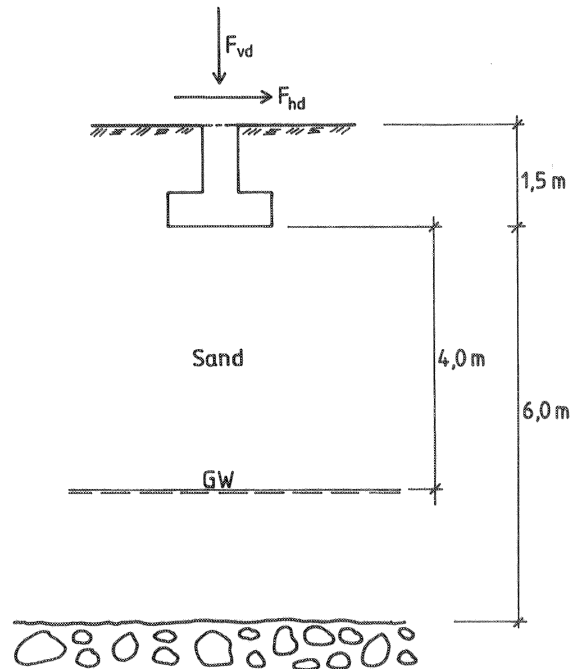


9 BERÄKNINGS- EXEMPEL

9.1 Dimensionering av kvadratisk grundplatta på friktionsjord

9.1.1 Dimensioneringsförutsättningar



Figur 9.1 Dimensioneringsförutsättningar

- Konstruktion i säkerhetsklass 2 (SK2)
- Geoteknisk klass 2 (GK2)
- Dimensionerande pelarlaster:
 - brottgränstillstånd; $F_{vd} = 1150$ kN
 $F_{hd} = 0$
 - bruksgränstillstånd; $F_{vd} = 1035$ kN
 $F_{hd} = 0$
- Jordart: sand
- Spetstrycksondering (TrS); $q_{ck} = 7,5$ MPa

- Grundläggningsdjup = 1,5 m
- Fastare bottenlager ca 6 m under grundläggningsnivån
- Grundvattennivån är belägen ca 4 m under grundläggningsnivån
- Acceptabel sättning = 0,05 m

9.12 Dimensionering i brottgränstillstånd

1. Dimensionerande jordmodell

$$q_{ck} = 7,5 \text{ MPa} \rightarrow \phi_k = 36^\circ \text{ (tabell 1:3)}$$

$$\phi_d = \arctan \frac{\tan \phi_k}{\gamma_n \gamma_m} \text{ (kapitel 1.63)}$$

$$\gamma_n = 1,1 \text{ (NR 1 kapitel 6:11, SK2)}$$

$$\gamma_m = 1,2 \text{ (NR 1 tabell kapitel 6:354, medelgoda förhållanden)}$$

$$\phi_d = \arctan \frac{\tan 36^\circ}{1,1 \cdot 1,2} \rightarrow \phi_d = 28,8^\circ$$

I detta fall saknas uppgifter om jordens tunghet γ varför ett värde väljs enligt *tabell 1:2*.

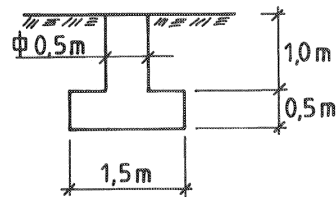
$$\gamma_d = \gamma_k = 17 \text{ kN/m}^3$$

2. Grundläggningsdjup

$d = 1,5 \text{ m}$ enligt förutsättning

3. Dimensionerande lastmodell

Antag kvadratisk platta $1,5 \times 1,5 \text{ m}$, dimensioner i övrigt se *figur 9.2*.



Figur 9.2. Grundplatta – dimensioner

Vertikalkomponenten S_{vd} inkluderande dimensionerande last i brottgränstillstånd, egentygnd av grundkonstruktionen och återfyllning på densamma beräknas enligt:

$$S_{vd} = F_{vd}^{brott} + Q_{konstr} \cdot \gamma_f + Q_{återf} \cdot \gamma_f$$

$$S_{vd} = 1150 + (1,5^2 \cdot 0,5 + 1,0 \cdot 0,5^2) \cdot 24^a \cdot 1,0^b$$

$$+ (1,5^2 - 0,5^2) \cdot 1,0 \cdot 19^c \cdot 1,0^b$$

$$S_{vd} = 1150 + 33 + 38 = 1221 \text{ kN}$$

a) γ_{betong} (kN/m³)

b) $\gamma_f = 1,0$ (NR 1 tabell 6:1511 a-c)

c) Packat jordmaterial: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ antas

4. Dimensionerande vertikal bärförmåga

Dimensioneringsvillkor: $S_{vd} \leq R_{vd}$

Dimensionerande vertikal bärförmåga R_{vd} på friktionsjord beräknas enligt *ekvation 3.9*.

$$R_{vd} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} (A_{ef} c_d' N_{cd} \xi_{cd} + A_{ef} q_d' N_{qd} \xi_{qd} +$$

$$+ 0,5 A_{ef} \gamma_d' b_{ef} N_{\gamma d} \xi_{\gamma d}) \quad (3.9)$$

$$\gamma_{Rd} = 1,0$$

För friktionsjord kan kohesionen anses försumbar. Sätt därför $c_d' = 0$

Bärlighetsfaktorerna $N_{\gamma d}$ och N_{qd} är en funktion av dimensionerande friktionsvinkel.

$$\phi_d = 28,8^\circ \rightarrow \begin{cases} N_{\gamma d} = 12,6 \\ N_{qd} = 15,8 \end{cases} \quad (\text{tabell 3:2})$$

Effektiv vertikalspänning på grundläggningsnivån

$$q_d' = \gamma_d \cdot d_{\min} = 17 \cdot 1,5 = 25,5 \text{ kPa} \quad (2.50a)$$

Jordens effektiva tunghet under grundläggningsnivån $\gamma_d' = \gamma_d$

Inverkan av hållfasthet hos jorden över grundläggningsnivån

$$d_{qd} = 1 + 0,35 \frac{d}{b_{ef}} = 1,35 \quad (2.53b)$$

$$d_{\gamma d} = 1 \quad (2.53c)$$

$$\text{Formfaktorer: } s_{qd} = 1 + (\tan \phi_d) \frac{b_{ef}}{l_{ef}} = 1,55 \quad (2.54c)$$

$$s_{\gamma d} = 1 - 0,4 \frac{b_{ef}}{l_{ef}} = 0,6 \quad (2.54d)$$

Övriga korrektionsfaktorer (ξ) = 1,0

$$R_{vd} = \frac{1}{1,0} (0 + 1,5^2 \cdot 25,5 \cdot 15,8 \cdot 1,35 \cdot 1,55 + \\ + 0,5 \cdot 1,5^2 \cdot 17 \cdot 1,5 \cdot 12,6 \cdot 0,6)$$

$$R_{vd} = 1897 + 217 = 2114 \text{ kN}$$

$$S_{vd} = 1221 \text{ kN} \leq R_{vd} = 2114 \text{ kN}$$

Med ansatta dimensioner är således brottgränsvillkoret uppfyllt, varvid grundtrycket kommer att uppgå till 542 kPa ($q = 1221/1,5^2$).

9.13 Dimensionering i bruksgränstillstånd

1. Dimensionerande jordmodell

Val av karakteristiskt värde på E -modul för friktionsjord kan göras med ledning av sonderingsresultat enligt *tabell 1:3*.

$$q_{ck} = 7,5 \text{ MPa}^*) \rightarrow E_k = 25 \text{ MPa (tabell 1:3)}$$

Partialkoefficienten $\gamma_n = 1,0$ (NR 1 kapitel 6:355)

Partialkoefficienten $\gamma_m = 1,5$ (NR 1 tabell kapitel 6:355, bedömd relativ stor osäkerhet vid bestämning av E_k utifrån q_{ck})

$$E_d = \frac{E_k}{\gamma_n \cdot \gamma_m} = \frac{25}{1,0 \cdot 1,5} = 16,7 \text{ MPa}$$

*) Om sonderingsmotståndet varierar med djupet väljs ett representativt värde på E_k för respektive skikt.

2. Dimensionerande last – spänningsmodell

Dimensionerande last i bruksgränstillstånd är normalt mindre än dimensionerande last (F_{vd}) i brottgränstillstånd.

I detta exempel är vertikalkomponenten:

$$S_{vd} = F_{vd}^{bruks} + Q_{konstr} \gamma_f + Q_{återf} \cdot \gamma_f = 1035 + 33 + 38 = 1106 \text{ kN}$$

Lastökningen på grundläggningsnivån (Q_{netto}) = dim. last i bruksgränstillstånd – teoretiskt bortschaktad jordvolym.

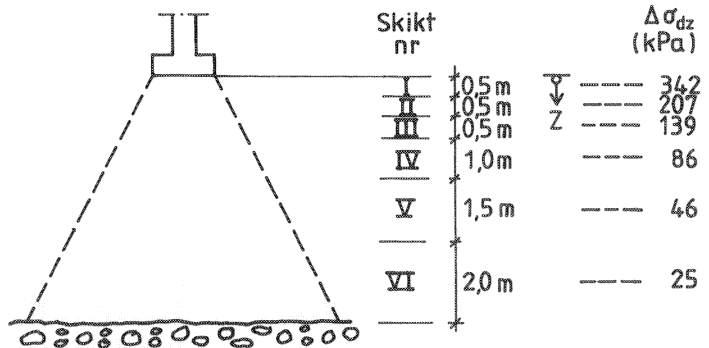
$$Q_{netto} = 1106 - 1,5^3 \cdot 17 = 1049 \text{ kN}$$

$$q_{netto} = \frac{1049}{1,5^2} = 467 \text{ kPa}$$

Dimensionerande tillskottsspänning $\Delta\sigma_d$ på aktuell nivå kan beräknas med hjälp av 2:1-metoden, se figur 9.3.

$$\Delta\sigma_d(z) = \frac{q_{netto}}{\left(1 + \frac{z}{b_{ef}}\right) \left(1 + \frac{z}{l_{ef}}\right)} \quad (\text{jfr ekv. 2.5})$$

$$\Delta\sigma_d(z) = \frac{467}{\left(1 + \frac{z}{1,5}\right)^2} \text{ kPa}$$



Figur 9.3 Indelning i skikt och beräkning av tillskottsspänning på aktuell nivå.

