



Branschsamverkan i Grunden



STATENS
GEOTEKNISKA
INSTITUT

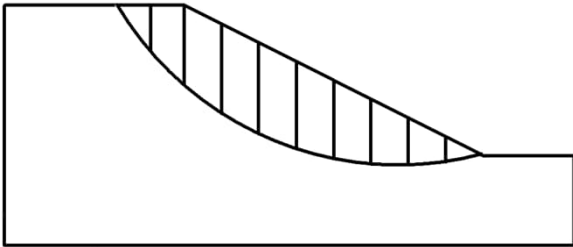
BIG - Branschsamverkan i Grunden Webbinarium 2023

Enkel släntstabilitetsanalys i ett förändrat klimat
Carolina Sellin, SGI



2023-12-15

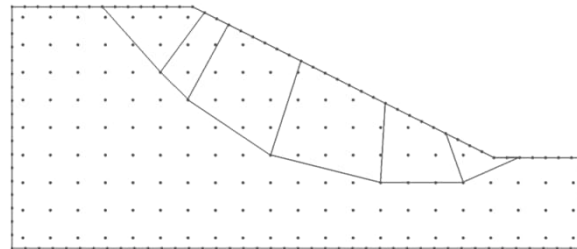
Lamellmetoden



Snabb att upprätta
Enbart brottgränstillstånd
Kort beräkningstid



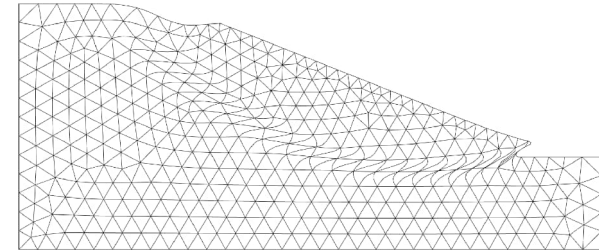
limitstate



Discontinuity Layout Optimisation (DLO)

"Glidyte/Sprickoptimering"

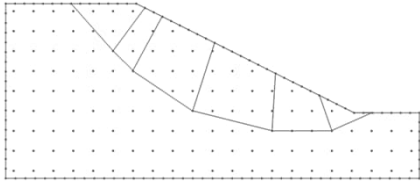
Finita elementmetoden (FEM)



Hela jordmassan diskretiseras
c'-phi-reduktion alt. öka gravitation
Mer avancerade brottkriterier



Hur funkar Discontinuity Layout Optimisation (DLO)?



- *Upper bound solution* ger "Övre gräns på säkerhetsfaktorn"

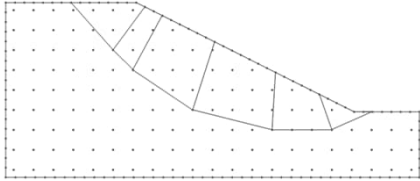
Anta att FEM är det korrekta svaret, då är (alltid!):

$$\text{FEM} \leq \text{DLO}$$

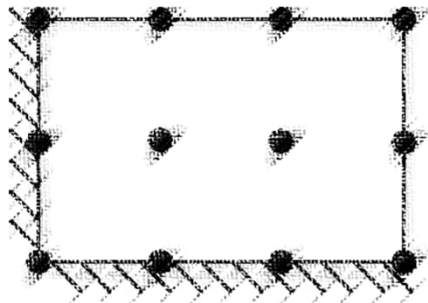
Lamellmetoden (LM) ger varken övre eller undre gräns, dvs:

$$\text{LM} \leq \text{FEM} \leq \text{LM} \text{ beroende på beräkningsfall}$$

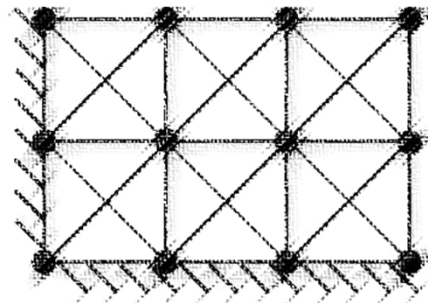
Hur funkar Discontinuity Layout Optimisation (DLO)?



