

Sanne van Aken

29-11-2012

Scheurvorming aan de buitenzijde van een tunnel door een brand in één tunnelbuis



Introductie

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling

AFKOELING



ONTLASTEN/ BELASTEN

SCHEURWIJDTE



Dia 2 van 46

Introductie

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling

Onderzoeksvraag:

Wat voor invloed heeft opwarming en afkoeling (brand) in één tunnelbuis van een tunnel op de scheurwijdte en op de duurzaamheid van de afgezonken tunnel?

Scheurwijdte neemt toe tijdens afkoelfase



Dia 3 van 46

Inhoudsopgave

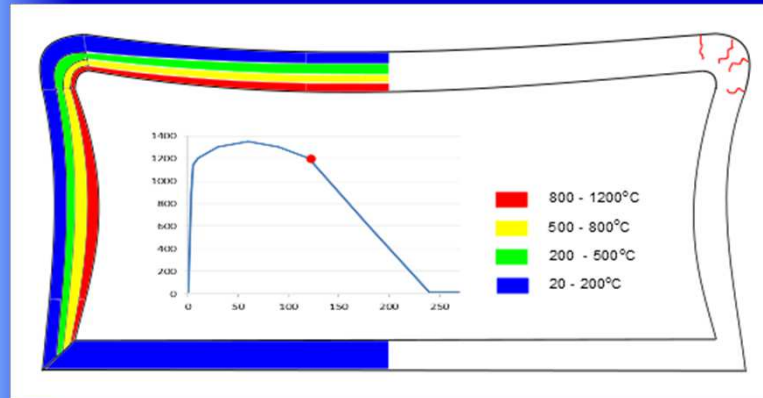
- Intro
 - Model
 - Thermisch
 - Materiaal
 - Validatie
 - Resultaten
 - Conclusie
 - Aanbeveling
- Introductie
 - Eindige-elementenmodel
 - Thermische analyse
 - Materiaalmodel
 - Implementatie en validatie
 - Resultaten
 - Conclusie
 - Aanbevelingen



Dia 4 van 46

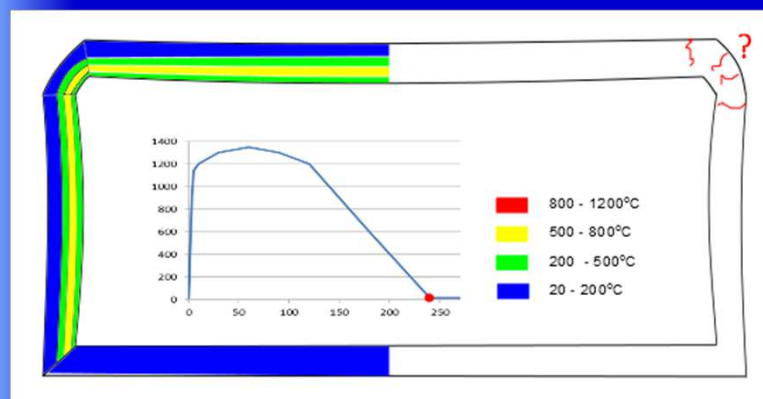
Introductie

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



Introductie

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling

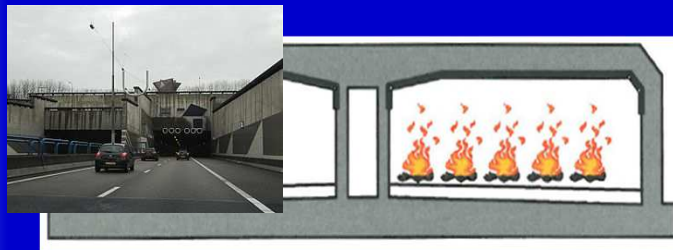
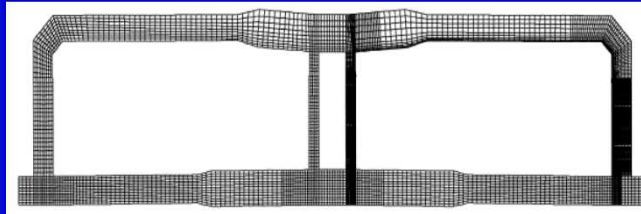


