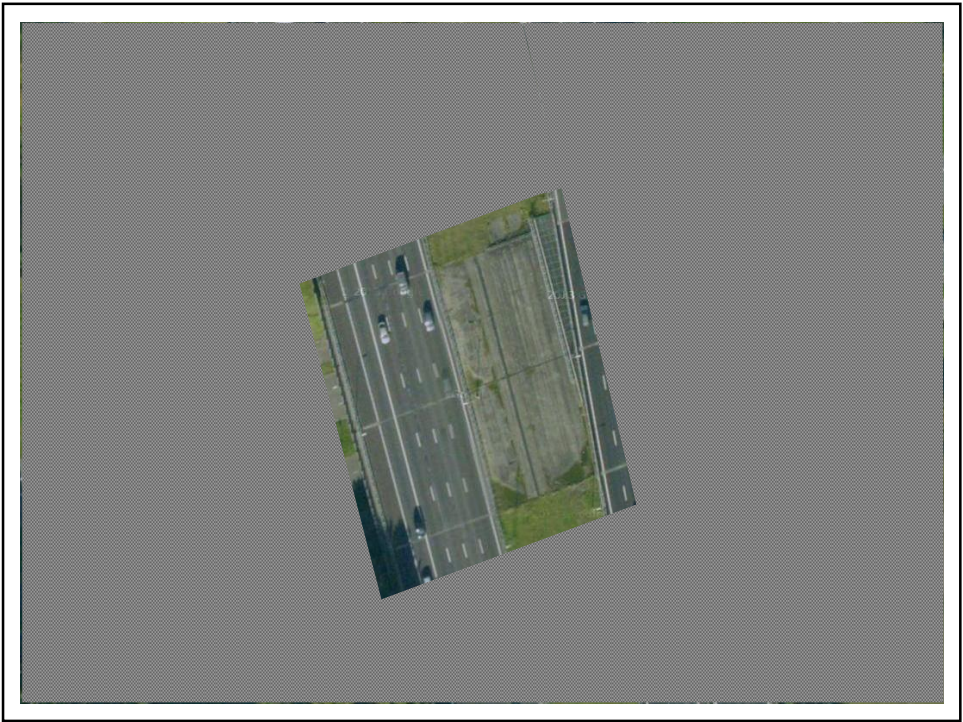
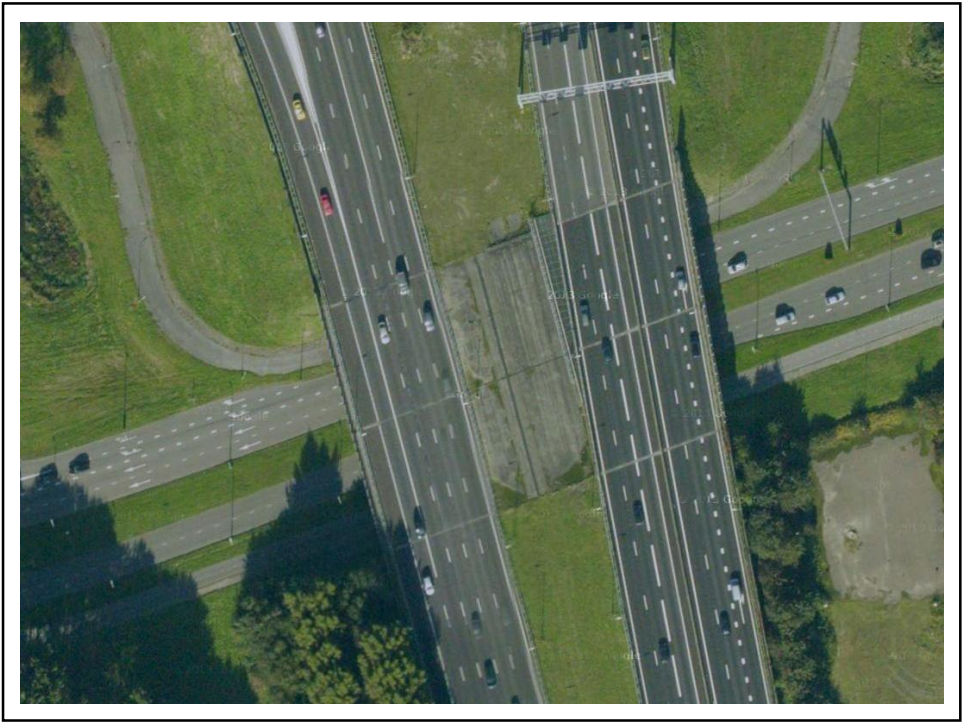
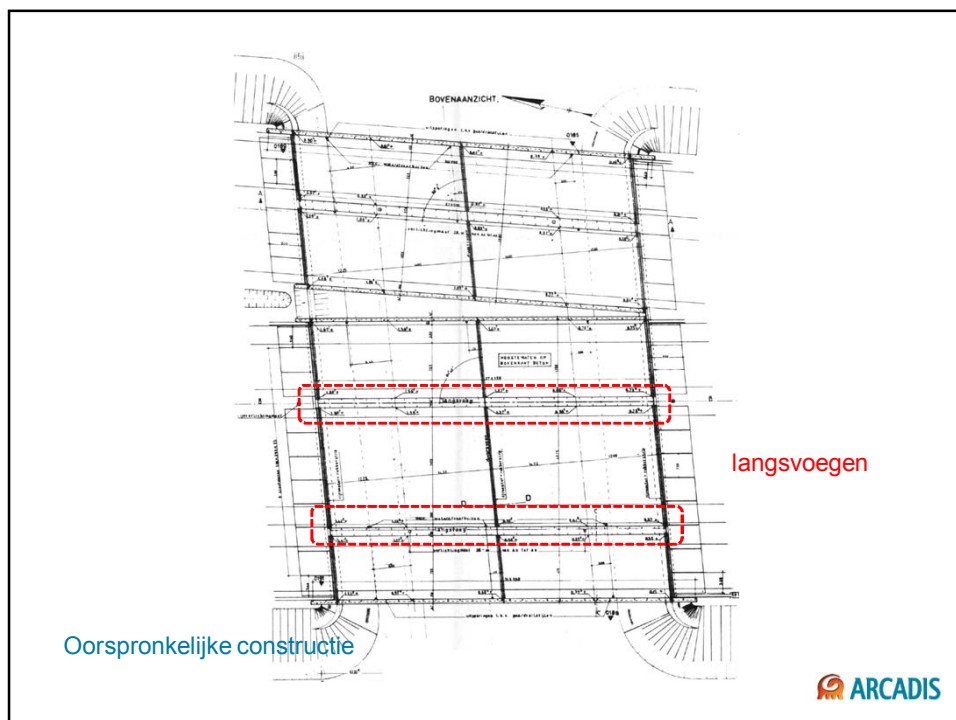
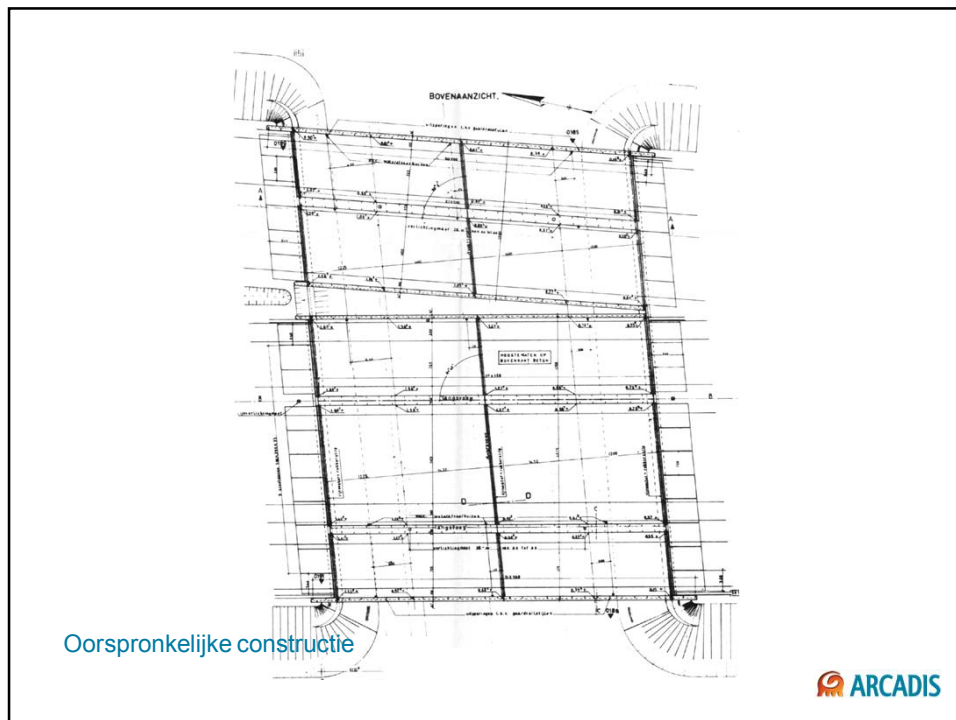




