



Opdatering af Lærebog i Geoteknik

Anette Krogsbøll

17-06-2021

Opdatering af Lærebog i Geoteknik

Plan for i dag

- Baggrund
- Rammer – Hvordan?
- Emner til opdatering - Hvad?
- Bidragydere – Hvem?
- Tidsplan – Hvornår?
- Oversigt over nuværende indhold
- Fri leg

Baggrund

Hvorfor?

- Niels Krebs Ovesens initiativ i 2005
- Forfatterpanel og redaktion nedsat og arbejdede indtil udgivelse i 2007
 - Redaktion 2007: Niels Krebs Ovesen, Leif Fuglsang og Gunnar Bagge
 - Forfattere i 2007: Anette Krogsbøll, Carsten S. Sørensen, Bent Hansen, Klaus Bødker, Lotte Thøgersen, Jens Galsgaard, Anders Augustesen
 - Redaktion i 2012: Anette Krogsbøll tilføjet
- Formålet var en lærebog til alle bygningsingeniøruddannelser i DK
 - Bygningsingeniøruddannelsernes indledende geoteknikundervisning
 - Baseret på Lærebog i geoteknik af Harremöes, Krebs Ovesen og Moust Jacobsen
- Dansk Geoteknisk Forening har ansvaret for ajourføring af det faglige indhold

Baggrund

Hvorfor en ny udgave?

- Formålet er det samme: En lærebog til alle bygningsingeniøruddannelser i DK
 - Bygningsingeniøruddannelsernes indledende geoteknikundervisning
 - Ikke avanceret geoteknik
 - Stadig uden direkte reference til EC7 eller andre normer
 - Udgangspunkt i dansk praksis
- Opdatering hvor det er relevant
 - Ændringer af praksis
 - Ny viden
 - Fejl/Mangler i bogen

Rammer

Hvordan?

- Sammensætning af redaktion og forfatterpanel
- Fastlæggelse af emner til opdatering
- Forlaget fremsender de enkelte kapitler/afsnit/figurer i en kommenterbar form med skrivevejledning
- Første runde kommentering/rettelser foretages blandt redaktion og forfattere, for at sikre det faglige indhold er som ønsket
 - Eventuelle nye afsnit sendes til review (internt i forfatterpanel)
- Der vil være 2 runder med korrekturlæsning frem og tilbage mellem forlag og forfatter og redaktion
- En tredje korrekturrunde varetages af forlaget alene
- Forlaget repræsenteres af Rikke Luna Hall Mortensen, som er vores kontakt

Emner

Hvad?

- Fejl rettes – selvfølgelig
- Forældede ting identificeres og erstattes
 - eller skrives ind i en historisk sammenhæng
- Nye emner/metoder/teorier tilføjes
 - Under hensyn til almindelig brug i Danmark – målrettet undervisning af bygningsingeniørstuderende
 - Ikke avanceret geoteknik/specialsituationer
- Opdatering af sproget, hvis det nogle steder er gammeldags
- Eventuelle internationale referencer, når DK-praksis afviger?

Bidragydere

Hvem?

- Foreløbig positiv tilkendegivelse fra
 - Anette Krogsbøll (NIRAS)
 - Janni Alrum Jørgensen (SDU)
 - Carsten S. Sørensen (COWI)
 - Anders H. Augustesen (Ørsted)
 - Gitte Grønbech (Wood Thilsted Partners)
 - Karen Furbo Rasmussen (GEO)
- Flere er absolut velkomne
- Interessenter:
 - Undervisere, der skal bruge bogen
 - Nyuddannede, der er blevet undervist efter den
 - Erfarne ingeniører, der oplærer nye

Tidsplan

Hvornår?

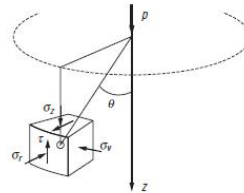
- Ikke fast deadline endnu
- Arbejdet sættes i gang i løbet af den kommende måned
 - Identificering af emner til opdatering
 - Tildeling af forfatteransvar, review-ansvar
- Vi går i gang med det, der er ressourcer til
- Målet er at skrivearbejdet afsluttes og korrekturrunderne kan igangsættes i løbet af efteråret
- En ny udgave er klar til trykken tidligt 2022

Nuværende indhold

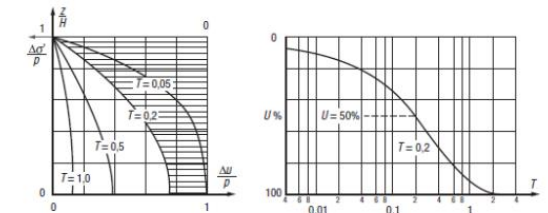
Generelt 3 slags indhold

Teori/baggrund

- Grundlæggende begreber/definitioner
- Tjener til læring af forståelse
- Undersøgelser/forsøg på jord - principper

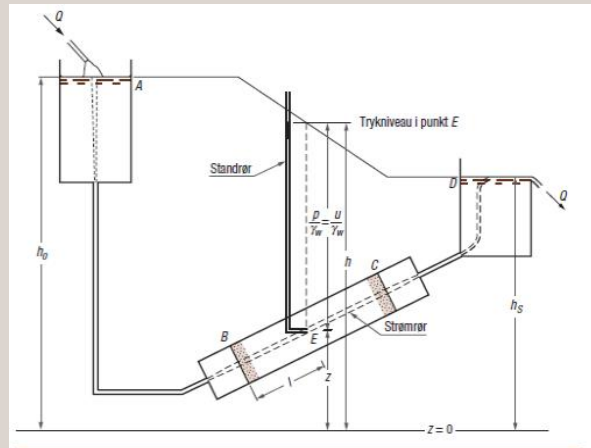


Figur 11.1 Spændinger under jordoverflade fra lodret enkeltkraft.

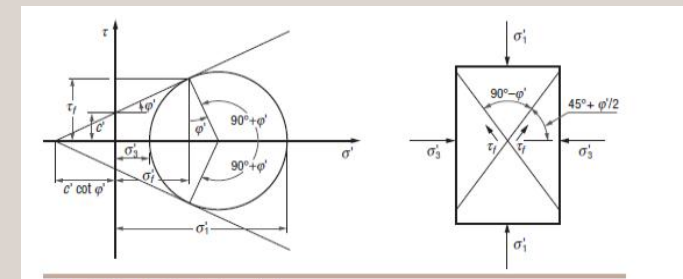


Figur 6.5 Fordeling mellem effektiv spændingsstivækst og poreovertryk.

Figur 6.6 Konsoliderings tidsforløb.



Figur 3.3 Parallelstrømning.



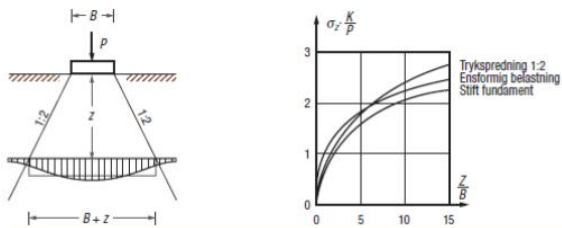
Figur 7.4 Brudbetingelse i τ, σ' diagram.

Nuværende indhold

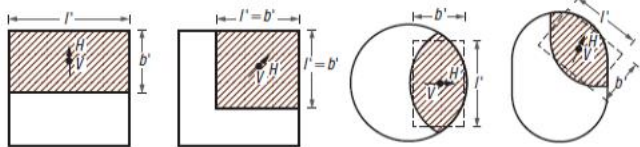
Generelt 3 slags indhold

Anvendelse/metoder

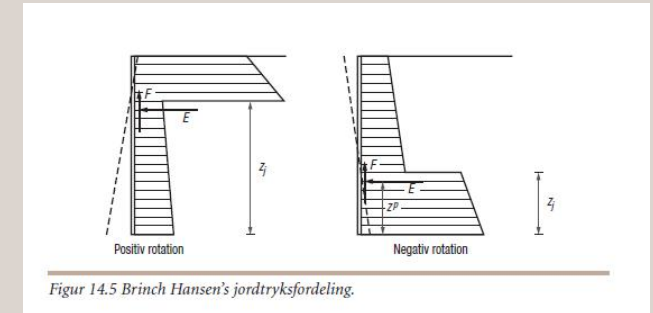
- Simple analytiske
- Tjener til at kunne regne på tingene uden avancerede værktøjer



