

**Tentamen i geoteknik med grundläggning
BOM355
Måndag den 25/10 2021 kl. 8:30 – 12:30**

**Telefon till jourhavande lärare på institutionen:
Mats Karlsson 031-772 2101 eller 0721-58 22 54**

Allmänt

Tentamen består av beräkningsuppgifter i två delar med efterföljande ”teori”-frågor. Varje resultat skall styrkas med en **väl strukturerad** beräkning där alla eventuella antaganden **tydligt** framgår. Vidare skall eventuella resonemang och/eller värderingar av dina beräkningar motiveras.

Max poäng på tentamen är 100 poäng och fördelas på uppgifterna, se respektive uppgift. Följande krav måste också vara uppfyllt för att få godkänt på tentamen, minst 40% av respektive huvuduppgift, dvs om tentamen består av två huvuduppgifter med t.ex. 1a delen behandlar sättningar och 2a delen stödkonstruktion med tillhörande teori så måste man få minst 40% av poängen från varje del för att klara minikravet.

Hjälpmedel vid räkne delen enbart

Valfri miniräknare, kursboken ”Geoteknik, Sällfors. Göran”, formelsamlingar och matematiska uppslagsverk.

Dock får inga egenhändigt lösta exempel finnas. Stöd anteckningar i boken accepteras.

Övrigt: Tesen får behållas av studenten om inga lösningsförslag finns på den.

Granskning tid kommer utlysas på Canvas.

Betygsgränser (tentamen inkl. projekt)

Underkänt <50p
Betyg 3 - 50-70p
Betyg 4 - 71-85p
Betyg 5 - 86-100p

Anonym tentamenskod:.....

Räkne- samt teoridelen (100% av tentamens poäng)

Uppgift 1 Sättning och stabilitet (45p)

En byggnad som är 15m lång och 7.5m bred ska byggas och en sättningsberäkning behöver utföras. Byggnaden kommer ha en last på 70 kPa. Jorden består av 2 meter torrskorpa med $\gamma=17 \text{ kN/m}^3$ följt av en lera som har en mäktighet på 10 m med $\gamma=15 \text{ kN/m}^3$. Under leran bedöms det finns en fast morän. Grundvattenytan bedöms ligga på 1m djup från markytan. Tre CRS-försök har utförts, utvärderade resultat syns nedan.

Beräkna slutsättning samt sättningen efter 5 år och 10 år. (28p)

| Djup | M0 (kPa) | ML (kPa) | σ'_c (kPa) | k (m/dag) |
|------|----------|----------|-------------------|-------------|
| 4m | 2000 | 500 | 55 | 5.18e-5 |
| 7m | 2400 | 600 | 72 | 5.18e-5 |
| 10m | 2500 | 690 | 82 | 5.18e-5 |

”Teori”-frågor

- Om det skulle finnas ett sandlager mellan 6 och 8 meters djup, dvs en tjocklek på 2m, i jordprofilen ovan (i övrigt samma jordlagerföljd) på vilka sätt skulle det påverka din beräkning. Motivera ditt svar kortfattat (text +ev. figur). (7p)
- En sjö har ett vattendjup på 5m men pga torka sjunker vattenytan med 5m. Vad händer med total- och effektivspänning 5m under sjöbotten? Sjöbotten består av sand med $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$. Motivera ditt svar kortfattat (text +ev. figur). (10p)

Anonym tentamenskod:.....

Uppgift 2 Jordtryck & stabilitet (55p)

En 5,0 m djup schakt skall utföras i Uddevalla för en simbassäng. Schakten har utbredningen 60 m x 40 m och utförs inom spont vilken förankras med stag på en nivå motsvarande 1,0 m under markytan.

