

CTB2310

Grondmechanica / Soil Mechanics

**Tentamenbundel Civiele Techniek
Het Gezelschap "Practische Studie"**



LET OP! EEN REPRODUCERENDE
LEERSTIJL IS SCHADELIJK VOOR
DE ACADEMISCHE VORMING



April 2017
Juni 2016
April 2016

April 2015
Juli 2014
April 2014

De antwoordformulieren zijn te vinden op www.practischestudie.nl

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Soil Mechanics

CTB2310 / AESB2330

BSc EXAMINATION 2017

THIRD PERIOD

DATE: 18 APRIL 2017

TIME: 13.30 – 16.30

Answer ALL Questions
(Note that the questions carry unequal marks)

Other instructions

Write your name and student number on each answer sheet

Clearly identify the answer in the answer box

- 1) Two soil samples were taken from the same soil layer at the same depth. Both samples were then placed in a triaxial cell and consolidated. The first sample was consolidated under a cell pressure of 400 kPa and the second under a cell pressure of 600 kPa, with no back pressure. The pore pressures recorded prior to consolidation were 387 kPa and 576 kPa, respectively. The first sample was then sheared with the drain shut and the second sample sheared with the drain open. The recorded data are presented in the tables below.

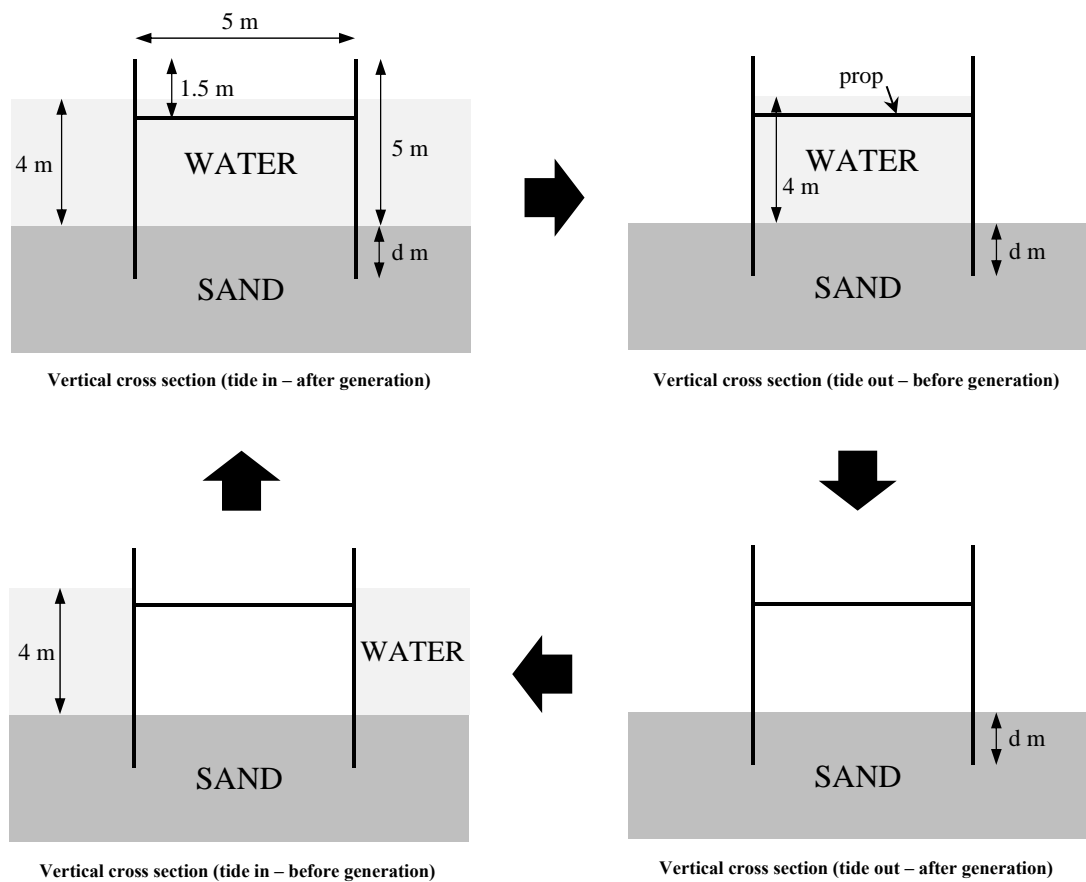
Test 1		Test 2		
Axial stress, σ_1 (kPa)	Pore pressure, p (kPa)	Axial stress, σ_1 (kPa)	Axial strain, ϵ_1 (-)	Radial strain, ϵ_r (-)
400	0	600	0	0
450	15	675	0.0583	-0.020
500	42	750	0.1163	-0.041
550	82	825	0.175	-0.063
600	145	900	0.276	-0.105
645	220	965	0.376	-0.171

- Calculate the pore pressure parameters A and B, where possible. [8 marks]
 - Draw the Mohr's circles for both tests at failure and the Mohr-Coulomb failure envelope, clearly identifying the main features. [8 marks]
 - Calculate the effective strength parameters. [7 marks]
 - Calculate the Young's modulus and the Poisson's ratio. [5 marks]
- 2) A soil sample was taken as part of a site investigation and had an initial diameter of 100 mm and a length of 150 mm. The initial mass of the sample was taken just after sampling and was found to be 2175 g. After 10 days the sample was again weighed and was found to weigh 2132 g. The sample was placed in an oven at 110°C in the laboratory for 24 hours and after that a sieving test was undertaken with the results shown in the table below. The density of the solid material was determined and found to be 2665 kg/m³.

Sieve size (μm)	Mass (g)
Tray	0
212	230
300	1030
425	460
600	0

- What was the initial volumetric weight of the sample? [3 marks]
- What was the porosity of the sample? [3 marks]
- What was the initial degree of saturation of the sample? [3 marks]
- What was the degree of saturation of the sample after 10 days? [3 marks]
- What was the dry volumetric weight of the soil? [3 marks]
- What type of soil is suggested by the grain size distribution? [2 marks]

- 3) Two parallel sheet pile walls 5 m apart and 5 m high, with a horizontal prop between them, are to be constructed for a tidal energy system as shown in the figure below. When the tide goes out water is contained between the two sheet pile walls and allowed to flow through turbines to generate electricity; at high tide water is allowed to flow through the turbines and into the gap between the walls. The soil in the foundation has the following properties: $c' = 0$, $\phi' = 25^\circ$, $\gamma_{sat} = 19 \text{ kN/m}^3$.
- Identify the worst case scenario for the design of the sheet pile wall and draw the stresses, forces and locations of the actions. [6 marks]
 - Design the sheet pile system for this situation with a factor of safety for rotational stability of 2. [15 marks]
 - During operation it is seen that soil is deposited between the walls. If the deposited soil becomes 1 m deep between the sheet piles, what is the resulting factor of safety for rotational stability? Assume that the deposited soil has the same properties as the soil the sheet piles are installed in. [7 marks]



- 4) A 50 m x 50 m factory is being constructed on a stiff saturated clay, with the phreatic surface at the ground surface. The clay is 8 m deep, overlaying a deep sand layer. The design load which must be taken by the foundation is 50 kN/m^2 over the entire floor area. Site investigation shows that the clay has a volumetric weight of $\gamma_{sat} = 18 \text{ kN/m}^3$, an effective cohesion of 25 kPa and an effective friction angle of 30° . The clay stiffness is different on each side of the building, with a C_{10} of 30 on one side and 50 on the other.
- Calculate the long term factor of safety against bearing capacity failure for a strip foundation of 1.0 m width at 1.0 m depth. Assume that the foundation goes around the entire perimeter of the factory and that the load is equally distributed over the foundation. [**10 marks**]
 - Calculate the long term factor of safety against bearing capacity failure for a square pad foundation of dimensions 2 m x 2 m at 2 m depth. Assume that there are 20 pad foundations (i.e. at 10 m spacing around the perimeter) and that the load is equally distributed over each pad foundation. [**7 marks**]
 - For the strip foundation determine the long term differential settlement between the two sides of the factory, based on 2 equally sized (i.e. 4 m thick) sub-layers. [**10 marks**]

[END OF EXAM]

TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen

Grondmechanica
CT2310 / AESB2330

BSc TENTAMEN 2017

DERDE PERIODE

DATUM: 18 APRIL 2017

TIJD: 13.30 – 16.30

Beantwoord ALLE vragen
(De weging voor het eindresultaat verschilt per vraag)

Verdere instructies

Schrijf je naam en studienummer op ALLE antwoordbladen

Geef het antwoord duidelijk aan in het antwoordveld

- 1) Twee grondmonsters worden op gelijke diepte uit dezelfde grondlaag genomen. Beide monsters worden in een triaxiaalopstelling geplaatst en vervolgens geconsolideerd. Het eerste monster wordt geconsolideerd onder een celdruk van 400 kPa, het tweede monster onder een celdruk van 600 kPa, beiden zonder verhoogde poriëndruk (back pressure). De gemeten waarden voor poriëndruk voorafgaand aan de consolidatie bedragen respectievelijk 387 kPa en 576 kPa. Het eerste monster wordt vervolgens tot falen gebracht met gesloten drainageklep, het tweede met geopende drainageklep. De gemeten data is gegeven in onderstaande tabellen.

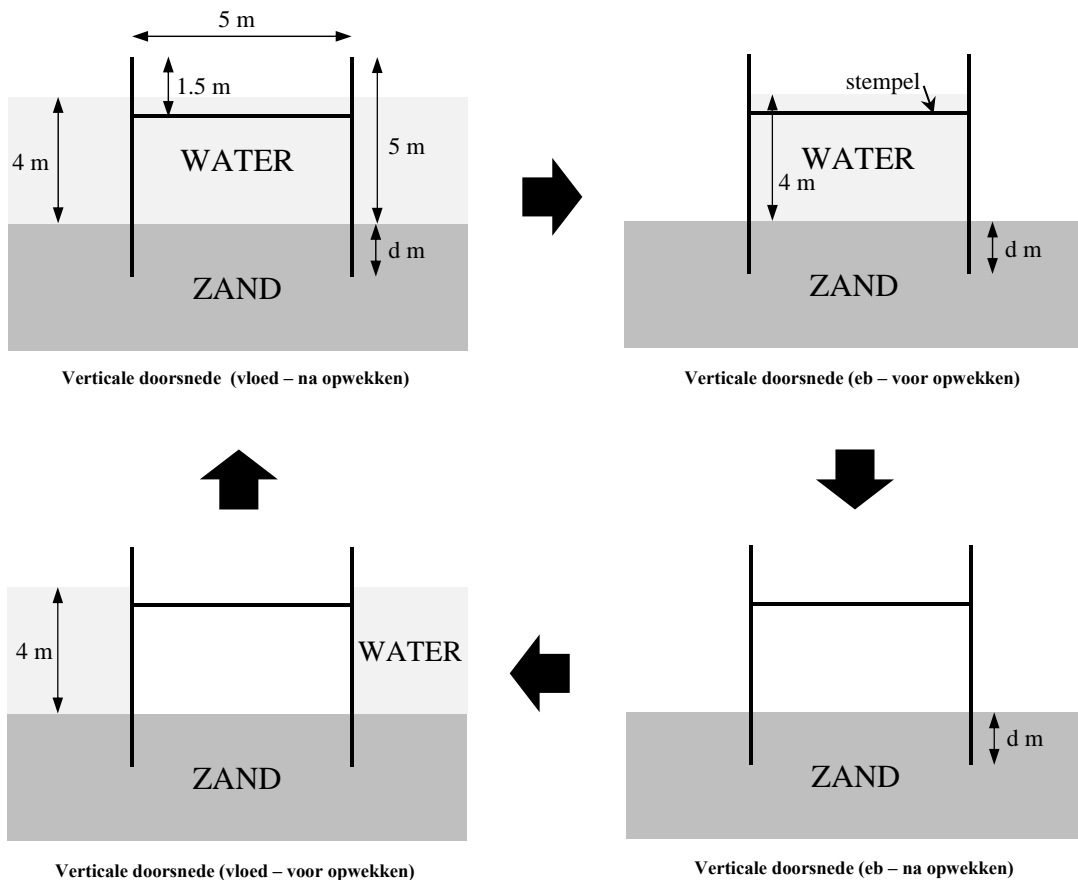
Test 1		Test 2		
Axiaalspanning, σ_1 (kPa)	Poriëndruk, p (kPa)	Axiaalspanning, σ_1 (kPa)	Axiale rek, ε_1 (-)	Radiale rek, ε_r (-)
400	0	600	0	0
450	15	675	0.0583	-0.020
500	42	750	0.1163	-0.041
550	82	825	0.175	-0.063
600	145	900	0.276	-0.105
645	220	965	0.376	-0.171

- Bereken, waar mogelijk, de poriëndrukparameters A en B. **[8 punten]**
 - Teken de Mohrcirkels voor beide testen op moment van bezwijken samen met de Mohr-Coulomb lijn voor bezwijken. Geef duidelijk de belangrijkste punten aan. **[8 punten]**
 - Bereken de effectieve sterkteparameters. **[7 punten]**
 - Bereken Youngs modulus en Poissons ratio. **[5 punten]**
- 2) Als onderdeel van een grondonderzoek wordt een grondmonster genomen met een initiële diameter van 100 mm en een lengte van 150 mm. De initiële massa direct na het nemen van het monster bedraagt 2175 gram. Het monster wordt na 10 dagen opnieuw gewogen en heeft dan een massa van 2132 gram. Het monster wordt vervolgens 24 uur gedroogd in een oven op 110°C, waarna een zeeftest wordt uitgevoerd waarvan de resultaten in onderstaande tabel zijn opgenomen. De dichtheid van het droge materiaal is tot slot bepaald op 2665 kg/m³.

Zeefmaat (μm)	Massa (g)
Bak	0
212	230
300	1030
425	460
600	0

- Wat was het initieel volumiek gewicht van het monster? **[3 punten]**
- Wat was de porositeit van het monster? **[3 punten]**
- Wat was de initiële verzadiging van het monster? **[3 punten]**
- Wat was de verzadiging van het monster na 10 dagen? **[3 punten]**
- Wat was het droog volumiek gewicht van het monster? **[3 punten]**
- Wat voor grondsoort verwacht je aan de hand van de korrelverdeling in de tabel? **[2 punten]**

- 3) Twee parallelle damwanden van 5 meter hoog worden op een onderlinge afstand van 5 meter geplaatst voor een getijde-energiesysteem (zie onderstaand figuur). Tussen de damwanden wordt een horizontale stempel geplaatst. Bij eb blijft water tussen de damwanden gevangen. Dit wordt vervolgens langs turbines geleid om zo stroom op te wekken; bij vloed kan water via de turbines terug stromen in de dan lege ruimte tussen de damwanden. De grond heeft de volgende eigenschappen: $c' = 0$, $\phi' = 25^\circ$, $\gamma_{sat} = 19 \text{ kN/m}^3$.
- Wijs het meest nadelige scenario voor het ontwerp van de damwanden aan en teken de spanningen, krachten en de aangrijppunten. **[6 punten]**
 - Ontwerp het damwandsysteem voor deze situatie met een veiligheidsfactor 2.0 voor rotatiestabiliteit. **[15 punten]**
 - Tijdens gebruik blijkt dat sediment afgezet wordt tussen de wanden. Wat is de resulterende veiligheidsfactor wanneer de afzetting een dikte van 1 meter vormt? Neem aan dat het afgezette materiaal dezelfde eigenschappen heeft als de grond waarin de damwanden zijn geplaatst. **[7 punten]**



- 4) Een fabriek met een oppervlak van 50m x 50m wordt gebouwd op een stijve klei met freatisch vlak op maaiveld. De kleilaag is 8 meter dik, afgezet op een diep zandpakket. De ontwerpbelasting van de fundering bedraagt 50 kN/m^2 over het volledig oppervlak van de vloer. Grondonderzoek toont aan dat de klei een volumiek gewicht heeft van $\gamma_{sat} = 18 \text{ kN/m}^3$, een effectieve cohesie van 25 kPa en een effectieve wrijvingshoek van 30° . De stijfheid van de klei is verschillend aan beide kanten van de fundering, met $C_{10} = 30$ aan de ene kant en $C_{10} = 50$ aan de andere.
- Bereken de veiligheidsfactor op lange termijn voor bezwijken op draagvermogen (bearing capacity) voor een strookfundering (strip foundation) van 1.0 m breed en 1.0 m diep. Neem aan dat de fundering rond de volledige omtrek van de fabriek loopt en dat de belasting evenredig wordt verdeeld. **[10 punten]**
 - Bereken de veiligheidsfactor op lange termijn voor bezwijken op draagvermogen voor een poer fundering (pad fundering) van 2m x 2m op 2m diepte. Ga uit van 20 poeren (d.w.z. op 10 m onderlinge afstand langs de omtrek) en een gelijke verdeling van de belasting op iedere poer. **[7 punten]**
 - Bereken voor de strookfundering het verschil op lange termijn in zetting tussen beide zijden van de fabriek, gebaseerd op twee sub-lagen van gelijke afmeting (4 m dik). **[10 punten]**

[EINDE VAN HET TENTAMEN]

Name: P Vardon Student number: 001 CTB2310

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Soil Mechanics

CTB2310 / AESB2330

BSc EXAMINATION 2017

THIRD PERIOD

DATE: 18 APRIL 2017

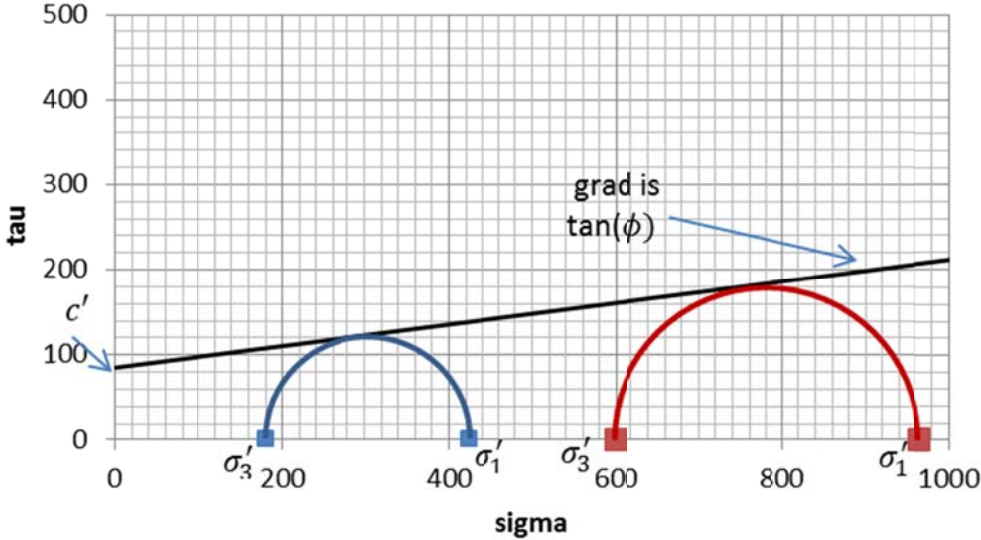
TIME: 13.30 – 16.30

Answer ALL Questions
(Note that the questions carry unequal marks)

Other instructions

Write your name and student number on each sheet

Clearly identify the answer in the answer box

Question No.	Workings	Answer
1a	<p>$\Delta p = B(\Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3))$ In the consolidation stage: $(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3) = 0$, therefore $\Delta p = B(\Delta\sigma_3)$</p> $387 - p_0 = B(400)$ $576 - p_0 = B(600)$ <p>Solve for B:</p> $B = \frac{576 - 387}{600 - 400} = 0.945$ <p>For test 1 A can be determined. For test 2 A cannot be determined as pore pressures are not generated as the test is drained.</p> <p>From the equation at the top: $220 - 0 = 0.945(0 + A(245 - 0))$</p> <p>Using the above $A = 0.95$</p>	<p>B=0.945</p> <p>Test 1 A = 0.95</p> <p>Test 2 A cannot be determined.</p>
1b	<p>Test 1: $\sigma'_1 = 645 - 220 = 225 \text{ kPa}$, $\sigma'_3 = 400 - 220 = 180 \text{ kPa}$ Test 2: $\sigma'_1 = 965 \text{ kPa}$, $\sigma'_3 = 600 \text{ kPa}$</p> 	
1c	<p>Can estimate from figure (2 points lower) or from equation for M-C parameters:</p> $\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right) + 2c' \tan\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)$ <p>Solve simultaneously with subtraction:</p> $965 - 425 = (600 - 180) \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)$ $\phi' = 7.2^\circ$ <p>Back substitute for c'</p>	<p>$c' = 85.4 \text{ kPa}$</p> <p>$\phi' = 7.2^\circ$</p>

1d

Using the elastic equations (Hooke's Law):

$$\Delta\varepsilon_1 = \frac{1}{E} [\Delta\sigma_1 - \nu(\Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3)]$$

$$\Delta\varepsilon_3 = \frac{1}{E} [\Delta\sigma_3 - \nu(\Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2)]$$

For a drained triaxial:

$$\Delta\sigma_3 = \Delta\sigma_2 = 0$$

$$\Delta\varepsilon_1 = \frac{1}{E} [\Delta\sigma_1]$$

$$\Delta\varepsilon_3 = -\frac{1}{E} [\nu\Delta\sigma_1]$$

E
 $\approx 1280 \text{ kPa}$
 $\nu \approx 0.36$

Axial stress, σ_1 (kPa)	Axial strain, ε_1 (-)	Radial strain, ε_r (-)	E (kPa)	ν (-)
600	0	0		
675	0.0583	-0.02	1286.45	0.34
750	0.1163	-0.041	1293.10	0.36
825	0.175	-0.063	1277.68	0.37
900	0.267	-0.105	815.22	0.46
965	0.376	-0.171	596.33	0.61

