



Parameterbepaling van grof naar fijn

Alexander van Duinen
Deltares

Pilot-cursus Macrostabiliteit
30 september 2016



Inhoud

- Benodigde parameters
- Wanneer s_u toepassen?
- Van grof naar fijn werken
- Default parameter waarden
- Grensspanning uit sonderingen
- Parameterbepaling en WBI-SOS

Benodigde parameters

Parameter voor macrostabiliteitsanalyse	symbool	Invoer Ringtoets	type (*)	paragraaf
(On)verzadigd volumiek gewicht	$\gamma, \gamma_{sat}, \gamma_{water}$	X	determ (50)	7.2
Effectieve verticale spanning	σ'_{vi}		geen invoer	7.3
Cohesie	c'		geen invoer	7.4
Hoek van inwendige wrijving	ϕ'	X	Stochast / Determ (95)	7.5
Normaal geconsolideerde ongedraineerde schuifsterkte ratio	S	X	Stochast / Determ (95)	7.6
Sterktetoename-exponent	m	X	Stochast / Determ (95)	7.7
Grensspanning	σ'_{vy}	X	Stochast / Determ (95)	7.8
Overconsolidatieratio	OCR		geen invoer	7.8
Freatische lijn	h_{water}	X	Determ (50)	7.9
Waterspanningen watervoerende lagen	u		geen invoer	7.10
Polderpeil/ slootpeil		X	Determ (50)	7.11
Leklengte buitenwaarts en binnenwaarts	λ	X	Determ (50)	7.12
Indringingslengte		X	Determ (50)	7.13
Buitenwaterstand	h	HR	geen invoer	7.14
Waterstandsverlooptlijn	$h(t)$	HR	geen invoer	7.15