Jordlagren i området utgörs av lera till 5,0 m djup och därunder sand. Grundvattenytan är belägen på 5,0 m djup under markytan med hydrostatisk tryckfördelning mot djupet. Jordlagrens egenskaper framgår av tabellen nedan.

| Egenskaper lera | |
|---|----------------------|
| Konflytgräns, w_L | 50 % |
| Okorrigerad odränerad skjuvhållfasthet, c_u | 35 kPa |
| Tunghet ovan grundvattenytan, γ | 17 kN/m ³ |
| Effektiv tunghet under grundvattenytan, γ' | 7 kN/m ³ |
| Egenskaper sand | |
| Friktionsvinkel, φ' | 33 ° |
| Tunghet ovan grundvattenytan, γ | 19 kN/m ³ |
| Effektiv tunghet under grundvattenytan, γ' | 11 kN/m ³ |

Ytterligare förutsättningar:

- Säkerhetsfaktor $\gamma_m=1,4$ skall tillämpas på lerans hållfasthetsegenskaper och $\gamma_m=1,3$ på sandens hållfasthetsegenskaper.
- Råhet mellan spontvägg-lera skall sättas till 0 och mellan spontvägg-sand till 0,5.
- Schakten angränsar mot en väg, denna kommer att nyttjas för transporter och materialupplag motsvarande en utbredd last 10 kPa.

- a) Beräkna och redovisa dimensionerande jordtryck samt bestäm erforderlig spontlängd och stagkraft. (30p)
- b) Simbassängen gjuts med en 0.5m tjock betongplatta ($q=0.5*24=12$ kPa). Om 10 år stiger grundvattentrycket i området i samband med ett kraftigt regn så att vattentrycket mot underkant bottenplatta blir 30 kPa. Beräkna minsta vattendjup i bassängen för att säkerheten mot hydraulisk bottenuppträckning skall vara 1,1. (10p)
- c) En ledningsschakt i området skall utföras med släntvinkel 40° till 2 m djup. Även här gäller en belastning $q=10$ kPa. Beräkna säkerheten mot odränerat stabilitetsbrott med hjälp av direktmetoden. Ansätt sandlagret på 5 m djup som fast botten (dvs $D=3m$) (15p)

Lösningförslag sättningssuppgift 20211025

En byggnad som är 15m lång och 7.5m bred ska byggas och en sättningsberäkning behöver utföras. Byggnaden kommer ha en last på 70 kPa. Jorden består av 2 meter torrskorpa med $\gamma=17 \text{ kN/m}^3$ följt av en lera som har en mäktighet på 10 m med $\gamma=15 \text{ kN/m}^3$. Under leran bedöms det finns en fast morän. Grundvattenytan bedöms ligga på 1m djup från markytan. Tre CRS-försök har utförts, utvärderade resultat syns nedan.

Beräkna slutsättning samt sättningen efter 5 år och 10 år.

| Djup | M0 (kPa) | ML (kPa) | σ'_c (kPa) | k (m/dag) |
|------|----------|----------|-------------------|-------------|
| 4m | 2000 | 500 | 55 | 5.18e-5 |
| 7m | 2400 | 600 | 72 | 5.18e-5 |
| 10m | 2500 | 690 | 82 | 5.18e-5 |