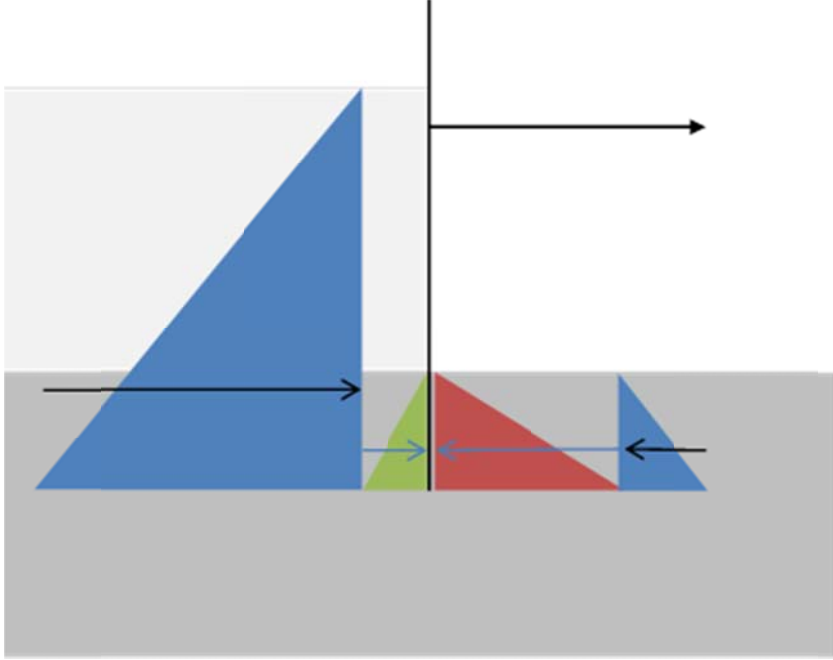
Elastic part is the first part so:

$$E \approx 1280 \text{ kPa}$$

$$\nu \approx 0.36$$

Question No.	Workings	Answer
2a	<p>The volumetric weight, $\gamma = W/V$</p> <p>Initially:</p> $W = \frac{2175 \times 10}{1000 \times 1000} = 0.02175kN$ $V = 0.15 \times \frac{0.1^2 \times \pi}{4} = 1.18 \times 10^6 mm^3 = 0.00118m^3$ $\gamma = 18.46 kN/m^3$	$\gamma = 18.46 kN/m^3$
2b	<p>The porosity, $n = V_p/V_t$</p> <p>The sample is not saturated so the volume of voids cannot be calculated from the water content. It can be calculated from the volume of solids:</p> <p>Mass of solids:</p> $M_s = 230 + 1030 + 460 = 1720g$ <p>Volume of solids:</p> $V_s = \frac{M_s}{\rho_s} = \frac{1720}{1000 \times 2665} = 0.000645m^3$ <p>Volume of voids:</p> $V_p = V_t - V_s = 0.00118 - 0.000645 = 0.000533m^3$ $n = \frac{V_p}{V_t} = \frac{0.000533}{0.00118} = 0.45$	0.45
2c	<p>Degree of saturation, $S_r = V_w/V_p$</p> <p>Mass of water initially:</p> $M_w = 2175 - 1720 = 455g$ <p>Volume of water:</p> $V_w = \frac{455}{1000 \times 1000} = 0.000455m^3$ <p>Degree of saturation:</p> $S_r = \frac{0.000455}{0.000533} = 0.85$	0.85
2d	<p>Degree of saturation, $S_r = V_w/V_p$</p> <p>Mass of water after 10 days:</p> $M_w = 2132 - 1720 = 412g$ <p>Volume of water:</p>	0.77

	$V_w = \frac{412}{1000 \times 1000} = 0.000412m^3$ <p>Degree of saturation:</p> $S_r = \frac{0.000412}{0.000533} = 0.77$	
2e	<p>Dry volumetric weight, $\gamma_d = W_d/V$</p> <p>Initially:</p> $W = \frac{1720 \times 10}{1000 \times 1000} = 0.01720kN$ $V = 0.15 \times \frac{0.1^2 \times \pi}{4} = 1.18 \times 10^6 mm^3 = 0.00118m^3$ $\gamma = 14.60 kN/m^3$	$\gamma = 14.60 kN/m^3$
2f	Sand	Sand

Question No.	Workings	Answer
3a	<p>The worst case is either high or low tide when the before generation. The difference is the direction of the force in the prop.</p>  <p>Green = active, Red = passive and Blue = neutral (from water pressure, $K=1$) Note that is assumed that there is no flow and all water pressures are hydrostatic.</p>	
3b	<p>Assuming no friction on the wall.</p> $K_a = \frac{1 - \sin(\phi)}{1 + \sin(\phi)} = 0.41$ $K_p = 2.46$ $Q_a = \frac{1}{2} K_a \gamma' d^2 = \frac{1}{2} \times 0.41 \times (19 - 10) \times d^2 = 1.83d^2 \text{ kN/m}$ $Q_p = \frac{1}{2} K_p \gamma' d^2 = \frac{1}{2} \times 2.46 \times (19 - 10) \times d^2 = 11.1d^2 \text{ kN/m}$ $Q_{w1} = \frac{1}{2} \gamma_w h_{Qw1}^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (4 + d)^2 = 80 + 40d + 5d^2 \text{ kN/m}$ $Q_{w2} = \frac{1}{2} \gamma_w h_{Qw2}^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times d^2 = 5d^2 \text{ kN/m}$ <p>To determine d, take moments around fixed point, i.e. tension anchor.</p>	<p>d=18.45 m</p> $T = -2334.6 \text{ kN/m}$

	<p>Locations of action (from tension anchor):</p> $d_a = d_p = d_w = \frac{2}{3}d + 3.5$ $d_{w1} = \frac{2}{3}(4 + d) - 1.5 = 1.17 + \frac{2}{3}d$ <p>Moments (note the 1.5 is to give the FoS=1.5):</p> $1.5 \left[(1.83d^2) \left(\frac{2}{3}d + 3.5 \right) + (80 + 40d + 5d^2) \left(\frac{2}{3}d + 1.17 \right) \right]$ $= (11.1d^2) \left(\frac{2}{3}d + 3.5 \right) + (5d^2) \left(\frac{2}{3}d + 3.5 \right)$ $140 + 123.3d + 2.03d^2 - 3.90d^3 = 0$ <p>$d = 18.45 \text{ m}$</p> <p>Horizontal force equilibrium shows that prop must withstand:</p> $T = 621.7 + 2520.1 - 3774.2 - 1702.0 = -2334.6 \text{ kN / m}$	
3c	<p>If there is soil on the inside, then the worst case scenario is now when the inside has the water and the soil acts as an active force.</p> <p>The difference is then in:</p> $Q_a = \frac{1}{2} K_a \gamma' d^2 = \frac{1}{2} \times 0.41 \times (19 - 10) \times (d + 1)^2$ $= 690.9 \text{ kN / m}$ <p>The rotational equilibrium can then be written:</p> $FOS \left[690.9 \times \left(\frac{2}{3}(d + 1) + 2.5 \right) + (2520.0)(13.47) \right]$ $= (3774.2)(15.8) + (1702.0)(15.8)$ <p>Then solving:</p> $FOS = 1.94$	FOS = 1.94

Question No.	Workings	Answer
4a	<p>Use the Brinch Hansen method.</p> <p>Load is not inclined and foundation is long, so no shape factors.</p> $p_c = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma'BN_\gamma$ <p>Calculate N factors:</p> $N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \exp(\pi \tan \phi) = 18.4$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 30.1$ $N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi = 20.1$ <p>Calculate overburden:</p> $q = 1(18 - 10) = 8 \text{ kN/m}^2$ <p>Allowable bearing capacity:</p> $p_c = 981 \text{ kN/m}^2$ <p>Total load from the factory onto the foundation is:</p> $p_a = \frac{50 \times 50 \times 50}{(50 \times 4) \times 1} = 625 \text{ kN/m}^2$ <p>Can either add the water pressure onto the capacity or take off from the applied stress:</p> <p>FOS is either:</p> $FOS = \frac{p_c}{p_a} = \frac{981 + 10}{625} = 1.59$ <p>Or:</p> $FOS = \frac{p_c}{p_a} = \frac{981}{625 - 10} = 1.60$	1.59 or 1.60
4b	<p>Calculate overburden:</p> $q = 2(18 - 10) = 16 \text{ kN/m}^2$ <p>Calculate shape factors (B/L=1)</p> $s_c = 1.2, s_q = 1.5, s_\gamma = 0.7$ <p>Allowable bearing capacity:</p> $p_c = 1458 \text{ kN/m}^2$ <p>Total load from the factory onto the foundation is:</p>	0.94 or 0.95

	$p_a = \frac{50 \times 50 \times 50}{(4) \times 20} = 1562.5 \text{ kN/m}^2$ <p>FOS:</p> $FOS = \frac{p_c}{p_a} = \frac{1458 + 20}{1563} = 0.95$ <p>Or:</p> $FOS = \frac{p_c}{p_a} = \frac{1458}{1563 - 20} = 0.94$	
4c	<p>Split clay into 2 layers</p> <p>Effective stress at the beginning at the centre of the two layers:</p> $\text{at } - 2m \sigma'_v = 8 \times 2 = 16.0 \text{ kPa}$ $\text{at } - 6m \sigma'_v = 8 \times 6 = 48.0 \text{ kPa}$ <p>Use Flamant line load, as a strip foundation is similar to a line load. Can also use the strip foundation formula, which will result in similar values.</p> $\Delta\sigma'_v = \frac{2F}{\pi d}$ $F = 625 \text{ kN/m}$ $\text{at } - 2m \Delta\sigma'_v = \frac{2F}{\pi d} = 199.0 \text{ kPa}$ $\text{at } - 6m \Delta\sigma'_v = \frac{2F}{\pi d} = 66.3 \text{ kPa}$ <p>Strain: $\varepsilon = \frac{1}{c_{10}} \log\left(\frac{\sigma'}{\sigma'_1}\right)$</p> <p>Therefore strain at one side is:</p> $\text{at } - 2m \varepsilon = \frac{1}{30} \log\left(\frac{199 + 16}{16}\right) = 0.0376$ $\text{at } - 6m \varepsilon = \frac{1}{30} \ln\left(\frac{66.3 + 48}{48}\right) = 0.0126$ <p>Deformation, $u = 4 \times (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)$</p> $= 4 \times (0.0376 + 0.0126) = 0.201 \text{ m}$ <p>Strain at other side is:</p> $\text{at } - 2m \varepsilon = \frac{1}{50} \log\left(\frac{199 + 16}{16}\right) = 0.0226$ $\text{at } - 6m \varepsilon = \frac{1}{50} \ln\left(\frac{66.3 + 48}{48}\right) = 0.0075$ <p>Deformation, $u = 4 \times (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)$</p> $= 4 \times (0.0226 + 0.00756) = 0.120 \text{ m}$ <p>Differential settlement is $0.201 - 0.120 = 0.080 \text{ m}$ or 8cm</p>	8cm

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Soil Mechanics

CTB2310 / AESB2330

BSc EXAMINATION 2016

FOURTH PERIOD

DATE: 28 JUNE 2016

TIME: 13.30 – 16.30

Answer ALL Questions

Other instructions

Write your name and student number on each answer sheet

Clearly identify the answer in the answer box

- 1) A square (in plan) water tank is required to store water to a depth of 15 m and is to be founded at 1 m depth in a clayey sand, as shown in Figure 1. The ground material properties have been determined in a laboratory as follows: $\gamma_{\text{soil}} = 19 \text{ kN/m}^3$, $c' = 20 \text{ kPa}$, $\phi' = 15^\circ$. Assuming that (i) the ground water level at this location is well below the ground surface; and (ii) the weight of the structure of the tank (including foundation) is insignificant, calculate the following:
- The factor of safety against bearing capacity failure, without considering wind loads. [10 marks]
 - The factor of safety against bearing capacity failure, considering wind loads of 17.5 kPa as shown by the arrows in Figure 1. [8 marks]
 - An identical second water tank is proposed directly next to this water tank. To maintain the same factor of safety (from part b), how much deeper should the foundation be constructed? [Ignore any changes to the inclination factors.] [7 marks]

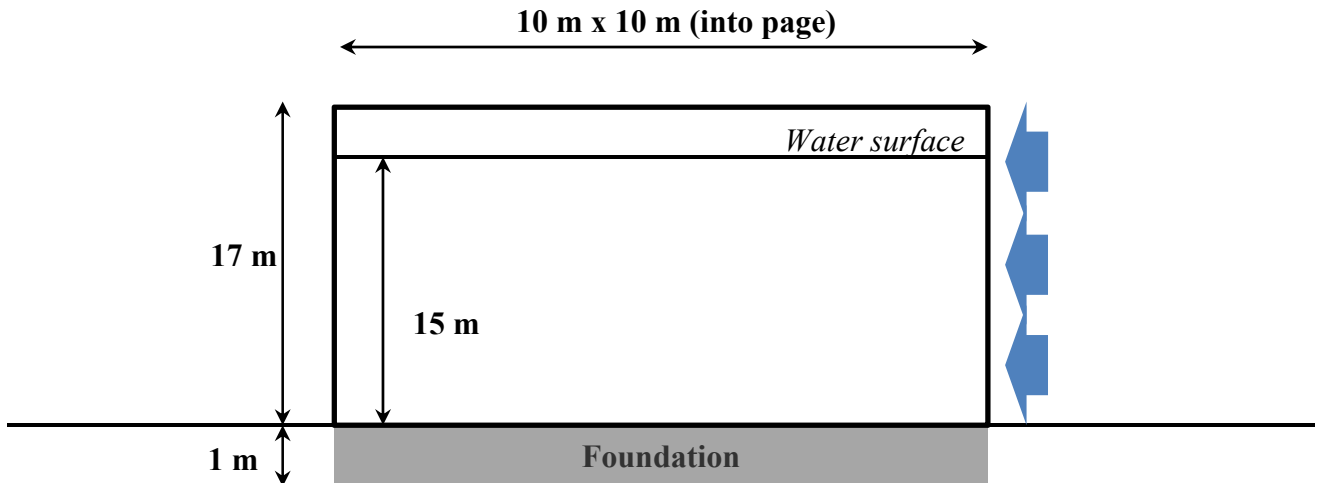


Figure 1 – proposed water tank (not to scale)

- 2) A site investigation has determined that the ground is made up of a number of soil layers. The ground level is at -1 m NAP. The first layer is a sand of 1 m thickness; a trial hole in this layer reveals that the phreatic surface is at ground level. Below this is a 4 m thick clay layer, followed by a 3 m thick sand layer underlain by an impermeable bedrock. A monitoring borehole in the second sand layer gives a phreatic surface of 1 m NAP. The material properties have been determined in a laboratory as follows: $\gamma_{\text{clay}} = 16 \text{ kN/m}^3$, $C_{p, \text{clay}} = 20$, permeability, $k_{\text{clay}} = 3.5 \times 10^{-9} \text{ m/s}$, $\gamma_{\text{sand}} = 19 \text{ kN/m}^3$, $k_{\text{sand}} = 5.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, $\gamma_{\text{rock}} = 22 \text{ kN/m}^3$.

- a. Draw the total vertical stresses, effective vertical stresses and pore water pressures as a function of depth, identifying clearly the main points and soil layers. [8 marks]

The second sand layer is used to extract drinking water via a 0.1m radius well.

- b. Calculate the maximum flow rate to ensure that the sand layer remains fully saturated (assume that there will be no impact on pore pressure at a distance of 10 km from the well). [9 marks]
- c. Considering the maximum pore pressure change due to pumping, what is the long term settlement of the clay layer? Consider the clay layer as 2 (2 m thick) sub-layers. [8 marks]
- 3) A dock wall is to be constructed from a sheet pile construction, as shown in Figure 2. The location for the dock is tidal and can drain fully. The soil properties are $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, $c' = 0 \text{ kPa}$ and $\phi' = 30^\circ$.

- a. Sketch the pore pressure and horizontal stress distributions in the worst case situation. Where it is close to the ground surface, assume that the water table is at the ground surface. [8 marks]
- b. Calculate the minimum length to which the pile should be embedded (d in Figure 2). [10 marks]
- c. Calculate the force in the tension anchor per metre length and its minimum length. [7 marks]

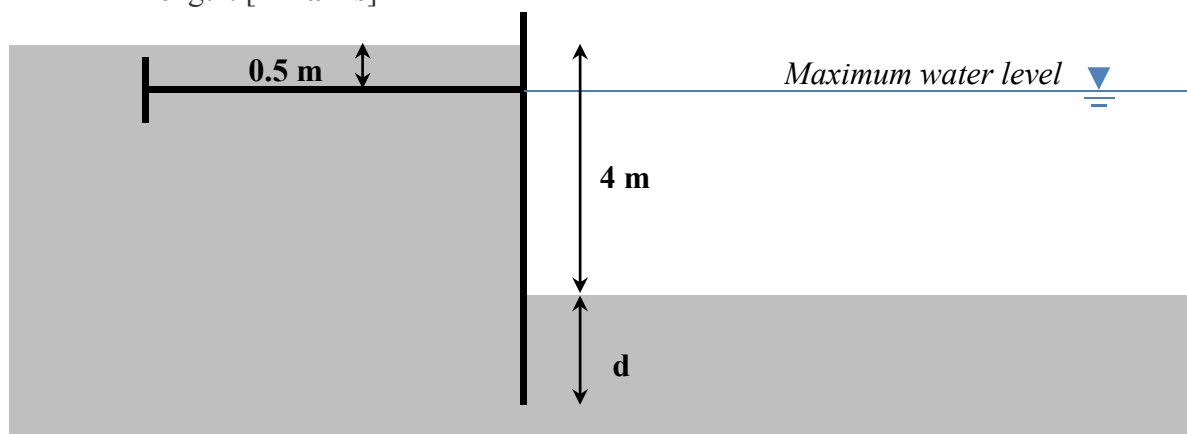


Figure 2 – retaining wall details (not to scale)

- 4) Two consolidated undrained triaxial tests have been undertaken on soil samples taken from the same soil layer, with the results shown in the tables below. The first test was consolidated at 200 kPa and the second at 300 kPa, with the pore pressures measured before consolidation being 140 kPa and 235 kPa, respectively. The samples were then failed by increasing the axial stress until failure.
- Determine the initial pore pressure and pore pressure parameter B. [6 marks]
 - Determine the effective shear strength parameters. [7 marks]
 - Draw the Mohr's circle at failure for the first test and highlight the main features. [8 marks]
 - Determine the angle to the horizontal of the plane along which shear failure will occur and also the shear stress acting on that plane. [4 marks]

Test 1	
Axial stress, σ_a (kPa)	Pore pressure, p (kPa)
200	0
225	24
250	48
275	80
300	110
323	137

Test 2	
Axial stress, σ_a (kPa)	Pore pressure, p (kPa)
300	0
350	52
400	103
450	142
500	170
525	180

[END OF EXAM]

TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT

Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen

Grondmechanica

CTB2310 / AESB2330

BSc TENTAMEN 2016

VIERDE PERIODE

DATUM: 28 JUNI 2016

TIJD: 13.30 – 16.30

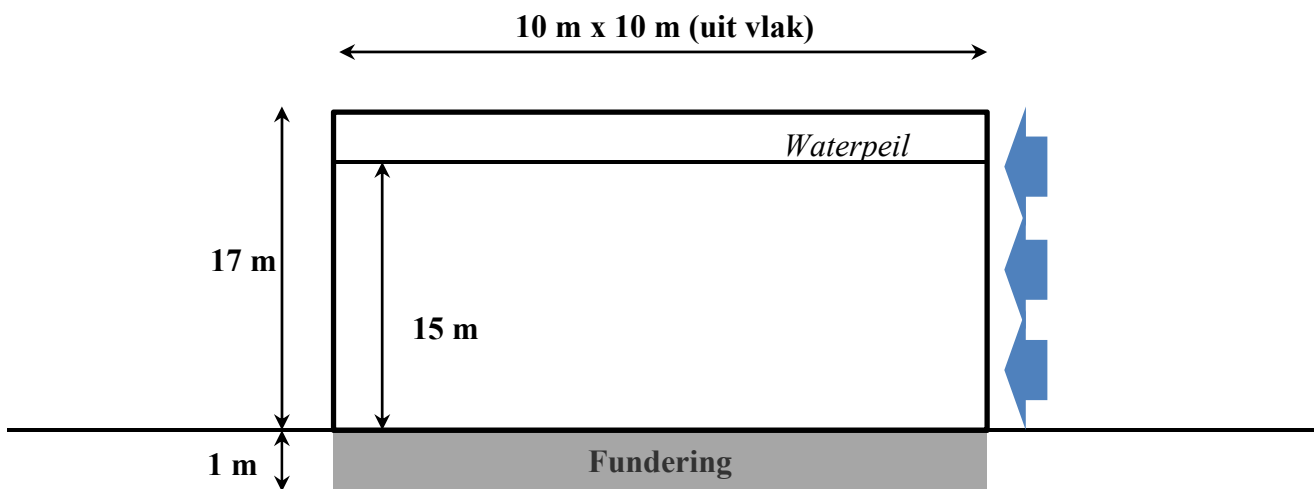
Beantwoord ALLE vragen

Verdere instructies

Schrijf je naam en studienummer op ELK antwoordblad

Geef antwoorden duidelijk aan in het antwoordveld

- 1) Een watertank met vierkant oppervlak moet water kunnen opslaan tot een hoogte van 15m. Een fundering voor de tank wordt geplaatst op een diepte van 1m in een kleiig zand, (zie Figuur 1). Materiaaleigenschappen van de grond zijn in het lab als volgt bepaald: $\gamma_{\text{grond}} = 19 \text{ kN/m}^3$, $c' = 20 \text{ kPa}$, $\phi' = 15^\circ$. Aangenomen dat (i) het grondwaterpeil op deze locatie ver onder maaiveld ligt; (ii) het gewicht van de tank zelf (inclusief fundering, exclusief water) verwaarloosbaar is, bereken het volgende:
- De veiligheidsfactor op het bezwijken op draagvermogen, zonder invloed van windbelasting **[10 punten]**
 - De veiligheidsfactor op het bezwijken op draagvermogen, onder een windbelasting van 17.5 kPa als aangegeven met pijlen in Figuur 1. **[8 punten]**
 - Een tweede tank wordt direct naast de bestaande tank geplaatst. Hoe veel dieper moet de fundering geplaatst worden om dezelfde veiligheidsfactor (uit vraag 1b) te behouden? (negeer eventuele veranderingen in inclination factors. **[7 punten]**)



Figuur 1 – ontwerp watertank (niet op schaal)

2) Een grondonderzoek heeft uitgewezen dat de grond bestaat uit een aantal grondlagen. Maaiveld ligt op -1m NAP. De eerste laag bestaat uit zand met een dikte van 1m; een proefboring in deze laag maakt duidelijk dat het freatisch vlak ter hoogte van maaiveld ligt. Onder de zandlaag ligt een 4m dikke kleilaag, gevolgd door een 3m dikke zandlaag. Daaronder bevindt zich een niet-permeabel rotslaag. Een peilbuis in de tweede zandlaag geeft een stijghoogte van 1m NAP. Materiaaleigenschappen zijn bepaald in het lab: $\gamma_{\text{klei}} = 16 \text{ kN/m}^3$, $C_{p, \text{klei}} = 20$, doorlatendheid, $k_{\text{klei}} = 3.5 \times 10^{-9} \text{ m/s}$, $\gamma_{\text{zand}} = 19 \text{ kN/m}^3$, $k_{\text{zand}} = 5.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, $\gamma_{\text{gesteente}} = 22 \text{ kN/m}^3$.