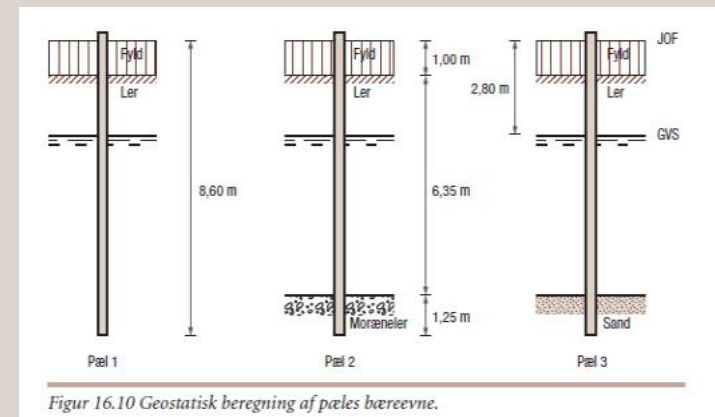
Figur 11.4 Trykspredning 1:2 under stribefundament.



Figur 10.7 Bestemmelse af effektive arealer for fundamenter.



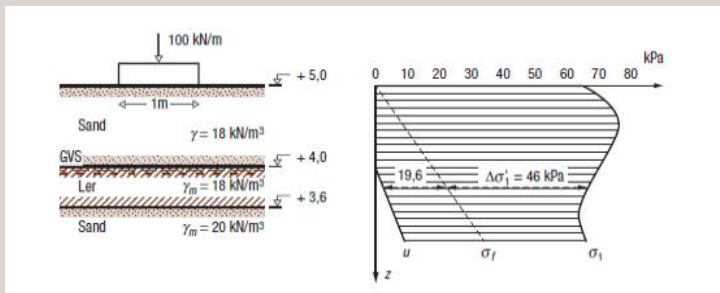
Figur 14.5 Brinch Hansen's jordtryksfordeling.



Figur 16.10 Geostatisk beregning af pæles bæreevne.

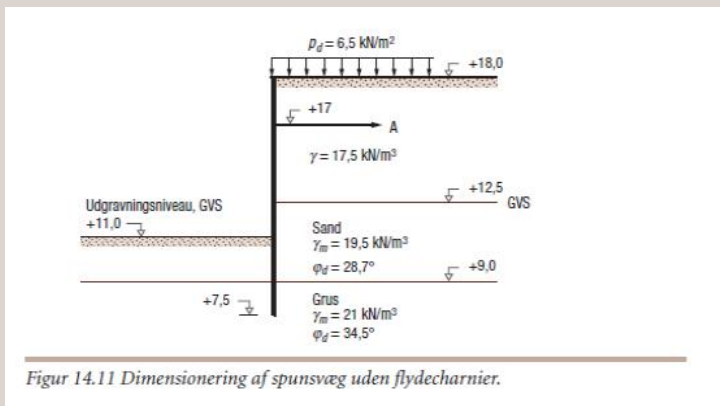
Nuværende indhold

Generelt 3 slags indhold

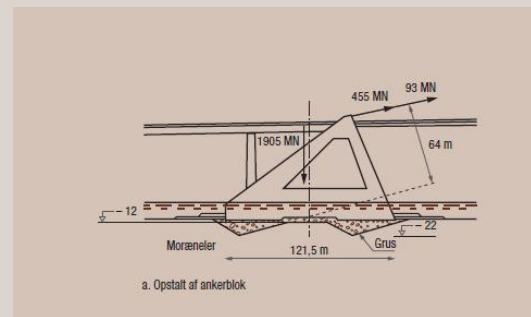


Eksempler

- Beregningseksempler
- Praktiske eksempler/cases



Figur 14.11 Dimensionering af spunsvej uden flydecharnier.



Fremtidigt indhold ?

Generelt 3 slags indhold

Teori/baggrund

- Grundlæggende begreber/definitioner
- Tjener til læring af forståelse
- Undersøgelser/forsøg på jord – principper
- Flere undersøgelsesmetoder?

Anvendelse/metoder

- Simple analytiske
- Tjener til at kunne regne på tingene uden avancerede værktøjer
- Tolkning af evt nye undersøgelsesmetoder
- Sikkerhedsprincipper ?

Eksempler

- Beregningseksempler
- Praktiske eksempler/cases

Kapitel	Titel	2014-forfatter	Forståelse	Design	Forsøg	Udførelse	EC7 krav	International ref
F	Forord	AKR, LF, GB						
I	Introduktion	NKO	x					
1	Klassifikation af jord	JG, NKO	x		x	x		x
2	Spændinger i jord	NKO	x					
3	Plane strømninger	NKO	x				x	
4	Grundvandssænkning	GB, NKO	x	x	x	x		
5	Jords deformationer	LF	x		x		x	x
6	Konsolideringens tidsforløb	LF	x		x			
7	Jords styrke	GB	x		x		x	x
8	Brud i jordmasser	AKR, BH	x					
9	Stabilitet	AKR, BH	x	x			x	
10	Fundamenters bæreevne	KB, NKO	x	x		x	x	
11	Fundamenters sætninger	CSS	x	x	x	x	x	
12	Jordtryk	AKR, BH	x	x		x	x	x
13	Støttemure	BH	x				x	
14	Spunsvægge	LT		x		x	x	x
15	Ankre i jord	LF	x	x	x	x	x	
16	Enkeltpæles bæreevne	CSS, AHH	x	x	x	x	x	x
17	Plane pæleværker	GB	x	x		x	x	

Kapitel	Titel	2014- forfatter	2021- forfatter	Forslag	Forstå- else	Design	Forsøg	Udfør- else	EC7 krav	Internatio- nal ref
F	Forord	AKR, LF, GB	AKR							
I	Introduktion	NKO	AKR		x					
1	Klassifikation af jord	JG, NKO		Mere om jordbundsundersøgelser?	x		x	x		x
2	Spændinger i jord	NKO			x					
3	Plane strømninger	NKO			x				x	
4	Grundvandssænkning	GB, NKO		Mere om pejlinger/pumpeforsøg?	x	x	x	x		
5	Jords deformationer	LF			x		x		x	x
6	Konsolideringens tidsforløb	LF		Inkluder tidskurvetolkning (kvardratrod t, log t)	x		x			
7	Jords styrke	GB		Skønsformler?/SPT?/CPT?	x		x		x	x
8	Brud i jordmasser	AKR, BH			x					
9	Stabilitet	AKR, BH			x	x			x	
10	Fundamenters bæreevne	KB, NKO			x	x		x	x	
11	Fundamenters sætninger	CSS	CSS		x	x	x	x	x	
12	Jordtryk	AKR, BH	AKR		x	x		x	x	x
13	Støttemure	BH		Komprimeringstryk?	x				x	
14	Spunsvægge	LT		Lodret ligevægt, Københavnerlægge		x		x	x	x
15	Ankre i jord	LF			x	x	x	x	x	
16	Enkeltpæles bæreevne	CSS, AHH	CSS/AHH/JAJ	Negativ overflademodstand forklares bedre	x	x	x	x	x	x
17	Plane pæleværker	GB			x	x		x	x	

Input/forslag sendes til

Anette Krogsbøll, NIRAS

akr@niras.dk

2761 3924

- Idéer til nyt stof
- Fejl/mangler/forældet stof
- Hvis du gerne vil deltage i forfatterpanelet

Detaljeret indholdsfortegnelse følger

Indroduktion 17

Af Niels Krebs Ovesen

1 Klassifikation af jord 21

Af Jens Galsgaard og Niels Krebs Ovesen

1.1	Hvad er jord?	21
1.2	Jordens korn	22
	Hvordan er jord dannet?	22
	Kornstørrelse	23
	Kornform og afrundingsgrad	24
	Mineralogi	24
	Organiske jordarter	27
	Densitet og rumvægt	27
	Kornfordeling	28
1.3	Jordens porer	30
	Poretal og porøsitet	30
	Vandindhold	31
	Mætningsgrad	31
	Rumvægt	32
1.4	Lers konsistensgrænser	34
1.5	Jordarter og jordartsbeskrivelse	36
	Jordarter	36
	Jordartsbeskrivelse	36
	Kornstørrelse og sorteringsgrad	37
	Nogle danske jordarter	38
	Jordarternes forekomst og geotekniske egenskaber	41
	Referencer	42

2 Spændinger i jord 45

Af Niels Krebs Ovesen

2.1	Effektive spændinger og poretryk	45
	Fejl ved dimensionering af dæmninger	48
2.2	Kapillaritet	53
	Bilkørsel på en flad strand	59

3 Plane strømninger 61

Af Niels Krebs Ovesen

3.1	Darcy's lov	61
3.2	Hydraulisk ledningsevne	65
3.3	Grundbrud	67
	"Kviksand" i ekstremt løst lejret sand	71
3.4	Potentialstrømninger	73
3.5	Strømnet	77
3.6	Singulære punkter	87
3.7	Frit vandspejl	94
	Referencer	96

