

Dwarskrachtcapaciteit Gouwe Aquaduct

Coen van der Vliet

Imagine the result



Dia 2 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012

inhoud

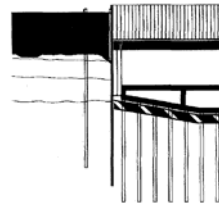
- situatie
- rekenmodel
- resultaten
- sterktecontroles
- funderingsstijfheid



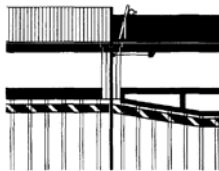
bouwfasering



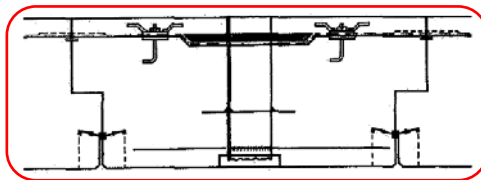
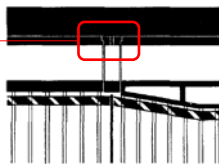
bouw moot 13
scheepvaart west



bouw moot 12
scheepvaart oost



eindsituatie



Dia 5 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



scheurvorming



bron: Google maps

Dia 6 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



scheurvorming



bron: Google maps

Dia 7 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



RWS-onderzoek

- fase 1: lineaire herberekening
- fase 2: constructieve inspectie
- fase 3: verfijnde herberekening
- fase 4: materiaalonderzoek
- fase 5: analyse van het totale kunstwerk



Dia 8 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012





Dia 9 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012

RWS-onderzoek

- fase 1: lineaire herberekening
- fase 2: constructieve inspectie
- fase 3: verfijnde herberekening
- fase 4: materiaalonderzoek
- fase 5: analyse van het totale kunstwerk



eisen en randvoorwaarden

- berekening
 - bepaal UC-waarde voor dwarskracht en moment
 - volume-elementen
 - integrale constructie: ook tunnelwanden modelleren
 - controle o.b.v. VBC
- rapportage
 - spanningen omrekenen naar toetsgrootheden (n , m , q , N , M , V)
 - dwarskrachten- en momentenlijnen

Dia 10 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



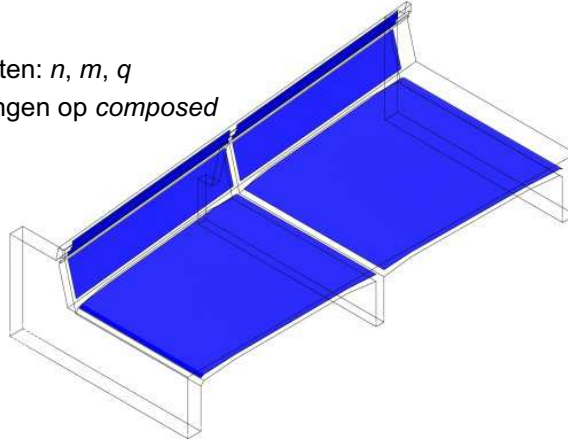
rekenmodel

uitgangspunten

- dubbele dilatatievoeg: $m = 0$ en $v = 0 \rightarrow$ helpt modelleren
- volume-elementen
- 4 kwadratische elementen over dikte: elementafmeting 0,25 m
- aspect-ratio ≤ 2
- fundering vertalen naar interfaces onder wanden

van spanningen naar... plaat- en schijfkrachten

- plaat- en schijfkrachten: n , m , q
- projectie 3D-spanningen op *composed solids* in middenvlak
- elementstapeling middenvlak

