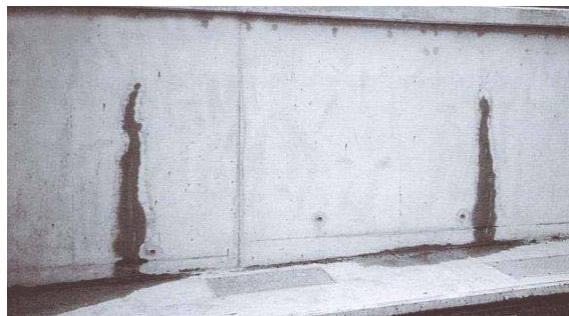


BEREKENING SCHEURKANSEN VOOR VERHARDENDE BETONNEN ELEMENTEN

MSc. H.W.M. van der Ham
Dr. E.A.B. Koenders
Prof. Dr. K. van Breugel

DIANA Ontwikkelings Vereniging
Technische lezingen 31 oktober 2006

Presenting Author: Herbert van der Ham



Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Rijkswaterstaat



Delft Cluster



Delft University of Technology

Overzicht

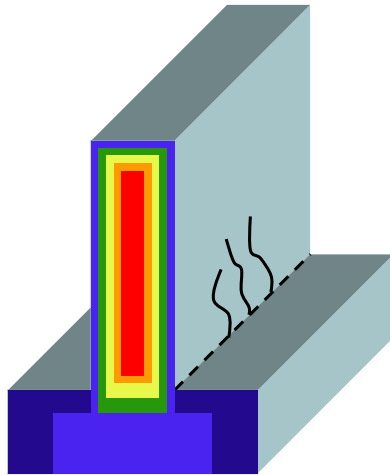
- Achtergrond
- Onzekerheden
- Kansberekeningen
 - niveau I, II & III
 - parameterstudie
 - niveau II vs. III
- Modelon nauwkeurigheden
- Conclusies



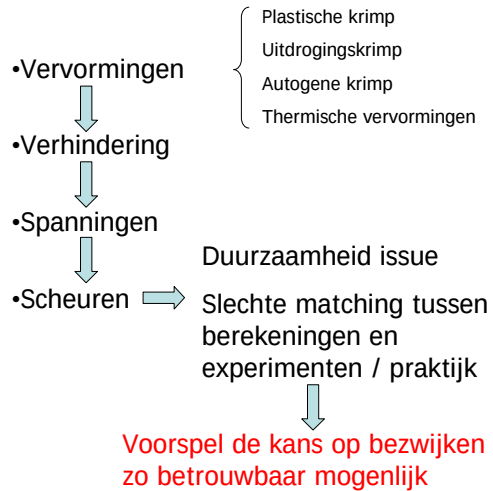
2



Achtergrond



Scheuren in verhardend beton



TEMPSPAN

3



Achtergrond, TEMPSPAN

Partiele DV Fourier:
$$\frac{\partial \bar{F}}{\partial t} = D \operatorname{div} \operatorname{grad} T + \bar{f}_{(t,x,y,z)}$$

Elastische spanningstoename:
$$\Delta \sigma(\tau_i, t) = (\Delta T_i * \alpha_{c,i} + \Delta \varepsilon_a) * E(\alpha_a) * R$$

Superpositie principe:
$$\sigma(t) = \sum_{i=1}^n \Delta \sigma(\tau_i, t) * \Psi(\tau_i, t, \alpha_{\tau,i}, \alpha_t)$$

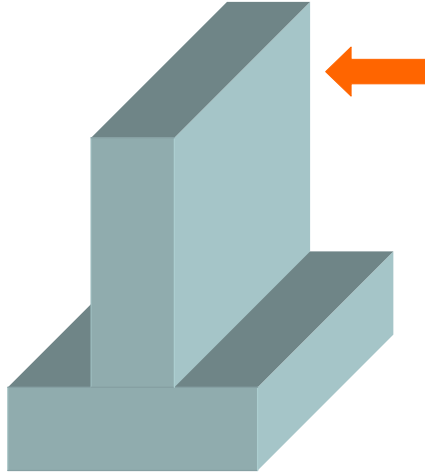
Relaxatie:

$$\Psi(\tau_i, t, \alpha_{\tau,i}) = \exp \left(- \left[\frac{\alpha_h(t)}{\alpha_h(\tau_i)} - 1 + 1.34 * \omega^{1.65} * \tau_i^{-d} * (t - \tau_i)^n * \frac{\alpha_h(t)}{\alpha_h(\tau_i)} \right] \right)$$

