GEOTEKNISK EKSEMPELSAMLING

UDGIVET SOM MANUSKRIPT AF DANMARKS INGENIØRAKADEMI BYGNINGSAFDELINGEN KBH. 1965

Bind 2

PVC A62027

NIELS KREBS OVESEN GEOTEKNISK EKSEMPELSAMLING

Department of the second s

STABILITUT

UDGIVET SOM MANUSKRIPT AF	
DANMARKS INGENIØRAKADEMI	
BYGNINGSAFDELINGEN KBH. 1965	DIINZ

INDHOLDSFORTEGNELSE

6	GENEREL BRUD	FEORI	
	Eksempel 6.1:	Spændinger i liniebrud	6
7	FORSKYDNINGSS	TYRKE	
	Eksempel 7.1:	Bestemmelse af sands friktionsvinkel ved tri- aksiale forsøg	10
	Eksempel 7.2:	Bestemmelse af lers udrænede forskydnings-	10
	Eksempel 7.3:	styrke ved simple forsøg Bestemmelse af lers effektive styrkeparame-	14
		tre ved triaksiale forsøg	16
8	STABILITET		
	Eksempel 8.1:	Skråning helt over grundvandspejlet	20
	Eksempel 8.2:	Skråning med vandret grundvandspejl	24
	Eksempel 8.3:	Skråning med vandret grundvandspejl og med	
		kapillaritet	30
	Eksempel 8.4:	Skråning med strømning	38
9	JORDTRYK		
	Eksempel 9.1:	Fri spunsvæg i sand	44
	Eksempel 9.2:	Forankret spunsvæg i sand	48
	Eksempel 9.3:	Forankret spunsvæg med et flydecharnier i	10
		ler	60
	Eksempel 9.4:	Forankret spunsvæg i silt med strømning	64
	Eksempel 9.5:	Ankerplade i sand	70
	Eksempel 9.6:	Bestemmelse af ankerlængde	74
	Eksempel 9.7:	Afstivet spunsvæg i sand	78

EKSEMPEL 6.1: Beregning af liniebrud.

GIVET

En lodret, stiv væg med højden h understøtter jord med vandret overflade.

Jorden består af sand med friktionsvinklen $\varphi = 30^{\circ}$ (c = 0) og rumvægten γ .

Væggen forudsættes ru og problemet betragtes som plant.

ØNSKES

Beregn trykket mellem væggen og jorden, når væggen i brudtilstanden udfører en positiv rotation med $\rho = 1,264$.

LØSNING



Figur 6.1 A: Brudfigur og kræfter på bevægelig jordlegeme.

Forudsætninger

Jordtrykket beregnes efter Brinch Hansens ligevægtsmetode.

Brudfigur

Da omdrejningspunktet for væggen ligger over væggens midtpunkt, vil der i jorden bag væggen opstå et liniebrud. Dette liniebrud må af kinematiske grunde være en konkav cirkel, der har sit centrum beliggende på en vandret linie, som ligger i afstanden $z_r = \rho \cdot h$ over væggens fodpunkt.

Eksempel 6.1

Parametre

Af figur 6.1 A fremgår det, at beregningerne skal udføres med følgende parametre:

θ	$=\beta = 0^{\circ}$: lodret væg og vandret jordoverflade.
р	= c = 0	: ubelastet, kohæsionsløs jord.
φ	= - 300	: forskydningsspændingerne på glidelegemet
		virker i retning fra punkt 1 mod punkt 0.
δ	= φ	: ru væg.
α	positiv	: konkav brudcirkel.
ω	positiv	: korden stiger i retning fra punkt 1 mod punkt 0.

Beregninger

<u>Første fase</u> i beregningerne går ud på at beregne de to ukendte geometriske parametre α og ω , der bestemmer brudliniens form og beliggenhed.

Forskydningsspændingen τ_0 i brudliniens øverste endepunkt findes ved randbetingelsen:

$$\tau_{o} = \frac{p \sin \varphi \sin (v_{o} + \varphi) + c \cos \varphi \sin (v_{q} + \varphi - \beta)}{\sin (v_{o} - \beta)}$$

som, idet p = c = 0, giver $\tau_0 = 0$. Kræfterne N, T og G findes af Brinch Hansens formler:

N =
$$\gamma k^2 (N^x \sin \omega + N^y \cos \omega)$$

T = $\gamma k^2 (T^x \sin \omega + T^y \cos \omega)$
G = $\gamma k^2 (N_0^y + \frac{1}{4} \sin 2\omega)$

Ligevægten af det bevægelige jordlegeme udtrykkes ved at projicere alle kræfter på en linie vinkelret på jordtryksresultanten E sec δ :

 $N\cos(\omega+\delta) - T\sin(\omega+\delta) - G\cos(-\delta) = 0$

Ved indsættelse af N, T og G samt $\delta = -30^{\circ}$ fås heraf:

$$(N^{x} \sin \omega + N^{y} \cos \omega) \cos (\omega - 30^{\circ})$$

-
$$(T^{x} \sin \omega + T^{y} \cos \omega) \sin (\omega - 30^{\circ})$$

-
$$(N_{o}^{y} + \frac{1}{4} \sin 2\omega) \cos 30^{\circ} = 0$$

som, da N^{x} , N^{y} , T^{x} , T^{y} og N_{0}^{y} alene afhænger af α og φ , er en ligning i de to ubekendte α og ω . Rent geometrisk fås:

$$\rho = \frac{\cos (\omega - \alpha)}{2 \sin \alpha \cdot \sin \omega} = 1,264$$

som ligeledes er en ligning i de to ubekendte α og ω . De to indrammede ligninger løses nu med hensyn til α og ω , idet værdierne af størrelserne N^{X} , N^{Y} , T^{X} , T^{Y} og N_{O}^{Y} findes af Geoteknisk Instituts Bulletin No. 2. Ligningerne løses på følgende måde: Først gættes en værdi af α og af den sidst angivne, indrammede formel findes den tilhørende værdi af ω . Af Bulletin No. 2 findes derefter værdien af N^{X} , N^{Y} , T^{X} , T^{Y} og N_{O}^{Y} , og det kontrolleres, om den først angivne, indrammede formel er tilfredsstillet. Er dette tilfældet, er α gættet rigtig. Hvis det ikke er tilfældet, må α gættes om, og beregningerne gentages indtil den først angivne, indrammede formel er tilfredsstillet.

I det aktuelle tilfælde gættes $\alpha = 20,0$ og af den sidst angivne, indrammede formel fås:

 $\frac{\cos (\omega - 20^{\circ})}{2 \sin 20^{\circ} \cdot \sin \omega} = 1,264$ hvoraf findes $\omega = 60,9.$ Af Bulletin No. 2 fås med $\alpha = 20^{\circ}$ og $\varphi = -30^{\circ}:$ N^x = 0,2928 T^x = 0,2080 N^y_o = 0,0591 N^y = 0,1274 T^y = 0,0992

Indsættes i den først angivne, indrammede formel fås:

 $(0, 2928 \sin 60, 9 - 0, 1274 \cos 60, 9) \cos (60, 9 - 30^{\circ})$

 $-(-0,2080 \sin 60,9 + 0,0992 \cos 60,9) \sin (60,9 - 30^{\circ})$

 $-(0,0591 + \frac{1}{4}\sin 121,^{\circ}8)\cos 30^{\circ} = -0,001 \sim 0$

Heraf ses, at $\alpha = 20,00$ og $\omega = 60,90$ tilfredsstiller ligningssystemet.

Anden fase i beregningerne går ud på at bestemme jordtrykkets størrelse.

Ved at projicere på væggens normel fås:

 $E = N \sin \omega + T \cos \omega$

som under anvendelse af de tidligere angivne formler for N og T samt de af Bulletin No. 2 fundne værdier for N^x , N^y , T^x og T^y giver:

$$E = \gamma k^{2} (N^{x} \sin \omega + N^{y} \cos \omega) \sin \omega$$

+ $\gamma k^{2} (T^{x} \sin \omega + T^{y} \cos \omega) \cos \omega$
= $\gamma k^{2} [(0, 2928 \sin 60, 9 - 0, 1274 \cos 60, 9) \sin 60, 9]$
+ $(-0, 2080 \sin 60, 9 + 0, 0992 \cos 60, 9) \cos 60, 9]$
= $\gamma k^{2} \cdot 0, 1045$

Da man rent geometrisk har $k \cdot \sin \omega = h$ fås:

$$E = \gamma \frac{0.1045 \text{ h}^2}{\sin^2 60,9} = 0.137 \gamma \text{ h}^2$$

<u>Tredje fase</u> I beregningerne går ud på at bestemme jordtryksresultaternes beliggenhed.

Ved at tage momenter om væggens fodpunkt fås:

$$Ez_{p} = N \cdot \frac{1}{2}k - G \cdot \frac{1}{2}k \cos \omega - M_{R} - M_{G}$$

For
$$M_R$$
 og M_G har Brinch Hansen angivet formlerne:
 $M_R = \gamma k^3 (M^x \sin \omega + M^y \cos \omega)$
 $M_G = \gamma k^3 (\frac{1}{12} \sin^2 \omega - M_o^x) \sin \omega$
Ved indsættelse i momentligningen fås nu:
 $E z_p = \gamma k^2 (N^x \sin \omega + N^y \cos \omega) \cdot \frac{1}{2} k$
 $-\gamma k^2 (N_o^y + \frac{1}{4} \sin 2\omega) \cdot \frac{1}{2} k \cos \omega$
 $-\gamma k^3 (M^x \sin \omega + M^y \cos \omega)$
 $-\gamma k^3 (\frac{1}{12} \sin^2 \omega - M_o^x) \sin \omega$

som, idet der for N^{x} , N^{y} , M^{x} , M^{y} , N_{o}^{y} og M_{o}^{x} anvendes de af Bulletin No. 2 fundne værdier, giver:

$$E z_{p} = \gamma k^{3} [(0, 2928 \sin 60, 9 - 0, 1274 \cos 60, 9) 0, 5]$$

- (0, 0591 + $\frac{1}{4} \sin 121, 8$) 0, 5 cos 60, 9
- (0, 0193 sin 60, 9 - 0, 0168 cos 60, 9)
- ($\frac{1}{12} \sin^{2} 60, 9 - 0, 0812$) sin 60, 9] = 0, 0376 γk^{3}

Af $k \cdot \sin \omega = h$ fås:

$$Ez_p = \gamma \frac{0.0376 h^3}{\sin^3 60.9} = 0.0565 \gamma h^3$$

Ved hjælp af udtrykket for E fås sluttelig:

$$z_p = \frac{E z_p}{E} = \frac{0.0565}{0.137} h = 0.412 h$$

KONKLUSION

Jordtrykket har størrelsen $E = 0,137 \gamma h^2$ og angrebspunktet er beliggende i afstanden $z_p = 0,412 h$ over væggens fod.

EKSEMPEL 7. 1: Bestemmelse af sands friktionsvinkel ved triaksiale forsøg.

GIVET

En fire-etagers lagerbygning skal opføres på en aflejring af postglacialt smeltevandssand.

Med henblik på undersøgelse af bæreevnen af bygningens fundamenter er til laboratoriet indbragt sandprøver, hvormed der er udført fem triaksiale forsøg. Det kan oplyses, at der i de brudlinier, der kan tænkes at opstå under bygningens fundamenter, vil optræde middelnormalspændinger mellem 0 og 40 t/m².

De triaksiale forsøg, der blev udført som konsoliderede, drænede forsøg med vandmættede prøver med samme poretal som "in situ", gav følgende brudværdier af celletryk $\bar{\sigma}_3$ og lodret tillægsbelastning $\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3$:

Forsøg nr.	$\bar{\sigma}_3 (kg/cm^2)$	$\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3 (\text{kg/cm}^2)$
1	0,4	1,0
2	0, 8	1,9
3	1,5	3, 3
4	3, 0	6,1
5	5,0	9,5

De angivne værdier af hovedspændingerne er korrigeret for ændringer af prøvens volumen og tværsnitsareal under forsøget.

ØNSKES

Bestem den friktionsvinkel φ , der skal anvendes ved en beregning af fundamenternes bæreevne.

LØSNING

På figur 7.1 A er vist en grafisk afbildning af forsøgsresultaterne, idet resultatet af hvert enkelt forsøg er givet som et punkt i et $(\overline{\sigma}_1 - \overline{\sigma}_3, -\overline{\sigma}_3)$ - koordinatsystem.



Figur 7.1 A: Resultater af triaksiale forsøg.

Under forudsætning af, at de i Coulombs brudbetingelse $\tau \leq \tilde{c} + \tilde{\sigma} \tan \tilde{\varphi}$ indgående styrkeparametre \tilde{c} og $\tilde{\varphi}$ er konstante størrelser for den pågældende jordart ved den pågældende lejringstæthed, vil alle forsøgsresultater i $(\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3, \bar{\sigma}_3)$ - koordinatsystemet ligge på en ret linie, der danner vinklen β med $(\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3)$ - aksen, og som på $(\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3)$ - aksen afskærer stykket α , hvor β og α er givet ved:

$$\tan \beta = \frac{1 - \sin \varphi}{2 \sin \varphi}$$
$$\alpha = \frac{2 \bar{c} \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

Af figur 7.1 A fremgår det, at de fundne forsøgsresultater ikke ligger på en ret linie. Dette må åbenbart betyde, at den frembringer, der i det sædvanlige Mohrs diagram svarer til Coulombs brudbetingelse, ikke er en ret linie, men en krum kurve. Konsekvensen heraf er, at jordens styrkeparametre \bar{c} og $\bar{\varphi}$ afhænger af spændingen i jorden i brudtilstanden.

Da der i de brudlinier, der kan tænkes at opstå under fundamentet, vil optræde middelnormalspændinger mellem 0 og 20 t/m², skal man åbenbart i stabilitetsberegningen anvende de værdier af \bar{c} og $\bar{\varphi}$, der bestemmes af de triaksiale forsøg, svarende til middelnormalspændinger 1/2 ($\bar{\sigma}_1 + \bar{\sigma}_3$) mellem 0 og 40 t/m². Af figur 7.1 A fremgår det, at man for $\bar{\sigma}_3 = 0$ har $\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3 = 0$ og følgelig 1/2 ($\bar{\sigma}_1 + \bar{\sigma}_3$) = 0, samt at man for $\bar{\sigma}_3 = 19$ t/m² har $\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3 = 42$ t/m² og følgelig 1/2 ($\bar{\sigma}_1 + \bar{\sigma}_3$) = 40 t/m². Den søgte

friktionsvinkel skal således bestemmes udfra den linie, der for de to punkter, hvor $\bar{\sigma}_3 = 0$ og $\bar{\sigma}_3 = 19 \text{ t/m}^2$, er sekant til kurven gennem forsøgsresultaterne.