Eindige-elementenmodel

- Intro
- **Model**
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



Dia 7 van 46

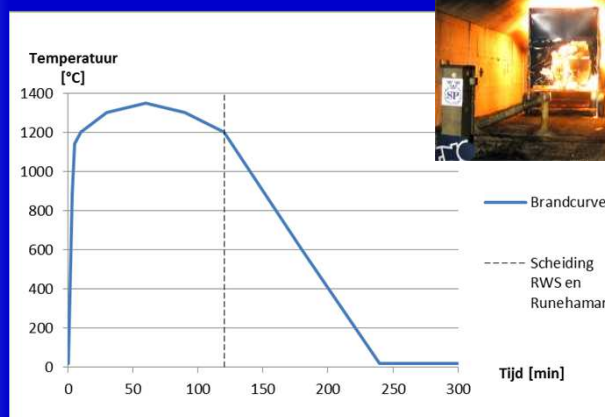


Thermische analyse

- Intro
- Model
- **Thermisch**
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



Dia 8 van 46

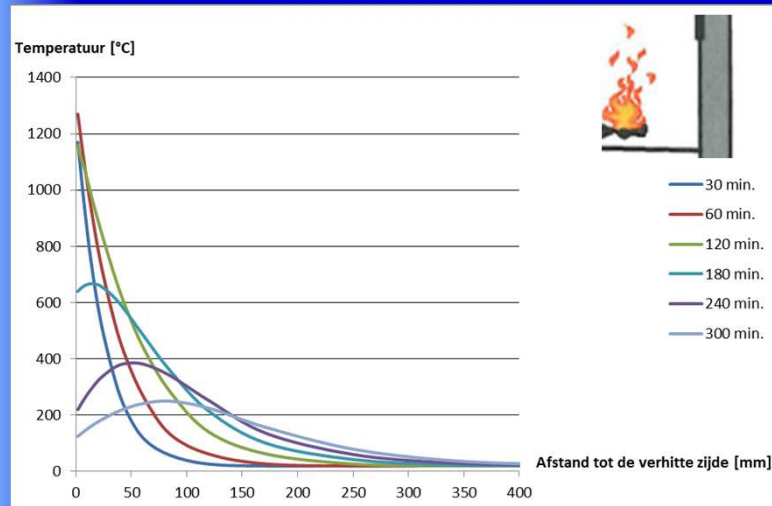


Temperatuur indringing beton

- Intro
- Model
- **Thermisch**
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



Dia 9 van 46



Materiaalmodel

- Intro
- Model
- Thermisch
- **Materiaal**
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



Dia 10 van 46

- Beton
 - Rekdecompositie
 - Spanning-rekdiagram
 - *Load induced thermal strain (LITS)*
 - Ontlasten/herbelasten

Rekdecompositie

- Intro
- Model
- Thermisch
- **Materiaal**
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling

$$\epsilon_{\text{totaal}} = \epsilon_{\text{mechanisch}} + \epsilon_{\text{thermisch}} + \epsilon_{\text{lits}}$$

$\epsilon_{\text{mechanisch}}$ Spanning-rekrelatie

$\epsilon_{\text{thermisch}}$ Volgt uit temperatuurprofiel

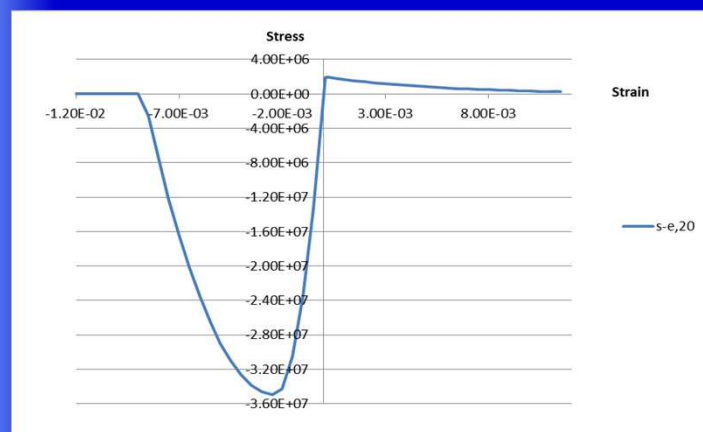
ϵ_{lits} Reduceert thermische rek



Dia 11 van 46

Spanning-rekdiagram

- Intro
- Model
- Thermisch
- **Materiaal**
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



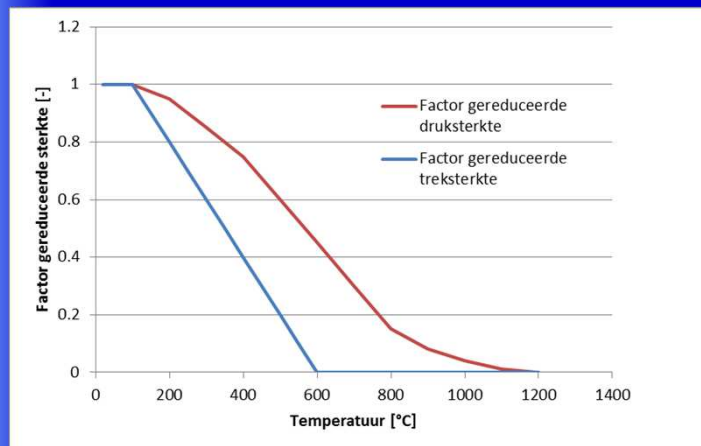
Dia 12 van 46

Temperatuurafhankelijkheid

- Intro
- Model
- Thermisch
- **Materiaal**
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