3. Dimensionerande jordspänningar

Rådande effektiva vertikalspänningar (σ'_o) ingår ej i vald beräkningsmodell, se nedan, varför dessa ej bestäms här.

4. Dimensionerande deformationer

Dimensioneringsvillkor: $s_d < s_{acc}$

Kontroll av att dimensionerande lasteffekt i bruksgränstillståndet är mindre än $2/3$ av dimensionerande bärförmåga i brottgränstillståndet:

$$S_{vd} = 1106 < \frac{2}{3} R_{vd} = \frac{2}{3} \cdot 2114 = 1409,$$

dvs konventionella linjära beräkningsmodeller kan användas.

Sättningsberäkning utförs med hjälp av uppskattade moduler.

Dimensionerande sättning s_d beräknas ur ekvationen:

$$s_d = \sum_0^z \frac{\Delta\sigma_{zd}}{E_d} \Delta z \cdot \gamma_{Rd} \quad (\text{jfr ekv 2.76})$$

där

$\Delta\sigma_{zd}$ = dimensionerande tillskottsspänning beräknad i skiktmit

Δz = skiktjocklek

E_d = elasticitetsmodul bestämd i skiktmit, dim.värde

γ_{Rd} = 1,0

$$s_d = \frac{1}{16,7 \cdot 10^3} \cdot$$

$$\cdot (0,5 \cdot 342 + 0,5 \cdot 207 + 0,5 \cdot 139 + 1,0 \cdot 86 + 1,5 \cdot 46 + 2,0 \cdot 25) \cdot 1,0$$

$$s_d = 0,033 \text{ m}$$

$$s_d < s_{acc}$$

9.2 Dimensionering av långsträckt grundplatta på friktionsjord

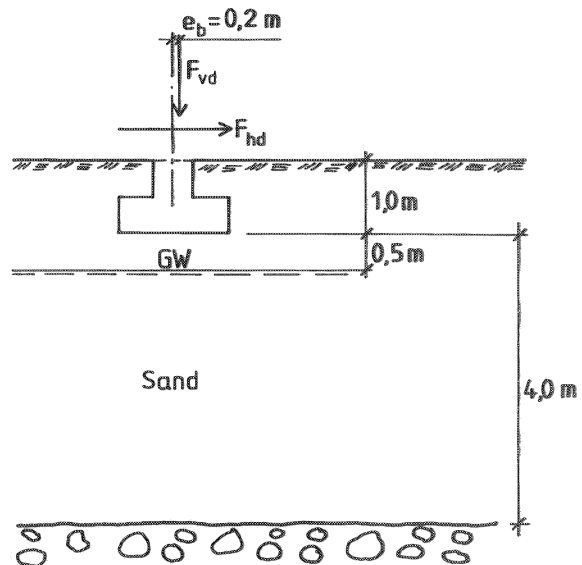
9.21 Dimensioneringsförutsättningar

- Konstruktion i säkerhetsklass 2 (SK2)
- Geoteknisk klass 2 (GK2)
- Dimensionerande laster:
 - brottgränstillstånd; $F_{vd} = 170 \text{ kN/m}$
 $F_{hd} = 0$
 - bruksgränstillstånd; $F_{vd} = 150 \text{ kN/m}$
 $F_{hd} = 0$

- Lastexcentricitet: $e_b = 0,2$ m, lika i brott- och bruksgränstillstånd
- Jordart: sand
- Resultat från spetstrycksondering (TrS):

Djup under markytan, m	q_{ck} , MPa
< 2	4
2–3	5
3–5	7

- Grundläggningsdjup = 1,0 m
- Fastare bottenlager ca 4 m under grundläggningsnivån
- Grundvattennivån är belägen ca 0,5 m under grundläggningsnivån
- Acceptabel sättning = 0,03 m



Figur 9.4 Dimensioneringsförutsättningar

9.22 Dimensionering i brottgränstillstånd

1. Dimensionerande jordmodell

Jordens inre friktionsvinkel kan uppskattas med hjälp av sonderingsmotståndet enligt *tabell 1:3*.

$q_{ck} = 4 \text{ MPa}$ (medelvärdet av sonderingsmotståndet inom ett djup som ungefär motsvarar plattbredden).

$$q_{ck} = 4 \text{ MPa} \rightarrow \phi_k = 33,8^\circ \quad (\text{tabell 1:3})$$

$$\phi_d = \arctan \frac{\tan \phi_k}{\gamma_n \cdot \gamma_m} \quad (\text{kapitel 1.63})$$

där

$$\gamma_n = 1,1 \quad (\text{NR 1 kapitel 6:11, SK2})$$

$$\gamma_m = 1,2 \quad (\text{NR 1 tabell kapitel 6:354, medelgoda förhållanden})$$

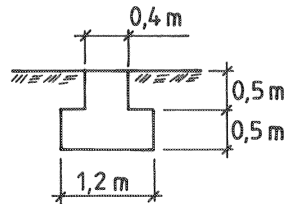
$$\phi_d = \arctan \frac{\tan 33,8^\circ}{1,1 \cdot 1,2} \rightarrow \phi_d = 26,9^\circ$$

2. Grundläggningsdjup

$d = 1,0$ enligt förutsättning

3. Dimensionerande lastmodell

Antag långsträckt platta ($l = \infty$) med en bredd $b = 1,2 \text{ m}$, dimensioner i övrigt se figur 9.5.



Figur 9.5 Grundplatta – dimensioner

Vertikalkomponenten S_{vd} inkluderande dimensionerande last i brottgränstillstånd, egentyngd av grundkonstruktionen och återfyllning på densamma beräknas enligt:

$$S_{vd} = F_{vd}^{brott} + Q_{konstr} \cdot \gamma_f + Q_{återf} \cdot \gamma_f$$

$$S_{vd} = 170 + (1,2 \cdot 0,5 \cdot 1,0 + 0,4 \cdot 0,5 \cdot 1,0) \cdot 24^a) \cdot 1,0^b)$$

$$+ (1,2 - 0,4) \cdot 0,5 \cdot 19^c) \cdot 1,0^b)$$

$$S_{vd} = 170 + 19 + 8 = 197 \text{ kN/m}$$

a) γ_{betong} (kN/m³)

b) $\gamma_f = 1,0$ (NR 1 tabell 6:1511 a–c)

c) Packat jordmaterial: $\gamma = 19$ kN/m³ antas

4. Dimensionerande vertikal bärförmågaDimensioneringsvillkor: $S_{vd} \leq R_{vd}$ Dimensionerande vertikal bärförmåga R_{vd} på friktionsjord beräknas enligt *ekvation 3.9*.

$$R_{vd} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} (A_{ef} c'_d N_{cd} \xi_{cd} + A_{ef} q'_d N_{qd} \xi_{qd} + 0,5 A_{ef} \gamma'_d b_{ef} N_{\gamma d} \xi_{\gamma d}) \quad (3.9)$$

$\gamma_{Rd} = 1,0$

För friktionsjord kan kohesionen antas försumbar (ger resultat på säkra sidan). Sätt därför $c'_d = 0$.Bärighetsfaktorerna $N_{\gamma d}$ och N_{qd} är en funktion av dimensionerande friktionsvinkel:

$$\phi_d = 26,9^\circ \rightarrow \begin{cases} N_{\gamma d} = 8,9 \\ N_{qd} = 12,9 \end{cases} \quad (\text{tabell 3:2})$$

Excentriskt last ($e_b = 0,2$ m) medför reducering av den effektiva fundamentarean A_{ef} enligt *ekvation 2.52*.

$b_{ef} = b - 2 e_b = 1,2 - 2 \cdot 0,2 = 0,8$ m

Inverkan av hållfasthet hos jorden ovan grundläggningsnivån:

$d_{qd} = 1 + 0,35 \frac{d}{b_{ef}} = 1,44 \quad (2.53b)$

$d_{\gamma d} = 1 \quad (2.53c)$

Övriga korrektionsfaktorer (ξ) = 1,0På grund av svårigheten att ta ostörda prover i friktionsjord saknas ofta uppgift om jordens tunghet γ i naturligt lagrat tillstånd. Ett approximativt värde kan fås i *tabell 1:2*.

$$\gamma_d = \gamma_k = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d' = \gamma_k' = 10 \text{ kN/m}^3$$

Effektiv vertikalspänning på grundläggningsnivån:

$$q_d' = \gamma_d \cdot d_{\min} = 17 \cdot 1,0 = 17,0 \text{ kPa}$$

Effektiv tunghet hos jorden under fundamentet:

$$\gamma_{eq} = \frac{d_2 \cdot \gamma_d}{b_{ef}} + \frac{(b_{ef} - d_2) \gamma_d'}{b_{ef}} \quad (2.51)$$

$$\gamma_{eq} = \frac{0,5 \cdot 17}{0,8} + \frac{0,3 \cdot 10}{0,8} = 14,4 \text{ kN/m}^3$$