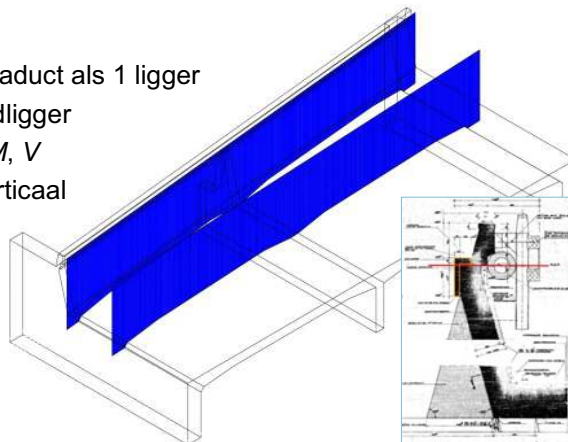


Dia 13 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



van spanningen naar... balkgrootheden 1

- validatie model: aquaduct als 1 ligger
- controle wand: wandligger
- snedekrachten: N , M , V
- *composed solids* verticaal door neutrale lijn
- elementstapeling // X-as

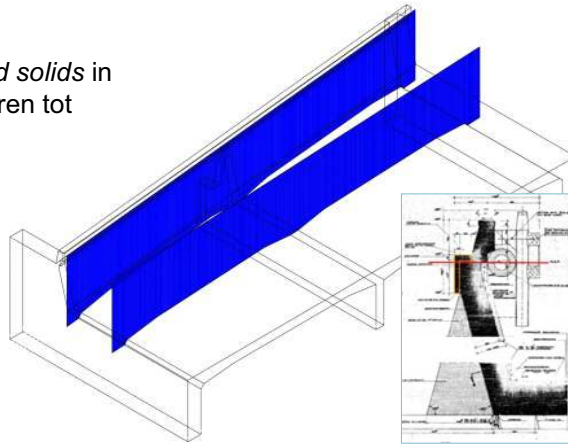


Dia 14 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



van spanningen naar... balkgrootheden 2

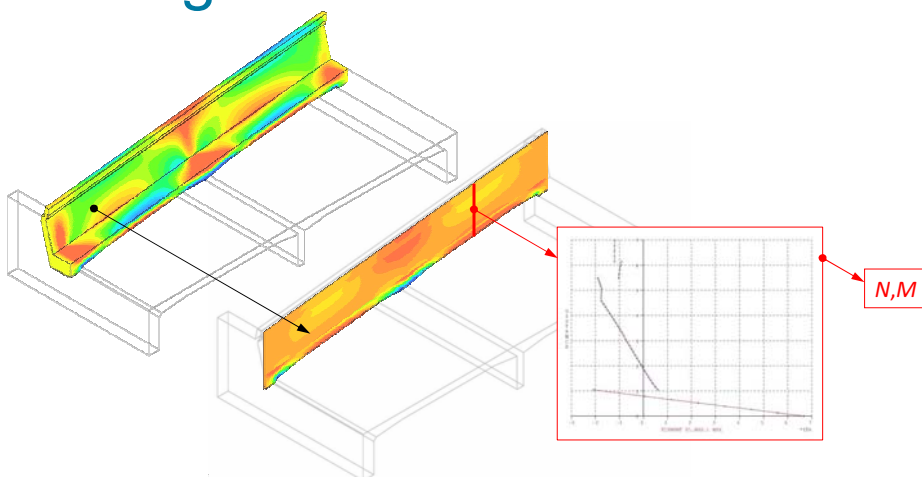
- resultaten *composed solids* in spreadsheet integreren tot N , M en V