Dia 13 van 46

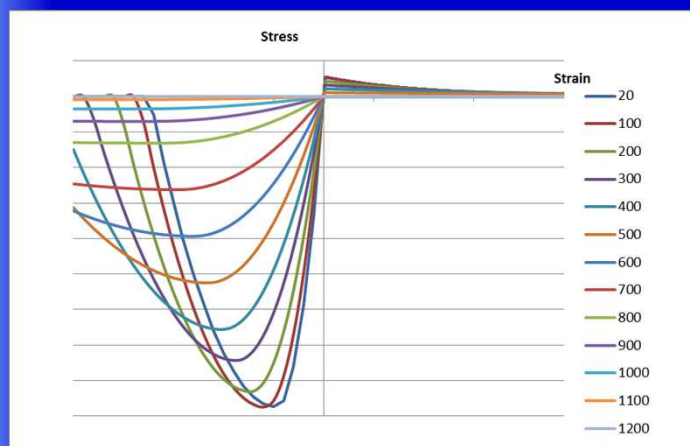


Spanning-rekdiagram

- Intro
- Model
- Thermisch
- **Materiaal**
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling

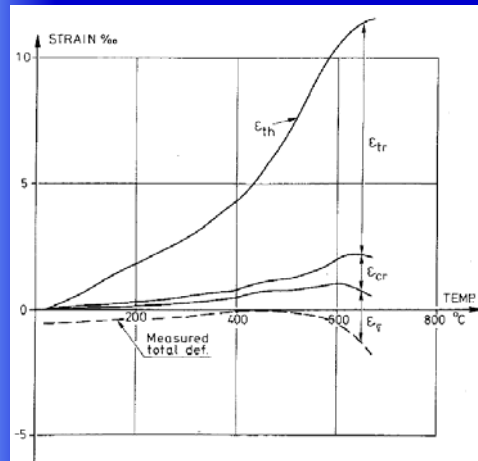


Dia 14 van 46



Load induced thermal strain

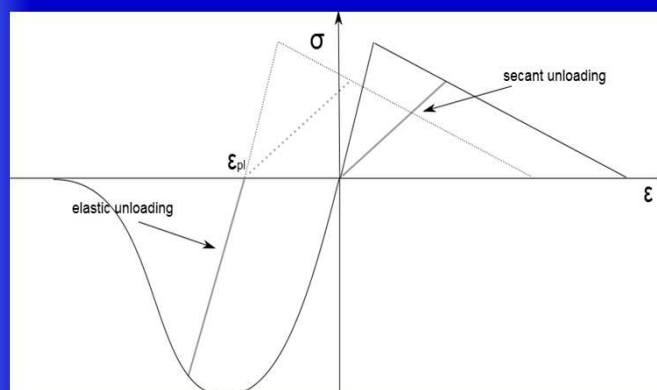
- Intro
- Model
- Thermisch
- **Materiaal**
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



- Druk belasting
- Vermindering thermische rek

Ontlasten/herbelasten

- Intro
- Model
- Thermisch
- **Materiaal**
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling

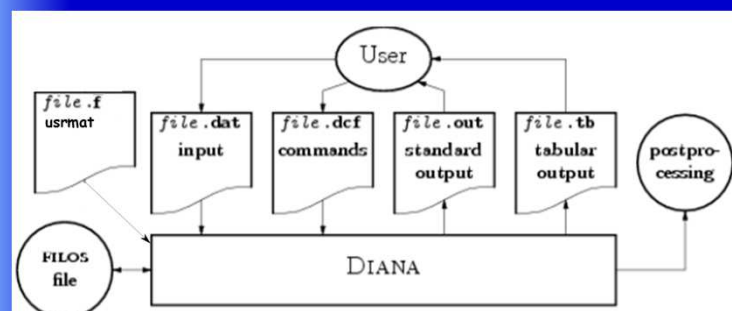


Implementatie

- Intro
 - Model
 - Thermisch
 - Materiaal
 - **Validatie**
 - Resultaten
 - Conclusie
 - Aanbeveling
- Materiaalmodel beschreven in USRMAT code
 - Rekdecompositie
 - Temperatuurafhankelijke materiaal-eigenschappen
 - Onomkeerbaarheid materiaaleigenschappen tijdens afkoelen