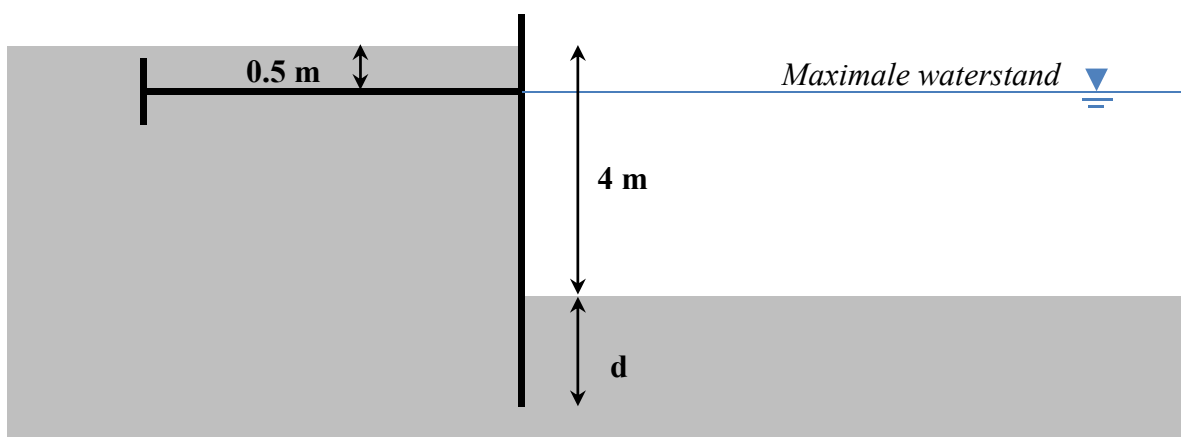
- a. Teken de verticale totaalspanning, effectieve verticale spanning en grondwaterspanning als functie van de diepte. Geef duidelijk de belangrijkste punten en de grondlagen aan. **[8 punten]**

De tweede zandlaag wordt gebruikt om drinkwater te onttrekken via een put met een straal van 0.1m.

- b. Bereken het maximale debiet om volledige verzadiging van de zandlaag te garanderen. (neem aan dat er geen invloed is op de poriedruk op 10km afstand van de put). **[9 punten]**
- c. Uitgaande van de maximale verandering in poriedruk als gevolg van onttrekking. Wat is de zetting van de kleilaag op lange termijn? Beschouw de klei laag als twee sublagen van elk 2m dikte. **[8 punten]**

3) Een muur van een dok wordt gebouwd met een damwand constructie, zoals gegeven in Figuur 2. De locatie van het dok kent getijdewerking en kan volledig droog komen liggen. Grondeigenschappen zijn $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, $c' = 0 \text{ kPa}$ en $\phi' = 30^\circ$.

- a. Schets de grondwaterspanningsverdeling en de horizontale spanningsverdeling in de meest kritische situatie. Neem aan dat dicht bij maaiveld het grondwaterpeil op maaiveld ligt. **[8 marks]**
- b. Bereken de minimale lengte waarover de damwand geplaatst dient te worden (d in Figuur 2) **[10 marks]**
- c. Bereken de kracht in het trekanker per strekkende meter damwand en zijn minimale lengte. **[7 marks]**



Figuur 2 – grondkerende wand (niet op schaal)

- 4) Twee geconsolideerde, ongedraineerde triaxiaal testen zijn uitgevoerd op grondmonsters van dezelfde grondlaag. Resultaten zijn gegeven in onderstaande tabel. De eerste test was geconsolideerd op 200kPa, de tweede op 300 kPa. Een waterspanning van respectievelijk 140 kPa en 235 kPa is gemeten voorafgaand aan de consolidatie. Beide monsters werden vervolgens tot bezwijking gebracht door de axiale spanning te verhogen.
- Bepaal de initiële waterspanning en poriedrukparameter B. **[6 punten]**
 - Bepaal de effectieve schuifsterkteparameters. **[7 punten]**
 - Schets Mohr's cirkel op het punt van bezwijken voor de eerste test en licht de belangrijkste punten toe. **[8 punten]**
 - Bepaal de hoek met de horizontaal die het vlak maakt waarlangs bezwijken dmv afschuiven zal plaatvinden. Bepaal ook de schuifspanning die op dat vlak wordt uitgeoefend. **[4 punten]**

Test 1	
Axiale spanning, σ_a (kPa)	Poriedruk, p (kPa)
200	0
225	24
250	48
275	80
300	110
323	137

Test 2	
Axiale spanning, σ_a (kPa)	Poriedruk, p (kPa)
300	0
350	52
400	103
450	142
500	170
525	180

[EINDE EXAMEN]

Name: P Vardon Student number: 001 CTB2310 /
AESB2330

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Soil Mechanics

CTB2310 / AESB2330

BSc EXAMINATION 2016

FOURTH PERIOD

DATE: 28 JUNE 2016

TIME: 13.30 – 16.30

Answer ALL Questions

Other instructions

Write your name and student number on each sheet

Clearly identify the answer in the answer box

Question No.	Workings	Answer
1a	<p>Use Brinch Hansen:</p> $p_c = cN_c i_c s_c + qN_q i_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma s_\gamma$ <p>No inclination factors (no wind loads)</p> <p>Calculate N factors:</p> $N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \exp(\pi \tan \phi)$ $= \frac{1 + \sin 15}{1 - \sin 15} \exp(\pi \tan 15) = 3.94$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 10.98$ $N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi = 1.58$ <p>Calculate shape factors:</p> $s_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} = 1.20$ $s_q = 1 + \frac{B}{L} \sin \phi = 1.26$ $s_\gamma = 1 - 0.3 \frac{B}{L} = 0.70$ <p>Overburden, q:</p> $q = \gamma h = 19 \times 1 = 19 \text{ kPa}$ <p>Total allowable, p_c:</p> $p_c = 20 \times 10.98 \times 1.20 + 19 \times 3.94 \times 1.26 + \frac{1}{2} \times 19 \times 10 \times 1.58 \times 0.70$ $p_c = 462.5 \text{ kPa}$ <p>Applied load, p:</p> <p>Load from water $15 \times 10 = 150 \text{ kPa}$</p> <p>FoS = $462.5/150.0 = 3.08$</p>	FoS = 3.08
1b	<p>Now need inclination factors:</p> <p>Horizontal stress, t:</p> $t = \frac{F}{A} = \frac{17.5 \times 10 \times 17}{10 \times 10} = 40 \text{ kPa}$ $i_c = 1 - \frac{t}{c + p \tan \phi} = 0.56$ <p>(p = $10 \times 15 + 1 \times 25 = 175 \text{ kPa}$)</p>	FoS = 1.29

	$i_q = i_c^2 = 0.31$ $i_\gamma = i_c^3 = 0.17$ $p_c = cN_c i_c s_c + qN_q i_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma s_\gamma$ $p_c = 193.3 \text{ kPa}$ <p>FoS = 193.3/150.0 = 1.29</p>	
1c	<p>From Brinch Hansen, the shape factors change and q is the variable we must solve.</p> <p>Calculate shape factors:</p> $s_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} = 1.10$ $s_q = 1 + \frac{B}{L} \sin \phi = 1.13$ $s_\gamma = 1 - 0.3 \frac{B}{L} = 0.85$ <p>To keep the FoS the same p_c should be the same:</p> $p_c = 193.3 = cN_c i_c s_c + qN_q i_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma s_\gamma$ $\frac{193.3 - cN_c i_c s_c - \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma s_\gamma}{N_q i_q s_q} = q = 27.26 \text{ kPa}$ $q = \gamma h$ $\frac{27.26}{19} = 1.29m$ <p>Therefore 29cm deeper.</p>	29 cm

Question No.	Workings	Answer
2a		
2b	<p>Confined aquifer:</p> $h_0 - h = -\frac{Q_0}{2\pi kH} \ln\left(\frac{r}{R}\right)$ $h_0 - h = 70 \text{ kPa}$ $Q_0 = -(h_0 - h) \frac{2\pi kH}{\ln\left(\frac{r}{R}\right)}$ $= -7 \frac{2\pi \times 5.10^{-5} \times 3}{\ln\left(\frac{0.1}{10000}\right)} = 0.000573 \text{ m}^3/\text{s}$ $= 0.573 \text{ l/s}$	0.573 l/s
2c	<p>Split clay into 2 layers</p> <p>Effective stress at the beginning at the centre of the two layers:</p> $\text{at } -3\text{m } \sigma'_v = 9 + \frac{(13 - 9)}{4} \times 1 = 10.0 \text{ kPa}$ $\text{at } -5\text{m } \sigma'_v = 9 + \frac{(13 - 9)}{4} \times 3 = 12.0 \text{ kPa}$	27 cm

$$\text{Strain: } \varepsilon = \frac{1}{c_p} \ln \left(\frac{\sigma'}{\sigma'_1} \right)$$

Pore water pressure at the base of the clay (top of the sand layer) will equal zero. Therefore effective stress at base of clay will equal 83 kPa.

In the centre of the two layers:

$$\text{at } - 3m \sigma'_v = 9 + \frac{(83 - 9)}{4} \times 1 = 27.5 \text{ kPa}$$

$$\text{at } - 5m \sigma'_v = 9 + \frac{(83 - 9)}{4} \times 3 = 64.5 \text{ kPa}$$

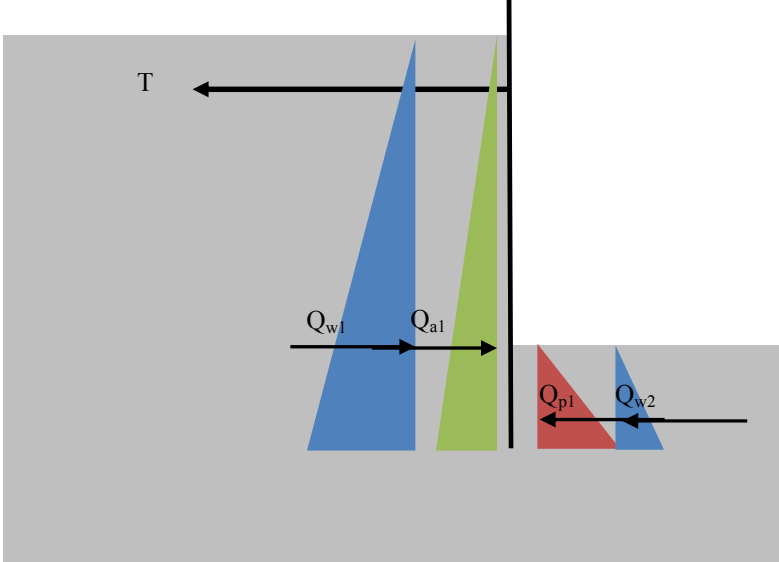
Therefore strain is:

$$\text{at } - 3m \varepsilon = \frac{1}{20} \ln \left(\frac{27.5}{10} \right) = 0.0506$$

$$\text{at } - 5m \varepsilon = \frac{1}{20} \ln \left(\frac{64.5}{12} \right) = 0.0841$$

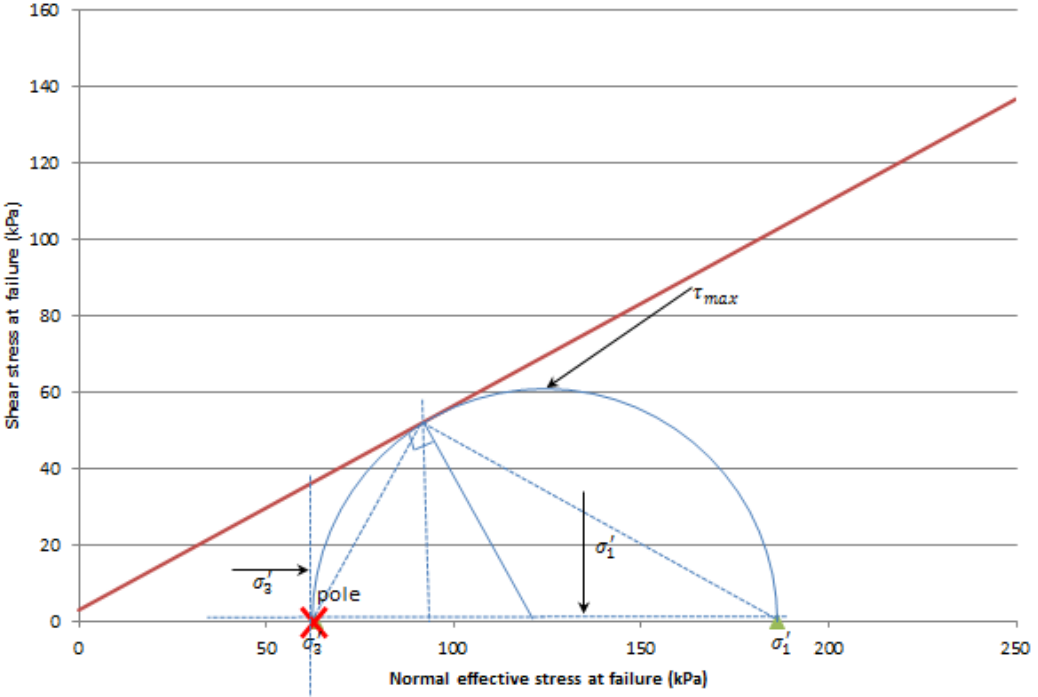
Deformation, $u = 2 \times (\varepsilon_1 + \varepsilon_2)$

$$= 2 \times (0.0506 + 0.0841) = 0.27 \text{ m}$$

Question No.	Workings	Answer
3a	<p>Worst case scenario for stability is just after the tide has gone out: full water pressure on the active side, no water on the passive side.</p>  <p>Green = active, Red = passive and Blue = neutral (from water pressure, $K=1$) Note that it is assumed that there is no flow and all water pressures are hydrostatic.</p>	
3b	<p>Assuming no friction on the wall.</p> $K_a = 0.33, K_p = 3$ $Q_{a1} = \frac{1}{2} K_a \gamma'_d h_{Q_{a1}}^2 = \frac{1}{2} \times 0.33 \times (20 - 10) \times (4 + d)^2$ $= 26.7 + 13.3d + 1.67d^2 \text{ kN/m}$ $Q_{p1} = \frac{1}{2} K_p \gamma'_d d^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 10 \times d^2 = 15d^2$ $Q_{w1} = \frac{1}{2} \gamma_w h_{Q_{w1}}^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (4 + d)^2$ $= 80 + 40d + 5d^2 \text{ kN/m}$ $Q_{w2} = \frac{1}{2} \gamma_w d^2 = 5d^2$ <p>To determine d, take moments around fixed point, i.e. tension anchor.</p> <p>Locations of action (from tension anchor):</p> $d_{a1} = d_{w1} = \frac{2}{3}(d + h) - 0.5 = \frac{2}{3}d + 2.17$	8.47m

	$d_{p1} = d_{w2} = \frac{2}{3}d$ <p>Moments:</p> $(26.7 + 13.3d + 1.67d^2)\left(\frac{2}{3}d + 2.17\right) + (80 + 40d + 5d^2)\left(\frac{2}{3}d + 2.17\right)$ $= (15d^2)\left(\frac{2}{3}d\right) + (5d^2)\left(\frac{2}{3}d\right)$ $231.5 + 186.8d + 50.0d^2 - 8.9d^3 = 0$ <p>$d = 8.47\text{m}$</p>	
3c	<p>Horizontal force equilibrium shows that no tension anchor is needed. However to stabilise deformations tension anchor is required to work.</p> <p>Length is:</p> <p>$l = \text{active zone from pile} + \text{passive zone from anchor}$</p> $l = (d + h)\tan \theta + \frac{b}{\tan \theta}$ $\theta = 45 - \frac{\phi}{2} = 30^\circ$ <p>Assume b is 1m (other answers also ok):</p> $l = (8.47 + 4)\tan 30 + \frac{1}{\tan 30} = 8.9 \text{ m}$	8.9 m

Question No.	Workings	Answer
4a	$\Delta p = B(\Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3))$ <p>For the initial (isotropic) consolidation phase, $(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3) = 0$, therefore we can write:</p> $\Delta p = B(\Delta\sigma_3)$ $140 - p_0 = B(200)$ $235 - p_0 = B(300)$ $B = \frac{235-140}{300-200} = 0.95 \text{ and } p_0 = -50kPa$	$B = 0.95$ $p_0 = -50kPa$
4b	<p>For c' and ϕ' we need to calculate σ'_1 and σ'_3 (effective stresses) for both tests:</p> <p>Test 1:</p> $\sigma'_1 = 323 - 137 = 186 \text{ kPa}$ $\sigma'_3 = 200 - 137 = 63 \text{ kPa}$ <p>Test 2:</p> $\sigma'_1 = 525 - 180 = 345 \text{ kPa}$ $\sigma'_3 = 300 - 180 = 120 \text{ kPa}$ <p>Can draw Mohr's circle or solve analytically:</p> $\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) + 2c' \tan \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$ $c' = 3.07 \text{ kPa}$ $\phi' = 28.2^\circ$ <p>Can use a graphical method, but normally less exact. (reduce mark by 2 points)</p>	$c' = 3.07 \text{ kPa}$ $\phi' = 28.2^\circ$

4c		
4d	<p>Need to identify pole (see above).</p> <p>Using a number of trigonometric methods is possible to determine the principle stresses.</p> <p>Simplest is to calculate the centre and the radius of the Mohr's circle:</p> <p>Radius: $r = (\sigma_1 - \sigma_3)/2 = 61.5 \text{ kPa}$</p> <p>Centre: $centre = \sigma_3 + r = 124.5 \text{ kPa}$</p> <p>Shear stress at plane of failure:</p> $\tau_f = r \sin(90 - \phi') = 54.2 \text{ kPa}$ <p>Normal force: $\sigma_n = centre - r \cos(90 - \phi') = 95.5 \text{ kPa}$</p> <p>Angle to horizontal is: $\tan^{-1} 54.2 / (95.5 - 63) = 59.1^\circ$</p>	$\tau_f = 54.2 \text{ kPa}$ $59.1^\circ \text{ to hor.}$

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Soil Mechanics

CTB2310 / AESB2330

BSc EXAMINATION 2016

THIRD PERIOD

DATE: 12 APRIL 2016

TIME: 13.30 – 16.30

Answer ALL Questions
(Note that the questions carry unequal marks)

Other instructions

Write your name and student number on each answer sheet

Clearly identify the answer in the answer box

- 1) A 5m deep and 5m wide temporary excavation is to be made in a saturated sandy soil layer overlying a clay layer located at 8m below the surface, as shown in Figure 1. The excavation is located 5 m from an existing building on one side and not on the other. The soil has been sampled and has been tested in a laboratory constant head test (permeameter) with a diameter of 100 mm, length of 250 mm and a groundwater head difference of 300 mm between the top and the bottom of the permeameter. The soil properties are: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$. The results from the permeameter are:

Time (seconds)	Cumulative water volume (ml)
0	0
10	2
60	40
120	86
180	131

- Calculate, based on the above information, the hydraulic conductivity of the soil. [5 marks]
- Draw an appropriate flow net on the figure (in the answer book) and highlight the key features. [7 marks]
- Based on the flow net, calculate the flow into the excavation. [6 marks]
- Select the worst case position in the excavation and based on the flow net determine whether the soil is at risk of liquefaction. [7 marks]

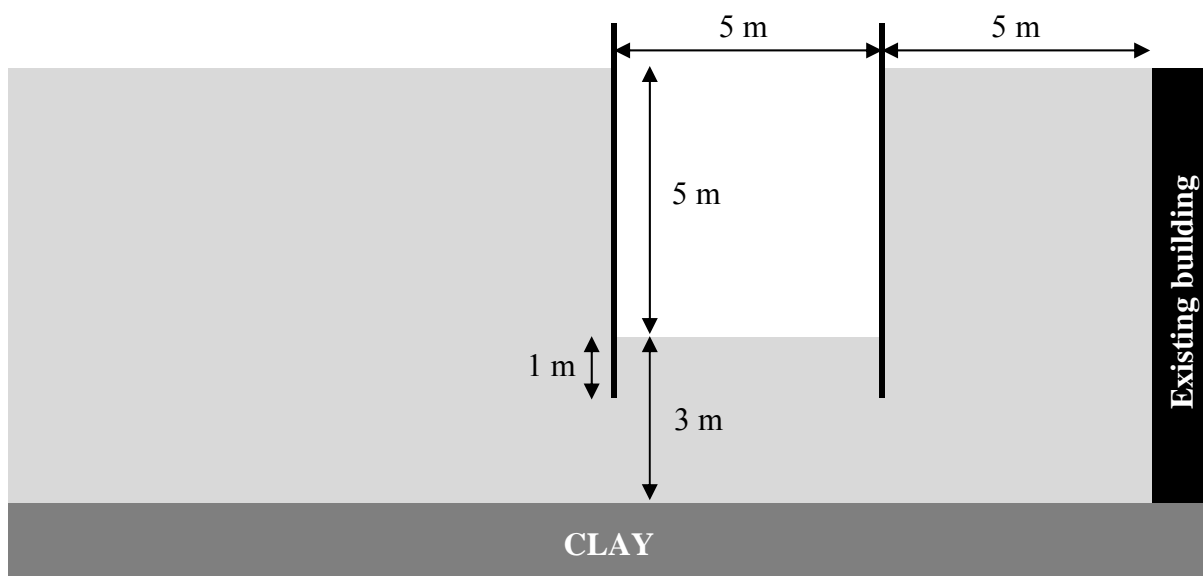


Figure 1 – excavation layout (to scale)

2) A site investigation has determined that the ground is made up of a number of soil layers. The ground level is at 0 m NAP. The first layer is a sand of 7 m thickness; a trial borehole in this layer reveals that the phreatic water level is at -3.5 m NAP and that the soil has a capillary rise of 0.5 m. Below this is a 4 m thick clay layer, underlain by a permeable sandstone. A monitoring borehole gives a phreatic surface of 0 m NAP. The material properties have been determined in a laboratory as follows: $\gamma_{\text{clay}} = 16 \text{ kN/m}^3$, $C_{p, \text{clay}} = 20$, $c'_{\text{clay}} = 50 \text{ kPa}$, $\phi'_{\text{clay}} = 0^\circ$, permeability, $k_{\text{clay}} = 3.5 \times 10^{-9} \text{ m/s}$, $\gamma_{d, \text{sand}} = 17 \text{ kN/m}^3$ and $\gamma_{\text{sand}} = 19 \text{ kN/m}^3$, $c'_{\text{sand}} = 5 \text{ kPa}$, $\phi'_{\text{sand}} = 20^\circ$, $K'_{0, \text{sand}} = 0.5$.