4 Grundvandssænkning 97

Af Gunnar Bagge og Niels Krebs Ovesen

4.1 Hvorfor udføre grundvandssænkning? 97

4.2 Lukket vandførende lag 100

Brønd på cirkulær ø 100

Kilde på cirkulær ø 102

Prøvepumpning 102

Anvendelse af flere brønde 103

Spejling af kilde og dræn 106

Brøndrække 109

Generalisering 110

4.3 Åbent vandførende lag 112

Brønd på cirkulær ø 112

4.4 Filterkriterier 115

Referencer 117

5 Jords deformationer 119

Af Leif D. Fuglsang

5.1 Grundlæggende forhold 119

5.2 Normalkonsolideret ler 121

5.3 Let forkonsolideret ler 125

5.4 Stærkt forkonsolideret ler 127

5.5 Konsolideringsforsøg 130

5.6 Krybning 132

5.7 Sand 134

Det skæve tårn i Pisa 136

Referencer 138

6 Konsolideringens tidsforløb 139

Af Leif D. Fuglsang

6.1 Grundlag 139

6.2 Konsolideringsteori 142

6.3 Ensformigt fordelt spændingstilvækst 144

6.4 Trekantformet spændingstilvækst 147

6.5 Anvendelse i praksis 150

Referencer 155

7 Jords styrke 157

Af Gunnar Bagge

7.1 Forskydningsstyrke	157
7.2 Afbildning af spændingstilstande og brudbetingelser	159
7.3 Triaksialapparatet	162
Forsøgstyper	163
7.4 CD-forsøg med sand	164
7.5 Sands friktionsvinkel	166
Lejringsstæthed	166
Spændingstilstand	166
Spændingsniveau	167

Dilatation	168
Skøn af sands friktionsvinkel	170

7.6 Triaksialforsøg med ler	171
CD-forsøg	171
CU-forsøg	172
Konventionelt CU-forsøg	172
CU-forsøg med poretryksmåling	173
CU-forsøg med poretrykket 0, $CU_{u=0}$ -forsøg	174
Specielle CU-forsøg	174
Simple trykforsøg, UU-forsøg	175
Oversigt over triaksialforsøg	175

7.7 Lers udrænedede forskydningsstyrke	176
Sprækket ler	177
Gytjeholdigt ler	178
Sensitivitet	178
Kvikler	179

7.8 Kort- og langtidsstabilitet	179
Dimensionsgivende tilstand	180

7.9 Skempton's poretryksligning	182
--	-----

Referencer	184
-------------------	-----

8 Brud i jordmasser 185

Af Anette Krogsbøll og Bent Hansen

8.1	Brudtilstand	185
8.2	Udvikling af brud	185
8.3	Plasticitetsteori for jord	186
	Nedreværdier med statisk tilladelige løsninger	188
	Øvreværdier med kinematisk tilladelige løsninger	189
	Problemer med sands dilatation	193
8.4	Udrænet eller drænet brudtilstand	193
8.5	Generelle jordtryks- og bæreevneformler	194
8.6	Vandtryk og sikkerhedsfastsættelse	196

9 Stabilitet 197

Af Anette Krogsbøll og Bent Hansen

9.1	Stabilitetsproblemer	197
9.2	Beregningsmetoder	198
9.3	Cirkelbrud	199
9.4	Spiralbrud	202
9.5	Kombinerede brud	204
9.6	Virkning af vandtryk	206
	Stillestående grundvand	208
	Strømmende grundvand	209
	Generelt om metoder	212
9.7	Overfladeskred	213
	Kildeskråning	213
	Parallelstrømning	215
	Vandret strømning	215
9.8	Specielle problemer	215
	Referencer	216
	Appendix 9.1 $\varphi = 0$ analyse af ubelastet skråning i ler	217
	Appendix 9.2 Vandret beliggenhed af polpunkt	219

10 Fundamenters bæreevne 221

Af Klaus Bødker og Niels Krebs Ovesen

10.1 Grundbegreber	221
10.2 Terzaghi's bæreevneformel	223
10.3 Excentrisk belastede fundamenter	225
10.4 Den generelle bæreevneformel	228
Lodret bæreevne	228
Vandret bæreevne	230
10.5 Anvendelse i praksis	231
Virkning af vandtryk ved fundering på sand og grus	231
Virkning af vandtryk ved fundering på ler	232
Optagelse af vandrette laster på fundamentets lodrette sideflader	233
Gennemløkning af tynde jordlag	233
Stærkt excentrisk påvirkede fundamenter	234
Valg af sikkerhed	235
Ankerblokkene på Storebæltsbroen	242
Referencer	244

