

**DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**Faculty of Civil Engineering and Geosciences**

**Soil Mechanics**

**CTB2310 / AESB2330**

**BSc EXAMINATION 2019**

THIRD PERIOD

DATE: 15 APRIL 2019

TIME: 13.30 – 16.30

Answer ALL Questions  
(Questions have unequal marks)

Other instructions

**Write your name and student number on each answer sheet**

**Clearly identify the answer in the answer box**

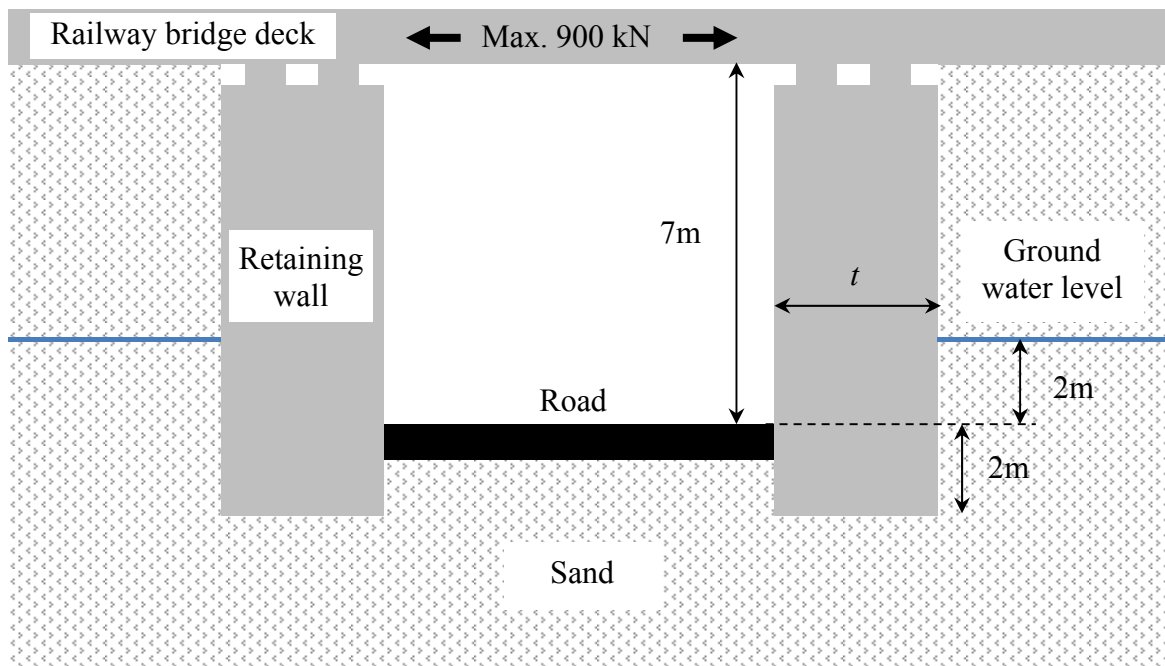
- 1) Two clayey soil samples were taken from the same layer where the shear strength parameters are required. Two consolidated undrained triaxial tests were performed, with the results shown in the tables below.
- Determine the initial pore pressure and the pore pressure parameter B. [6 marks]
  - Determine the effective shear strength parameters,  $c'$  and  $\phi'$ . [9 marks]
  - Draw the Mohr's circle at failure for the first test and highlight the main features. [9 marks]
  - For each test calculate the pore pressure parameter A at failure, and state what this implies about the soil. [6 marks]

<b>Test 1</b>	
Confining pressure: 150 kPa	
Pore pressure before consolidation: 120 kPa	
Axial stress, $\sigma_a$ (kPa)	Pore pressure, $p$ (kPa)
150	0
175	18
200	39
225	64
250	89
269	109

<b>Test 2</b>	
Confining pressure: 450 kPa	
Pore pressure before consolidation: 410 kPa	
Axial stress, $\sigma_a$ (kPa)	Pore pressure, $p$ (kPa)
450	0
500	40
550	62
600	57
650	25
672	11

- 2) A foundation is designed to support a load of 250 kN/m along the 50m length of the foundation. The foundation is 0.5 m wide and is founded 1m below the ground surface. The soil is fully saturated, with the phreatic surface at the ground surface, and is a clay with the following properties:  $s_u = 110$  kPa,  $\phi' = 15^\circ$ ,  $c' = 45$  kPa,  $\gamma = 19$  kN/m<sup>3</sup>,  $C_p = 35$ .
- Calculate the short-term factor of safety against bearing capacity failure. [5 marks]
  - Calculate the long-term factor of safety against bearing capacity failure. [10 marks]
  - Calculate the long-term surface settlement, considering 3 soil sub-layers beneath the base of the foundation (each of 3 m thickness). For simplicity, consider the weight of the foundation to be equal to the weight of the soil removed in constructing the foundation. [10 marks]

- 3) A mass (concrete) retaining wall is being designed as part of a bridge abutment, so that a railway can pass over a road. A 7 m change in elevation is needed, as shown in the figure below. The wall and bridge are 10 m wide (into the page). The soil properties are  $\phi' = 35^\circ$ ,  $c' = 0$  kPa,  $\gamma_{\text{wet}} = 19$  kN/m<sup>3</sup> and  $\gamma_{\text{dry}} = 17$  kN/m<sup>3</sup>, and the concrete properties are  $\gamma_{\text{conc}} = 25$  kN/m<sup>3</sup>. Assume that the material used for the road has the same properties as the soil and the bridge deck is very light in comparison with the retaining wall and soil. Assume that there is no friction on the vertical face of the wall, and that the friction between the soil and the base of the wall has a friction angle of  $\delta = 20^\circ$ .
- Calculate the minimum thickness,  $t$ , required for the mass retaining wall to resist sliding, given that a factor of safety of 1.5 is required. Ignore any effect of the train and assume that the bridge deck does not provide any lateral resistance. The ground water table is maintained 2 m above the level of the road surface in the retained soil, and maintained at the level of the road surface itself under the bridge. [12 marks]
  - A train, when breaking, can apply an additional lateral force of 900 kN. Calculate the new factor of safety against sliding. [5 marks]
  - Suggest two methods of increasing the factor of safety. [3 marks]



- 4) A site investigation is undertaken at the site of a proposed construction project. It was found to be made up of a series of layers. The ground level is at 2 m NAP, with a 3 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).

A standpipe was installed into the lower sand layer and the water level was found to be 3.5 m NAP. In the upper sand layer, water was first found at 2 m depth (0 m NAP) and the phreatic surface was identified to be at 2.5m depth.

Each of the layers was sampled using a sample tube of 50mm in diameter and 15cm in length. The sample from the upper sand layer was immediately weighed, and the initial mass was found to be 620 g. The sample was then placed in an oven at 110°C in the laboratory for 24 hours and again weighed, with the mass being 550 g. The density of the solid material was determined to be 2600 kg/m<sup>3</sup>.

For the upper sand layer:

- Calculate the porosity [**3 marks**].
- Calculate the degree of saturation [**3 marks**].
- Calculate the dry volumetric weight [**3 marks**].
- Calculate the saturated volumetric weight [**3 marks**].

The properties for the other layers were found to be:  $\gamma_{\text{clay}} = 16 \text{ kN/m}^3$ ,  $\gamma_{\text{sand2}} = 21 \text{ kN/m}^3$ ,  $k_{\text{clay}} = 2.7 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ .

- 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**]
- An excavation of 5 m depth is made to allow for the construction. Assuming only 1D flow, calculate the flow into the excavation. [**5 marks**]

**[END OF EXAM]**

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

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

**BSc TENTAMEN 2019**

DERDE PERIODE

DATUM: 15 APRIL 2019

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**

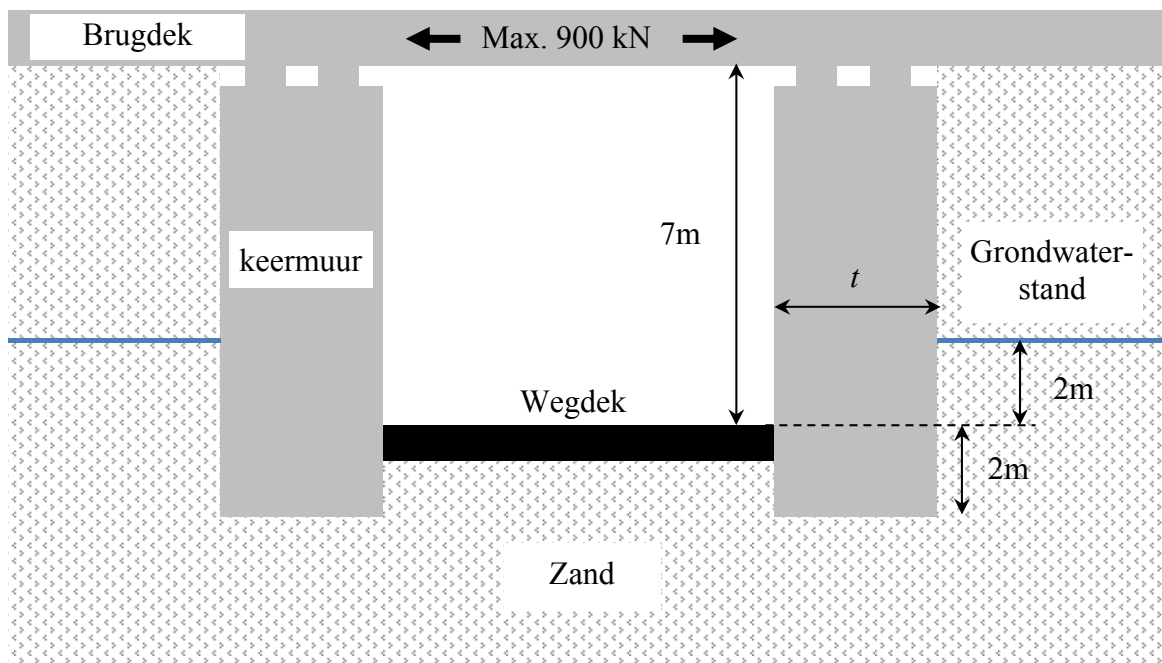
**Geef het antwoord duidelijk aan in het antwoordveld**

- 1) Twee grondmonsters worden genomen uit één kleilaag waarvan de sterkte bepaald dient te worden. Hiermee worden twee geconsolideerde ongedraineerde triaxiaalproeven uitgevoerd, waarvan de resultaten in onderstaande tabellen zijn weergegeven.
- Bepaal de initiële poriedruk en poriedruk parameter B. [6 punten]
  - Bepaal de effectieve schuifsterkteparameters,  $c'$  en  $\phi'$ . [9 punten]
  - Teken de Mohr cirkel op het punt van falen voor de eerste test en benadruk de belangrijkste eigenschappen. [9 punten]
  - Bereken voor iedere test de poriedruk parameter A op het punt van falen en geef aan wat dit zegt over de grond. [6 punten]

Test 1 celdruk: 150 kPa Poriedruk voor consolidatie: 120 kPa		Test 2 celdruk: 450 kPa Poriedruk voor consolidatie: 410 kPa	
Axiale spanning, $\sigma_a$ (kPa)	Poriedruk, p (kPa)	Axiale spanning, $\sigma_a$ (kPa)	Poriedruk, p (kPa)
150	0	450	0
175	18	500	40
200	39	550	62
225	64	600	57
250	89	650	25
269	109	672	11

- 2) Een fundering is ontworpen op een draagvermogen van 250 kN/m over de volledige 50m lengte van de fundering. De fundering is 0.5m breed en de onderkant van de fundering ligt op 1m onder maaiveld. De grond is volledig verzadigd, met het grondwaterpeil gelijk aan maaiveld, en bestaat uit een klei met de volgende eigenschappen:  $s_u = 110$  kPa,  $\phi' = 15^\circ$ ,  $c' = 45$  kPa,  $\gamma = 19$  kN/m<sup>3</sup>,  $C_p = 35$ .
- Bereken de korte-termijn veiligheidsfactor op bezwijken op draagvermogen. [5 punten]
  - Bereken de lange-termijn veiligheidsfactor op bezwijken op draagvermogen. [10 punten]
  - Bereken de zetting aan het oppervlak op lange termijn. Gebruik 3 sub-lagen onder de fundering, ieder met een dikte van 3 meter. Gebruik voor de fundering, ter vereenvoudiging, hetzelfde soortelijk gewicht als de verplaatste grond. [10 punten]

- 3) Een massieve betonnen keermuur wordt ontworpen als onderdeel van een bruggehoofd voor een spoorbrug over een weg. Er is een hoogteverschil van 7 m nodig, zoals weergegeven in onderstaand figuur. Zowel muur en brug zijn 10 meter breed (haaks op papier). De grondeigenschappen zijn  $\phi' = 35^\circ$ ,  $c' = 0$  kPa,  $\gamma_{\text{nat}} = 19$  kN/m<sup>3</sup> and  $\gamma_{\text{droog}} = 17$  kN/m<sup>3</sup>, en het beton heeft een gewicht van  $\gamma_{\text{beton}} = 25$  kN/m<sup>3</sup>. Neem aan dat de eigenschappen van het wegdek gelijk zijn aan die van de grond en dat het brugdek erg licht is vergeleken met de keermuur en de grond. Neem aan dat er geen wrijving is langs de verticale zijde van de muur en dat langs de voet van de muur een wrijvingscoëfficiënt van  $\delta = 20^\circ$  werkt.
- Bereken de minimale dikte,  $t$ , die nodig is om verplaatsing van de keermuur te voorkomen, met een veiligheidsfactor van 1.5. Negeer eventuele invloeden van het treinverkeer en neem aan dat het brugdek geen horizontale weerstand biedt. Het grondwaterpeil in de gekeerde grond wordt op 2 m boven het wegdek gehouden; het waterpeil onder de brug ligt gelijk met het wegdek. **[12 punten]**
  - Een remmende trein kan een extra laterale kracht leveren ter grootte van 900 kN. Bereken de nieuwe veiligheidsfactor op verschuiven van de keermuur. **[5 punten]**
  - Stel twee methoden voor om de veiligheidsfactor te doen toenemen. **[3 punten]**



- 4) Een grondonderzoek wordt uitgevoerd op een geplande bouwplaats. De ondergrond blijkt opgebouwd uit een serie lagen. Maaiveld ligt op 2 m NAP, met daaronder opeenvolgend een 3m dik zandlaag (zand 1), een 10 m dikke kleilaag en uiteindelijk een zandpakket (zand 2) die door loopt tot de maximale diepte van het grondonderzoek op -40 m NAP.
- Een peilbuis is geïnstalleerd in de onderste zandlaag en geeft een waterpeil van 3.5 m NAP aan. In de bovenste zandlaag wordt water aangetroffen vanaf een diepte van 2 m (0 m NAP) en het freatisch vlak wordt vastgesteld op 2.5 m diepte.
- Uit iedere laag worden grondmonsters genomen met een 50 mm diameter monsterbuis met een lengte van 15 cm. Het grondmonster van de bovenste laag wordt direct gewogen en de initiële massa wordt vastgesteld op 620 g. Het monster wordt dan voor 24 uur in een oven geplaatst op 110°C en vervolgens opnieuw gewogen met een massa van 550 g. De dichtheid van het vaste materiaal wordt vastgesteld op 2600 kg/m<sup>3</sup>.
- Bereken de porositeit. **[3 punten]**
  - Bereken de verzadigingsgraad **[3 punten]**
  - Bereken het droog volumiek gewicht **[3 punten]**
  - Bereken het verzadigd volumiek gewicht **[3 punten]**

De eigenschappen van de overige lagen worden vastgesteld op:  $\gamma_{\text{klei}} = 16 \text{ kN/m}^3$ ,  $\gamma_{\text{zand2}} = 21 \text{ kN/m}^3$ ,  $k_{\text{klei}} = 2.7 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ .

- Teken de verticale totaalspanning, verticale effectieve spanning en poriedruk als functie van de diepte. Geef de belangrijkste punten en grondlagen duidelijk aan. **[8 punten]**
- Voor de bouw wordt een 5 m diepe ontgraving gemaakt. Bereken de grondwater instroom in de ontgraving, onder aanname van 1D stroming. **[5 punten]**

**[EINDE VAN HET TENTAMEN]**