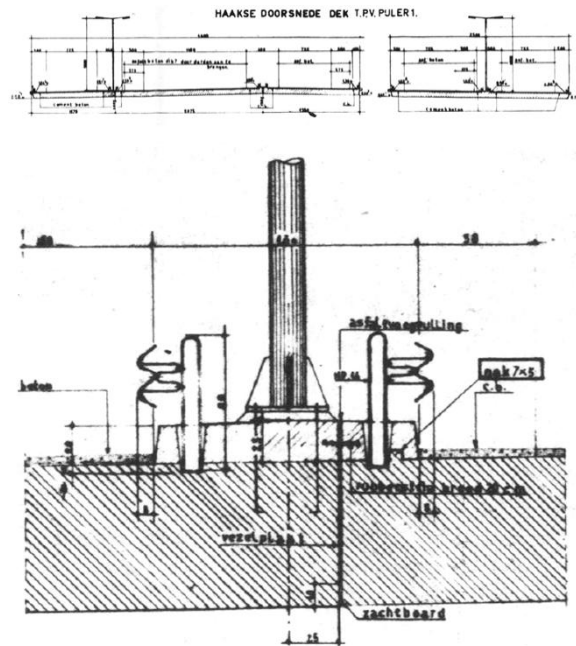
wie, wat, waar?



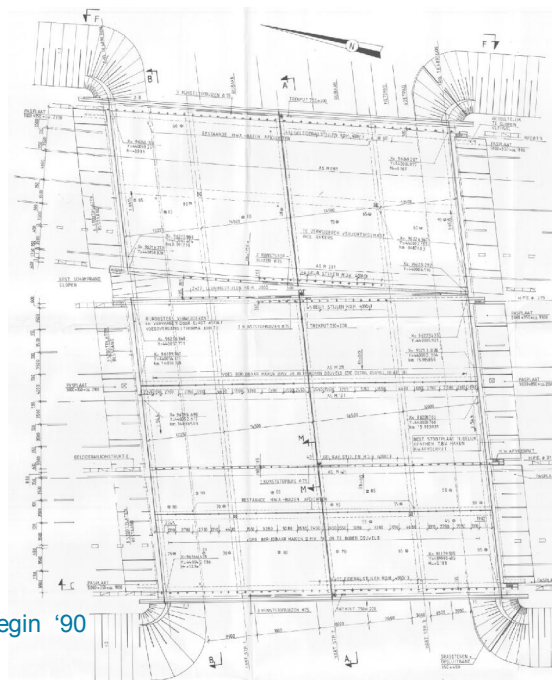


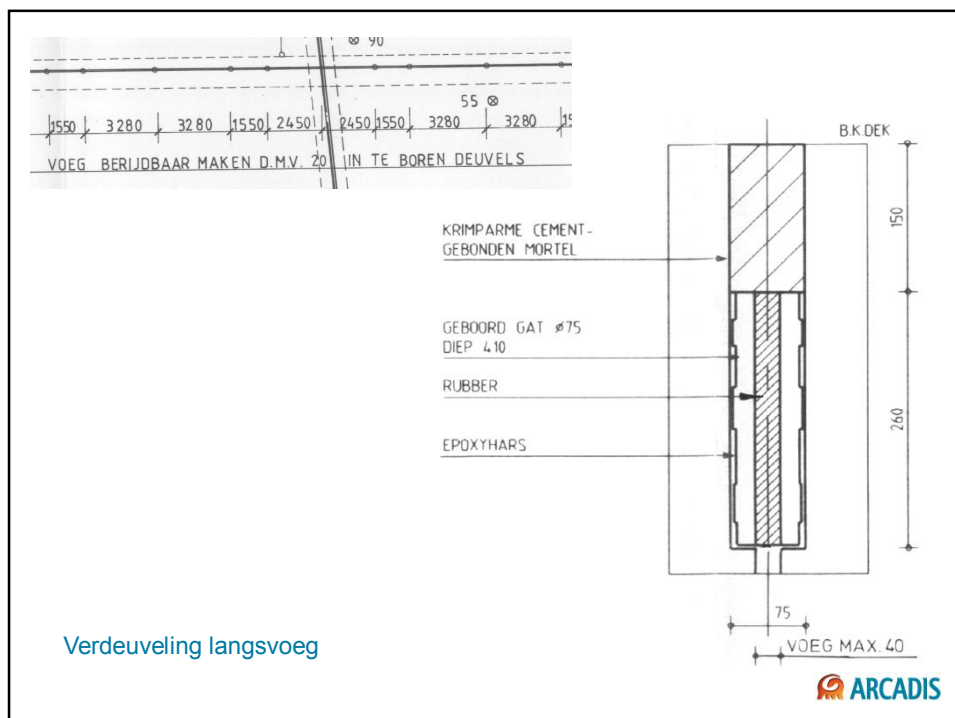
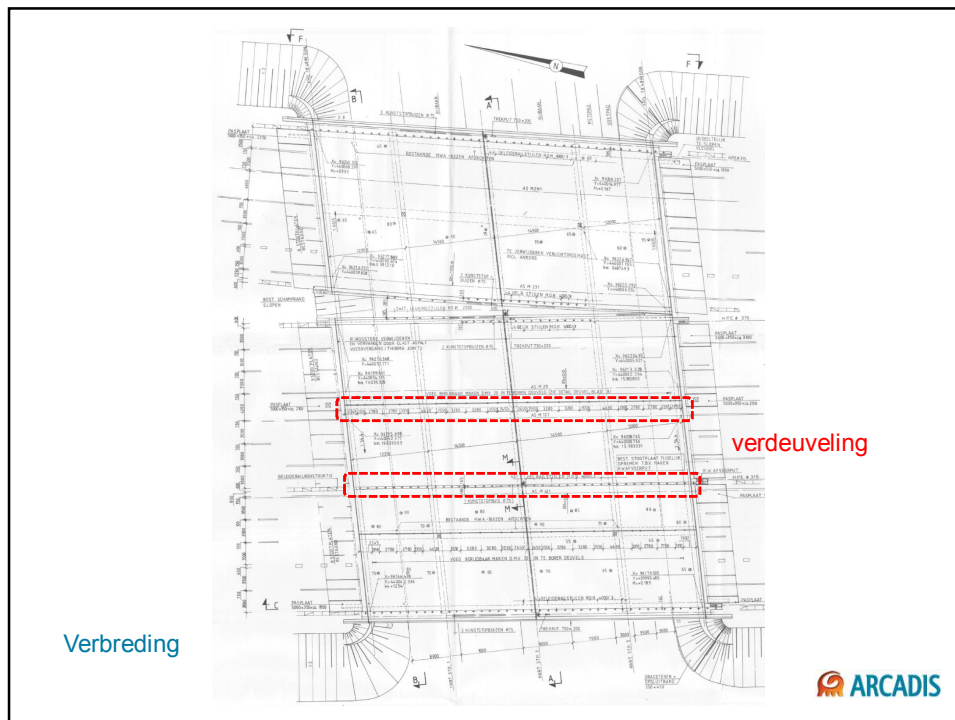


Doorsnede

Detail
langsvoeg

Verbreiding begin '90





herberekening

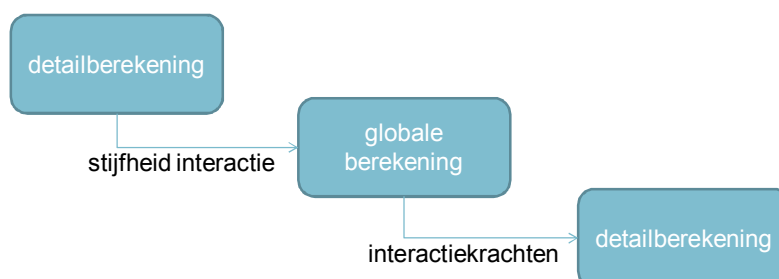
- 3D / volume-elementen
- Berekening volledige viaduct
- Detailtoetsing deuvels

Dia 13 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



Detailanalyse deuvels

- Bepalen stijfheid interactie tussen dekken
- Toetsing sterkte deuvelverbinding



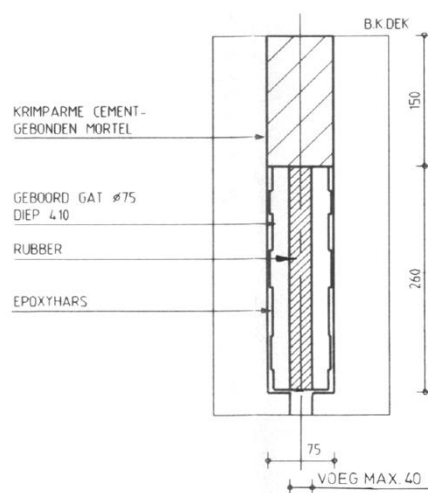
Dia 14 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



modelbeschrijving



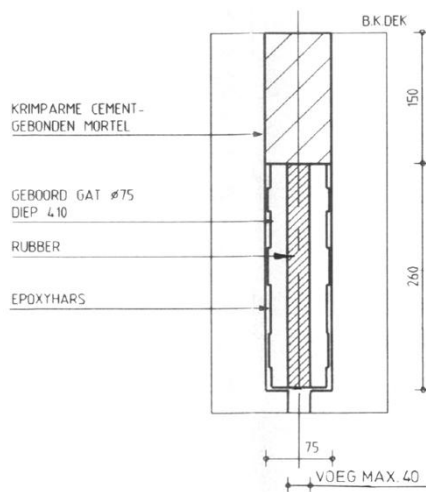
wat weten we?



en wat niet?

- rond?
- twee stalen helften met rubber?
- wat voor rubber?
- wat doet de mortel?
- wat voor mortel?

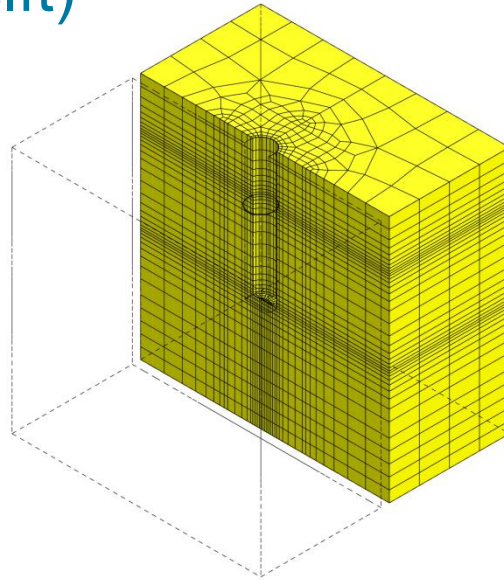
→ aannames (expliciet maken!)



