

DIANA modellering steenzettingen

Afstudeerproject TU Delft

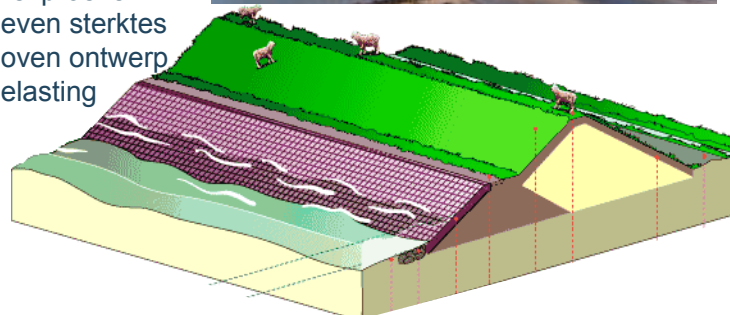
Constructief ontwerpen van steenzettingen voor
dijkbekleding

Numeriek onderzoek naar liggerwerking van de toplaag

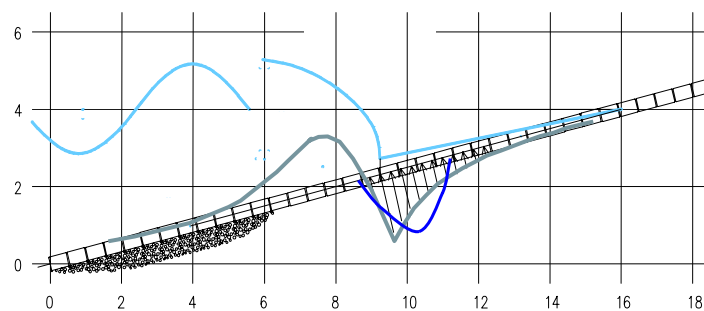
Achtergrond

Steenzettingen

- Schade onder ontwerp belasting
- Ontwerp belastingen nemen toe
- Trekproeven geven sterktes boven ontwerp belasting