➤ Overzicht benodigde parameters

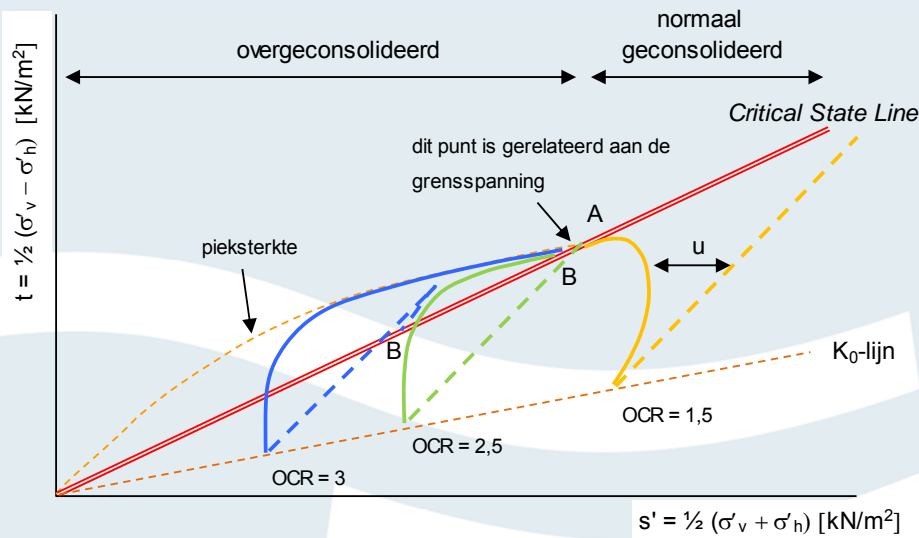
Parameters s_u

$$s_u = \sigma'_{vi} S OCR^m$$

$$OCR = \sigma'_{vy} / \sigma'_{vi} = (\sigma'_{vi} + POP) / \sigma'_{vi}$$

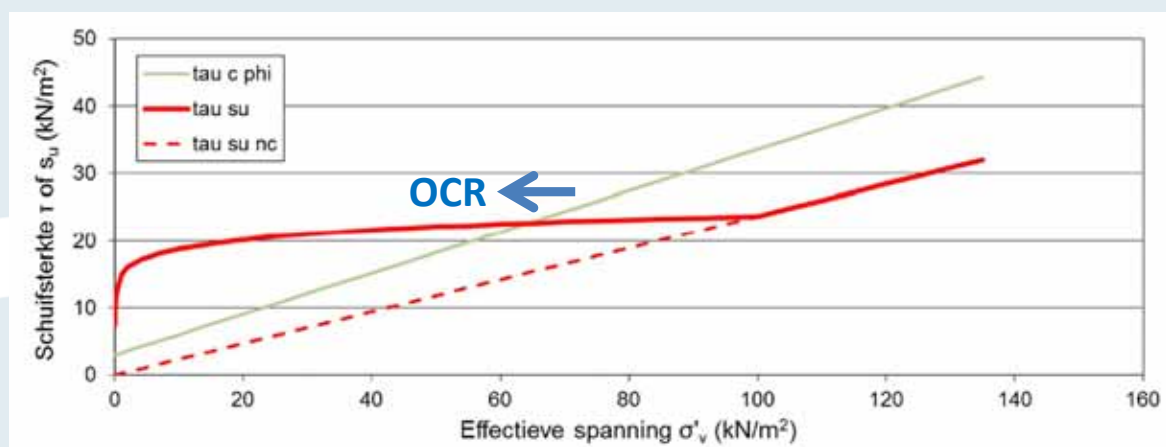
- s_u ongedraineerde schuifsterkte (kN/m²)
- σ'_{vi} in situ effectieve verticale spanning (kN/m²)
- S normaal geconsolideerde ongedraineerde schuifsterkteratio = $(s_u / \sigma'_{vc})_{nc}$ (-)
- OCR overconsolidatieratio (-)
- m sterkte toename exponent (-)
- σ'_{vy} grensspanning (kN/m²)
- POP pre overburden pressure (kN/m²)

Parameters s_u



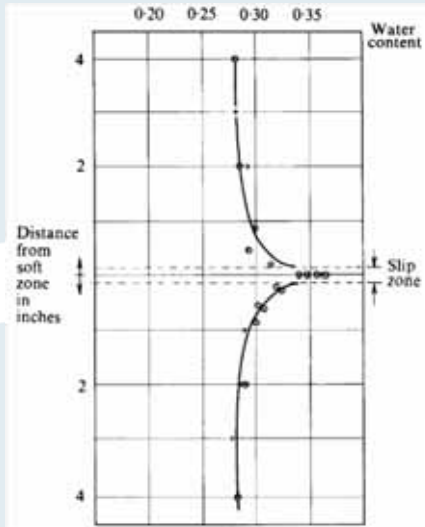
- Ongedraineerde schuifsterkte afhankelijk van in situ spanning σ'_{vi} en belastinggeschiedenis OCR

Parameters s_u



- Ongedraineerde schuifsterkte afhankelijk van in situ spanning σ'_{vi} en belastinggeschiedenis OCR

Wanneer s_u toepassen?



Afschuiving London clay Uxbridge (Henkel, 1956)

- Ongedraineerd gedrag als bezwijken van de grond sneller gaat dan dissipatie van waterspanningen
- Lokale wateroverspanning en drainage bij schuifvlak
- Lokaal bezwijken altijd veel sneller dan ontwikkeling vervorming aan maaiveld

Wanneer s_u toepassen?

- Meest kritische analyse (laagste SF) maatgevend
- s_u toepassen bij slecht doorlatende grondlagen
- s_u maatgevend bij hogere effectieve spanningen en normaal en licht overgeconsolideerde grond
- Gedraineerde schuifsterkte maatgevend bij lage effectieve spanningen (gemiddeld langs schuifvlak)
- Uitzondering: gedraineerde schuifsterkte toepassen bij dilatant gedrag in slecht doorlatende grondlagen: onverzadigde grond, dijksmateriaal, siltige klei (gemiddeld langs schuifvlak $OCR > 2,5$ à $3,0$)
- Niet gedraineerde en ongedraineerde schuifsterkte voor slecht doorlatende lagen gecombineerd toepassen
- Boven freatisch vlak gedraineerde schuifsterkte

Van grof naar fijn werken

- ⇒ Default parameter waarden S , m , POP , ϕ'
- ⇒ Grensspanning uit sonderingen met default conusfactor N_{kt}
- ⇒ Grensspanning uit sonderingen met lokale N_{kt} bepaling
- ⇒ Lab proeven voor bepaling S en m
- ⇒ Ongedraineerde schuifsterkte uit sonderingen met lokale N_{kt} bepaling

Default parameter waarden

Grondsoort	SOS eenheid	Typische waarden van S [-] ¹⁾	Verwachtingswaarde S [-]	Standaardafwijking S [-] ²⁾	Variatiecoëfficiënt S [-] ²⁾
Veen mineraalarm	H_Vhv_v	0,28 - 0,54	0,42	0,04	0,09
Verslagen veen / detritus	H_Vhv_v, H_MI_ko	0,29 - 0,43	0,38	0,03	0,10
Veen kleig	H_Rk_vk	0,24 - 0,38	0,29	0,03	0,12
Veen compact	H_Vbv_v	0,30 - 0,33	0,31	0,03	0,09
Gyttja	Diversen ⁶⁾	0,27 - 0,34	0,30	0,03	0,10
Klei weinig / klei organisch	H_Mp_ko, H_MI_ko H_Rr_o&z, H_Rk_k&v H_Rk_ko	0,16 - 0,38 ³⁾	0,29	0,06	0,20
Klei	H_Mp_k, H_Rk_k P_Mp_k, P_Om_k P_Ova_sd	0,22 - 0,28	0,25	0,03	0,10
Klei zandig en siltig ⁷⁾	H_Mr_kz, H_Mkw_z&k H_Ro_z&k, P_Rk_k&s P_Rbk_z&s	0,22 - 0,50	0,30	0,03	0,10
Löss ^{5) 7)}	P_Wls_s	0,30 - 0,50	0,35	0,04	0,10
Keileem ^{5) 7)}	P_Gkl_kz	0,30 - 0,50	0,40	0,06	0,15
Dijkmateriaal ^{4) 7)}	H_Aa_ht	0,23 - 0,50	0,31	0,06	0,20

- ⇒ Normaal geconsolideerde ongedraineerde schuifsterkteratio S

Default parameter waarden

Afzetting / grondsoort	SOS eenheid	Bandbreedte POP (kPa)	Verwachtingswaarde POP (kPa)	Karakteristieke waarde POP (kPa) inclusief uitmiddeling van onzekerheid
Echteld klei ondiep ¹⁾	H_R,...	5 - 65	27	15
Echteld klei diep ¹⁾	H_R,...	0 - 75	24	8
Naaldwijk klei ondiep ¹⁾	H_M,...	5 - 60	25	15
	H_E,...			
Naaldwijk klei diep ¹⁾	H_M,...	0 - 30	14	7
	H_E,...			
Hollandveen	H_Vhv_v	0 - 60	11	1
Basisveen	H_Vbv_v	10 - 60	25	15
Dijksmateriaal (klei)	H_Aa_ht	0 - 150	30	7
Overig klei	diversen	0 - 75	22	10

- ⇒ Indicatieve waarden voor POP
- ⇒ Gelden voor dagelijkse omstandigheden met normale gemiddelde buitenwaterstand
- ⇒ 'diep' is onder Hollandveen en 'ondiep' is boven Hollandveen of bovenste 3 m vanaf maaiveld

Default parameter waarden

- ⇒ Matig gesorteerd matig hoekig kwartszand (SOS eenheden H_Rg_z.. en P_Rg_z..): 34⁰ (VC = 0,05)
- ⇒ Goed gesorteerd afgerond kwartszand (dekzand; SOS eenheid P_Wdz_zf): 30⁰ (VC = 0,05)
- ⇒ Zand met kleilaagjes (getijdenafzettingen): 32⁰ (VC = 0,07)
- ⇒ Zandige en siltige klei, löss, keileem: 32⁰ (VC = 0,07)
- ⇒ Dijksmateriaal: 32⁰ (VC = 0,10)

Grensspanning

- ⇒ Bepalen uit sonderingen (CPTu), samendrukkingsproeven (OED), constant rate of strain (CRS) proeven
- ⇒ CPTu: veel informatie voor relatief lage kosten; geeft inzicht in sterke en zwakke locaties, maar geen directe meting
- ⇒ OED en CRS: directe metingen, maar hogere kosten vanwege boringen
- ⇒ CRS: verzadigd monster en uitwerking niet afhankelijk van belastingstappen

Grensspanning uit sonderingen

- ⇒ Bestaande sonderingen met meting van conusweerstand en plaatselijke kleeft
- ⇒ Bestaande sonderingen tenminste NEN 5140 klasse 2 of NEN-EN-ISO-22476-1 klasse 3
- ⇒ Meetgegevens dienen digitaal beschikbaar te zijn (bijvoorbeeld GEF)
- ⇒ Situatie van dijk en ondergrond tijdens uitvoering sonderingen dient vergelijkbaar te zijn met de huidige situatie

Grensspanning uit sonderingen

- Nieuwe sonderingen volgens NEN-EN-ISO-22476-1 klasse 1 of klasse 2 met waterspanning (u_2)
- Temperatuur conus gelijk aan temperatuur van de grond
- Goede ontluchting van conus en filter voor waterspanningsmetingen
- Regelmatig kalibreren
- Alleen geringe slijtage conus
- Eisen in sondeerprotocol (in ontwikkeling)

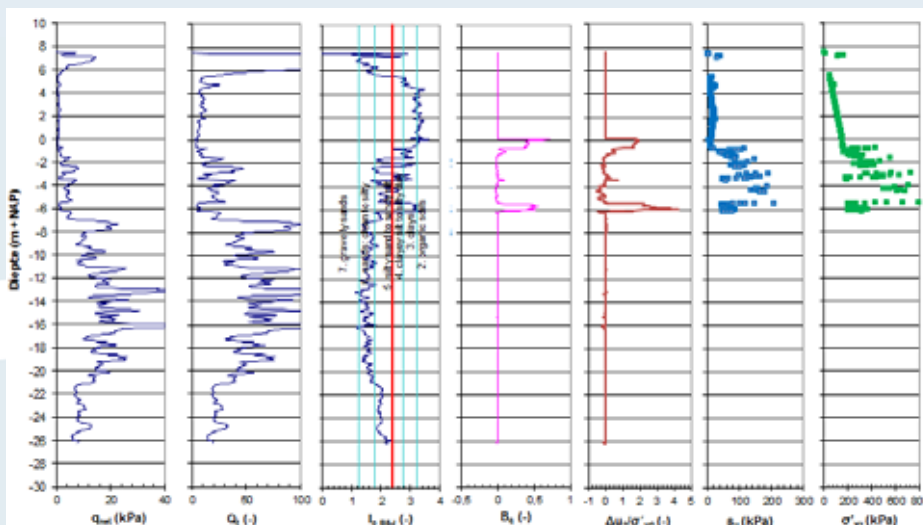
Grensspanning uit sonderingen

- Corrigeren gemeten sondeerweerstand voor waterspanning en totaalspanning
- Berekenen verwachtingswaarde ongedraineerde schuifsterkte uit gecorrigeerde sondeerweerstand
- Berekenen verwachtingswaarde grensspanning
- Berekenen standaardafwijking en karakteristieke waarde grensspanning