Dia 15 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



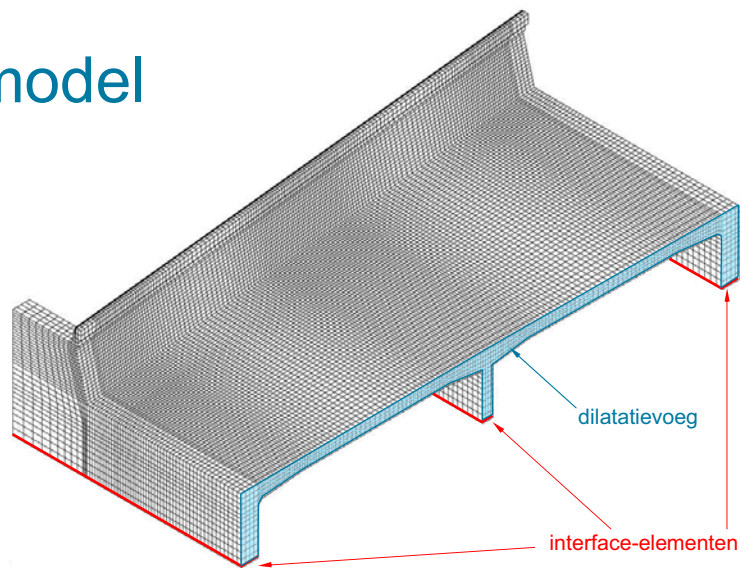
van spanningen naar balkgrootheden 3



Dia 16 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



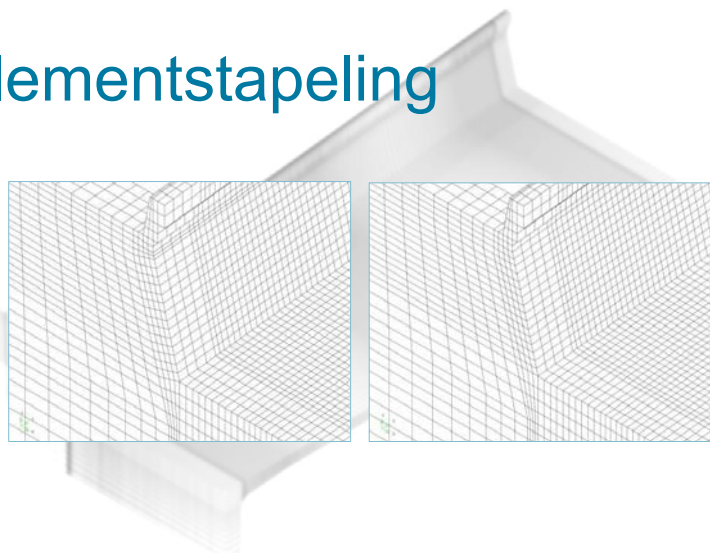
model



Dia 17 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



elementstapeling

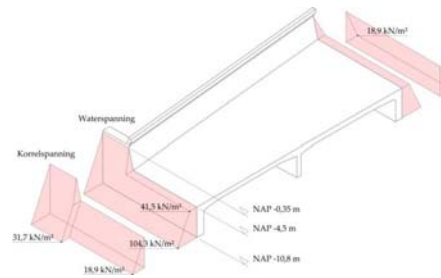
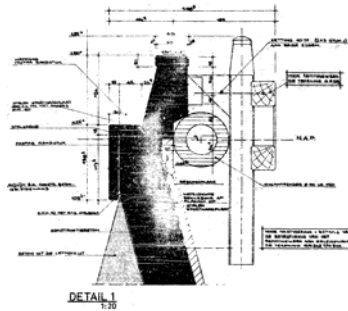


Dia 18 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



belastingen

- eigen gewicht + rustende belasting
- water
- gronddrukken



Dia 19 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012

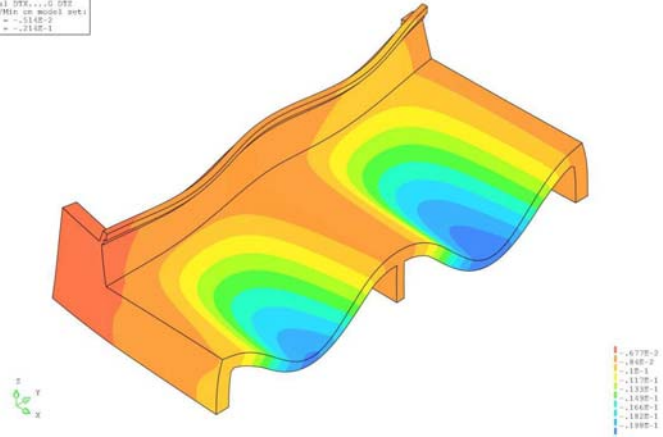


resultaten



verplaatsingen BGT

Model: P1_MOU0011_3
Deformation = 300
1231 Solid name: 3
Model TYPE: 110 DSE
Max/Min on model part:
Max = -0.118E-2
Min = -0.118E-1