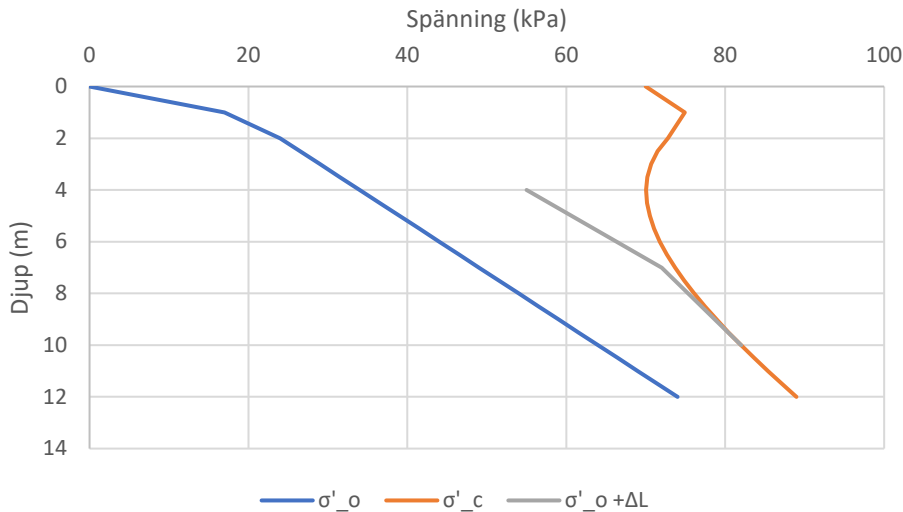
Lösningförslag

Börjar med att räkna ut lastspridning en last på 70 kPa och $7.5*15 \text{ m}^2$ area.

$$\Delta l = \frac{b * l * q}{(d + b)(d + l)} = \frac{7.5 * 15 * 70}{(d + 7.5)(d + 15)}$$

Där efter totalspänning, portryck, effektivspänning samt lastspridning mot djup

| Djup (m) | σ_o (kPa) | u (kPa) | σ'_o (kPa) | ΔL (kPa) | $\sigma'_o + \Delta L$ |
|----------|------------------|-----------|-------------------|------------------|------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 70.0 | 70.0 |
| 1 | 17 | 0 | 17 | 57.9 | 74.9 |
| 2 | 34 | 10 | 24 | 48.8 | 72.8 |
| 3 | 49 | 20 | 29 | 41.7 | 70.7 |
| 4 | 64 | 30 | 34 | 36.0 | 70.0 |
| 5 | 79 | 40 | 39 | 31.5 | 70.5 |
| 6 | 94 | 50 | 44 | 27.8 | 71.8 |
| 7 | 109 | 60 | 49 | 24.7 | 73.7 |
| 8 | 124 | 70 | 54 | 22.1 | 76.1 |
| 9 | 139 | 80 | 59 | 19.9 | 78.9 |
| 10 | 154 | 90 | 64 | 18.0 | 82.0 |
| 11 | 169 | 100 | 69 | 16.4 | 85.4 |
| 12 | 184 | 110 | 74 | 15.0 | 89.0 |



Delar in jorden i tre skikt, eventuella sättningar i torrskorpan försummas. Moduler och förkonsolideringstryck för skiktmitt tas fram med linjärinterpolering.

2m till 6m, skiktmitt vid 4m djup, fall 2:

$$S_1 = 4 \left(\frac{55 - 34}{2000} + \frac{70 - 55}{500} \right) = 0.042 + 0.12 = 0.162m$$

6m till 10m, skiktmitt vid 8m djup, fall 2:

$$S_2 = 4 \left(\frac{75 - 54}{2450} + \frac{76.1 - 75}{600} \right) = 0.03429 + 0.00727 = 0.04155m$$

10m till 12m, skiktmitt vid 10m djup, fall 1:

$$S_3 = 2 \left(\frac{16.4}{2530} \right) = 0.0129m$$

Total sättning:

$$S_1 + S_2 + S_3 = 0.162 + 0.04155 + 0.0129 = 0.216m$$

Tidsberoende

Antar att moränen under leran har en högre permeabilitet än leran och är ett dränerade skikt. De sista 2m med överkonsoliderad lera antas inte vara tjock nog för att bli ett tätskikt, därför antas dubbel dränerat och **Kurva C**. Höjden i ekvationen blir höjden på skikten med konsolideringssättningar alltså $8/2=4m$.

