	1,35	0,5		0,8	0,2
Lastfaktor for Nyttelast (5kN/m ²) på fylling	1,35	0,5		0,8	0,2
Lastfaktor for F _v	1,5	0,5		0,8	0,2
Lastfaktor for F _h	1,5	0,5		0,8	0,2
Lastfaktor for M _t	1,5	0,5		0,8	0,2
Lastfaktor for påkjøringslast	0,00	0,00		0,00	1,00

ALS= Påkjøring som ulykkeslast.

3.2 Egenlaster

Egenlaster fra betong genereres automatisk i programmet ut fra geometrien. Programmet bruker en tyngdetetthet for betong lik 25 kN/m³.

3.2.1 Horisontale jordtrykkskoeffisienter

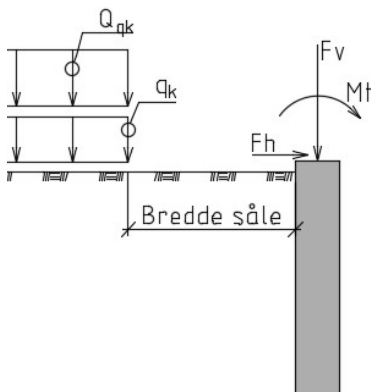
Horisontale jordtrykkskoeffisienter beregnes automatisk i programmet. Det er valgt å bruke aktivt jordtrykk i beregningene.

3.2.2 Jordtrykk

Jordtrykk beregnes automatisk i programmet og er mer detaljert i kapittel 4.

3.3 Påførte laster

Laster påføres som vist på skisse under. Størrelse på laster for de aktuelle snittene er vist i kapittel 4.



Jevnt fordelt last bak støttemur og boggieekvivalent last er beregnet slik at lasten kun virker bak bredden på sålen, men med fullt jordtrykk på vegg. Dette er som regel konservativt med tanke på grunntrykket, siden nyttelaster over såle vil redusere momentet muren får. For påkjøringslaster er det mulig å sette på vertikal last på sålen. I følge eurokoden kan denne settes til 75% av vertikal last. Det er opp til bruker å velge om denne skal være med. Lasten som er satt på snittet er gitt i delkapittel 4.X.3.

3.4 Påkjøringslast

Det kan være satt på påkjøringslaster i topp av mur. Hvis påkjøringslast er satt på, forklares denne nærmere i delkapittel 4.X.3 for hvert snitt.

4 Beregning av snitt

De følgende kapitlene viser statiske beregninger og dimensjonering av støttemurtvernsnittene. Resultatet av beregningene er vist i dette kapitlet. En oppsummering er vist i tabellen under:

Nr	Høyde [m]	Utnyttelse ruhet r_b/r_{bmax}	Utnyttelse bæreevne q_v/σ_v	Utnyttelse eksentrisitet $e/(B/3)$	Min. armering i såle	Min. armering i vegg	Utnyttelse av armering i såle i ULS	Skjær armering såle i ULS	Utnyttelse mhp. rissvidde i såle [wk/0.39mm]	Utnyttelse av armering i vegg i ULS	Skjær armering vegg i ULS	Utnyttelse mhp. rissvidde i vegg [wk/0.39mm]
1	5	0.68	0.34	0.12	ok	ok	0.56	Ikke nødvendig	0.75	0.68	Ikke nødvendig	0.78
2	5	0.88	0.56	0.25	ok	ok	0.52	Ikke nødvendig	0.84	0.56	Ikke nødvendig	0.86

Beregninger for alle snitt er vist i etterfølgende kapittel.

4.1 Beregning av snitt 1

4.1.1 Geometri og armering

Geometrien til det beregnede snittet er gitt i tabellen under:

Høyde [m]	Bredde [m]	Bredde tå: B tå [m]	Tykkelse topp vegg: T vegg1 [m]	Tykkelse bunn vegg: T vegg2 [m]	Tykkelse såle: T såle [m]	Tykkelse tå: T tå [m]	Tykkelse fundament: Tfund [m]
5	3.5	0.75	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6

Innlagt armering i fundamentet er gitt i tabellen under:

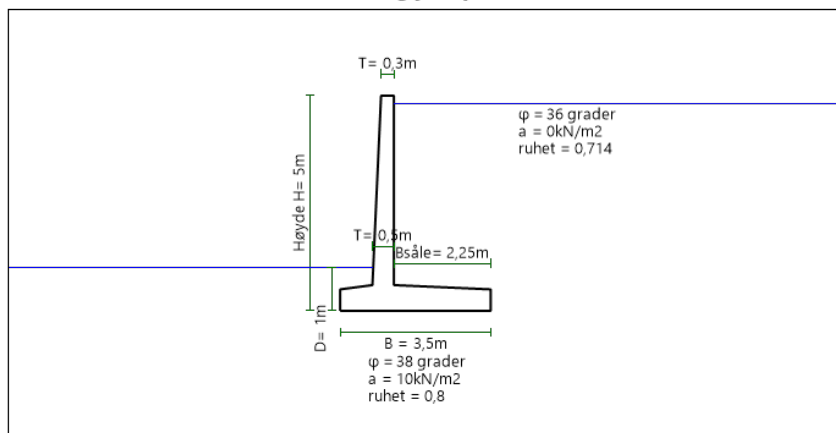
Overdekning underkant fundament	Armering i underkant fundament	Overdekning overkant fundament	Armering i overkant fundament	Lengdearmering i fundament
75	ø16c150	75	ø16c150	1ø16c150