Denne sekant, som er indtegnet på figur 7.1 A, ses at være karakteriseret ved størrelserne $\alpha = 0$ og tan $\beta = 0,45$. Af de ovenfor angivne formler fås nu:

$$\sin \tilde{\varphi} = \frac{1}{1+2\tan\beta} = \frac{1}{1+2\cdot 0,45} = 0,526 \quad \tilde{\varphi} = 31,8$$
$$\tilde{c} = \frac{\alpha \left(1-\sin\tilde{\varphi}\right)}{2\cos\varphi} = 0$$

Af figur 7.1 A vil det fremgå, at det i spændingsintervallet $0 \leq \overline{\sigma}_3 \leq 19 \text{ t/m}^2$ er på den sikre side at anvende det fundne styrkeparametersæt ved en bæreevneundersøgelse, idet sekanten i dette interval ligger over forsøgsresultaterne. Tilsvarende vil det af figur 7.1 A fremgå, at det for $\overline{\sigma}_3 > 19 \text{ t/m}^2$ er på den usikre side at anvende det fundne styrkeparametersæt, idet sekanten her ligger under forsøgsresultaterne.

KONKLUSION

Ved beregningen af fundamenternes bæreevne anvendes friktionsvinklen $\varphi = 31,^{0}8$, idet man samtidig sætter c = 0. Der må dog advares imod at anvende dette styrkeparametersæt, såfremt der i brudlinierne optræder middelnormalspændinger større end 40 t/m^2 . and the local sector of th

A CONTRACTOR OF A

PERSONAL TAX DEPARTMENT OF A DEPART

1000

11111

Theather day yourself of any second to an and the second s

Cristmands.

the share we had not been appreciate the second of the sec

a the set successive a second property is a second set of a

trantic that, for each the second size of the second second

time the arrestic events of her simplements of the property of the

THE R. P. LEWIS CO., NAMES AND ADDRESS OF TAXABLE PARTY.

STREET, STREET

and Youth & a section of the section of the section of the

EKSEMPEL 7.2: Bestemmelse af lers udrænede forskydningsstyrke ved simple trykforsøg.

GIVET

På en aflejring af Skive-septarieler, der i geoteknisk henseende må betegnes som sprækket, skal opføres en 30 m høj skorsten. Med henblik på undersøgelse af skorstensfundamentets korttidsbæreevne er fra lerlaget optaget prøver, som i laboratoriet er underkastet simple trykforsøg (d.v.s. udrænede triaksiale forsøg med sidetryk nul). Der blev ialt udført 3 forsøg med prøver fra samme dybde. Resultatet af forsøgene var følgende brudværdier af den lodrette hovedspænding σ_1 :

Forsøg nr.	$\sigma_1 (kg/cm^2)$
1	0,96
2	1,04
3	0,88

ØNSKES

Bestem den værdi af den udrænede forskydningsstyrke c, der skal anvendes ved beregningen af fundamentets korttidsbæreevne.

LØSNING

Da der er tale om korttidsbæreevne (udrænede forsøg) vil jordens tilsyneladende friktionsvinkel φ være nul.

Den udrænede forskydningsstyrke c bestemmes da af:

$$c = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3)$$

som, idet forsøgene blev udført med sidetryk nul ($\sigma_3 = 0$), giver:

$$c = \overline{2} \sigma_1$$

Idet den aktuelle værdi af den udrænede forskydningsstyrke bestemmes som middelværdien af resultatet af de tre forsøg fås:

$$c = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} (9, 6 + 10, 4 + 8, 8) = 4, 8 t/m^2$$

KONKLUSION

Ved beregningen af skorstensfundamentets korttidsbæreevne skal anvendes den udrænede forskydningsstyrke $c = 4,8 t/m^2$, idet man samtidig sætter $\varphi = 0$.

EKSEMPEL 7. 3: Bestemmelse af lers effektive styrkeparametre ved triaksiale forsøg.

GIVET

I en aflejring af moræneler, der kan karakteriseres som stenet og sandet, skal udgraves en skråning.

Med henblik på undersøgelse af skråningens langtidsstabilitet er fra moræneleret optaget prøver, hvormed der i laboratoriet er udført tre konsoliderede, udrænede triaksiale forsøg med poretryk nul.

Under det enkelte forsøg blev prøven først konsolideret under det alsidige tryk $\overline{\sigma}_3$. Dernæst blev den lodrette tillægsspænding $\overline{\sigma}_1 - \overline{\sigma}_3$ øget trinvis, idet man i hvert trin samtidigt formindskede celletrykket så meget, at poretrykket u forblev konstant lig nul.

De ved de tre forsøg målte sammenhørende værdier af celletryk og lodret tillægsspænding er anført i nedenstående tabel. De angivne værdier af hovedspændingerne er korrigeret for ændringer af prøvens tværsnitsareal under forsøget.

σ ₃	$\overline{\sigma}_1 - \overline{\sigma}_3$	σ ₃	$\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3$	σ ₃	$\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3$
kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm^2	kg/cm ²
0,30 0,24 0,20 0,16 0,12 0,11 0,09 0,09 0,09 0,12 0,15 0,15 0,18 0,21 0,22	0 0, 10 0, 20 0, 30 0, 40 0, 50 0, 60 0, 70 0, 80 0, 83 0, 88 0, 88 0, 86 0, 83	1,00 0,92 0,80 0,70 0,62 0,45 0,45 0,42 0,44 0,52 0,64 0,82 0,88 0,95 1,03 1,13	0 0,20 0,40 0,60 0,80 1,00 1,20 1,40 1,60 1,80 2,00 2,20 2,25 2,30 2,30 2,25	3,00 2,62 2,37 2,13 1,91 1,77 1,66 1,55 1,48 1,51 1,60 1,70 1,84 2,00 2,20	0 0,50 1,00 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50 4,00 4,25 4,50 4,65 4,75 4,80 4,75
		1,15	2,20		

ØNSKES

Bestem de værdier af de effektive styrkeparametre \bar{c} og $\bar{\varphi}$, der skal anvendes ved beregningen af skråningens langtidsstabilitet.

LØSNING

På figur 7.3 A er vist en grafisk afbildning af forsøgsresultaterne, idet der for hvert enkelt forsøg er optegnet en kurve for spændingsvariationen i et $(\overline{\sigma}_1 - \overline{\sigma}_3, \overline{\sigma}_3)$ - koordinatsystem.



Figur 7.3 A: Resultater af triaksiale forsøg.

Under forudsætning af, at de i Coulombs brudbetingelse $\tau \leq \tilde{c} + \tilde{\sigma} \tan \tilde{\varphi}$ indgående styrkeparametre \tilde{c} og $\tilde{\varphi}$ er konstante størrelser for den pågældende jordart, vil de til brud svarende punkter af kurven for spændingsvariationen i $(\tilde{\sigma}_1 - \tilde{\sigma}_3, \tilde{\sigma}_3)$ - koordinatsystemet ligge på en ret linie, der danner vinklen β med $(\tilde{\sigma}_1 - \tilde{\sigma}_3)$ - aksen, og som på $(\tilde{\sigma}_1 - \tilde{\sigma}_3)$ - aksen afskærer stykket α , hvor β og α er givet ved

 $\tan \beta = \frac{1 - \sin \bar{\varphi}}{2 \sin \bar{\varphi}}$ $\alpha = \frac{2 \bar{c} \cos \bar{\varphi}}{1 - \sin \bar{\varphi}}$

For at finde de til brud svarende punkter af kurven for spændingsvariationen indlægges som vist på figur 7.3 A i $(\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3, \bar{\sigma}_3)$ - koordinatsystemet en fællestangent til de tre kurver for spændingsvariationen.

Denne fællestangent ses at være karakteriseret ved størrelserne

Forskydningsstyrke

 $\alpha = 0,50 \text{ kg/cm}^2 \text{ og } \tan \beta = 0,40$. Af de ovenfor angivne formler fås nu:

$$\sin \bar{\varphi} = \frac{1}{1+2\tan\beta} = \frac{1}{1+2\cdot 0, 40} = 0,555 \quad \bar{\varphi} = 33,7$$

$$\bar{c} = \frac{\alpha (1-\sin\bar{\varphi})}{2\cos\bar{\varphi}} = \frac{0,50 (1-0,555)}{2\cos 33,7} = 0,133 \text{ kg/cm}^2$$

KONKLUSION

Ved beregningen af skråningens langtidsstabilitet skal anvendes de effektive styrkeparametre $\bar{c} = 1,33 \text{ t/m}^2 \text{ og } \bar{\varphi} = 33,7.$





EKSEMPEL 8.1: Skråning helt over grundvandspejlet.

GIVET

En flodskråning består af en jordart med følgende egenskaber: Langtidsstyrkeparametre : $\bar{c} = 1,0 \text{ t/m}^2 \text{ og } \bar{\varphi} = 30^\circ$ Rumvægt : $\gamma = 1.7 \text{ t/m}^3$ Kapillær stighøjde : $h_c = 0$

Flodbredden, som er vandret, ligger i kote + 14,0. Flodbunden, som ligeledes er vandret, ligger i kote + 2,0. Skråningen, som er retliniet, har anlægget 2:3. Floden er udtørret og GVS står i kote - 2,0. På flodbredden er placeret et 1,2 m bredt og 100 m langt fundament parallelt med skråningskanten og 10,8 m fra denne. Den lodrette totalbelastning på fundamentsfladen er: G = 10 t/mog P = 30 t/m.

ØNSKES

Undersøg om flodskråningen er tilstrækkelig stabil i langtidstilstanden.

LØSNING



Figur 8.1 A: Snit gennem skråning.

Forudsætninger

Problemet betragtes som plant. Brudlinien tilnærmes med en logaritmisk spiral med stigningsvinklen $\tilde{\varphi}_n$.

Nominelle værdier

$$G_{n} + P_{n} = f_{g} \cdot G + f_{p} \cdot P = 1, 0 \cdot 10 + 1, 5 \cdot 30 = 55 t/m$$

$$\bar{c}_{n} = \frac{\bar{c}}{f_{c}} = \frac{1,0}{1,5} = 0,67 t/m^{3}$$

$$\bar{\varphi}_{n} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \bar{\varphi}}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 30^{\circ}}{1,2} = 25,7$$

Brudlinie og arealinddeling

Det skønnes, at den farligste brudlinie, som vist på fig. 8.1 B, går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant samt har sin pol beliggende 19 m over flodbredden.





Det mellem brudlinien og jordoverfladen beliggende jordlegeme inddeles i trekanter og rektangler, således som vist på fig. 8.1 B.

Momentberegning

Beregningen af de drivende og stabiliserende momenter foretages i omstående skema:

Moment						Mor	nent
fra		oregning				Driv.	Stab.
		1	1			tm/m	tm/m
		længde	højde	arm	Y	1	
-		m	m	m	t/m ³		
	G ₁	4,5	0,5 - 5,0	8, 2	1,7	156	
	G ₂	6,7	5,0	3,4	1,7	194	
Egenvægt	G ₃	1,0	5,0	0, 5	1,7		4
	G ₄	7, 5	0,5 - 5,0	3,5	1, 7		112
	G ₅	6,7	0,5 - 4,5	2,2	1, 7	56	
	G ₆	8,5	4, 5	4, 3	1,7		280
	G7	8,5	0,5 • 2,5	5,7	1, 7		103
	68	10, 9	0,5 • 7,0	12,1	1, 7		786
Kohæsion	$\frac{1}{2}\bar{c}_{r}$	$(r_1^2 - r_2^2)$	$\cot \overline{\varphi}_n =$			406	1285
	$\frac{1}{2}$ 0,	67 (36, 5 ² -	22, 5 ²) cot 25	°7			576
Fundam, belastn,	55 •	10, 4				572	
					Sum	978	1861

Stabilitetsforhold

For den aktuelle brudlinie findes af ovenstående stabilitetsforholdet:

$$f = \frac{M_s}{M_d} = \frac{186\%}{978} = 1,90$$

Ved at gennemregne en række spiraler, der alle går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant, findes følgende sammenhæng mellem polens beliggenhed og stabilitetsforholdet:

Polen i kote	Stabilitetsforhold
29	1,98
33	1,90
37	1,91

Da man ved gennemregning af yderligere en række spiraler, som ikke går gennem skråningens fodpunkt eller fundamentets bagkant, finder stabilitetsforhold, som er væsentligt højere end de i ovenstående skema anførte, kan man alt i alt slutte, at det mindste stabilitetsforhold f_{min} = 1,90 findes for den spiral, som går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant, og som har sin pol beliggende 19 m over flodbredden.

KONKLUSION

Da man i det nominelle brudstadium har $f_{min} = 1,90 > 1,00$, er skråningen tilstrækkelig stabil i langtidstilstanden.

EKSEMPEL 8.2: Skråning med vandret grundvandspejl.

GIVET

En flodskråning består af en jordart med følgende egenskaber: Langtidsstyrkeparametre : $\bar{c} = 1.0 \text{ t/m}^2 \text{ og } \bar{\varphi} = 30^\circ$ $: \gamma = 1,7 t/m^3$. Rumvægt over GVS $\gamma_{\rm m} = 1.9 \, {\rm t/m^3}.$ Rumvægt under GVS Kapillær stighøjde : h = (). Flodbredden, som er vandret, ligger i kote + 14,0. Flodbunden, som ligeledes er vandret, ligger i kote + 2.0. Skråningen, som er retliniet, har anlægget 2:3. NR Flodens vandspejl, samt GVS står i kote + 9,0. På flodbredden er placeret et 1,2 m bredt og 100 m langt fundament parallelt med skråningskanten og 10,8 m fra denne. Den lodrette totalbelastning på fundamentsfladen er: G = 10 t/m og P = 30 t/m.

ØNSKES

Undersøg om flodskråningen er tilstrækkelig stabil i langtidstilstanden, idet undersøgelsen baseres på anvendelse af:

- A. Totale spændinger.
- B. Effektive spændinger.

LØSNING A (Totale spændinger)



Figur 8.2 A: Snit gennem skråning.

Forudsætninger

Problemet betragtes som plant. Brudlinien tilnærmes med en logaritmisk spiral med stigningsvinklen $\bar{\varphi}_{n}$.

Nominelle værdier

$$G_{n} + P_{n} = f_{g} \cdot G + f_{p} \cdot P = 1, 0 \cdot 10 + 1, 5 \cdot 30 = 55 t/m$$

$$\bar{c}_{n} = \frac{\bar{c}}{f_{c}} = \frac{1,0}{1,5} = 0,67 t/m^{2}$$

$$\bar{\varphi}_{n} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \bar{\varphi}}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 30^{\circ}}{1,2} = 25,7$$

Brudlinie, arealindeling og poretryk

Det skønnes, at den farligste brudlinie, som vist på fig. 8.2 B, går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant, samt har sin pol beliggende 17 m over flodbredden.



Figur 8.2 B: Brudlinie og arealinddeling.

Det mellem brudlinien og jordoverfladen beliggende jordlegeme inddeles i trekanter og rektangler, som vist på fig. 8.2 B. Poretrykket på begrænsningen af det betragtede jordlegeme er optegnet på fig. 8.2 C.

Momentberegning

Beregningen af de drivende og stabiliserende momenter foretages i nedenstående skema:

Moment	-	Udregning				Мо	ment
fra			•			Driv.	Stab.
				-	-	tm/m	tm/m
		længde	højde	arm	4		
		m	m	m	t/m ³		
	G ₁	4,2	0,5 . 5,0	8,4	1,7	150	_
Egenvægt	G ₂	7, 0	5,0	3,5	1,7	208	
G	G	1,0	5,0	0,5	1,7		A.
	G	7, 5	0,5 - 5,0	3,5	1,7		112
	G ₅	7,0	0,5 - 4,8	2,3	1,9	73	
	G	8,5	4, 8	4, 3	1,9		333
	G ₇	8,5	0,5 · 2,6	5,7	1,9		120
	G ₈	10, 8	0,5 - 7,4	12,1	1,9		820
		længde m	poretr. t/m ²	radius el. arm m	sin 🖗	ž 431	21489
	w,	12,7	3, 5	27, 8		1	1235
	w,	4, 3	7, 3	33,9	0,434	462	
Poretryk	W,	4, 3	7, 5	32,1	0,434	449	
The same	W	4,2	7,1	30, 3	0,434	392	
	W ₅	4,2	6,2	28,5	0, 434	322	
	W ₆	5, 3	4, 4	26,5	0, 434	268	
	W ₇	5,3	1,6	24, 2	0, 434	89	
Kohæsion	$\frac{1}{2}\tilde{c}_{p}$	$(r_1^2 - r_2^2)$	cot $\bar{\varphi}_{n}$ =			E 1982	
	$\frac{1}{2}$ 0,	67 (34, 6 ² -	20, 2 ²) cot 25	97			546
Fundam. belastn.	55 -	10, 4				572	
					Sum	2985	3270

Stabilitetsforhold

For den aktuelle brudlinie findes stabilitetsforholdet:

$$f = \frac{M_s}{M_d} = \frac{3270}{2985} = 1,10$$



Figur 8.2 C: Poretryk på bevægelig jordlegeme.

Ved at gennemregne en række spiraler, der går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant, findes følgende sammenhæng mellem polens beliggenhed og stabilitetsforholdet:

Polen i kote	Stabilitetsforhold
27	1,11 1,17
31	1,10 1,16
35	1,11 1.12

Da man ved gennemregning af yderligere en række spiraler, som ikke går gennem skråningens fodpunkt eller fundamentets bagkant, finder stabilitetsforhold, som er væsentligt højere end de i ovenstående skema anførte, kan man alt i alt slutte, at det mindste stabilitetsforhold $f_{min} = 1,10$ findes for den spiral, som går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant, og som har sin pol beliggende 17 m over flodbredden.

KONKLUSION A (Totale spændinger)

Da man i det nominelle brudstadium har $f_{min} = 1, 10 > 1,00$, er skråningen tilstrækkelig stabil i langtidstilstanden.

LØSNING B (Effektive spændinger)

Beregningen af de drivende og stabiliserende momenter foretages i nedenstående skema, idet der gennemregnes samme spiral, som den under løsning A gennemregnede. Arealinddelingen er vist på figur 8.2 B.

Moment				Moment			
fra	Udregning					Driv.	Stab.
			and the second se			tm/m	tm/m
		længde	højde	arm	Ŷ		
		m	m.	m	t/m^3		
	G,	4,2	0,5 . 5,0	8,4	1,7	150	
	G ₂	7,0	5,0	3,5	1,7	208	
Egenvægt	G ₃	1,0	5,0	0,5	1,7		4
	G4	7,5	0,5-5,0	3,5	1,7		112
	G ₅	7,0	0,5 - 4,8	2,3	0,9	35	
	G ₆	8,5	4,8	4, 3	0,9		158
	G ₇	8,5	0,5 - 2,6	5, 7	0, 9		57
	G ₈	10,8	0,5 - 7,4	12,1	0,9		436
¥.#_ 1	$\frac{1}{2}\tilde{c}_{n}(r_{1}^{2}-r_{2}^{2})\cot\tilde{\phi}_{n}$					393	767
Konæ91on	$\frac{1}{2}$ 0,67 (34,6 ² - 20,2 ²) cot 25,7						546
Fundam, belastn,	55 - 1	0,4				572	
					Sum	865	1313

Stabilitetsforhold

For den aktuelle brudlinie findes stabilitetsforhold

$$f = \frac{M_s}{M_d} = \frac{1313}{965} = 1,36$$

Ved at gennemregne en række spiraler, der alle går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant findes følgende sammenhæng mellem polens beliggenhed og stabilitetsforholdet:

Polen i kote	Stabilitetsforhold
13	1,40
17	1,36
21	1,38

Da man ved gennemregning af yderligere en række spiraler, som ikke går gennem skråningens fodpunkt eller fundamentets bagkant, finder stabilitetsforhold, som er væsentligt højere end de i ovenstående skema anførte, kan man alt i alt slutte, at det mindste stabilitetsforhold $f_{min} = 1.36$ findes for den spiral, som går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant, og som har sin pol beliggende 17 m over flodbredden.

KONKLUSION B (Effektive spændinger)

Da man i det nominelle brudstadium har $f_{min} = 1,36 > 1,00$, er skråningen tilstrækkelig stabil i langtidstilstanden.

EKSEMPEL 8.3: Skråning med vandret grundvandspejl og med kapillaritet.

GIVET

En flodskråning består af en jordart med følgende egenskaber: Langtidsstyrkeparametre : $\bar{c} = 1.0 t/m^2$ $og \bar{\varphi} = 30^{\circ}$ $: \gamma = 1,7 t/m^3$ Rumvægt over GVS : $\gamma_{\rm m} = 1.9 \, {\rm t/m}^3$ Rumvægt under GVS : h_c Kapillær stighøjde $= 2,0 \,\mathrm{m}$ Flodbredden, som er vandret, ligger i kote + 14,0. Flodbunden, som ligeledes er vandret, ligger i kote + 2,0. Skråningen, som er retlinet, har anlægget 2:3. Dette Ble Licer Flodens vandspejl samt GVS i jorden står i kote + 9,0. HELDNING På flodbredden er placeret et 1,2 m bredt og 100 m langt fundament parallelt med skråningskanten og 10,8 m fra denne. Den lodrette totalbelastning på fundamentsfladen er: G = 10 t/m og P = 30 t/m.

ØNSKES

Undersøg om flodskråningen er tilstrækkelig stabil i langtidstilstanden, idet undersøgelsen baseres på anvendelse af:

- A. Totale spændinger.
- B. Effektive spændinger.





Forudsætninger

Problemet betragtes som plant. Brudlinien tilnærmes med en logaritmisk spiral med stigningsvinklen $\overline{\varphi}_n$.

Nominelle værdier

$$G_{n} + P_{n} = f_{g} \cdot G + f_{p} \cdot P = 1, 0 \cdot 10 + 1, 5 \cdot 30 = 55 t/m$$

$$\bar{c}_{n} = \frac{\bar{c}}{f_{c}} = \frac{1,0}{1,5} = 0,67 t/m^{2}$$

$$\bar{\varphi}_{n} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \bar{\varphi}}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 30^{\circ}}{1,2} = 25,7$$

Brudlinie, arealindeling og poretryk

Det skønnes, at den farligste brudlinie, som vist på fig. 8.2 B og C, går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant samt har sin pol beliggende 17 m over flodbredden.



Figur 8.3 B: Brudlinie og arealinddeling.

Det mellem brudlinien og jordoverfladen beliggende jordlegeme inddeles i trekanter og rektangler, som vist på fig. 8.2 B.



Figur 8.3 C: Poretryk på bevægelig jordlegeme.

Poretrykket er optegnet på figur 8.2 C.

Momentberegning

Beregningen af de drivende og stabiliserende momenter foretages i omstående skema:

Moment			Mor	Moment			
fra		Udreg	Driv. tm/m	Stab tm/n			
		længde m	højde m	arm m	γ t/m ³		
	G1	2, 3	0,5 - 3,0	9,6	1,7	56	
	G ₂	8,8	3,0	4,4	1,7	198	
	G ₃	1,0	3,0	0,5	1,7		3
M	G ₄	4, 5	0,5 . 3,0	2,5	1,7		29
Egenvægt	G ₅	4, 5	0,5 - 4,0	5,8	1,9	99	
	G ₆	4, 3	4,0	2,2	1,9	72	
	G ₇	4, 3	0,5 . 2,7	1,4	1,9	15	
	G ₈	5,5	6,7	2,8	1,9		175
	Gg	5,5	0,5 - 2,0	3,7	1,9		39
	G ₁₀	6, 0	0,5 4,0	7,5	1,9		171
	G ₁₁	6,0	4,7	8,5	1,9		455
	G ₁₂	6,0	0,5 . 0,8	9,5	1,9		43
	G ₁₃	7, 7	0,5 . 5,5	14,1	1, 9		567
		længde m	poretryk t/m ²	radius el. arm m	sin $\tilde{\varphi}_n$		
	w,	12,7	0.5 . 7.0	27.8			1235
	w.	4, 3	7.3	33.9	0.434	462	2000
Poretryk	w	4, 3	7.5	32.1	0. 434	449	
	W.	4,2	7.1	30, 3	0.434	392	
	W	4,2	6.2	28.5	0.434	322	
	We	5, 3	4.4	26.5	0. 434	268	
	w,	5, 3	1,6	24.2	0.434	89	
	w ₈	2, 8	0,5 . 2,0	22,5	0, 434		27
Kohæsion	$\frac{1}{2} \tilde{c}_n$ $\frac{1}{2} 0,$	$(r_1^2 - r_2^2)$ 67 (34, 6 ² -	$\cot \tilde{\varphi}_n =$ 20, 2 ² } cot 25	°,7		-	546
Fundam. belastn,	55 •	10, 4				572	4
Delasta,					Sum	2004	520/

Stabilitetsforhold

ЪÆ

For den aktuelle brudlinie findes stabilitetsforholdet

$$f = \frac{M}{M_d} = \frac{3290}{2994} = 1,10$$

Ved at gennemregne en række spiraler, der går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant findes følgende sammenhæng mellem polens beliggenhed og stabilitetsforholdet:

Polen i kote	Stabilitetsforhold
27	1,11
31	1,10
35	1,11

Da man ved gennemregning af yderligere en række spiraler, som ikke går gennem skråningens fodpunkt eller fundamentets bagkant, finder stabilitetsforhold, som er væsentligt højere end de i ovenstående skema anførte, kan man alt i alt slutte, at det mindste stabilitetsforhold $f_{min} = 1,10$ findes for den spiral, som går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant, og som har sin pol beliggende 17 m over flodbredden.

KONKLUSION A (Totale spændinger)

Da man i det nominelle brudstadium har $f_{min} = 1,10 > 1,00$, er skråningen tilstrækkelig stabil i langtidstilstanden.

LØSNING B (Effektive spændinger)

Momentberegning

Beregningen af de drivende og stabiliserende momenter foretages i omstående skema, idet der gennemregnes samme spiral som under løsning A. Arealinddelingen er vist på figur 8.3 B og kapillartrykket er vist på figur 8.3 D.



Figur 8.3 D: Kapillartryk på bevægelig jordlegeme.

Moment	1					Moment	
fra	Udregning					Driv.	Stab.
						tm/m	tm/m
		længde	højde	arm	Ÿ		
		m	m	m	t/m ³		
	G ₁	2,3	0,5 - 3;0	9,6	1,7	56	
	G ₂	8,8	3,0	4,4	1,7	198	
	G ₃	1,0	8,0	0,5	1,7		3
17	G ₄	4, 5	0,5 . 3,0	2,5	1,7		29
Egenvægt	G ₅	4,5	0,5 • 4,0	5,8	0,9	47	100
	G ₆	4,3	4,0	2,2	0,9	34	
	G7	4,3	0,5 - 2,7	1,4	0, 8	7	
	G ₈	5,5	6,7	2,8	0,9		93
	Gg	5, 5	0,5 · 2,0	3,7	0,9		18
	G ₁₀	6,0	0,5 · 4,0	7,5	0,9		81
	G ₁₁	6,0	4, 7	8,5	0,9		216
	G ₁₂	6,0	0,5 + 0,8	9,5	0,9		21
	G ₁₃	7,7	0,5 + 5,5	14,1	0,9		268
		længde kap, tryk arm		arm			
Kapillar-		m	t/m ²		m		
tryk	W ₁	3,6	0,5 . 2,6)	16,9		61
	W2	14, 3	2, ()	1,6	46	
	$\frac{1}{2}\overline{c}$	$(r_{1}^{2} - r_{2}^{2})$	cot ē a				
Kohæsion	2 n	··1 ·2 ·	'n				
	$\frac{1}{2}$ 0, 67 (34, 6 ² - 20, 2 ²) cot 25, ⁹ 7						546
Fundam.	55 · 10.4				E 77 9		
belastn.						512	
					Sum -	080	1226

Stabilitetsforhold

For den aktuelle brudlinie findes stabilitetsforholdet

$$f = \frac{M}{M_d} = \frac{1336}{960} = 1,39$$

Ved at gennemregne en række spiraler, der alle går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant, findes følgende sammenhæng mellem polens beliggenhed og stabilitetsforholdet:

Polen i kote	Stabilitetsforhold
27	1,43
31	1,39
35	1,41

Da man ved gennemregning af yderligere en række spiraler, som ikke går gennem skråningens fodpunkt eller fundamentets bagkant, finder stabilitetsforhold, som er væsentligt højere end de i foranstående skema anførte, kan man alt i alt slutte, at det mindste stabilitetsforhold $f_{min} = 1,39$ findes for den spiral, som går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant, og som har sin pol beliggende 17 m over flodbredden.

KONKLUSION B (Effektive spændinger)

Da man i det nominelle brudstadium har $f_{min} = 1,39 > 1,00$, er skråningen tilstrækkelig stabil i langtidstilstanden.



EKSEMPEL 8. 4: Skråning med strømning.

GIVET

En flodskråning består af en jordart med følgende egenskaber:
Langtidsstyrkeparametre : $\bar{c} = 1,0 t/m^2$ og $\bar{\varphi} = 30^\circ$
Rumvægt over GVS : $\gamma = 1,7 \text{ t/m}^3$
Rumvægt under GVS : $\gamma_m = 1,9 \text{ t/m}^3$
Kapillær stighøjde : $h = 0$.
Flodbredden, som er vandret, ligger i kote + 14,0.
Flodbunden ligger i kote + 2,0.
Skråningen, som er retlinet, har anlægget 2:3.
Vandspejlet står i kote + 9,0.
På flodbredden er placeret et 1,2 m bredt og 100 m langt funda-
ment parallelt med skråningskanten og 10,8 m fra denne. Den lod-
rette totalbelastning på fundamentsfladen er: G = 10 t/m og
P = 30 t/m.
På bredden er der desuden udgravet en kanal parallel med skrå-
ningskanten og 20 m fra denne. Kanalen er udgravet til kote + 8.0
med anlæg 2:3 og bundbredde 6 m. Kanalens vandspejl står i
kote + 13,0.
Under kote - 10,0 findes fjeld.

ØNSKES

Undersøg om flodskråningen er tilstrækkelig stabil i langtidstilstanden, idet undersøgelsen baseres på anvendelse af:

- A. Totale spændinger og poretryk.
- B. Effektive spændinger og potentialtryk.

LØSNING A (Totale spændinger og poretryk)


Stabilitet

Forudsætninger

Problemet betragtes som plant. Brudlinien tilnærmes med en logaritmisk spiral med stigningsvinklen $\bar{\varphi}_n$.

Nominelle værdier

 $G_{n} + P_{n} = f_{g} \cdot G + f_{p} \cdot P = 1, 0 \cdot 10 + 1, 5 \cdot 30 = 55 \text{ t/m}$ $\overline{c}_{n} = \frac{\overline{c}}{f_{c}} = \frac{1, 0}{1, 5} = 0, 67 \text{ t/m}^{2}$ $\overline{\varphi}_{n} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \overline{\varphi}}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 30^{\circ}}{1, 2} = 25, 7$

Brudlinie, arealinddeling og poretryk

Det skønnes, at den farligste brudlinie, som vist på fig. 8.4 B, går gennem skråningens fodpunkt og fundamentets bagkant, samt har sin pol beliggende 17 m over flodbredden.

Det mellem brudlinien og jordoverfladen beliggende jordlegeme inddeles i trekanter og rektangler, som vist på fig. 8.4 B.



Figur 8, 4 B: Brudlinie og arealinddeling.

For at kunne gennemføre stabilitetsanalysen er det nødvendigt at kende strømnettet for den strømning, der opstår i jorden mellem de to kanaler. Dette strømnet er konstrueret i eksempel 4.5. Den for udregningen af poretrykket nødvendige del af strømnettet er vist til venstre på figur 8.4 C. Poretrykket på begrænsningen af det betragtede jordlegeme er optegnet til højre på figur 8.4 C.



Figur 8.4 C: Poretryk på bevægelig jordlegeme.

Momentberegning

Beregningen af de drivende og stabiliserende momenter foretages i omstående skema:

Momant						Mor	nent
fra	_	Udregning			-	Driv.	Stab
						tm/m	tm/n
		længde	højde	arm	γ		
		m	m	m	t/m ³		
	G ₁	10,0	0,5 · 2,5	6,7	1,7	142	
	G ₂	10,0	0,5 · 3,7	3, 3	1,7	104	
Egenvægt	G ₃	1,0	3,7	0,5	1,7		3
	G ₄	7,0	0,5 · 3,7	3, 3	1,7		73
	G ₅	10,0	0,5 . 6,2	3, 3	1,9	194	
	G ₆	8,0	0,5 · 6,2	2,7	1,9		127
	G7	8,0	0,5 • 7,6	5,3	1,9	-	306
	G ₈	11,5	0,5 • 7,6	11, 8	1,9		980
		længde	poretryk	radius	sin $\bar{\varphi}_{n}$		
		m	t/m ²	el, arm m	11		
	W ₁	12, 7	3, 5	27,8			123
Poretryk	W ₂	5,4	7,4	33, 7	0, 434	585	
	W ₃	5,5	7, 8	31,5	0, 434	586	
	W4	7,4	7, 1	28,9	0, 434	659	
	W ₅	6,7	5,1	25,8	0, 434	383	
	W ₆	6,3	1,8	22,9	0, 434	113	
	1-	$(r_{1}^{2} - r_{2}^{2})$	cot a s	6.15	.0		
Kohæsion	2 n	~1 ~2 /	'n				
	$\frac{1}{2}$ 0,	67 (34,6 ² -	20, 2 ²) cot 25	,7			546
Fundam.							
belastn.	55 •	10,4	-			572	
			An enter		Sum	3338	3270

Stabilitetsforhold

For den aktuelle brudlinie findes stabilitetsforholdet

 $f = \frac{M_s}{M_d} = \frac{3270}{3338} = 0,98$

KONKLUSION A (Totale spændinger og poretryk)

Da man i det nominelle brudstadium har fundet f = 0,98 for een spiral, er skråningen ikke tilstrækkelig stabil i langtidstilstanden.

Stabilitet

LØSNING B (Effektive spændinger og potentialtryk)

Momentberegning

Beregningen af de drivende og stabiliserende momenter foretages i nedenstående skema, idet der gennemregnes samme spiral som under løsning A. Arealinddelingen er vist på figur 8.4 B, og potentialtrykket på begrænsningen af det betragtede jordlegeme er optegnet på figur 8.4 D.

Moment						Mon	nent
fra		Udregning				Driv.	Stab
						tm/m	tm/n
		længde	højde	arm	Ŷ		
		m	m	m	t/m ³		
	G,	10,0	0,5 . 2,5	6,7	1,7	142	
Egenvægt	G,	10,0	0,5 . 3,7	3, 3	1,7	104	
	G	1,0	3, 7	0,5	1,7		3
	G ₄	7,0	0,5 · 3,7	3, 3	1,7		73
	G ₅	10,0	0,5 · 6,2	3, 3	0,9	92	
	G	8,0	0,5 . 6,2	2,7	0,9		60
	G7	8,0	0,5 • 7,6	5,3	0,9		145
	G ₈	11, 5	0,5 · 7,6	11, 8	0, 9		465
		længde	pot. tryk	radius el. arm	$\sin \overline{\varphi}_n$		
_		m	t/m²	m			
Potential-	W ₁	18,0	1,23	0,9		20	
tryk	W2	10,9	0, 32	32,6	0,434	49	
11110	Wa	7,4	0,95	28,9	0,434	88	
	WA	6,7	1,59	25,8	0,434	119	
	W ₅	6,3	2,19	22,9	0,434	137	
	1.5	(r ² - r ²)	act in a	11	19900		
Kohæsion	2 n	1 2	cor yn		(The lat	1	
	$\frac{1}{2}$ 0,	$0,67(34,6^2-20,2^2) \text{ cot } 25,^{\circ}7$					546
Fundam.							
belastn.	55 .	10,4				572	
					Sum	1323	1202



Figur 8.4 D: Potentialtryk på bevægelig jordlegeme.

Stabilitetsforhold

For den aktuelle brudlinie findes stabilitetsforholdet

 $f = \frac{M_s}{M_d} = \frac{1292}{1323} = 0,98$

KONKLUSION B (Effektive spændinger og potentialtryk)

Da man i det nominelle brudstadium har fundet f = 0,98 for een spiral er skråningen ikke tilstrækkelig stabil i langtidstilstanden.

EKSEMPEL 9.1: Fri spunsvæg i sand.

GIVET

En indfatning for en skibsfartskanal skal udformes som en fri stålspunsvæg (spunsvæg uden anker) med følgende karakteristika:

Jordoverfladen : kote + 2,0

Kanalens bund : kote - 8,0

Vandspejlet i kanalen : kote 0,0

Jorden består på begge sider af væggen og til stor dybde af sand med

 $\varphi = 34,7$ (c = 0), $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$ og $\gamma_m = 2,0 \text{ t/m}^3$ Grundvandspejlet i jorden kan regnes at stå i samme niveau som vandspejlet i kanalen.

Jordoverfladen kan regnes ubelastet.

ØNSKES

Bestem det maksimale moment M i spunsvæggen samt den nødvendige rammedybde d.

LØSNING



Figur 9.1 A: Snit i fri stålspunsvæg i sand.

Forudsætninger

Jordtryk beregnes efter Brinch Hansens metode.

Spunsvæggen forudsættes at være ru.

Spunsvæggens omdrejningspunkt regnes at ligge så nær fodpunktet, at man ved beregningen af jordtrykkene med tilnærmelse kan sætte $\rho = 0$.

Nominelle værdier

$$\varphi_n = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \varphi}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 34^0, 7}{1, 2} = 30^0$$

Beregninger

Jordtrykkene over maksimalmomentpunktet findes: Højre side : $\rho = 0$, $K_{\gamma}^{X} = 0,27$ og $K_{\gamma}^{Y} = 4,1$ $0 t/m^2$ Kote + 2,0 : $e_1^X =$ Kote 0 : $e_1^X = 1, 8 \cdot 2, 0 \cdot 0, 27 = 0,97 t/m^2$ Kote - 8,0 : $e_1^X = (1, 8 \cdot 2, 0 + 1, 0 \cdot 8, 0) \cdot 0, 27 = 3, 13 t/m^2$ Kote - (8 + z): $e_1^x = (1, 8 \cdot 2, 0 + 1, 0 (8 + z)) \cdot 0, 27 = 3, 13 + 0, 27z t/m^2$ Venstre side : $\rho = 0$, $K_{\gamma}^{X} = 5,7$ og $K_{\gamma}^{Y} = 1,5$ Kote - 8,0 : $e_2^X =$ Ô $= 5.7 \text{ z t/m}^2$ Kote - (8 + z): $e_2^X = 1, 0 z \cdot 5, 7$ Maksimalmomentet findes, hvor transversalkraften i spunsvæggen er lig nul: $\frac{1}{2} \cdot 2, 0 \cdot 0, 97 + \frac{1}{2} (0, 97 + 3, 13 + 0, 27 z)(8 + z) = \frac{1}{2} z \cdot 5, 7 z$ hvoraf findes: z = 3,17 mJordtrykkene i maksimalmomentpunktet findes nu: $= 3.99 \text{ t/m}^2$ Kote - 11, 17: $e_1^X = 3, 13 + 0, 27 \cdot 3, 17$ Kote - 11, 17: $e_2^X = 5, 7 \cdot 3, 17$ $= 18.06 \text{ t/m}^2$ Kote - 11, 17: e_1^y = (1, 8 · 2, 0 + 1, 0(8, 0 + 3, 17)) 4, 1 $= 60,5 t/m^2$ Kote - 11, 17: e_2^y = 1, 0 · 3, 17 · 1, 5 $= 4,8 \text{ t/m}^2$ Maksimalmomentet findes:

$$M = \frac{1}{2} \cdot 2, 0 \cdot 0, 97 (11, 17 + \frac{1}{3} \cdot 2, 0) + \frac{1}{2} \cdot 11, 17^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0, 97 + \frac{1}{2} \cdot 11, 17^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 3, 99 - \frac{1}{2} \cdot 3, 17^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 18, 06 = 104, 4 \text{ tm/m}$$

Differens - enhedsjordtrykkene findes:

$$\Delta e^{X} = e_{2}^{X} - e_{1}^{X} = 18,06 - 3,99 = 14,07 \text{ t/m}^{2}$$

$$\Delta e^{Y} = e_{1}^{Y} - e_{2}^{Y} = 60,5 - 4,8 = 55,7 \text{ t/m}^{2}$$

C1 og C2 beregnes af:

der med $\delta_n = \varphi_n = 30^\circ$ giver:

$$\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} = 1, 0 + 0, 1 \cdot 1, 0 + \tan 30^{\circ} = \begin{cases} 0, 52 \\ 1, 68 \end{cases}$$

Den ekstra rammedybde Δh findes:

$$\Delta h = \left(\frac{C_2}{C_1} + \frac{\Delta e^y}{\Delta e^x}\right) : \sqrt{\frac{\Delta e^y}{2M}} \left(2 \cdot \frac{C_2}{C_1} + \frac{\Delta e^y}{\Delta e^x} - 1\right)$$
$$= \left(\frac{1.68}{0.52} + \frac{55.7}{14.07}\right) : \sqrt{\frac{55.7}{2 \cdot 104.4}} \cdot \left(2 \cdot \frac{1.68}{0.52} + \frac{55.7}{14.07} - 1\right)$$
$$= 4.54 \text{ m}$$

Spunsvæggen skal således gives rammedybden: d = 3, 17 + 4, 54 = 7, 71 m.

KONKLUSION

Det maksimale moment i spunsvæggen er M = 104, 4 tm/m og den nødvendige rammedybde er d = 7,71 m.

and the second second

Address of the second sec

and the second s

Allowers and an and

ATTA - an and the second secon

1 miles

And an and the second s

EKSEMPEL 9.2: Forankret spunsvæg i sand.

GIVET

En indfatning for en skibsfartskanal skal udformes som en forankret stålspunsvæg med følgende karakteristika:

Jordoverfladen	:	kote	+	2,0
Kanalens bund	*	kote	*	8,0
Forankringen	*	kote		0,0
Vandspejlet i kanalen	:	kote		0.0

Jorden består på begge sider af væggen og til stor dybde af sand med:

 $\varphi = 34,7$ (c = 0), $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$ og $\gamma_m = 2,0 \text{ t/m}^3$

Grundvandspejlet i jorden kan regnes at stå i samme niveau som vandspejlet i kanalen.

Jordoverfladen kan regnes ubelastet.

ØNSKES

Find det maksimale moment M i spunsvæggen, ankertrækket A og væggens nødvendige rammedybde d under forudsætning af følgende brudmåde:

A. Uden flydecharnier

B. Med et flydecharnier

C. Med to flydecharnier

TEGNING



Figur 9.2 A: Snit i forankret stålspunsvæg i sand.

Forudsætninger

Jordtrykket beregnes efter Brinch Hansens metode.

Spunsvæggen forudsættes at være ru.

Væggen forudsættes i brudtilstanden at dreje sig som et stift hele om forankringspunktet.

Nominelle værdier

 $\varphi_n' = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \varphi}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 34^0_{,7}}{1,2} = 30^0$

Beregninger

P

Beregningerne opstilles i skemaform således som vist på følgende to sider.

Der er foretaget to gennemregninger, men kun beregningerne svarende til den sidste gennemregning er medtaget. De to gennemregninger har givet følgende resultater:

Gennemregning nr.			1	2
Rammedybde d	(m)	:	1,8	2,1
Ankertræk A	(t/m)	:	21, 3	18,8
Maksimalmoment Mo/Mu	(tm/m)	: 3	31,2/8,4	13,0/17,4
å grundlag af disse result	ater fine	des	ved grafisl	k interpolation,

således som vist på følgende side, det endelige resultat:

Nødvendige	rammedybde	:	d	Hark Dise	2,	05	m
Ankertræk		*	A	11	19,	4	t/m
Maksimalm	oment		М	-	15,	8	tm/m

DIAB Fundering

FORANKRET SPUNSVÆG UDEN FLYDECHARNIER

Side

Dato

Init

Side 50 Sag no.





DIAR	FORANKRET SPUNSVÆG	UDEN FLYDECHARNIER	Dato .	Side 51
Fundering	Gennemregning nr. 2	Rammedybde d-2,1 m	Init.	Sag no.

VENSTRE SIDE	SKITSE : 5 2,0	HØJRE SIDE
hi= 10,1 d= 2,1 hi: d= 4,81	5 0,55 5 0,0 0,57 14,88	hi= 10,1 h = 12,1 h:h= 0,835
5 = 0,78 f.d = 1,64 5 . d =		1 0,88 J.h. 10,65
$K_{3}^{n} = 0.26$ $K_{p}^{n} = K_{c}^{n}$ $K_{3}^{n} = K_{p}^{n} = K_{c}^{n}$	2,00 5-5,5	K [*] _y - 5,7 K [*] _p K [*] _c - K [*] _c - K [*] _c - K [*] _p
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		K ³ · O22 K ³ · K ³

e	H/V	Kote	7.d.K	+ p.k	+ c.k		tlm	,2
e×	H	2,0					0	
10	H	0,55	1.8.1.45.5,7				14,	88
ey	H	0,55	1.8.1.45.0.22				0,	57
11	H	0	1,8.2,0.0,22				0	79
31	H	- 10,1	(1,8.2,0+1,0.10,1).0,22			3	01
e*	V	- 8,0					0	
	V	- 8,46	1,0.0,46.0,26				0,	12
ey	V	- 8,46	1.0.0.46.5.5				2	53
11	V	- 10,1	1,0.2,1.5,5				11,	55
			Q=0 => Z	= 4,60				
	H	- 5.5	(1,8.2,0 + 1,0.5,5) · 0,22			2	,00
м			Areal		Arm		Ma	M2
Mo	H		1/2 . 14,88 . 1,45	10,78	1/3 . 1,45 + 0,55	1.03	- 1	11,10
11	H		1/2. 0,57.0,55	0,16	2/3.0,55	0,37		0,06
88	H		1/2. 0,79.0,55	0,22	1/3.0,55	0,18		0,04
	H		1/2.0,79.5,50	2,17	1/3.5,50	1,83	3,98	
	H		1/2.2,00.5,50	5,50	2/3.5,50	3,67	20,20	
				18.83			24,18	11,20
Mu	V		1/2 . 11,55 . 1,64	9,55	2/3-1,64 + 2,96	4,05		38,40
	V		1/2 . 2,53 . 1,64	2,08	1/3-1,64 + 2,96	3.51		7,30
11	V		1/2 . 0,12 . 0,46	0,03	2/3.0,46+2,50	2,81		0,08
	H		1/2.3,01.4,60	6,91	2/3.4.60	3,07	21,20	
н	H		1/2.2,00.4,60	4,60	1/3.4,60	1,53	7,04	
							28,24	45,78
Mo Ma	/Mu /A		24, 18 - 11,	20 / 45	,78 - 28,24 tm tm	m/tm/m	13.0/	17,5

LØSNING B (Med et flydecharnier)

Forudsætninger

Jordtrykket beregnes efter Brinch Hansens metode. Væggen forudsættes at være ru.

Væggens øverste del forudsættes i brudtilstanden at dreje sig om forankringspunktet, medens væggens nederste del forudsættes at parallelforskydes.

Nominelle værdier

$$\varphi_n = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \varphi}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 34^0_{,7}}{1,2} = 30^\circ$$

Beregninger

Beregningerne opstilles i skemaform som vist på følgende to sider.

Der er foretaget to gennemregninger, men kun beregningerne svarende til den sidste gennemregning er medtaget. De to gennemregninger har givet følgende resultater:

	Gennemregning nr.			1	2
	Kote til flydecharnier		:	- 6,0	- 5,5
	Maksimalmoment Mo/Mu	(tm/m)	:	21, 3/12, 9	16, 3/17, 5
	Ankertræk A	(t/m)	:	14,4	12,8
	Rammedybde d	(m)	:	2,12	2,26
Pa	å grundlag af disse resulta	ter find	les	ved grafisk	interpolation
38	ledes som vist på følgende	e side,	de	t endelige re	sultat:
	Nødvendig rammedybde :	d = 2	, 2	4 m·	

	0	•				- , -	-		
Ankertr	æk		:	A	Ħ	13,	0	t/m	1
Maksim	almoment		:	M		17,	0	tm,	/m

DIAB Fundering

FORANKRET SPUNSVEG MED ET FLYDECHARNIER

Side 53 Sag no.

Dato

Init



DIAR	FORANKRET SPUNSVÆG	MED ET FLYDECHARNIER	Dato	Side 54
Fundering	Gennemregning nr. 2	Kote til flydecharnier -5,5	Init.	Sag no.

VENSTRE	SKITSE: 5 2,0				HOORE SI	OJRE SIDE				
g = 00 f = 1.0	5 103 5 0,0	9,90 10,37 10,76	5	h ₁ -2z = 5.5 h-2z = 7,5	$\frac{h_4-2z}{h-2z} = 0.733$	K** 5,7 K***	Кр. Кр. Кр.	Ke*** *		
K= 5,2 K= - K= -			5.5	9 = 0,87 ====================================	y(h-2z)= 6,53 y(h-2z)= y(h-2z)=	k*=0,21 k*= K*=	Кр = Кр = Кр =	Ke + Ke + Ke +		
1.3			-	¥ = 10	9 = 00					
K in the second	5476	3,75 5-1	10,26	Ка = 0,27 Ка = Ка = Ка = Ка = Ка =	K2 - K2 - K2 -			<u>Seu</u>		

e	H/V	Kote	j d K	+ p·K	* c-K		t/m	,2
e×	H	2.0					0	
++	H	1.03	1,8.0,97.5,7		ar ganagan gana ang ang ang ang ang ang an	And the first of the spectra sp	9.0	76
ey	H	1.03	1.8.0.97.0.21	ar () filter an ann an Anna ann an Anna an Anna an Anna an Anna an Anna an Anna Anna Anna Anna Anna Anna Anna			0,3	37
p	H	0	1,8.2,0.0,21				0,3	76
17	H	- 5,5	(1,8.2,0+1,0.5,5)	. 0,21			1,0	72
H	H	-(5,5+2)	[1,8.2,0 + 1,0 (5,5	+ 2)].0,21	1		1,92+0),21 z
*	H	-(5,5+z)	[1,8.2,0 + 1,0 (5,5	+ 2)] . 0,27	7		2,46 +0),27 z
11	H	-(5,5+22)	[1,8.2,0+1,0(5,5)]	+22)].0,2	7		2,46+0),54 Z
	V	-8,0			المراجع والمحاربة والمحاربة والمحاربة والمحاولة والمحاولة والمحاولة والمحاولة والمحاولة والمحاربة والمحاربة وال		0	
H	V	-(5,5+2z)	[1,0 . (5.5 + 22 - 8,0	0)].5.2	an a	والمحجوبين وسنتم وسند محمد المحمد المحمد والمعارية والمراجع المحمد	10,4 2 -	- 13,0
			$Q=0 \Rightarrow z=2$	2,38	anto-tono - a data fangana ar ina p a a ana kara is data - is tana ang dada data pana ang daga pana ang daga pa			
64	H	- 7,88	1,92 + 0,21 - 2,38		an water of standard and a to be a standard and the standard and	ad birthing in Jamesine yes you have been a started a second started and the started and the started and the st	2,	42
n	H	- 7,88	2,46+0,27-2,38				3,	10
11	H	- 10,26	2,46 +0,54 2,38		والمحافظ والمح		3,	75
N	V	-10,26	10,4 . 2,38 - 13,0				11,	76
					سترو د ورود و			
M			Areal		Arm		MZ	M3
Ma	H		1/2.102.55	528	2/3.55	366	10.30	
	H		1/2.076.55	209	4/3 . 5.5	1.8.3	3 83	
17	H		1/2.076.103	0.39	4/3. 1,03	0.34		013
10	H		1/2.0.37.1.03	0.19	2/3-1.03	0.69		013
11	H		1/2.996.097	4.84	1.03 + 1/3.0.97	1.35		6.54
				12,79			23,13	6,80
Mu	V		1/2.11.76.2.26	13.30	25+2/3.2.26	400		53.30
17	H		1/2 . 1.92 . 2.38	2.28	1/3.2.38	0.79	1.80	
29	H		1/2 . 2.42.2.38	2.88	2/3.2.38	1.59	459	annen an
69	H		1/2. 3.10.2.38	3.69	1/3-2.38 + 2.38	3.17	11.70	
11	H		1/2 . 3,75 . 2,38	4.46	2/3.2.38+2.38	3.97	17.72	
			and and a second s				35.81	53,30
					anan ar san an a			
					an ban sayang galanga in Albani in Albani in Salayo ng Lang ang Lang ang Lang ang Lang ang Lang ang Lang ang L			
Mo/	Mu		23,13 - 6,80	53,30	- 35,81 "	m/m / tm/m	16,3 /	17,5
MA/	A				1	m/m / +/m	6,8 /	12,8

LØSNING C (Med to flydecharnier)

Forudsætninger

Jordtrykket beregnes efter Brinch Hansens metode. Væggen forudsættes at være ru.

I brudtilstanden forudsættes det, at der i væggen opstår to flydecharnier, således at øverste vægdel drejer sig om forankringspunktet, medens midterste vægdel drejer sig om nederste flydecharnier, og nederste vægdel fastholdes i jorden.

Nominelle værdier

 $\varphi_n = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \varphi}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 34^0_{,7}}{1,2} = 30^0$

Beregninger

For de <u>to øverste vægdeles</u> vedkommende opstilles beregningerne i skemaform, således som vist på følgende to sider.

Der er foretaget to gennemregninger, men kun gennemregningen svarende til den sidste gennemregning er medtaget. De to gennemregninger har givet følgende resultat:

Gennemregning nr.		1	2
Kote til øverste flydecharnier		: - 6,0	- 5,0
Maksimalmoment Mo/Mu	(tm/m)	: 21, 3/6, 1	11,5/10,8
Ankertræk A	(t/m)	: 14,4	11, 8
Kote til nederste flydecharnier		: - 10.00	- 10.24

Kote til nederste flydecharnier : - 10,00 - 10,24 På grundlag af disse resultater findes ved grafisk interpolation, således som vist på følgende sider, resultatet for de to øverste vægdele:

Kote til	nederste	flydecharnier:		-	10,24	Ł
Ankertra	ek	•	Α	=	11,7	t/m
Maksima	lmoment	:	M	=	11,0	tm/n

For <u>den nederste vægdels</u> vedkommende beregnes den nødvendige højde $\Delta h = 1,74$ m sluttelig som vist på første side efter de to skemasider. Det bemærkes, at de foretagne beregninger svarer til 2. gennemregning, idet man her meget nær har Mo = Mu.

Det endelige resultat af beregningen med to flydecharnier bliver:

Nødvendig rammedybde	:	d	=	3,97	m
Ankertræk	:	A	11	11,7	t/m
Maksimalmoment	:	M	=	11,0	tm/m

DIAB Fundering

FORANKRET SPUNSVÆG MED TO FLYDECHARNIER

56 Side

Data



RESULTATER :

2,5

2,0

2.1

-60

13

12

M= 11,0 1m/m A= 11,7 t/m Kt. til ned. flch. = - 10,24

Az

Kote til øverste flydecharnier

-5,5

22

DIAB	FORAN
Fundering	Gennen

FORANKRET SPUNSVÆG MED TO FLYDECHARNIER Dato Gennemregning nr. 2 Kole til øverste flydecharnier:-5,0 Init.

Side 57 Sagno.

VENSTR	t SI	KITSE :	1 2.0 TTTTTT			HØJRE, SIE)E.		
8+0	-	£ 1	03	996	1		K.57	Ka=	Ke-
Ex0		*	÷ 0,0 1037		n-22= 5,0	h1-22 = 0714	Ky .	Kp = 1	te.
3.0			0.76		h-22- 7,0	n-22 "	Kya	K _P = 1	den
L.K. m		TIT			9. 086	9(h-22)= 6 03	x3-021	Kan I	ď.
Ky * 5,					4.	E(h-2z)-	K ³	K.	Ke -
K [×]			-181	5-50	÷.	\$(h-22)=	K* -	K# = 1	ke.
						2=0			
X				740	1-0	3-0			
Kyz			3.03		V. 027 1.	L.			
Kp w DX		78			Kar Kar	he -			
Ng =				5-1024	Kas Kas	K.			
	<u> </u>			<u>and and and and and a local</u>			L		
e		Kote	T.d.K	+ p.K	+c.k			t/m	,2
o ×		20						0	
e	H	2,0	18.007.57	angar a bagaan ah aya kanya panya ya dha magga ^{bagaa} na ah kanya dha dha dha a			*******	0	96
04		1,03	18 007.02	1		المناه المراجع	-transitional design of the property of the second or three second designs of the second design of the second	0	37
62	H	7,03	10.0.91.0.2		and a second	unional and a second	hitan, alahigin kurta, atimin kirat arti, itu mamin	1	76
11	H	0	1.0.2,0.0,21	501.021	and an an and the second state of the second s	ala a consectante a la reconsecta a reconse, film a que par que par que a consectante en activitat		41	21
#	H	-5,0	(10.2,07 1,0	(50+10)21	21	uningeneralitying makingaanse in on yn 1 mei Briek delegt i Spiler opprekeninger		184-1	217
" ~ X	H	-(3,0+Z)	(10 20 + 10	(60+2)). 0	27	، ماگر است با است به این است که به با این از این از این از این		222-1	274
6	H	-10,0+Z/	(10.2,0 + 1,0)	$(50 - 2\pi)$	27	anna rainn a na an shrinn an tara an tara a sa dan an tara an		222 -1	5/ 10
	H	12,0+22	17,8.2,0 + 1,01	13,0+22//-0	1,6-1	nya katapatega katapatega katapatega katapatega katapatega katapatega katapatega katapatega katapatega katapate	anlanda an an de fallen an an Anna an A	12,02 10	, J4 2
		-0,0	10 (50,20	- 801.67	and annual second state of a second state of the second state of t	yna ar Lannan 19 a'r Hla Griga ywlai rhy I y y y y y y y y y y gyfynn ymyr ywryr yn y		AA I. W	171
#	Y	-(0,0+2Z)	7,0.15,0+22	- 0,0 1 5,1	المريب والمحافظ المراجع والمحاوية والمحاور والمحاور المحافي والمحافظ المحافظ والمحافظ والمحاف	naaraanaan ay u uuri a qala tiga galina ng mga mga ng ar inggan dingkan tiga ag	anguganigin amerikan ng kyranena taripetak talakéyanigi	11,40 % -	
	11	-762	194 + 024.2	62	W names and a subscription of the subscription			2	36
23	H	-1,02	7,01 + 0,21 2	7 6.2	The start of the start and the start of the	ger Adala, alasta arver arv, ir - salara y alasti iš sehalas ko diskot iti produkti iz a kompanijanima na	antana dana ta janjara mandatangkan pa ja atarapanan da	2	03
e	H	- 1.02	6,36 + 0,21 0	7.62	nang manganangan bilan at panganganangan sara papit bilat terdap terpetat at bilang ber	na 19 maalaan famin famfan famin a famin a famin a san da a san sa		3	74
	H	-10,24	2,32 + 0,34 6	171	ale any management and any analysis of the first symposity of the first sector of the	anggalanga lang ngkalanara aning at salan 10 july at 3 ya 4 july nggalang a ping anjayore dan sa		12	75
		- 10,24	11,4.2,02	· · · ·		na na adamban ing a ing ang ang ang ang ang ang ang ang ang a		161	10
						aya ngantang Tanapané ang kana ang kanang ngana ngang kanang ngang ngang kanang ngang kanang ngang kanang ngan Ngang ngang nga			
M			Areal		A.	rm.		Mà	MT
Mo	H		1/2. 9,96.0,97	4,83	1,03 +	1/3.0,97	1,35		6,51
μ	H		1/2.0,37.1,03	0,19	2/3. 1,0	3	0,69		0,13
01	H		1/2 . 0, 76 . 1,03	0,39	1/3 . 1.0	3	0.34	-	0,13
¥6	H		1/2.0.76.5.0	1,90	1/3 . 5.1	0	1,67	3,16	
H	H		1/2.1,81.5.0	4,53	2/3.5.	0	3,33	15.10	
				11.84				18,26	6,77
		1						4	
2 M,	H		1/2. 1.81.2.62	2,37	5/3.2.	62	4,37		10,37
	H		1/2.2,36.2,62	2 3,09	4/3.2.	62	3,49		10,79
61	H		1/2 3,03 . 2,62	2 397	2/3.2.	62	1,75		6.94
11	H		1/2. 3,74.2,62	2 4,90	1/3.2.	62	0,87		4.26
н	V		1/2.12,75.2.2	4 14.29	1/3 . 2.	24	0,75	10,71	
								10.71	32,36
	1								
						annungen er ben er i en alle for binder annungen er ben er er an er binder annungen er ben er binder annungen e			
M.	Mu		18,26 - 6,7	7 / 1/2.	32,36 -	10,71 } tr	n/m/im/n	1 11,5	10,8
MA /	A					tr.	r/m / +/n	1 0,8 /	11,8

Beregning af højden af nederste vægdel

Højre side : $\xi = 0$, $K_{\gamma}^{X} = 0,27$ og $K_{\gamma}^{Y} = 4,1$ Kote - 10,24: $e_{1}^{X} = (1,8 \cdot 2,0 + 1,0)(4,96 + 2 \cdot 2,64)(0,27 = 3,7 t/m^{2})$ Kote - 10,24: $e_{1}^{Y} = (1,8 \cdot 2,0 + 1,0)(4,96 + 2 \cdot 2,64)(4,1) = 56,8 t/m^{2}$ Venstre side : $\xi = 0$, $K_{\gamma}^{X} = 5,7$ og $K_{\gamma}^{Y} = 1,5$ Kote - 10,24: $e_{2}^{X} = 1,0(4,96 + 2 \cdot 2,64 - 8,0)5,7 = 12,8 t/m^{2}$ Kote - 10,24: $e_{2}^{Y} = 1,0(4,96 + 2 \cdot 2,64 - 8,0)1,5 = 3,4 t/m^{2}$ Differens - enhedsjordtrykkene findes:

$$\Delta e^{\mathbf{x}} = e_2^{\mathbf{x}} - e_1^{\mathbf{x}} = 12, 8 - 3, 7 = 9, 1 t/m^2$$

$$\Delta e^{\mathbf{y}} = e_1^{\mathbf{y}} - e_2^{\mathbf{y}} = 56, 8 - 3, 4 = 53, 4 t/m^2$$

 C_1 og C_2 beregnes af:

$$\begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} = 1, 0 + 0, 1 \frac{\tan \delta_n}{\tan \varphi_n} + \tan \varphi_n$$

der med $\delta_n = \varphi_n = 30^\circ$ giver:

$$\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} = 1, 0 + 0, 1 \cdot 1, 0 + \tan 30^\circ = \begin{cases} 0, 52 \\ 1, 68 \end{cases}$$

Den ekstra rammedybde Δh findes:

$$\Delta h = \left(\frac{C_2}{C_1} + \frac{\Delta e^y}{\Delta e^x}\right) : \sqrt{\frac{\Delta e^y}{2M}} \left(2\frac{C_2}{C_1} + \frac{\Delta e^y}{\Delta e^x} - 1\right)$$
$$= \left(\frac{1,68}{0,52} + \frac{53,4}{9,1}\right) : \sqrt{\frac{53,4}{2 \cdot 11,0}} \left(2\frac{1,68}{0,52} + \frac{53,4}{9,1} - 1\right)$$
$$= 1,74 \text{ m}$$

KONKLUSION

Det maksimale moment M i spunsvæggen, ankertrækket A og den nødvendige rammedybde d er for de tre gennemregnede brudmåder angivet i nedenstående tabel:

		Uden flydech.	Med et flydech.	Med to flydech.
M	(tm/m)	15,8	17,0	11,0
A	(t/m)	19,4	13,0	11,7
d	(m)	2,05	2,24	3,97



59



EKSEMPEL 9.3: Forankret spunsvæg i ler med et flydecharnier.

GIVET

H

En kajkonstruktion skal udformes som en forankret stålspunsvæg med følgende karakteristika:

Kajplanet	:	kote	+	2,0
Oprindelig havbund	:	kote	-	4,0
Havnebassinets bur	nd :	kote	-	8,0
Forankring	:	kote		0,0
Vandspejl i havnen	:	kote		0,0
avbunden består af	ler	med:		

$$c = 12 t/m^2$$
, ($\varphi = 0$) og $\gamma_m = 2,1 t/m^2$

Opfyldning bag spunsvæg foretages med sand med:

$$\varphi = 34,7, (c = 0), \gamma = 1,8 t/m^2 \text{ og } \gamma_m = 2,0 t/m^3$$

Grundvandspejlet i jorden kan regnes at stå i samme niveau som vandspejlet i havnen.

Kajplanets belastning er: $p = 2,0 t/m^2$.

ØNSKES

Find det maksimale moment M i spunsvæggen, ankertrækket A samt væggens nødvendige rammedybde d under forudsætning af, at der i væggen i brudtilstanden danner sig et flydecharnier, således at øverste vægdel drejer sig omkring forankringspunktet, medens nederste vægdel parallelforskyder sig.

LØSNING



Figur 9.3 A: Snit i forankret stålspunsvæg i ler og sand.

Eksempel 9.3

Jordtryk

Forudsætninger

Jordtrykket beregnes efter Brinch Hansens metode. Spunsvæggen regnes ru i sandet og glat i leret. Der kan ikke overføres trækspændinger mellem væg og ler.

Nominelle værdier

 $\varphi_n = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \varphi}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 34,^{\circ}7}{1,2} = 30^{\circ}$

- $c_n = \frac{c}{f_c} = \frac{12}{1,5} = 8 t/m^2$
- $p_n = p \cdot f_p = 2, 0 \cdot 1, 5 = 3, 0 t/m^2$

Beregninger

Beregningerne opstilles i skemaform således som vist på følgende to sider.

Der er foretaget tre gennemregninger, men kun beregningerne svarende til den sidste gennemregning er medtaget. De tre gennemregninger har givet følgende resultater:

Gennemregning nr.			1	2	3
Kote til flydecharnier	:	- 2	,0	- 3,5	- 3,8
Maksimalmoment Mo/Mu (tm	/m) :	- 13, 5	/21,5 -	1,8/4,3	0,3/2,0
Ankertræk A (t/r	m) :	14	4,7	15,2	15,9
Rammedybde d (m)	:	0,	,26	0,07	0,03
På grundlag af disse resultater	findes	s ved g	grafisk in	terpolation	n, såle-
des som vist på følgende side,	det er	ndelige	resultat.		

KONKLUSION

Det maksimale moment i spunsvæggen er M = 1,0 tm/m, ankertrækket er A = 16,2 t/m og den nødvendige rammedybde er d = 0,03 m. DIAB Fundering

FORANKRET SPUNSVÆG MED ET FLYDECHARNIER

Side

Dato

Init.

Side 62 Sag no.



DIAB	FORANKRET SPUNSVÆG	MED ET FLYDECHARNIER	Dato	Side 63
Fundering	Gennemregning nr. 3	Kote til flydecharnier -3,8	Init	Sag no.
Name and Address of the Address of t				

VENSTRE	SKITSE: 520 585	HØJRE SIDE
9 = 00 J = 1.0	5 0,0 0,83 14,17 5 0,0 1,30	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
$k_{x}^{3} = 1.0$ $k_{p}^{3} = 0$ $k_{z}^{2} = 2.7$	5-4,0 2,14 5-3,8	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
k 3 = K 3 = K 2 =	16,00	$\begin{array}{c} 8 = \infty \\ \hline s = 1.0 \\ \hline k_{2}^{*} \cdot 0.27 \\ \hline k_{2}^{*} \cdot 1.0 \\ \hline k_{3}^{*} = K_{4}^{*} - 1.0 \\ \hline k_{4}^{*} = K_{4}^{*} = K_{4}^{*} = -2.0 \\ \hline k_{4}^{*} = K_{4}^{*} = K_{4}^{*} = -2.0 \\ \hline \end{array}$

e	H/V	Kote	<u>j</u> dK	+ p.K	+ c.K		t/m	n2
e×	H	2,0		3.1,9	5	00.00	5,	85
IJ	H	1.19	1,8.0,81.5,7	+ 3.1.9	5		14.	17
eч	H	1,19	1,8.0,81.0,22	+ 3.0,1	7		0,	83
11	Н	0	1.8.2.0.0.22	+ 3.0,1	7		1,	30
"	Н	- 3,8	(1,8.2,0+1,0.3,8)0,	22+ 3-0,1	7		2.	14
	Н	- 4.0	(1,8.2,0+1,0.4,0)0,2	22+3-0,1	7 3,4		2,	18
"	V	- 8,0	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		8:2,0		16,	00
11	V	-(3,8+2z)	1,1.(2z-4,2).1,0	en a land an an and production an anytheridad do the	+ 8.2,0		2,2 2 -	- 11,38
			A MY - Several Marketting of the second and the second second second second second second second second second	- 1 (- 1) - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 -				
			$Q=0 \Rightarrow :$	z = 2.12	an - a a - a - a - a - a - a - a - a - a			
			and a first complementary symbolic field of \$1.5 Per Mark 9 Per 41 Merchand 5 Per 4 and a sector from a first star at the	-				
ey	V	- 8,03	2,2.2,12 + 11,38		players and a support of a support of a support of a support of the support of th		16	,03
		10,000	NB: Der er i ler	et på ak	tivsiden regnet me	ed e=0 da:	<u>.</u>	
					3,0.1,0			
ey	H	-8,03	$(1, 8 \cdot 2, 0 + 1, 0 \cdot 4, 0 - 4, 0)$	+ 1, 1.4, 03	$(3) \cdot 1 \cdot 0 + 8 \cdot (-2 \cdot 0) =$	- 0,97		
М			Areal		Arm	- 1	Mà	MJ
Ma	H		1/2 . 5,85 . 0,81	2.37.	2/3.0,81 + 1,19	1,73		4.10
11	H		1/2 14,17.0,81	5,74	1/3.0,81 + 1,19	1,46		8,36
H	H		1/2 0,83 1,19	0,49	2/3.1,19	0,79		0,39
11	H		1/2 . 1,30 . 1,19	0,77	1/3.1,19	0,40		0,31
61	H		1/2 . 1,30 . 3,80	2,47	1/3.3,80	1,27	3,14	
11	H		1/2 . 2, 14 . 3, 80	4,06	2/3·3,80	2,53	10,30	
				15,90	are and a second		13.44	13,16
				k				
Mu	H		1/2.2,14.0,20	0,21	1/3.0,20	0,07	0,01	
11	H		1/2.2,18.0,20	0,22	2/3.0,20	0,13	0,03	
P	V		16,01.0,03	0.48		4,21		2,02
					A second se		0.04	2,02
	ļ							
			a a su a manage a manage an an a su a su a su a su a su a su a s		Martin Star - Star Star Star Star Star Star Star Star			
N ANNO 1			The state of the second se	1				
			-					
M	(M.,		13/1/1 - 12/16 /	202-	DDI. tm	/ / tm/	03	120
M	' A		10,44 - 10,40 /	2,02	tm	m//m	13.2	150
						$m \in m$	10,2 /	12,7

EKSEMPEL 9.4: Forankret spunsvæg i silt med strømning.

GIVET

En indfatning for en skibsfartskanal skal udformes som en forankret stålspunsvæg med følgende karakteristika:

Jordoverfladen : kote + 2,0

Kanalens bund:: kote - 8,0

Forankring : kote 0,0

Jorden består på begge sider af spunsvæggen og til stor dybde af silt med

 $\varphi = 32,5$ (c = 0), $\gamma = 1,4 \text{ t/m}^3$, $\gamma_{\text{m}} = 1,8 \text{ t/m}^3$ og h_c = 1,5 m

Daglig vande (DV) er i kote 0,0, højeste højvande (HHV) er i kote + 1,0 og laveste lavvande (LLV) er i kote - 3,0. Det må påregnes, at vandspejlet i havnen på kort tid kan skifte fra DV til LLV.

Jordoverfladen kan regnes ubelastet.

ØNSKES

Find det maksimale moment M i spunsvæggen, ankertrækket A og væggens nødvendige rammedybde d, når væggen i brudtilstanden drejer sig som et stift hele omkring forankringspunktet.

LØSNING



Figur 9.4 A: Snit i forankret stålspunsvæg i silt.

Forudsætninger

Jordtryk beregnes efter Brinch Hansens metode. Spunsvæggen regnes ru.

Nominelle værdier

$$\varphi_n = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \varphi}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 32^{\circ}_{,5}}{1,2} = 28^{\circ}$$

Strømning omkring spunsvæggen

Når vandspejlet i kanalen på kort tid skifter fra DV til LLV vil der i silten opstå en strømning. Strømnettet for denne strømning er optegnet i eksempel 4.4, hvor der dog er benyttet kote - 12,0 for spunsvægsspidsen i stedet for kote - 12,7 i nærværende eksempel. Til venstre på figur 9.4 B er optegnet den inderste strømkanal for det aktuelle strømnet.

Vandtryk

Vandtrykket på spunsvæggens to sider er angivet til højre på figur 9.4 B. Det er fundet direkte af strømnettet ved anvendelse af stigrørsmetoden.



Figur 9.4 B: Strømnet og differensvandtryk.