k är given så C_v behövs räknas ut med följande ekvation:

$$C_v = \frac{M_l * k}{\gamma_w}$$

M_L tas från mittpunkten av skiktet med konsolideringssättningar vilket blir djup 6 meter så konsolideringskoefficienten C_v blir följande:

$$C_v = \frac{566 * 5.18 * 10^{-5}}{10} = 2.93 * 10^{-3} \frac{m^2}{dag}$$

Tidsfaktorn T_v räknas där efter ut för 5 och 10 år-

T_v för 5 år

$$T_{v5\text{år}} = 2.93 * 10^{-3} \frac{(5 * 365)}{4^2} = 0.33$$

T_v för 10 år

$$T_{v10\text{år}} = 2.93 * 10^{-3} \frac{(10 * 365)}{4^2} = 0.67$$

Vilket ger konsolideringsgraderna $U_{v5} = 0.65$ och $U_{v10} = 0.85$

Sättningen efter 5år:

$$S_5 = 0.089 + 0.1276 * 0.65 = 0.172m$$

Sättningen efter 10år:

$$S_{10} = 0.089 + 0.1276 * 0.85 = 0.197m$$

Teorifrågor

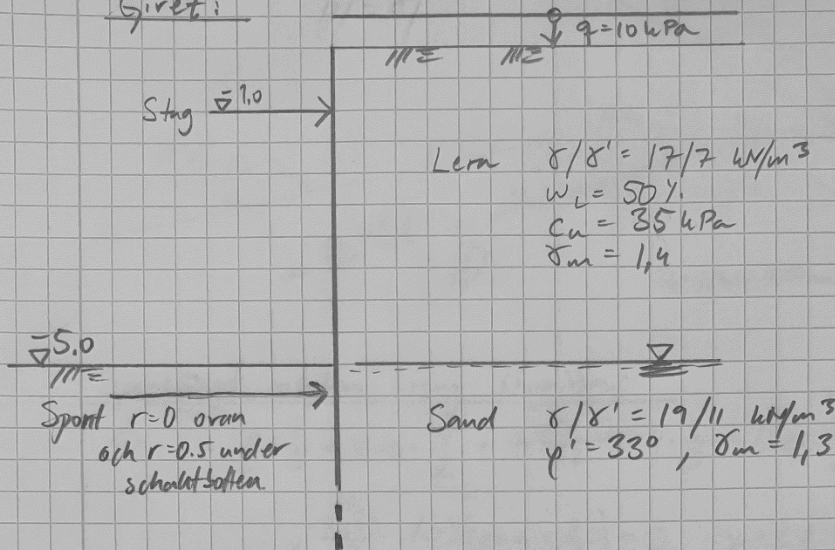
- Ett sandlager mellan 6 och 8 meters djup kommer att förändra dräneringsvägarna för konsolideringssättningarna. I stället för att bara ha ett skikt med konsolideringssättningar kommer det vara två, ett skikt över och ett under sandlagret, vilket göra dräneringsvägarna blir mycket kortare. Detta leder till att tidssättningarna kommer att bli färdiga mycket snabbare. Beräkningsmässigt gör det att man måste en konsolideringskoefficient C_v för varje skikt så man får två olika tidsfaktorer och medelkonsolideringsgrader. Sättningarna kommer förmodligen också bli mindre på grund av att sand vanligtvis har högre styvhet än lera så total sättningen kommer förmodligen också att minska.
- Totalspänningen kommer att vara 50 kPa lägre vid 5 meters djup då 5 meter med vatten har försvunnit. Effektivspänningen kommer dock att vara samma då den sänkta vattennivån minskar både totalspänningen och portrycket med lika mycket och tar ut varandra i förhållande till effektivspänningen. Det är först när portrycket sänkts i sanden som det kommer bli en ökning av effektivspänningen då den del sanden som har burits upp av portrycket i stället kommer att bäras upp av sand skelettet under istället.

Uppgift Jordtryck

Schakt till 5.0 m djups inom spant, 1 stagnivå.