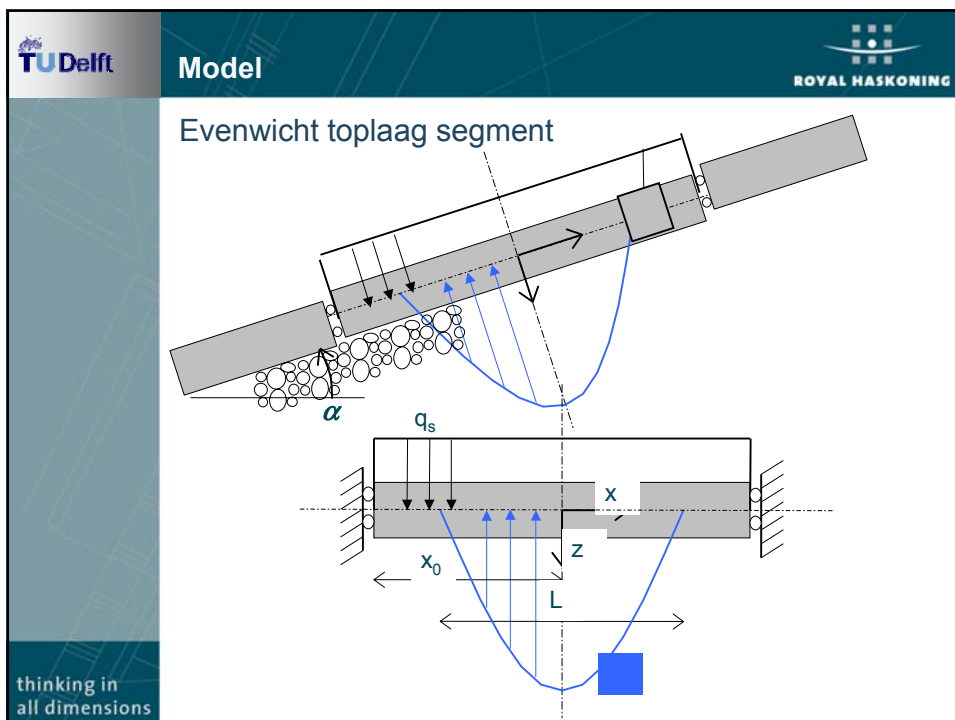
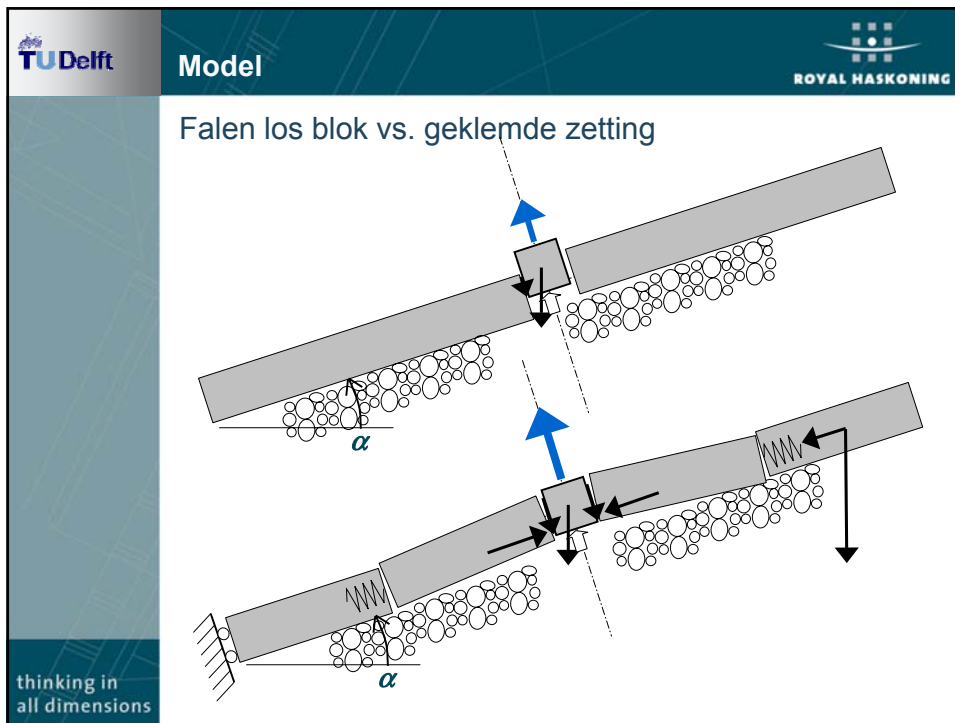


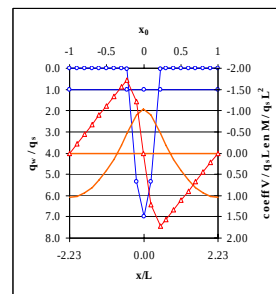
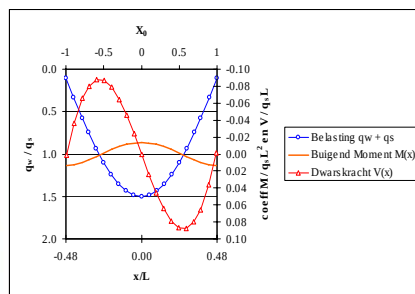
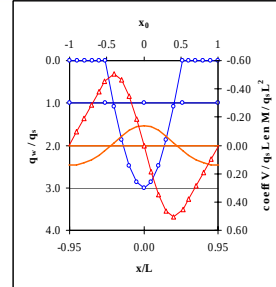
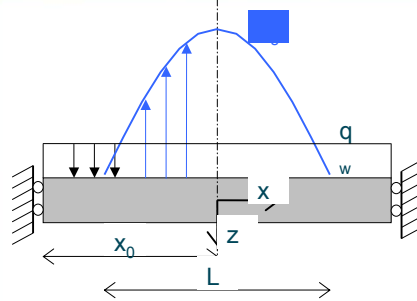
- Belasting
- Model voor klemming
- Proeven programma en resultaten
- EEM modellering
- Conclusies



Constructie steenzetting

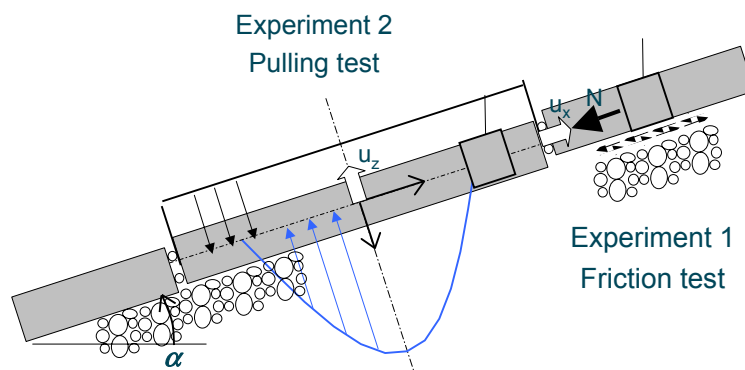
- Doorlatende toplaag, 0.3 tot 0.5 m dik
- Filter lagen
- Kleilaag
- Zand / klei kern



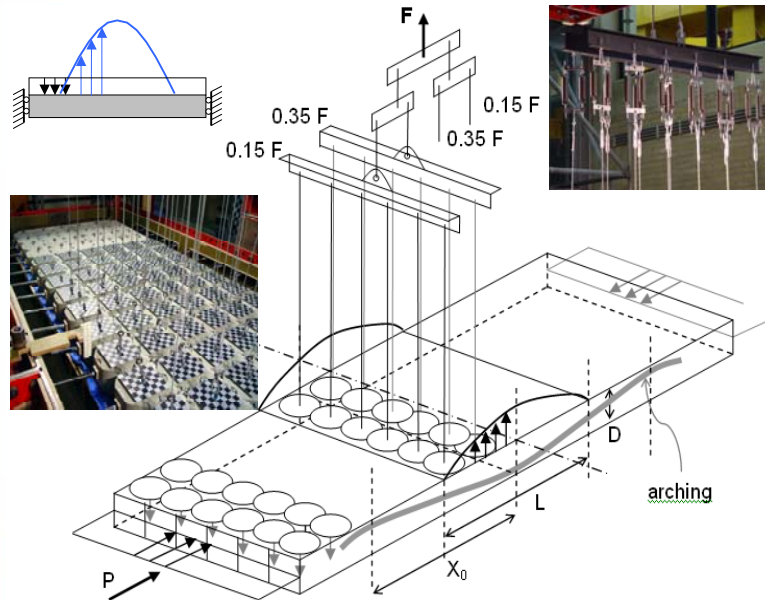


thinking in
all dimensions

Principe van beproeven

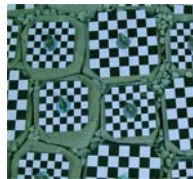


thinking in
all dimensions



'Ontwerp' variabele

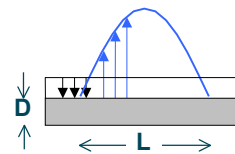
- Element type
- Voegvulling



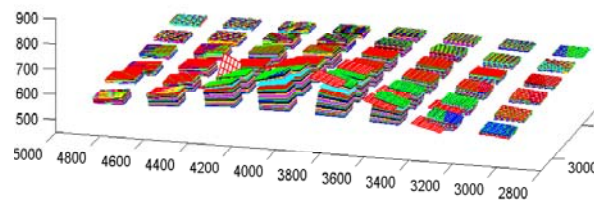
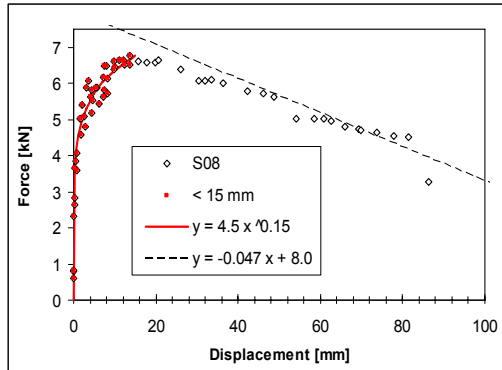
Conditie

