# Vedlegg L - Geoteknikk og laster på peler

G1 og G2 refererer til geoteknikk og fundamenteringslære 1 og 2 av Olav R.Aarhaug med følgende ISBN:
Geoteknikk og fundamenteringslære 1: 978-82-562-8493-9
Geoteknikk og fundamenteringslære 2: 978-82-562-1292-4

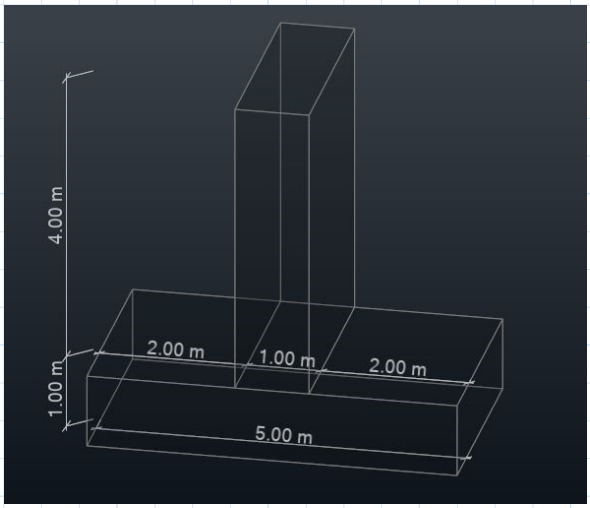
Fundamentet er i utgangspunktet 5m høyt med bredde på 5m, spørsmålet er om jordtrykket skal utnyttes ytterligere ved å utvide fundamentets bredde eller om pæler er tilstrekkelig/gunstigere.

$F_b := 449.1\ kN$ Bremsekraft (se beregningsdokument 'lastkombinasjoner')

$F_{bm} := \frac{F_b}{3\ m} = 149.7\ \frac{kN}{m}$ Bremsekraft/meter fundament

$F_v := 275\ kN$ Skjærkraft (Se 'lastkombinasjoner' for utregning)

$F_{vm} := \frac{F_v}{3\ m} = 91.667\ \frac{kN}{m}$ Skjærkraft/meter fundament




Figur 1: Tenkt fundament

Dimensjonering av jordtrykk: Etter G1 og G2:

Det antas at drenering sørger for tørr grunn ved fundamentet, og det finnes ingen vann til bunn av frostsikringslaget.

Tykkelse på forsterkningslag bærelag og dekke regnes til 1.36m, det antas at frostsikringslag og veg-overbygning møtes i midten av frostsikringslag (Figur 259.1 HB N200). - 110/2=55cm som gir 1.36+0.55=1.91m total tykkelse på veg overbygning.

Resten av underlaget består da av masser med største steinstørrelse 125mm (T1 - materiale S.62 N200)

Ved en dimensjonerende fartsgrense under 40km/t er maks tillatt setning 50cm
Ved en dimensjonerende fartsgrense under 50-80km/t er maks tillatt setning 45cm

Non-Commercial Use Only

$\gamma_{grus} := 19 \frac{kN}{m^3}$ $\varphi_{grus} := 38\ deg$ Verdi for massetetthet hentet fra Hb 016 side 2-34

$\gamma_{pukk} := 19 \frac{kN}{m^3}$ $\varphi_{pukk} := 42\ deg$

$\gamma_{leire} := 19 \frac{kN}{m^3}$ $\varphi_{leire} := 20\ deg$

$\rho_{grus} := 1.9$ g/cm^3

$\gamma_m := 1.6$ Tabell 4.4 (G1) Alvorlig skadekonsekvens ved brudd i kontaktkant kvikkleire

(4.25 G1) $tg\rho := \frac{\tan(\varphi_{grus})}{\gamma_m} = 0.488$

$\rho := \operatorname{atan}(tg\rho) = 26.026\ deg$

(5.39 G2) $K_A := \frac{1 - \sin(\rho)}{1 + \sin(\rho)} = 0.39$

$a := 0$ Attraksjonen er 0 etter tabell 2.9.5.1 HB 016

**Bruddgrensetilstand:** $\frac{1}{\gamma_m} = 0.625$

**Bruksgrensetilstand:** $f := 0.75$ $r := 0.75$

$\gamma_{fterrenglast} := 1.6$ $\gamma_{fjordtrykk} := 1.0$

$\rho_1 := 1.9 \frac{kg \cdot 10^{-3}}{cm^3}$ $H1 := 0\ m$ $q_1 := 20.3 \frac{kN}{m^2}$ Antar lastebil står på vegen ved opplageret/fundamentet.