- a. Draw the total vertical stresses, effective vertical stresses and pore water pressures as a function of depth, identifying clearly the main points and soil layers. [7 marks]

An embankment for a wide road is going to be built in this location; therefore a 5 m high wide embankment is planned. This will be constructed from sand with a dry volumetric weight of $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$.

- b. For a point in the middle of the clay layer, determine the total vertical stresses and effective vertical stresses before and after the embankment has been constructed (after all excess pore pressures have been dissipated). [3 marks]
- c. At what time will 99% of the consolidation process have been completed? (Note that m_v can be approximated for the whole layer as $\Delta\varepsilon/\Delta\sigma$ at the centre of the layer for this question). [10 marks]
- d. Considering the middle of the sand layer, draw the Mohr-Coulomb failure envelope and the Mohr's circles of effective stress at (i) the initial condition, (ii) immediately after loading, and (iii) after excess pore pressures have reduced to zero. Comment on the result. [10 marks]

- 3) A large slope is constructed as shown in Figure 2. A relatively shallow failure surface is considered passing through the crest and the toe of the slope. The soil properties are $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $c = 0 \text{ kPa}$ and $\phi = 25^\circ$. The water table is well below the ground surface.
- Using the theory for the stability of an infinite slope, estimate the factor of safety. [5 marks]
 - Use Fellenius' method to determine the Factor of Safety against failure. [13 marks]
 - State which of the two factors of safety you have computed is nearest the critical factor of safety. [2 marks]

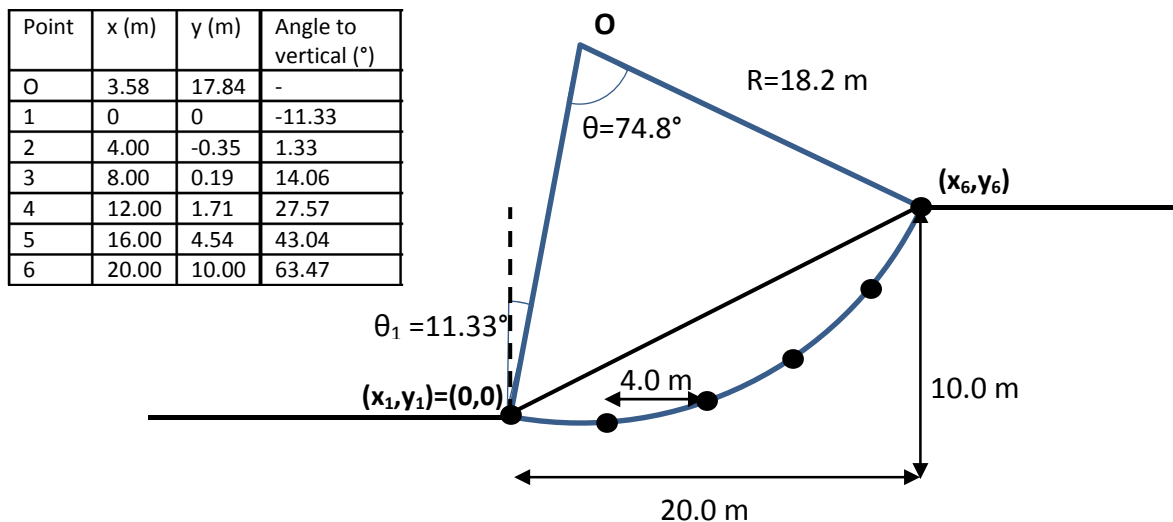


Figure 2 – slope constructed and slip circle (not to scale)

- 4) Two direct shear tests have been undertaken on soil samples taken from the same soil layer with the results shown in the table below. The shear box is square in surface area with a side length of 40 mm.
- Determine the effective shear strength parameters. [7 marks]
 - Draw the Mohr's circle at failure for the first test and highlight the main features. [10 marks]
 - Determine the principal stresses and the angles to the horizontal of the planes on which they act. [8 marks]

Normal force (N)	Shear force at failure (N)
500	265
750	365

[END OF EXAM]

TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT

Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen

Grondmechanica

CTB2310 / AESB2330

BSc TENTAMEN 2016

DERDE PERIODE

DATE: 12 APRIL 2016

TIJD: 13.30 – 16.30

Beantwoord ALLE vragen
(vragen hebben verschillende wegingsfactoren)

Verdere instructies

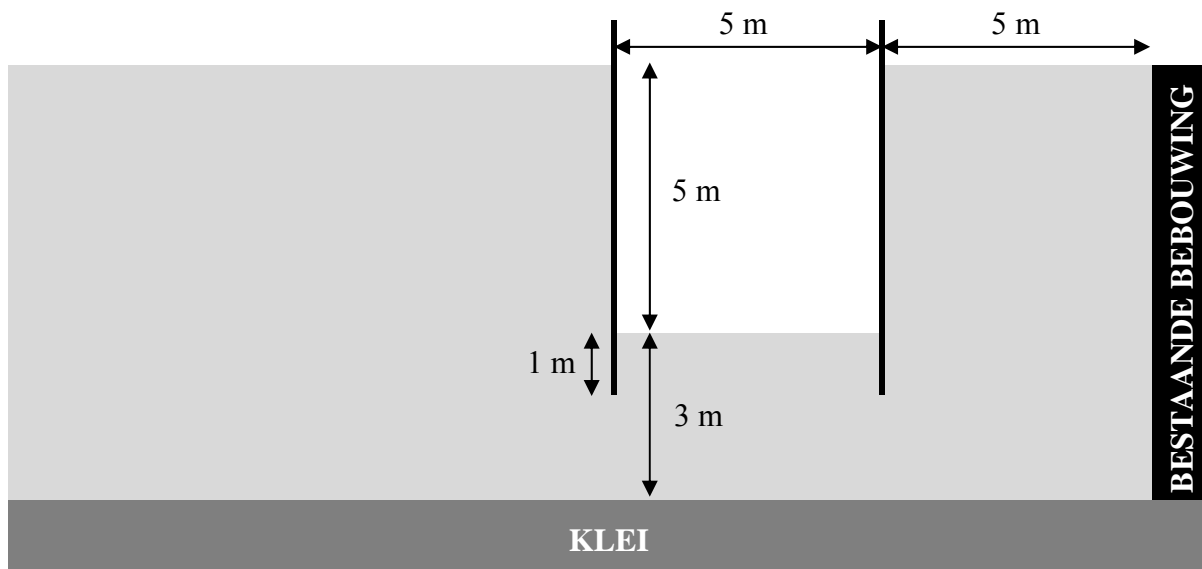
Schrijf je naam en studienummer op ELK antwoordblad

Geef antwoorden duidelijk aan in het antwoordveld

- 1) Er is een tijdelijke ontgraving met diepte en breedte van elk 5m gepland in een verzadigde zandige grondlaag. Onder dit zandpakket bevindt zich op 8m onder maaiveld een kleilaag zoals schematisch weergegeven in figuur 1. Aan één zijde van de ontgraving bevindt zich op 5m afstand bebouwing, aan de ander zijde is geen bebouwing aanwezig. Grondmonsters zijn getest in het lab in een doorlatendheidsproef (constante waterhoogte) met een kolomdiameter van 100 mm, lengte van 250 mm en een waterstand verschil van 300 mm tussen de boven en onderkant van de doorlatendheidsproef. Grondeigenschappen zijn; $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$. Resultaten van de doorlatendheidsproef zijn:

Tijd (seconden)	Cumulatief volume water (ml)
0	0
10	2
60	40
120	86
180	131

- Bereken, op basis van bovenstaande gegevens de doorlatendheid van de grond. **[5 punten]**
- Schets een passend vierkantennet in het figuur (op het antwoordblad) en licht de belangrijkste kenmerken toe. **[7 punten]**
- Bereken, aan de hand van het vierkantennet, de instroom van grondwater in de ontgraving. **[6 punten]**
- Wijs het meest kritische punt aan in de ontgraving en bepaal aan de hand van het vierkantennet of er een gevaar voor verweking is. **[7 punten]**



Figuur 1 – geplande ontgraving (op schaal)

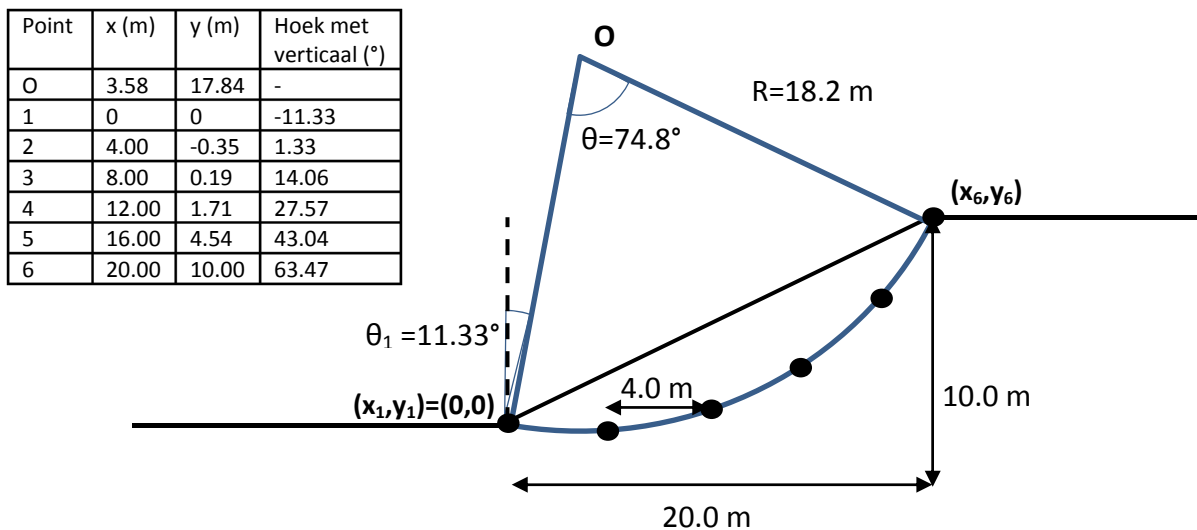
2) Onderzoek heeft uitgewezen dat de grond opgebouwd is uit een aantal lagen. Het maaiveld ligt op 0 m NAP. De eerste laag bestaat uit zand en is 7m dik; een testboring in deze laag toont aan dat het grondwater zich op -3.5m NAP bevindt en dat de capillaire stijghoogte 0.5m bedraagt. Onder de zandlaag bevindt zich een kleipakket met een dikte van 4 meter, direct op een doorlatende zandsteenlaag. Een peilbuis geeft een stijghoogte van 0m NAP in de zandsteenlaag. Materiaaleigenschappen zijn bepaald in het lab: $\gamma_{\text{klei}} = 16 \text{ kN/m}^3$, $C_{p,\text{klei}} = 20$, $c'_{\text{klei}} = 50 \text{ kPa}$, $\phi'_{\text{klei}} = 0^\circ$, doorlatendheid, $k_{\text{klei}} = 3.5 \times 10^{-9} \text{ m/s}$, $\gamma_{d,\text{zand}} = 17 \text{ kN/m}^3$ and $\gamma_{\text{zand}} = 19 \text{ kN/m}^3$, $c'_{\text{zand}} = 5 \text{ kPa}$, $\phi'_{\text{zand}} = 20^\circ$, $K'_{0,\text{zand}} = 0.5$.

- a. Schets een profiel met verticale totaalspanningen, effectieve verticale spanningen en waterspanningen als functie van diepte. Geef duidelijk belangrijke punten en de verschillende lagen aan. **[7 punten]**

Op deze locatie wordt een aardebaan aangelegd voor de bouw van een brede weg. Voor de aardebaan is een ophoging van 5m gepland. De ophoging zal bestaan uit zand met een droog volumegegewicht van $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$.

- b. Bepaal voor een punt in het midden van de kleilaag de verticale totaalspanning en de effectieve verticale spanning voor en na de aanleg van de ophoging (nadat de wateroverspanningen volledig zijn gedissipeerd). **[3 punten]**
- c. Hoe lang duurt het voordat 99% van de consolidatie is voltooid? (voor deze vraag mag m_v voor de volledige laag benaderd worden als $\Delta\varepsilon/\Delta\sigma$, bepaald in het midden van de laag). **[10 punten]**
- d. Schets, voor het midden van de zandlaag, de Mohr-Coulomb bezwijkomhullende en de bijbehorende Mohr-cirkels voor effectieve spanning bij: (i) de beginsituatie, (ii) direct na belasting (iii) nadat water overspanning volledig is gedissipeerd. Geef een toelichting bij de resultaten. **[10 punten]**

- 3) Een helling wordt aangelegd zoals schematisch weergegeven in figuur 2. Een relatief ondiep glijvlak loopt van de kruin door de teen van de helling. Grondeigenschappen zijn $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $c = 0 \text{ kPa}$ and $\phi = 25^\circ$. Het grondwaterpeil ligt ver onder maaiveld.
- Maak een schatting van de veiligheidsfactor (FOS) door gebruik te maken van de theorie voor een oneindige helling. [5 punten]
 - Bepaal de veiligheidsfactor (FOS) met behulp van de methode van Fellenius. [13 punten]
 - Welk van de twee berekende veiligheidsfactoren ligt het dichtst bij de kritische veiligheidsfactor? [2 punten]



Figuur 2 – Helling met glijvlak (niet op schaal)

- 4) Twee directe-schuifproeven zijn uitgevoerd op grondmonsters van dezelfde laag. De resultaten van deze testen zijn gegeven in onderstaande tabel. Het oppervlak van de box is een vierkant met lengtes van 40 mm.
- Bepaal de parameters voor de effectieve schuifsterkte. [7 punten]
 - Teken de Mohrcirkel op het punt van bezwijken voor de eerste test en licht de belangrijkste kenmerken toe. [10 punten]
 - Bepaal de hoofdspanningen en de hoeken van de vlakken waarop deze spanningen werken met de horizontaal. [8 punten]

Normaalkracht (N)	Schuifkracht bij bezwijken (N)
500	265
750	365

[EINDE VAN TENTAMEN]

Name: P Vardon Student number: 001 CTB2310

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Soil Mechanics

CTB2310 / AESB2330

BSc EXAMINATION 2016

THIRD PERIOD

DATE: 12 APRIL 2016

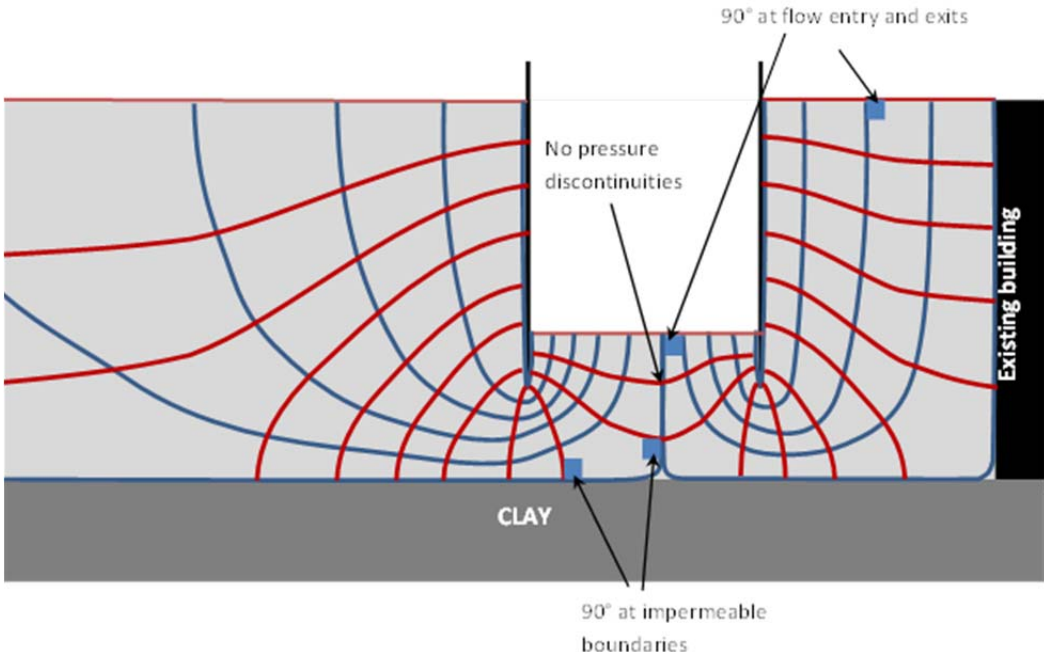
TIME: 13.30 – 16.30

Answer ALL Questions
(Note that the questions carry unequal marks)

Other instructions

Write your name and student number on each sheet

Clearly identify the answer in the answer box

Question No.	Workings	Answer																								
1a	<p style="text-align: center;">$Q = kA \frac{\Delta h}{\Delta L}, Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$</p> <p>therefore $k = \frac{Q\Delta L}{A\Delta h}$ for a later time step, early timestep is not yet at steady state.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Time (seconds)</th> <th>Cumulative water volume (ml)</th> <th>$Q = \Delta V/\Delta t$ (m³/s)</th> <th>k (m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2</td> <td>2.0×10^{-7}</td> <td>2.12×10^{-5}</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>40</td> <td>7.6×10^{-7}</td> <td>8.06×10^{-5}</td> </tr> <tr> <td>120</td> <td>86</td> <td>7.67×10^{-7}</td> <td>8.13×10^{-5}</td> </tr> <tr> <td>180</td> <td>131</td> <td>7.5×10^{-7}</td> <td>7.96×10^{-5}</td> </tr> </tbody> </table> <p>Average of (8.13×10^{-5}, 7.96×10^{-5}, 8.06×10^{-5}) is 8.05×10^{-5} m/s. Also accept any of the last 3 in the table for full marks.</p>	Time (seconds)	Cumulative water volume (ml)	$Q = \Delta V/\Delta t$ (m ³ /s)	k (m/s)	0	0			10	2	2.0×10^{-7}	2.12×10^{-5}	60	40	7.6×10^{-7}	8.06×10^{-5}	120	86	7.67×10^{-7}	8.13×10^{-5}	180	131	7.5×10^{-7}	7.96×10^{-5}	8.05×10^{-5} m/s
Time (seconds)	Cumulative water volume (ml)	$Q = \Delta V/\Delta t$ (m ³ /s)	k (m/s)																							
0	0																									
10	2	2.0×10^{-7}	2.12×10^{-5}																							
60	40	7.6×10^{-7}	8.06×10^{-5}																							
120	86	7.67×10^{-7}	8.13×10^{-5}																							
180	131	7.5×10^{-7}	7.96×10^{-5}																							
1b	 <p>Intersections of lines are also approximately square. No stream lines touch each other. Sizes of intersections are approximately square.</p>																									

1c	<p>No unique answer. Based on the figure above:</p> <p>Stream lines = 6 + 5 = 11, Stream intervals = 9 Potential lines = 12 + 12 = 24, potential intervals = 11 (on both sides)</p> <p>Flow into the excavation can be calculated via:</p> $Q = \frac{n_s}{n_n} k \Delta h B$ $Q = \frac{4 + 5}{11} 8 \times 10^{-5} \times 5 \times 1 = 0.000328 m^3/s /m$ <p>Or 1.18 m³/h /m</p>	1.18 m ³ /h /m
1d	<p>No unique answer. Based on the figure above:</p> <p>Critical point for liquefaction is at the downstream end of the flow path, where the smallest square is.</p> <p>Two methods: calculate effective stress or calculate critical gradient.</p> <p>Critical gradient is $i_{crit} = - \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} = - \frac{19 - 10}{10} = -0.9$</p> <p>Gradient over last square is: dH = 5/11 = 0.46 m dz = -0.5 m dH/dz = -0.91 Risk of liquefaction</p> <p>Method for checking effective stress: Total stress at base of last square = 0.5 x 19 = 9.5 kPa PWP due to gravity = 0.5 x 10 = 5 kPa PWP due to flow = dHγ_w = 0.46 x 10 = 4.6 kPa Effective stress = 9.5 - (5 + 4.6) = -0.1 kPa < 0 therefore at risk.</p>	At risk.

