

**DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**Faculty of Civil Engineering and Geosciences**

**Soil Mechanics**

**CTB2310 / AESB2330**

**BSc EXAMINATION 2018**

THIRD PERIOD

DATE: 16 APRIL 2018

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) The ground, at the site of a proposed high rise building, is found to be made up of a series of layers. The ground level is at 2 m NAP, with a 15 m thick sand layer (sand 1) initially, followed by a 10 m thick clay layer, and finally another sand layer (sand 2) until the final depth of the site investigation (-40 m NAP). The properties were determined from a series of laboratory tests and were found to be:  $\gamma_{\text{sand1}} = 19 \text{ kN/m}^3$ ,  $\gamma_{\text{clay}} = 16 \text{ kN/m}^3$ ,  $\gamma_{\text{sand2}} = 21 \text{ kN/m}^3$ ,  $C_{p, \text{clay}} = 20$ . Assume that the ground water table and phreatic surface are 15m below the ground level.

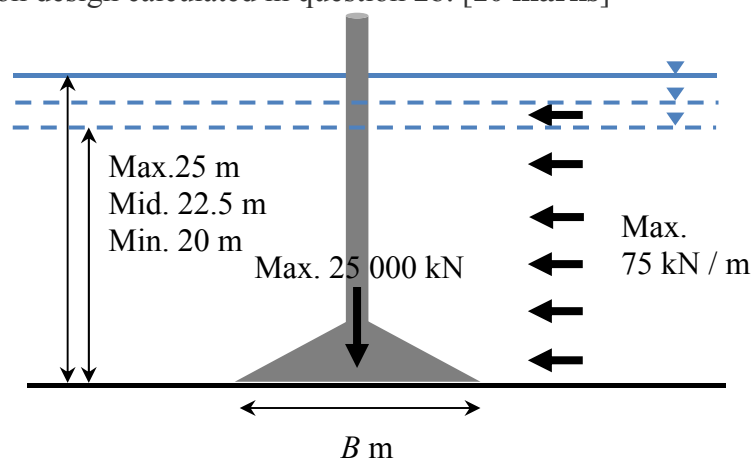
- a. Draw the total vertical stress, effective vertical stress and pore water pressure as a function of depth, identifying clearly the main points and soil layers. [8 marks]

The construction process is split into two main parts, (i) a 10 m deep excavation, and (ii) construction of the structure, where a  $500 \text{ kN/m}^2$  load is added. The plan area of the foundation of the high rise building is  $20 \text{ m} \times 20\text{m}$ .

- b. Calculate the initial effective stress at the centre of the clay layer and the changes in effective stress for the two construction phases, beneath the centre of the excavation, using Newmark's chart. Assume all excess pore pressures are dissipated. [10 marks]
- c. Calculate the ground displacement at the centre of the excavation at the end of each construction phase. Use a single layer for the calculation. [7 marks]

2) A foundation is made for an offshore wind turbine, as shown in the figure below. The foundation is square, and is founded on a stiff clay with the following properties:  $\phi' = 15^\circ$ ,  $c' = 250 \text{ kPa}$ ,  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ . The maximum effective vertical load of 25 000 kN is due to the mass of the wind turbine and occurs at the minimum water level of 20 m. At mid-tide, where the water depth is 22.5 m, the vertical load is reduced (due to buoyancy) to 22 500 kN and a horizontal load of 75 kN per metre depth of the water is applied to the foundation.