Innlagt armering i vegg er gitt i tabellen under:

Overdekning jordside vegg	Armering jordside i vegg	Overdekning luftsider vegg	Armering luftsider i vegg	Lengdearmering vegg
75	ø16c150	75	ø16c150	1ø16c150

Under er et snitt av muren vist:

Geometri og jordparameter



4.1.2 Jordkonfigurasjon på mur

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

Parametere under:

Attraksjon [kN/m ²]	Friksjonsvinkel [grader]	Tyngdetetthet på masser: [kN/m ³]	Høyde på jord foran mur [m]	Høyde på grunnvann ift. bunn mur [m]	Helning på terreng foran mur [grader]
10	38	19	1	0	0

Parametere bak:

Attraksjon [kN/m ²]	Friksjonsvinkel [grader]	Tyngdetetthet på masser: [kN/m ³]	Helning på terreng bak mur [grader]	Høyde fra terreng til topp mur [m]
0	36	19	0	0.2

4.1.3 Lastkonfigurasjon på mur

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

Vertikal last Fv [kN]	Horisontal last Fh [kN]	Moment Mt [kNm]	Jevnt fordelt last qk [kN/m]	Jevnt fordelt last Qqk [kN/m]
0	0	0	5	25

4.1.4 Geotekniske resultater

Resultater er vist i grafer og i tabeller.

Forklaring på verdier som er brukt på grafer:

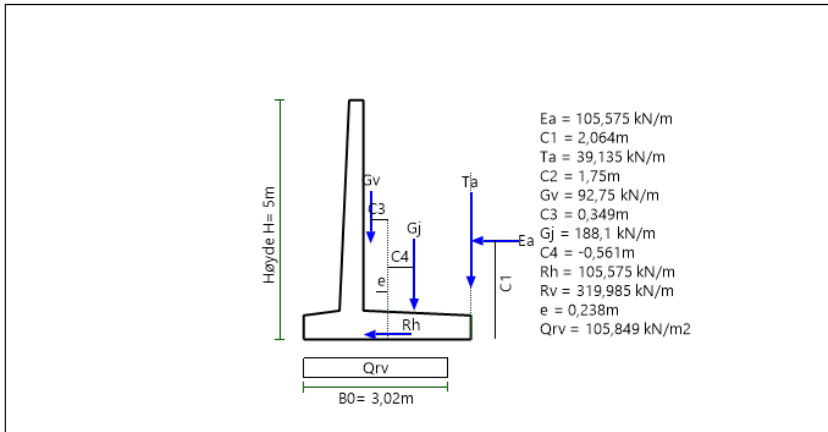
Type verdier	Forklaring
Ea	Horisontalt trykk fra jordtrykk
C1	Avstand til Ea fra bunn mur
Ta	Vertikalt skjærtrykk fra jordtrykk
C2	Horisontal avstand til Ta
Gv	Vertikal last fra Egenvekt betong
C3	Horisontal avstand til Gv fra B/2
Gj	Vertikal last fra jord over mur/såle

Type verdier	Forklaring
C4	Horisontal avstand til Gj til B/2
Rv	Resulterende vertikal last
Rh	Resulterende horisontal last
e	eksentrisitet resulterende grunntrykk
Qrv	Resulterende grunntrykk

4.1.4.1 Resultater i ULS

I ULS sjekkes det at opptredende grunntrykk er mindre enn tillatt grunntrykk og at opptredende ruhet under mur er mindre enn maksimal tillatt ruhet under mur. Under er de geotekniske resultatene for bruddgrense(ULS):

Krefter på mur



Verdi på jordtrykkskoeffisient	Effektiv bredde B0 [m]	Opptredende grunntrykk qk [kN/m ²]	Tillatt grunntrykk Ov[kN/m ²]	Ruhet rb	Maks tillatt ruhet i ULS rbmaks	Utnyttelse bæreevne	Utnyttelse glidning
0.31	3.023	105.85	310.43	0.54	0,8	0.34	0.68

For bæreevne bruker vi ligning:

$$\sigma_v = f_{sq} * (N_q * p' + 1/2 * N_y * \gamma'_{\text{under}} * B_0) + (N_q * f_{sa} - 1) * a = 310,43 \text{ kN/m}^2$$

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

$$N_q = 8,68; N_y = 5,05$$

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

For sjekk av glidning bruker vi ligning:

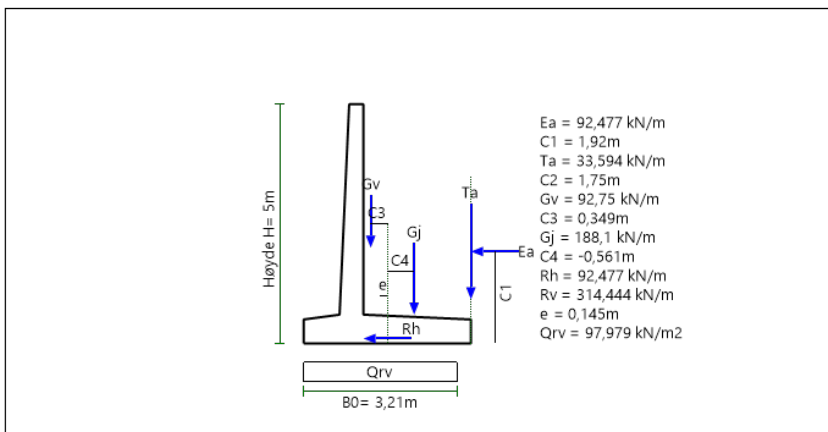
$$r_b = R_h / ((B_0 * a + R_v) * \tan \phi_d) = 0,54$$

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

4.1.4.2 Resultater i SLS sjeldent forekommende

I SLS sjekkes det at eksentrisiteten er mindre enn B/3 iht. krav 7.2.3 i N400. Resultater fra SLS Sjeldent forekommende:

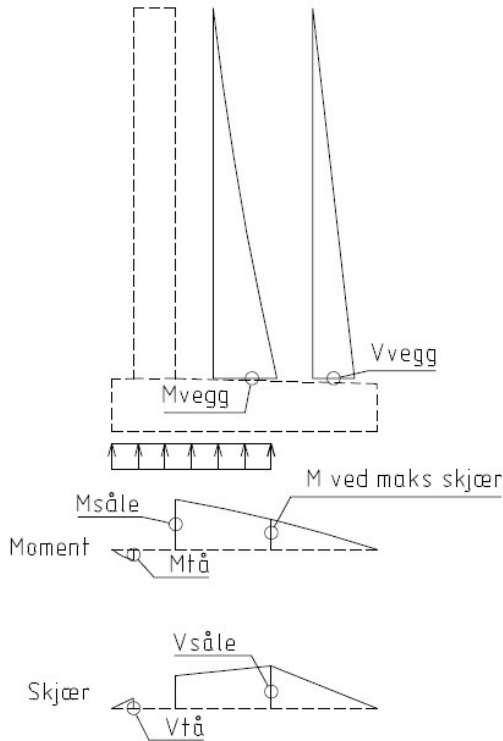
Krefter på mur



Verdi på jordtrykkskoeffisient	Eksentrisitet e [m]	Tillatt eksentrisitet B/3 [m]	Status
0.32	0.145	1.07	Ok

4.2.5 Krefter i mur

En forklarende skisse av momenter og skjær i såle og vegg er vist under:



4.2.5.1 Krefter i bruddgrense ULS

I tabellen under er maksimale lastvirkninger gitt for bruddgrense(ULS):

Maks. moment i såle [kNm/m]	Maks. skjær i såle [kN/m]	Maks. moment i tå [kNm/m]	Maks. skjær i tå [kN/m]	Maks. moment i vegg [kNm/m]	Maks. skjær i vegg [kN/m]
160.63	84.12	23.53	62.66	160	87.52

Detaljerte krefter langs vegg er gitt i tabellen under:

Høyde fra topp vegg[m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]	Aksialkraft [kN]
0	0.3	0	0	0
0.2	0.31	0	0	1.52
0.62	0.33	1.17	5.69	4.87
1.04	0.35	4.88	12.06	8.41
1.46	0.37	11.4	19.12	12.16
1.88	0.39	21.03	26.85	16.11
2.3	0.4	34.05	35.26	20.26
2.72	0.42	50.74	44.35	24.6
3.14	0.44	71.4	54.13	29.15
3.56	0.46	96.31	64.58	33.9
3.8	0.47	112.55	70.86	36.7
3.98	0.48	125.74	75.71	38.85
4.4	0.5	160	87.52	44

Detaljerte krefter langs sålen er gitt i tabellen under:

Avstand fra vegg[m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]
0	0.6	160.63	64.09
0.22	0.59	145.94	66.59
0.45	0.58	130.68	69.11
0.68	0.57	114.86	71.63
0.9	0.57	98.46	74.17
1.12	0.56	81.49	76.72
1.35	0.55	63.94	79.28
1.58	0.54	45.82	81.85
1.77	0.53	29.39	84.12
1.8	0.52	27.15	81.56
2.02	0.52	11.19	60.34
2.25	0.51	0	39.14
2.25	0.5	0	39.14

Detaljerte krefter langs tå er gitt i tabellen under:

Avstand fra vegg[m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]
0	0.6	-23.53	-62.66
0.15	0.58	-15.06	-50.17

Avstand fra vegg[m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]
0.3	0.56	-8.48	-37.65
0.45	0.54	-3.77	-25.12
0.6	0.52	-0.94	-12.57
0.75	0.5	0	0

4.2.5.2 Krefter i bruksgrense SLS

Faktor for horisontalt jordtrykk i dimensjonering mot rissvidder er $K = 0,32$

I tabellen under er maksimale lastvirkninger gitt for bruksgrense(SLS):

Maks. moment i såle [kNm/m]	Maks. skjær i såle [kN/m]	Maks. moment i tå [kNm/m]	Maks. skjær i tå [kN/m]	Maks. moment i vegg [kNm/m]	Maks. skjær i vegg [kN/m]
105.58	48.73	20.06	53.43	107.9	66.96