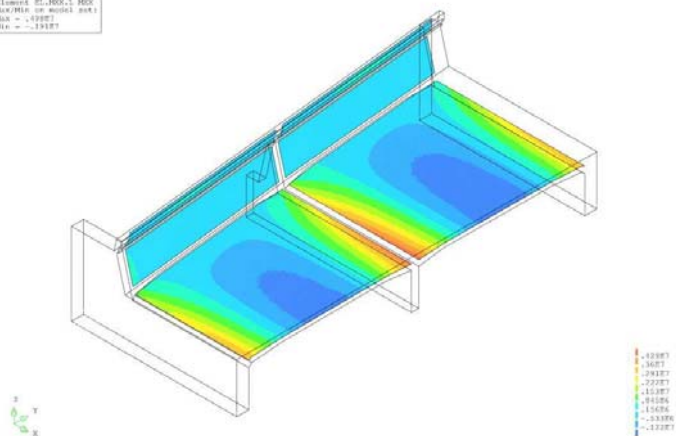


Dia 21 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



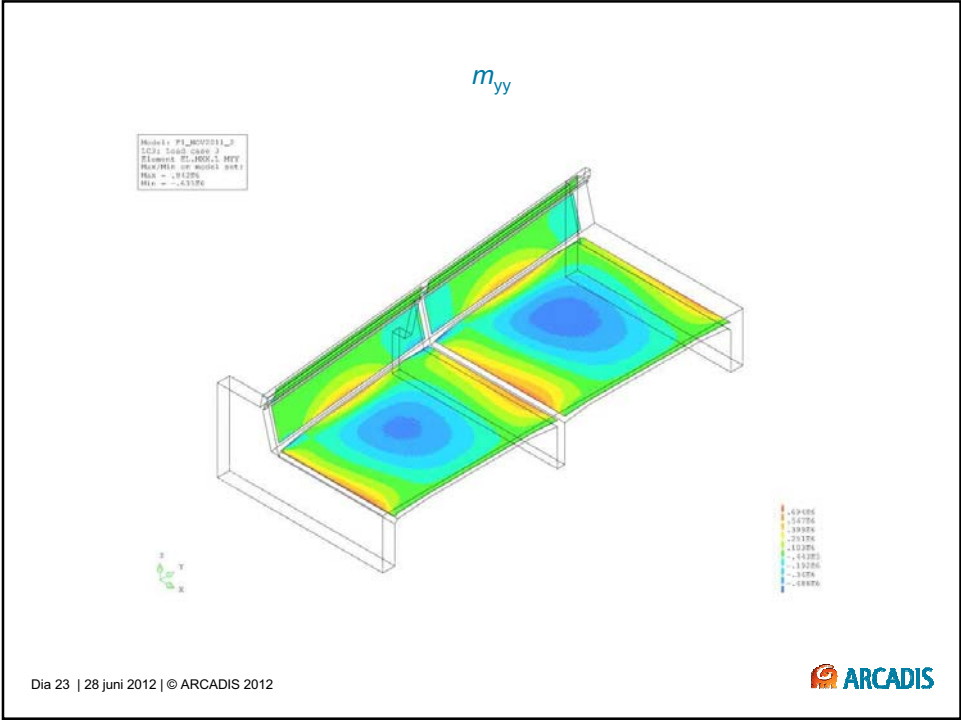
m_{xx}

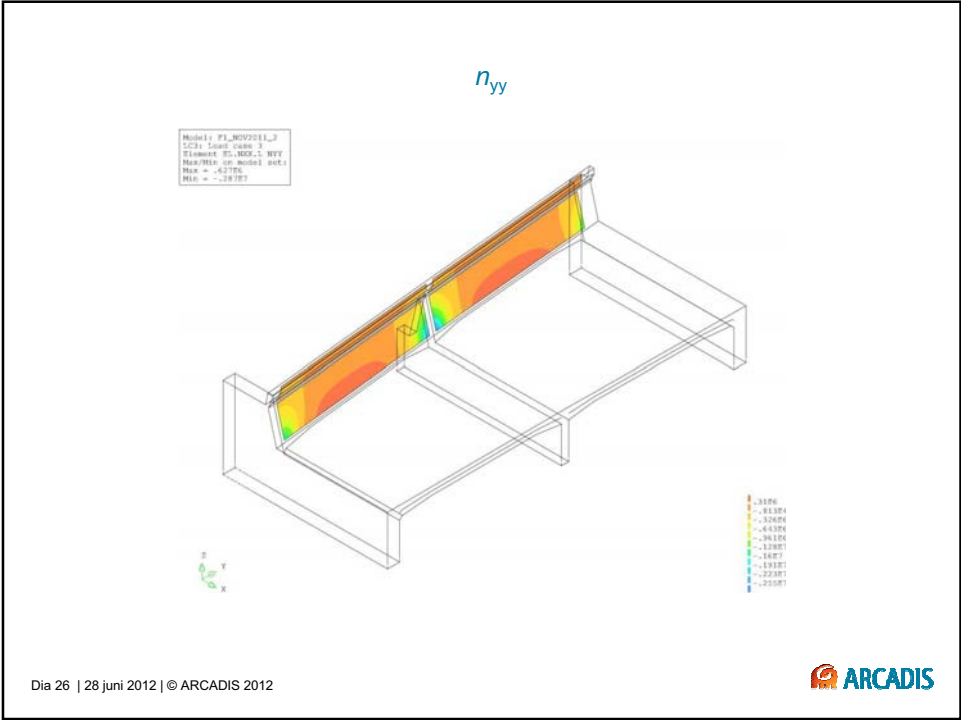