Kontrollera: a) dim. jordtryck, spantlängd, stagkraft

Givet:



Lösning:

Leran: $\begin{cases} w_L = 50\% \Rightarrow \mu = \left(\frac{0.43}{0.5}\right)^{0.45} = 0.93 \\ c_{u, \text{korr}} = 35 \cdot 0.93 = 32.7 \text{ kPa} \end{cases}$

$c_{ad} = \frac{32.7}{1.4} = 23.4$

Sanden: $\psi'_d = \arctan\left(\frac{\tan(33^\circ)}{1.3}\right) = 26.5^\circ$

$\begin{cases} K_a = 0.33 \\ K_p = 3.6 \end{cases}$ Sällfors sid 9.10 för $r = 0.5$

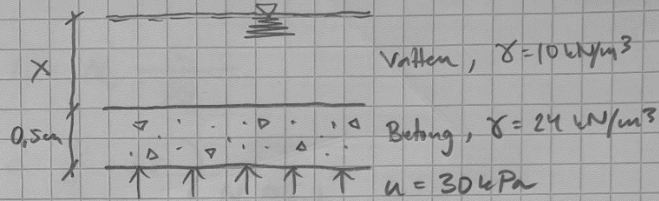
| z (m) | σ_a (kPa) | u_a (kPa) | σ'_a (kPa) | p_a (kPa) | |
|----------------|------------------------|-------------|-------------------|------------------------------|------|
| 0 | 10+0 | 0 | 10 | $10 - 2 \cdot 23.4 = -36.8$ | Lera |
| 5 ⁺ | $10 + 5 \cdot 17 = 95$ | 0 | 95 | $95 - 2 \cdot 23.4 = 48.2$ | |
| 5 ⁻ | 95 | 0 | 95 | $95 \cdot 0.33 + 0 = 31.4$ | Sand |
| 6 | $95 + 21 = 116$ | 10 | 106 | $106 \cdot 0.33 + 10 = 45.0$ | |

| z (m) | σ_p (kPa) | u_p (kPa) | σ'_p (kPa) | p_p (kPa) | Pres (kPa) |
|----------------|------------------|-------------|-------------------|----------------------------|--------------------|
| 5 ⁻ | 0 | 0 | 0 | 0 | $0 - 31.4 = -31.4$ |
| 6 | 21 | 10 | 11 | $11 \cdot 3.6 + 10 = 49.6$ | $49.6 - 45 = 4.6$ |

Pres ökar med \searrow
36.0 kPa/m

b) Kontrollera: minsta vattendjup i bassängen för att undvika hydrauliska upptryckning av bottenplattan vid vattentryck, u , 30 kPa mot denna

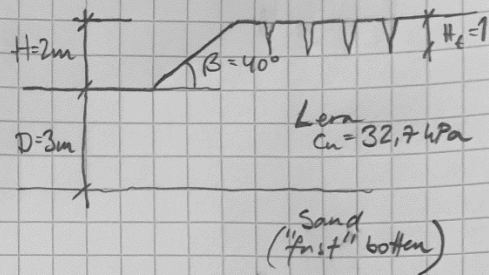
Lösning:



$$F = \frac{0,5 \cdot 24 + X \cdot 10}{30} \quad F_{\text{kon}} = 1,1 \Rightarrow X = 2,1 \text{ m}$$

Svar: Minsta vattendjup i bassängen är 2,1 m

c) Kontrollera: F_c för schakt:



Lösning:

$$F_c = N_o \frac{c_u}{P_d}$$

$$\left. \begin{array}{l} d = \frac{D}{H} = 1,5 \\ \beta = 40^\circ \end{array} \right\} \begin{array}{l} N_o \approx 5,7 \\ M_E \approx 0,98 \end{array}$$

$$H_t/H = 0,5$$

$$P_d = \frac{2 \cdot 17 + 10}{0,98} = 45$$

$$F_c = \frac{5,7 \cdot 32,7}{45} = 4,1$$

Svar: