

**Intern rapport
nr. 1605**

**Setningsberegningsprogrammet
SETNING**

Mars 1993

Intern rapport nr. 1605

Setningsberegningsprogrammet SETNING

Sammendrag

Denne rapporten tar for seg bruken av programmet SETNING. Programmet beregner vertikalsetninger etter Janbu's metoder og er basert på bruk av EXCEL versjon 4.0 eller 3.0.

Inngangsparametrene er nøye forklart og en kopi av utskriften samt forklaring til denne er vedlagt.

Programmet er sammenlignet med håndregnede eksempler for å påvise fordeler og ulemper.

Utskriften av noen av disse beregningene er vedlagt for å lette innlæringen av programmet.

Erstatter intern rapport 1447

Emneord: *Stabilitet og setninger*

Seksjon: 47-Geoteknisk
Saksbehandler: Roald Aabø
Dato: Mars 1993

/HF

Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Veglaboratoriet
Postboks 6390 Etterstad, 0604 OSLO
Telefon: 22 63 99 00 Telefax: 22 46 74 21

INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side
1. INNLEDNING	1
2. INNGANGSDATA OG RESULTATER	1
2.1. INNGANGSPARAMETRENE	1
2.2. TILLEGGSSPENNINGER I DYBDEN	3
2.3. INITIALSETNING	4
2.4. REGNEMODELLER	4
2.4.1. Ekvivalent elastisk, EE	4
2.4.2. Elasto-plastisk, EP	4
2.4.3. Plastisk, PL	5
2.4.4. Overgang fra OC-leire til NC-leire	5
2.5. ERFARINGSTALL	5
2.5.1. Moduler, M	5
2.5.2. Modultall, m_s	5
2.5.3. Modultall, m	5
2.6. UTREGNING AV LAGSETNING	6
3. BRUK AV PROGRAMMET SETNING	6
3.1. FORBEREDELSE	6
3.2. OPPSTART	7
3.3. AVSLUTNING	7
3.4. FEILKILDER	8

4. PROGRAMMET SAMMENLIGNET MED DOKUMENTERTE SETNINGSFORLØP	8
4.1. KONKLUSJONER AV SAMMENLIGNING	10
4.2. EKSEMPEL PÅ VEGFYLLING	11
4.3. EKSEMPEL PÅ VEGFYLLING, AVLASTNING MED EPS	13
4.4. EKSEMPEL. SETNING AV ET LITE FUNDAMENT	15
4.5. EKSEMPEL. GV-SENKING	17
4.6. EKSEMPEL. KULVERT	19
4.7. EKSEMPEL MED INITIALSETNINGER	21
LITTERATURLISTE	23
VEDLEGG A: Kommentarer til programmets utskrift	

1. INNLEDNING

Det har lenge vært ønsket å kunne ha tilgang til et program for setningsberegninger. Når man har lært seg å bruke programmet, vil man kunne spare tid samtidig som resultatet kommer fram oversiktlig på en standard utskrift.

Programmet SETNING er nå lagt inn på regneark EXCEL versjon 3.0 eller 4.0. Programmet har tidligere vært (og er) tilgjengelig på regnearket NOTIS CALC (intern rapport 1447).

I brukerveiledningen er det relativt nøye forklart hvordan man bruker EXCEL generelt.

Det forutsettes at brukeren har kjennskap til Janbu's teorier når det gjelder regnemodellene for setninger samt Janbu's forenklete fordelingsteori tilpasset jordegenskapene. Brukerveiledningen gir en kort repetisjon av dette.

I brukerveiledningen er det vist flere eksempler for å lette innlæringen av programmet. Det er også vist en sammenligning med håndregnede eksempler i en tabell.

Det er i programmet brukt Janbu's metoder konsekvent. Det vil si at man får sprang i ϵ -z diagrammet ved lagdelt grunn og tilleggspressninger i dybden.

Programmet er lagt opp slik at det kan brukes etter HÅNDBOK -016. GEOTEKNIKK I VEGBYGGING, kap. 7.

2. INNGANGSDATA OG RESULTATER

2.1. INNGANGSPARAMETRENE

fundamentnivå: Avstand fra opprinnelig terreng til u.k. fundament, kulvert, brukar o.l. Ved fylling på terreng settes verdien til 0.0.

q_n (kPa) : Her legges last som skal reduseres etter Janbu $\Delta p = I q$.

F.eks. Fylling med liten utbredelse. Fundament laster (netto).

q_u (kPa) : Last som skal regnes konstant i dybden.
F.eks. GV-senkning, oppfylling, motfylling til veg.

- Bredde/lengde fundament:
(m) : Settes inn med eksakte verdier hvis lasten skal reduseres.
- Ved vegprofil settes ofte $\frac{B}{L} \approx 0$.
- Sett inn tall slik at $\frac{B}{L} \approx 0.01$ for å oppnå dette.
- F.eks. $B = 20$ og $L = 2000$
som vist i pkt. 4.5.2 og 4.5.3.
Følgende krav må være oppfylt
 $L \neq 0$ og $B \leq L$.
- GV-senking(m): Avstand fra opprinnelig GVS til nytt GVS nivå.
- Grunnvann (m): Avstand fra opprinnelig terreng til GV. Ved GV over terreng sett GV negativ. Ved GV-senking skal GV settes lik opprinnelig GVS.
- Poretrykk : 1.0 for vann ved normalt trykk.
- Dybde (m) : Avstand fra oppr. terreng til midt i det aktuelle lag
- Lagtykkelse : Lagtykkelse i cm
(cm)
- γ (kN/m³) : Tyngdetetthet: La γ være konst. innen hvert lag.
- Material : Innsett for leire: 1.00
silt : 0.50
sand : 0.00
- Modultall m_s : Modultall for sand
se 2.4.2., vil gi EP modell
- Modultall m : Modultall for leire
se 2.4.3., vil gi PL modell
- Modul M_i (kPa): Se 2.3, vil gi initialsetninger
- Modul M (kPa): Se 2.4.1., vil gi EE-modell
- p_c' (kPa) : Dette er p_c' midt i det aktuelle lag

p_r' (kPa) : Abscisseverdien der forlengelsen av den rettlinjede delen av M- σ' diagrammet skjærer σ' -aksen. Se fig. 2.1

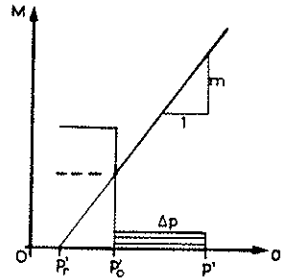


Fig. 2.1 Definisjon av p_r'

Bruk av p_r' se pkt. 2.4.3.
Har du ingen verdi på p_r' fra ødometerforsøk settes $p_r' = 0$.

p_a : Konstant referansetrykk 100 kPa.

2.2. TILLEGGSSPENNINGER I DYBDEN

Forenklete tilleggsspenninger i dybden (1)
s. 127-133.

$$I = [1 + (3 - 2\lambda) \xi](1 - \xi)^3$$

$$\lambda = 1.0 \text{ leire}$$

$$\lambda = 0.5 \text{ silt}$$

$$\lambda = 0.0 \text{ sand}$$

$$\text{der } \xi = \frac{Z}{H}, \quad H = h B$$

H er dybden der lastens virkning forsvinner.

$$z > H \rightarrow \sigma = q I = 0$$

$$h = \frac{H}{B} = \frac{16 (1 - 0.3 B/L)}{1 + \frac{B}{L}} \text{ for sand (1) s. 131} \\ \text{med } f_r = 1.25$$

$$h = \frac{\pi + 2}{1.25} \cdot \frac{1 + 0.2 B/L}{1 + \frac{B}{L}} \text{ for leire og silt} \\ \text{(1) s. 131} \\ \text{med } f_r = 1.25$$

Vertikal gj.snittlig tilleggsspenning Δp over en bredde B i dybde Z som følge av en netto fundamentlast q_n på eller nær overflaten samt last med stor utbredelse q_u .

$$\Delta p = I q_n + q_u$$

$$q_n = q - \gamma D, \quad (1) \text{ s. 128}$$

2.3. INITIALSETNING (2) Kap. 7.4.

Vertikaltøyninger (ϵ_i) beregnes

$$\epsilon_i = \frac{\Delta p}{M_i}$$

Initialsetningen (δ_i) bestemmes

$$\delta_i = \int_0^H \epsilon_i dz$$

2.4. REGNEMODELLER (1) Kap. 43

Konsolideringssetningene bestemmes slik:

$$\delta_p = \int_0^H \epsilon_p dz$$

Her vil ϵ_p ha forskjellige betydninger.

2.4.1. Ekvivalent elastisk EE, M=konst.

Setningen Δs for et lag er, OC-leire.

$$\Delta s = \frac{\Delta p}{M} \Delta z, \quad p_o' + \Delta p < p_c'$$

når Δz er lagtykkelsen.

$$\Delta s = \frac{p_c' - p_o'}{M} \Delta z, \quad p_o' < p_c' < p_o' + \Delta p$$

EE brukes for tørrskorpeleire, sterkt overkonsolidert leire, komprimert jord, udrenert belastning på leire og ved små lasttrinn på torv.

2.4.2. Elasto-plastisk, EP

$$M = m_s p' p_a, \quad p_a = 100 \text{ kPa}$$

$$\Delta s = \epsilon \Delta z = \frac{2}{m_s} \left(\frac{p_o' + \Delta p}{p_a} - \frac{p_o'}{p_a} \right) \Delta z$$

m_s fra ødotreaks forsøk.

Modellen brukes for grus, sand og meget grov silt.

2.4.3. Plastisk , PL

$$M = m (p' - p_r')$$

NC-leire og noe overkonsoliderte leirer og silt.

$$\Delta s = \epsilon \Delta z = \frac{1}{m} \ln \frac{p_o' + \Delta p - p_r'}{p_c' - p_r'} \Delta z,$$

$$p_o' + \Delta p > p_c'$$

Gjelder spenningsøkning fra p_c' til ny spenning p' .

2.4.4. Overgang fra OC-leire til NC-leire.

$$\epsilon = \epsilon_{oc} + \epsilon_{nc} = \frac{\Delta p}{M} + 0, \quad p_o' + \Delta p < p_c'$$

$$\epsilon = \epsilon_{oc} + \epsilon_{nc} = \frac{p_c' - p_o'}{M} + \frac{1}{m} \ln \frac{p_o' + \Delta p}{p_c'}$$

$$p_o' < p_c' < p_o' + \Delta p$$

$$\epsilon = \epsilon_{oc} + \epsilon_{nc} = 0 + \frac{1}{m} \ln \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'}, \quad p_o' \geq p_c'$$

Se kap. 3.7.4. i (4).

2.5. ERFARINGSTALL

Erfaringstall er tall fra (1) Kap. 43 og (3) s. 20.

2.5.1. Moduler M

M = 1-20 MPa, OC-leire og tørrskorpe

M = 20-150 MPa komprimert grov fylling

M = 50-500 kPa for torv

2.5.2. Modultall m_s

Her står indeksen s for sand og skal skille m_s fra m.

$m_s < 150$ løs fin sand

$150 < m_s < 250$ middels sand

$m_s > 250$ fast leire

2.5.3. Modultall m

$m < 10$ bløt leire

$10 < m < 20$ middels leire

$m > 20$ fast leire

2.6. UTREGNING AV LAGSETNING

$$\Delta s = \epsilon \Delta z$$

ϵ er regnet ut i midtpunktet av hvert lag.
Regner ϵ_{midt} = konst. innen et lag. Dette har vist seg å gi tilfredsstillende nøyaktighet.

3. BRUK AV PROGRAMMET SETNING

3.1. FORBEREDELSE

Tegn en god figur.

Du må regne ut følgende verdier på forhånd.

Dybde fra opprinnelig terreng til midt i det aktuelle lag.

Finne p_c' midt i det aktuelle lag.

Du behøver bare å taste inn verdier for p_c' hvis

$$\text{du vil finne } \epsilon_{oc} = \frac{p_c' - p_c'}{M} \cdot$$

Hvis du setter $p_c' = 0$ vil programmet finne

$$\epsilon_{oc} = \frac{\Delta p}{M}$$

3.2. OPPSTART

Det forutsettes at du som bruker har tilgang på regnearket Excel 4.0. Programmet finnes også i en versjon for Excel 3.0.

- Hent inn Excel 4.0 fra Windows.
- Sett inn disketten med programmet SETNING.XLS med mindre du ikke har programmet liggende inne på harddisken.
- Bruk musa og klikk på "File".
- Klikk på "open"/"Åpne".
- Velg riktig katalog og klikk på SETNING.XLS

SETNING er nå klar til bruk. For de som er kjent med Janbu's regnemodeller for setninger, vil bruken og forståelsen av dette programmet falle enkelt.

Ved hjelp av piltasten flytter du deg rundt i regnearket. Som bruker trenger du bare operere innenfor kolonnene A1 til L23.

Merk at det ikke er nødvendig å entre tallene etter at du har skrevet dem. Det holder med å bare flytte rundt med piltastene.

Det er lagt inn skrivebeskyttelse på SETNING med unntak av de rutene det er meningen at du skal skrive i. Dette for å beskytte formelverket som ligger bak cellene slik at det ikke blir noe kluss med regnearket. Skulle det allikevel være nødvendig med å oppheve skrivebeskyttelsen, vil Veglaboratoriet være behjelpelig med å oppgi det nødvendige passordet.

3.3 AVSLUTNING

Når du er ferdig med å legge inn inngangsdata vil resultatet av beregningene vises på regnearket.

Ønskes en resultatutskrift som vist i kapittel 4, utfører du følgende:

* Klikk på File

* Klikk på Skriv

Hvis du ønsker å lagre arbeidet/resultatet, anbefales det at du ikke erstatter programmet SETNING.XLS, men at du lagrer det under et annet navn. Dette fordi det er bedre å starte med "blanke ark osv." ved beregning av et annet profil.

- * Klikk på "File".
- * Klikk på "Lagre som".
- * Skriv navnet du vil ha det lagret på.
- * O.K.

3.4. FEILKILDER

Vær klar over forskjeller i bruk av M_1 og M . Du må sette inn verdier for Bredde og Lengde slik:

$$L \neq 0 \text{ og } B \leq L$$

Vær obs på enhetene i programmet.

Totalsetningen blir feil hvis $p_c' = p_r'$.
 $p_c' = p_r'$ kan ikke forekomme i praksis.

4. PROGRAMMET SAMMENLIGNET MED HANDREGNEDE EKSEMPLER

Sammenligningene er vist i tabell 4.1.

Eksemplene skal vise hvordan inngangsparametrene skal legges inn.

Det er forsøkt å variere eksemplene slik at de mest vanlige tilfellene er belyst.

TABELL 4.1. Sammenligning mellom utførte beregningseksempler (programmet SETNING) og "FASIT" (dokumenterte setningsforløp)

Navn:	Resultater				Forskjell		Konklusjon
	Programmet		"Fasit"		cm	% av fasit	Se pkt.4.1
	Ant. lag	Setning (S ₁) cm	Ant. lag	Setning (S ₂) cm	S ₁ - S ₂ **	$\frac{S_1 - S_2}{S_2}$	
* 4.2. Vegfylling	5	105.5	5	108	2.5	-2	1,3B
* 4.3. Vegfylling	5	40.7	5	42	-1	-2	1
(1) s.191	5	90.7	?	91	0	0	1
(1) s.192	7	41.4	7(?)	42	-1	-2	1
(1) s.192	3	41.1	7(?)	42	-1	-2	1
(1) s.193	6	23.8	?	26	-2	-8	3B
(2) Eks. 7.9. Fund. på sand	3	5.0	3	5.4	-0.4	-7	3A
(2) Eks. 7.10. Lagdelt grunn	3	15.6	3	17.6	-2.0	-11	3B
* 4.4. (4)Eks. 3.9. Lite fund.	3	14.6	3	15.3	-0.7	-5	3A
(4) Eks.3.10. Fund.	3	2.8	-	-	-	-	3B
* 4.5. (4) 3.7. GV-senking	2	3.6	10	3.5	0.1	3	2
(4) Eks. 3.7. GV-senking	8	3.6	10	3.5	0.1	3	2
(4) Eks. 3.8. Fylling på leire	2	22.2	8	22.8	-0.6	-3	1
(4) Eks. 3.8. Fylling på leire	5	22.8	8	22.8	0	0	1
* 4.6. F-92B, Kulvert	4	159.9	1	154	6	4	1
* 4.7. (2) Eks. 7.11. Fylling på leire	4	28.1	4	28.4	-0.3	-1	3A

* Utskriften er vedlagt for eksemplene 4.2-4.7

** Ved utregning av S₁ - S₂ er S₁ avrundet til samme grad av nøyaktighet som S₂

Tall i parantes referer seg til litteratur henvisning.

4.1. KONKLUSJONER AV SAMMENLIGNING

Etter sammenligningen av resultatene tabell 4.1. synes følgende å være "dokumentert".

1. Fyllinger o.l. der overflatelast føres ned i dybden med $\Delta p = \text{konst.}$

Programmet regner riktig, dvs. man får eksakt samme svar manuelt.

2. Fyllinger o.l. med GV-senking der $\Delta p = \text{konst. i dybden.}$

I området mellom ny og gammel GV regner programmet med lineær Δp . Programmet kan ikke regne med en ny tyngdetetthet i området med GV-senking slik som Hjeldnes har gjort s. 8.6. i (5).

3. Lasttilfeller der man bruker Janbu's fordeling i dybden.

- A) Ensartet grunn. Dvs. enten leire, silt eller sand.

Beregningen av Δp synes å være bra.

Avlesningen av fig. 38.6 i "Grunnlag" kan vanskelig bli lik programmets utregning.

Setningsresultatene stemmer bra med de manuelt beregnede.

- B) Lagdelt grunn. Friis se (3)

Her vil det bli forskjeller i forhold til Friis ved utregning av Δp .

Friis gir større setninger enn Janbu's metode: sand over leire
sand over silt
silt over leire

Programmet bruker Janbu's metode.

4.2 EKSEMPEL PÅ VEGFYLLING

KIRKERUDHOLMA BRU
FYLLING BAK LANDKAR

7.8.89
E.H.

Skjutfylling $\gamma = 19$

Motfylling $\gamma = 19$

Lag 1
Siltig sand
 $m = 50$
 $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

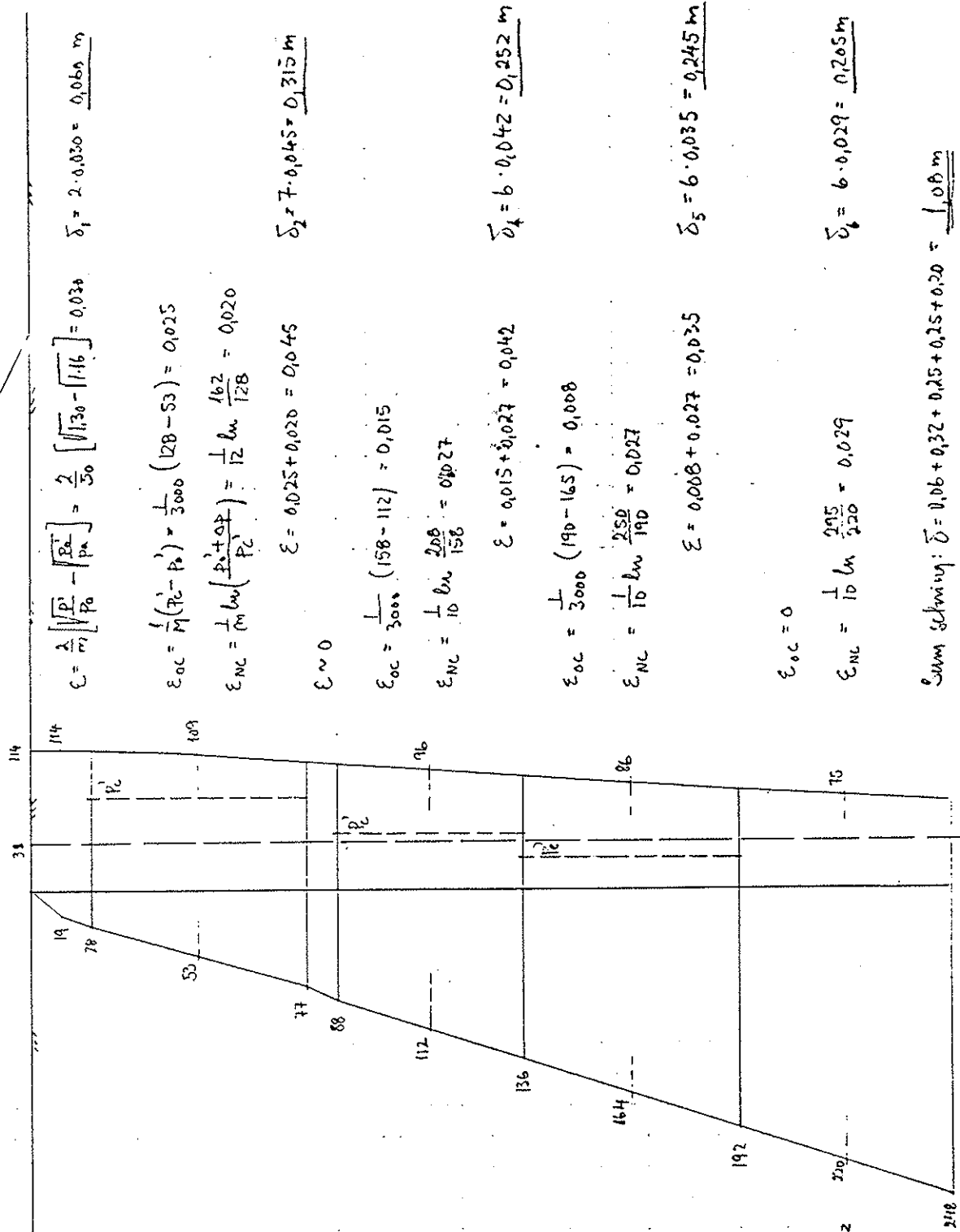
Lag 2
kvik silt
 $m = 12$
 $M = 3000 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$

Lag 3 sand
 $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

Lag 4
Smudsig silt
 $m = 10$
 $M = 3000 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

Lag 5
Siltig leire
 $m = 10$
 $M = 3000 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

Lag 6
Siltig leire
 $m = 10$
 $M = 3000 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$



$$\epsilon = \frac{\lambda}{m} \left[\sqrt{\frac{p_1}{p_0}} - \sqrt{\frac{p_2}{p_0}} \right] = \frac{2}{50} \left[\sqrt{130} - \sqrt{116} \right] = 0,030 \quad \delta_1 = 2 \cdot 0,030 = 0,060 \text{ m}$$

$$\epsilon_{oc} = \frac{1}{m} (p_2 - p_0) = \frac{1}{3000} (128 - 53) = 0,025$$

$$\epsilon_{nc} = \frac{1}{m} k_w \left(\frac{p_1 + p_2}{p_c} \right) = \frac{1}{12} k_w \frac{162}{128} = 0,1020$$

$$\epsilon \approx 0 \quad \delta_2 = 7 \cdot 0,1020 = 0,714 \text{ m}$$

$$\epsilon_{oc} = \frac{1}{3000} (158 - 112) = 0,015$$

$$\epsilon_{nc} = \frac{1}{10} k_w \frac{208}{158} = 0,127$$

$$\epsilon = 0,015 + 0,127 = 0,142 \quad \delta_4 = 6 \cdot 0,142 = 0,852 \text{ m}$$

$$\epsilon_{oc} = \frac{1}{3000} (190 - 165) = 0,008$$

$$\epsilon_{nc} = \frac{1}{10} k_w \frac{250}{190} = 0,132$$

$$\epsilon = 0,008 + 0,132 = 0,140 \quad \delta_5 = 6 \cdot 0,140 = 0,840 \text{ m}$$

$$\epsilon_{oc} = 0$$

$$\epsilon_{nc} = \frac{1}{10} k_w \frac{295}{220} = 0,133$$

$$\delta_6 = 6 \cdot 0,133 = 0,800 \text{ m}$$

$$\text{Summ settlement: } \delta = 0,06 + 0,72 + 0,25 + 0,20 = 1,23 \text{ m}$$

4.3 EKSEMPEL PÅ VEGFYLLING, EPS

KIRKEUDHOLMA BRU
4M EPS-FYLLING:

14.8.89
C:4

Høtfilling $\gamma = 19$

Lag 1:
Siltig sand
 $m = 50$
 $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

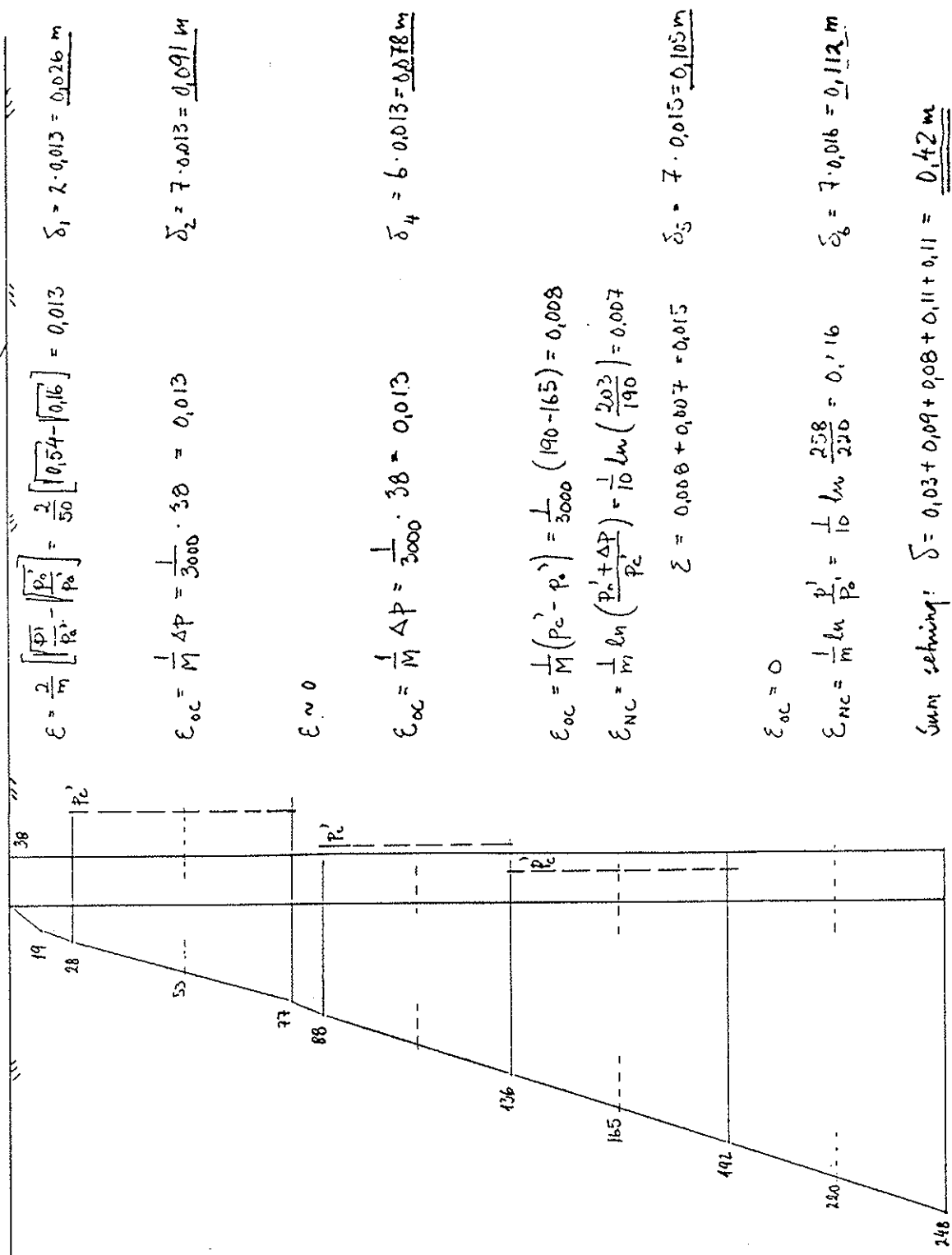
Lag 2:
leirig silt
 $m = 12$
 $M = 3000 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$

Lag 3: Sand
 $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

Lag 4:
Sandig silt
 $m = 10$
 $M = 3000 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

Lag 5:
Siltig leire
 $m = 10$
 $M = 3000 \text{ kN/m}^2$
 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

Lag 6:
Siltig leire
 $m = 10$
 $M = 3000$
 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$



Setning

OPPDRAGSNR.: 4.3 Vegfylling med lette masser		Kommentarer:												SETNING					
PROFIL:														Veglaboratoriet					
GV-SENKING: 0.00 m														Geoteknisk seksjon					
FUNDAMENTNIVÅ: 0.00 m														Rev.nr. 2/93-03-15					
Qn: 00 kPa																			
Qu: 38 kPa																			
BREDE FUNDAMENT: 20.00 m																			
LENGDE FUNDAMENT: 999.00 m																			
GRUNNVANN: 1.00 m																			
PORETRYKSKONST: 1.00																			
I	Lag nr.	Dybde	Lag-tykkelse	Densitet	Material-type	EP Modul-tall	PL Modul-tall	EE Modul-init	Modul-Modul-Modul	For-kons.	Ref.-spenning	R	Overlagr.-trykk	Last-ending	Setn.av enkeittag	Setning initielt	MODELL	PL	
N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
ΔZ	h	γ	λ	ms	m	M	M	M	pc'	Pr'	S	Po'	ΔQ	δ	δi	δ	δ	δ	
m	cm	kN/m3				kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	U	kPa	kPa	cm	cm	cm	cm	cm	
A	1	1.00	200.0	19.0	0.0	50	0	0	0	0.0	0.0	L	19.0	38.0	2.6	0.0	2.6	0.0	
N	2	5.50	700.0	17.0	0.5	0	12	0	3000	128.0	0.0	T	52.5	38.0	8.9	0.0	8.9	0.0	
G	3	9.50	100.0	21.0	0.0	200	0	0	0	0.0	0.0	A	82.5	38.0	0.2	0.0	0.2	0.0	
S	4	13.00	600.0	18.0	0.5	0	10	0	3000	158.0	0.0	T	112.0	38.0	7.6	0.0	7.6	0.0	
D	5	19.50	700.0	18.0	1.0	0	10	0	3000	190.0	0.0	E	164.0	38.0	10.4	0.0	6.1	0.0	
A	6	26.50	700.0	18.0	1.0	0	10	0	0	220.0	0.0	R	220.0	38.0	11.2	0.0	0.0	0.0	
T	7	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
A	8	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

TOTALSETNING : 40.7 cm

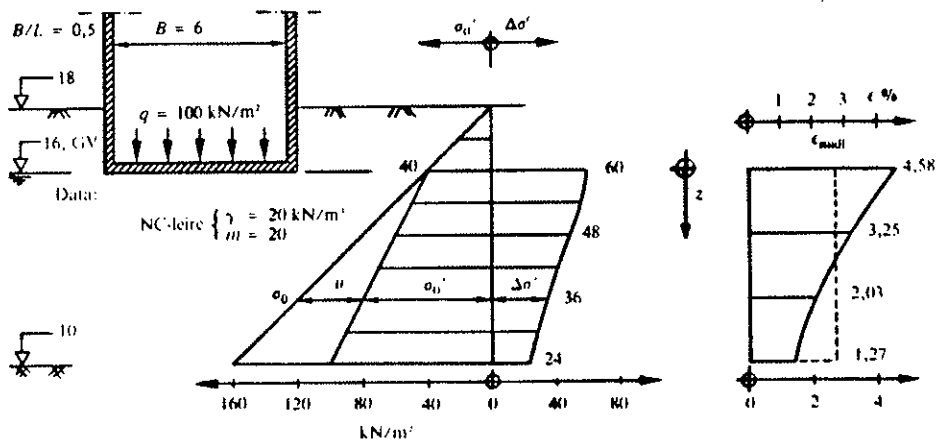
Materiatyper for bestemmelse av spenningsfordeling.

Leire : λ=1.0
 Silt : λ=0.5
 Sand : λ=0

Qn - netto fundament tilleggsstresser i dybden, JANBU
 Qu - last med stor utbredelse konstant i dybden

EE - ekvivalent elastisk
 EP - elastoplastisk
 PL - plastisk

4.4 EKSEMPEL SETNING AV ET LITE FUNDAMENT



Kote	σ_0'	$\Delta\sigma'$	$\sigma_0' + \Delta\sigma'$	$\epsilon = \frac{1}{m} \ln \frac{\sigma_0' + \Delta\sigma'}{\sigma_0'} \cdot 100\%$
16	40	60	100	4,58%
14	60	48	108	2,94%
12	80	36	116	1,86%
10	100	24	124	1,08%

Beregningsmodell:

$$\text{NC-leire } \epsilon = \frac{1}{m} \ln \frac{\sigma_0' + \Delta\sigma'}{\sigma_0'}$$

$$\epsilon_{\text{midl}} = \frac{2,94 + 1,86 + \frac{4,58 + 1,08}{2}}{3} = 2,54 (\%)$$

$$\text{Setningen } \delta = \epsilon_{\text{midl}} \cdot h = \frac{2,54}{100} \cdot 600 \text{ cm} \approx 15,3 \text{ cm}$$

Som konsulent vil vi her si at setningene blir 15 cm ± 1 cm.

Hentet fra (4)

Setning

OPPDRAKS NR.: 4.4 Lite fundament										SETNING									
PROFIL:										Veglaboratoriet									
GV-SENKING: 0.00 m										Geoteknisk seksjon									
FUNDAMENTNIVÅ: 2.00 m										Rev.nr. 2/93-03-15									
Qn: 60 kPa																			
Qu: 00 kPa																			
BREDE FUNDAMENT: 6.00 m																			
LENGDE FUNDAMENT: 12.00 m																			
GRUNNVANN: 2.00 m																			
PORETRYKSKONST: 1.00																			
Modeltype																			
										EP		PL		EE					
I	Lag nr.	Lag Dybde	Lag-tykkelse	Densitet	Material-type	Modul-tall	Modul-tall	Modul-init	Modul-M	For-kons.	Ref.-spenning	R	Overlagr.-trykk	Last-ending	Setn. av enkeltlag	Setning	EE	MODELL	PL
N	ΔZ	h	cm	γ	λ	ms	m	M	M	pc	P'	S	Po'	ΔQ	δ	δ_i	δ	δ	δ
G	m	cm		kN/m ³				kPa	kPa	kPa	kPa	U	kPa	kPa	cm	cm	cm	cm	cm
A	1	3.00	200.0	20.0	1.0	0	20	0	0	0.0	0.0	L	50.0	53.4	7.3	0.0	0.0	0.0	7.3
N	2	5.00	200.0	20.0	1.0	0	20	0	0	0.0	0.0	T	70.0	40.6	4.6	0.0	0.0	0.0	4.6
G	3	7.00	200.0	20.0	1.0	0	20	0	0	0.0	0.0	A	90.0	29.0	2.8	0.0	0.0	0.0	2.8
S	4	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D	5	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	6	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	R	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
T	7	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	8	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Materialtyper for bestemmelse av spenningsfordeling.

Leire : $\lambda=1.0$
 Silt : $\lambda=0.5$
 Sand : $\lambda=0$

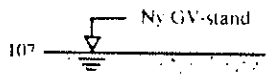
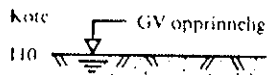
Qn - netto fundament tilleggsspenninger i dybden, JANBU
 Qu - last med stor utbredelse konstant i dybden

EE - ekvivalent elastisk
 EP - elastoplastisk
 PL - plastisk

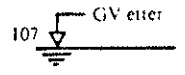
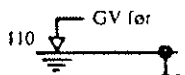
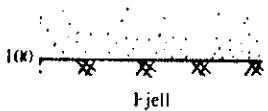
TOTALSETNING : 14.6 cm

4.5 EKSEMPEL GV-SENKING

Hentet fra (4)

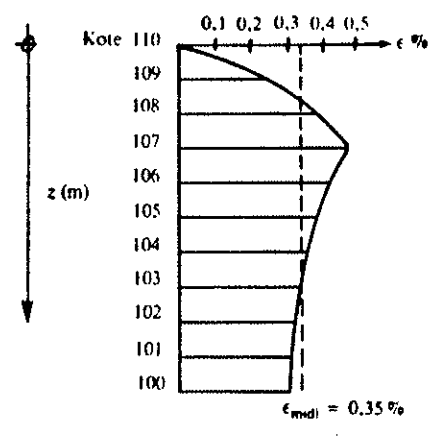
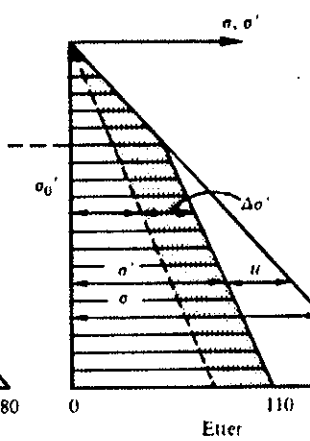
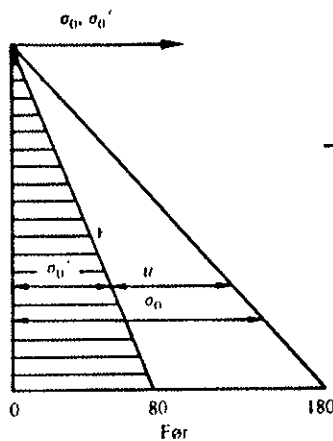


Løst lagret sand



$\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3$

$(\gamma = 18 \text{ kN/m}^3)$



Figur viser en 10 meter tykk avsetning av sand med GV i terrenng. GV senkes tre meter. Beregn setningene av terrenget pga. dreneringen.

Data for sandmaterialet: Densitet $\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3$, spenningskoeffisient $a = 0,5$ og modultall $m = 100$.

Vi forenkler derfor beregningene ved at vi gjør en av følgende:

1. Hvis diagrammet $\epsilon - z$ er tegnet i målestokk, kan vi på skjønn ta ut en ϵ_{midl} , slik at det vi dermed skjærer av kurven, er lik det vi legger til. For dette tilfellet kan vi anta en $\epsilon_{midl} = 0,35\%$ for hele dybden. Vi kan med fordel dele opp dybden i flere trinn, slik at vi får en ϵ_{midl} for hvert lag. Med $\epsilon_{midl} = 0,35\%$ får vi at totalsetningen blir $\delta = \epsilon_{midl} \cdot H$.

$$\delta = \frac{0,35 \cdot 1000 \text{ cm}}{100} = 3,5 \text{ cm}$$

2. Vi kan også regne ut gjennomsnittlig ϵ -verdi (ϵ_{midl}) på følgende måte, hvis alle ϵ -verdiene er endelige og verdiene er beregnet jevnt fordelt over dybden, som tilfellet er her:

$$\epsilon_{midl} = \frac{\frac{\epsilon_{100} + \epsilon_{110}}{2} + \epsilon_{101} + \epsilon_{102} + \dots + \epsilon_{109}}{10} = \frac{3,58}{10} = 0,36$$

Da får vi en totalsetning på:

$$\delta = \epsilon_{midl} \cdot H = \frac{0,36}{100} \cdot 1000 \text{ cm} = 3,6 \text{ cm.}$$

Som konsulent vil vi her si at antatt setning vil bli 3,5 cm ± 0,5 cm.