Question No.	Workings	Answer
2a		
2b	<p>By interpolation from above, at the middle of the clay layer, before construction:</p> $\sigma_v = (127 + 191)/2 = 159 \text{ kPa}$ $\sigma_v' = (81 + 92)/2 = 86.5 \text{ kPa}$ <p>After construction, and after pore water pressures have dissipated both total and effective stresses will increase by the same amount, $5 \times 18 = 90$ kPa:</p> $\sigma_v = 159 + 90 = 249 \text{ kPa}$ $\sigma_v' = 86.5 + 90 = 176.5 \text{ kPa}$	<p>Before</p> $\sigma_v = 159 \text{ kPa}$ $\sigma_v' = 86.5 \text{ kPa}$ <p>After</p> $\sigma_v = 249 \text{ kPa}$ $\sigma_v' = 176.5 \text{ kPa}$
2c	<p>Strain: $\varepsilon = \frac{1}{c_p} \ln\left(\frac{\sigma'}{\sigma'_1}\right)$</p> $\varepsilon = \frac{1}{20} \ln\left(\frac{176.5}{86.5}\right) = 0.0357$ <p>Deformation, $u = 4 \times \varepsilon$</p> $= 4 \times 0.0357 = 0.14 \text{ m}$ <p>Consolidation coefficient:</p> $m_v = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta\sigma} = \frac{0.0357}{90} = 0.0004 \text{ kPa}^{-1}$	93 days

$$c_v = \frac{k}{\gamma_w m_v} = \frac{3.5 \times 10^{-9}}{10 \times 0.0004} = 8.8 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

$h=2\text{m}$ as permeable sand/rock on both sides, so:

$$\frac{c_v t_{99}}{h^2} = 1.784, t_{99} = 1.784 \times \frac{2^2}{8.8 \times 10^{-7}} = 8.0 \times 10^6 \text{ s}$$

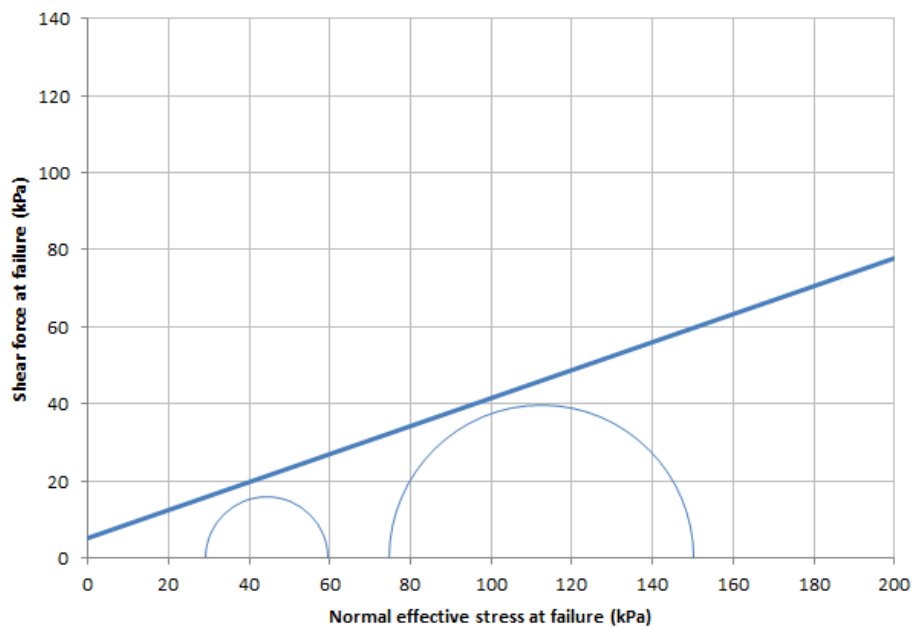
$$= 2243 \text{ hours} = 93 \text{ days}$$

2d

The major (vertical) stresses are from above (by interpolation), calculate the horizontal (minor) stresses as:

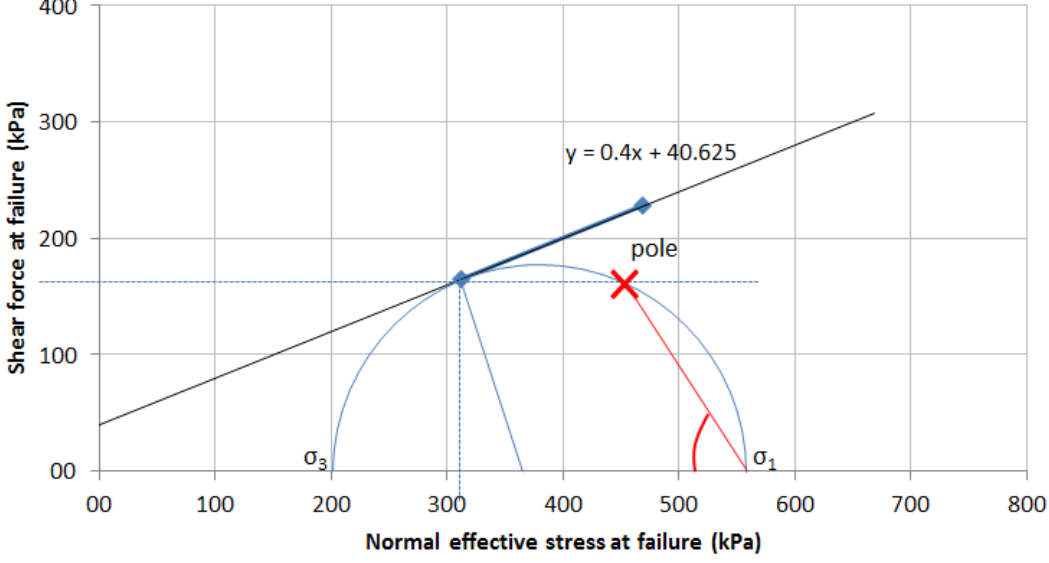
$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v = (e.g.) 0.5 \times 60.5 = 30.25$$

Mohr's circles are:



Soil is weak. Very little shear capacity, therefore stability of slopes should be calculated carefully.

Question No.	Workings	Answer																																																								
3a	<p>Factor of safety for an infinite slope is:</p> $F = \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} = \frac{\tan 25}{0.5} = 0.93$	0.93																																																								
3b	<p>Split into 5 slices, based upon 6 points given, so that each slice has a width of B=4 m</p> <p>Results of calculations in table below.</p> <ol style="list-style-type: none"> average angles of points to get mid-slice angle determine height of slice at mid-point (from slope and average y coords) Calculate slice properties, sum and calculate F. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Slice</th> <th>Angle to vertical (°)</th> <th>h at mid-slice (m)</th> <th>$A = \gamma h \cos^2 \alpha$</th> <th>$B = c + A \tan \phi$</th> <th>$C = B / \cos \alpha$</th> <th>$D = \gamma h \sin \alpha$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-5.00</td> <td>1.18</td> <td>20.99</td> <td>9.79</td> <td>9.83</td> <td>-1.84</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>7.70</td> <td>3.08</td> <td>54.44</td> <td>25.39</td> <td>25.62</td> <td>7.42</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>20.81</td> <td>4.05</td> <td>63.68</td> <td>29.70</td> <td>31.77</td> <td>25.90</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>35.30</td> <td>3.87</td> <td>46.43</td> <td>21.65</td> <td>26.53</td> <td>40.29</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>53.75</td> <td>1.73</td> <td>10.87</td> <td>5.07</td> <td>8.58</td> <td>25.09</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>$\Sigma C =$</td> <td>102.32</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>$\Sigma D =$</td> <td>96.85</td> </tr> </tbody> </table> $F = \frac{\Sigma C}{\Sigma D} = 1.05$	Slice	Angle to vertical (°)	h at mid-slice (m)	$A = \gamma h \cos^2 \alpha$	$B = c + A \tan \phi$	$C = B / \cos \alpha$	$D = \gamma h \sin \alpha$	1	-5.00	1.18	20.99	9.79	9.83	-1.84	2	7.70	3.08	54.44	25.39	25.62	7.42	3	20.81	4.05	63.68	29.70	31.77	25.90	4	35.30	3.87	46.43	21.65	26.53	40.29	5	53.75	1.73	10.87	5.07	8.58	25.09					$\Sigma C =$	102.32							$\Sigma D =$	96.85	1.05
Slice	Angle to vertical (°)	h at mid-slice (m)	$A = \gamma h \cos^2 \alpha$	$B = c + A \tan \phi$	$C = B / \cos \alpha$	$D = \gamma h \sin \alpha$																																																				
1	-5.00	1.18	20.99	9.79	9.83	-1.84																																																				
2	7.70	3.08	54.44	25.39	25.62	7.42																																																				
3	20.81	4.05	63.68	29.70	31.77	25.90																																																				
4	35.30	3.87	46.43	21.65	26.53	40.29																																																				
5	53.75	1.73	10.87	5.07	8.58	25.09																																																				
				$\Sigma C =$	102.32																																																					
					$\Sigma D =$	96.85																																																				
3c	<ul style="list-style-type: none"> Lower FOS is closer to critical value. or 1 is the critical FoS, therefore closest to 1 is correct. 																																																									

Question No.	Workings	Answer												
4a	<p>Need to calculate stresses at failure.</p> <p>Area is $0.04 \times 0.04 = 0.0016 \text{ m}^2$</p> <table border="1" data-bbox="336 562 1034 835"> <thead> <tr> <th>Normal force (N)</th> <th>Shear force at failure (N)</th> <th>Normal stress (kPa)</th> <th>Shear stress at failure (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500</td> <td>265</td> <td>312.5</td> <td>165.6</td> </tr> <tr> <td>750</td> <td>365</td> <td>468.8</td> <td>228.1</td> </tr> </tbody> </table> <p>By solving $\tau = \sigma'_{nf} \tan \phi' + c'$ simultaneously the parameters can be yielded as:</p> $c' = 40.6 \text{ kPa}$ $\phi' = 21.8^\circ$ <p>Can use a graphical method, but normally less exact. (reduce mark by 2 points)</p>	Normal force (N)	Shear force at failure (N)	Normal stress (kPa)	Shear stress at failure (kPa)	500	265	312.5	165.6	750	365	468.8	228.1	$c' = 40.6 \text{ kPa}$ $\phi' = 21.8^\circ$
Normal force (N)	Shear force at failure (N)	Normal stress (kPa)	Shear stress at failure (kPa)											
500	265	312.5	165.6											
750	365	468.8	228.1											
4b	 <p>The diagram is a Mohr's circle plot. The vertical axis is labeled 'Shear force at failure (kPa)' and ranges from 00 to 400. The horizontal axis is labeled 'Normal effective stress at failure (kPa)' and ranges from 00 to 800. A straight line representing the failure envelope is drawn, with the equation $y = 0.4x + 40.625$. Two Mohr's circles are plotted. The larger circle is tangent to the failure envelope at a point marked with a red 'X' and labeled 'pole'. The principal stresses σ_3 and σ_1 are indicated on the x-axis.</p>													
4c	<p>Using a number of trigonometric methods is possible to determine the principle stresses.</p> <p>Simplest is to calculate the centre and the radius of the Mohr's</p>	$\sigma_1 = 557.1 \text{ kPa}$ $55.9^\circ \text{ to hor.}$												

	<p>circle:</p> <p>Radius: $r = \frac{165.6}{\cos \phi'} = 178.4 \text{ kPa}$</p> <p>Centre: $312.5 + 165.6 \tan \phi' = 378.8 \text{ kPa}$</p> <p>$\sigma_1 = 378.8 + 178.4 = 557.1 \text{ kPa}$ $\sigma_3 = 378.8 - 178.4 = 200.4 \text{ kPa}$</p> <p>Angle to horizontal is e.g. the angle marked above in red for σ_1.</p> <p>Vertical line of triangle is 165.5 kPa, horizontal edge is: $178.4 - 165.6 \tan \phi' = 112.1 \text{ kPa}$</p> <p>Angle to horizontal is: $\tan^{-1} 165.6/112.1 = 55.9^\circ$</p> <p>For σ_3:</p> <p>$90 - 55.9 = 34.1^\circ$</p>	<p>σ_3 $= 200.4 \text{ kPa}$ 34.1° to hor.</p>
--	--	---

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Soil Mechanics

CTB2310 / AESB2330

BSc EXAMINATION 2015

THIRD PERIOD

DATE: 14 APRIL 2015

TIME: 14.00 – 17.00

Answer ALL Questions

Other instructions

Write your name and student number on each answer sheet

Clearly identify the answer in the answer box

1) A site investigation has yielded the following borehole record.

NAP, m	BOREHOLE RECORD		DESCRIPTION OF STRATA
1	Ground level Dense medium yellow sand		
-2	Water first encountered in soil		$\gamma_{wet} = 21 \text{ kN/m}^3, \gamma_{dry} = 18.5 \text{ kN/m}^3,$ $k = 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
-2.5	Water free standing in borehole		
-3.5			CLAY
-6.5		SAND	$\gamma_{wet} = 20 \text{ kN/m}^3, \gamma_{dry} = 19 \text{ kN/m}^3$
-7		GRAVEL	$\gamma_{wet} = 22 \text{ kN/m}^3, \gamma_{dry} = 20 \text{ kN/m}^3$ Phreatic surface at -1 m NAP

- a. Calculate and draw, based on the above information, the evolution of total stresses, effective stresses and pore water pressures in the different layers. [10 marks]

A 1 meter deep excavation will be dug for the foundations of a large factory. The factory will place a 150 kPa load over the extent of the structure base.

- b. What are the total and effective stresses just after construction at the centre of the clay layer? [3 marks]
- c. Determine the settlement due only to primary consolidation at the end of primary consolidation. Use three 1 m thick sub-layers to analyse the clay layer. [8 marks]
- d. What will be the total settlement after 20 years, assuming that primary consolidation has finished (where the reference time is $t_0 = 1$ day). [4 marks]

- 2) A series of conventional consolidated undrained triaxial tests have been carried out and the pore pressures have been measured. The samples were initially saturated and the pore pressure fixed at zero. The pore pressures were then measured after the confining pressure was applied prior to consolidation. The pore pressures were then allowed to fully dissipate before undrained shearing. The results are given in the table below.
- Determine the pore pressure parameters A and B. [8 marks]
 - Determine the effective shear strength parameters c' and ϕ' . [8 marks]
 - Determine the maximum shear stress in the third test and the orientation of the plane on which it acts. [6 marks]
 - Would the material dilate or compress during drained shear? Explain your answer. [3 marks]

Test	Confining pressure (kPa)	Pore pressure before consolidation (kPa)	Pore pressure at failure (kPa)	Deviator stress at failure (kPa)
1	150	50	-47	410
2	250	85	-70	597
3	350	120	-90	780

- 3) A strip foundation is being constructed for a building, with a load of 350 kN/m being applied along the foundation length. The soil is a sandy soil with the following properties: $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$, $c' = 15 \text{ kPa}$ and $\phi' = 20^\circ$ at 0.5 m below the ground surface, with the effective strength properties increasing to $c' = 35 \text{ kPa}$ and $\phi' = 30^\circ$ at 1.5 m below the ground surface. The water table is found to be at the ground surface. For simplicity, ignore the self-weight of the foundation.
- What is the minimum required width of the foundation if it is founded at 0.5 m depth? A factor of safety (FOS) of 2 is required. [8 marks]
 - What is the minimum required width of the foundation if it is founded at 1.5 m depth? A factor of safety (FOS) of 2 is required. [5 marks]
 - If the undrained shear strength of the soil can be estimated by $c_u = c' + (\sigma'_1 - \sigma'_3) \tan \phi'$ (where the stresses are the initial stresses prior to the foundation construction), what is the short term FOS for the foundation depth of 1.5m? [7 marks]
 - What is the maximum wind (lateral) load (per metre length of foundation) that can be withstood by the foundation in the long term situation, with the foundation founded at 1.5m depth? The FOS must not fall below 1.5. [5 marks]

- 4) A soil has been sampled from a potential construction site, using a 200 ml sampler. The soil was fully saturated and was weighed on site and found to weigh 375 grams. After being placed in an oven at 105°C in the laboratory for 24 hours, the sample was used for a grain size analysis. Another sample was used to find the Consistency Limits. The Plastic Limit was determined to be 32 % and the Liquid Limit to be 73 %. The results of the grain size distribution are given in the table below.
- Draw the grain size distribution. [8 marks]
 - What is the Plasticity Index? [2 marks]
 - What was the initial water content? [3 marks]
 - Determine the porosity. [3 marks]
 - What was the dry density? [3 marks]
 - Classify the soil. [3 marks]
 - What is the likely range of hydraulic conductivity for the soil? [3 marks]

Sieve size, μm	Mass, g
Tray	15
10	51
20	63
30	20
40	24
63	19
150	3
212	10
300	7
425	12
600	9
1180	5
2000	0

[END OF EXAM]

TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen

Grondmechanica
CT2310 / AESB2330

BSc TENTAMEN 2015

DERDE PERIODE

DATUM: 14 APRIL 2015

TIJD: 14.00 – 17.00

Beantwoord ALLE vragen

Verdere instructies

Schrijf je naam en studienummer op ALLE antwoordblad

Geef het antwoord duidelijk aan in het antwoordveld

1) Een grondonderzoek heeft het volgende boorprofiel opgeleverd.

NAP, m	BOORSTAAT		BESCHRIJVING VAN DE LAGEN
1	Maaiveld Dichtgepakt middelfijn geel zand		$\gamma_{\text{nat}} = 21 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{\text{droog}} = 18.5 \text{ kN/m}^3$, $k = 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
-2	Water aangetroffen in het monster		
-2.5	Grondwaterstand in het boorgat		
-3.5			
	Bruine stijve klei	KLEI	$\gamma_{\text{nat}} = 17 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{\text{droog}} = 16 \text{ kN/m}^3$, $k = 1 \times 10^{-10} \text{ m/s}$, $C_p = 25$, $C_s = 100$
-6.5	Dichtgepakt zand	ZAND	$\gamma_{\text{nat}} = 20 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{\text{droog}} = 19 \text{ kN/m}^3$
-7	Grof grind	GRIND	$\gamma_{\text{nat}} = 22 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{\text{droog}} = 20 \text{ kN/m}^3$ Stijghoogte gelijk aan -1 m NAP

- a. Bereken en teken, op basis van bovenstaande gegevens, het verloop van de totaalspanningen, effectieve spanningen en waterspanningen in de verschillende lagen. [10 punten]

Voor de fundering van een grote fabriek wordt een 1 m diepe ontgraving gerealiseerd. De fabriek leidt tot een gemiddelde funderingsdruk van 150 kPa.