Grensspanning uit sonderingen

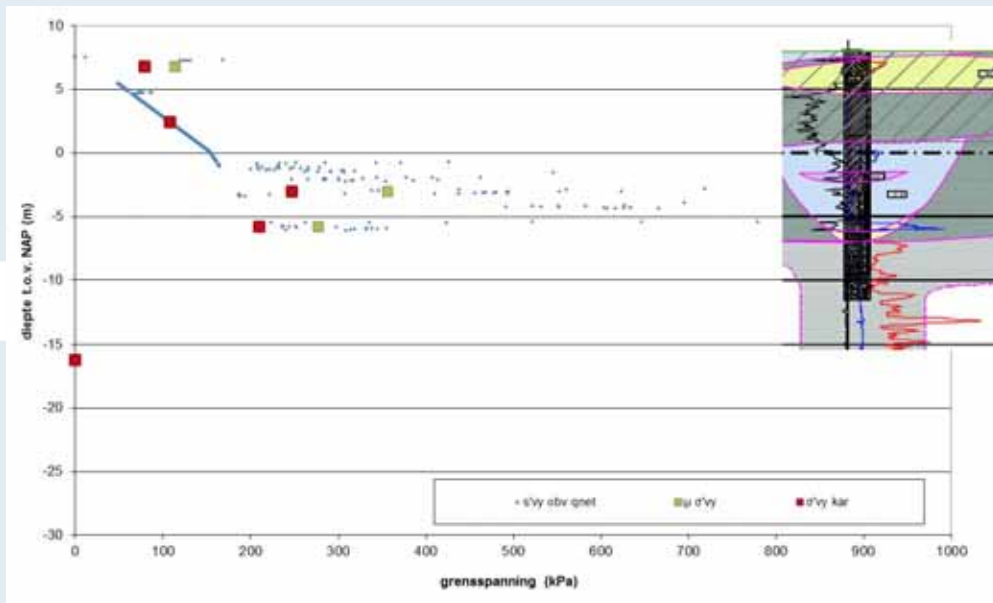
- ⊕ Vorige slide in formules:
- ⊕ $q_{\text{net}} = q_c + u_2 (1 - a) - \sigma_{vi}$
- ⊕ $s_u = q_{\text{net}} / N_{kt}$
- ⊕ $\text{OCR} = (s_u / (\sigma'_{vi} S))^{1/m}$
- ⊕ $\sigma'_{vy} = \sigma'_{vi} \text{OCR}$
- ⊕ $\sigma'_{vy;kar} = \exp[\mu_{\sigma'vy} - t_{n-1} \sigma_{\sigma'vy}]$
- ⊕ $N_{kt} = 20$ voor verzadigde grond en $N_{kt} = 60$ voor onverzadigde grond ($VC = 0,25$)
- ⊕ Variatiecoëfficiënt grensspanning is 0,21

Grensspanning uit sonderingen



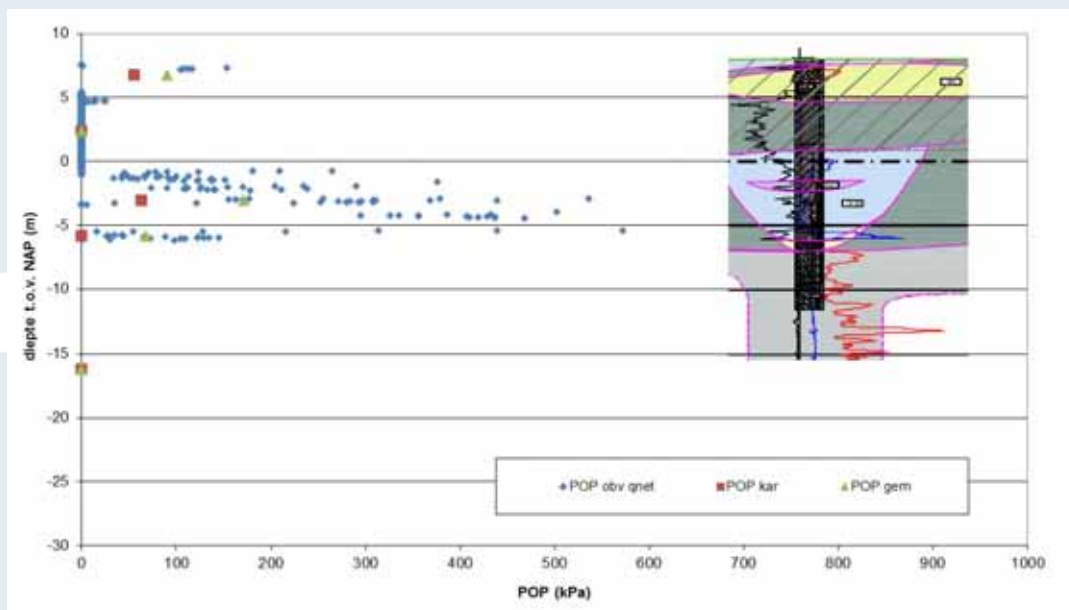
- ⊕ Voorbeeld bepalen grensspanning
- ⊕ Classificatie gedraineerde en ongedraineerde grondlagen met I_c , B_q en $\Delta u_2 / \sigma'_{vi}$