Setning

OPPDRAGSNR.: 4.5 GV senking										SETNING											
PROFIL:										Veglaboratoriet											
GV-SENKING: 3.00 m										Geoteknisk seksjon											
FUNDAMENTNIVÅ: 0.00 m										Rev.nr. 2/93-03-15											
Qn: 00 kPa																					
Qu: 30 kPa																					
BREDE FUNDAMENT: 10.00 m																					
LENGDE FUNDAMENT: 100.00 m																					
GRUNNVANN: 0.00 m																					
PORETRYKSKONST: 1.00										Modelltype											
										EP		PL		EE							
i	Lag nr.	Lag Dybde ΔZ m	Lag-tykkelse h cm	Densitet γ kN/m ³	Material-type λ	Modul-tall ms	Modul-tall m	Modul-init M kPa	Modul-init M kPa	Modul M kPa	For-kons. pc' kPa	Ref.-spenning Pr' kPa	R	Overlagr.-trykk Po' kPa	Last-ending ΔQ kPa	Setn. av enkeltlag δ cm	Setning initielt δi cm	EE δ cm	EP δ cm	PL δ cm	
A	1	1.50	300.0	18.0	0.0	100	0	0	0	0	0.0	0.0	L	12.0	15.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
N	2	6.50	700.0	18.0	0.0	100	0	0	0	0	0.0	0.0	T	52.0	30.0	2.6	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0
G	3	0.00	0.0	0.0	0.0	0	20	0	0	0	0.0	0.0	A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	4	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D	5	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	6	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	R	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
T	7	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	8	0.00	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Kommentarer:

TOTALSETNING : 3.6 cm

Materialtyper for bestemmelse av spenningsfordeling.

Leire : λ=1.0

Silt : λ=0.5

Sand : λ=0

Qn - netto fundament tilleggsspenninger i dybden, JANBU

Qu - last med stor utbredelse konstant i dybden

EE - ekvivalent elastisk

EP - elastoplastisk

PL - plastisk

4.6 EKSEMPEL PÅ KULVERT

Setningsberegning, profil 34110 EGEB
31/1-90

$$\Delta P = 440 \text{ kN/m}^2$$

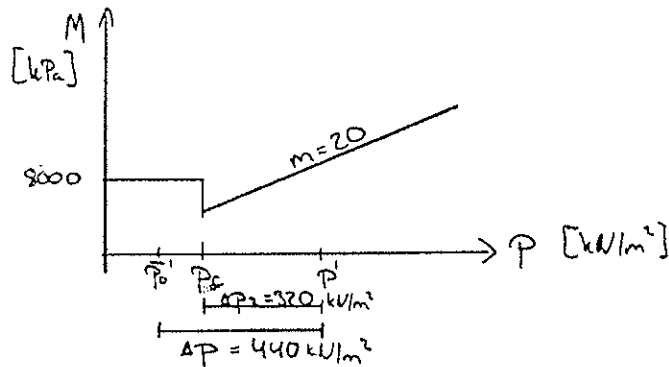
$$Z = 28 \text{ m}$$

$$\bar{p}'_0 = 140 \text{ kN/m}^2$$

$$p'_c = 260 \text{ kN/m}^2 \text{ i } 14 \text{ m dybde}$$

$$M = 8000 \text{ kPa}$$

$$m = 20$$



$$\text{OC-bøjning: } \epsilon_{oc} = \frac{p'_c - \bar{p}'_0}{M} = \frac{260 \text{ kN/m}^2 - 140 \text{ kN/m}^2}{8000 \text{ kPa}} = \underline{0,015}$$

$$\delta_{oc} = 0,015 \cdot 28 \text{ m} = \underline{0,42 \text{ m}}$$

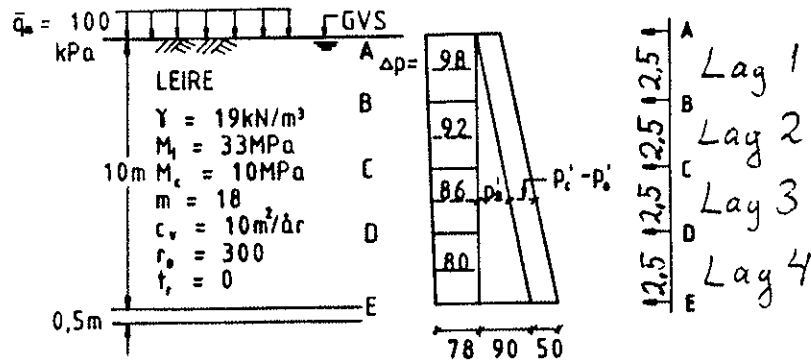
$$\text{NC-bøjning: } \epsilon_{nc} = \frac{1}{m} \ln \frac{p'_c + \Delta p_2}{p'_c} = \frac{1}{20} \ln \frac{580 \text{ kN/m}^2}{260 \text{ kN/m}^2} = \underline{0,04}$$

$$\delta_{nc} = 0,04 \cdot 28 \text{ m} = \underline{1,12 \text{ m}}$$

$$\delta_{\text{total}} = \delta_{oc} + \delta_{nc} = 0,42 + 1,12 = \underline{\underline{1,54 \text{ m}}}$$

4.7 EKSEMPEL MED INITIALSETNINGER

Hentet fra (2) eks. 7.11.



FYLLING PÅ LEIRE. SETNINGSBEREGNING.