$\sigma_{Z0} := \gamma_{grus} \cdot H1 + q_1 \cdot \gamma_{fterrenglast} = 32.48 \frac{kN}{m^2}$

$H4 := 4\ m$

$\sigma_{Z4} := \gamma_{grus} \cdot H4 + q_1 \cdot \gamma_{fterrenglast} = 108.48 \frac{kN}{m^2}$ Regner kun på veggen av fundamentet. (4m høyde)

**Grunnvann 1m fra bunn fundament:**

$\sigma_{Z4gv} := \sigma_{Z4} - 1\ m \cdot 10 \frac{kN}{m^3} = 98.48 \frac{kN}{m^2}$

Non-Commercial Use Only

**Kalkulerer jordtrykkets bidrag til moment om opplageret:**

(5.50 G2) $\sigma_A := K_A \cdot \sigma_Z + a \cdot (K_A - 1)$

$\sigma_{A0} := K_A \cdot \sigma_{Z0} = 12.669 \ \frac{kN}{m^2}$

$\sigma_{A4} := K_A \cdot \sigma_{Z4} + \sigma_{A0} = 54.983 \ \frac{kN}{m^2}$

$\sigma_{A4gv} := K_A \cdot \sigma_{Z4gv} + \sigma_{A0} = 51.082 \ \frac{kN}{m^2}$

**Resultantkraft fra jordtrykk på veggen:**

$F_{A1} := \frac{\sigma_{A0} + \sigma_{A4}}{2} \cdot 4 \ m = 135.304 \ \frac{kN}{m}$ Tørr grunn

$F_{A2} := \frac{\sigma_{A0} + \sigma_{A4gv}}{2} \cdot 4 \ m = 127.503 \ \frac{kN}{m}$ Grunnvann 1m fra bunn

**Resultanthøyden til FA regnes vha moment om bunnen av veggen:**

$$Z_1 := \frac{\sigma_{A0} \cdot 4 \ m \cdot \frac{4 \ m}{2} + (\sigma_{A4} - \sigma_{A0}) \cdot \frac{4 \ m}{2} \cdot \frac{4 \ m}{3}}{F_{A1}} = 1.583 \ m$$

$$Z_2 := \frac{\sigma_{A0} \cdot 4 \ m \cdot \frac{4 \ m}{2} + (\sigma_{A4gv} - \sigma_{A0}) \cdot \frac{4 \ m}{2} \cdot \frac{4 \ m}{3}}{F_{A2}} = 1.598 \ m$$

**Momenter som resultat av resultanthøyde og kraft om bunn vegg:**

$F_{A1} \cdot Z_1 = 214.19 \ \frac{kN \cdot m}{m}$ $F_{A2} \cdot Z_2 = 203.789 \ \frac{kN \cdot m}{m}$

La kraften fra brems virke på toppen av fundamentet. Da er avstanden i Z 5m med 1m tykkelse på elementene.

$h_v := 4000 \ mm$ $t_v := 1000 \ mm$

$h_p := 1000 \ mm$ $b_p := 2500 \ mm$ Bredde bunnplate fundament fra massesenter ved 5m total bredde.

$M_{b1} := -F_{bm} \cdot (h_v + h_p) = -748.5 \ \frac{kN \cdot m}{m}$ Moment om massesenter per meter av jordtrykk og bremsekraft.

$M_{b2} := F_{bm} \cdot (h_v + h_p) = 748.5 \ \frac{kN \cdot m}{m}$ Bremsekraft for x(+/-)

Non-Commercial Use Only

Benytter FA1 for momentet om opplageret da denne gir størst moment.