4



Achtergrond, TEMPSPAN



Nieuwe wand:

- C35/45
- 1m dik
- 3m hoog
- Vervormingen 100% verhinderd
- Bekisting verwijderd na 72 uur
- Omgevingsinvloeden

Bestaande Betonvloer:

- 3m breed
- 1m hoog

5

Onzekerheden

Hoe zeker zijn we over de input parameters?

Als de input parameters onzeker zijn, hoe zeker zijn we dan van de output?

(on)zekerheid in rekening brengen

Grammen??



Laboratorium

Kilogrammen??



Betonfabriek

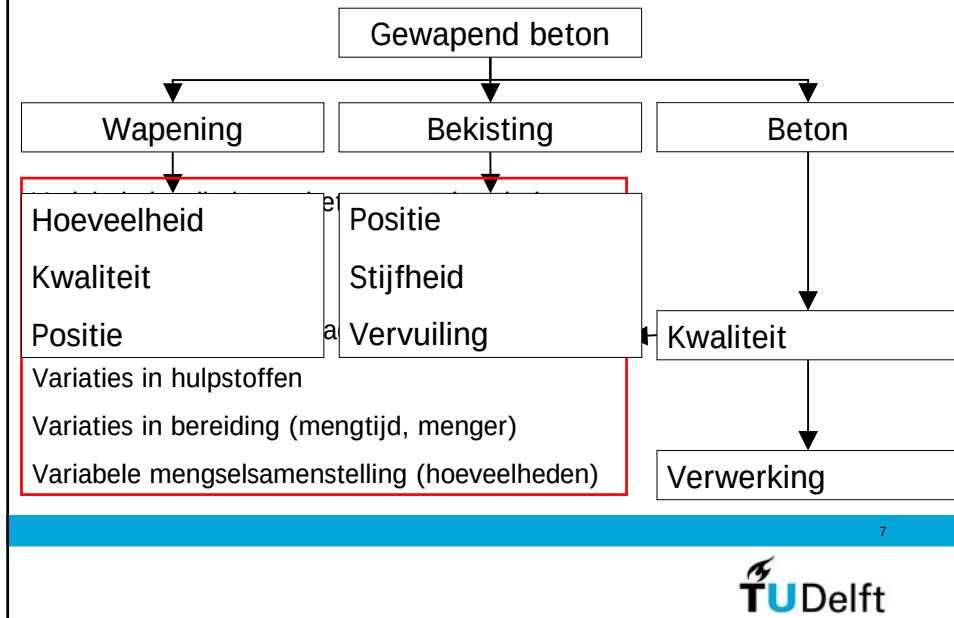
Spades??



Huisvlj

6

Onzekerheden



Kansberekeningen

Door in rekening brengen onzekerheden: kans op bezwijken zo betrouwbaar mogelijk bepalen

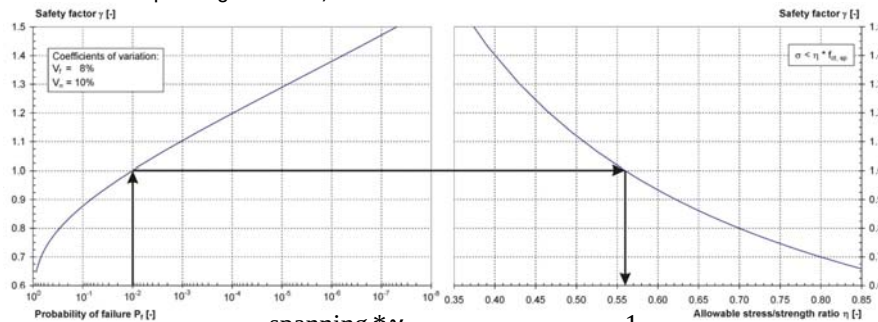
Definitie: bezwijken is het moment dat de actuele trekspanning in een element de actuele treksterkte overschrijdt.

NIVEAU I	Partiele veiligheidsfactoren	Scheuren Geen scheuren
NIVEAU II	FOSM - methode	
NIVEAU III	Monte Carlo - methode	Kans op scheuren

8

Kansberekeningen, NIVEAU I

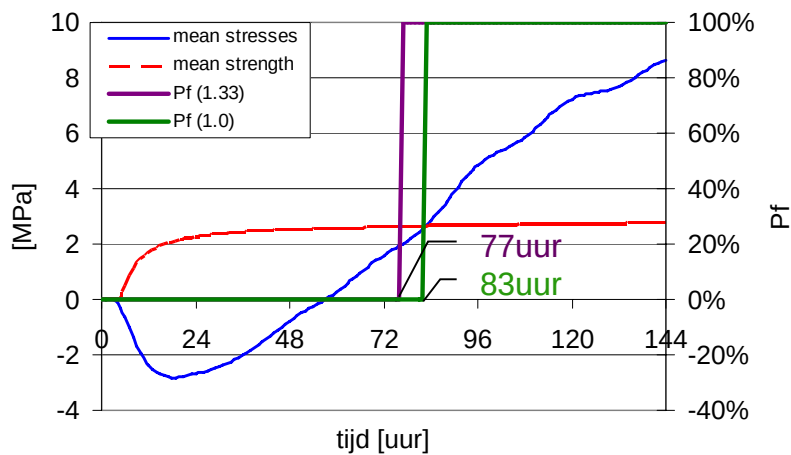
- Scheurvorming treed op indien spanning > 0.75*treksterkte
- Spanning en sterkte standaard normaal verdeeld
- CoVspanning = 10%, CoVsterkte = 8%



$$\text{U.C.} \Rightarrow \frac{\text{spanning} \cdot \gamma}{\text{sterkte}} \leq 1 \quad \text{met:} \quad \gamma = \frac{1}{\eta}$$

9

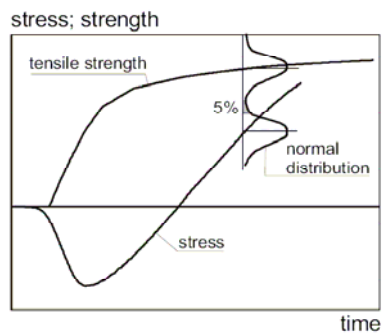
Kansberekeningen, NIVEAU I



10

Kansberekeningen, NIVEAU II

- First order second-moment method (analytische oplossing)
- Sterkte: Standaard normaal verdeeld: CoV 10%
- Spanning: Standaard normaal verdeeld: CoV 8%



Voordeel

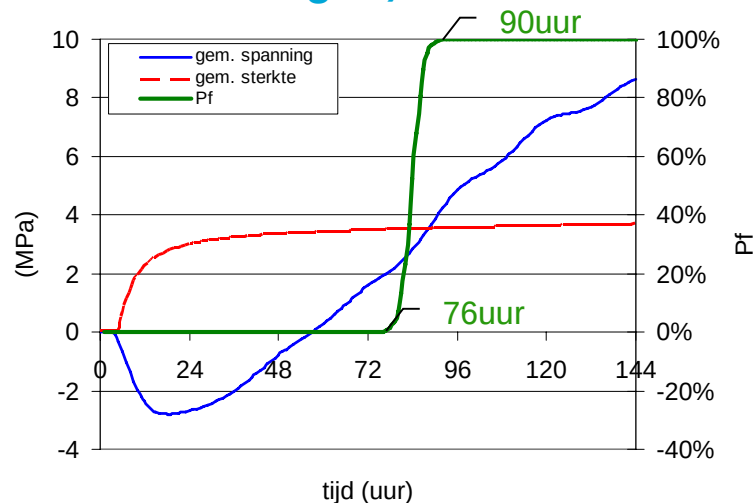
- Eenvoudige berekening
- Snel

Nadeel

- Parameters dienen een voor een gevarieerd te worden
- Geen waarheidsgetrouwe variatie mogelijk