algemene beschrijving

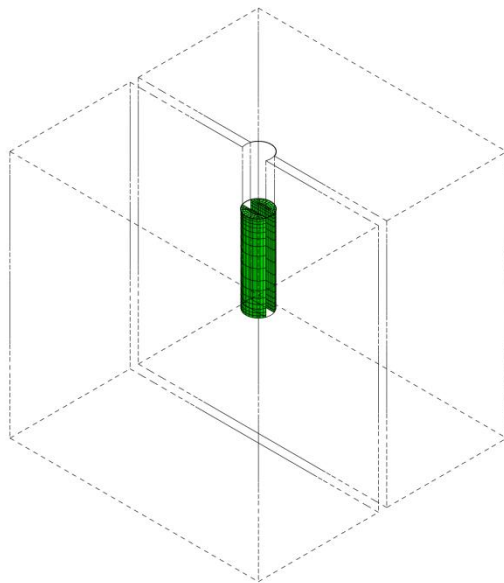
- blok $0,75 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 0,75 \text{ m}$ (dekdikte, b en l $10 \times \varnothing_{\text{deuvel}}$)
- voeg 25 mm (= rubberdikte, opgemeten)
- deuvel = samengestelde cilinder $\varnothing 75 \text{ mm}$
 - 25 mm staal
 - 25 mm rubber
 - 25 mm staal
- mortelvulling idem
- interface rondom 1 mm (afwezig aan één zijde mortel, i.v.m. onthechting)

beton (helft)



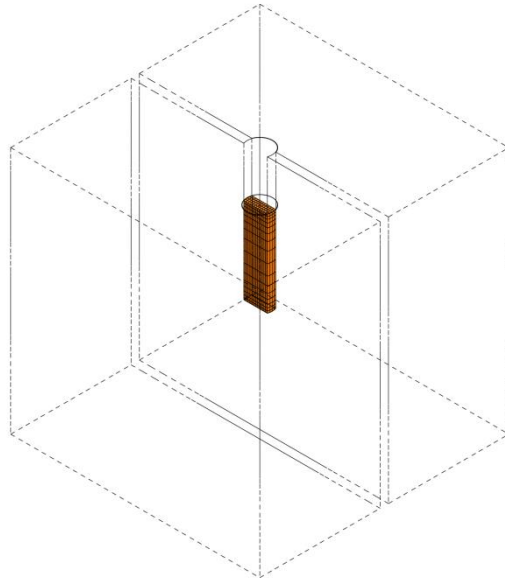
ARCADIS

staal



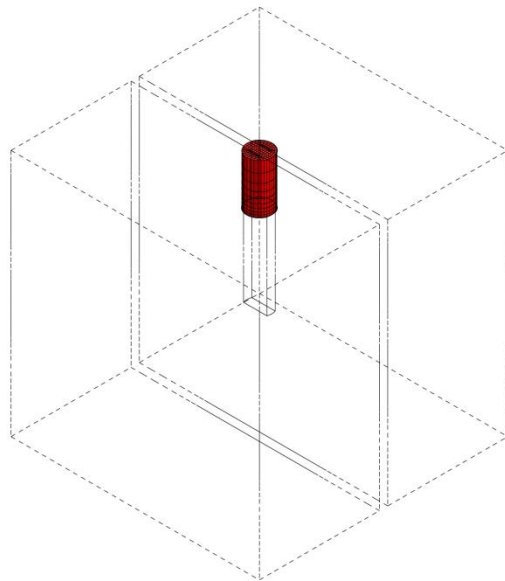
ARCADIS

rubber



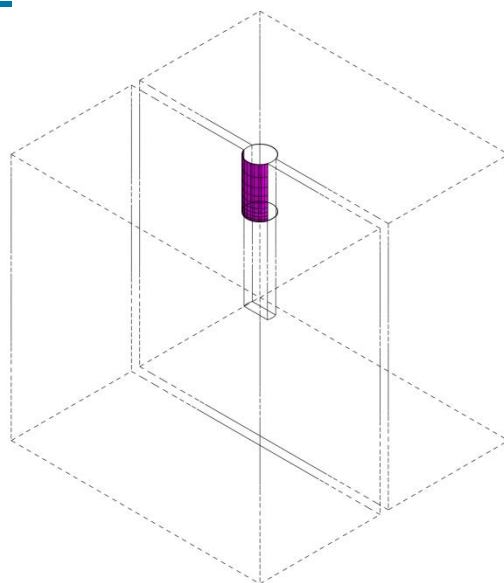
ARCADIS

mortel



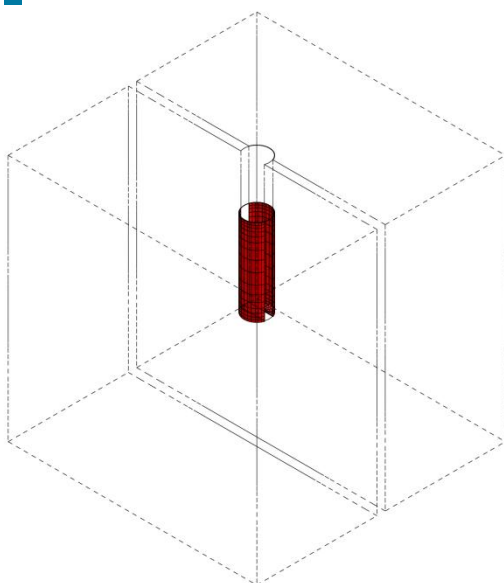
ARCADIS

ifc mortel-
beton



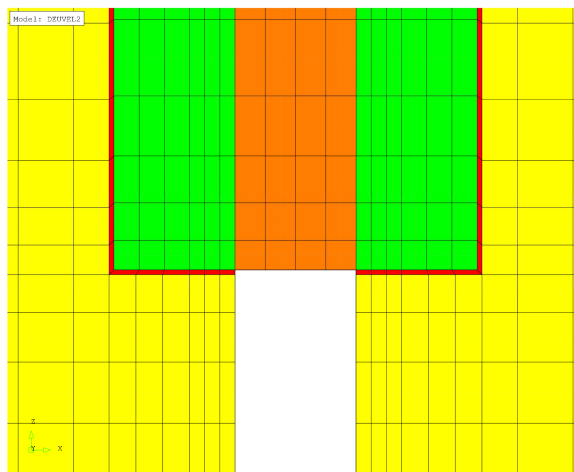
ARCADIS

ifc deuvel-
beton

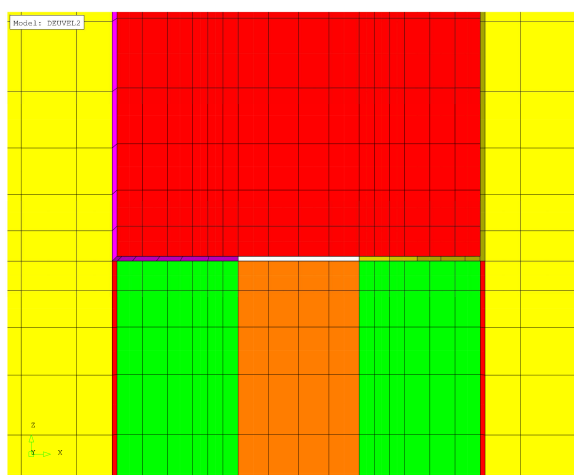


ARCADIS

detail onderzijde deuvel

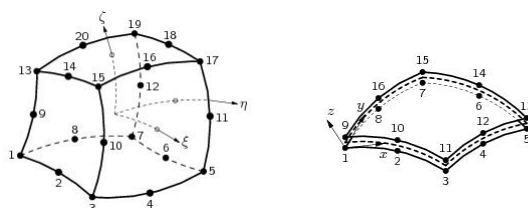


detail deuvel-mortel



elementennet

- spanningsconcentraties te verwachten → kleine elementen
- 32 elementen langs omtrek deuvel: $6 \times 6 \times 6 \text{ mm}^3$
- verticaal en radiaal toenemende elementgrootte
- kwadratische elementen: CHX60 en CQ48I



Dia 27 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



materiaalgedrag

```
'MATERIALS'
: beton
  1 YOUNG      3.400000E+10
    POISON    2.000000E-01
: rubber (gemodelleerd met E-modulus van 3 N/mm2 en dwarscontractie 0,49)
  2 YOUNG      3.000000E+06
    POISON    4.900000E-01
: mortel
  3 YOUNG      3.400000E+10
    POISON    2.000000E-01
: staal
  4 YOUNG      2.100000E+11
    POISON    3.000000E-01
: interfaces
  5 DSTIF      3.400000E+13    1.420000E+13
  6 DSTIF      3.400000E+13    1.420000E+13
  7 DSTIF      3.400000E+13    1.420000E+13
: puntmassa t.b.v. tyings en belasting
  8 MASS       1.
```

rubber: $G = 1 \text{ N/mm}^2$

mortel gelijk aan beton

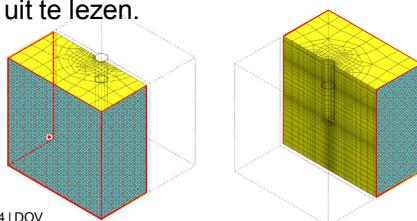
interface:
 $k_n = E/t, k_t = G/t$

Dia 28 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



randvoorwaarden

- rechterdeel
alle knopen op snijvlakken in alle translatierichtingen verhinderd
- linkerdeel
alle knopen op snijvlakken star verbonden (*eccentric tyings*) met één enkele knoop die in drie richtingen is opgelegd.
Dit om de opgelegde vervorming eenvoudig aan te brengen en de reactiekracht uit te lezen.