USRMAT code

- Intro
 - Model
 - Thermisch
 - Materiaal
 - **Validatie**
 - Resultaten
 - Conclusie
 - Aanbeveling
- Relatie tussen rek en spanning definiëren
 - Fortran 77
 - Staal en beton gedeelte in 1 code



USRMAT code

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- **Validatie**
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



Dia 19 van 46

- Opzet code
 - Materiaaleigenschappen vanuit .dat file binnenhalen
 - Temperatuur/temperatuursafhankelijke materiaaleigenschappen bepalen
 - Bepaal mechanische rek
 - Bereken bijbehorende spanning en stijfheid
 - Spannings-rek diagram
 - Bepaling ontlasten/belasten

USRMAT code

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- **Validatie**
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



Dia 20 van 46

- Aandachtspunten
 - Voldoende uitleg toevoegen zodat code ook door andere wordt begrepen
 - Definitie eigenschappen
 - Uitleg van berekening
 - Opletten met benoemen van eigenschappen en bestandsnaam
 - Opletten met nummering van DO-loops
 - User state variabelen kunnen worden gebruikt voor opslag van bepaalde eigenschappen
 - Let op nummering en plaats waar de variabelen worden ge-update

USRMAT code

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



```

C...      LOADING/UNLOADING/RELOADING
DO 150 X=1, 2
  IF (EZ(X) .LT. EPL(X) .AND. DE(X) * SZP(X) .GE. 0.D0) THEN      ! compression
    SZ(X) = SIGN(MIN(ABS(SSC(X,6)), ABS(SSC(X,1))), DE(X))
  IF (EZ(X) .EQ. 0.D0 .OR. SZ(X) .EQ. 0.D0 ) THEN
    STIFFTEMPZ(X) = YNGSC(X)
  ELSE
    STIFFTEMPZ(X) = SZ(X)/EZ(X)
  END IF
  ELSE IF (EZ(X) .LT. EPL(X) .AND. DE(X) .LT. 0.D0
    .AND. SZP(X) .GE. 0.D0) THEN      ! strain reversal
    ! tension -> compression
    SZ(X) = SIGN(MIN(ABS(SSC(X,6)), ABS(SSC(X,1))), DE(X))
  IF (EZ(X) .EQ. 0.D0 .OR. SZ(X) .EQ. 0.D0 ) THEN
    STIFFTEMPZ(X) = YNGSC(X)
  ELSE
    STIFFTEMPZ(X) = SZ(X)/EZ(X)
  END IF
  ELSE IF (DE(X) .GT. 0.D0 .AND. SZP(X) .LE. 0.D0) THEN      ! strain reversal
  IF (EZ(X) .LT. EMAXT(X)) THEN      ! compression -> tension
    SZ(X) = SSC(X,5)/EA(X,5) * EA(X,4)
  IF (EZ(X) .EQ. 0.D0 .OR. SZ(X) .EQ. 0.D0 ) THEN
    STIFFTEMPZ(X) = YNGSC(X)
  ELSE
    STIFFTEMPZ(X) = SZ(X)/EZ(X)
  END IF
  ELSE
    STIFFTEMPZ(X) = SZ(X)/EZ(X)
  END IF
  ELSE IF (EZ(X) .EQ. 0.D0 .OR. SZ(X) .EQ. 0.D0 ) THEN
    STIFFTEMPZ(X) = YNGSC(X)
  ELSE
    STIFFTEMPZ(X) = SZ(X)/EZ(X)
  END IF
  END IF

```

Dia 21 van 46

Validatie

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling

- Materiaalmodel beschreven in USRMAT code
 - Rekdecompositie
 - Temperatuurafhankelijke materiaal-eigenschappen
 - Onomkeerbaarheid materiaaleigenschappen tijdens afkoelen
- Validatie
 - Eén-elementmodel
 - Balkmodel



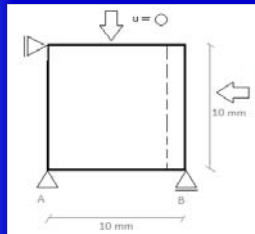
Dia 22 van 46

Eén-elementmodel

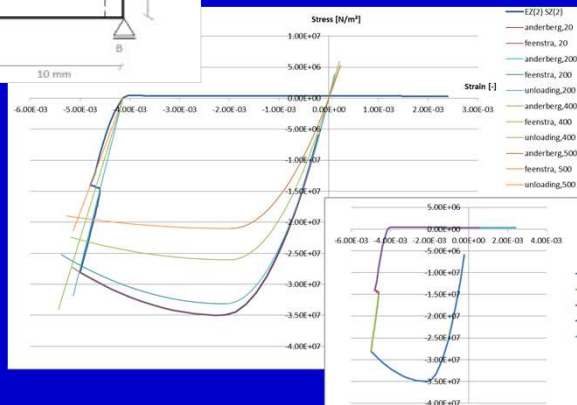
- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- **Validatie**
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



Dia 23 van 46

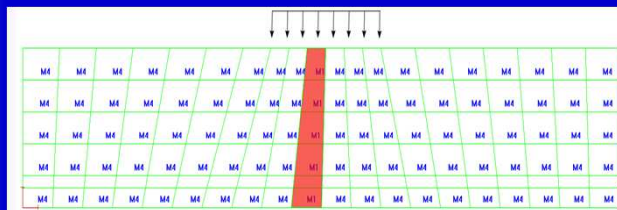


Model Crisfield



Balkmodel

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- **Validatie**
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



Time [sec]	0	120	300	800	1200	1800
Load factor	0	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Temperature	20	20	200	500	200	20



Dia 24 van 46

Balkmodel

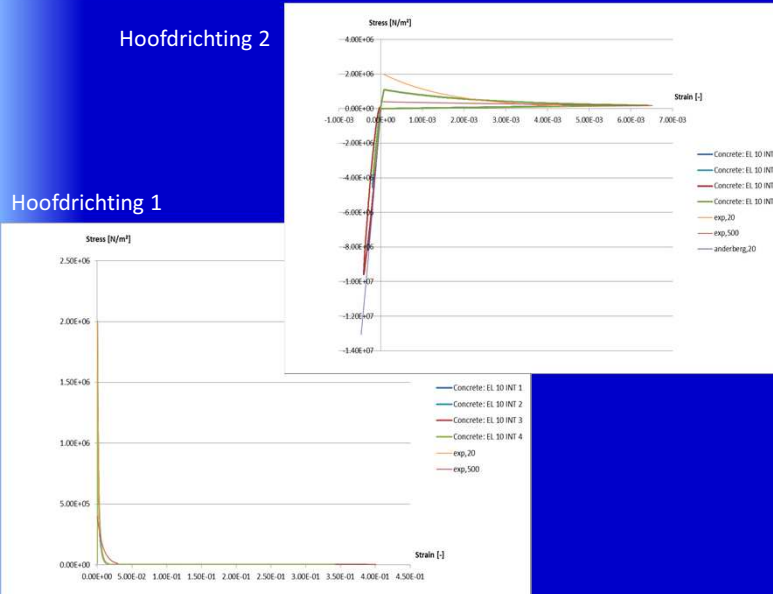
Hoofdrichting 2

Hoofdrichting 1

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- **Validatie**
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling



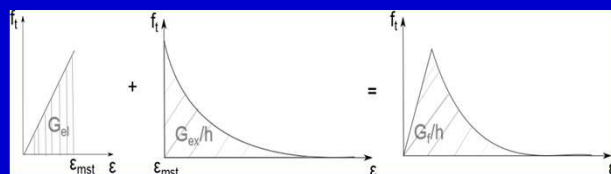
Dia 25 van 46



Aanpassingen code

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- **Validatie**
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling

- Spanning-rekrelatie



- Treksterkte onafhankelijk van temperatuur



Dia 26 van 46

Resultaten

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- **Resultaten**
- Conclusie
- Aanbeveling

- Eigen gewicht + permanente belasting
- Opwarmfase
- Afkoelfase

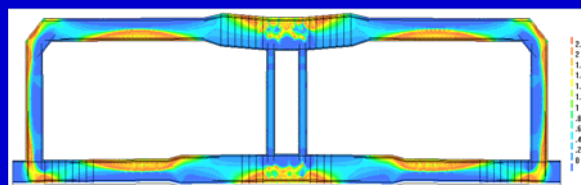


Dia 27 van 46

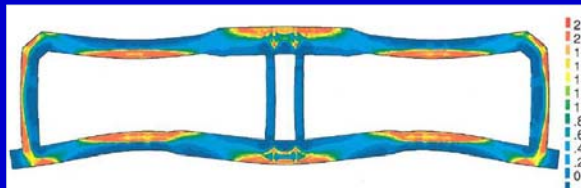
Eigen gewicht + permanente belasting

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- **Resultaten**
- Conclusie
- Aanbeveling

Hoofdtrekspanning, USRMAT model



Hoofdtrekspanning, TNO 2007



Dia 28 van 46

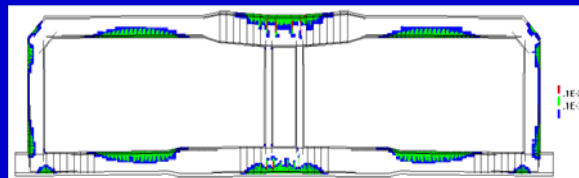
Eigen gewicht + permanente belasting

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- **Resultaten**
- Conclusie
- Aanbeveling