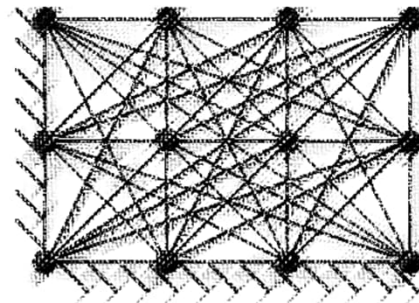
- *Upper bound solution* ger "Övre gräns på säkerhetsfaktorn"
- Noder → "Sprickor" (*Discontinuities*)
 - Stort antal fristående block
 - Optimering för att hitta sprickkombination med lägst säkerhetsfaktor



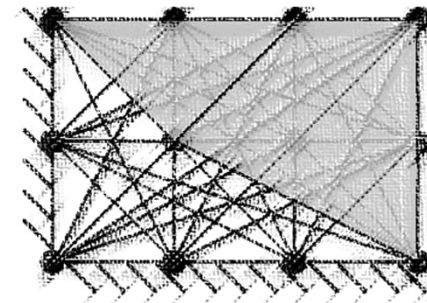
(a)



(b)

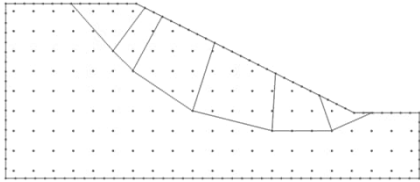


(c)



(d)

Hur funkar Discontinuity Layout Optimisation (DLO)?



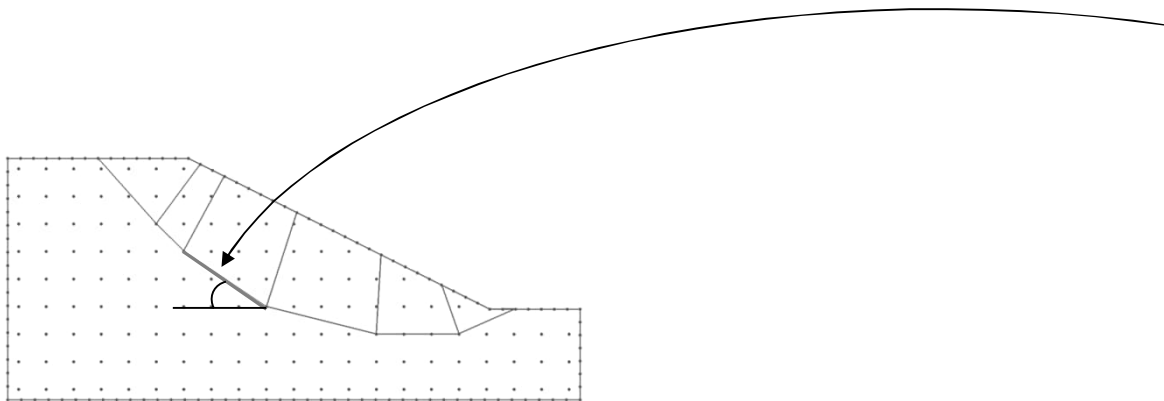
- *Upper bound solution* ger "Övre gräns p
- Noder → "Sprickor" (*Discontinuities*)
→ Stort antal fristå
→ Optimer med läg
- Hittills enbart för isotropa jordmodeller
→ fokus på förenklad NGI-ADP

Property Editor	
Material	
Property	Value
ID	Soil A
Object Key	50
Type	Mohr-Coulomb
Color	
c' (kN/m ² (kPa))	0
ϕ' (degrees)	30
c_u (kN/m ² (kPa))	50
Unit Weight (kN/m ³)	20
Sat. Unit Weight (kN/m ³)	20
Drainage Behaviour	Drained/undrained
Advanced	
Anisotropic Behaviour	Not applied
Anisotropic Multiplier f_{ij} ; NGIADP: f_{ij} A	1
Anisotropic Multiplier f_{ij} ; NGIADP: f_{ij} P	1
Anisotropic Multiplier NGIADP: f_{ij} DSS	1
Anisotropic User File Name	
c_u Gradient (kN/m ² (kPa)/m depth)	0
Datum c_u Elevation (m)	0
Override Strength	False
Post-Solve Display	Click: Shear

Not applied
Elliptic square function
NGI ADP function
User defined function

NGI-ADP i DLO

- Totalspänningsmodell; modifiering av Trescas brottkriterium
- Förenklad; enbart brottgränstillstånd
- Läger på en anisotropi-koefficient utifrån glidyta/sprickans lutning



NGI-ADP brottkriterium

Figur avsiktligen borttagen.

Discontinuity Layout Optimisation (DLO)

Verifiering

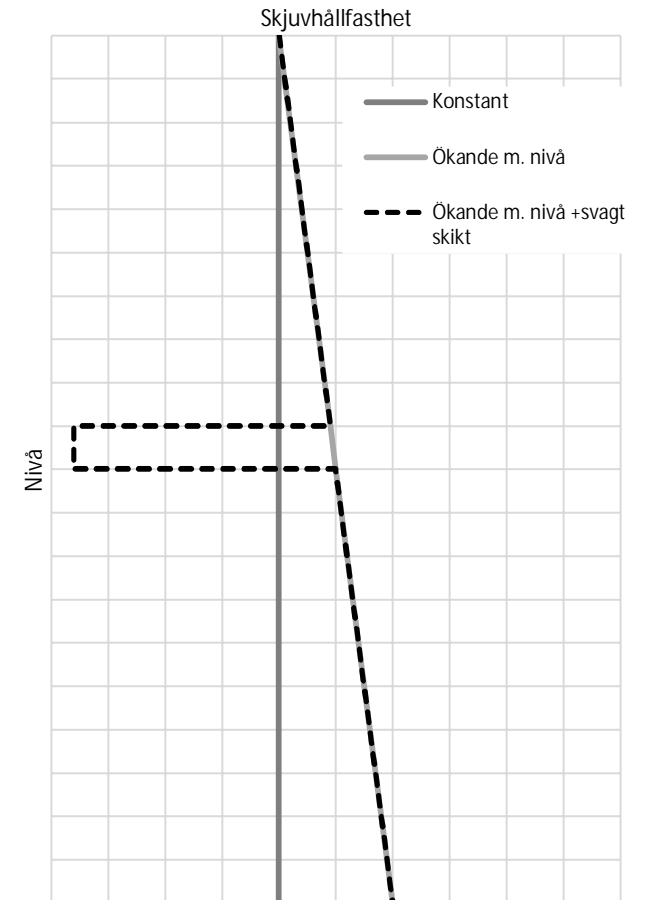
Lamellmetoden: konstant c_u

FEM: alla

Idealiserad slänt, $H=10$ m:

- 3 skjuvhållfasthetsprofiler
 - 6 släntvinklar
 - 15 kombinationer av anisotropi
 - 1 fall utan anisotropi

Figur avsiktligen borttagen.

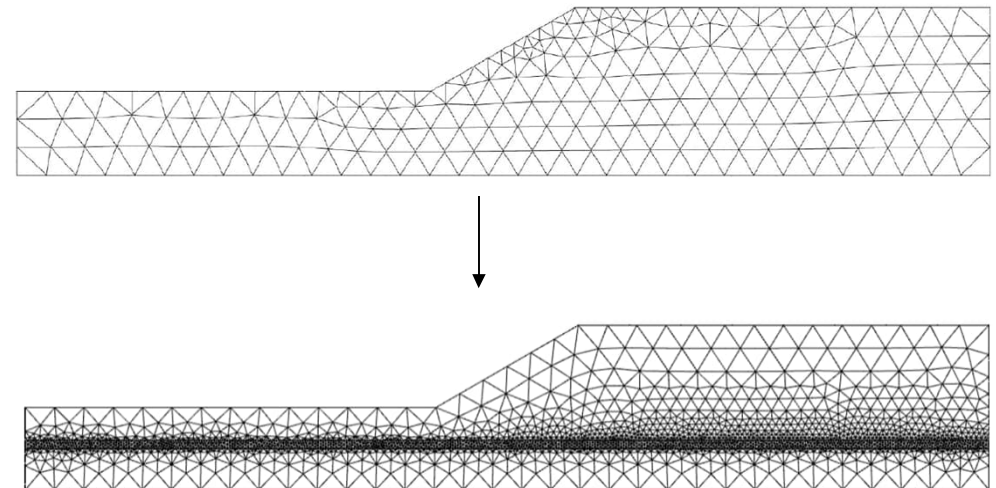
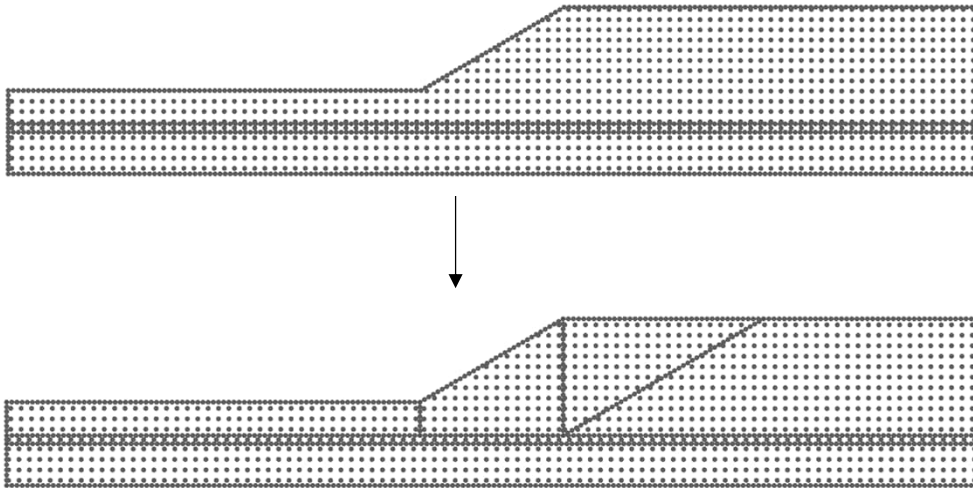


Resultat

Figurer avsiktligen borttagna.

Resultat: DLO – FEM

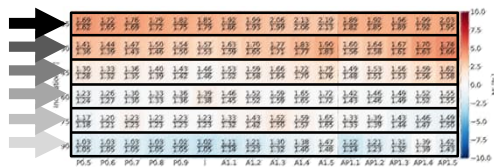
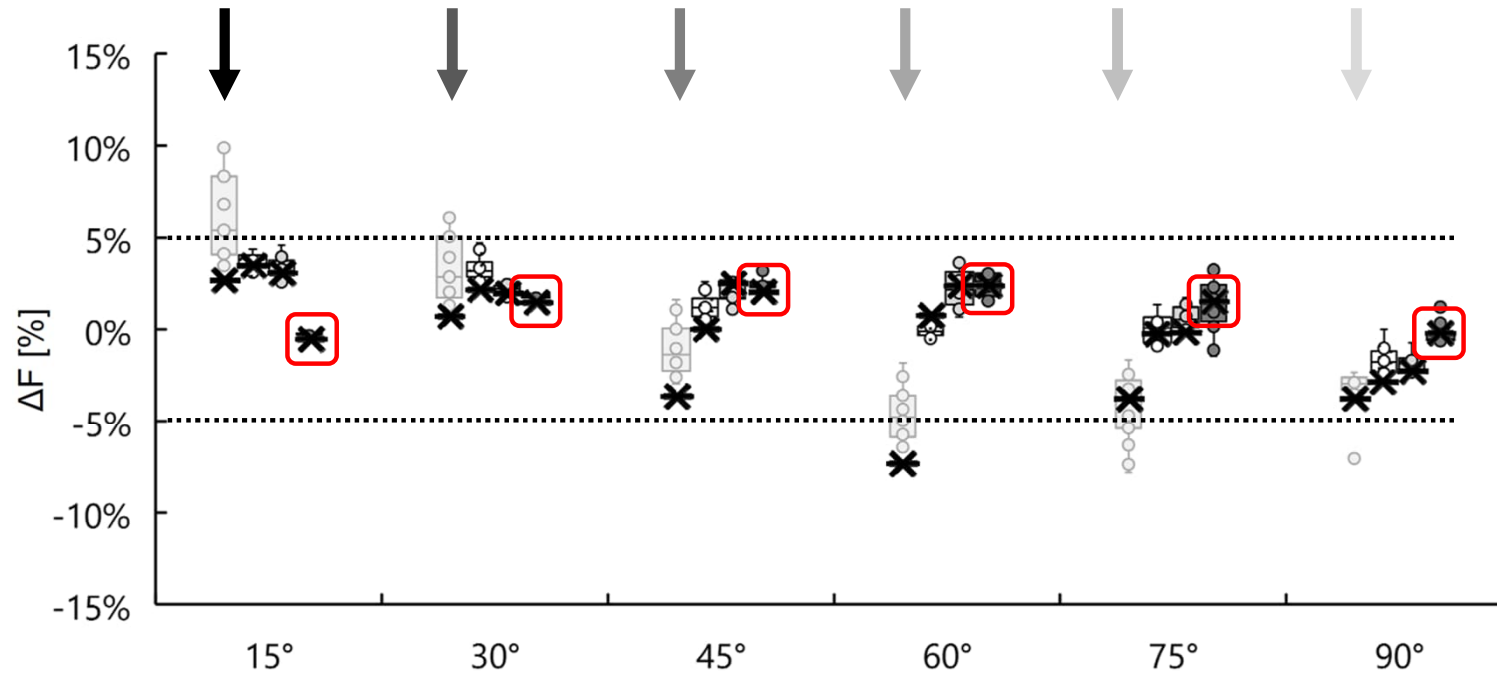
Linjärt ökande c_u + svagt skikt + *förfining av DLO och FEM*



