

DOV-Studiecel stochastische materialen

stand van zaken

Ane de Boer
Henco Burggraaf
Ostar Joostenz
Coen van der Vliet



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

TNO innovation
for life

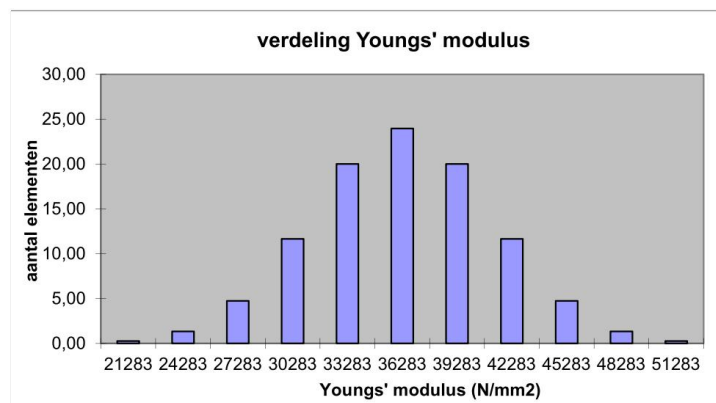
abt  **ARCADIS**

DOV studiecel

- Doel algemeen:
Verkennen nieuwe ontwikkelingen en voorbereiden (eventuele) implementatie in DIANA
- Studiecel stochastische materialen:
Hoe op eenvoudige wijze rekening houden met verdeling van materiaalparameters?

abt  **ARCADIS**

Stochastische materiaalparameters

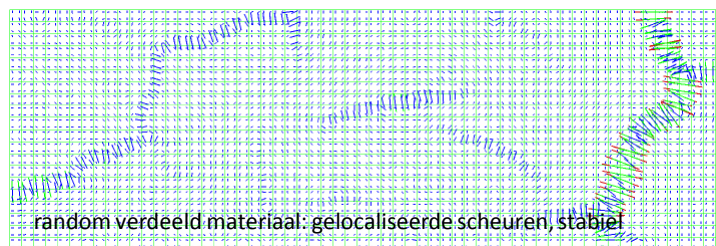


Enkele voorbeelden

Noodzaak

- Simuleren werkelijke materiaalparameters
- Inzichtelijk maken werkelijke invloed imperfecties
- Bij-effect: verhoogde stabiliteit berekeningen

vloer met verhinderde vervorming



Rekenvoorbeeld – RB2

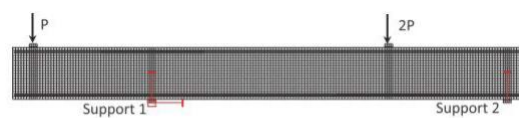


Figure RB2.7 – Boundary conditions and load case 2.



Figure RB2.8 – Groups of steel elements monitoring yielding.

Rekenvoorbeeld – RB2

- 11 materiaalgroepen, normaal verdeeld
- Random verdeeld over alle elementen

5	M6	M7	M6	M8	M5	M6	M4	M3	M6	M6	M7	M9	M5	M4	M7	M2	M5	M5	M6	M8	M5	M5	M8	M5	M5	M7	M6	M5	M4	M7	M6	M7	M1	
5	M6	M7	M8	M7	M6	M5	M6	M7	M7	M5	M7	M5	M4	M5	M6	M9	M7	M5	M4	M5	M8	M6	M5	M6	M6	M7	M6	M6	M5	M8	M6	M3	M1	
4	M6	M6	M4	M6	M8	M1	M5	M9	M6	M5	M7	M5	M8	M1	M8	M5	M6	M4	M7	M5	M6	M7	M4	M5	M8	M8	M7	M4	M5	M5	M7	M5	M6	M1
8	M6	M4	M4	M7	M6	M8	M6	M6	M8	M8	M6	M4	M6	M7	M4	M3	M6	M7	M5	M1	M5	M4	M6	M7	M4	M6	M7	M6	M8	M1	M9	M1		
8	M8	M6	M1	M8	M7	M5	M8	M6	M6	M6	M7	M7	M6	M5	M6	M9	M4	M9	M8	M8	M4	M8	M3	M7	M4	M9	M6	M5	M4	M5	M8	M1		
7	M6	M2	M5	M7	M6	M4	M7	M6	M9	M7	M6	M5	M6	M7	M8	M3	M9	M4	M7	M8	M5	M5	M9	M6	M6	M7	M4	M7	M6	M9	M8	M9	M6	M1
7	M6	M4	M7	M6	M1	M6	M5	M6	M6	M9	M9	M5	M6	M3	M5	M5	M5	M8	M8	M3	M6	M8	M6	M6	M5	M6	M4	M6	M5	M5	M7	M7	M5	M1
7	M3	M5	M6	M7	M6	M8	M6	M5	M7	M5	M4	M5	M4	M4	M7	M3	M7	M6	M7	M7	M7	M4	M3	M4	M7	M9	M3	M6	M6	M4	M7	M4	M1	
8	M6	M6	M7	M5	M5	M7	M6	M3	M8	M5	M5	M7	M6	M5	M5	M9	M3	M8	M8	M5	M4	M8	M4	M8	M7	M6	M8	M7	M7	M4	M8	M1		
6	M5	M4	M5	M6	M5	M3	M5	M5	M7	M4	M7	M7	M6	M6	M4	M6	M6	M8	M6	M8	M4	M5	M5	M9	M5	M8	M4	M3	M7	M6	M7	M6	M1	