Den virkelige vandtryksfordeling er i de videre beregninger tilnærmet med en knækket ret linie, således at differensvandtrykket forudsættes at variere retliniet mellem følgende værdier:

Kote	- -	1,5	:	u	= -	$1,50 t/m^2$
Kote	-	3,0	:	u	=	$2,57 \text{ t/m}^2$
Kote	-	8,0	:	u	1	$2,10 \text{ t/m}^2$
Kote	-	12,70	*	u	=	$0,40 \text{ t/m}^2$

Rumvægte

De effektive rumvægte findes ved hjælp af strømnettet, idet der i de intervaller, hvor vandtryksfordelingen er tilnærmet med en ret linie, regnes med konstant $\tilde{\gamma}$ i henhold til formlen:

$$\overline{\gamma} = \gamma_{m} - \gamma_{w} \pm i \gamma_{w} = \gamma_{m} - \gamma_{w} \pm \frac{\Delta h}{\Delta s} \gamma_{w}$$

Pr. potentialspring fås potentialfaldet:

$$\Delta h = \frac{n_t}{n_h} = \frac{3,0}{7,0} = 0,43$$

Herved fås:

Højre side, fra kote + 1,5 til kote - 9,0 (2,0 potentialspring):

$$\bar{\gamma} = 1, 8 - 1, 0 + \frac{2, 0 \cdot 0, 43}{10, 5} \cdot 1, 0 = 0, 90 t/m^3$$

Højre side, fra kote - 9,0 til kote - 12,7 (1,2 potentialspring):

$$\overline{\gamma} = 1, 8 - 1, 0 + \frac{1, 2 \cdot 0, 43}{3, 7} \cdot 1, 0 = 0, 94 \text{ t/m}^3$$

Venstre side, fra kote - 12,7 til kote - 8,0 (1,9 potentialspring):

$$\tilde{Y} = 1, 8 - 1, 0 - \frac{1, 9 \cdot 0, 43}{4, 7} \cdot 1, 0 = 0, 57 t/m^3$$

Beregninger

Beregningerne opstilles i skemaform således som vist på følgende tre sider, idet jordtryk og vandtryk beregnes på hver sit skema. Der er foretaget tre gennemregninger, men kun beregningerne fra den sidste gennemregning er medtaget. De tre gennemregninger har givet følgende resultater:

Gennemreg	ning nr.		1	2	3	
Rammedybo	le d	(m)	:	4,0	6,0	4,7
Ankertræk	А	(t/m)	:	43,2	32,0	38,5
Ankertræk	A	(t/m)	*	43,2	32,0	38,5

Maks. mom. Mo/Mu (tm/m): 108,9/12,0 6,8/170,9 62,7/54,4 På grundlag af disse resultater findes ved grafisk interpolation, således som vist på følgende side, det endelige resultat.

KONKLUSION

Det maksimale moment i spunsvæggen er M = 59,0 tm/m, ankertrækket er A = 38,0 t/m og den nødvendige rammedybde er d = 4,77 m. DIAB Fundering

FORANKRET SPUNSVÆG UDEN FLYDECHARNIER



DIAB			ORANKRI	ET SPI	JNSVÆG	UDEN	N FLYDE	CHARNIER	D	ato	Side	68		
Fundering G			nnemreg	ning r	ir. 3	Ra	mmedybo	le d = 4.7m	in tr	rit.	Sag	no.		
1996)	19 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1924-1840-18-18278254-18-18-18-18-18-18-18-18-18-18-18-18-18-	nersen and a state state of the			****	and a strate material strate and the		9998)dellar 10 (1 av 16 - 9 d del) (1 av 9 av 10 (1 av 10	127-172000-1710-1710-1710-1710-1710-1710	W2 Consulta Law na Inclusion Victor			
V	ENST	NE SIDE	and the second	SKITSE	r"	15 52	0 []]	350	1100	111	HØ	IRE SIDE		
d =	4.70	h, d=	2,70		4	50,	24	80		1666	h = 12. h = 14.	70 hich -	0,86	
	0,67	5 d -	3,15	D	ITT	TITI	TAT				19.0.8	38 J.h.	12,94	
.) <i>z</i>		13.0-						222		633	1	sin h		
K= 0,	29 K	= K	х с. च. х		$\left \right $				5-80		k. 50	Kp=	Ke =	
Kjz	K	> = K,	.		44	2 0	26		S.	-9,55	K*** K**	Кр: Кр:	Ke .	
Ka . 5	1,0 K	× K	X					1	5	12,70	K2 0.24	Kp=	K.*	
K . =	K			13,40				364			K% .	Kp -	K. =	
]]]]]]			K =	Kp =	Kë *	
e	H/V	Kote		x.d.	K	519 with any South and All an angle of the a	p.k	*	c.k	nateleditikan nanyanga angangaga	2899445-4724943465-00044642748986487-1444	11,	~2	
ex	H	2.0	a magaini kigantahan arpatra ar	องจุดของของ ครัดที่ในของของของของของค	4 5 er 1946 defte minter øndere off førden der	19445 AP yr 60 ys gwyl 10 3601 yr 1794	North and the sector of the sector		ĊŢĦĊŢĊĊŢŎŢŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎŎ	17.49944644888979maaan1249254884	ang bi aili bar a si maranta kanana milan si danak	1		
ы	H	1,5	1,1	4.0.5.	5,0		1979 - 1990 - 1998 - 1990 -		nas unda las puedo con dependente ante aprilador entre aprilador entre aprilador entre aprilador entre aprilado		alimate a faller of an of a star feature of the star of the star	2	50	
31	H	1.5	(1.	4.0,5+	1,5)	. 5,0		999 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 19 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 199 - 19	адалады жарына (арауыларын жекүндөнкүн	10000000000000000000000000000000000000	nen har har nen han an a	11	.00	
*	H	0,24	111,	4.0,5 -	1,5 -	+ 0,90	. 1,26). 5,0	۲ - ۲۰۰۰ ۲۰ - ۲ - ۲ - ۲ - ۲ - ۲ - ۲ - ۲	10. 10.00.00.00.00.00.00.00.00.00.00.00.00.0	00 ⁰⁰ 100000000000000000000000000000000	16	16.66	
63	H	0,24	(1,	4.0,5 4	- 1,5 -	+ 0,90	. 1,26). 0,24	urður í fölgaða köla franska saragara kananda kökölar í fölga fragði sagar	و د د د د د د د د د د د د د د د د د د د		0	0.80	
44	H	- 9.0	(1,	4.0,5 -	+ 1.5	+ 0,90	10,5). 0,24			concert of the section of the sectio	2	2,80	
11	H	-12,7	(1,	4.0,5 -	+ 1,5	+ 0,90	. 10,5	+ 0,94	3,7).0,	24		3	.64	
ox	V	- 80	99. animin'n an barr - ar 99 an			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·								
11	V	- 9.55	0	57.1	55.0	20				, 			176	
ey	V	- 9.55	0	57. 1.	55.5	0		anne e destructures no constantantes		an ta an an an taga Anna an Y Sanan S Silan A	1.31500-104-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-0	6.20		
*1	V	- 12,7	0,	0.57 4.7 5.0								13.40		
	·····				** 9 *********************************	1999 Martin Carlos (Martin (Martin Carlos (Martin Carlos (Martin (Martin Carlos (Martin (Martin (Martin (Martin	10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 -	(a.)		1 - 100 - 10	าศักราช และ และ เมือง เป็นสาราช เราสาราช เราสาราช เป็นไปเหตุ	the second s	4	
				G	7=0	=>	z= 5	38		and the second	να το		1997 - Santa S	
	lar hanna sinakkana ada ya	1444 19 <mark>9</mark> 449 2010 1910 1910 1910 1910 1910 1910 191									-		1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 - 1974 -	
	1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1998 - 1998 - 1998 - 1998 - 1998 - 1998 - 1998 - 1998 - 1998 - 1998 - 1998 -	1. A. Martin, S) 						antra Kanturana in taripangapananahasi sa parisi jiku	a taun affine balanting in garay tina di senera di Sadaga	**************************************		999 galances - ann ann an an ann ann ann ann ann an an	
		1977 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 - 1979 -	1				normania and a second sec							
M			A 1	Area	L SAG			<u>0.22</u>	Arm			M2	M3	
Mo	H	1.77 miles af 177 a first according to be a second or a	1/2.	3,50.	0,5		0,88	1.5	+ 1/3.0.5		1,67		1,47	
н	H	1.547 (17.25 (1999) (1992) (1993) (1994) (1995) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1997) (1	1/2 .	17,00.	1,20		0,93	0,24	+ 4/3.1,2	6	1,08		7.49	
12	H		4/0.	10,00	1,20		262	0,24	+ 13.1,2	0	0.80	F. 18	9,03	
51	H	r shiri dana nater adashiri sa sae	1/2 .	222.	6 56	· ··· ··· · · · · · · · · · · · · · ·	720	2/2.	56 - 02	4	1.45	2012		
30	H	vand	1/2	1.50	1,66	-	1.25	2/2	1.66 - 0.1	6	005	110		
47	H	<i>s</i> +	1/2	2,57.	2,84	and an and a second second second second second	3,65	2/3 .	2.84 + 0.1	6	205	740		
11	H	er .	1/2.	2,57.	3,32		4,16	3,0-	+ 1/3 . 3.3	2	411	17,10	**************************************	
11	Н	**	1/2	2,26.	3,32		3,76	3.0	+ 2/3 . 3,3.	2	5.21	19,59		
			-	аранана арабана барага алан — фала инб ₁₉₁ 9	p		38,54		an a	anamanan dagi san sanaman sanga dar		80,67	17,99	
								L R.P.						
		19 19-19 John an Brades Ader august and	*****					an state and a state of the sta	1997-1997 - 2019-1997 - 2019 - 2019 - 2019 - 2019 - 2019 - 2019 - 2019 - 2019 - 2019 - 2019 - 2019 - 2019 - 201	กันสาราชอายุประชาญภาพ (2012) เป				
							··· · · · · · · · · · · · · · · · · ·			81 888				
							na atan - siya ti tana je sa asa Ti si sa	880 349 (1999)	n namen kanan seri dagi menter dan dan kanan kanan Kanan kanan kana		Anna - 193 Anna - 1, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7, 7,	an may a flastrau i ann amhrain taointeoine i si a		
		have been and the second	1	And the second second second	.58		name or going	10 1 1 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	1999 - 1999 -	وي المركز المركز المركز المركز المركز المركز المركز المركز المراجع المركز المراجع المركز ال	· · · · · · · · ·			
		-	2 15. 		1.			(a) Angle Angle Angle Andrewski and Angle Angle Angle Angle Angle Angle Angle Ang	- 22 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	an ye hat ye a share a share	1997 - Fristan Barris, 1997 - San	hangangan se sebarang di yan, bang sebarang di yan muning		
			5	a in the second	-			akadharaan ahaa maraa inta dhar	. No. 10 1 10 10	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				
								and and a state of the state of	ann a martin an ar		NJ IA	- management	where we are the second second second	
Mo/	Mu	·				an in the second second				and the second strategy of the second strateg	A.		-	
M. 1	A											/	,	

DIAB			FORANKRET SPUNSVÆ	ORANKRET SPUNSVÆG UDEN FLYDECHARNIER					
Fundering Go			Gennemregning nr. 3	nnemregning nr. 3 Rammedybde d=4,7m Init.				Sag no.	
						L			
V	ENSTR	E SIDE	SKITSE :			TTI HØJF	RE SIDE		
h.=			÷ 1,5			h,=	1		
d= hi:d=			5-0.16	A 13		h =	h1:h=	h _i :h=	
¥ =		g.d=	Arena dia -	A		9 =	18.h=		
3 d=			5-30		2,57		1 . h=		
		L			206		f. h=		
Kx =	kp	= Kc =	5-0.36			Ka =	Kaz	K.z	
$K_{\chi^{\pm}}^{x} = K_{P}^{\pm} = K_{c}^{\pm} =$			5-90 5-80		2,10	- K*-	Kp=	Ke"	
		ligger		1.	77	- Kz =	Kp=	Ke =	
K ³ = K ³ = K ⁴ =			5-12,70	H		K*=	Kat	K ^y	
$K_{\chi}^{3} = K_{\rho}^{3} = K_{e}^{3} =$		= K		30,4		K**	Кр *	K4 -	
						K* =	Kp=	Ke =	
		anna dhandhatar na ann an an Anna an Ann		Michiga Garage Carla and Longing Garages				มหลงเหตุด a manore concernanceral	
e	H/V	Kote	7.d.K .	p.k	+ c · k				
	L								
			of such if the strength of the	11111		The second of			
					and a subservation of the				
							Belleritor Holdson (1999)		
M			Areal		Arm		M2	M3	
Mu	H		1/2 . 2,22 . 2,68	2,98	1/3.2,68	0.89	2,64		
	H		1/2 . 2.80 . 2.68	3,75	2/3-2.68	1,79	6.71		
ar .	H		1/2 . 2,80 . 3,70	5,18	2,68 + 1/3 . 3.70	3.91	20.25		
	H		1/2 . 3.64 . 3.70	674	268+2/2.370	515	3471		
	V		1/2.026.155	020	168+2/2.155	274	0-1,11	0.54	
11	V		1/2 . 1. 1. 1 . 2 . 1.5	6.05	322 + 1/0, 245	1.20		20.75	
			1/2 12 10 0 15	24.40	222 24 245	4,20		410 11	
			12.13,40.3,15	21,10	5,23 + -/3.3,15	5,33		112,40	
	H	vand	12. 0,40. 3,70	0,14	2,08 + 4/3 - 3,70	5,15	3,81		
	H	11	12 1,77 3,70	3,28	2,68 + 1/3 3,70	3,91	12,81		
11	H	11	1/2 . 1,77 . 1,0	0,88	1,68 + 2/3 . 1,00	2,35	2,05		
0	H	11	1/2 . 2,10 . 1,0	1,05	1,68 + 1/3 - 1,00	2,01	2,11		
11	H	D.	1/2 . 2,10 . 1,68	1,76	2/3.1,68	1,25	2,20		
**	H		1/2 2.26 . 1.68	1.90	1/3.1.68	0.56	1.06		
						0,00	88.36	14275	
							00,00	and any I what	
					a the summary splitting and solid fields are dealer and all properties are properties of the splitting of				
	/		00/7 / /				10-		
Mo	Mu		80,01 - 17,99	/ 142	,75 - 88,36 1	m/m m/m	62.7	54.4	

M_A/A 17,99 - 1,19

tm/m / 1/m 16,8 / 38,5

EKSEMPEL 9.5: Ankerplade i sand.

GIVET

Til den i eksempel 9.2 beregnede spunsvæg med eet flydecharnier skal dimensioneres en ankerpladerække.

Konstruktionens relevante parametre er følgende:

Jordoverfladen : kote + 2,0

Forankringen : kote 0,0

Vandspejlet i kanalen : kote 0,0

Ankrenes indbyrdes afstand er L = 2,50 m. Det nominelle ankertræk, som konstruktionen skal kunne optage, er A = 13,0 t/m. Jorden består af sand med:

 $\varphi = 34,07$ (c = 0), $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$ og $\gamma_m = 2,0 \text{ t/m}^3$ Grundvandspejlet i jorden kan regnes at stå i samme niveau som vandspejlet i kanalen.

Jordoverfladen kan regnes ubelastet.

ØNSKES

Find ankerpladernes nødvendige højde h og længde 1 samt deres placering i forhold til jordoverfladen.

LØSNING





Skøn

Som et indledende skøn gives ankerpladerne de på figur 9.5 A viste dimensioner.