Detaljerte krefter langs vegg er gitt i tabellen under:

Høyde fra topp vegg[m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]	Aksialkraft [kN]
0	0.3	0	0	0
0.2	0.31	0	0	1.52
0.62	0.33	0.49	2.49	4.87
1.04	0.35	2.22	5.92	8.41
1.46	0.37	5.59	10.27	12.16
1.88	0.39	10.98	15.57	16.11
2.3	0.4	18.8	21.8	20.26
2.72	0.42	29.42	28.96	24.6
3.14	0.44	43.26	37.06	29.15
3.56	0.46	60.68	46.09	33.9
3.8	0.47	72.41	51.67	36.7
3.98	0.48	82.1	56.06	38.85
4.4	0.5	107.9	66.96	44

Detaljerte krefter langs sålen er gitt i tabellen under:

Avstand fra vegg[m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]
0	0.6	105.58	48.73
0.22	0.59	94.66	48.46
0.45	0.58	83.79	48.2
0.68	0.57	72.98	47.96
0.9	0.57	62.22	47.73
1.12	0.56	51.51	47.51
1.35	0.55	40.85	47.3
1.58	0.54	30.23	47.1
1.8	0.53	19.66	46.91
2.02	0.52	9.13	46.73
2.08	0.52	6.61	46.69
2.25	0.51	0	30.57
2.25	0.5	0	30.57

Detaljerte krefter langs tå er gitt i tabellen under:

Avstand fra vegg[m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]
0	0.6	-20.06	-53.43
0.15	0.58	-12.85	-42.78
0.3	0.56	-7.23	-32.11
0.45	0.54	-3.22	-21.43
0.6	0.52	-0.8	-10.72
0.75	0.5	0	0

4.2.6 Minimumsarmering

Minimumsarmering er beregnet iht. EC 1992-1-1 pkt 9.3.1.1 og N400 krav 8.7.1-4 og 8.7.1-5 som sier at min armering skal være $\phi 12$ og største senteravstand 200mm.

Fundament:

Innlagt armering mot minimumsarmering i fundamentet er gitt i tabellen under:

Armeringsmengde uk såle [mm ² /m]	Armeringsmengde ok såle [mm ² /m]	Armeringsmengde lengdearmering såle [mm ² /m]	Beregnet min. armering [mm ² /m]	Beregnet min. armering i lengderetning [mm ² /m]	Krav ok?
1340.4	1340.4	1340.4	1005.8	201.2	ok

Beregnet minimumsarmering er beregnet iht EC 1992-1-1 pkt 9.6.2 og 9.6.3 og N400 krav 8.7.1-4 og 8.7.1-5 som sier at min armering skal være $\phi 12$ og største senteravstand 250mm. For vertikal armering i vegg gir N400 krav 8.7.6-1 at minste diameter skal være $\phi 16$.

Vegg:

Innlagt armering mot minimumsarmering i veggen er gitt i tabellen under:

Armeringsmengde JS vegg [mm ² /m]	Armeringsmengde LS vegg [mm ² /m]	Beregnet min. vertikal armering [mm ² /m]	Armeringsmengde horisontalarmering vegg [mm ² /m]	Beregnet min. horisontal armering [mm ² /m]	Krav ok?
1340.4	1340.4	804.2	1340.4	1140	ok

Forklaring på forkortelser i tabeller:

UK: underkant
OK: overkant
JS: jordside
LS: luftside

4.2.7 Dimensjonering

Dimensjonering er gjort i ULS og SLS etter NS-EN 1992.

Dimensjonering av såle:

Maksimalt moment ULS [kNm/m]	Momentkapasitet MRD [kNm/m]	Maksimal skjærkraft [kN/m]	Kapasitet uten skjærarmering [kN/m]	Maksimalt rissmoment SLS [kNm/m]	Beregnet rissvidde [mm]	Tilatt rissvidde [mm]
160.63	288.98	84.12	278.4	105.58	0.291	0.39

Dimensjonering av tå:

Maksimalt moment ULS [kNm/m]	Momentkapasitet MRD [kNm/m]	Maksimal skjærkraft [kN/m]	Kapasitet uten skjærarmering [kN/m]	Maksimalt rissmoment SLS [kNm/m]	Beregnet rissvidde [mm]	Tilatt rissvidde [mm]
23.53	288.98	0	268.6	20.06	0.055	0.39

Dimensjonering av vegg:

Maksimalt moment ULS [kNm/m]	Momentkapasitet MRD [kNm/m]	Maksimal skjærkraft [kN/m]	Kapasitet uten skjærarmering [kN/m]	Maksimalt rissmoment SLS [kNm/m]	Beregnet rissvidde [mm]	Tilatt rissvidde [mm]
160	233.92	87.52	268.6	107.9	0.305	0.39

Detaljerte tabeller med nødvendig armering er vist i tabeller under:

Nødvendig armeringsbehov for å ta krefter langs vegg er gitt i tabellen under:

Høyde fra topp vegg [m]	Tykkelse [m]	Armeringsmengde jordside V20 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde luftside V21 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde jordside V20 i SLS [mm ² /m]
0	0.3	0	0	100
0.2	0.31	0	0	100
0.62	0.33	12	0	100
1.04	0.35	46	0	100
1.46	0.37	99	0	188
1.88	0.39	172	0	288
2.3	0.4	261	0	401
2.72	0.42	367	0	524
3.14	0.44	489	0	659
3.56	0.46	626	0	806
3.8	0.47	711	0	896
3.98	0.48	778	0	964
4.4	0.5	945	0	1137

Nødvendig armeringsbehov for å ta krefter langs sålen er gitt i tabellen under:

Avstand fra bakside vegg [m]	Tykkelse [m]	Armeringsmengde overkant F11 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde underkant F10 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde overkant F11 i SLS [mm ² /m]
0	0.6	764	0	1112
0.22	0.59	706	0	1045
0.45	0.58	643	0	976
0.68	0.57	574	0	902
0.9	0.57	501	0	825
1.12	0.56	422	0	742
1.35	0.55	337	0	651
1.58	0.54	246	0	551
1.77	0.53	161	0	435
1.8	0.52	151	0	289
2.02	0.52	64	0	244
2.25	0.51	0	0	100
2.25	0.5	0	0	100

Nødvendig armeringsbehov for å ta krefter langs tå er gitt i tabellen under:

Avstand fra front vegg [m]	Tykkelse [m]	Armeringsmengde underkant F10 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde overkant F11 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde underkant F10 i SLS [mm ² /m]
0	0.6	112	0	430
0.15	0.58	75	0	340
0.3	0.56	44	0	252
0.45	0.54	20	0	166
0.6	0.52	5	0	100
0.75	0.5	0	0	100

4.2 Beregning av snitt 2

4.2.1 Geometri og armering

Geometrien til det beregnede snittet er gitt i tabellen under:

Høyde [m]	Bredde [m]	Bredde tå: B tå [m]	Tykkelse topp vegg: T vegg1 [m]	Tykkelse bunn vegg: T vegg2 [m]	Tykkelse såle: T såle [m]	Tykkelse tå: T tå [m]	Tykkelse fundament: Tfund [m]
5	3.5	0.75	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6

Innlagt armering i fundamentet er gitt i tabellen under:

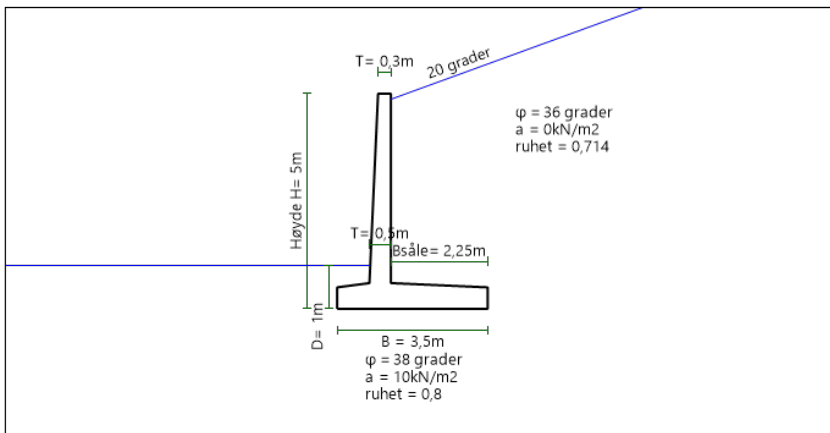
Overdekning underkant fundament	Armering i underkant fundament	Overdekning overkant fundament	Armering i overkant fundament	Lengdearmering i fundament
75	ø16c150	75	ø20c150	1ø16c150

Innlagt armering i vegg er gitt i tabellen under:

Overdekning jordside vegg	Armering jordside i vegg	Overdekning luftsider vegg	Armering luftsider i vegg	Lengdearmering vegg
75	ø16c150	75	ø16c150	1ø16c150

Under er et snitt av muren vist:

Geometri og jordparameter



4.2.2 Jordkonfigurasjon på mur

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

Parametere under:

Attraksjon [kN/m ²]	Friksjonsvinkel [grader]	Tyngdetetthet på masser: [kN/m ³]	Høyde på jord foran mur [m]	Høyde på grunnvann ift. bunn mur [m]	Helning på terreng foran mur [grader]
10	38	19	1	0	0

Parametere bak:

Attraksjon [kN/m ²]	Friksjonsvinkel [grader]	Tyngdetetthet på masser: [kN/m ³]	Helning på terreng bak mur [grader]	Høyde fra terreng til topp mur [m]
0	36	19	20	0.2

4.2.3 Lastkonfigurasjon på mur

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

Vertikal last Fv [kN]	Horisontal last Fh [kN]	Moment Mt [kNm]	Jevnt fordelt last qk [kN/m]	Jevnt fordelt last Qqk [kN/m]
0	0	0	5	0

4.2.4 Geotekniske resultater

Resultater er vist i grafer og i tabeller.