Den dimensionerande bärförmågan beräknad enligt *ekvation 3.9* blir

$$R_{vd} = \frac{1}{1,0} (0 + 0,8 \cdot 17,0 \cdot 12,9 \cdot 1,44 + 0,5 \cdot 0,8 \cdot 14,4 \cdot 0,8 \cdot 8,9)$$

$$R_{vd} = 294 \text{ kN/m}$$

$S_{vd} = 197 \text{ kN/m} < R_{vd} = 294 \text{ kN/m}$, dvs brottgränsvillkoret är uppfyllt

9.23 Dimensionering i bruksgränstillstånd

1. Dimensionerande jordmodell

Partialkoefficienten $\gamma_n = 1,0$ (NR 1 kapitel 6:355)

Partialkoefficienten $\gamma_m = 1,4$ (NR 1 tabell kapitel 6:355, relativt gynnsamma förhållanden)

Beräkning av dimensionerande spetsmotstånd:

$$q_{cd} = \frac{q_{ck}}{\gamma_n \cdot \gamma_m} = \frac{q_{ck}}{1,0 \cdot 1,4}$$

Skikt nr, jfr figur 9.6	Djup under markytan (m)	q_{ck} (kPa)	q_{cd} (kPa)
I	1 -1,5	$4 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3$
II	1,5-2	$4 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3$
III	2 -3	$5 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^3$
IV	3 -5	$7 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^3$

2. Dimensionerande last – spänningsmodell

Dimensionerande last i bruksgränstillstånd $F_{vd}^{bruks} = 150$ kN/m

Vertikalkomponenten

$$S_{vd} = F_{vd}^{bruks} + Q_{konstr} \cdot \gamma_f + Q_{återf} \cdot \gamma_f = 150 + 27 = 177 \text{ kN/m}$$

Lastökning på grundläggningsnivån = dim.last i bruksgränstillstånd – teoretiskt bortschaktad jordvolym.

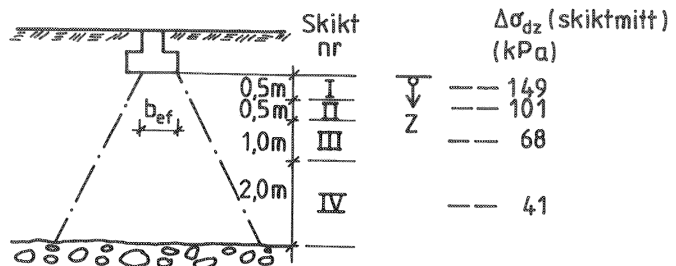
$$Q_{netto} = 177 - 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 17 = 157 \text{ kN/m}$$

$$q_{netto} = \frac{157}{0,8} = 196 \text{ kPa}$$

Dimensionerande tillskottsspänning $\Delta\sigma'_d$ på aktuell nivå kan beräknas med hjälp av 2:1-metoden, jfr *ekvation 2.5*.

$$\Delta\sigma'_d(z) = \frac{q_{netto}}{\left(1 + \frac{z}{b_{ef}}\right)}$$

$$\Delta\sigma'_d(z) = \frac{196}{\left(1 + \frac{z}{0,8}\right)} \text{ kPa}$$



Figur 9.6 Indelning av skikt och beräkning av tillskottsspänning $\Delta\sigma'_d$ på aktuell nivå

3. Dimensionerande jordspänningar

Rådande effektiva vertikalspänningar σ'_o beräknas enligt:

$$\sigma'_{od} = 17 + 17 z \text{ (kPa); } 0 \leq z \leq 0,5 \text{ (z räknat från underkant platta)}$$

$$\sigma'_{od} = 17 + 17 \cdot 0,5 + 10 (z - 0,5) \text{ (kPa); } z \geq 0,5$$

Beräkningsresultat redovisas under punkt 4 nedan.

4. Dimensionerande deformationer

Dimensioneringsvillkor: $s_d \leq s_{acc}$

Kontroll av att dimensionerande lasteffekt i bruksgränstillstånd är mindre än 2/3 av dimensionerande bärförmåga i brottgränstillstånd:

$$S_{vd} = 177 \text{ kN/m} < \frac{2}{3} \cdot R_{vd} = \frac{2}{3} \cdot 294 = 196 \text{ kN/m}$$

dvs konventionella linjära beräkningsmodeller kan användas.

Sättningsberäkning baserad på spetstrycksondering:

Dimensionerande sättning s_d beräknas ur:

$$s_d = \sum_0^z \frac{2,3}{C_d} \cdot \Delta z \cdot \log \left(\frac{\sigma'_{od} + \Delta \sigma'_d}{\sigma'_{od}} \right) \cdot \gamma_{Rd} \quad (3.27a)$$

där

Δz = skiktjocklek

σ'_{od} = rådande effektivtryck beräknat i skiktmitt

$\Delta \sigma'_d$ = dimensionerande vertikalspänningsökning i skiktmitt

$C_d = 1,5 \cdot \frac{q_{cd}}{\sigma'_{od}}$; q_{cd} = spetsmotståndet, dim.värde

$\gamma_{Rd} = 1,0$

Skikt nr	q_{cd} (kPa)	Δz (m)	σ'_{od} (kPa)	$\Delta \sigma'_d$ (kPa)	$\log \left[\frac{\sigma'_{od} + \Delta \sigma'_d}{\sigma'_{od}} \right]$	$\frac{2,3}{C_d} = \frac{2,3 \cdot \sigma'_{od}}{1,5 \cdot q_{cd}}$	s_{di} (m)
I	$2,9 \cdot 10^3$	0,5	$17 \cdot 1,25 = 21$	149	0,91	0,011	0,005
II	$2,9 \cdot 10^3$	0,5	$17 \cdot 1,5 + (20 - 10) \cdot 0,25 = 28$	101	0,66	0,015	0,005
III	$3,6 \cdot 10^3$	1,0	$28 + 10 \cdot 0,75 = 36$	68	0,46	0,015	0,007
IV	$5,0 \cdot 10^3$	2,0	$36 + 10 \cdot 1,5 = 51$	41	0,26	0,016	0,008

$$\Sigma s_d = 0,025$$

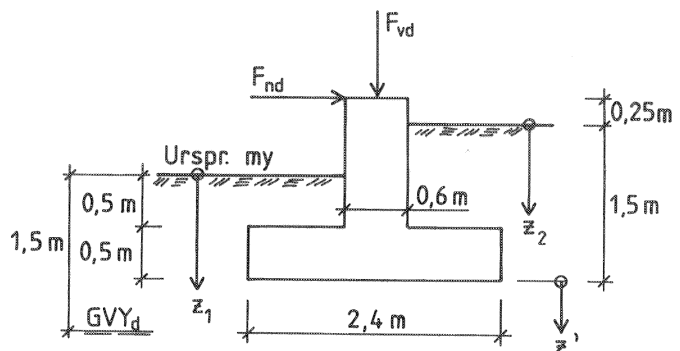
$$s_d = 0,025 \text{ m} \leq s_{acc}$$

9.3 Långsträckt grundplatta på lera

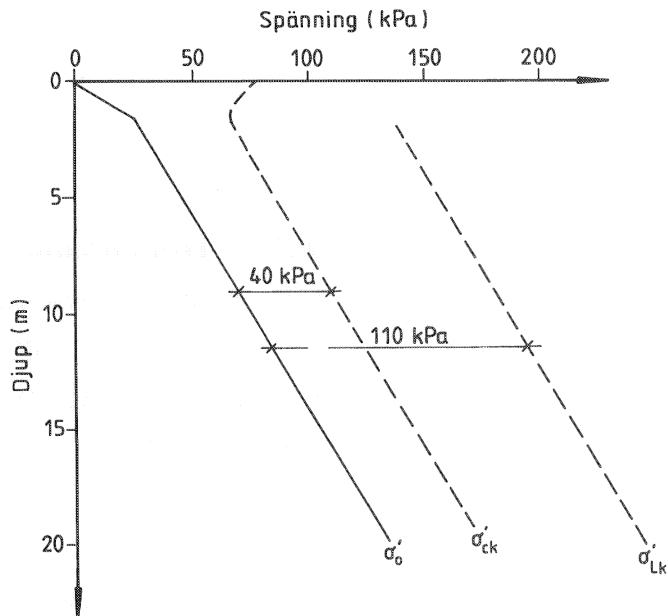
Kontrollera om den långsträckta grundplattan enligt figur 9.7 uppfyller dimensioneringsvillkoren i brottgränstillståndet.