11

Kansberekeningen, NIVEAU II



12

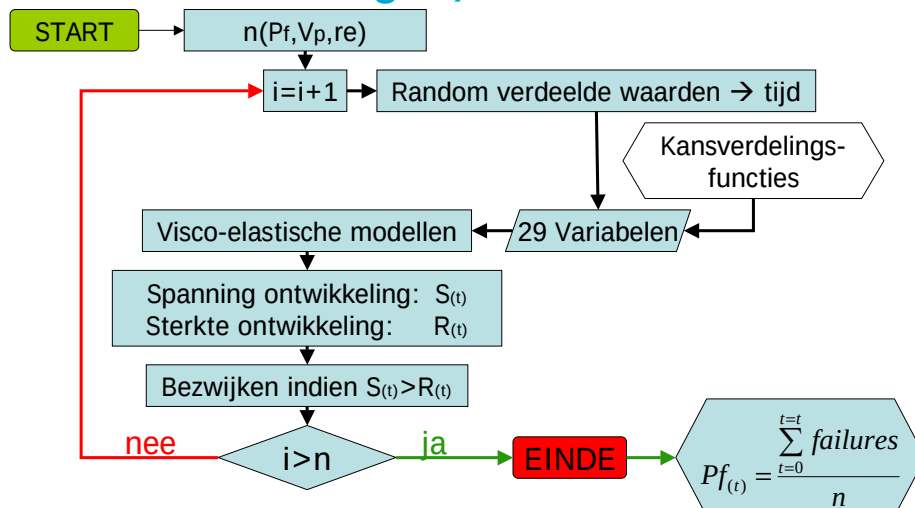
Kansberekeningen, NIVEAU III



- Crude **Monte Carlo** benadering:
 - Kansverdelingsfuncties van alle parameters
 - Resultaten van proeven worden gebruikt om de kansverdelingsfuncties te bepalen
 - Velen simulaties uitvoeren, met verschillende input
- Gesimuleerde data:
 - Kans op bezwijken
 - Invloed parametervariatie op visco-elastische modellen