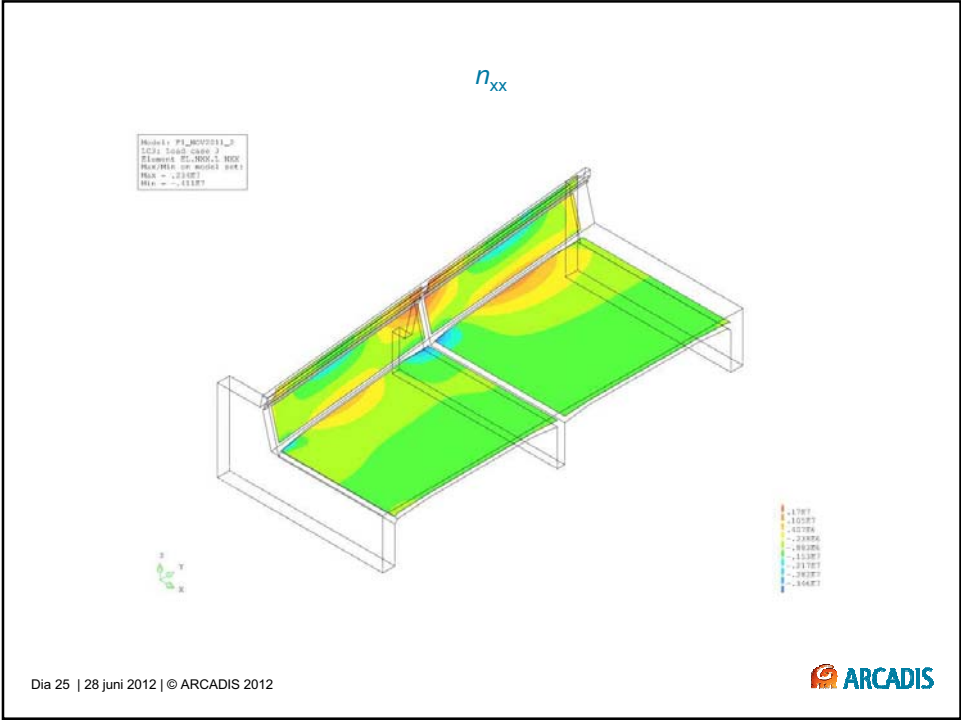
Model: P1_MOU0011_3
1231 Solid name: 2
Element EL:MOU-1 BOX
Max/Min on model part:
Max = -0.118E-1
Min = -0.118E-1