9.31 Dimensioneringsförutsättningar

- Konstruktion i säkerhetsklass 2 (SK2)
- Geotekniska klass 2 (GK2)
- Dimensionerande vägglaster i brottgränstillstånd
 $F_{vd} = 60 \text{ kN/m}$
 $F_{hd} = 10 \text{ kN/m}$
- Jordart: mäktig överkonsoliderad lera, karakteristisk tunghet
 $\gamma_k = 16 \text{ kN/m}^3$
- Karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet enligt vingsond:
 $c_{uk} = 25 \text{ kPa}$
- Ödometerförsök har gett:
 $M_{Lk} = 925 \text{ kPa}$
 $\sigma'_{ck} = \sigma'_o + 40 \text{ kPa}; \sigma'_{Lk} = \sigma'_o + 110 \text{ kPa}$
- Empiriskt samband: $M_{ok} = 300 c_{uk}$
- Grundvattenytans dimensionerande nivå är my $-1,5 \text{ m}$.
- Acceptabla konstruktionsrörelser:
 sidorörelse: max $0,002 \text{ m}$
 vertikälrörelse: max $0,10 \text{ m}$



Figur 9.7 Dimensioneringsförutsättningar



Figur 9.8 Karakteristiskt konsolideringstillstånd

9.32 Kontroll av huruvida brottgränsvillkoren är uppfyllda

1. Dimensionerande jordmodell

$$c_{ud} = \frac{c_{uk}}{\gamma_n \gamma_m}$$

SK2 medför $\gamma_n = 1,1$

Enligt NR1 $1,6 \leq \gamma_m \leq 2,0$

Förhållandena bedöms som relativt gynnsamma varför väljs $\gamma_m = 1,7$

$$c_{ud} = \frac{25}{1,1 \cdot 1,7} = 13,4 \text{ kPa}$$

$$M_{od} = \frac{M_{ok}}{\gamma_n \gamma_m} = \frac{300 c_{uk}}{\gamma_n \gamma_m}$$

Enligt NR1 $1,4 \leq \gamma_m \leq 1,8$

Förhållandena bedöms som relativt gynnsamma varför väljs $\gamma_m = 1,5$

$$M_{od} = \frac{300 \cdot 25}{1,1 \cdot 1,5} = 4550 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{cd}' = \frac{\sigma_{ck}'}{\gamma_n \gamma_m} = \frac{\sigma_o' + 40}{\gamma_n \gamma_m}$$

Enligt NR1 $1,2 \leq \gamma_m \leq 1,4$

Förhållandena bedöms som relativt gynnsamma varför väljs $\gamma_m = 1,2$

$$\sigma_{cd}' = \frac{\sigma_o' + 40}{1,1 \cdot 1,2} = 0,76 \sigma_o' + 30 \text{ kPa}$$

$$M_{Ld} = \frac{M_{Lk}}{\gamma_n \gamma_m}$$

Enligt NR1 $1,4 \leq \gamma_m \leq 1,8$

Förhållandena bedöms som gynnsamma varför väljs $\gamma_m = 1,4$

$$M_{Ld} = \frac{925}{1,1 \cdot 1,4} = 600 \text{ kPa}$$

2. Grundläggningsdjup

Dimensionerande grundläggningsdjup är $d_d = 1,0$ m, enligt figur 9.7.

3. Dimensionerande lastmodell

Till nedkommande dimensionerande vägglaster skall läggas egentyngd av grundkonstruktion samt tyngd av jord på grundplattan samt horisontella jordlaster

Vertikala laster

$$S_{vd} = F_{vd}^{\text{brott}} + Q_{\text{konstr}} \gamma_f + Q_{\text{återfyll}} \gamma_f$$

För $\gamma_{btg} = 24 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_f = 1,0$ och $\gamma_{\text{återfyll}} = 18 \text{ kN/m}^3$, erhålls

$$S_{vd} = 60 + 24(2,4 \cdot 0,5 \cdot 1 + 1,25 \cdot 0,6 \cdot 1) \cdot 1,0 + 18(0,9 \cdot 0,5 \cdot 1 + 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1) \cdot 1,0 = 131 \text{ kN/m}$$

Horisontella laster

Eftersom viss sidorörelse kan accepteras, nämligen 2 mm, beräknas de horisontella jordlasterna enligt *kapitel 3.43*, dvs

$$P_{oad} = \gamma_{Rd} \cdot \int_0^1 \left[\left(1 - \frac{80 \cdot s}{h} \right) \cdot 0,8 \cdot \sigma'_v + p_w \right] dz_1$$

$$P_{opd} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot \int_0^{1,5} \left[\left(1 + \frac{80 \cdot s}{h} \right) \cdot 0,8 \cdot \sigma'_v + p_w \right] dz_2$$

"Aktiva sidan"

$$\frac{s}{h} = \frac{2}{1000}$$

$$\frac{t}{h} > 0,5$$

$$p_w = 0$$

$$\sigma'_v = 16 z_1 \text{ kPa}$$

$$\gamma_{Rd} = 1,05$$

$$P_{oad} = 1,05 \cdot \int_0^1 \left[\left(1 - \frac{80 \cdot 2}{1000} \right) \cdot 0,8 \cdot 16 z_1 + 0 \right] dz_1 = 5,6 \text{ kN/m}$$

"Passiva sidan"

$$\frac{s}{h} = \frac{2}{1500}$$

$$\frac{t}{h} > 0,5$$

$$p_w = 0$$

$$\sigma'_v = 16 z_2 \text{ kPa}$$

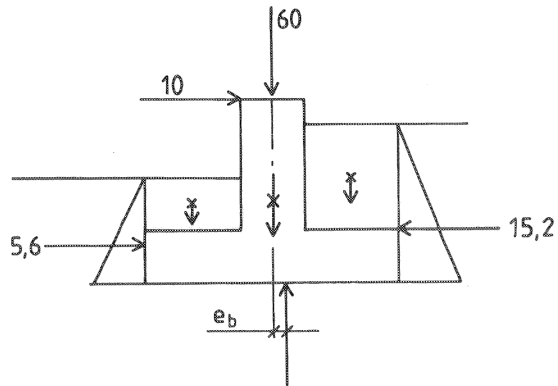
$$\gamma_{Rd} = 1,05$$

$$P_{opd} = \frac{1}{1,05} \cdot \int_0^{1,5} \left[\left(1 + \frac{80 \cdot 2}{1500} \right) \cdot 0,8 \cdot 16 z_2 + 0 \right] dz_2 = 15,2 \text{ kN/m}$$

4. Dimensionerande vertikal bärförmåga

Om den dimensionerande vertikala bärförmågan bestäms med allmänna bärlighetsekvationen och effektiva plattmått, behöver stjälpning ej kontrolleras.

Beräkning av effektiv plattbredd



Figur 9.9 Beräkning av effektiv plattbredd

$$-131 e_b + 10 \cdot 1,75 + 5,6 \frac{1}{3} - 15,2 \frac{1,5}{3} - 18 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 0,75 + \\ + 18 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 0$$

vilket ger

$$e_b = \frac{17,84}{131} = 0,136 \text{ m}$$

som medför

$$b_{ef} = 2,4 - 2,0 \cdot 0,136 = 2,13 \text{ m}$$

Den vertikala bärförmågan beräknas med *ekvation 3.9*.

$$R_{vd} = \frac{b_{ef}}{\gamma_{Rd}} (c_{ud} N_{cd} s_{cd} d_{cd} i_{cd} + q N_{qd} s_{qd} d_{qd} i_{qd})$$

$$\phi_d = 0 \quad \rightarrow \quad N_{cd} = 5,14 \quad , \quad N_{qd} = 1$$

$$\frac{l}{b_{ef}} = \infty \quad \rightarrow \quad s_{cd} = 1 \quad , \quad s_{qd} = 1$$

$$\frac{d_d}{b_{ef}} = \frac{1}{2,13} \quad \rightarrow \quad d_{cd} = 1,16 \quad , \quad d_{qd} = 1,16$$

För att kunna beräkna i_{cd} och i_{qd} måste först $H = S_{hd}$ beräknas.

$$H = S_{hd} = F_{hd} + P_{oad} - P_{opd} = 10 + 5,6 - 15,2 = 0,4 \text{ kN/m}$$

$$V = S_{vd} = 131 \text{ kN/m}$$

$$\frac{H}{V} = \frac{0,4}{131} \quad \rightarrow \quad i_{cd} = 1 \quad , \quad i_{qd} = 1$$

Med $\gamma_{Rd} = 1,0$ kan bärförmågan beräknas

$$R_{vd} = \frac{2,13}{1,0} (13,4 \cdot 5,14 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1 + 16 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1) = 210 \text{ kN/m}$$

$R_{vd} = 210 > S_{vd} = 131$, dvs bärförmågan är tillräcklig.

5. Dimensionering med hänsyn till stora deformationer

En förutsättning för att kryprorelser skall kunna negligeras är att

$$\frac{2 R_{vd}}{3} > S_{vd}, \text{ dvs } R_{vd} > 1,5 S_{vd}$$

$$210 > 1,5 \cdot 131 = 186 \text{ kN/m}$$

dvs konventionella beräkningsmetoder kan användas.

Spänningsökning i jorden under plattmitt

$$q_n = q_{pl} - q_{schakt}$$

$$q_{pl} = \frac{131}{2,13} = 62 \text{ kPa}$$

$$q_{schakt} = 16 \cdot 1 \cdot \frac{2,4}{2,13} = 18 \text{ kPa}$$

$$q_n = 62 - 18 = 44 \text{ kPa}$$

Denna nettoökning av spänningen i jorden på grundläggningsnivån avtar sedan med djupet. Spänningsspridningen kan beräknas med metoder angivna i *kapitel 2*. Här väljs 2:1-metoden. Till denna spänningsökning skall läggas den ökning av spänningen som uppfyllnaden till höger om plattan ger upphov till. Den samlade spänningsökningen kan därför tecknas

$$\Delta\sigma' = \frac{q_{fyll}}{2} + \frac{q_n}{\left(1 + \frac{z'}{b_{ef}}\right)} = \frac{9}{2} + \frac{44}{\left(1 + \frac{z'}{2,13}\right)} \text{ kPa}$$

där $z' = z_1 - 1$ (se *figur 9.7*).