$$M_j := -F_{A1} \cdot (Z_1 + h_p) = -349.495 \ \frac{kN \cdot m}{m}$$

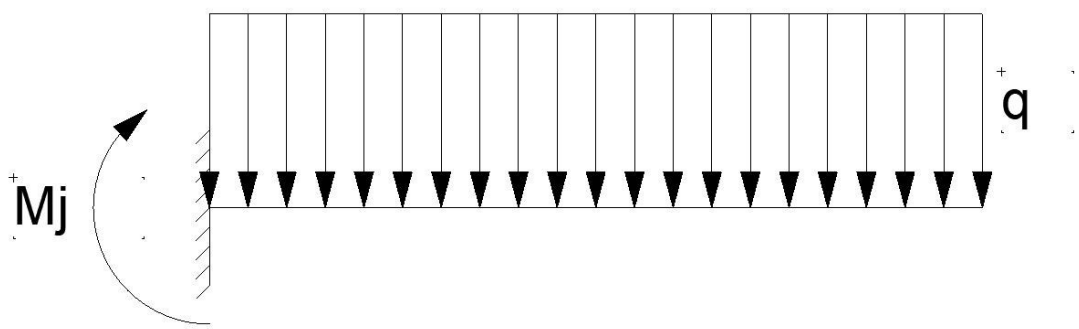
**Jordtrykk per meter:**

$$\gamma_{grus} = 19 \ \frac{kN}{m^3}$$

$$q_{grus} := \gamma_{grus} \cdot h_v = 76 \ \frac{1}{m} \cdot \frac{kN}{m}$$

$$M_{Agrus} := q_{grus} \cdot 2 \ m \cdot 1.5 \ m = 228 \ \frac{kN \cdot m}{m}$$

Terrenglast på fundamentet gir positivt moment om origo.




Figur 2 Tenkt utkrager

Kalkulerer opptredende moment om opplageret med jordlast, jordtrykk samt bremsekraft inkludert.

$$M_{b1} + M_j + M_{Agrus} = -869.995 \ \frac{kN \cdot m}{m} \qquad M_{b2} + M_j + M_{Agrus} = 627.005 \ \frac{kN \cdot m}{m}$$

Fundamentet må tåle et moment på 870kNm/m samt en skjærkraft på 150kN/m i x-retning. Utkragerene må oppta en skjærkraft på 192kN/m pga laster fra vegg og brulaster.

**Kraft høyre pga jordlast, regner om 'A':**

$$F_{hj} := \frac{q_{grus} \cdot 2 \ m \cdot 4 \ m}{5 \ m} = 121.6 \ \frac{kN}{m}$$

**Kraft venstre pga jordlast:**

$$F_{vj} := q_{grus} \cdot 2 \ m - F_{hj} = 30.4 \ \frac{kN}{m}$$

Non-Commercial Use Only

**Kraft som må opptas av pæler pga moment, deles på lengden av bunnplate for å finne opptredende trykkrefter ytterst på bunnplate:**

Negativ bremsekraft: $F_{pæl1} := \frac{M_{b1} + M_j + M_{Agrus}}{b_p} = -347.998 \ \frac{kN}{m}$

Positiv bremsekraft: $F_{pæl2} := \frac{M_{b2} + M_j + M_{Agrus}}{b_p} = 250.802 \ \frac{kN}{m}$

Kun jordtrykk: $F_{pæl3} := \frac{M_j + M_{Agrus}}{b_p} = -48.598 \ \frac{kN}{m}$

**Kraft pga egenvekt av fundament per meter vegg:**

$\gamma_{betong} := 25 \ \frac{kN}{m^3}$ $\qquad A_{betong} := (1 \cdot 5 + 1 \cdot 4) \ m^2$

$G_{fundament} := \gamma_{betong} \cdot A_{betong} = 225 \ \frac{kN}{m}$

Positiv momentretning med klokka, negativ resultankraft gir trykket pelen må motstå per meter fundament inn i papiret.

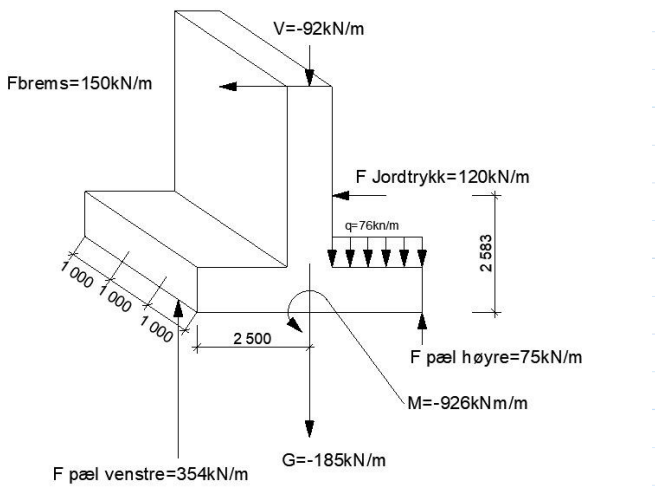
**Beregner først for negativ bremsekraft sett i forhold til aksesystem:**

Regner for pæler venstre side.

