Erratum bij Grondmechanica, A. Verruijt, herzien door S. van Baars

Editie augustus 2004, ISBN 90-407-2524-1

p. 31, in 4e regel van onder *sigma* moet zijn σ

p. 59, in formule (9.4) moet de rechter term luiden $\gamma_w z(1+q_z/k)$

p. 73, in regels 9 en 10 van boven δ vervangen door Δ.

p. 74, regels 13 t.e.m. 10 van onder moeten luiden
vindt men bijvoorbeeld dat tussen het meest linkse punt onder de sluisvloer en het rechter uittreepunt 6 vierkantjes liggen (5 hele en 2 halve). Hieruit volgt dat de stijghoogte in dat punt gelijk is aan

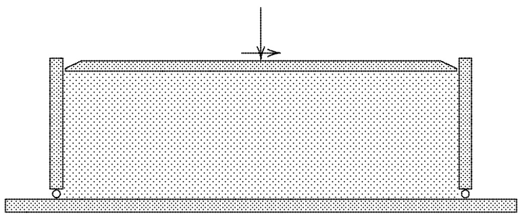
$$h = \frac{6.5}{12.5}H = 0.48H, \tag{11.13}$$

p. 106, formule (16.12) moet luiden

$$q_z = -\frac{k}{\gamma_w}\frac{\partial p}{\partial z}. \tag{16.12}$$

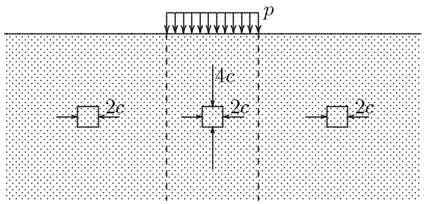
p. 120, 1e regel van par. 18.2, ”In het programma 17.1 ...” moet zijn ”In het programma 18.1 ...”

p. 149: Figuur 23.2 vervangen door

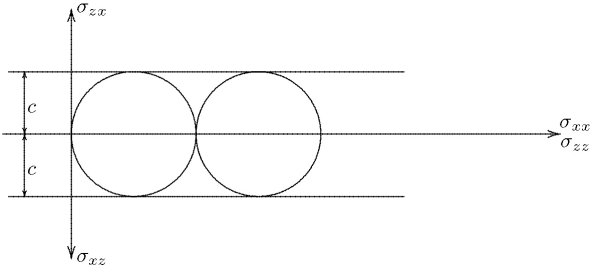


Figuur 23.2: Uniforme schuifproef.

pp. 246 t.e.m. 248. De onderschriften van de Figuren 41.4, 41.5 en 41.6 zijn onjuist, en Figuur 41.7 ontbreekt. Op de volgende bladzijden vindt men de juiste versie van deze bladzijden:



Figuur 41.3: Evenwichtssysteem volgens Drucker.



Figuur 41.4: Cirkels van Mohr bij evenwichtssysteem van Drucker.

maalspanning op het oppervlak 0. Aan alle vereisten voor een evenwichtssysteem is nu voldaan, en de belasting $p = 4c$ is dus een ondergrens voor de bezwijkbelasting. Er geldt dus, als de echte bezwijkbelasting p_c is,

$$p_c \geq 4c. \tag{41.4}$$

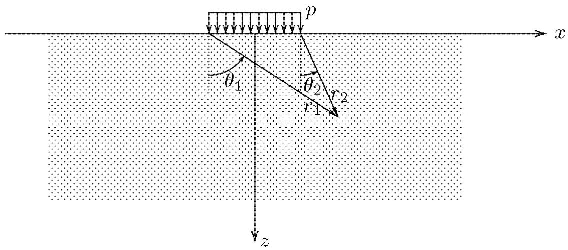
Door meerdere discontinuïteitslijnen te gebruiken kan men nog iets hogere ondergrenzen vinden. Daarop wordt hier niet verder ingegaan.

Een andere methode om statisch toelaatbare spanningsvelden te vinden is om gebruik te maken van oplossingen uit de elasticiteitstheorie. Een dergelijke oplossing voldoet aan evenwicht en de randvoorwaarden (en ook nog aan de wet van Hooke en compatibiliteit, wat voor het huidige
doel niet nodig is, maar ook niet verboden). Zoekt men dan het punt op waar de grootste schuifspanning optreedt, en stelt men die gelijk aan c, dan vindt men een ondergrens voor de bezwijkbelasting. Voor het geval van een stripvormige belasting, zie figuur 41.5, vindt men uit de oplossing gegeven in hoofdstuk 31 dat voor de maximale schuifspanning τ geldt dat