Före grundläggning blir effektivspänningen

$$0 < z_1 < 1,5: \quad \sigma'_o = 16z_1 \text{ kPa}$$

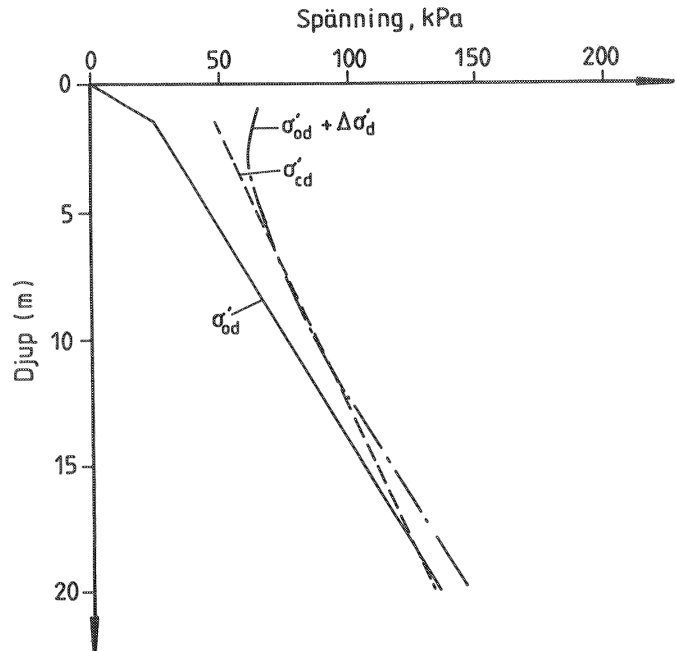
$$z_1 > 1,5: \quad \sigma'_o = 6z_1 + 15 \text{ kPa}$$

Förkonsolideringstryckets dimensionerande värde blir enligt NR1:

$$0 < z_1 < 1,5: \quad \sigma'_{cd} = 0,76 \cdot 16z_1 + 30 = 12,2z_1 + 30 \text{ kPa}$$

$$z_1 > 1,5: \quad \sigma'_{cd} = 0,76 (6z_1 + 15) + 30 = 4,6z_1 + 42 \text{ kPa}$$

Om σ'_{cd} bestäms på detta sätt (i enlighet med NR1) blir resultatet för en jord med en konstant karakteristisk överkonsolidering att den dimensionerande över-konsolideringen avtar med djupet, jämför *figur 9.10*. Detta kan anses vara en orimlighet. Alternativt kan därför σ'_{cd} bestämmas enligt följande (se *kapitel 1.73*):



Figur 9.10. Dimensionerande spänningar i enlighet med NR1.

$$\sigma'_{cd} = \sigma'_{ck} - \Delta\sigma'_c$$

där

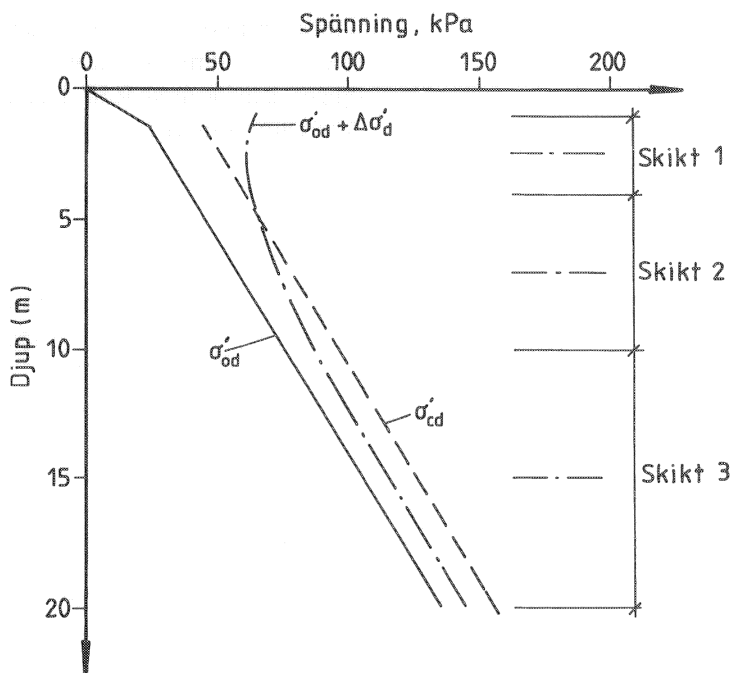
$$\Delta\sigma'_c = (\gamma_m \gamma_n - 1) \sigma'_{ck \text{ min}}$$

$$\sigma'_{ck \text{ min}} = 16 \cdot 1,5 + 40 = 64 \text{ kPa (jämför figur 9.8)}$$

$$\Delta\sigma'_c = (1,2 \cdot 1,1 - 1) 64 = 20 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_{cd} = \sigma'_{ck} - 20 \text{ kPa}$$

Sättningsberäkningen utförs i tre skikt. Skiktindelning och dimensionerande spänningar i jorden framgår av figur 9.11.



Figur 9.11 Dimensionerande spänningar i enlighet med föreslaget alternativt förfarande.

Skikt	z_1	z (m)	σ'_o (kPa)	σ'_{cd} (kPa)	$\sigma'_o + \Delta\sigma'$ (kPa)
1	$1 < z_1 < 4,0$	2,5	30	50	60
2	$4 < z_1 < 10$	7,0	57	77	71
3	$10 < z_1 < 20$	15,0	105	125	115

$$s_{1d} = \left[\frac{50-30}{4550} + \frac{60-50}{600} \right] 3 = 0,063 \text{ m}$$

$$s_{2d} = \left[\frac{71-57}{4550} \right] 6 = 0,018 \text{ m}$$

$$s_{3d} = \left[\frac{115-105}{4550} \right] 10 = 0,013 \text{ m}$$

Den totala sättningen blir $0,063 + 0,018 + 0,013 = 0,094 \text{ m}$.
 Kravet var att den dimensionerande sättningen skulle vara mindre eller lika med $0,10 \text{ m}$ vilket alltså är uppfyllt.

6. Dimensionering med hänsyn till glidning

Villkor $S_{hd} < R_{hd}$

Enligt *ekvation 3.15* är

$$S_{hd} = F_{hd} + P_{oad} = 10,0 + 5,6 = 15,6 \text{ kN/m}$$

och enligt *ekvation 3.16*

$$R_{hd} = P_{opd} + T_{bd}$$

Enligt *ekvation 3.18* gäller för $\gamma_{Rd} = 1.2$

$$T_{bd} = 13,4 \frac{2,13}{1,2} = 23,8 \text{ kN/m}$$

$$R_{hd} = 15,2 + 23,8 = 39 \text{ kN/m}$$

$$R_{hd} = 39 > S_{hd} = 15,6 \text{ kN/m}.$$

Glidningsvillkoret är därför uppfyllt.

9.33 Sammanfattning

Det har visats att för aktuell grundplatta i brottgränstillstånd gäller:

$$S_{vd} = 131 < R_{vd} = 210 \text{ kN/m}$$

$$s_d = 0,093 < s_{acc} = 0,10 \text{ m}$$

$$S_{hd} = 15,6 < R_{hd} = 39 \text{ kN/m}$$

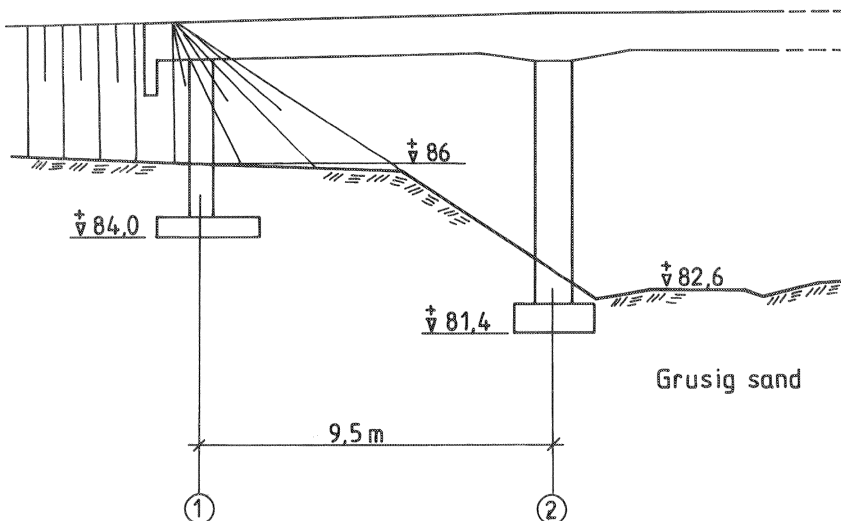
9.4 Dimensionering av bottenplattor för vägbro

9.41 Dimensioneringsförutsättningar

- Konstruktion i säkerhetsklass 3 (SK3)
- Geoteknisk klass 2 (GK2)
- Jordart: grusig sand
- Viktsondering (Vim) utförd: $hv/0,2 \text{ m} > 80$
mycket fast
- Grundläggningsnivå: stöd 1: + 84,0
stöd 2: + 81,4
- Grundvattennivån är belägen på större djup än $2b$ under grundläggningsnivåerna

I bruksgränstillstånd:

- Acceptabel totalsättning: 0,03 m
- Acceptabel sättningsdifferens: 0,15% av spannlängden



Figur 9.12 Dimensioneringsförutsättningar

9.42 Dimensionering i brottgränstillstånd

1. Dimensionerande jordmodell

$$hv/0,2 \text{ m} > 80 \rightarrow \phi_k = 42^\circ \quad (\text{tabell 1:3})$$

$$\phi_d = \arctan \frac{\phi_k}{\gamma_n \cdot \gamma_m} \quad (\text{kapitel 1.63})$$

$$\gamma_n = 1,2 \text{ (NR 1 kapitel 6:11, SK3)}$$

$$\gamma_m = 1,15 \text{ (NR 1 tabell kapitel 6:354, gynnsamma förhållanden)}$$

$$\phi_d = \arctan \frac{\tan 42^\circ}{1,2 \cdot 1,15} \rightarrow \phi_d = 33,1^\circ$$

I detta fall saknas uppgifter om jordens tunghet varför ett värde väljs enligt *tabell 1:2*.

$$\gamma_d = \gamma_k = 18 \text{ kN/m}^3$$

2. Grundläggningsdjup

Stöd 1

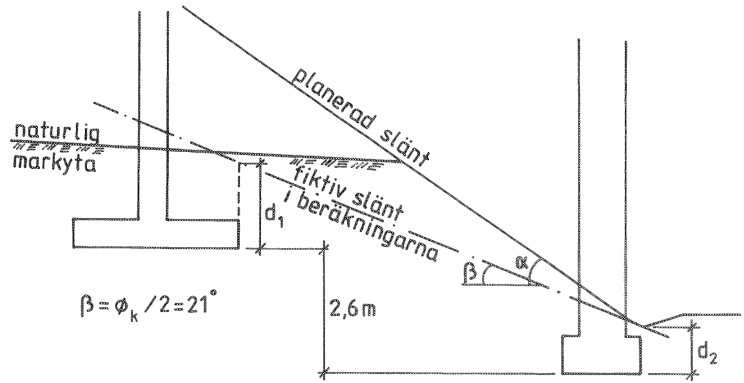
Lutningen, α , på intilliggande markyta överstiger $\phi_k/2$. Allmänna bärlighetsekvationen kan ej användas direkt, *kapitel 2.42*. För att få fram dimensionerna på grundplattan görs därför en modifiering av slänten, enligt *figur 9.13*. Stabiliteten kontrolleras sedan med en släntstabilitetsberäkning för den verkliga slänten.