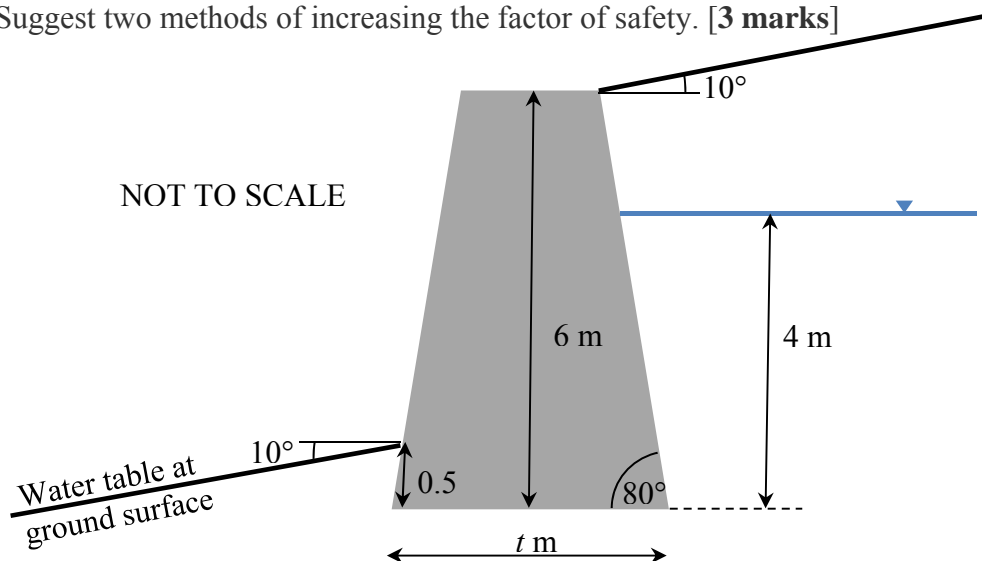
- a. Calculate the bearing capacity factors. [5 marks]
- b. Calculate the dimension  $B$  for a long term factor of safety of 2 considering only the maximum vertical load. [10 marks]
- c. Calculate the long term factor of safety considering the mid-tide situation, using the foundation design calculated in question 2b. [10 marks]



- 3) A soil has been sampled and tested in a shear box in the laboratory. The shear box holds a sample of 50 mm × 50 mm × 30 mm (length×width×height) and the results of the tests are shown in the table below. The tests are undertaken so that drained conditions are ensured.
- Calculate the effective strength parameters for the initial failure (peak). [10 marks]
  - Calculate the effective strength parameters for the residual conditions. [5 marks]
  - Draw the Mohr's circle for the first test at initial failure (peak) and the Mohr-Coulomb failure envelope, clearly identifying the main features. [10 marks]

Test No.	Normal force (N)	Peak shear force (N)	Residual shear force (N)
1	75	45	35
2	175	57	42

- 4) A mass retaining wall is being designed to form a 5.5 m tall change in elevation within a sloping terrain, as shown in the figure below. The soil properties are  $E = 1000 \text{ MPa}$ ,  $\nu = 0.35$ ,  $\phi' = 35^\circ$ ,  $c' = 0$ ,  $\delta = 20^\circ$ ,  $\gamma_{\text{wet}} = 19 \text{ kN/m}^3$  and  $\gamma_{\text{dry}} = 17 \text{ kN/m}^3$ , and the concrete properties are  $\gamma_{\text{conc}} = 25 \text{ kN/m}^3$ .
- Using elasticity equations determine the coefficient of lateral earth pressure,  $K$ , for confined conditions and use this value to estimate the initial in-situ total and effective stresses at 6m depth, where the water table is at the ground level. [4 marks]
  - Determine  $K_a$  and  $K_p$  for failure conditions of the retaining wall shown in the figure below, including friction between the wall and the soil. [6 marks]
  - Calculate the minimum base thickness,  $t$ , required for the mass retaining wall to resist sliding, given that a factor of safety of 1.5 is required. The water table is at the ground surface on the passive side and 4 m above the base of the wall on the active side. [12 marks]
  - Suggest two methods of increasing the factor of safety. [3 marks]



[END OF EXAM]

**TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT**  
**Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen**

**Grondmechanica**  
**CT2310 / AESB2330**

**BSc TENTAMEN 2018**

DERDE PERIODE

DATUM: 16 APRIL 2018

TIJD: 13.30 – 16.30

Beantwoord ALLE vragen

Verdere instructies

**Schrijf je naam en studienummer op ALLE antwoordbladen**

**Geef het antwoord duidelijk aan in het antwoordveld**

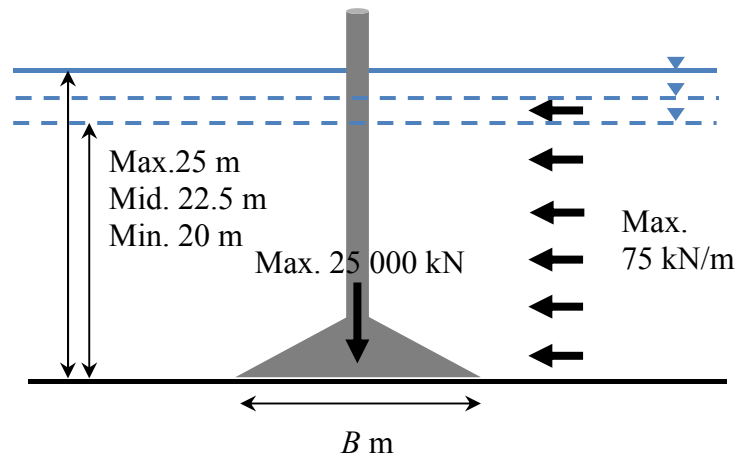
1) Op de locatie van geplande hoogbouw blijkt de ondergrond opgebouwd te zijn uit een aantal grondlagen. Het maaiveld bevindt zich op +2 m NAP met daaronder een zandlaag (zand 1) met een dikte van 15m. Daaronder ligt een kleilaag met een dikte van 10 m en vervolgens een zandlaag (zand 2) tot de maximale diepte van het grondonderzoek (-40 m NAP). Aan de hand van laboratorium testen zijn de volgende grondeigenschappen bepaald;  $\gamma_{\text{zand1}} = 19 \text{ kN/m}^3$ ,  $\gamma_{\text{klei}} = 16 \text{ kN/m}^3$ ,  $\gamma_{\text{zand2}} = 21 \text{ kN/m}^3$ ,  $C_{p, \text{klei}} = 20$ . Neem een grondwaterpeil en freatisch vlak aan op 15m beneden maaiveld.

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

Het bouwproces is opgesplitst in twee fasen; (i) een 10 m diepe ontgraving, en (ii) de constructie van het gebouw waarbij een belasting van  $500 \text{ kN/m}^2$  wordt toegevoegd. Het oppervlak van de fundering van het gebouw is  $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ .

- b. Bereken de initiële effectieve spanning in het midden van de kleilaag en de veranderingen in effectieve spanning voor de twee constructiefasen onder het midden van de fundering. Maak hierbij gebruik van de zon van Newmark. Neem aan dat alle porie-overspanning gedissipeerd is. **[10 punten]**
- c. Bereken de verplaatsing van de grond in het midden van de ontgraving aan het eind van iedere constructiefase. Gebruik één laag voor de berekening. **[7 punten]**

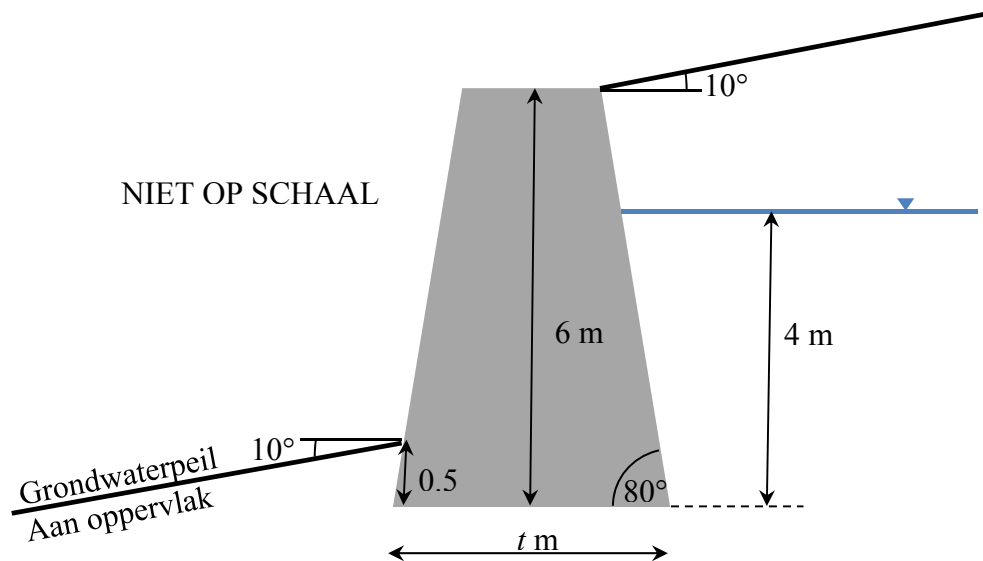
- 2) Voor een windmolen in zee wordt een fundering gemaakt, zoals weergegeven in onderstaande figuur. The fundering is vierkant en rust op een stijve klei met de volgende eigenschappen:  $\phi' = 15^\circ$ ,  $c' = 250$  kPa,  $\gamma = 18$  kN/m<sup>3</sup>. De maximale effectieve verticale spanning treed op bij de minimale waterstand van 20 m. Bij doortij, wanneer de waterdiepte 22.5 m is, wordt de verticale belasting (door de archimedeskracht) verminderd tot 22 500 kN en wordt een horizontale belasting van 75 kN per meter waterdiepte uitgeoefend op de fundering.
- Bereken de factoren voor draagvermogen. **[5 punten]**
  - Bereken de afmeting B voor een veiligheidsfactor 2 op lange termijn. Ga uit van alleen de maximale verticale belasting. **[10 punten]**
  - Bereken de veiligheidsfactor op lange termijn voor de doortij situatie. Maak daarbij gebruik van de berekening voor het funderingsontwerp in vraag 2b. **[10 punten]**



- 3) Een grondmonster is getest in een shear box in het laboratorium. De shear box bevat een monster van  $50$  mm  $\times$   $50$  mm  $\times$   $30$  mm (lengte  $\times$  breedte  $\times$  hoogte) en de testresultaten staan in onderstaande tabel. De testen zijn onder gedraineerde toestand uitgevoerd.
- Bereken de parameters voor effectieve sterkte voor het punt van eerste bezwijking (piek). **[10 punten]**
  - Bereken de parameters voor effectieve reststerkte. **[5 punten]**
  - Teken de Mohr-cirkel voor de eerste test op het punt van eerste bezwijking (piek) en de Mohr-Coulomb bezwijklijn. Geef de belangrijkste aspecten duidelijk weer. **[10 punten]**

Test Nr.	Normaalkracht (N)	Piek schuifkracht (N)	Rest schuifkracht (N)
1	75	45	35
2	175	57	42

- 4) Een keermuur wordt ontworpen ter overbrugging van 5.5m hoogteverschil in hellend terrein, zoals in onderstaand figuur is weergegeven. De grondeigenschappen zijn  $E = 1000 \text{ MPa}$ ,  $\nu = 0.35$ ,  $\phi' = 35^\circ$ ,  $c' = 0$ ,  $\delta = 20^\circ$ ,  $\gamma_{\text{nat}} = 19 \text{ kN/m}^3$  and  $\gamma_{\text{droog}} = 17 \text{ kN/m}^3$ , en de relevante betoneigenschappen zijn  $\gamma_{\text{conc}} = 25 \text{ kN/m}^3$ .
- Bepaal met behulp van elastische vergelijkingen de coëfficiënt van laterale gronddruk  $K$ , onder opgesloten (confined) omstandigheden. Gebruik deze waarde om de initiële in-situ totaalspanning en effectieve spanning op 6 m diepte te schatten in geval van een grondwaterstand gelijk aan het oppervlak. [4 punten]
  - Bepaal  $K_a$  en  $K_p$  voor het bezwijken van de keermuur, zoals weergegeven in onderstaande figuur, inclusief wrijving tussen de muur en de grond. [6 punten]
  - Bereken de minimale basisdikte  $t$  die nodig is als weerstand tegen het schuiven van de keermuur bij een opgelegde veiligheidsfactor van 1.5. De grondwaterstand aan de passieve zijde is hierbij gelijk aan het oppervlak. Aan de actieve zijde ligt de grondwaterstand 4 m boven de onderkant van de muur. [12 punten]
  - Geef twee suggesties voor methodes die de veiligheidsfactor vergroten. [3 punten]



**[EINDE VAN HET TENTAMEN]**