Figure RB2.0 - material groups for concrete and their distribution across the finite element model

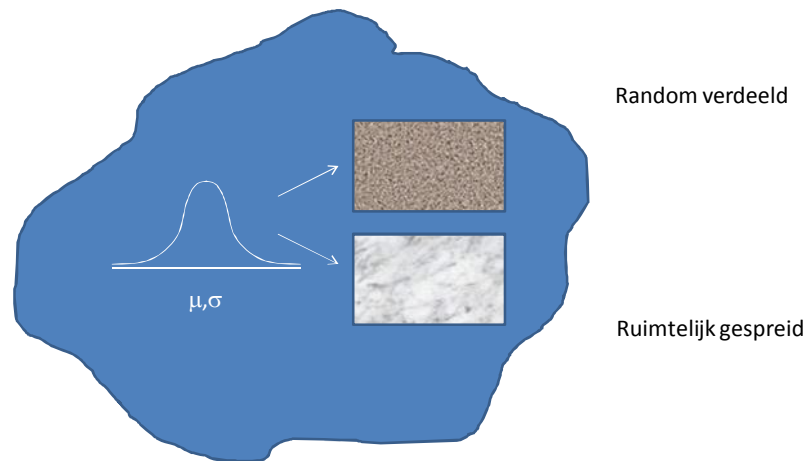


Rekenvoorbeeld – RB2

- Random verdeling ≈ homogeen materiaal
- Invloed elementafmeting?
- Hoe omgaan met lokale imperfecties?



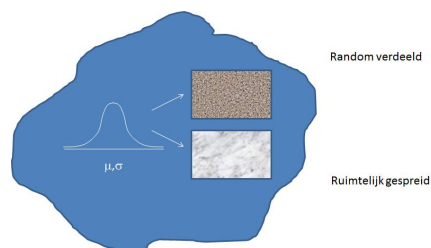
Uitstap naar random fields



abt  ARCADIS

Ruimtelijke spreiding

- Kernbegrip:
correlatielengte d
- d kleiner: grilliger verlopende eigenschappen
- d groter: geleidelijker verlopende eigenschappen



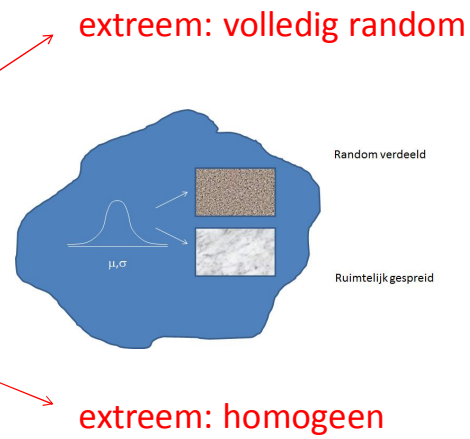
abt  ARCADIS

Ruimtelijke spreiding

- Kernbegrip:
correlatielengte d

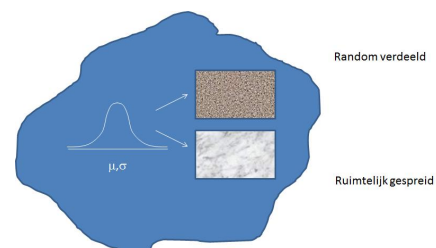
- d kleiner: grilliger verlopende eigenschappen

- d groter: geleidelijker verlopende eigenschappen



Ruimtelijke spreiding

- Hoe ruimtelijk gecorreleerde set materiaalparameters samenstellen?



Samenstellen *random field*

1. Correlatiematrix $\mathbf{C}_{n \times n}$ opstellen
2. Correlatiematrix decomponeren
 - Φ : eigenvectoren
 - λ : eigenwaardes
3. Willekeurige trekking Y_i ($\mu=0$, $\sigma=\lambda_i$)
4. Random field in vectorvorm:
 $\mathbf{X} = \Phi \mathbf{Y}$