För stöd 1: $d_1 = 1,8 \text{ m}$

Stöd 2

För stöd 2 kan allmänna bärlighetsekvationen användas direkt.

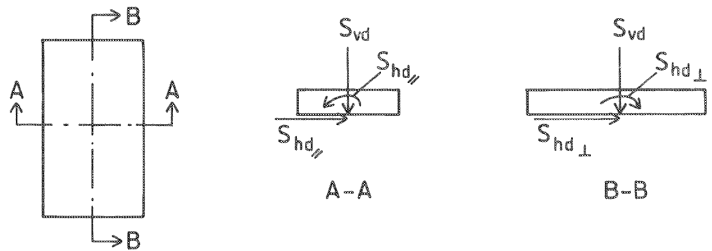
För stöd 2: $d_2 = 1,0 \text{ m}$



Figur 9.13 Konstruktion av fiktiv slänt så att allmänna bärighets-ekvationen kan användas för stöd 1

3. Dimensionerande lastmodell

Dimensionerande laster:



Figur 9.14 Dimensionerande laster, definitioner.

Tabell 9:1 Lastförutsättningar

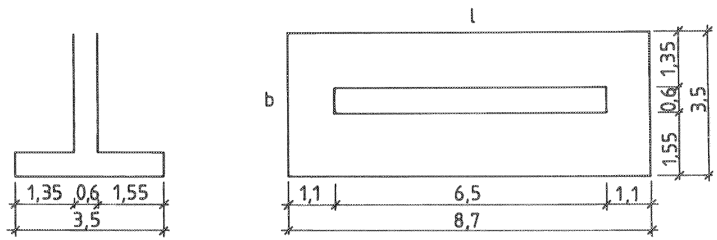
		BRONORM 88		
		Brottgränstillstånd	Bruksgränstillstånd	
			Lastkomb. IV kN alt kNm	Lastkomb. V:A kN alt kNm
Stöd	Lasttyp			
Stöd 1	S_{vd}	2 908	4 726	3 345
	$S_{hd }$	1 340	377	360
	$S_{Md }$	-1 884	-708	-888
	$S_{hd\perp}$	93	93	6
	$S_{Md\perp}$	845	2 067	80
Stöd 2	S_{vd}	7 568	6 796	4 997
	$S_{hd }$	169	198	166
	$S_{Md }$	367	277	380
	$S_{hd\perp}$	47	47	3
	$S_{Md\perp}$	3 390	2 091	75

Enligt Bronorm 88 *kapitel 22* är lastkombinationerna IV och V:A huvudbelastningsfall i brott- respektive bruksgränstillstånd. Den lastkombination som är dimensionerande för undergrunden i bruksgränstillstånd är dock den sättningsgivande lasten (*kapitel 3.30*). Denna består av permanenta laster (enligt *tabell 22.2*, Bronorm 88) + variabel last där lastkoefficienten $\psi_\gamma = 0.03$ (OBS! stämmer ej med Bronorm 88).

Lasterna i *tabell 9:1* är nedräknade till underkant platta och samtliga lastbidrag ingår.

Stöd 1

Antag plattstorlek 3,5×8,7 m, dimensioner i övrigt se *figur 9.15*.



Figur 9.15 Grundplatta – dimensioner, stöd 1

Effektiv plattstorlek:
excentricitet

$$e_b = \frac{S_{Md\parallel}}{S_{vd}} = \frac{-1884}{2908} = -0,65 \text{ m}$$

$$b_{ef} = 2(1,85 - 0,65) = 2,4 \text{ m}$$

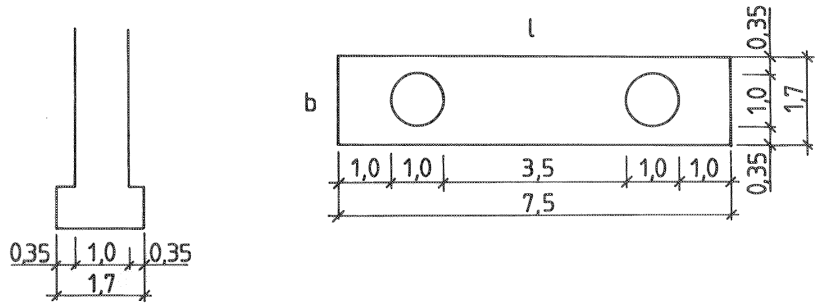
$$e_l = \frac{S_{Md\perp}}{S_{vd}} = \frac{845}{2908} = 0,29 \text{ m}$$

$$l_{ef} = 2(4,35 - 0,29) = 8,12 \text{ m}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \cdot l_{ef} = 19,50 \text{ m}^2$$

Stöd 2

Antag plattstorlek 1,7×6,7 m, dimensioner i övrigt se *figur 9.16*.



Figur 9.16 Grundplatta – dimensioner, stöd 2

Effektiv plattstorlek:

$$\begin{aligned} b_{ef} &= 1,6 \text{ m} \\ l_{ef} &= 5,8 \text{ m} \\ A_{ef} &= 9,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4. Dimensionerande vertikal bärförmåga

Dimensioneringsvillkor: $S_{vd} \leq R_{vd}$

Dimensionerande vertikal bärförmåga R_{vd} på friktionsjord beräknas enligt *ekvation 3.9*.

$$R_{vd} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} (A_{ef} c'_d N_{cd} \xi_{cd} + A_{ef} q'_d N_{qd} \xi_{qd} + 0,5 A_{ef} \gamma'_d b_{ef} N_{\gamma d} \xi_{\gamma d})$$

$$\gamma_{Rd} = 1,0$$

För friktionsjord kan kohesionen försummas, dvs $c'_d = 0$.

$$\phi_d = 33,1^\circ \rightarrow \begin{cases} N_{\gamma d} = 24,5 \\ N_{qd} = 26,3 \end{cases} \quad (\text{tabell 3:2})$$

Stöd 1

Effektiv vertikalspänning på grundläggningsnivån

$$q'_d = \gamma_d \cdot d_{\min} \cdot \cos \beta = 18 \cdot 1,8 \cos 21 = 30,2 \text{ kPa} \quad (\text{figur 2.19})$$

Jordens effektiva tungnet under grundläggningsnivån $\gamma_d' = \gamma_d$

Inverkan av hållfasthet hos jorden över grundläggningsnivån

$$d_{qd} = 1 + 0,35 \frac{d}{b_{ef}} = 1,26 \quad (2.53b)$$

$$d_{\gamma d} = 1 \quad (2.53c)$$

Formfaktorer:

$$s_{qd} = 1 + \tan \phi_d \cdot \frac{b_{ef}}{l_{ef}} = 1,19 \quad (2.54c)$$

$$s_{\gamma d} = 1 - 0,4 \frac{b_{ef}}{l_{ef}} = 0,88 \quad (2.54d)$$

Inverkan av lutande last:

$$i_{qd} = \left(1 - \frac{H}{V + b_{ef} \cdot l_{ef} \cdot c \cdot \cot \phi_d} \right)^m = 0,35 \quad (2.55c)$$

$$i_{\gamma d} = \left(1 - \frac{H}{V + b_{ef} \cdot l_{ef} \cdot c \cdot \cot \phi_d} \right)^{m+1} = 0,19 \quad (2.55d)$$

$$m_1 = (2 + l_{ef}/b_{ef}) / (1 + l_{ef}/b_{ef}) = 1,23$$

$$m_b = \left(2 + \frac{b_{ef}}{l_{ef}} \right) / \left(1 + \frac{b_{ef}}{l_{ef}} \right) = 1,77$$

$$m = m_1 \cos^2 \theta + m_b \sin^2 \theta = 1,80 \quad (2.56)$$

$$\theta = \arctan \frac{S_{hd\parallel}}{S_{hd\perp}} = 85,9^\circ$$

$$= 1,23 \cos^2 85,9 + 1,77 \sin^2 85,9 = 1,77$$

Inverkan av lutande intilliggande markyta:

$$g_q = g_\gamma = 1 - \sin 2\beta = 0,33 \quad (2.57c,d)$$

Övriga korrektionsfaktorer (ξ) = 1,0

$$R_{vd} = 0 + 19,50 \cdot 30,2 \cdot 26,3 \cdot 1,26 \cdot 1,19 \cdot 0,35 \cdot 0,33 + \\ + 0,50 + 19,50 \cdot 18 \cdot 2,40 \cdot 24,5 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 0,19 \cdot \\ \cdot 0,33 = 2682 + 569 = 3251 \text{ kN}$$

$$S_{vd} = 2908 \text{ kN} \leq R_{vd} = 3251 \text{ kN}$$

Med ansatta dimensioner uppfylls således brottgränsvillkoret varvid grundtrycket kommer att uppgå till 149 kPa ($q = 2908 / (2,4 \cdot 8,12)$).