Grensspanning uit sonderingen



➤ Voorbeeld bepalen grensspanning

Grensspanning uit sonderingen

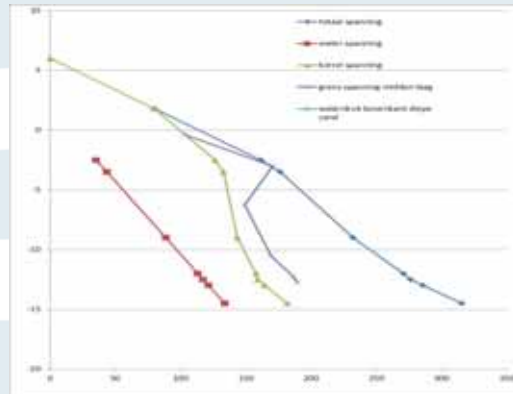


➤ Voorbeeld bepalen grensspanning

Grensspanning uit sonderingen

- POP afgeleid uit grensspanning uit CPT voor normale dagelijkse situatie
- POP omrekenen naar grensspanning voor scenario's

stijghoogte gemiddeld diepe zand							-0,5		
bovenkant diepe zand							-12,5		
waterdruk bovenkant diepe zand							118		
									grens
Enheid	top	gamma	totaal	water	korrel	POP			spanning
			spanning	spanning	spanning	lokaal			midden
						laag			
dijk gedraineerd	6	19				0			n.v.t.
dijk ongedraineerd	1,8	19	79,8			79,8			0
H_Rk_k	-2,5	14,8	161,5	35,26	126,24	41	171		
H_Vhv_v	-3,5	10,1	176,3	43,46	132,84	11	149		
H_Rk_k&v	-9	13	231,85	88,56	143,29	19	169		
H_Vbv_v	-12	11	270,85	113,16	157,69	28	186		
P_Rk_k&s	-12,5	18	276,35	117,26	159,09	28	190		
P_Rg_zm	-13	20	285,35	121,36	163,99			n.v.t.	
P_Rg_zg	-14,5	20	315,35	133,66	181,69			n.v.t.	



Overige parameters

- Ratio S uit triaxiaalproeven (klei) en direct simple shear proeven (veen)
- Exponent m uit samendrukkingsproeven en constant rate of strain proeven
- Ratio S en exponent m uit relatie s_u/σ'_{vc} versus OCR
- Conusfactor N_{kt} uit correlatie sonderingen en lab testen
- Protocollen toepassen
- Kwaliteit minstens zo belangrijk als kwantiteit

Parameterbepaling en SOS

- S , m en N_{kt} inwinnen gekoppeld aan SOS
- Dezelfde SOS eenheden in meerdere beheersgebieden
- Meerdere kleinere datasets maken een grote dataset
- Let op uniformiteit data



Meer informatie
STOWA

opleidingen@stowa.nl

www.opleidingen.stowa.nl