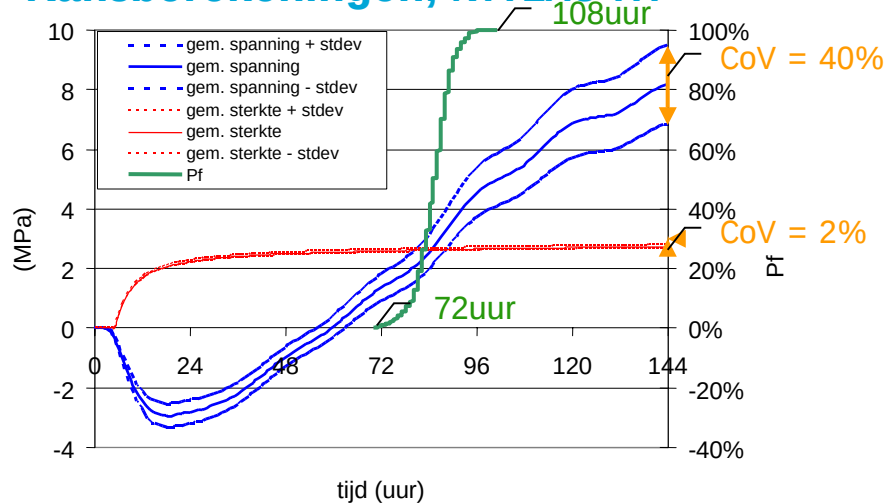
13

Kansberekeningen, NIVEAU III



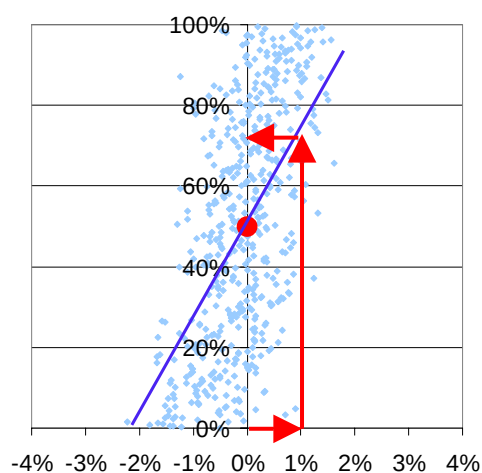
14

Kansberekeningen, NIVEAU III



15

Kansberekeningen, PARAMETERSTUDIE



**Initiele betontemperatuur
(Kleinste kwadraten methode)**

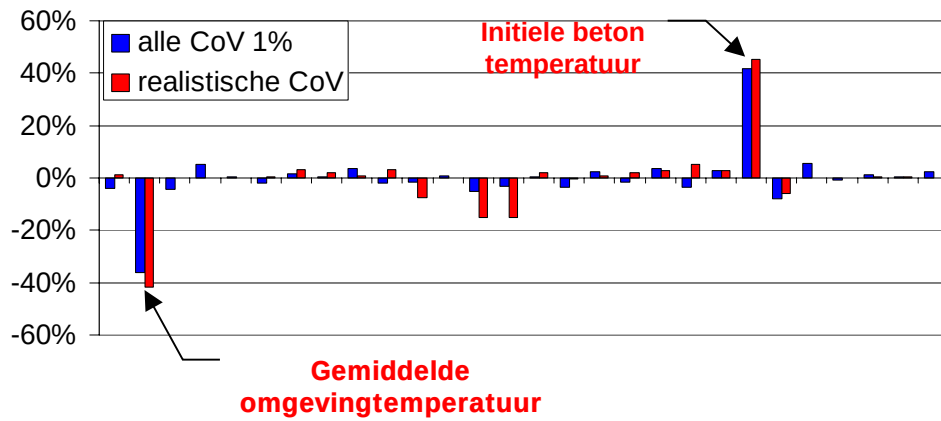
Toename temp. met 1%

Toename kans op scheuren
van 50% naar 71%

42% grotere scheurkans

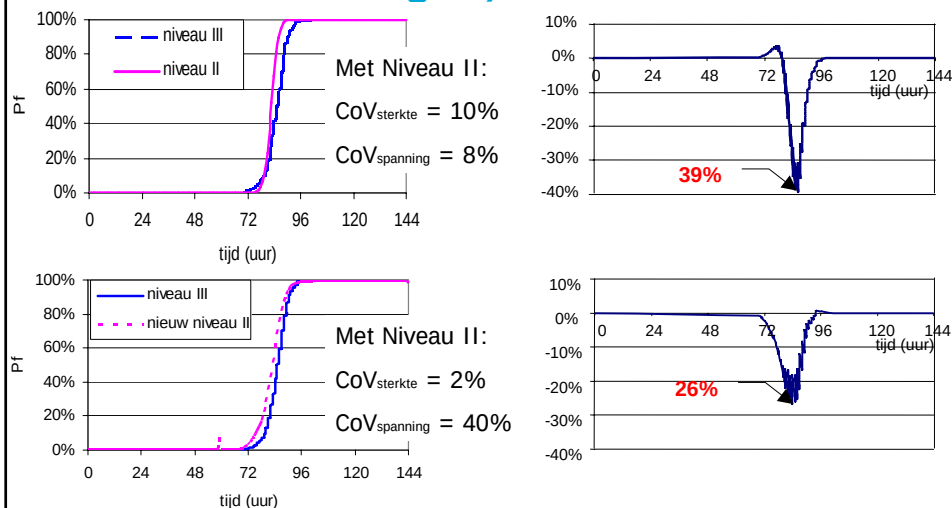
16

Kansberekeningen, PARAMETERSTUDIE



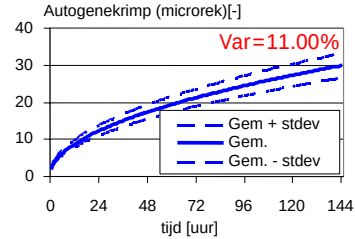
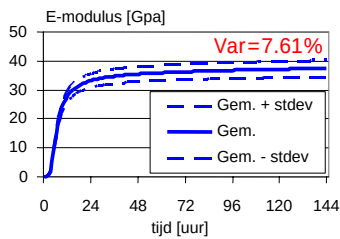
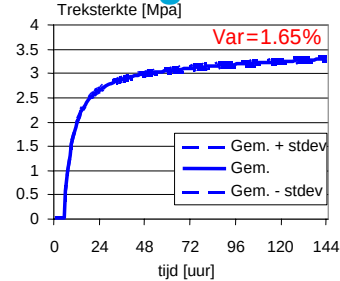
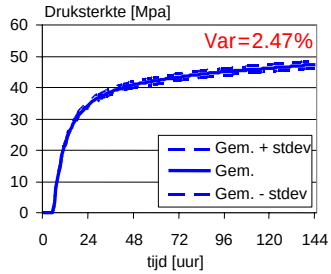
17

Kansberekeningen, NIVEAU II vs. III



18

Invloed model onnauwkeurigheden



19

Invloed model onnauwkeurigheden

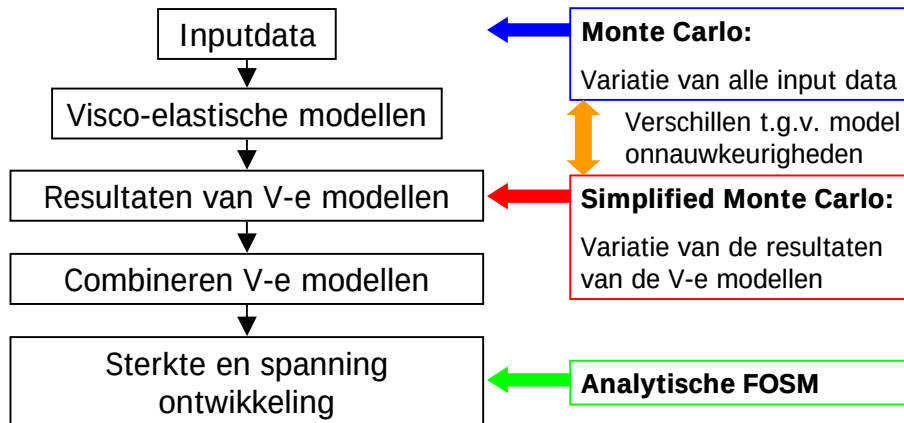
	Monte Carlo simulaties	Round Robin test resultaten
Druksterkte	2.47%	10%