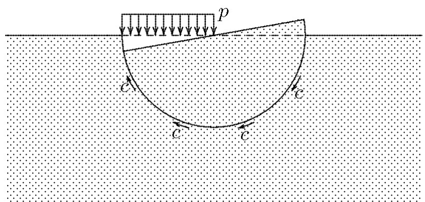
$$\tau = \frac{p}{\pi} \mid \sin(\theta_1 - \theta_2) \mid . \tag{41.5}$$

Deze formule kan men afleiden uit de formules (31.4)–(31.6) door te bedenken dat

$$\tau^2 = (\frac{\sigma_{xx} - \sigma_{zz}}{2})^2 + \sigma_{xz}^2. \tag{41.6}$$



Figuur 41.5: Elastische oplossing.



Figuur 41.6: Mechanisme 1.

De grootste waarde van $|\sin(\theta_1 - \theta_2)|$ is 1. De maximale elastische schuifspanning is dus p/π. Stelt men dit gelijk aan c, dan vindt men $p = \pi c$. Als $p = \pi c$ voldoet de elastische oplossing aan alle voorwaarden voor een evenwichtssysteem, en de bijbehorende belasting is dan dus een ondergrens voor de bezwijkbelasting, dat wil zeggen

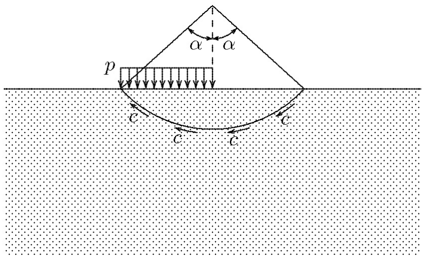
$$p_c \geq 3.14c. \tag{41.7}$$

Dat is helaas een lagere ondergrens dan de eerder gevonden waarde $4c$, en de elastische oplossing draagt dus niet bij om de bezwijkwaarde dichter te benaderen.

41.2 Bovengrens

Om een bovengrens voor de bezwijkbelasting te vinden beschouwen we eerst het mechanisme getekend in figuur 41.6. Het bestaat uit een verplaatsingsveld waarbij een halve cirkel, met straal a, iets roteert, zonder inwendige vervormingen. Deze halve cirkel glijdt daarbij over de rest van het massief. Het veld is compatibel, en voldoet aan de randvoorwaarden voor de verplaatsingen (dat is in dit geval nogal eenvoudig, want die zijn er alleen op het niet-voor-niets cirkelvormige glijvlak). De belasting die hier bij hoort vindt men uit een beschouwing van de verplaatsing volgens het mechanisme. Als de halve cirkel roteert, dan is er een schuifspanning langs de omtrek. Het moment om de draai-as van de inwendige schuifspanningen op de cirkelomtrek is, als de schuifspanning maximaal geacht wordt te zijn, dat wil zeggen $\tau = c$,

$$\pi c a^2,$$



Figuur 41.7: Mechanisme 2.

omdat de lengte van de cirkelboog πa is. De uitwendige belasting p grijpt gemiddeld aan op een afstand $\frac{1}{2}a$, en veroorzaakt dus een moment

$$\tfrac{1}{2}pa^2.$$

Deze twee grootheden moeten gelijk zijn, en men vindt dus

$$p = 2\pi c.$$

Dit is een bovengrens voor de bezwijkbelasting p_c. Dus

$$p_c \leq 6.28c. \tag{41.8}$$

Een lagere bovengrens kan men vinden door het middelpunt van de cirkel wat hoger te kiezen, zie figuur 41.7. Als de tophoek 2α is, dan vindt men

$$2cR^2\alpha = \tfrac{1}{2}pa^2,$$

en omdat $a = R\sin\alpha$, waarin R de straal van de cirkel is, en a de breedte van de belasting, vindt men nu

$$p = \frac{4c\alpha}{\sin^2\alpha}.$$

Voor $\alpha = \frac{1}{2}\pi$ vindt men de vorige bovengrens terug. De kleinste waarde vindt men als $\alpha = 1.165562$ (in radialen), of $\alpha = 66.78°$. Het middelpunt van de cirkel ligt dan op een hoogte $0.429a$. De bijbehorende waarde van p is $5.52c$. Dit is een bovengrens, dus

$$p_c \leq 5.52c. \tag{41.9}$$

Concluderend kan gesteld worden dat nu bewezen is dat

$$4c \leq p_c \leq 5.52c. \tag{41.10}$$

In het volgende hoofdstuk zal de bezwijkbelasting nog nauwer worden begrensd.