- b. Wat worden de totaal- en effectieve spanningen in het midden van de kleilaag direct na de bouw van de fabriek? [3 punten]
- c. Bepaal de zetting ten gevolge van primaire consolidatie aan het einde van de consolidatietijd. Verdeel de kleilaag in drie 1 m dikke lagen voor deze berekening. [8 punten]
- d. Hoe groot is de totale zetting na 20 jaar, aangenomen dat de primaire consolidatie volledig voltooid is (de referentietijd $t_0 = 1$ dag). [4 punten]

- 2) Tijdens belasten van een serie isotroop geconsolideerde ongedraineerde (CU) triaxiaalproeven zijn de waterspanningen gemeten. De monsters zijn aan het begin van de proef verzadigd en de waterspanningen zijn op 0 gezet. Vervolgens zijn waterspanningen gemeten nadat de celdruk is aangebracht en voor consolidatie. Daarna heeft men de waterspanningen volledig laten afvloeien voordat het monster ongedraineerd tot afschuiven is gebracht. De resultaten zijn gegeven in onderstaande tabel.
- Bepaal de waterspanningsparameters A en B. [8 punten]
 - Bepaal de effectieve sterkteparameters c' and ϕ' . [8 punten]
 - Bepaal de maximale schuifspanning in de 3e proef en de oriëntatie van het vlak waarin deze werkt. [6 punten]
 - Dilateert of contracteert dit materiaal tijdens gedraineerde schuifcondities? Verklaar uw antwoord. [3 punten]

Proef	Celdruk (kPa)	Waterspanning voor consolidatie (kPa)	Waterspanning bij bezwijken (kPa)	Deviatorspanning bij bezwijken (kPa)
1	150	50	-47	410
2	250	85	-70	597
3	350	120	-90	780

- 3) Ten behoeve van een gebouw wordt een strokenfundering aangelegd, waarop over de gehele lengte een verdeelde last van 350 kN/m wordt aangebracht. De ondergrond is zandig met de volgende eigenschappen: $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$, $c' = 15 \text{ kPa}$ en $\phi' = 20^\circ$ op 0.5 m onder het maaiveld, waarbij de effectieve sterkte toeneemt tot $c' = 35 \text{ kPa}$ en $\phi' = 30^\circ$ op 1.5 m onder het maaiveld. De grondwaterstand is gelijk aan het maaiveld. Verwaarloos het eigengewicht van de fundering.
- Wat is de minimaal benodigde breedte van de fundering bij een funderingsdiepte van 0.5 m? De benodigde veiligheidsfactor (FOS) is 2. [8 punten]
 - Wat is de minimaal benodigde breedte van de fundering bij een funderingsdiepte van 1.5 m? De benodigde veiligheidsfactor (FOS) is 2. [5 punten]
 - Aangenomen dat de ongedraineerde schuifsterkte van de grond geschat kan worden met $c_u = c' + (\sigma'_1 - \sigma'_3) \tan \phi'$ (met de spanningen gelijk aan de initiële spanningen voor het aanbrengen van de fundering en bovenbelasting), wat is de korte termijn FOS voor de fundering met een diepte van of 1.5m? [7 punten]
 - Wat is de maximale (dwars-) windbelasting (per meter funderingslengte) die door de fundering gedragen kan worden in de uiteindelijke situatie, bij een funderingsdiepte van 1.5m? De FOS mag nooit lager zijn dan 1.5. [5 punten]

- 4) Een grondmonster is verkregen op een mogelijke bouwlocatie met behulp van een 200 ml grote monsterbus. De grond was volledig verzadigd en woog ter plaatse 375 gram. Na plaatsing in een oven op 105 C gedurende 24 uur is een zeefanalyse uitgevoerd op het monster. Een ander monster is gebruikt om de consistentiegrenzen te bepalen. De plasticiteitsgrens is bepaald op 32% en de vloeigrens op 73%. De resultaten van de zeefanalyse zijn gegeven in onderstaande tabel.
- Teken het korrelverdelingsdiagram. [8 punten]
 - Wat is de plasticiteitsindex? [2 punten]
 - Wat was het oorspronkelijke watergehalte? [3 punten]
 - Bepaal de porositeit. [3 punten]
 - Wat was de droge dichtheid? [3 punten]
 - Classificeer deze grond. [3 punten]
 - Wat is een waarschijnlijke orde van grootte van de hydraulische conductiviteit van deze grond? [3 punten]

Zeefopening, μm	Massa, g
Tray	15
10	51
20	63
30	20
40	24
63	19
150	3
212	10
300	7
425	12
600	9
1180	5
2000	0

[EINDE VAN HET TENTAMEN]

Name: P Vardon Student number: 001 CTB2310

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Soil Mechanics

CTB2310

BSc EXAMINATION 2015

THIRD PERIOD

DATE: 14 APRIL 2015

TIME: 14.00 – 17.00

Answer ALL Questions
(Note that the questions carry unequal marks)

Other instructions

Write your name and student number on each sheet

Clearly identify the answer in the answer box

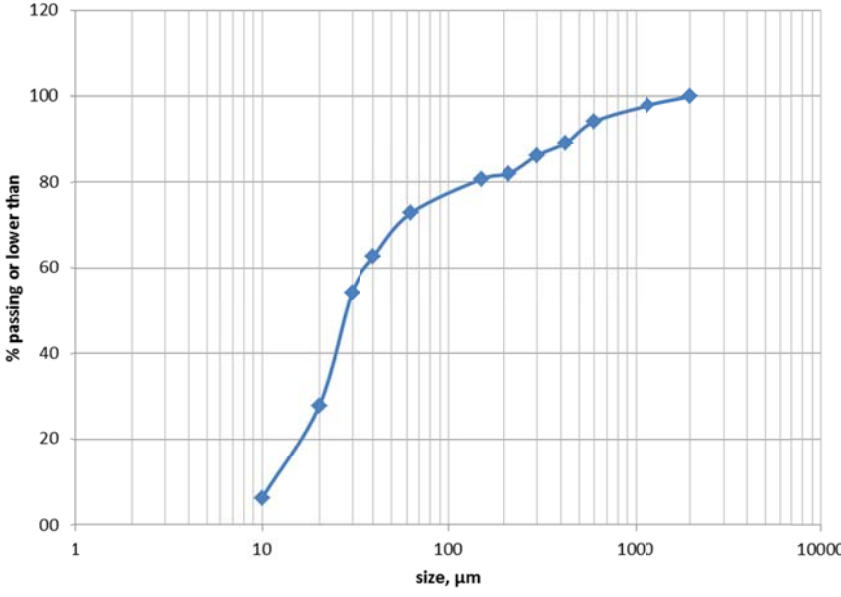
Question No.	Workings	Answer
1a	<p>The graph plots Pressure (kPa) against NAP (m). The x-axis ranges from 0 to 200 kPa, and the y-axis ranges from -10 to 2 m. Three lines are shown: Pore water pressure (blue), Effective stress (green), and total stress (orange). Key values are labeled at various depths: 10kPa, 55kPa, 60kPa, 77kPa, 87kPa, 83kPa, 138kPa, 148kPa, and 55.5, 60.5kPa.</p>	
1b	<p>Original values, calculate either by interpolation as 1a: Mid height of the clay: -5m NAP</p> <p>$p = (10+55)/2 = 32.5 \text{ kPa}$ $\sigma = (87+138)/2 = 112.5 \text{ kPa}$ $\sigma' = (77+83)/2 = 80 \text{ kPa}$</p> <p>After excavation $p = 32.5 - 1 \times 18.5 = 14 \text{ kPa}$ $\sigma = 112.5 - 1 \times 18.5 = 94 \text{ kPa}$ $\sigma' = 80 \text{ kPa}$ (either by subtraction or recognising it won't change)</p> <p>Immediately after factory construction $p = 14 + 150 = 164 \text{ kPa}$ $\sigma = 94 + 150 = 244 \text{ kPa}$ $\sigma' = 80 \text{ kPa}$ (either by subtraction or recognising it won't change)</p>	<p>After $\sigma = 244 \text{ kPa}$ $\sigma' = 80 \text{ kPa}$</p>
1c	<p>Primary strain: $\varepsilon = \frac{1}{c_p} \ln \left(\frac{\sigma'}{\sigma'_1} \right)$</p> <p>Stresses in other layers by the same method.</p> <p>Top layer</p> $\varepsilon = \frac{1}{25} \ln \left(\frac{209.5}{78} \right) = 0.040$ <p>Middle layer</p> $\varepsilon = \frac{1}{25} \ln \left(\frac{211.5}{80} \right) = 0.039$	<p>0.117m</p>

	<p>Bottom layer</p> $\varepsilon = \frac{1}{25} \ln \left(\frac{213.5}{82} \right) = 0.038$ <p>Deformation, $u = \Sigma d \times \varepsilon$ Total deformation = $\Sigma (1 \times \varepsilon)$ = $0.040 + 0.039 + 0.038 = 0.117$ m</p>	
1d	<p>Primary and creep strains: $\varepsilon = \left(\frac{1}{c_p} + \frac{1}{c_s} \log \frac{t}{t_0} \right) \ln \left(\frac{\sigma'}{\sigma'_1} \right)$</p> <p>Additional strains are: $\varepsilon = \left(\frac{1}{c_s} \log \frac{t}{t_0} \right) \ln \left(\frac{\sigma'}{\sigma'_1} \right)$</p> <p>Top layer</p> $\varepsilon = \frac{1}{100} \log \frac{7300}{1} \ln \left(\frac{78}{209.5} \right) = 0.38$ <p>Middle layer</p> $\varepsilon = \frac{1}{100} \log \frac{7300}{1} \ln \left(\frac{80}{211.5} \right) = 0.038$ <p>Bottom layer</p> $\varepsilon = \frac{1}{100} \log \frac{7300}{1} \ln \left(\frac{82}{213.5} \right) = 0.037$ <p>Deformation, $u = \Sigma d \times \varepsilon$ = $0.038 + 0.038 + 0.037 = 0.112$ m</p> <p>Total deformation = $0.117 + 0.112 = 0.229$ m</p>	0.229 m

Question No.	Workings	Answer						
2a	$\Delta p = B(\Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3))$ <p>Initially: $(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3) = 0$, therefore $\Delta p = B(\Delta\sigma_3)$</p> $50 - 0 = B(150 - 0)$ $85 - 0 = B(250 - 0)$ $120 - 0 = B(350 - 0)$ <p>Use any of the above eq to determine B=0.33 to 0.34</p> <p>Use any of the tests to determine A for the second part:</p> $-47 - 0 = 0.33(0 + A(410 - 0))$ $-70 - 0 = 0.34(0 + A(597 - 0))$ $-90 - 0 = 0.34(0 + A(780 - 0))$ <p>Using the above A = -0.34</p>	<p>B=0.33 to 0.34</p> <p>A = -0.34</p>						
2b	<p>Two options: i) draw Mohr's circle or ii) use the expression:</p> $\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) + 2c' \tan \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$ <p>Using any two of the tests, e.g. 1 and 3</p> <table border="1" data-bbox="331 1066 1203 1182"> <thead> <tr> <th>σ_1 (kPa)</th> <th>σ_3 (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$150 + -47 + 410 = 607$</td> <td>$150 + -47 = 197$</td> </tr> <tr> <td>$350 + -90 + 780 = 1220$</td> <td>$350 + -90 = 440$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Therefore $\phi' = 25.6^\circ$, $c' = 35$ kPa</p>	σ_1 (kPa)	σ_3 (kPa)	$150 + -47 + 410 = 607$	$150 + -47 = 197$	$350 + -90 + 780 = 1220$	$350 + -90 = 440$	<p>$\phi' = 25.6^\circ$, $c' = 35$ kPa</p>
σ_1 (kPa)	σ_3 (kPa)							
$150 + -47 + 410 = 607$	$150 + -47 = 197$							
$350 + -90 + 780 = 1220$	$350 + -90 = 440$							
2c	<p>Various options. Easiest is:</p> $(\sigma_1 - \sigma_3)/2 = (1220 - 440) / 2 = 390 \text{ kPa}$ <p>Orientation from Mohr's circle is 45° from both σ_1 and σ_3 and therefore 45° from horizontal and vertical</p>	<p>390 kPa</p> <p>45° from horizontal</p>						
2d	<p>Dilates. Negative pore pressure mean soil skeleton is expanding causing negative pore pressures.</p>	<p>Dilates.</p>						

Question No.	Workings	Answer
3a	<p>Use the Brinch Hansen method.</p> $p_c = cN_c i_c s_c + qN_q i_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma s_\gamma$ <p>No inclination, long structure (i and s factors are likely to be 1 or very close):</p> $p_c = cN_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma$ <p>Calculate N factors:</p> $N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \exp(\pi \tan \phi) = 6.4$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 14.8$ $N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi = 3.93$ <p>Overburden</p> $q = \gamma' d = 5.5$ <p>Total allowable, p_c:</p> $p_c = 257.7 + 21.6B \text{ kPa}$ <p>Applied load, p_a:</p> $p_a = \frac{350}{B} \text{ kPa}$ <p>FOS:</p> $FOS = \frac{p_c}{p_a} = 2$ <p>Solve for B:</p> $257.7B + 21.6B^2 = 2 \times 350$ $B = 2.28 \text{ m}$	B = 2.28 m
3b	<p>Against use the Brinch Hansen method.</p> <p>Calculate N factors:</p> $N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \exp(\pi \tan \phi) = 18.4$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 30.1$ $N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi = 20.1$ <p>Overburden</p> $q = \gamma' d = 16.5$ <p>Total allowable, p_c:</p> $p_c = 1358.5 + 110.5B \text{ kPa}$ <p>Applied load, p_a:</p> $p_a = \frac{350}{B} \text{ kPa}$ <p>FOS:</p>	B = 0.495 m

	$FOS = \frac{p_c}{p_a} = 2$ <p>Solve for B:</p> $1358.5B + 110.5B^2 = 2 \times 350$ $B = 0.495m$	
3c	<p>Use the Brinch Hansen method.</p> <p>For undrained loading, only c_u is used.</p> $p_c = c_u N_c i_c s_c$ $N_c = 5.14$ <p>Calculate σ'_1 and σ'_3 recognising that they coincide with vertical and horizontal stresses:</p> $\sigma'_1 = z\gamma' = 1.5 \times 11 = 16.5 \text{ kPa}$ $K_0 \approx 1 - \sin \phi' = 0.5$ $\sigma'_3 = K_0 \sigma'_1 = 8.25 \text{ kPa}$ <p>Undrained shear strength:</p> $c_u = c' + (\sigma'_1 - \sigma'_3) \tan \phi'$ $c_u = 40 \text{ kPa}$ <p>Bearing capacity:</p> $p_c = 40 \times 5.14 = 204.4 \text{ kPa}$ <p>Load:</p> $p_c = \frac{350}{B} = \frac{350}{0.495} = 707.1 \text{ kPa}$ <p>FOS = 204.4 / 707.1 = 0.29</p>	FoS = 0.29
3d	<p>In this case need the inclination factors are needed and again no shape factors.</p> $p_c = cN_c i_c + qN_q i_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma$ $FOS = \frac{p_c}{p_a} = 1.5$ <p>Therefore p_c is required to be:</p> $p_c = 1.5 \times \frac{350}{0.495} = 1060.6 \text{ kPa}$ <p>Express bearing capacity in terms of i_c ($i_q = i_c^2$ and $i_\gamma = i_c^3$):</p> $p_c = cN_c i_c + qN_q i_c^2 + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_c^3$ $1060.6 = 1054.9i_c + 303.6i_c^2 + 54.7i_c^3$ $i_c = 0.8$ <p>Horizontal stress, t:</p> $i_c = 1 - \frac{t}{c + p \tan \phi}$ $0.8 = 1 - \frac{t}{35 + \left(\frac{350}{0.495}\right) \tan 30^\circ}$ <p>Solving for t:</p> $t = 88.6 \text{ kPa}$ $F \text{ per } m = t \times B = 88.6 \times 0.495 = 43.8 \text{ kN/m}$	43.8kN/m

Question No.	Workings	Answer
4a	 <p>The graph shows a grain size distribution curve. The x-axis represents particle size in micrometers (μm) on a logarithmic scale from 1 to 10000. The y-axis represents the percentage of particles passing or lower than a given size, ranging from 0 to 120. The curve starts at approximately 7% passing at 10 μm, rises steeply to about 73% passing at 75 μm, and then gradually approaches 100% passing at approximately 2000 μm.</p>	
4b	$PI = w_L - w_P = 73 - 32 = 41\%$	41%
4c	<p>Water content = Mass of water / mass of solid Mass of water = initial mass – particles mass $M_w = 375 - 238$ (total from grain size analysis) = 137 grams $w = M_w / M_s = 137 / 238 = 0.576$</p>	0.576 or 57.6%
4d	$n = V_v / V$ $n = 137 / 200 = 0.69$	0.69
4e	$\rho_d = M_s / V = 238 / 200 * 1000 = 1190 \text{ kg/m}^3$	1190 kg/m ³
4f	High Plasticity Silt (MH) or Poorly Graded Silt (MP)	MH or MP
4g	10 ⁻⁸ to 10 ⁻⁶ m/s	10 ⁻⁸ to 10 ⁻⁶ m/s

TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen

Grondmechanica

CT2310

BSc TENTAMEN 2014

VIERDE PERIODE

DATUM: 14 JULI 2014

TIJD: 14.00 – 17.00

Beantwoord ALLE vragen
(De weging voor het eindresultaat verschilt per vraag)

Verdere instructies

Schrijf je naam en studienummer op ALLE antwoordblad

Geef het antwoord duidelijk aan in het antwoordveld

- 1) In-situ grondonderzoek heeft een grondmonster opgeleverd. Hierop is een zeefproef uitgevoerd, waarbij de hoeveelheid materiaal dat op de betreffende zeef is achtergebleven is weergegeven in onderstaande tabel.
- Teken het korrelverdelingsdiagram. **[8 punten]**
 - Bepaal de uniformiteitcoëfficiënt. **[5 punten]**
 - Classificeer de grond. **[3 punten]**
 - Geef de verwachte range van doorlatendheidswaarden aan. **[2 punten]**
 - Geef het verwachte droge volumieke gewicht van de grond aan. **[2 punten]**

Zeefmaat, μm	Massa, g
Bak	13
63	30
150	25
212	16
300	5
425	12
600	9
1180	27
2000	0

- 2) Een olietank met een diameter van 20 m en een hoogte van 10 m wordt gebouwd op een ondergrond van verzadigde klei. De grond heeft de volgende eigenschappen: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $c' = 15 \text{ kPa}$ en $\phi' = 0^\circ$. Wanneer de tank vol is, wordt het totale gewicht van de constructie voor 99% bepaald door de olie. De olie heeft een volumegewicht van $\gamma = 9 \text{ kN/m}^3$.
- De fundering is in eerste instantie ontworpen om direct op de ondergrond te worden geplaatst. Bepaal de veiligheidsfactor tegen bezwijken van de ondergrond, er van uitgaande dat de vormfactoren worden bepaald op basis van $B=L=\emptyset$ (diameter). **[10 punten]**
 - Een andere mogelijkheid is om de tank zodanig te bouwen dat de bodem op 2 m onder het maaiveld ligt. Bepaal wederom de veiligheidsfactor tegen bezwijken van de ondergrond. **[5 punten]**
 - Een horizontale windbelasting van 3000 kN wordt verwacht. Bereken voor alternatief (b) de bijbehorende veiligheidsfactor. **[5 punten]**

- 3) Er wordt een grote fabriek gebouwd, met een kelder en een grondvloer. Een eerste grondonderzoek heeft aangetoond dat de ondergrond bestaat uit twee kleilagen met daaronder een zandlaag. De eerste kleilaag is 9 m dik en de tweede is 5 m dik. In een boring is op 2 m diepte vanaf het maaiveld volledig verzadigde klei gevonden, maar een lange-termijn observatiepunt toont aan dat het grondwater zich op 4 m diepte bevindt. Een andere observatiepunt in de zandlaag geeft ook een grondwaterstand van 4 m beneden maaiveld aan. De volgende grondeigenschappen zijn bepaald:

$$\gamma_{\text{klei_boven_droog}} = 16 \text{ kN/m}^3, \gamma_{\text{klei_boven_nat}} = 17 \text{ kN/m}^3, \gamma_{\text{klei_onder}} = 18 \text{ kN/m}^3 \text{ and } \gamma_{\text{zand}} = 19 \text{ kN/m}^3.$$

- a. Teken de totaalspanningen, effectieve spanningen en waterspanningen als functie van de diepte, en geef op laagscheidingen en specifieke punten de betreffende waarden weer. **[10 punten]**

Monsters (50mm diameter, 25mm hoogte) uit de twee kleilagen zijn beproefd in een samendrukkingsapparaat. De resultaten van de bovenste kleilaag (bij een voorbelasting van 50 N) zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Totale belasting, N	Verticale verplaatsing, mm
50	0
100	1.3
150	2
200	2.6
250	3.1
300	3.5
250	3.4
200	3.3
150	3.1
250	3.3
300	3.6
350	3.9
400	4.1

- b. Bepaal de C_{10} waarden voor zowel de belasting- als de ontlasting- / herbelasting tak van de proef (apart). **[10 punten]**

Het eerste deel van het bouwproces betreft een ontgraving van de bovenste 4 m klei, zodat de kelder kan worden gebouwd.

- c. Bereken de einddeformatie aan de bovenkant van de ontgravingsbodem. Gebruik een totaal van 4 gelijke lagen en neem aan dat de tweede kleilaag twee keer zo stijf is als de bovenste kleilaag. **[10 punten]**

- 4) Er zijn twee CU triaxiaalproeven uitgevoerd. Beide proeven zijn voorgeconsolideerd op een celdruk van 300 kPa. In de eerste proef is het monster bij deze celdruk direct axiaal belast, terwijl in de tweede proef de celdruk eerst is gereduceerd tot 150 kPa (gedraineerd) alvorens het monster axiaal te belasten. Bij de laatst geregistreerde axiale spanning is het monster bezweken. De resultaten voor beide proeven staan in onderstaande tabel weergegeven.