Kontroll av ansatta plattdimensioner med en stabilitetsberäkning för den verkliga släntlutningen visar att stabiliteten är tillfredsställande.

Stöd 2

Motsvarande beräkning för stöd 2 ger;

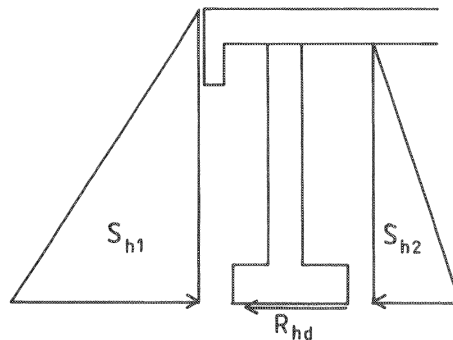
$$R_{vd} = 8193 \text{ kN} \\ S_{vd} = 7568 \text{ kN} < R_{vd} = 8193$$

Med ansatta dimensioner uppfylls således brottgränsvillkoret varvid grundtrycket kommer att uppgå till 816 kPa ($q = 7568 / (1,6 \cdot 5,8)$)

5. Dimensionerande horisontell bärförmåga

Dimensioneringsvillkor: $S_{hd} \leq R_{hd}$

Stöd 1



Figur 9.17 Horisontella lastkomponenter

$$R_{hd} = \sigma \cdot A_{ef} \tan \phi_d = 2908 \tan 33,1 = 1896 \text{ kN} \quad (\text{jfr 2.74})$$

$$S_{hd\parallel} = S_{h1} - S_{h2} = 1340 \text{ kN} < R_{hd} = 1896 \text{ kN}$$

Dimensioneringsvillkoret är således uppfyllt.

Stöd 2

Motsvarande beräkning för stöd 2 ger:

$$R_{hd} = 4934 \text{ kN}$$

$$S_{hd} = 169 \text{ kN} < R_{hd} = 4934 \text{ kN}$$

Dimensioneringsvillkoret är således uppfyllt.

9.43 Dimensionering i bruksgränstillstånd

1. Dimensionerande jordmodell

Karakteristiskt värde på E -modul för friktionsjord bestäms med ledning av sonderingsresultat enligt *tabell 1:3*.

Mycket fast $\rightarrow E_k = 60 \text{ MPa}$ (*tabell 1:3*)

Partialkoefficienten $\gamma_n = 1,0$ (NR 1 kapitel 6:355)

Partialkoefficienten $\gamma_m = 1,5$ (NR 1 kapitel 6:355, medelgoda förhållanden)

$$E_d = \frac{E_k}{\gamma_n \cdot \gamma_m} = \frac{60}{1,0 \cdot 1,5} = 40 \text{ MPa}$$

2. Dimensionerande last – spänningsmodell

Stöd 1

Dimensionerande last i bruksgränstillstånd $S_{vd} = 3345 \text{ kN}$. Lastökningen på grundläggningsnivån = dim.last i bruksgränstillstånd – teoretiskt bortschaktad jordvolym + tillskott från tillfartsbanken.

Djup från ursprunglig markyta till grundläggningsnivån = 2,0 m.

$$Q_{\text{netto}} = 3345 - 2 \cdot 3,5 \cdot 8,7 \cdot 18 + Q_{\text{bank}} = 2249 + Q_{\text{bank}} \text{ kN}$$

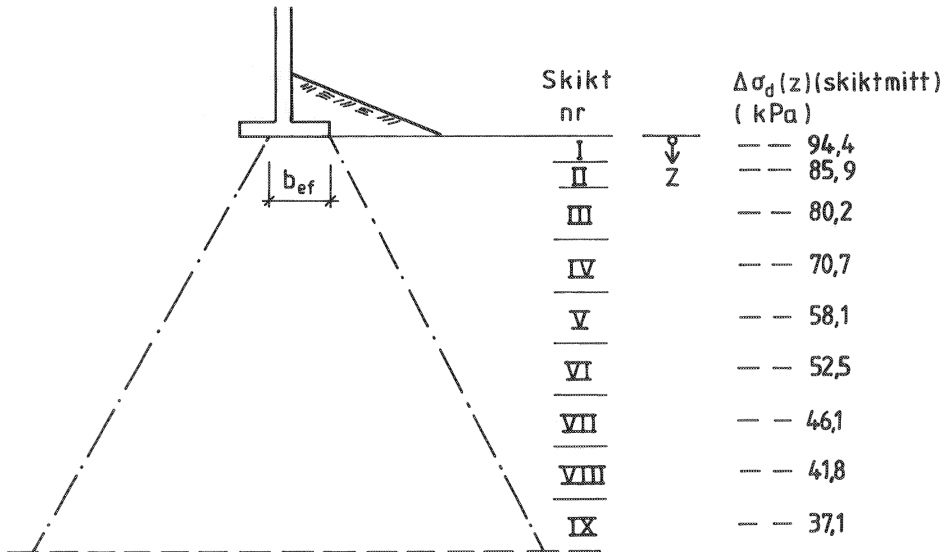
Tillskott från tillfartsbanken (Q_{bank}) beräknas med hjälp av Steinbrenners metod (*kapitel 2.13*).

Dimensionerande tillskottsspänning $\Delta\sigma_d$ på aktuell nivå och för den effektiva plattareans mittpunkt kan beräknas med hjälp av 2:1-metoden, se figur 9.18.

$$\Delta\sigma_d(z) = \frac{2249 / 27,37*}{\left(1 + \frac{z}{3,16}\right) \left(1 + \frac{z}{8,66}\right)} + \Delta\sigma_{\text{bank}}$$

* Effektiv area för den sättningsgivande lasten.

Indelningen i skikt för beräkning av tillskottsspänningen från banken görs så att den motsvarar skiktindelningen för övriga tillskottsspänningar.



Figur 9.18 Indelning i skikt och beräkning av tillskottsspänningen på aktuell nivå.

Stöd 2

Motsvarande beräkning för stöd 2 ger:

$$Q_{\text{netto}} = 4074 + Q_{\text{bank}}$$

Djup från ursprunglig markyta till grundläggningsnivån = 4,5 m.

Tillskott från tillfartsbanken (Q_{bank}) beräknas med hjälp av Steinbrenners metod (kapitel 2.13).

$$\Delta\sigma_d(z) = \frac{4074/10,26*}{\left(1 + \frac{z}{1,54}\right)\left(1 + \frac{z}{6,66}\right)} + \Delta\sigma_{\text{bank}}$$

* Effektiv area för den sättningsgivande lasten.

3. Dimensionerande jordspänningar

Rådande effektiva vertikalspänningar (σ_o') ingår ej i vald beräkningsmodell, se nedan, varför dessa ej bestäms här.

4. Dimensionerande deformationer

Dimensioneringsvillkor: $s_d < s_{\text{accept}}$

Kontroll av att dimensionerande lasteffekt i bruksgränstillstånd är mindre än 2/3 av dimensionerande bärförmåga i brottgränstillstånd:

För att kunna göra denna kontroll måste dimensionerande bärförmåga för effektiva plattan i bruksgränstillstånd beräknas.

Stöd 1

$$S_{vd} = 3345 \text{ kN} \quad S_{hdL} = 360 \text{ kN} \quad S_{MdL} = -888 \text{ kNm}$$

$$S_{hdL} = 6 \text{ kN} \quad S_{MdL} = 80 \text{ kNm}$$

$$b_{ef} = 2(1,85 - 0,27) = 3,16 \text{ m}$$

$$l_{ef} = 2(4,35 - 0,02) = 8,66 \text{ m} \quad A_{ef} = 27,37 \text{ m}^2$$

$$d_I = 1,8 \text{ m}$$

$$q_d = 30,2 \text{ kPa}$$

$$d_{qd} = 1,20 \quad d_{\gamma d} = 1$$

$$s_{qd} = 1,24 \quad s_{\gamma d} = 0,85$$

$$g_{qd} = g_{\gamma d} = 0,33$$

$$m_l = 1,27 \quad m_b = 1,73$$

$$m = 1,73 \quad \theta = \arctan \frac{360}{6} = 89^\circ$$

$$i_{qd} = 0,82 \quad i_{\gamma d} = 0,73$$

$$R_{vd} = 3,16 \cdot 8,66 \cdot 30,2 \cdot 26,3 \cdot 1,20 \cdot 1,24 \cdot 0,82 \cdot 0,33 + 3,16 \cdot 8,66 \cdot 0,5 \cdot 18 \cdot 3,16 \cdot 24,5 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,73 \cdot 0,33 = 8752 + 3904 = 12656 \text{ kN}$$

$$\frac{2}{3} R_{vd} = \frac{2}{3} 12656 = 8437 > S_{vd} = 3345$$

Dimensionerande sättning s_d beräknas ur ekvationen:

$$s_d = \sum_0^i \frac{\Delta\sigma_d}{E_d} \cdot \Delta z \cdot \gamma_{Rd} \quad (\text{jfr ekv. 3.29})$$

$$\gamma_{Rd} = 1,0$$

Beräkning utförs till det djup (16 m) där tillskottsspänningen är $\approx 10\%$ av rådande effektivtryck.