Resultat

Figurer avsiktligen borttagna.

Sammanfattning



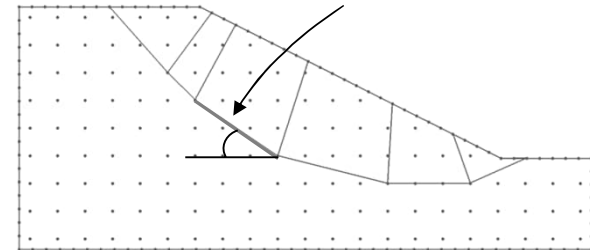
- Lamellmetoden: konstant c_u
- FEM: Linjärt ökande c_u
- FEM: konstant c_u
- FEM: Linjärt ökande c_u + svagt skikt

Inkl. förfining av DLO och FEM



Slutsats

- DLO är ett mycket intressant alternativ till lamellmetoden / FEM-beräkning vid inkludering av anisotropi:
 - 3-5% relativ skillnad i säkerhetsfaktorn mellan DLO och FEM
 - Fångar samma brottbeteenden
 - Effektiv (kort beräkningstid) och robust
- Har potential att utvecklas ytterligare
 - utrymme för effektivspänningsbaserade definitioner
 - inkludera rotationsrörelser längs alla potentiella sprickor
- I slutändan hjälpa till att identifiera slänter som redan i sitt nuvarande tillstånd är ostabila



Nästa steg?

- En halvdagskurs i LimitState:GEO i början av 2024
Intresseanmälan: <https://forms.gle/s3EZASkTJhoZ57fX9>
- Lansering för kommersiellt syfte är pågående diskussion



Kostnad och effektivitet

	Beräkningstid*	Årlig kostnad (tkr):
GeoStudio SLOPE/W	10 s	36 – 54
LimitState:GEO	45 s	9 – 12,5
PLAXIS 2D	5 min 15 s	33 – 59

*idealiserad slänt, totalspänningsanalys med svagt skikt:
standard laptop PC 1.80/4.8 GHz Intel Core i7-1265U and 32 GB memory

CHAT

Webbinarium 2023-12-15: Enkel släntstabilitet

[12:28] Tara Wood

Är risk med felaktig användning mindre med de nya metoden. det vill säga FEM är en bra verktyg när den används rätt och kan var farlig när det används fel.

Måste hoppa vidare men Tack Caroline för en bra presentation"

[12:37] Rasmus Müller

Intressant presentation! Alltid bra att kunna utföra "samma" beräkningar av t.ex. säkerhetsfaktorn mot stabilitetsbrott med flera olika verktyg, det ökar vår säkerhet vid våra bedömningar och utsagor. Detta är i sig en stor vinst tycker jag! Sedan undrar jag om du ser att den stora vinsten jämfört med FEM är att beräkningstiden är kortare? Undrar i sådana fall kring din jämförelse med 45 sek med DLO vs. 5 min med FEM. Hade du då gjort en förfining av FE-nätet till en nivå att säkerhetsfaktorn konvergerar? Behöver man göra samma typ av studie även med DLO? Dvs. kontrollera vid vilken "spricktäthet" som säkerhetsfaktorn konvergerar? När tror du att vi har en "kommersiell" programvara framme?

[12:44] Mats Karlsson

DLO har använts i ca 10 år på Chalmers av studenter