Samenstellen *random field*

1. Correlatiematrix $\mathbf{C}_{n \times n}$ opstellen
2. Correlatiematrix decomponeren
 - Φ : eigenvectoren
 - λ : eigenwaardes
3. Willekeurige trekking Y_i ($\mu=0$, $\sigma=\lambda_i$)
4. Random field in vectorvorm:
 $\mathbf{X} = \Phi \mathbf{Y}$

verfijning mogelijk:
optimaliseer aantal
relevante
eigenwaardes λ



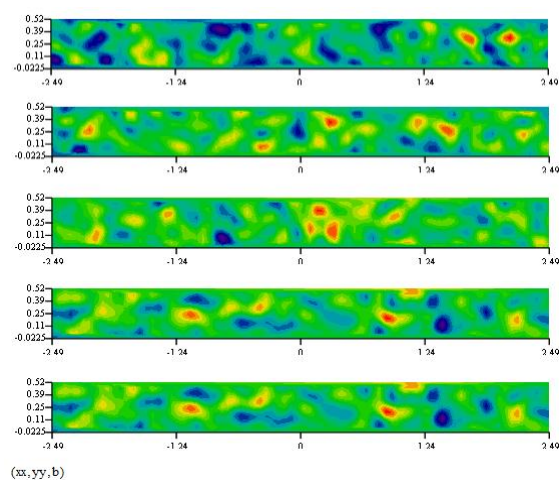
Verfijning

kies m zo dat:

$$\frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \geq \epsilon$$

Voorbeeld RB2

5 random fields, zelfde uitgangsgegevens ($\mu = 0$, $\sigma = 1$)



Voorbeeld RB2

Berekeningen:

Materiaalgedrag stochastisch verdeeld conform Model Code 2010

C45/55			
stochast	eenheid	mean	stdev
druksterkte	Mpa	53	4,88
treksterkte	MPa	3,8	0,7
breukenergie	N/m	149	2,44
E-modulus	MPa	35370	1293

onafhankelijke parameter

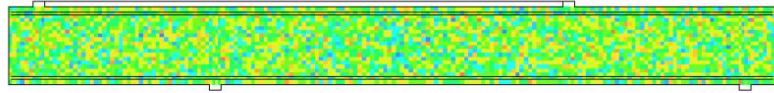
abt  ARCADIS

Resultaten RB2

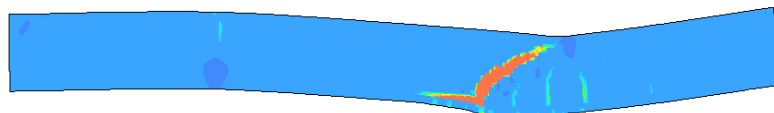
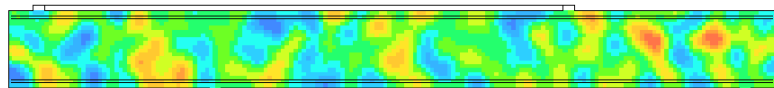
- Ruimtelijke variatie
- Scheurpatroon
- Last-verplaatsingsdiagram

abt  ARCADIS

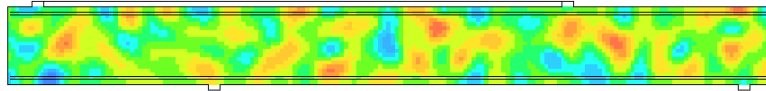
random verdeeld



ruimtelijk gespreid 1

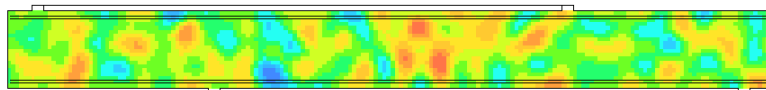


ruimtelijk gespreid 2



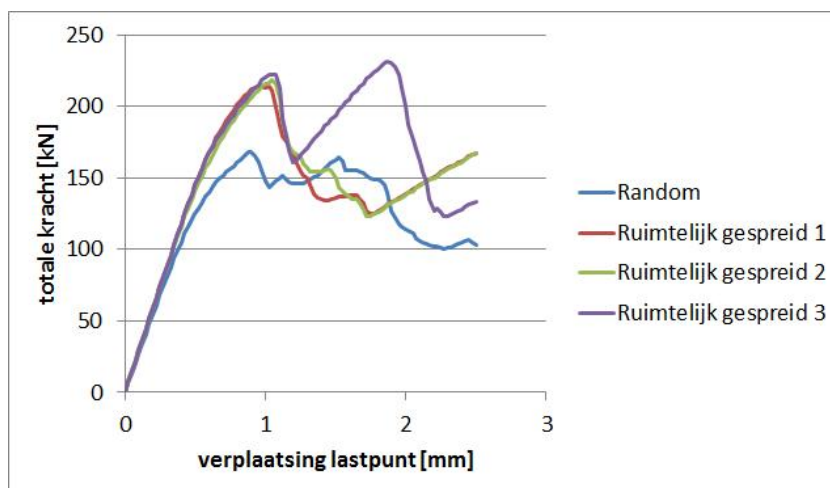
abt  ARCADIS

ruimtelijk gespreid 3



abt  ARCADIS

last-verplaatsingsdiagram



abt  ARCADIS

Tot slot

- Stochastisch materiaal eenvoudig te modelleren
- Ruimtelijke spreiding eenvoudig realistisch mee te nemen
- Mogelijkheden koppeling met probab
- Binnenkort: vergelijken karakteristiek – random – ruimtelijk gespreid m.b.t. uitkomst

abt  ARCADIS