Forklaring på verdier som er brukt på grafer:

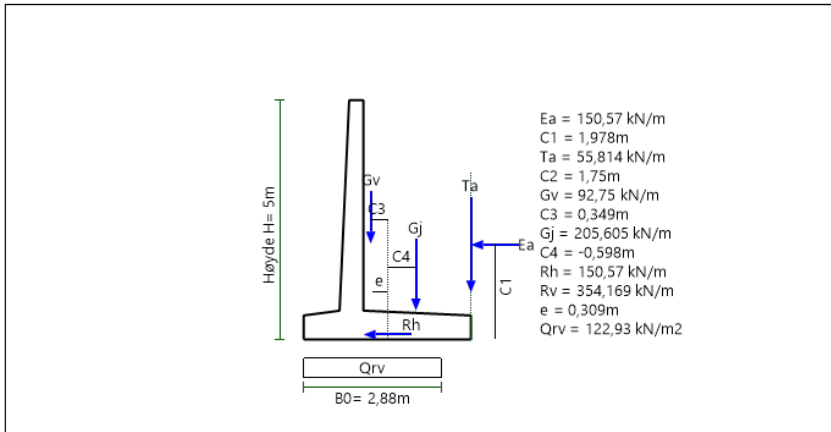
Type verdier	Forklaring
Ea	Horisontalt trykk fra jordtrykk
C1	Avstand til Ea fra bunn mur
Ta	Vertikalt skjærtrykk fra jordtrykk
C2	Horisontal avstand til Ta
Gv	Vertikal last fra Egenvekt betong
C3	Horisontal avstand til Gv fra B/2
Gj	Vertikal last fra jord over mur/såle

Type verdier	Forklaring
C4	Horisontal avstand til Gj til B/2
Rv	Resulterende vertikal last
Rh	Resulterende horisontal last
e	eksentrisitet resulterende grunntrykk
Qrv	Resulterende grunntrykk

4.2.4.1 Resultater i ULS

I ULS sjekkes det at opptredende grunntrykk er mindre enn tillatt grunntrykk og at opptredende ruhet under mur er mindre enn maksimal tillatt ruhet under mur. Under er de geotekniske resultatene for bruddgrense(ULS):

Krefter på mur



Verdi på jordtrykkskoeffisient	Effektiv bredde B0 [m]	Opptredende grunntrykk qk [kN/m ²]	Tillatt grunntrykk Ov[kN/m ²]	Ruhet rb	Maks tillatt ruhet i ULS rbmaks	Utnyttelse bæreevne	Utnyttelse glidning
0.45	2.881	122.93	217.71	0.7	0,8	0.56	0.88

For bæreevne bruker vi ligning:

$$\sigma_v = f_{sq} * (N_q * p' + 1/2 * N_y * \gamma'_{\text{under}} * B_0) + (N_q * f_{sa} - 1) * a = 217,71 \text{ kN/m}^2$$

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

$$N_q = 6,63 ; N_y = 2,73$$

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

For sjekk av glidning bruker vi ligning:

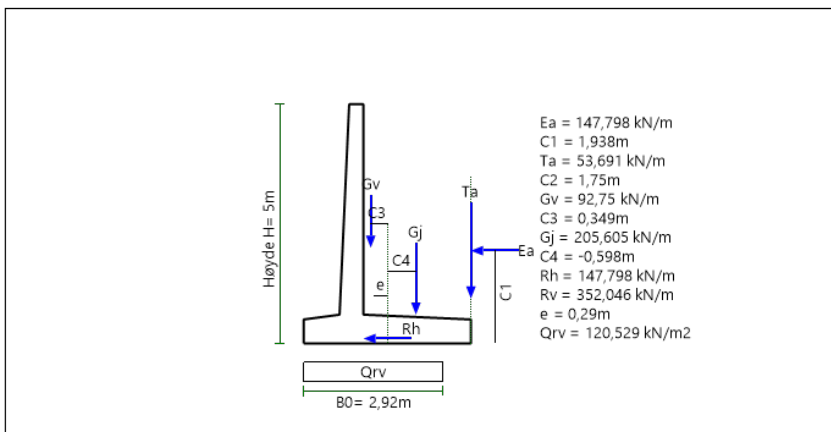
$$r_b = R_h / ((B_0 * a + R_v) * \tan \phi_d) = 0,7$$

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

4.2.4.2 Resultater i SLS sjeldent forekommende

I SLS sjekkes det at eksentrisiteten er mindre enn B/3 iht. krav 7.2.3 i N400. Resultater fra SLS Sjeldent forekommende:

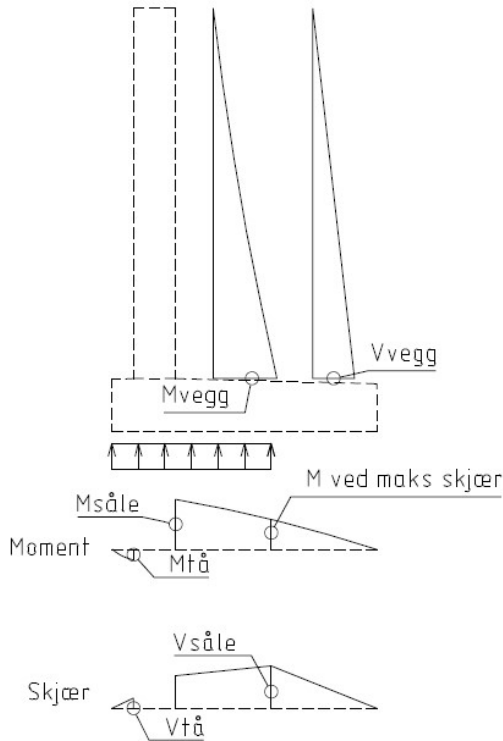
Krefter på mur



Verdi på jordtrykkskoeffisient	Eksentrisitet e [m]	Tillatt eksentrisitet B/3 [m]	Status
0.46	0.29	0.97	Ok