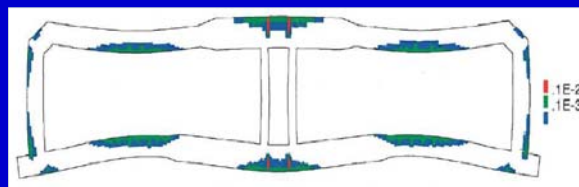


Dia 29 van 46

Hoofdtrekrek, USRMAT model



Scheurrek, TNO 2007



Factoren die resultaat beïnvloeden

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- **Resultaten**
- Conclusie
- Aanbeveling



Dia 30 van 46

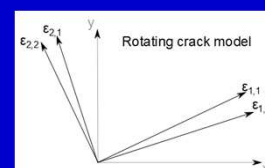
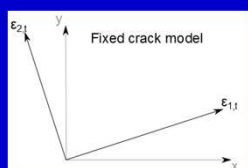
- *Load induced thermal strain*
- Spanning-rekdiagram
Druk: Thorenfeldt
Trek: Lineair



Anderberg/Feenstra
Exponentieel



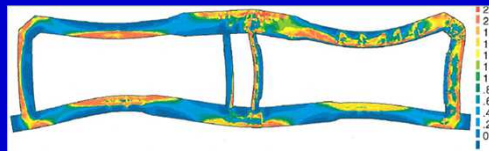
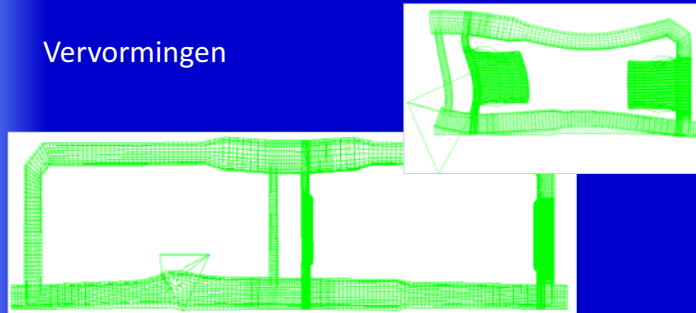
- Fixed – rotating scheurmodel



Opwarmfase

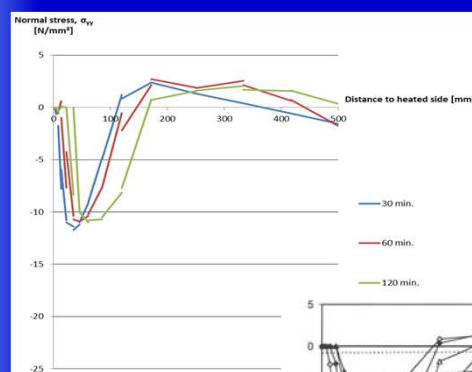
- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- **Resultaten**
- Conclusie
- Aanbeveling

Vervormingen

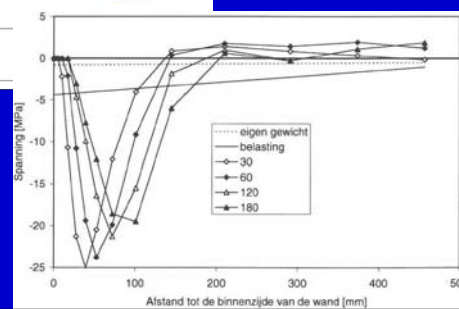


Opwarmfase

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- **Resultaten**
- Conclusie
- Aanbeveling



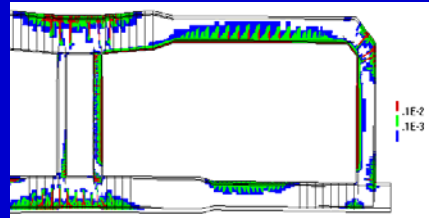
Normaalspanning
in de midden
wand



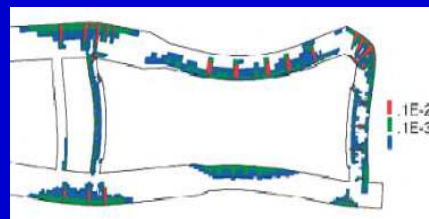
Opwarmfase

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- **Resultaten**
- Conclusie
- Aanbeveling