Skikt nr	Δz (m)	$\Delta\sigma_d$ (kPa)	s_d (m) $M_d = 40$ MPa	s_k (m)* $M_k = 60$ MPa
I	1	$67,1+27,3^{**} = 94,4$	0,0024	0,0016
II	2	$47,5+38,4 = 85,9$	0,0021	0,0014
III	2	$31,3+48,9 = 80,2$	0,0040	0,0027
IV	2	$20,2+50,5 = 70,7$	0,0035	0,0024
V	2	$14,1+44,0 = 58,1$	0,0029	0,0019
VI	2	$10,5+42,0 = 52,5$	0,0026	0,0018
VII	2	$8,1+38,0 = 46,1$	0,0023	0,0015
VIII	2	$6,4+35,4 = 41,8$	0,0021	0,0014
IX	2	$5,2+31,9 = 37,1$	0,0019	0,0012
			$\Sigma 0,0238$ m	$\Sigma 0,0159$ m

* för beräkning av sättningdifferens

** $\Delta\sigma_{\text{bank}}$ beräknas med Steinbrenners metod, *kapitel 2.13*

Stöd 2

Motsvarande beräkning för stöd 2 ger:

$$R_{vd}^* = 8779 \text{ kN}$$

* R_{vd} för sättninggivande last

$$\frac{2}{3} R_{vd} = \frac{2}{3} 8779 = 5852 > S_{vd} = 4997$$

$$\Delta\sigma_d = \frac{397}{\left(1 + \frac{z}{1,54}\right) \left(1 + \frac{z}{6,66}\right)} + \Delta\sigma_{\text{bank}}$$

Dimensionerande sättning, $s_d = 0,0252$ m

Karakteristisk sättning, $s_k = 0,0182$ m

5. Samverkan

Samverkanskontroll skall ske enligt *kapitel 3.54*. Detta har dock ej beaktats i detta exempel.

6. Sättningsdifferenser

	s_k (m)	s_d (m)
Stöd 1	0,0159	0,0238
Stöd 2	0,0182	0,0272

Enligt *ekvation 3.30* ($s_{k2} > s_{k1}$):

$$\Delta s_d = s_{d2} - s_{k1} = 0,0272 - 0,0159 = 0,0113 \text{ m}$$

Sättningskillnadstillskott enligt *kapitel 3.55* alternativ 2:

$$\begin{aligned} \Delta s_d &= s_{d2} - s_{d1} + \alpha \cdot \frac{s_{k1} + s_{k2}}{2} \\ &= 0,0272 - 0,0238 + 0,5 \cdot \frac{0,0159 + 0,0182}{2} \\ &= 0,0034 + 0,0085 = 0,0119 \text{ m} \end{aligned}$$

*Från *tabell 3:4*

7. Dimensioneringsvillkor

Kontroll av att uppställda dimensioneringsvillkor (enligt 9.41) är uppfyllda:

Totalsättning:

Stöd 1 $s_d \approx 0,024 \text{ m}$

Stöd 2 $s_d \approx 0,027 \text{ m}$

$s_{acc} = 0,03 \text{ m} > s_d$ (dim.villkoret uppfyllt)

Sättningsdifferens:

$$\Delta s_d \approx 0,012 \text{ m}$$

$$\text{Spannlängden} = 9,5 \text{ m} \rightarrow \Delta s_{acc} = 0,0015 \cdot 9,5 = 0,0143 \approx 0,014 \text{ m}$$

$$\Delta s_{acc} > \Delta s_d \text{ (dim.villkoret uppfyllt)}$$

9.5 Densitets- och fasthetskontroll, exempel

9.51 Densitetskontroll av grovkornig jordfyllning med volymer

Godkännandekriterium

För ett krav där sannolikheten är att minst 90 % av den packade fyllningen har en torrdensitet större än $1,85 \text{ t/m}^3$ med 90 % konfidensgrad, ($Q = 0,90$), behöver följande utvärdering göras.

Stickprovskontroll

Fem stickprov ($n = 5$) togs med vattenvolymer och gav följande resultat:

Prov	1	2	3	4	5
x_i	1,91	1,87	1,96	1,94	1,99

Utvärdering

Medelvärde beräknas med *ekvation 7.1* till

$$\bar{x} = 1,93 \text{ t/m}^3$$

och standardavvikelsen med *ekvation 7.2* till

$$s = 0,046 \text{ t/m}^3$$

Enligt *tabell 7:4* erhålls $k_1 = 2,74$ varför x_L kan beräknas med *ekvation 7.3* till

$$x_L = 1,93 - 2,74 \cdot 0,046 = 1,80 \text{ t/m}^3$$

Fyllningen kan inte godkännas eftersom $x_L = 1,80$ är mindre än $x_{min} = 1,85$.

Om kravet $P \geq 0,90$ dvs att sannolikheten skall vara lägst 90 % att fyllningens torrdensitet är högre än $x_{min} = 1,85$, sänks till $P \geq 0,75$ erhålls $k_1 = 1,70$, vilket ger $x_L = 1,85$. Om det är acceptabelt att sannolikheten är lägst 75 % att fyllningen har högre torrdensitet än 1,85 kan alltså fyllningen godkännas.

9.52 Densitetskontroll av grovkornig jordfyllning med Troxler

Godkännandekriterium

För ett krav där sannolikheten är att minst 90 % av den packade fyllningen har en torrdensitet större än 1,80 och mindre än 2,10 t/m³ med 90 % konfidensgrad, dvs $P = 0,90$ och $x_{min} = 1,80$ t/m³ respektive $x_{max} = 2,10$ t/m³ samt $Q = 0,90$, behöver följande utvärdering göras.

Stickprovskontroll

Fem stickprov ($n = 5$) togs med Troxler och gav följande resultat:

Prov	1	2	3	4	5
x_i	1,91	1,87	1,96	1,94	1,99

Utvärdering

Medelvärdet beräknas med *ekvation 7.1* till

$$\bar{x} = 1,93 \text{ t/m}^3$$

och standardavvikelsen med *ekvation 7.2* till

$$s = 0,046 \text{ t/m}^3$$

Enligt *tabell 7:4* erhålls $k_2 = 3,49$ ($n = 5$, $P = 0,90$ och $Q = 0,90$) varför x_L kan beräknas med *ekvation 7.4a* till

$$x_L = 1,93 - 3,49 \cdot 0,046 = 1,77 \text{ t/m}^3$$

och x_U beräknas med *ekvation 7.4b* till

$$x_U = 1,93 + 3,49 \cdot 0,046 = 2,09 \text{ t/m}^3$$

Eftersom $x_L = 1,77$ är lägre än $x_{min} = 1,80$ kan fyllningen inte godkännas. Detta innebär dock inte nödvändigtvis att fyllningen skall underkännas. Eventuellt kan ett utökad antal prov medföra att fyllningen kan godkännas. Därför utförs ytterligare fem Troxlerprov med följande resultat:

Prov	6	7	8	9	10
x_i	1,87	1,93	1,92	1,97	2,02

Medelvärde för alla tio prov beräknas med *ekvation 7.1* till

$$\bar{x} = 1,94 \text{ t/m}^3$$

och standardavvikelsen med *ekvation 7.2* till

$$s = 0,049 \text{ t/m}^3$$

Genom att stickprovet vuxit från $n = 5$ till $n = 10$ sjunker k_2 från 3,49 till 2,54. *Ekvation 7.4a* ger

$$x_L = 1,94 - 2,54 \cdot 0,049 = 1,82 \text{ t/m}^3$$

och med *ekvation 7.4b* beräknas

$$x_U = 1,94 + 2,54 \cdot 0,049 = 2,06 \text{ t/m}^3$$

$x_L = 1,82$ är högre än $x_{min} = 1,80$ och $x_U = 2,06$ är lägre än $x_{max} = 2,10$, varför fyllningen kan godkännas.

9.53 Fasthetskontroll av finkornig jordfyllning med vingsond

Godkännandekriterium

För ett krav där sannolikheten är att minst 90 % av en packad lerfyllning har en skjuvhållfasthet i intervallet 60 till 80 kPa med 75 % konfidensgrad, dvs $P=0,90$ och $x_{min}=60$ kPa respektive $x_{max} = 80$ kPa samt $Q = 0,75$, behöver följande utvärdering göras.

Stickprovskontroll

Tjugo vingsonderingar ($n = 20$) utfördes med följande resultat:

Prov	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i	68	73	71	69	78	72	79	82	77	72
Prov	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
x_i	71	67	70	78	74	66	69	60	84	80

Utvärdering

Medelvärde beräknas med *ekvation 7.1* till

$$\bar{x} = 73 \text{ kPa}$$

och standardavvikelsen med *ekvation 7.2* till

$$s = 6,0 \text{ kPa}$$

Enligt *tabell 7:4* ($n = 20$, $P = 0,90$ och $Q = 0,75$) erhålls $k_2 = 1,93$ varför x_L kan beräknas med *ekvation 7.4a* till

$$x_L = 73 - 1,93 \cdot 6,0 = 61 \text{ kPa}$$

och x_U beräknas med *ekvation 7.4b* till

$$x_U = 73 + 1,93 \cdot 6,0 = 85 \text{ kPa}$$

Eftersom $x_L = 61$ är högre än $x_{min} = 60$ men $x_U = 85$ är högre än $x_{max} = 80$ kPa kan fyllningen inte godkännas.

Om godkännandekriteriet saknat en övre gräns x_{max} , dvs om kravet endast varit att sannolikheten är att 90 % av fyllningen med 75 % konfidensnivå skall ha högre skjuvhållfasthet än $x_{min} = 60$ kPa hade följande resultat i stället erhållits.

x_L beräknad med *ekvation 7.3* för $k_1 = 1,53$ ($n = 20$, $P = 0,90$ och $Q = 0,75$) ger

$$x_L = 73 - 1,53 \cdot 6,0 = 64 \text{ kPa}$$

Eftersom $x_L = 64$ är högre än $x_{min} = 60$ kPa skall fyllningen i detta fall godkännas. En studie av k_1 -värdena i tabellen visar att fyllningen kunnat godkännas även om konfidensgraden Q varit så hög som 0,95 eller sannolikheten P ökats till 0,95.