Proef 1

Axiale spanning, σ_1 (kPa)	Waterspanning, p (kPa)
300.0	0.0
350.0	30.0
400.0	70.0
450.0	110.0
500.0	155.0
540.0	192.0

Proef 2

Axiale spanning, σ_1 (kPa)	Waterspanning, p (kPa)
150.0	0
175.0	10.0
200.0	30.0
225.0	60.0
250.0	105.0
267.0	143.0

- Als we er van uit gaan de Skempton parameter B na consolidatie gelijk is aan 1.0, bepaal dan de Skempton parameter A bij bezwijken voor beide proeven. **[5 punten]**
- Teken voor beide proeven de cirkels van Mohr voor de effectieve spanning bij bezwijken en geef de belangrijkste componenten van de grafiek weer; teken ook de Mohr-Coulomb bezwijkomhullende. **[8 punten]**
- Schat de effectieve sterkte eigenschappen c' en ϕ' . **[5 punten]**
- Teken het effectieve spanningspad (bv $(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$) tegen $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$) voor beide proeven en teken de alternatieve bezwijkomhullende met daarin de belangrijkste componenten. **[8 punten]**
- Schat de alternatieve effectieve sterkte eigenschappen d' en ψ' . **[4 punten]**

[EINDE VAN HET EXAMEN]

Name: P Vardon Student number: 001 CTB2310

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Soil Mechanics

CTB2310

BSc EXAMINATION 2014

THIRD PERIOD

DATE: 2 JULY 2014

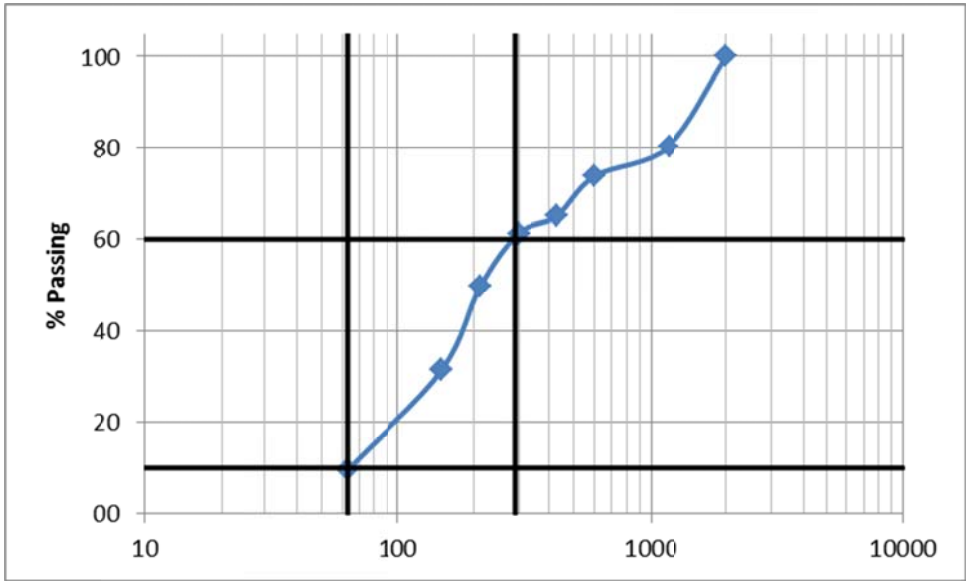
TIME: 14.00 – 17.00

Answer ALL Questions
(Note that the questions carry unequal marks)

Other instructions

Write your name and student number on each sheet

Clearly identify the answer in the answer box

Question No.	Workings	Answer																																								
1a	<p>Form data into an appropriate table and calculate the cumulative % passing.</p> <table border="1" data-bbox="379 443 1366 813"> <thead> <tr> <th>Sieve size, μm</th> <th>Mass, g</th> <th>Cum. mass passing, g</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Tray</td><td>13</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>63</td><td>30</td><td>13</td><td>9.5</td></tr> <tr><td>150</td><td>25</td><td>43</td><td>31.4</td></tr> <tr><td>212</td><td>16</td><td>68</td><td>49.6</td></tr> <tr><td>300</td><td>5</td><td>84</td><td>61.3</td></tr> <tr><td>425</td><td>12</td><td>89</td><td>65.0</td></tr> <tr><td>600</td><td>9</td><td>101</td><td>73.7</td></tr> <tr><td>1180</td><td>27</td><td>110</td><td>80.3</td></tr> <tr><td>2000</td><td>0</td><td>137</td><td>100</td></tr> </tbody> </table> 	Sieve size, μm	Mass, g	Cum. mass passing, g	%	Tray	13	0	0	63	30	13	9.5	150	25	43	31.4	212	16	68	49.6	300	5	84	61.3	425	12	89	65.0	600	9	101	73.7	1180	27	110	80.3	2000	0	137	100	
Sieve size, μm	Mass, g	Cum. mass passing, g	%																																							
Tray	13	0	0																																							
63	30	13	9.5																																							
150	25	43	31.4																																							
212	16	68	49.6																																							
300	5	84	61.3																																							
425	12	89	65.0																																							
600	9	101	73.7																																							
1180	27	110	80.3																																							
2000	0	137	100																																							
1b	<p>D_{60} and D_{10} are marked on the figure above.</p> <p>$D_{10} = 63 \mu\text{m}$</p> <p>$D_{60} = 290 \mu\text{m}$</p> <p>Uniformity coeff = $D_{60} / D_{10} = 290 / 63 = 4.6$</p>	4.6																																								
1c	<p>Almost all the material is sand ($63 \mu\text{m}$ to 2mm) and soil is well graded (uniformity coeff $\gg 1$), therefore soil is SW.</p>	SW																																								

1d	<table border="1" data-bbox="416 280 831 539"> <thead> <tr> <th>Type of soil</th> <th>k (m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>gravel</td> <td>$10^{-3} - 10^{-1}$</td> </tr> <tr> <td>sand</td> <td>$10^{-6} - 10^{-3}$</td> </tr> <tr> <td>silt</td> <td>$10^{-8} - 10^{-6}$</td> </tr> <tr> <td>clay</td> <td>$10^{-10} - 10^{-8}$</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="381 566 863 600">Table 7.1: Hydraulic conductivity k.</p> <p data-bbox="331 627 1007 663">Answers in the range of 10^{-6} to 10^{-3} m/s for 2 marks.</p> <p data-bbox="331 701 1230 736">A narrower range is also acceptable given that the soil is well graded.</p> <p data-bbox="331 775 887 810">Incorrect or missing units – reduce 1 mark.</p>	Type of soil	k (m/s)	gravel	$10^{-3} - 10^{-1}$	sand	$10^{-6} - 10^{-3}$	silt	$10^{-8} - 10^{-6}$	clay	$10^{-10} - 10^{-8}$	10^{-6} to 10^{-3} m/s
Type of soil	k (m/s)											
gravel	$10^{-3} - 10^{-1}$											
sand	$10^{-6} - 10^{-3}$											
silt	$10^{-8} - 10^{-6}$											
clay	$10^{-10} - 10^{-8}$											
1e	<p data-bbox="331 884 1230 920">Approximately 16 kN/m^3 (answers up to 18 kN/m^3 may be accepted).</p> <p data-bbox="331 958 1230 1032">Marks reduced for incorrect units and answers $\sim 20 \text{ kN/m}^3$ indicating saturation.</p>	16 to 18 kN/m^3										

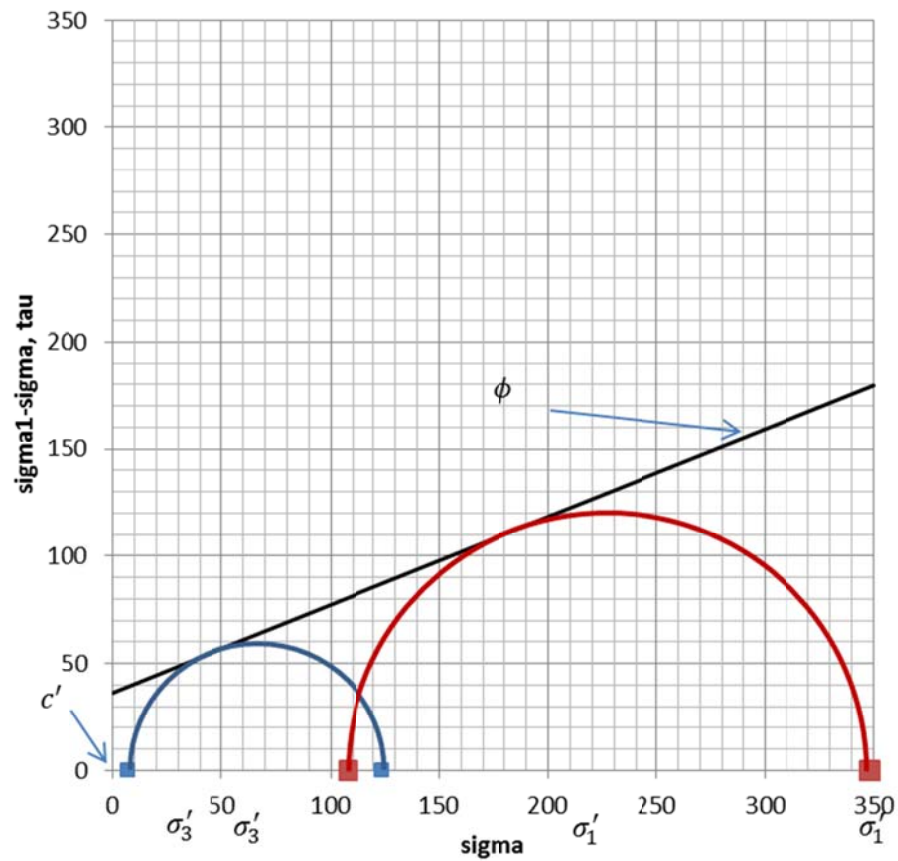
Question No.	Workings	Answer
2a	<p>Use the Brinch Hansen method.</p> $p_c = cN_c i_c s_c + qN_q i_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma s_\gamma$ <p>No inclination so i factors are 1 No overburden so q = 0</p> <p>Calculate N factors (use very small ϕ):</p> $N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \exp(\pi \tan \phi) = 1.0 \text{ (only need later)}$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 5.14$ $N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi = 0$ $p_c = cN_c s_c$ <p>Shape factors (B=L):</p> $s_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} = 1.2$ $s_q = 1 + \frac{B}{L} \sin \phi = 1.0$ $s_\gamma = 1 - 0.3 \frac{B}{L} = 0.7$ <p>Total allowable, p_c:</p> $p_c = 15 \times 5.14 \times 1.2 = 92.6 \text{ kPa}$ <p>Applied load, p:</p> $p = \gamma_{oil} \times h = 9 \times 10 = 90 \text{ kPa}$ <p>Could also update for 100% of load (90.9 kPa).</p> <p>FoS = 92.52/90 = 1.03</p>	1.03
2b	<p>Overburden is now 2 m:</p> $q = \gamma' \times h = 8 \times 2 = 16 \text{ kPa}$ $p_c = cN_c s_c + qN_q s_q$ $p_c = 92.6 + 16 \times 1 \times 1 = 108.6 \text{ kPa}$ <p>FoS = 108.6/90 = 1.21 (worse case)</p> <p>Will also accept for adjusting loading for pore pressure: FoS = 108.6/(90-20) = 1.55 or, as water table is not specified, increasing q to 36 kPa.</p>	1.21

2c	<p>Need to calculate inclination factors:</p> <p>Horizontal stress, t:</p> $t = \frac{F}{found\ area} = \frac{3000}{10^2\pi} = 9.6\ kPa$ $i_c = 1 - \frac{t}{c + p \tan \phi}$ $= 1 - \frac{9.6}{15} = 0.36$ $i_q = i_c^2 = 0.13$ $i_\gamma = i_c^3 = 0.05$ $p_c = cN_c i_c s_c + qN_q i_q s_q$ $p_c = 92.6 \times 0.36 + 16 \times 0.13 = 35.7\ kPa$ <p>FoS = 35.7/90 = 0.40</p>	0.40
----	---	------

Question No.	Workings	Answer																																																																								
3a																																																																										
3b	<p>$\sigma = \text{load}/\text{area}$</p> <p>$\text{area} = 0.05 * 0.05 * \frac{\pi}{4} = 0.00196m^2$</p> <p>$\varepsilon = \text{disp}/\text{height}$</p> <p>$C_{10} = \frac{1}{\varepsilon} \log\left(\frac{\sigma}{\sigma_1}\right)$</p> <p>Select first initial loading part and calculate:</p> <table border="1" data-bbox="322 1312 1248 1615"> <thead> <tr> <th>Load, N</th> <th>Vertical displacement, mm</th> <th>Total load, N</th> <th>Stress, kPa</th> <th>strain</th> <th>C10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>50</td><td>25.5</td><td>0</td><td>-</td></tr> <tr><td>50</td><td>1.3</td><td>100</td><td>50.9</td><td>0.052</td><td>5.8</td></tr> <tr><td>100</td><td>2</td><td>150</td><td>76.4</td><td>0.08</td><td>6.0</td></tr> <tr><td>150</td><td>2.6</td><td>200</td><td>101.9</td><td>0.104</td><td>5.8</td></tr> <tr><td>200</td><td>3.1</td><td>250</td><td>127.3</td><td>0.124</td><td>5.6</td></tr> <tr><td>250</td><td>3.5</td><td>300</td><td>152.8</td><td>0.14</td><td>5.6</td></tr> </tbody> </table> <p>Secondly pick unloading (or reloading part): Note: must start strain from initial stress datum, i.e. 250 N here.</p> <table border="1" data-bbox="322 1760 1248 1995"> <thead> <tr> <th>Load, N</th> <th>Vertical displacement, mm</th> <th>Total load, N</th> <th>Stress, kPa</th> <th>Strain</th> <th>C10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>250</td><td>3.5</td><td>300</td><td>152.8</td><td>0</td><td>-</td></tr> <tr><td>200</td><td>3.4</td><td>250</td><td>127.3</td><td>-0.00465</td><td>17.0</td></tr> <tr><td>150</td><td>3.3</td><td>200</td><td>101.9</td><td>-0.0093</td><td>18.9</td></tr> <tr><td>100</td><td>3.1</td><td>150</td><td>76.4</td><td>-0.0186</td><td>16.2</td></tr> </tbody> </table>	Load, N	Vertical displacement, mm	Total load, N	Stress, kPa	strain	C10	0	0	50	25.5	0	-	50	1.3	100	50.9	0.052	5.8	100	2	150	76.4	0.08	6.0	150	2.6	200	101.9	0.104	5.8	200	3.1	250	127.3	0.124	5.6	250	3.5	300	152.8	0.14	5.6	Load, N	Vertical displacement, mm	Total load, N	Stress, kPa	Strain	C10	250	3.5	300	152.8	0	-	200	3.4	250	127.3	-0.00465	17.0	150	3.3	200	101.9	-0.0093	18.9	100	3.1	150	76.4	-0.0186	16.2	<p>Initial loading: $C_{10}=5.5$ to 6.0</p> <p>Unloading / reloading: $C_{10}=16.0$ to 19.0</p>
Load, N	Vertical displacement, mm	Total load, N	Stress, kPa	strain	C10																																																																					
0	0	50	25.5	0	-																																																																					
50	1.3	100	50.9	0.052	5.8																																																																					
100	2	150	76.4	0.08	6.0																																																																					
150	2.6	200	101.9	0.104	5.8																																																																					
200	3.1	250	127.3	0.124	5.6																																																																					
250	3.5	300	152.8	0.14	5.6																																																																					
Load, N	Vertical displacement, mm	Total load, N	Stress, kPa	Strain	C10																																																																					
250	3.5	300	152.8	0	-																																																																					
200	3.4	250	127.3	-0.00465	17.0																																																																					
150	3.3	200	101.9	-0.0093	18.9																																																																					
100	3.1	150	76.4	-0.0186	16.2																																																																					

3c	<p>Change in effective stress = 66 kPa (can read from figure in 2a)</p> $\varepsilon = \frac{1}{C_{10}} \log\left(\frac{\sigma}{\sigma_1}\right)$						<p>0.270 m (uplift)</p> <p>(0.24 – 0.29) accepted</p>	
	Layer centre, m	Thick-ness, m	Initial eff stress, kPa	Final eff stress, kPa	C10 chosen	Strain		Disp, m
	-5.25	2.5	74.75	8.75	17	-0.055		-0.14
	-7.75	2.5	92.25	26.25	17	-0.032		-0.08
	-10.25	2.5	109.75	43.75	34	-0.012		-0.03
	-14.27	2.5	127.25	61.25	34	-0.009		-0.02
<p>[C10 choice of 5.5 to 6.0 is incorrect, but only lose 1 mark.]</p> <p>Total displacement is: 0.14+0.08+0.03+0.02 = 0.270 m (uplift)</p>								

Question No.	Workings	Answer																																																																																																		
4a	<p style="text-align: center;">$\Delta p = B(\Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3))$</p> <p>If B=1.0 and $\Delta\sigma_3=0$ then:</p> $A = \frac{\Delta p}{\Delta\sigma_1}$ $A_{test\ 1} = \frac{192}{(540 - 300)} = 0.8$ $A_{test\ 2} = \frac{143}{(267 - 150)} = 1.22$	$A_{test\ 1} = 0.8$ $A_{test\ 2} = 1.22$																																																																																																		
4b	<p>Test 1</p> <table border="1" data-bbox="416 707 1393 1008"> <thead> <tr> <th>Axial stress, σ_1 (kPa)</th> <th>Pore pressure, p (kPa)</th> <th>Deviator stress, kPa</th> <th>σ'_1, kPa</th> <th>σ'_3, kPa</th> <th>s, kPa</th> <th>t, kPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>300.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td><td>0</td></tr> <tr><td>350.0</td><td>30.0</td><td>50</td><td>320</td><td>270</td><td>295</td><td>25</td></tr> <tr><td>400.0</td><td>70.0</td><td>100</td><td>330</td><td>230</td><td>280</td><td>50</td></tr> <tr><td>450.0</td><td>110.0</td><td>150</td><td>340</td><td>190</td><td>265</td><td>75</td></tr> <tr><td>500.0</td><td>155.0</td><td>200</td><td>345</td><td>145</td><td>245</td><td>100</td></tr> <tr><td>540.0</td><td>192.0</td><td>240</td><td>348</td><td>108</td><td>228</td><td>120</td></tr> </tbody> </table> <p>Test 2</p> <table border="1" data-bbox="416 1120 1393 1420"> <thead> <tr> <th>Axial stress, σ_1 (kPa)</th> <th>Pore pressure, p (kPa)</th> <th>Deviator stress, kPa</th> <th>σ'_1, kPa</th> <th>σ'_3, kPa</th> <th>s, kPa</th> <th>t, kPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>150.0</td><td>0</td><td>0</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td>0</td></tr> <tr><td>175.0</td><td>10.0</td><td>25</td><td>165</td><td>140</td><td>152.5</td><td>12.5</td></tr> <tr><td>200.0</td><td>30.0</td><td>50</td><td>170</td><td>120</td><td>145</td><td>25</td></tr> <tr><td>225.0</td><td>60.0</td><td>75</td><td>165</td><td>90</td><td>127.5</td><td>37.5</td></tr> <tr><td>250.0</td><td>105.0</td><td>100</td><td>145</td><td>45</td><td>95</td><td>50</td></tr> <tr><td>267.0</td><td>143.0</td><td>117</td><td>124</td><td>7</td><td>65.5</td><td>58.5</td></tr> </tbody> </table>	Axial stress, σ_1 (kPa)	Pore pressure, p (kPa)	Deviator stress, kPa	σ'_1 , kPa	σ'_3 , kPa	s, kPa	t, kPa	300.0	0.0	0	300	300	300	0	350.0	30.0	50	320	270	295	25	400.0	70.0	100	330	230	280	50	450.0	110.0	150	340	190	265	75	500.0	155.0	200	345	145	245	100	540.0	192.0	240	348	108	228	120	Axial stress, σ_1 (kPa)	Pore pressure, p (kPa)	Deviator stress, kPa	σ'_1 , kPa	σ'_3 , kPa	s, kPa	t, kPa	150.0	0	0	150	150	150	0	175.0	10.0	25	165	140	152.5	12.5	200.0	30.0	50	170	120	145	25	225.0	60.0	75	165	90	127.5	37.5	250.0	105.0	100	145	45	95	50	267.0	143.0	117	124	7	65.5	58.5	
Axial stress, σ_1 (kPa)	Pore pressure, p (kPa)	Deviator stress, kPa	σ'_1 , kPa	σ'_3 , kPa	s, kPa	t, kPa																																																																																														
300.0	0.0	0	300	300	300	0																																																																																														
350.0	30.0	50	320	270	295	25																																																																																														
400.0	70.0	100	330	230	280	50																																																																																														
450.0	110.0	150	340	190	265	75																																																																																														
500.0	155.0	200	345	145	245	100																																																																																														
540.0	192.0	240	348	108	228	120																																																																																														
Axial stress, σ_1 (kPa)	Pore pressure, p (kPa)	Deviator stress, kPa	σ'_1 , kPa	σ'_3 , kPa	s, kPa	t, kPa																																																																																														
150.0	0	0	150	150	150	0																																																																																														
175.0	10.0	25	165	140	152.5	12.5																																																																																														
200.0	30.0	50	170	120	145	25																																																																																														
225.0	60.0	75	165	90	127.5	37.5																																																																																														
250.0	105.0	100	145	45	95	50																																																																																														
267.0	143.0	117	124	7	65.5	58.5																																																																																														



4c

Two methods: i) from d and ψ , or ii) from equation for M-C parameters:

i)

$$\tan \psi = \sin \phi'$$

$$\phi' = 22.2^\circ$$

$$d = c' \cos \phi'$$

$$c' = 36.4 \text{ kPa}$$

ii)

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) + 2c' \tan \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

Solve simultaneously with subtraction:

$$348 - 124 = (108 - 7) \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$\phi' = 22.2^\circ$$

Back substitute for c'

$$\phi' = 22.2^\circ$$

$$c' = 36.4 \text{ kPa}$$

4d		
4e	<p>From figure in 1c or from 2 failure points, make straight line and find equation:</p> $t = 0.3785s + 33.7$ <p>Therefore:</p> $d = 33.7kPa$ $\psi = \tan^{-1}(0.3785) = 20.7^\circ$	$d = 33.7kPa$ $\psi = 20.7^\circ$

Question No.	Workings	Answer
4a	<p>Use the Brinch Hansen method.</p> $p_c = cN_c i_c s_c + qN_q i_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma s_\gamma$ <p>No inclination, long structure (i and s factors are 1):</p> $p_c = cN_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma$ <p>Calculate N factors:</p> $N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \exp(\pi \tan \phi) = 6.4$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 14.8$ $N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi = 3.93$ <p>No effective overburden.</p> <p>Total allowable, p_c:</p> $p_c = 15 \times 14.83 + 0.5 \times 8 \times 12 \times 3.93 = 411 \text{ kPa}$ <p>Applied load, p:</p> <p>Effective weight of concrete $((25 - 10) \times 0.25 \times 2) \times (12 \times 20 + 20 \times 5 + 5 \times 12) = 3000 \text{ kN}$ (can be slightly less for more accurate determination)</p> <p>Effective weight of fill $(5 - 0.5) \times (12 - 0.5) \times (20 - 0.5) \times (17.5 - 10) = 7568 \text{ kN}$</p> <p>Total load = 10568 kN</p> <p>Total / area = 10568 / (12x20) = 44 kPa</p> <p>FoS = 411/44 = 9.3</p>	FoS = 9.3

<p>4b</p>	<p>Need to consider the shape of the caisson:</p> $p_c = cN_c s_c + qN_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma s_\gamma$ <p>Calculate shape factors:</p> $s_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} = 1.12$ $s_q = 1 + \frac{B}{L} \sin \phi = 1.21$ $s_\gamma = 1 - 0.3 \frac{B}{L} = 0.82$ $p_c = cN_c s_c + qN_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma s_\gamma$ $p_c = 15 \times 14.83 \times 1.12 + 0.5 \times 8 \times 12 \times 3.93 \times 0.82$ $= 404 \text{ kPa}$ <p>Weight of concrete $((25) \times 0.25 \times 2) \times (12 \times 20 + 20 \times 5 + 5 \times 12) = 5000 \text{ kN}$ (can be slightly less for more accurate determination)</p> <p>Weight of fill $(5 - 0.5) \times (12 - 0.5) \times (20 - 0.5) \times (17.5) = 17660 \text{ kN}$ Total load = 22660 kN Total / area = 22660 / (12x20) = 94 kPa</p> <p>FoS = 404/94 = 4.3</p>	<p>FoS = 4.3</p>
<p>4c</p>	<p>Use the Brinch Hansen method.</p> $p_c = cN_c i_c s_c + qN_q i_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma s_\gamma$ <p>In this case need the inclinations factors and no shape factors.</p> <p>Horizontal stress, t:</p> $t = \frac{F \text{ per } m}{\text{width}} = \frac{100}{12} = 8.3 \text{ kPa}$ $i_c = 1 - \frac{t}{c + p \tan \phi}$ $= 1 - \frac{8.3}{c + 44 \tan 20^\circ} = 0.73$	<p>FoS = 5.4</p>

	$i_q = i_c^2 = 0.53$ $i_\gamma = i_c^3 = 0.39$ $p_c = cN_c i_c + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma$ $p_c = 15 \times 14.83 \times 0.73 + 0.5 \times 8 \times 12 \times 3.93 \times 0.39$ $p_c = 237 \text{ kPa}$	
	$\text{FoS} = 237/44 = 5.4$	

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Soil Mechanics

CTB2310

BSc EXAMINATION 2014

THIRD PERIOD

DATE: 14 APRIL 2014

TIME: 14.00 – 17.00

Answer ALL Questions
(Note that the questions carry unequal marks)

Other instructions

Write your name and student number on each answer sheet

Clearly identify the answer in the answer box

1) During a site investigation it is found that the ground is made up of a number of soil layers. The ground level is at -1.5 m NAP. The first layer is a sand of 7 m thickness; a trial borehole in this layer reveals that the phreatic water level is at -3.25 m NAP and that the soil has a capillary rise of 0.75 m. Below this is a 6 m thick clay layer, underlain by a second sand layer. In this second sand layer a monitoring borehole gives a phreatic surface of 1 m NAP. The material properties have been determined in a laboratory as follows: $\gamma_{\text{clay}} = 16 \text{ kN/m}^3$, $C_{p, \text{clay}} = 15$, permeability, $k_{\text{clay}} = 3 \times 10^{-7} \text{ m/s}$, $\gamma_{d, \text{sand}} = 17 \text{ kN/m}^3$ and $\gamma_{\text{sand}} = 19 \text{ kN/m}^3$.