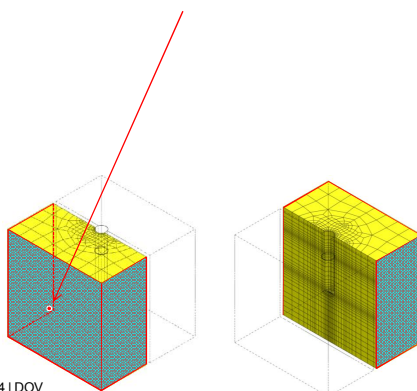


Dia 29 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



belastingen

- opgelegde verplaatsing 1 mm in de drie translatierichtingen



Dia 30 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



resultaten



verplaatsingen en oplegreacties (m, N)

```

Analysis type      LINSTA
Load case nr.     1

Nodnr      DtX      DtY      DtZ      FBX      FBZ      FBZ
73664      0.000E+00  0.000E+00  1.000E-03  1.231E-03  -6.344E-08  -7.517E+02

Load case nr.     2

Nodnr      DtX      DtY      DtZ      FBX      FBZ      FBZ
73664      0.000E+00  1.000E-03  0.000E+00  8.134E-08  -7.092E+02  -1.204E-07

Load case nr.     3

Nodnr      DtX      DtY      DtZ      FBX      FBZ      FBZ
73664      1.000E-03  0.000E+00  0.000E+00  -7.108E+03  8.748E-08  1.231E-03

```



stijfheden

- loodrecht op dek (z): 752 N/mm → 750 N/mm
- afschuiving in het vlak (y): 709 N/mm → 750 N/mm
- samendrukking / verwijding (x): 7110 N/mm → 7110 N/mm
- k_n : 7110 N/mm
- k_t : 750 N/mm

Dia 33 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond

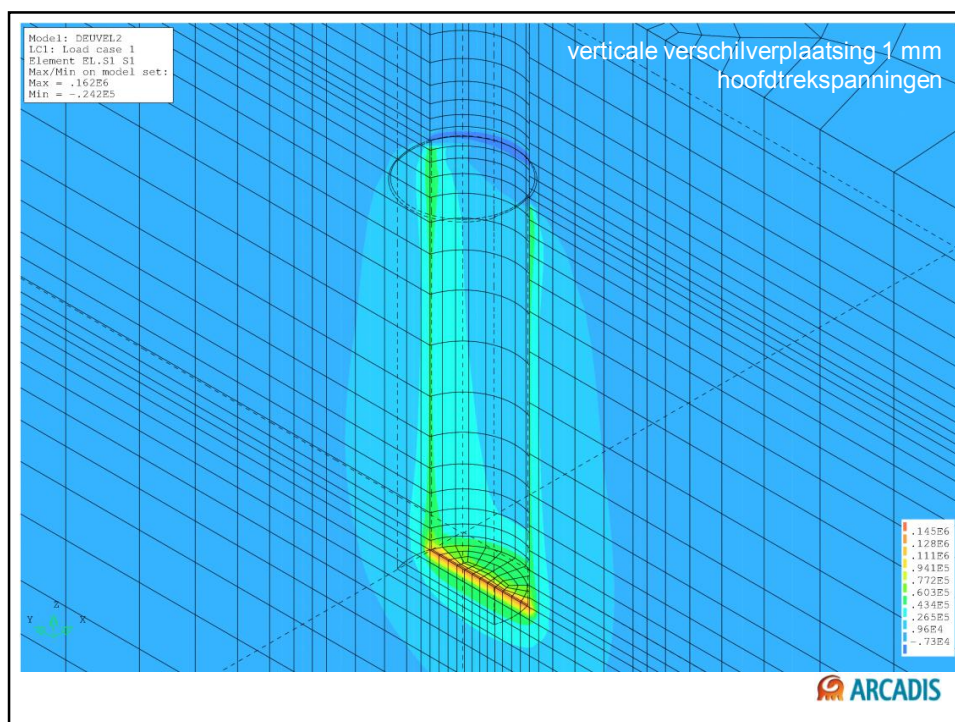


hoofdspanningen

- pre:
 - bij eenheidsbelasting
- post:
 - bij werkelijke verschilverplaatsing

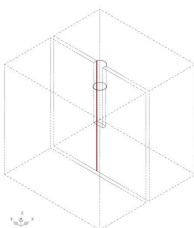
Dia 34 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond





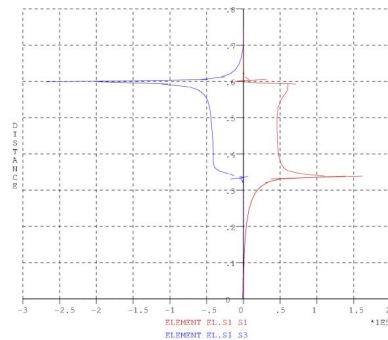
hoofdspanningen

- lijnfiguren



hoofdspanningen Δz 1 mm

0,269 N/mm²

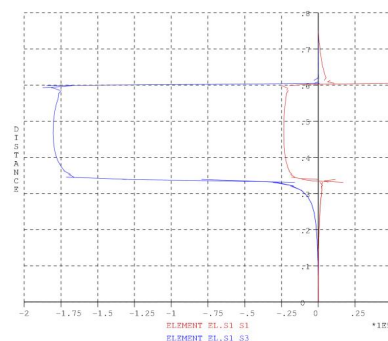


Dia 37 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



hoofdspanningen Δy 1 mm

0,187 N/mm²

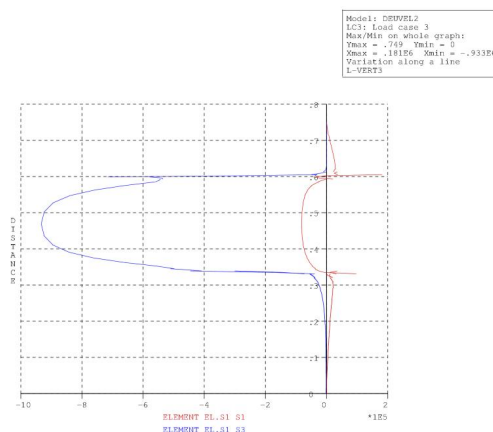


Dia 38 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



hoofdspanningen Δx 1 mm

0,933 N/mm²



Dia 39 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



toetsing

- uit globale berekening:
maatgevende verschilverplaatsing: 7 mm verticaal
- $7 \text{ mm} \times 0,269 \text{ N/mm}^3 = 1,88 \text{ N/mm}^2$
- opneembaar? Kijk naar sterkte op moment aanbrengen deuvels

Dia 40 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



toetsing 1: spanningen

- uit globale berekening:
maatgevende verschilverplaatsing: 7 mm verticaal
- $7 \text{ mm} \times 0,269 \text{ N/mm}^3 = 1,88 \text{ N/mm}^2$
- opneembaar? Kijk naar sterkte op moment aanbrengen deuveld

Dia 41 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



toetsing 1: spanningen

- sterkte-ontwikkeling conform NEN-EN 1992-1-1 par 3.2(9):

$$f_{ctm}(t) = (\beta_{cc}(t))^{\alpha} \cdot f_{ctm}$$

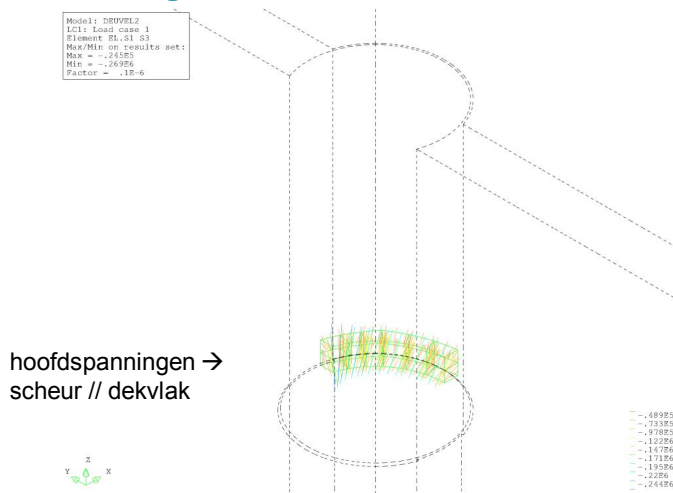
$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{1/2} \right] \right\}$$

- $t = 7300$ dagen: $f_{ctd}(t) = 1,24 \text{ N/mm}^2$ of $1,47 \text{ N/mm}^2$ ($s = 0,2$ of $0,38$)
- $1,47 \text{ N/mm}^2 < 1,88 \text{ N/mm}^2 \rightarrow$ scheurvorming mogelijk

Dia 42 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



toetsing 1: scheurvorming

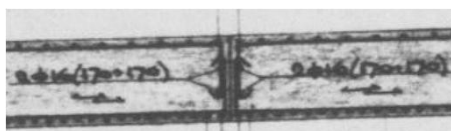
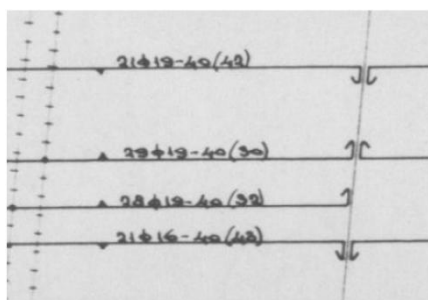


Dia 43 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



toetsing 2: kracht

- Na scheurvorming: wapening pakt kracht over → toets wapening
- $\varnothing 19-200$ omgezet, met haak beëindigd, met staaf $\varnothing 16$ in de haak



Dia 44 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



toetsing 2: kracht

- QR24 $\varnothing 19$
opneembaar: $209 \text{ N/mm}^2 \times \frac{1}{4} \pi (19 \text{ mm})^2 = 59,3 \text{ kN}$
- optredende kracht
 $7 \text{ mm} \times 750 \text{ N/mm} = 5,3 \text{ kN} < 59,3 \text{ kN}$ (uc = 0,09)
- spanningswisseling zeer laag (19 N/mm^2) $\rightarrow$ geen vermoeiing

Dia 45 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



tot slot

- eenvoudige 3D-detailanalyse voedt globaal model
- globaal model hoeft daardoor niet noodzakelijk ook 3D te zijn
- toetsing sterkte op basis van lineair elastische resultaten: veilige benadering

Dia 46 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond



Imagine the result

Dia 47 | 10 juni 2014 | © ARCADIS 2014 | DOV
Lezingenavond