11 Fundamenters sætninger 247

Af Carsten S. Sørensen

11.1 Tre forskellige sætninger	247
11.2 Trykspredning	249
11.3 Initialsætning	253
11.4 Konsolideringssætninger	258
Fundament på tyndt lerlag	261
Den konventionelle sætningsberegning	262
Tangentmetoden	262
11.5 Krybningssætninger	265
11.6 Sætningernes tidsforløb	266
11.7 Sætningsgivende last	268
11.8 Fundamenter på sand	268
11.9 Beregning af specielle tilfælde	268
Trekantformet reaktionsfordeling	269
Referencer	272

12 Jordtryk	273
<i>Af Anette Krogsbøll og Bent Hansen</i>	
12.1 Jordtryksproblemer	273
12.2 Hviletryk	274
12.3 Aktivt og passivt Rankine jordtryk	275
12.4 Coulomb jordtryk	280
12.5 Jordtryksbrudfigurer	282
Zonebrud for ru væg	282
Andre typer brud	284
12.6 Vandspejl og laggrænser	286
Ikke homogene jordprofiler	286
Vandtryk i en $c\phi$ analyse	287
Vandtryk i $\phi = 0$ analyse	289
Referencer	289
Appendix 12.1 Zonebrudskoefficienter	290

13 Støttemure	293
<i>Af Bent Hansen</i>	
13.1 Oversigt	293
13.2 Stabilitet af en støttemur	294
13.3 Jordtryksberegning	295
Randbetingelser	297
Jordtrykskoefficienter	300
13.4 Udrænet ler	301
13.5 Vandproblemer. Lagdelt jord	303

14 Spunsvægge	305
<i>Af Lotte Thøgersen</i>	
14.1 Indledning	305
14.2 Brinch Hansen's jordtryksteori	306
Indre kræfter i cirkulære og rette linjebud	308
Jordtryksfordeling ved linjebud og kombinerede bud	310
14.3 Beregning af jordtryk og vandtryk ved lodret strømning	312
14.4 Lagdelt jord	313
14.5 Frie spunsvægge	314
14.6 Forankrede spunsvægge	317
Spunsvæg uden flydecharnier	318
Spunsvæg med 1 flydecharnier	325
Spunsvæg med 2 flydecharnier	328
14.7 Afstivede vægge	330
Referencer	332
Appendix 14.1 Jordtryksdiagrammer	333

15 Ankre i jord	339
<i>Af Leif D. Fuglsang</i>	
15.1 Typer af forankring	339
15.2 Vertikale ankre	340
Ankerlængde	342
15.3 Skrå ankre	343
Ankerlængde	344
15.4 Belastningsforsøg	345
Krybetal og brudværdi	346
Fri længde	348
15.5 Ankerplader	348
Ankerplade med stor længde og maksimal højde	349
Ankerplader med endelig længde og reduceret højde	352
Ankerlængde	353
Referencer	354

16 Enkeltpæles bæreevne 355

Af Carsten S. Sørensen og Anders H. Augustesen

16.1 Indledning	355
Pælemateriale	357
Nedbringningsmetode	357
Klassificering af pæle	360
Ramning af pæle	361
16.2 Statiske belastningsforsøg	365
16.3 Dynamiske belastningsforsøg	369
Rammeformel	370
Stødbølgeanalyse	374
16.4 Geostatisk beregning	376
Trykbelastede pæle i ler – brudgrænsetilstanden	377
Trykbelastede pæle i sand – brudgrænsetilstanden	381
Gruppevirkning	384
Trækbelastede pæle – brudgrænsetilstanden	385
Anvendelsesgrænsetilstanden	387
Tværbelastede pæle	389
Referencer	392

17 Plane pæleværker 393

Af Gunnar Bagge

17.1 Klassifikation	393
Symboler	394
17.2 Elastisk eller plastisk tilstand	395
17.3 Vandepitte's plasticitetsteoretiske metode	396
Valg af brudmåde	398
17.4 Culmann's tilnærmede metode	400
17.5 Simple elastiske pæleværker	401
17.6 Nøkkentved's elasticitetsteoretiske metode	404
Lodret translation	404
Vandret translation	405
Rotation	406
Procedure	408
17.7 Elastisk-plastisk tilstand	408
Referencer	410
Stikordsregister	411