Lag 1:

$$\epsilon_i = \frac{\Delta p}{M_i} = \frac{98}{33000} = 2.97 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_i = \underline{0.74 \text{ cm}}$$

$$\epsilon_{oc} = \frac{p_c' - p_o'}{M_\alpha} = \frac{50}{10000} = 5 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_{oc} = \underline{1.25 \text{ cm}}$$

$$\epsilon_{nc} = \frac{1}{m} \ln \frac{p_o' + \Delta p}{p_c'} = \frac{1}{18} \ln \frac{11.25 + 98}{11.25 + 50} = 32.1 \cdot 10^{-3},$$

$$\delta_{nc} = \underline{8.04 \text{ cm}}$$

Lag 2:

$$\epsilon_i = \frac{92}{33000} = 2.79 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_i = \underline{0.70 \text{ cm}}$$

$$\epsilon_{oc} = \frac{50}{10000} = 5 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_{oc} = \underline{1.25 \text{ cm}}$$

$$\epsilon_{nc} = \frac{1}{18} \ln \frac{33.75 + 92}{33.75 + 50} = 22.6 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_{nc} = \underline{5.65 \text{ cm}}$$

Lag 3:

$$\epsilon_i = \frac{86}{33000} = 2.61 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_i = \underline{0.65 \text{ cm}}$$

$$\epsilon_{oc} = \frac{50}{10000} = 5 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_{oc} = \underline{1.25 \text{ cm}}$$

$$\epsilon_{nc} = \frac{1}{18} \ln \frac{56.25 + 86}{56.25 + 50} = 16.2 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_{nc} = \underline{4.05 \text{ cm}}$$

Lag 4:

$$\epsilon_i = \frac{80}{33000} = 2.42 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_i = \underline{0.61 \text{ cm}}$$

$$\epsilon_{oc} = \frac{50}{10000} = 5 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_{oc} = \underline{1.25 \text{ cm}}$$

$$\epsilon_{nc} = \frac{1}{18} \ln \frac{78.75 + 80}{78.75 + 50} = 11.6 \cdot 10^{-3}, \quad \delta_{nc} = \underline{2.91 \text{ cm}}$$

$$\Sigma \delta_i = \underline{2.7 \text{ cm}}, \quad \Sigma \delta_{oc} = \underline{5.0 \text{ cm}}, \quad \Sigma \delta_{nc} = \underline{20.7 \text{ cm}}$$

$$\Sigma \delta = \underline{28.4 \text{ cm}}$$

VEDLEGG A

KOMMENTARER TIL PROGRAMMETS UTSKRIFT

KOLONNE HVA UTFØRES

- K7 Summerer lagsetningene
- N15-N22 $p_0' = p_0 - u$ eff. overlagingstrykk
- Q15-Q22 Tileggspenninger i dybden (1) kap. 38.
 $q_n I + q_u$ utføres hvis $\gamma \geq 0.0001 \text{ kN/m}^3$.
 Hvis GV-senk > 0 vil q_u utregnes midt i hvert lag til vi kommer til et lagskille der ny GV ligger.
- P15-P22 Summerer de forskjellige modeller for å finne lagsetningen.
- Q15-Q22 Regner ut initialsetning.
 Hvis modulen $M_1 < 0.5 \text{ kPa}$ så er $\Delta s = 0$
 Hvis $M_1 \leq 0.5 \text{ kPa}$ utføres:

$$\Delta s = \frac{\Delta p}{M_1} \Delta z$$
- R15-R22 Regner ut setning etter EE-modellen.
 Hvis modulen $M < 0,5 \text{ kPa}$ så er $\Delta s = 0$.
 Hvis modulen $M \geq 0.5 \text{ kPa}$ utføres det følgende:
 Utregning av EE, $\Delta s = \frac{\Delta p}{M} \Delta z$, $p_c' - p_0' < 1$.
 Utregning av EE, $\Delta s = \frac{p_c' - p_0'}{M}$, $p_0' + \Delta p > p_c'$
 Utregning av EE, $\Delta s = \frac{\Delta p}{M} \Delta z$, $p_0' + \Delta p < p_c'$.
- S15-S22 Regner ut setning etter EP-modellen.
 Hvis modultallet $m_s < 0.5$, så er $\Delta s = 0$.
 Hvis modultallet $m_s \geq 0.5$ utføres følgende:
 Utregning av $\Delta s = \frac{2 \Delta z}{m_s + 0.001} \left[\frac{p_0' + \Delta p}{100} - \frac{p_0'}{100} \right]$
 Her er $p_a = 100 \text{ kPa}$ innsatt, se pkt. 2.4.2.
- T15-T22 Regner ut setning etter PL-modellen.
 Hvis modultallet $m < 0.5$, så er $\Delta s = 0$.

Hvis modultallet $m \geq 0.5$, utføres følgende:

$$\text{Utregning av } \Delta s = \frac{1}{m+0.00001} \ln \frac{p_o' + \Delta p - p_r' + 0.0001}{p_o' - p_r' + 0.0001} \Delta z$$

hvis $p_c' - p_o' < 0$ og $p_o' \neq p_r'$.

$$\text{Utregning av } \Delta s = \frac{1}{m+0.00001} \ln \frac{p_o' + \Delta p - p_r' + 0.0001}{p_c' - p_r' + 0.0001} \Delta z$$

$p_c' < p_o' + \Delta p$, $p_c' \neq p_r'$,
(NC-området)

$\Delta s = 0$ hvis $p_c' \geq p_o'$ og $\Delta p_c - \Delta p \geq 0$
(dvs. vi er i OC-området $p_c' \geq p_o' + \Delta p$)

Dette er hovedtrekkene. I tillegg er det lagt inn noen tester for å unngå å få uttrykk på formen $\ln(t)$ der $t \leq 0$. Dette gir som kjent ERROR.

V15 Regner ut overlageringstrykket p_o , tot.sp.

1. lag: Lagt inn evt. vann over terreng i leddet hvis $(0 > E9, \text{ABS}(E9 * 10), 0)$. Lagt inn fundamentnivå for å komme fra oppr. terreng til topp av 1. lag. E4 x E15.

V16-V22 Går fra midtpkt. i et lag og legger til 0.5 lagtykk γ_1 for å komme til lagskille og 0.5 lagtykk γ_2 for å komme midt i neste lag. Dette avsluttes når dybden $z < 0.0001$ m i neste lag.

W15-W22 Regner ut poretrykket $u = \gamma_w H_w$ hvis dybden $z \geq 0.0001$ m. Poretrykkkonst. = 1.0 ved normalt trykk.

$$\text{AJ15-AJ22 } \xi = \frac{z - \text{fund.nivå}}{b + 0.00001} \cdot \frac{1}{16(1-0.3) \frac{B}{L+0.00001}} = \frac{z}{B} \cdot \frac{1}{1 + \frac{B}{L+0.00001}}$$

AK15-AK22 Regner ut $I = (1+(3-2\lambda)\xi)(1-\xi)^3$.

Hvis $\xi < 1$ i kolonne AI vil det gi $I < 0$. I fig. 38.5 i Grunnlag sees at $I \geq 0$.

I kolonne A0 er derfor følgende krav stilt.

Hvis $\xi < 1$ blir $\xi = 1$ som gir $I = 0$