Forudsætninger

Pladerne forudsættes at være ru.

Nominelle værdier

$$\varphi_n = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \varphi}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 34,0,7}{1,2} = 30^{\circ}$$

Beregning af grundtilfældet

Først beregnes egenvægten G^W af pladerne samt af den jord, der ligger direkte over eller mellem pladerne.

$$G^{W} = \frac{0,30}{2,50} \cdot [1,0(1,25 \cdot 1,8 + 0,75 \cdot 2,4 + 0,75 \cdot 1,4) + 1,5(2,0 \cdot 1,8 + 0,75 \cdot 1,0)] = 1,40 t/m$$

Det hydrostatiske jordtryk beregnes:

$$E^{h} = \frac{1}{2} \gamma (h_{1} + h_{2})^{2} - \frac{1}{2} (\gamma - \gamma') h_{2}^{2}$$

= $\frac{1}{2} \cdot 1, 8 (2, 0 + 0, 75)^{2} - \frac{1}{2} (1, 8 - 1, 0) 0, 75^{2} = 6,58 t/m$
$$E^{h} z^{h} = \frac{1}{6} \gamma (h_{1} + h_{2})^{3} - \frac{1}{6} (\gamma - \gamma') h_{2}^{3}$$

= $\frac{1}{6} \cdot 1, 8 (2, 0 + 0, 75)^{3} - \frac{1}{6} (1, 8 - 1, 0) 0, 75^{3} = 6,16 tm/m$

Idet man af jordtryksdiagrammet for zonebrud finder $K_{\gamma}^{a} = 0,27$, beregnes komposanterne af det aktive jordtryk:

 $E^{a} = E^{h} K_{\gamma}^{a} = 6,58 \cdot 0,27 \qquad = 1,77 t/m$ $F^{a} = E^{a} \tan \varphi_{n} = -1,77 \cdot \tan 30^{0} \qquad = -1,02 t/m$

Den lodrette ligevægtstigning for pladerne giver:

$$K_{\gamma} \tan \delta_{\gamma} = \frac{G^{W} - F^{a}}{E^{h}} = \frac{1,40 + 1,02}{6,58} = 0,368$$

Af jordtryksdiagrammerne for ankerplader findes:

$$K_{\gamma} = 3,43 \text{ og } \gamma = 0,346$$

Herefter fås ankermodstanden A^O i grundtilfældet:

 $A^{o} = E^{h}K_{\gamma} - E^{a} = 6,58 \cdot 3,43 - 1,77 = 20,8 t/m$

Afstanden fra foden af pladen og op til angrebspunktet for ankermodstanden findes:

$$z_{A}^{O} = \frac{1}{A^{O}} \left[E^{h} z^{h} K_{\gamma} \frac{\gamma}{0,333} + G^{W} \frac{W}{2} - F^{a} w - E^{h} z^{h} K_{\gamma}^{a} \right]$$
$$= \frac{1}{20,8} \left[6,16 \cdot 3,43 \frac{0,346}{0,333} + 1,40 \cdot 0,15 + 1,02 \cdot 0,30 - 6,16 \cdot 0,27 \right] = 1,00 \text{ m}$$

Beregning af korrektionsfaktor

Da forholdet H/L = 2,75/2,50 = 1,1 er nær een, kan resultatet af beregningerne i grundtilfældet korrigeres ved hjælp af det empirisk fundne diagram. Man beregner:

h/H = 1,50/2,75 = 0,55

1/L = 1,00/2,50 = 0,40

hvorefter det empiriske diagram giver:

$$A/A^{2} = 0,69$$

Ankermodstanden A for rækken af ankerplader fås nu:

$$A = 0,69 \cdot 20,8 = 14,3 t/m$$

Da ankerpladernes modstand er større end den nominelle ankerkraft fra spunsvæggen, må skønnet over ankerpladernes dimensioner anses for passende.

Sluttelig findes afstanden z_A fra foden af ankerpladen og op til angrebspunktet for ankerkraften:

$$z_{A} = H \left(\frac{1}{2} \cdot h/H - \left(\frac{1}{2} - z_{A}^{O}/H\right)(h/H)\right)^{\frac{1}{1 - 2 z_{A}^{O}/H}}$$
$$= 2,75 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{1,50}{2,75} - \left(\frac{1}{2} - \frac{1,00}{2,75}\right)\left(\frac{1,50}{2,75}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{1}{1 - 2 \cdot 1,00/2,75}$$
$$= 0,71 \text{ m}$$

KONKLUSION

Ankerpladerne kan gives højden h = 1,50 m og længden 1 = 1,00 m, idet fodpunktet i så fald skal placeres i kote - 0,75 og ankerkraften angribe pladen i kote - 0,04.



EKSEMPEL 9.6: Bestemmelse af ankerlængde.

GIVET

Der betragtes den i eksempel 9.2 omhandlede spunsvæg (med et flydecharnier) samt den i eksempel 9.5 omhandlede, tilhørende ankerpladekonstruktion.

ØNSKES

Find den til forankring af spunsvæggen nødvendige ankerlængde.

LØSNING



Figur 9.6 A: Forankret stålspunsvæg med ankerplade.

Forudsætninger

Problemet betragtes som plant.

Brudlinien tilnærmes med en logaritmisk spiral med stigningsvinklen φ_n .

Jordtrykket på ankerpladens bagside beregnes som om ankerpladen når helt op til jordoverfladen.

Spunsvæggen og ankerpladen regnes ru.

Nominelle værdier

$$\varphi_n = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \varphi_n}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 34,7}{1,2} = 30,0$$

Brudlinie og arealinddeling

På figur 9.6 B er spunsvæggen vist med en skønnet ankerlængde på 13,00 m. Det skønnes at den farligste brudlinie, som vist på figur 9.6 B, går gennem spunsvæggens og ankerpladens underkant


Figur 9.6 B: Arealinddeling af og kræfter på bevægelig jordlegeme.

og har sin pol i kote - 24,6. Det af brudlinien, jordoverfladen, spunsvæggen og ankerpladen afgrænsede jordlegeme inddeles i trekanter, rektangler og "parabelafsnit" således som vist på figur 9.6 B.

Jordtryk

De på ankerpladens bagside og spunsvæggens forside virkende jordtryk beregnes som henholdsvis aktivt og passivt zonebrud.

E^a og F^a er i eksempel 9.5 beregnet til:

 $E^{a} = 1,77 t/m \text{ og } F^{a} = -1,02 t/m$

 E^{a} angriber i højden 0,95 m over ankerpladens fodpunkt d.v.s. i kote + 0,20.

Idet man for passivt zonebrud med $\varphi_n = 30^\circ$ har $K_{\gamma}^p = 5,7$ fås:

$$E^{p} = \frac{1}{2} H^{2} K_{\gamma}^{p} = \frac{1}{2} \cdot 1, 0 \cdot 2, 24 \cdot 5, 7 = 14, 30 t/m$$

 $F^{p} = E^{p} \tan \varphi_{n} = 14,30 \tan 30^{0} = 8,25 t/m$

 E^{p} angriber i højden 0,33 · 2,24 = 0,75 m over spunsvæggens fodpunkt d.v.s. i kote - 9,49.

Momentberegning

Beregningen af de drivende og stabiliserende momenter foretages i omstående skema:

75

	1							
Moment							Moment	
fra		Udregni	Driv. tm/m	Stab. tm/m				
		længde m	højde m	arm m	$\frac{\tilde{\gamma}}{t/m^3}$			
Egenvægt	G ₁ G ₂	7,50 5,50	2,00 2,00	3,75 2,75	1,8 1,8	101	55	
	G ₃ G ₄	7,50 5,50	3,20 0,75	3,75 2,75	1,0 1,0	90	1019	
	G ₆ G ₆	5,50 7,50 5,50	$0, 5 \cdot 2, 45$ $0, 5 \cdot 7, 04$ $0, 67 \cdot 0, 20$	1,83 5,00 2,75	1,0	132	12	
	G ₈	7,50	0,67.0,70	3, 75	1,0	- 13	- 4	
	kraft t/m		arm m			310 480	75 90	- UI VM
Jordtryk	E F	14, 30 8, 25	24,60 - 9,	49 = 1	5,11 7,50		216 62	
	E 1,77 -F 1,02		24,60 + 0,20 = 24,80 5,5			44	6	18
				9	Sum	354	359	

Stabilitetsforhold

For den aktuelle brudlinie findes stabilitetsforholdet

 $f = \frac{M_s}{M_d} = \frac{359}{354} = 1,01 \quad (1.02) \qquad H_s = 3576 \, km_{\rm c} \, Mena \, konneckt$

Ankerlængde

I det foregående er vist, hvorledes udregningen af stabilitetsforholdet foretages for en bestemt ankerlængde og med en bestemt placering af spiralens pol.

Ved bestemmelsen af ankerlængden er følgende fremgangsmåde benyttet: Søm første skøn valgtes en ankerlængde på 15,0 m. Spiraler med pol i kote - 32,4 og - 27,6 gav henholdsvis f = 1,26 $\binom{NOD}{L=14,5}$ og f = 1,52. Derefter skønnedes en ankerlængde på 12,0 m. En (NED FOR L=15.4) spiral med pol i kote - 20,0 gav f = 0,92. Sluttelig valgtes en ankerlængde på 13,0 m, og for denne ankerlængde fandtes for spiraler med pol i kote - 22,2, - 24,6 og - 29,2 henholdsvis f = 1,10, f = 1,01 og f = 1,04. Da man således for anker-

længden 13,0 m netop har fundet f $_{\rm min} \sim 1$, er ankerlængden 13,0 m både tilstrækkelig og nødvendig.

KONKLUSION

Den nødvendige og tilstrækkelige ankerlængde er 13,0 m.

SNARANE ~ 13,4

EKSEMPEL 9.7: Afstivet spunsvæg i sand.

GIVET

Som indfatning for en byggegrube skal anvendes en afstivet spunsvæg med følgende karakteristika:

Jordoverflade : kote + 2,0

Bund af grube : kote - 8,0

Grundvandspejl: kote - 9,2

Afstivninger : kote + 1,0, - 1,5, - 4,0 og - 6,5.

Jorden består på begge sider af spunsvæggen og til stor dybde af sand med:

 $\varphi = 34,7$ (c =0), $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$, $\gamma_m = 2,0 \text{ t/m}^3$ og $h_c = 0$ Jordoverfladen kan regnes ubelastet.

ØNSKES

Find det maksimale moment M i spunsvæggen, den maksimale kraft A i afstivningerne, samt den nødvendige rammedybde d.

LØSNING



Figur 9.7 A: Afstivet stålspunsvæg.

Forudsætninger

Jordtrykket beregnes efter Brinch Hansens metode. Spunsvæggen forudsættes at være ru.

Nominelle værdier

 $\varphi_n = \operatorname{Arctan} \frac{\tan \varphi}{f_{\varphi}} = \operatorname{Arctan} \frac{\tan 34^0,7}{1,2} = 30^\circ$

Beregning af jordtryk

Indledningsvis optegnes jordtryksfordelingen på væggens bagside under forudsætning af, at væggen drejer sig som et stift hele omkring øverste understøtning.

Med:

 $\varrho = \frac{9,0}{10,0} = 0,90$, pos.rot., ru væg og $\varphi_n = 30^{\circ}$

findes:

 $\xi = 0,88, K_{\gamma}^{x} = 5,7 \text{ og } K_{\gamma}^{y} = 0,23$

Trykspringets beliggenhed findes:

 $\xi \cdot h = 0,88 \cdot 10,00 = 8,80 \text{ m} \text{ d.v.s. kote } + 0,80$ Jordtrykkene beregnes:

Kote + 2,00:	e ^x =	$0 t/m^2$
Kote + 0,80:	$e^{X} = 1, 8 \cdot 1, 20 \cdot 5, 7$	= 12, 31 t/m ²
Kote + 0,80:	$e^{y} = 1, 8 \cdot 1, 20 \cdot 0, 23$	$= 0,50 \text{ t/m}^2$
Kote - 8,00:	$e^{y} = 1, 8 \cdot 10, 00 \cdot 0, 23$	$= 4,15 \text{ t/m}^2$
Heraf findes for	det totale jordtryk:	

 $E = \frac{1}{2} \cdot 1,20 \cdot 12,31 + \frac{1}{2} (0,50 + 4,15) 8,80 = 27,85 t/m$ $E z = \frac{1}{2} \cdot 1,20 \cdot 12,31 (8,80 + \frac{1}{3} \cdot 1,20)$



Figur 9.7 B: Jordtryk på afstivet stålspunsvæg.

Tilnærmes dette jordtryk som vist på figur 9.7 B med en retliniet jordtryksfordeling med ordinat a i væggens toppunkt og ordinat b i væggens fodpunkt fås for a og b:

E =
$$\frac{1}{2}$$
 (a + b) 10,00 = 27,85
E z = $\frac{1}{3}$ a · 10,00² + $\frac{1}{6}$ b · 10,00² = 134,4
Heraf findes:
a = 2,49 t/m² og b = 3,08 t/m²
Beregning af kræfter på understøtninger
Man finder:
A₁ = $\frac{1}{2}$ (2,49 + 2,62) 2,25 = 5,75 t/m
A₂ = $\frac{1}{2}$ (2,62 + 2,77) 2,50 = 6,74 t/m
A₃ = $\frac{1}{2}$ (2,77 + 2,92) 2,50 = 7,10 t/m

$$A_4 = \frac{1}{2}(2,92+3,04) 2,00 = 5,96 t/m$$

Beregning af nødvendig rammedybde

kote	- 8,0 er den vandrette	forskydningskraft i væggen
Q	$=\frac{1}{2}(3,04+3,08)0,75$	= 2,30 t/m

Denne forskydningskraft samt jordtrykket på væggens bagside under kote - 8,0 skal optages af passivt jordtryk på væggens forside.

Med:

$$\rho = 10$$
, neg. rot., ru væg og $\varphi_n = 30^{\circ}$

findes:

 $\xi = 1,0 \text{ og } K_{\gamma}^{y} = 5,2$

Jordtrykkene på forsiden findes:

Kote - 8,0 : $e^{y} = 0$ Kote - (8,0+z): $e^{y} = 1,8z \cdot 5,2 = 9,36z (t/m^{2})$ Ved vandret projektion for nederste vægdel findes:

 $\frac{1}{2}(3,08+3,08+0,059 z) z + 2,30 = \frac{1}{2} z \cdot 9,36 z$ hvoraf fås z = 1,11 m D.v.s. at væggen skal rammes til kote - 9,11.

Beregning af maksimalmoment i væggen Man finder:

$$M = \frac{1}{16} e_{middel} \cdot h^{2}$$
$$= \frac{1}{16} \cdot 2,92 \cdot 2,50^{2} = 1,14 \text{ tm/m}$$

KONKLUSION

Det maksimale moment i spunsvæggen er M = 1,14 tm/m, den nødvendige rammedybde er d = 1,11 m og maksimalkraften i afstivningerne er A = 7,10 t/m.