- Zand / klei in voegen
- Normaalkracht hoog/laag

Belasting variabele

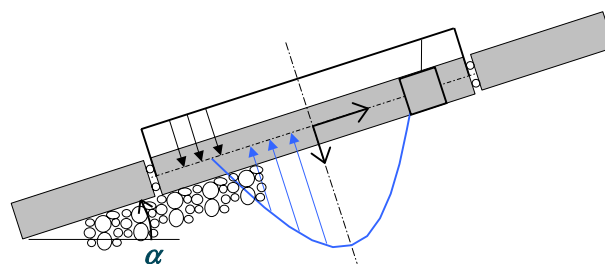


L / D	1.67	2.3	3.33	4.6	6.67	10.0	13.3
rijen Hydrobl.	1		2		4	6	8
rijen Basalton		2		4			

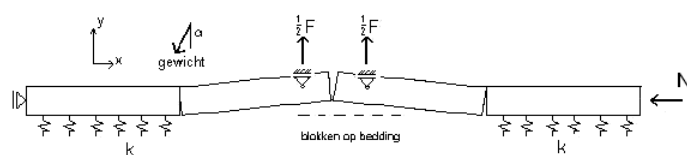


thinking in
all dimensions

Modellering steenzetting

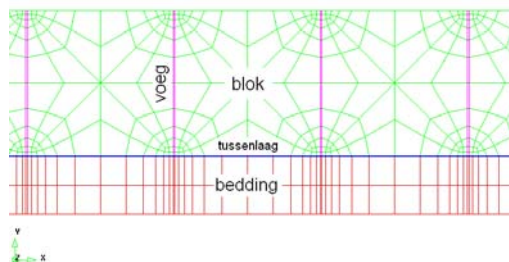


DIANA schematisatie



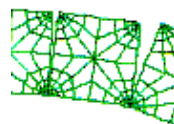
thinking in
all dimensions

Numerieke modellering steenzetting

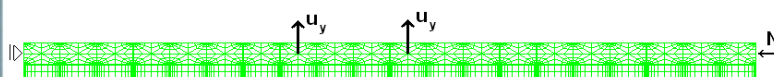


Blokken en bedding: 8 knoeps plane strain elementen

Voeg en tussenlaag: interface elementen met het wrijvingscriterium van Mohr Coulomb



Verplaatsingsgestuurde berekening

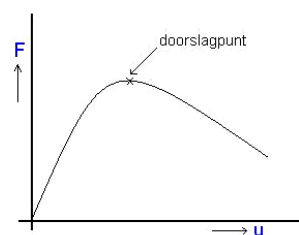


Gefaseerde berekening:

Stap 1: eigen gewicht en eventuele normaalkracht

Stap 2: opgelegde verplaatsing aan getrokken blokken

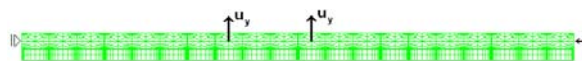
Bezwijken model



Hoofdpunten onderzoek:

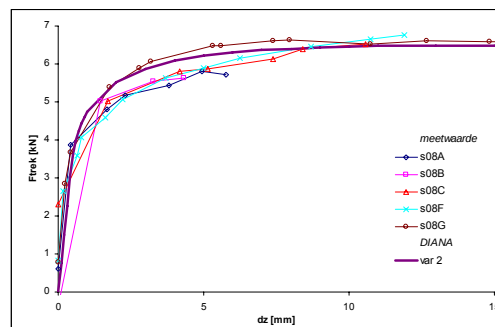
- grootte van voegstijfheid door het narekenen van experimenten
- vergelijking resultaten met analytisch model
- inkorten model: invloed randen en ondergrond
- overstap naar een homogeen model

Experimenten

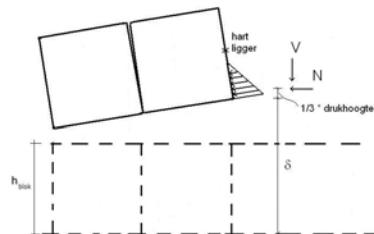


Benaderen krachtsverplaatsingsdiagrammen

Voegstijfheid: $D = 0,5 \cdot 10^9 - 1,0 \cdot 10^9 \text{ N/m}^3$.