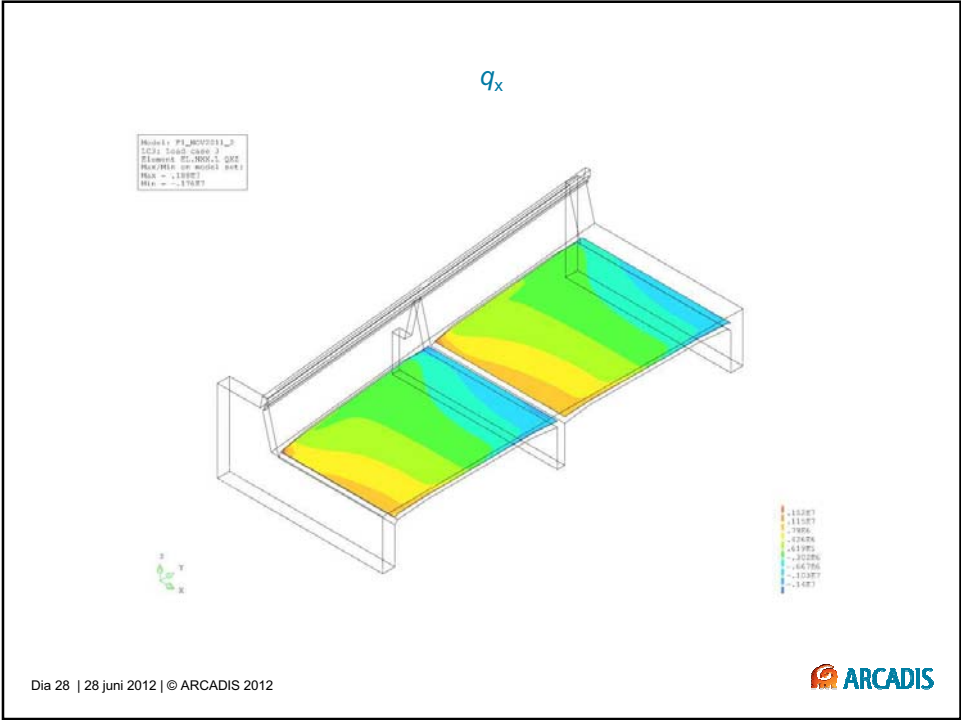
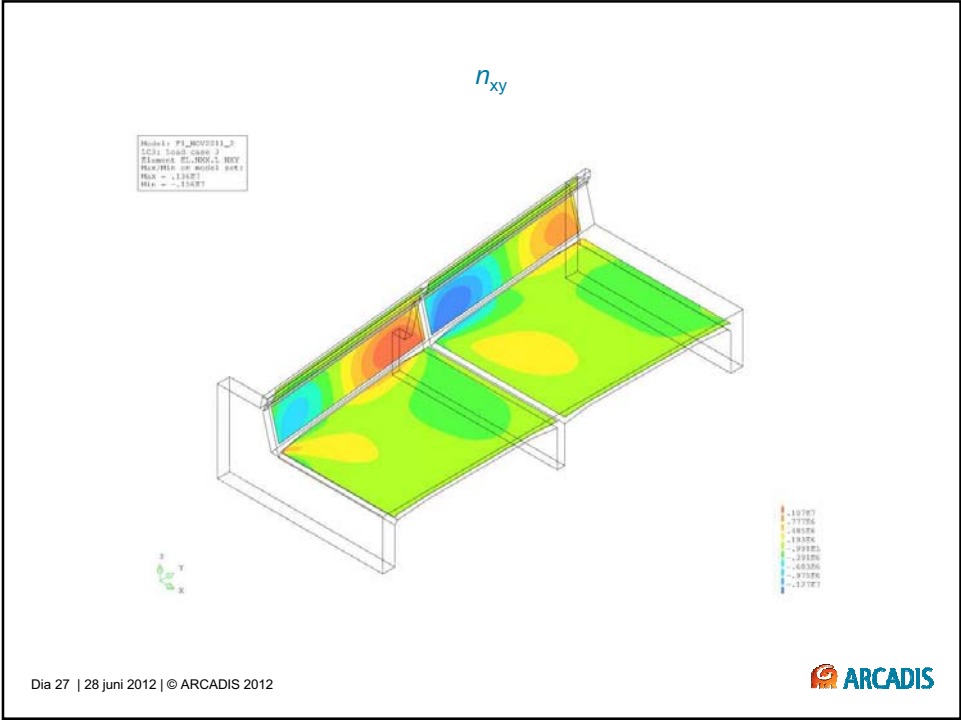