$$\frac{F_{pæl1}}{2} + \frac{-F_{vm}}{3} + \frac{-G_{fundament}}{3} - \frac{F_{vj}}{2} = -294.755 \ \frac{kN}{m}$$

Regner for pæler høyre side.

$$\frac{-F_{pæl1}}{2} + \frac{-F_{vm}}{2} + \frac{-G_{fundament}}{2} - \frac{F_{hj}}{1} = -105.934 \ \frac{kN}{m}$$




Figur 3: Krefter på fundament ved negativ bremsekraft

Skjærkraften som må opptas er 354kN/m (jordtrykk+bremsekraft) denne kan bli dimensjonerende, mulig vi må oppta denne ved å ha ekstra pæler eller å benytte friksjon mellom underlag og fundament samtidig som peler.

Non-Commercial Use Only

**Kalkulerer opptredende trykk for peler ved positiv bremsekraft:**

Regner for pæler venstre side:

$$\frac{F_{pæl2}}{2}+\frac{-F_{vm}}{3}+\frac{-G_{fundament}}{3}-\frac{F_{vj}}{2}=4.645\ \frac{kN}{m}$$

Regner for pæler høyre side:

$$\frac{-F_{pæl2}}{2}+\frac{-F_{vm}}{3}+\frac{-G_{fundament}}{3}-\frac{F_{hj}}{2}=-291.757\ \frac{kN}{m}$$

**Regner uten moment av bremsekraft, kun kjøretøy på bru:**

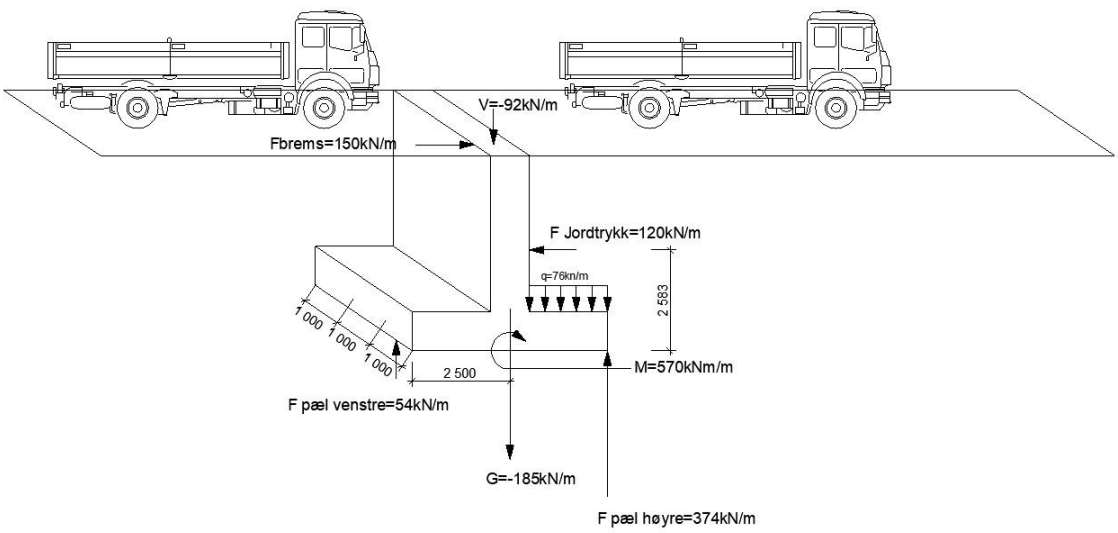
Regner for pæler venstre side:

$$\frac{F_{pæl3}}{2}+\frac{-F_{vm}}{3}+\frac{-G_{fundament}}{3}-\frac{F_{vj}}{2}=-145.055\ \frac{kN}{m}$$

Regner for pæler høyre side:

$$\frac{F_{pæl3}}{2}+\frac{-F_{vm}}{3}+\frac{-G_{fundament}}{3}-\frac{F_{hj}}{2}=-190.655\ \frac{kN}{m}$$

Overraskende gir en oppbremsing i positiv x-retning samtidig som et kjøretøy står på vegen det verste lasttilfellet, dette gir ytterligere jordtrykk som dermed gir den største opptredende kraften på peler per meter. Denne oppstår på høyre side sett ift diagrammet nedenfor altså mot vegen. Antagelsene var at største kraft kom ved jordtrykk mot vegg med moment i samme retning som sett i figur 3, dette var altså feil antagelse.




Non-Commercial Use Only