4.3.5 Krefter i mur

En forklarende skisse av momenter og skjær i såle og vegg er vist under:



4.3.5.1 Krefter i bruddgrense ULS

I tabellen under er maksimale lastvirkninger gitt for bruddgrense(ULS):

Maks. moment i såle [kNm/m]	Maks. skjær i såle [kN/m]	Maks. moment i tå [kNm/m]	Maks. skjær i tå [kN/m]	Maks. moment i vegg [kNm/m]	Maks. skjær i vegg [kN/m]
227.28	122.49	28.33	75.47	131.09	87.32

Detaljerte krefter langs vegg er gitt i tabellen under:

Høyde fra topp vegg [m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]	Aksialkraft [kN]
0	0.3	0	0	0
0.2	0.31	0	0	1.52
0.62	0.33	0.37	2.01	4.87
1.04	0.35	1.9	5.51	8.41
1.46	0.37	5.21	10.51	12.16
1.88	0.39	10.94	17	16.11
2.3	0.4	19.7	24.99	20.26
2.72	0.42	32.14	34.47	24.6
3.14	0.44	48.86	45.44	29.15
3.56	0.46	70.51	57.9	33.9
3.8	0.47	85.33	65.7	36.7
3.98	0.48	97.71	71.86	38.85
4.4	0.5	131.09	87.32	44

Detaljerte krefter langs sålen er gitt i tabellen under:

Avstand fra vegg [m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]
0	0.6	227.28	85.45
0.22	0.59	207.36	91.62
0.45	0.58	186.1	97.45
0.68	0.57	163.55	102.94
0.9	0.57	139.81	108.1
1.12	0.56	114.94	112.91
1.35	0.55	89.03	117.39
1.58	0.54	62.15	121.53
1.63	0.53	55.32	122.49
1.8	0.52	36.13	104.54
2.02	0.52	15.32	80.35
2.25	0.51	0	55.81
2.25	0.5	0	55.81

Detaljerte krefter langs tå er gitt i tabellen under:

Avstand fra vegg [m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]
0	0.6	-28.33	-75.47
0.15	0.58	-18.14	-60.41

Avstand fra vegg[m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]
0.3	0.56	-10.21	-45.34
0.45	0.54	-4.54	-30.24
0.6	0.52	-1.14	-15.13
0.75	0.5	0	0

4.3.5.2 Krefter i bruksgrense SLS

Faktor for horisontalt jordtrykk i dimensjonering mot rissvidder er $K = 0,46$

I tabellen under er maksimale lastvirkninger gitt for bruksgrense(SLS):

Maks. moment i såle [kNm/m]	Maks. skjær i såle [kN/m]	Maks. moment i tå [kNm/m]	Maks. skjær i tå [kN/m]	Maks. moment i vegg [kNm/m]	Maks. skjær i vegg [kN/m]
208.82	109.97	27	71.93	117.66	81.63

Detaljerte krefter langs vegg er gitt i tabellen under:

Høyde fra topp vegg[m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]	Aksialkraft [kN]
0	0.3	0	0	0
0.2	0.31	0	0	1.52
0.62	0.33	0.21	1.25	4.87
1.04	0.35	1.26	4.04	8.41
1.46	0.37	3.81	8.36	12.16
1.88	0.39	8.5	14.22	16.11
2.3	0.4	15.97	21.61	20.26
2.72	0.42	26.87	30.54	24.6
3.14	0.44	41.84	41.01	29.15
3.56	0.46	61.53	53.02	33.9
3.8	0.47	75.15	60.57	36.7
3.98	0.48	86.59	66.56	38.85
4.4	0.5	117.66	81.63	44

Detaljerte krefter langs sålen er gitt i tabellen under:

Avstand fra vegg[m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]
0	0.6	208.82	79.58
0.22	0.59	190.34	84.69
0.45	0.58	170.75	89.46
0.68	0.57	150.12	93.89
0.9	0.57	128.54	97.98
1.12	0.56	106.07	101.73
1.35	0.55	82.79	105.14
1.58	0.54	58.79	108.22
1.72	0.53	43.4	109.97
1.8	0.52	34.54	101.01
2.02	0.52	14.53	76.82
2.25	0.51	0	52.29
2.25	0.5	0	52.29

Detaljerte krefter langs tå er gitt i tabellen under:

Avstand fra vegg[m]	Tykkelse [m]	Moment [kNm]	Skjærkraft [kN]
0	0.6	-27	-71.93
0.15	0.58	-17.29	-57.58
0.3	0.56	-9.73	-43.21
0.45	0.54	-4.33	-28.83
0.6	0.52	-1.08	-14.42
0.75	0.5	0	0

4.3.6 Minimumsarmering

Minimumsarmering er beregnet iht. EC 1992-1-1 pkt 9.3.1.1 og N400 krav 8.7.1-4 og 8.7.1-5 som sier at min armering skal være $\phi 12$ og største senteravstand 200mm.