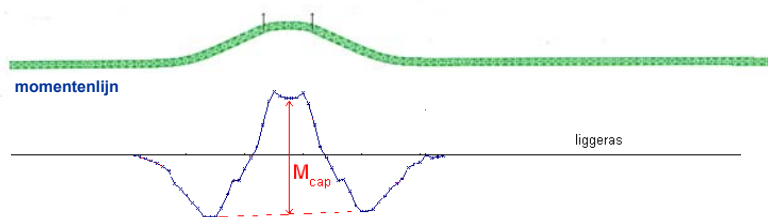


Vergelijken numeriek en analytisch model



Analyse drukverdeling in voegen
(interface elementen)

$$M = (\frac{1}{2} \cdot h_{\text{blok}} \cdot \frac{1}{3} \cdot \text{drukhoogte}) \cdot N$$



$$M_{\text{cap}} \text{ numerieke model} \approx M_{\text{cap}} \text{ analytisch model}$$

thinking in
all dimensions

Inkorten numeriek model

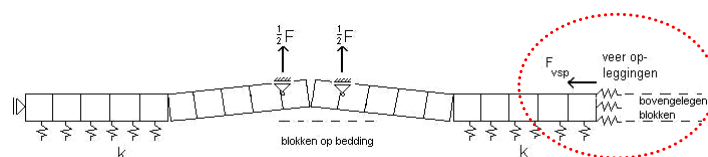
Effect van bovengelegen blokken:

Eigen gewicht minus wrijving blokken met bedding

→ voorspankracht

Weerstand tegen verlengen model en indrukken/ opschuiven veld bovengelegen blokken

→ veeropleggingen



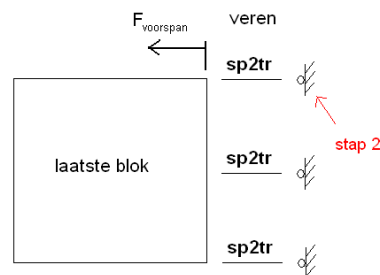
thinking in
all dimensions

Gefaseerde berekening:

Stap 1: eigen gewicht en voorspankracht

Stap 2: vastzetten veerelementen

opgelegde verplaatsing aan getrokken blokken

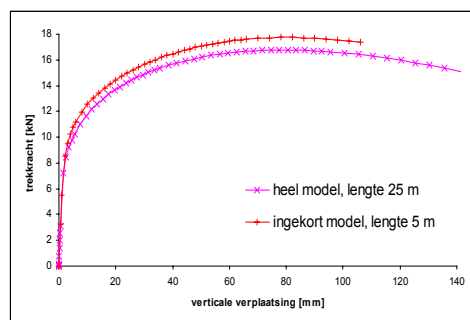


Benadering model 25 meter lengte, met een ingekort model van 5 meter lengte.

Voegstijfheid: $D = 1,0 \cdot 10^9 \text{ N/m}^3$

Voorspankracht: $F_{vsp} = 7,80 \text{ kN}$

Veerconstante: $k = 5,06 \cdot 10^6 \text{ N/m}$



Overstap naar gehomogeniseerde modellen

Benadering bezwijkgedrag discreet model met gehomogeniseerd model

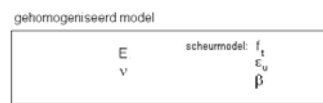
Discreet model:

- twee materialen: Blok en Voeg
- vervorming en gaping voegen

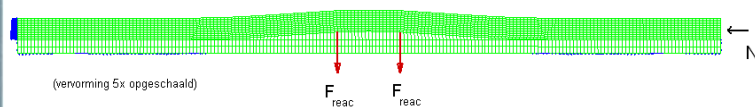


Gehomogeniseerd model:

- één materiaal
- vervorming mogelijk in elke doorsnede
- scheurvorming bij overschrijding treksterkte



Benadering met gehomogeniseerd model

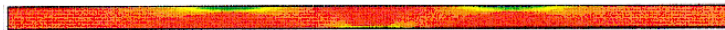


Materiaal:

- Lineair elastisch: E, ν
- Niet lineair elastisch: Multi-directional fixed crack
- Constant stress constant cut-off
- Lineair tension softening
- Constant shear retention
- No plasticity

Liggerhoogte 15 cm

normaalspanningen



scheurrek



Eigenschappen materiaal:

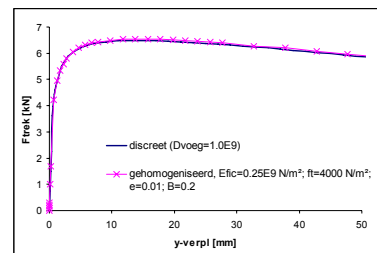
E = Elasticiteitsmodulus = $0.25E9 \text{ N/m}^2$

Scheurmodel:

f_t = treksterkte = 4000 N/m^2

e = uiterste rek (ϵ) = 0.01

B = shear retention factor (β) = 0.2



thinking in
all dimensions

Liggerhoogte 25 cm

Eigenschappen materiaal:

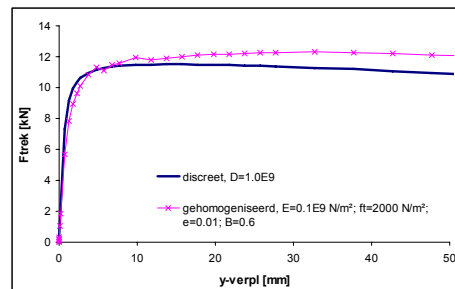
E = Elasticiteitsmodulus = $0.10E9 \text{ N/m}^2$

Scheurmodel:

f_t = treksterkte = 2000 N/m^2

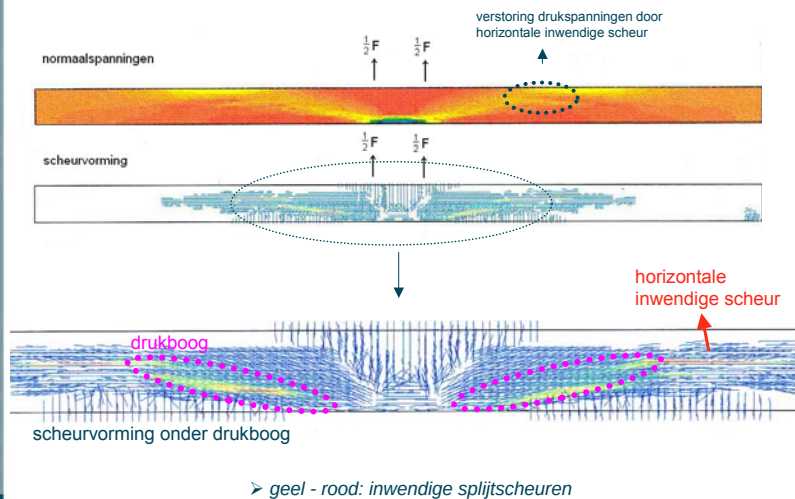
e = uiterste rek (ϵ) = 0.01

B = shear retention factor (β) = 0.6



thinking in
all dimensions

Scheurvorming bij liggerhoogte 25 cm



Conclusies

- Bepaling grootte van voegstijfheid door het narekenen van experimenten
- Analyse spanningsverdeling interface elementen geeft inzicht in krachtwerking van het model
- Inkorten model bleek goed mogelijk na onderzoek van de invloed van het veld bovengelegen blokken
- Overstap naar een homogeen model is mogelijk