Treksterkte	1.65%	20%
E-modulus	7.61%	15%
Autogene krimp	11.00%	30%

Algemeen: Onderschatting →

Parametrische fouten
Fluctuaties in observaties
Negeren Fysische variabelen

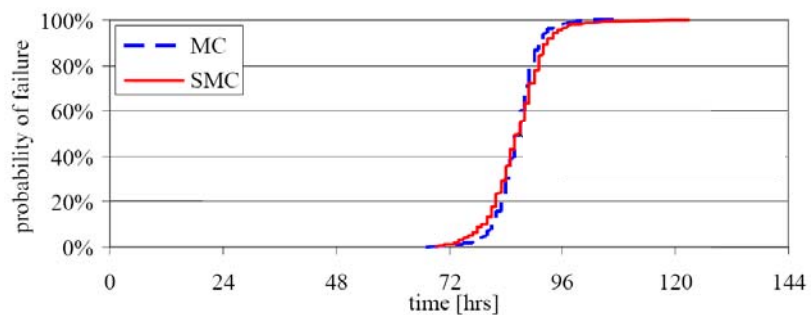
20

Invloed model onnauwkeurigheden



21

Invloed model onnauwkeurigheden



Model onnauwkeurigheid → 8% verschil in Pf

Kritische zone (Pf 50%→100%) → MC is bovengrens

22

Conclusies

- Dominante parameters zijn:
 - gem. omg.temperatuur
 - initiële betontemperatuur
- Verschil tussen niveau II en niveau III is 39% hetgeen gereduceerd kan worden tot 26%
- Niveau > Niveau II > Niveau III
- Variaties van Visco-elastische modellen worden onderschat dmv Monte Carlo simulaties
- Model onzekerheden leiden tot 8% verschil in P_f
- Negeren van model onzekerheden leidt tot een bovengrens van de kans op bezwijken.

23

Thank you for your attention



24