- a. Draw the total stresses, effective stresses and pore water pressures as a function of depth, identifying clearly the main points and soil layers. [12 marks]

An embankment for a wide road is going to be built in this location; therefore a 5 m high wide embankment is planned. This will be constructed from sand with a dry volumetric weight of $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$.

- b. For a point in the middle of the clay layer, determine the total stresses and effective stresses before and after the embankment has been constructed (after all excess pore pressures have been dissipated). [5 marks]
- c. Based on a single layer, what is the vertical deformation when the pore pressures due to the embankment construction have dissipated. [5 marks]
- d. At what time will 99% of the consolidation process have been completed? (Note that m_v can be approximated for the whole layer as $\Delta\varepsilon/\Delta\sigma$ at the centre of the layer for this question.) [8 marks]

2) A soil sample was delivered to a laboratory and weighed, and its mass was found to be 721g. The sampling tube used was 225 mm in length and 50 mm in diameter. The soil sample was dried in an oven overnight at 105°C and the soil was again weighed and found to have a mass of 612g. The dry soil was then put into a beaker of water, and the water displaced was weighed and found to have a mass of 197g.

- a. What is the soil porosity? [3 marks]
- b. Determine the saturated and dry volumetric weights. [4 marks]
- c. What was the initial soil saturation? [3 marks]
- d. What is the density of the solid particles in the sample? [3 marks]
- e. What is the void ratio of the sample? [2 marks]

- 3) Three direct shear tests were performed on samples of a clay. The results obtained at failure are shown in the table below.

Test No.	Normal force, N	Shear force, N
1	400	427
2	800	542
3	1200	655

The area of the sample is 3600 mm^2 .

- a. Estimate the effective strength parameters c' and ϕ' . [10 marks]
 - b. For Test No. 2:
 - i. Draw the Mohr's circle at failure and the Coulomb failure line. [5 marks]
 - ii. Determine the magnitude and orientation of the principle effective stresses at failure. [8 marks]
 - iii. Determine the magnitude of the maximum shear stress and the orientation of the plane on which it acts. [7 marks]
- 4) A harbour pier is constructed from concrete caissons (each of width = 12m, length = 20m, height = 5m, and wall and floor thickness = 0.25m; $\gamma_{conc} = 25\text{kN/m}^3$), founded on the sea floor. The caissons are then filled with a granular material ($\gamma = 17.5\text{kN/m}^3$) to provide resistance to lateral movements. A clayey-sand base to the harbour is anticipated from site investigation with soil properties of $\gamma = 18\text{kN/m}^3$, $c' = 15 \text{ kPa}$ and $\phi' = 20^\circ$.
- a. Determine the Factor of Safety against bearing failure for the finished pier [assume that the water level is at the top of the caisson]. [10 marks]
 - b. What is the Factor of Safety for a single caisson during construction [assume that the water level is at the base of the caisson]? [7 marks]
 - c. A lateral force of 100 kN per metre is expected due to wave motion. Calculate the Factor of Safety against bearing failure taking this into account for the final pier configuration. [8 marks]

[END OF EXAM]

TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen

Grondmechanica

CT2310

BSc TENTAMEN 2014

DERDE PERIODE

DATUM: 14 APRIL 2014

TIJD: 14.00 – 17.00

Beantwoord ALLE vragen
(De weging voor het eindresultaat verschilt per vraag)

Verdere instructies

Schrijf je naam en studienummer op ALLE antwoordblad

Geef het antwoord duidelijk aan in het antwoordveld

1) Grondonderzoek laat zien dat ondergrond bestaat uit een aantal verschillende lagen. Het maaiveld ligt op -1.5 m NAP. De eerste laag bestaat uit zand en is 7 m dik. Door middel van een proefboring in deze laag wordt aangetoond dat het freatisch vlak zich op -3.25 m NAP bevindt en dat de capillaire zone 0.75 m hoog is. Onder deze laag bevindt zich een 6 m dikke kleilaag, gevolgd door een tweede zandlaag. Een standpijp in deze tweede zandlaag laat een freatisch vlak op 1 m NAP zien. De materiaaleigenschappen zijn in een laboratorium bepaald als: $\gamma_{\text{klei}} = 16 \text{ kN/m}^3$, $C_{p, \text{klei}} = 15$, doorlatendheid, $k_{\text{klei}} = 3 \times 10^{-7} \text{ m/s}$, $\gamma_{d, \text{zand}} = 17 \text{ kN/m}^3$ and $\gamma_{\text{zand}} = 19 \text{ kN/m}^3$.

- a. Schets de totaalspanningen, effectieve spanningen en waterspanningen als functie van de diepte. Geef duidelijk de verschillende punten en grondlagen aan. **[12 punten]**

Op deze locatie zal een weglichaam aangelegd worden. Daarvoor zal een 5 m hoog zandlichaam worden aangelegd, bestaande uit zand met een droog volumegewicht $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$.

- b. Bepaal de totaalspanningen en effectieve spanningen voor en na aanleg (als alle wateroverspanningen zijn gedissipeerd) van het weglichaam voor een punt in het midden van de kleilaag. **[5 punten]**
- c. Bereken de verticale zetting als alle wateroverspanningen zijn gedissipeerd, op basis van een berekening in één punt. **[5 punten]**
- d. Op welk tijdstip is het consolidatieproces voor 99% voltooid? (Neem in acht dat voor deze vraag m geschat kan worden als $\Delta \varepsilon / \Delta \sigma$ in het midden van de laag.) **[8 punten]**

- 2) Een grondmonster is gewogen in het laboratorium en de massa is bepaald op 721 g. De gebruikte monsterbus is 225 mm lang en 50 mm diameter. Het monster is gedurende een nacht gedroogd in de oven bij 105°C en opnieuw gewogen. Het monster weegt nu 612 g. Het gedroogde monster is ondergedompeld in een maatbeker water en het verplaatste water gewogen. Dit heeft een massa van 197 g.
- Wat is de porositeit van de grond? **[3 punten]**
 - Bepaal de natte en droge volumegewichten. **[4 punten]**
 - Wat was de oorspronkelijke verzadigingsgraad? **[3 punten]**
 - Wat is de dichtheid van het korrelmateriaal in het monster? **[3 punten]**
 - Wat is het poriëngetal van het monster? **[2 punten]**

- 3) Op een drietal kleimonster zijn directe schuifproeven uitgevoerd. De meetresultaten tijdens bezwijken staan in onderstaande tabel.

Test No.	Normaalkracht, N	Dwarskracht, N
1	400	427
2	800	542
3	1200	655

Het oppervlak van het monster is 3600 mm².

- Bereken de effectieve schuifsterkte parameters c' en ϕ' . **[10 punten]**
- Voor test No. 2
 - Teken de cirkel van Mohr bij bezwijken en de Coulomb omhullende. **[5 punten]**
 - Bepaal de grootte en richting van de effectieve hoofdspansingen bij bezwijken. **[8 punten]**
 - Bepaal de grootte van de maximale schuifspanning en de orientatie van het vlak waarin deze aangrijpt. **[7 punten]**

- 4) Een havenpier is opgebouwd uit betonnen caissons (elk 12 m breed, 20 m lang en 5 m hoog, met wand- en vloerdikten 0.25 m; $\gamma_{conc} = 25\text{kN/m}^3$) gefundeerd op de zeebodem. De caissons worden na plaatsing gevuld met een korrelmateriaal ($\gamma = 17.5\text{kN/m}^3$) om weerstand tegen horizontaal verplaatsen te bieden. Grondonderzoek heeft aangetoond dat de kleierig-zand grondslag in de haven de volgende eigenschappen heeft: $\gamma = 18\text{kN/m}^3$, $c' = 15\text{ kPa}$ en $\phi' = 20^\circ$.
- Bepaal de veiligheidsfactor tegen afschuiven van de pier na oplevering.
[*Neem aan dat het waterniveau gelijk is aan de bovenzijde van de caissons.*]
[10 punten]
 - Bepaal de veiligheidsfactor voor een enkel caisson tijdens de bouw. [*Neem aan dat het waterniveau gelijk is aan de onderzijde van het caisson.*] **[7 punten]**
 - Als gevolg van golfslag wordt een horizontale kracht van 100 kN per strekkende meter verwacht. Bereken de veiligheidsfactor tegen bezwijken voor de gereedgekomen pier met inbegrip van deze belasting. **[8 punten]**

[EINDE VAN HET EXAMEN]

Name: P Vardon Student number: 001 CTB2310

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Soil Mechanics

CTB2310

BSc EXAMINATION 2014

THIRD PERIOD

DATE: 14 APRIL 2014

TIME: 14.00 – 17.00

Answer ALL Questions
(Note that the questions carry unequal marks)

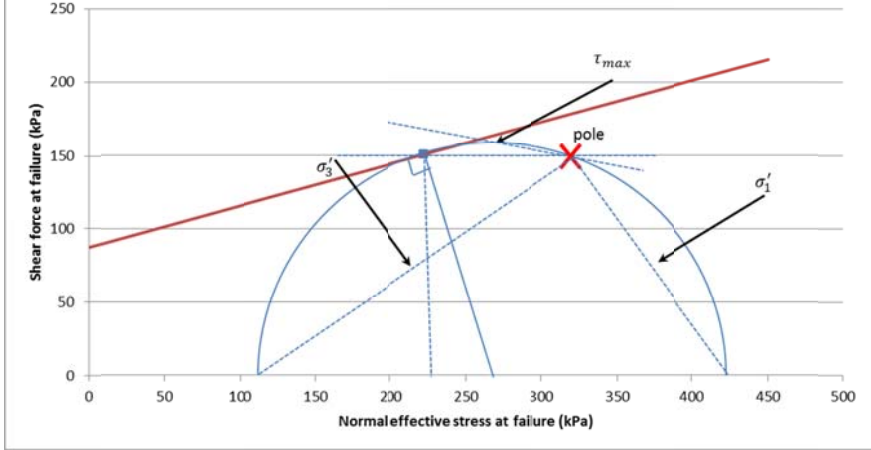
Other instructions

Write your name and student number on each sheet

Clearly identify the answer in the answer box

Question No.	Workings	Answer
1a		
1b	<p>Mid height of the clay:</p> $\sigma = (227+131)/2 = 179 \text{ kPa}$ $\sigma' = (78.5+72)/2 = 75.25 \text{ kPa}$ <p>After embankment, pwp can dissipate therefore stresses are increase by $5 \times 18 = 90 \text{ kPa}$ at all locations. Assumption is 'wide' embankment.</p> $\sigma = 179+90 = 269 \text{ kPa}$ $\sigma' = 75.25 + 90 = 165.25 \text{ kPa}$	<p>Before $\sigma = 179 \text{ kPa}$ $\sigma' = 75.25 \text{ kPa}$</p> <p>After $\sigma = 269 \text{ kPa}$ $\sigma' = 165.25 \text{ kPa}$</p>
1c	<p>Strain: $\epsilon = \frac{1}{c_p} \ln\left(\frac{\sigma'}{\sigma'_1}\right)$</p> $\epsilon = \frac{1}{15} \ln\left(\frac{75.25 + 90}{75.25}\right) = 0.052$ <p>Deformation, $u=6 \times \epsilon$</p> <p>Total deformation = $6 \times \epsilon = 0.31$</p>	0.31m
1d	<p>Consolidation coefficient:</p> $m_v = \frac{\Delta\epsilon}{\Delta\sigma} = \frac{0.052}{90} = 0.0006$ $c_v = \frac{k}{\gamma_w m_v} = \frac{3 \times 10^{-7}}{10 \times 0.0006} = 5.1 \times 10^{-5}$ <p>H=3 as sand on both sides, so:</p> $\frac{c_v t_{99}}{h^2} = 1.784, t_{99} = 1.784 \times \frac{3^2}{5.1 \times 10^{-5}} = 311860 \text{ s} = 87 \text{ hours}$	87 hours

Question No.	Workings	Answer
2a	$n = V_v / V$ Volume of sample, $V = 225 \times 50^2 \times \pi / 4 = 4.42 \times 10^5 \text{ mm}^3 = 0.000442 \text{ m}^3$ Volume of solid from water = $0.197 / 1000 = 0.000197 \text{ m}^3$ Volume of voids = $0.000442 - 0.000197 = 0.000245 \text{ m}^3$ $n = 0.000245 / 0.000442 = 0.554$	$n = 0.554$ or 55.4 %
2b	Mass of saturated soil = $612 + 0.000245 \times 1000 \times 1000 = 857 \text{ g}$ Weight = 8.57 N or 0.00857 kN Saturated volumetric weight, $\gamma = 0.00857 / 0.000442 = 19.4 \text{ kN/m}^3$ Mass of dry soil = $612 \text{ g} = 0.00612 \text{ kN}$ Saturated volumetric weight, $\gamma_d = 0.00612 / 0.000442 = 13.9 \text{ kN/m}^3$	$\gamma = 19.4 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_d = 13.9 \text{ kN/m}^3$
2c	Degree of saturation, $S = V_w / V_v$ Initial water mass = $721 - 612 = 109 \text{ g} = 0.109 \text{ kg}$ Initial water volume = $0.109 / 1000 = 0.000109 \text{ m}^3$ $S = 0.000109 / 0.000245 = 0.445$ or 44.5%	$S = 0.445$ or 44.5 %
2d	Volume of soil particles = 0.000197 m^3 Density, $\rho_s = M_s / V_s = (612 / 1000) / 0.000197 = 3107 \text{ kg/m}^3$	$\rho_s = 3100 \text{ kg/m}^3$
2e	Void ratio, $e = \text{Volume pores} / \text{volume solid}$ $= 0.000245 / 0.000197 = 1.24$	$e = 1.24$

Question No.	Workings	Answer																				
3a	<table border="1" data-bbox="331 371 1206 689"> <thead> <tr> <th>Test No.</th> <th>Normal force, N</th> <th>σ'_n, kPa</th> <th>Shear force, N</th> <th>τ, kPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>400</td> <td>111.1</td> <td>427</td> <td>118.6</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>800</td> <td>222.2</td> <td>542</td> <td>150.5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1200</td> <td>333.3</td> <td>655</td> <td>181.9</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="331 730 1078 801">Could draw Mohr's circles, but also can use simultaneous equations for any other the two test, e.g.:</p> $427 = c' + 111.1 \tan \phi'$ $542 = c' + 222.2 \tan \phi'$ $c' = 87 \text{ kPa}$ $\phi' = 15^\circ$	Test No.	Normal force, N	σ'_n , kPa	Shear force, N	τ , kPa	1	400	111.1	427	118.6	2	800	222.2	542	150.5	3	1200	333.3	655	181.9	$c' = 87 \text{ kPa}$ $\phi' = 16^\circ$
Test No.	Normal force, N	σ'_n , kPa	Shear force, N	τ , kPa																		
1	400	111.1	427	118.6																		
2	800	222.2	542	150.5																		
3	1200	333.3	655	181.9																		
3b i	 <p data-bbox="331 1559 957 1594">Marks here just for the Mohr's circle and failure</p>																					
3b ii	<p data-bbox="331 1671 983 1742">Centre of circle, $222.2 + 150.5 \tan 16^\circ = 265 \text{ kPa}$ Radius of circle, $150.5 / \cos 16^\circ = 157 \text{ kPa}$</p> $\sigma'_1 = 265 + 157 = 422 \text{ kPa}$ $\sigma'_3 = 265 - 157 = 108 \text{ kPa}$ <p data-bbox="331 1895 670 1966">σ'_1 acts at $45^\circ - \phi'/2 = 37^\circ$ σ'_3 acts at $45^\circ + \phi'/2 = 53^\circ$</p>	<p data-bbox="1238 1639 1366 1742">Unit kPa $\sigma'_1 = 422$ $\sigma'_3 = 108$</p> <p data-bbox="1238 1783 1404 1966">σ'_1 acts at 37° σ'_3 acts at 53° to horizontal</p>																				

<p>3b iii</p>	<p style="text-align: center;">$\tau_{max} = 157 \text{ kPa}$</p> <p>Angle using trig from Pole (which is known from shear failure – opposite side of circle)</p> <p>$\tan \theta = \frac{157-150}{265-222} = 8^\circ$ to horizontal. (from 7° to 9.5° is acceptable for rounding errors)</p>	<p style="text-align: center;">τ_{max} $= 157 \text{ kPa}$ 8° to horiz.</p>
-------------------	---	--

Question No.	Workings	Answer
4a	<p>Use the Brinch Hansen method.</p> $p_c = cN_c i_c s_c + qN_q i_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma s_\gamma$ <p>No inclination, long structure (i and s factors are 1):</p> $p_c = cN_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma$ <p>Calculate N factors:</p> $N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \exp(\pi \tan \phi) = 6.4$ $N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 14.8$ $N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi = 3.93$ <p>No effective overburden.</p> <p>Total allowable, p_c:</p> $p_c = 15 \times 14.83 + 0.5 \times 8 \times 12 \times 3.93 = 411 \text{ kPa}$ <p>Applied load, p:</p> <p>Effective weight of concrete $((25 - 10) \times 0.25 \times 2) \times (12 \times 20 + 20 \times 5 + 5 \times 12) = 3000 \text{ kN}$ (can be slightly less for more accurate determination)</p> <p>Effective weight of fill $(5 - 0.5) \times (12 - 0.5) \times (20 - 0.5) \times (17.5 - 10) = 7568 \text{ kN}$</p> <p>Total load = 10568 kN</p> <p>Total / area = 10568 / (12x20) = 44 kPa</p> <p>FoS = 411/44 = 9.3</p>	FoS = 9.3
4b	<p>Need to consider the shape of the caisson:</p> $p_c = cN_c s_c + qN_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma s_\gamma$ <p>Calculate shape factors:</p> $s_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} = 1.12$ $s_q = 1 + \frac{B}{L} \sin \phi = 1.21$ $s_\gamma = 1 - 0.3 \frac{B}{L} = 0.82$ $p_c = cN_c s_c + qN_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma s_\gamma$ $p_c = 15 \times 14.83 \times 1.12 + 0.5 \times 8 \times 12 \times 3.93 \times 0.82$ $= 404 \text{ kPa}$	FoS = 4.3

	<p>Weight of concrete $((25) \times 0.25 \times 2) \times (12 \times 20 + 20 \times 5 + 5 \times 12) = 5000 \text{ kN}$ (can be slightly less for more accurate determination)</p> <p>Weight of fill $(5 - 0.5) \times (12 - 0.5) \times (20 - 0.5) \times (17.5) = 17660 \text{ kN}$</p> <p>Total load = 22660 kN</p> <p>Total / area = $22660 / (12 \times 20) = 94 \text{ kPa}$</p> <p>FoS = $404/94 = 4.3$</p>	
4c	<p>Use the Brinch Hansen method.</p> $p_c = cN_c i_c s_c + qN_q i_q s_q + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma s_\gamma$ <p>In this case need the inclinations factors and no shape factors.</p> <p>Horizontal stress, t:</p> $t = \frac{F \text{ per } m}{\text{width}} = \frac{100}{12} = 8.3 \text{ kPa}$ $i_c = 1 - \frac{t}{c + p \tan \phi}$ $= 1 - \frac{8.3}{c + 44 \tan 20^\circ} = 0.73$ $i_q = i_c^2 = 0.53$ $i_\gamma = i_c^3 = 0.39$ $p_c = cN_c i_c + \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma i_\gamma$ $p_c = 15 \times 14.83 \times 0.73 + 0.5 \times 8 \times 12 \times 3.93 \times 0.39$ $p_c = 237 \text{ kPa}$ <p>FoS = $237/44 = 5.4$</p>	FoS = 5.4