Fundament:

Innlagt armering mot minimumsarmering i fundamentet er gitt i tabellen under:

Armeringsmengde uk såle [mm ² /m]	Armeringsmengde ok såle [mm ² /m]	Armeringsmengde lengdearmering såle [mm ² /m]	Beregnet min. armering [mm ² /m]	Beregnet min. armering i lengderetning [mm ² /m]	Krav ok?
1340.4	2094.4	1340.4	1005.8	201.2	ok

Beregnet minimumsarmering er beregnet iht EC 1992-1-1 pkt 9.6.2 og 9.6.3 og N400 krav 8.7.1-4 og 8.7.1-5 som sier at min armering skal være $\phi 12$ og største senteravstand 250mm. For vertikal armering i vegg gir N400 krav 8.7.6-1 at minste diameter skal være $\phi 16$.

Vegg:

Innlagt armering mot minimumsarmering i veggen er gitt i tabellen under:

Armeringsmengde JS vegg [mm ² /m]	Armeringsmengde LS vegg [mm ² /m]	Beregnet min. vertikal armering [mm ² /m]	Armeringsmengde horisontalarmering vegg [mm ² /m]	Beregnet min. horisontal armering [mm ² /m]	Krav ok?
1340.4	1340.4	804.2	1340.4	1140	ok

Forklaring på forkortelser i tabeller:

UK: underkant
OK: overkant
JS: jordside
LS: luftside

4.3.7 Dimensjonering

Dimensjonering er gjort i ULS og SLS etter NS-EN 1992.

Dimensjonering av såle:

Maksimalt moment ULS [kNm/m]	Momentkapasitet MRD [kNm/m]	Maksimal skjærkraft [kN/m]	Kapasitet uten skjærarmoring [kN/m]	Maksimalt rissmoment SLS [kNm/m]	Beregnet rissvidde [mm]	Tilatt rissvidde [mm]
227.28	441.09	122.49	322.2	208.82	0.326	0.39

Dimensjonering av tå:

Maksimalt moment ULS [kNm/m]	Momentkapasitet MRD [kNm/m]	Maksimal skjærkraft [kN/m]	Kapasitet uten skjærarmoring [kN/m]	Maksimalt rissmoment SLS [kNm/m]	Beregnet rissvidde [mm]	Tilatt rissvidde [mm]
28.33	290.42	0	268.6	27	0.075	0.39

Dimensjonering av vegg:

Maksimalt moment ULS [kNm/m]	Momentkapasitet MRD [kNm/m]	Maksimal skjærkraft [kN/m]	Kapasitet uten skjærarmoring [kN/m]	Maksimalt rissmoment SLS [kNm/m]	Beregnet rissvidde [mm]	Tilatt rissvidde [mm]
131.09	233.92	87.32	268.6	117.66	0.335	0.39

Detaljerte tabeller med nødvendig armering er vist i tabeller under:

Nødvendig armeringsbehov for å ta krefter langs vegg er gitt i tabellen under:

Høyde fra topp vegg [m]	Tykkelse [m]	Armeringsmengde jordside V20 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde luftside V21 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde jordside V20 i SLS [mm ² /m]
0	0.3	0	0	100
0.2	0.31	0	0	100
0.62	0.33	4	0	100
1.04	0.35	18	0	100
1.46	0.37	45	0	130
1.88	0.39	89	0	236
2.3	0.4	151	0	356
2.72	0.42	233	0	492
3.14	0.44	335	0	644
3.56	0.46	459	0	813
3.8	0.47	539	0	919
3.98	0.48	605	0	1001
4.4	0.5	774	0	1208

Nødvendig armeringsbehov for å ta krefter langs sålen er gitt i tabellen under:

Avstand fra bakside vegg [m]	Tykkelse [m]	Armeringsmengde overkant F11 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde underkant F10 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde overkant F11 i SLS [mm ² /m]
0	0.6	1086	0	1851
0.22	0.59	1007	0	1755
0.45	0.58	919	0	1647
0.68	0.57	821	0	1527
0.9	0.57	714	0	1394
1.12	0.56	598	0	1245
1.35	0.55	471	0	1079
1.58	0.54	335	0	886
1.63	0.53	304	0	747
1.8	0.52	202	0	659
2.02	0.52	87	0	411
2.25	0.51	0	0	100
2.25	0.5	0	0	100

Nødvendig armeringsbehov for å ta krefter langs tå er gitt i tabellen under:

Avstand fra front vegg [m]	Tykkelse [m]	Armeringsmengde underkant F10 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde overkant F11 i ULS [mm ² /m]	Armeringsmengde underkant F10 i SLS [mm ² /m]
0	0.6	135	0	506
0.15	0.58	90	0	400
0.3	0.56	53	0	295
0.45	0.54	24	0	194
0.6	0.52	6	0	100
0.75	0.5	0	0	100