Hoofdtrekrek,
120 min,
USRMAT model



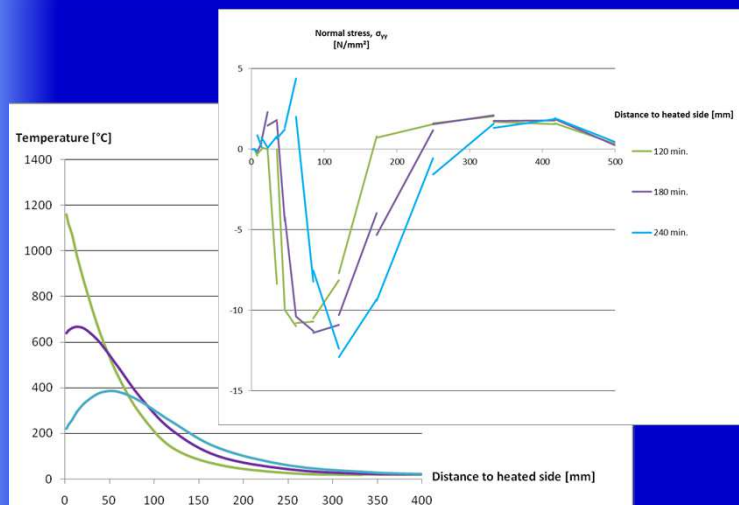
Scheurrek,
120 min,
TNO 2007

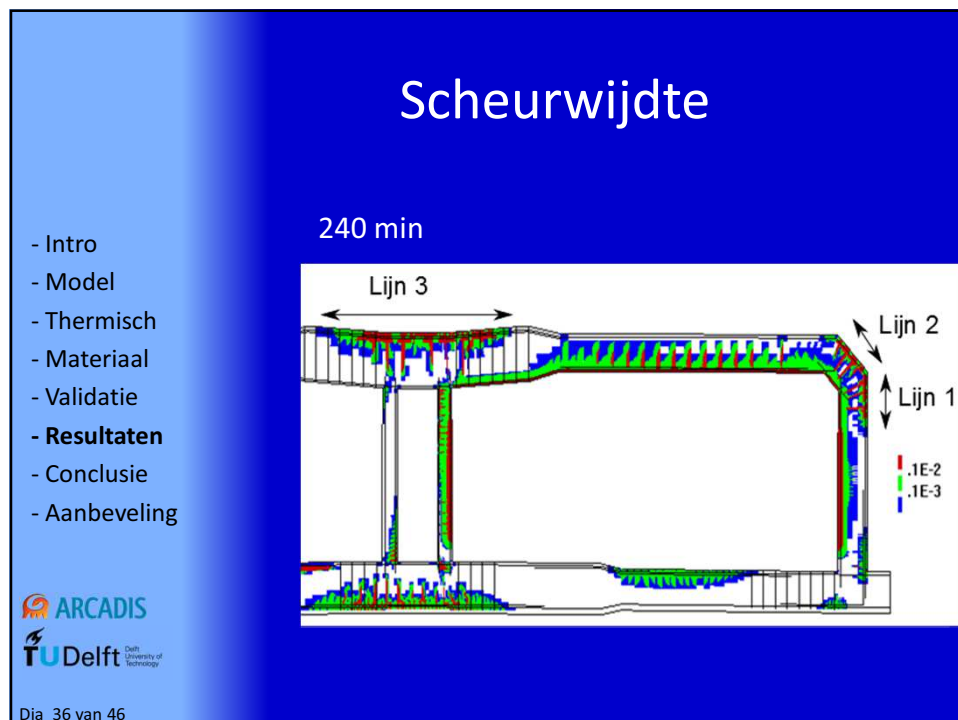
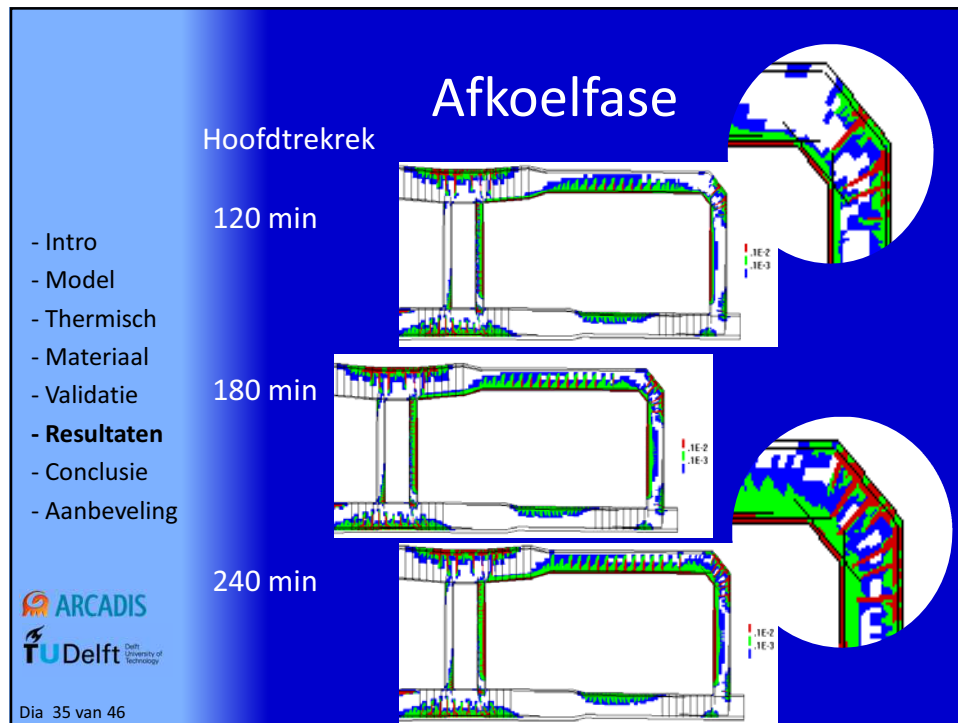


Afkoelfase

Normaalspanning in de middenwand

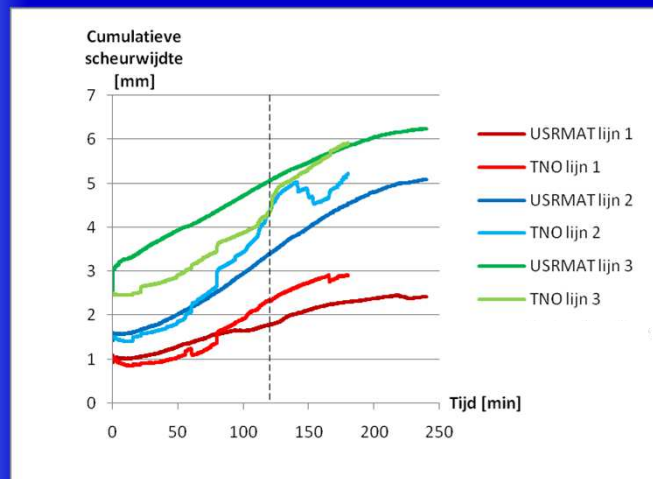
- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- **Resultaten**
- Conclusie
- Aanbeveling





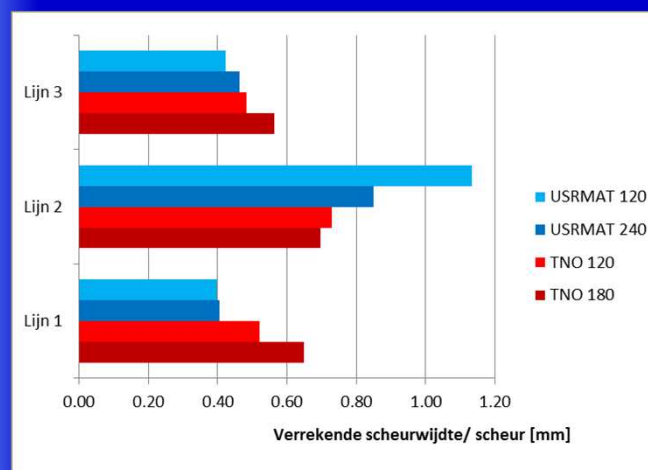
Cumulatieve scheurwijdte

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- **Resultaten**
- Conclusie
- Aanbeveling



Gemiddelde scheurwijdte

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- **Resultaten**
- Conclusie
- Aanbeveling



Conclusie

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- **Conclusie**
- Aanbeveling

- Tijdens de afkoelfase neemt de scheurwijdte toe
- Invloed op de duurzaamheid, scheuren buitenzijde
- Verminderde dwarskrachtcapaciteit
- LITS heeft invloed op de scheurvorming
- Instabiele berekening door onder andere het gebruikte USRMAT model
- Meer onderzoek nodig



Dia 39 van 46

Aanbevelingen

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- **Aanbeveling**

- Onderzoek invloed hoeveelheid isolatie
- Onderzoek invloed scheurwijdte op duurzaamheid
- Meer inzicht in gedrag beton tijdens brand
- Uitbreiden van materiaalmodel
 - Koud gevormd staal
 - Grid wapening
 - Bi-axiale spanningstoestand
 - *Poisson ratio*
- USRMAT code verbeteren



Dia 40 van 46

Dank u voor uw aandacht

- Intro
- Model
- Thermisch
- Materiaal
- Validatie
- Resultaten
- Conclusie
- Aanbeveling

Dia 41 van 46



Load induced thermal strain

Belasten → verhitten

Verhitten → belasten