Dia 22 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



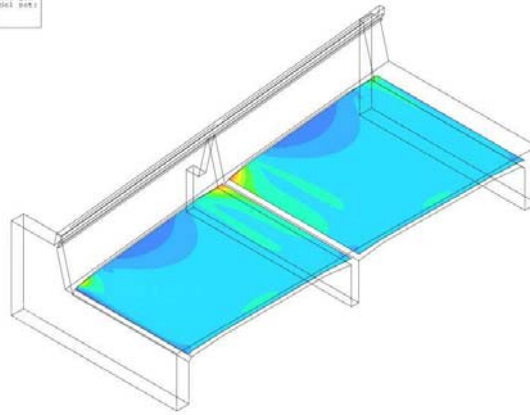






q_y

Model: P1_M07011_3
 1234 Slab: slab 2
 Element ID: 7001, 1 212
 Max/Min: see model link
 Max: +12272
 Min: -17396

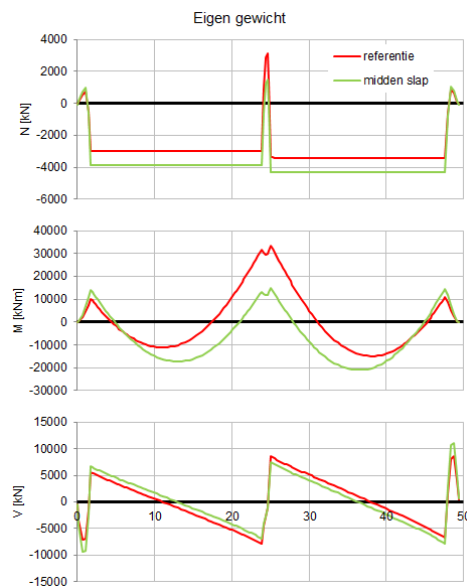


Dia 29 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



verificatie

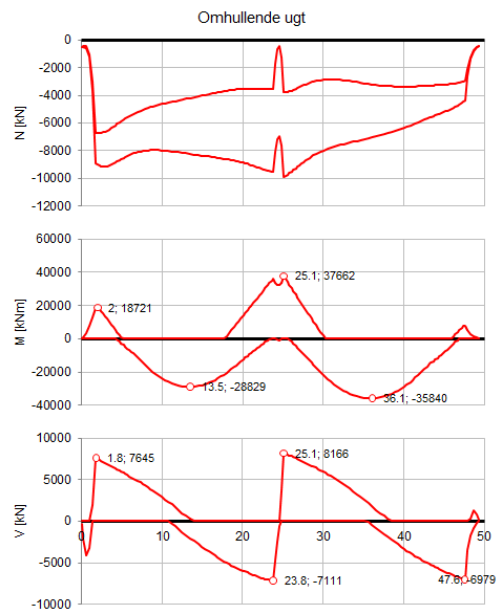
- gehele constructie als één ligger



Dia 30 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



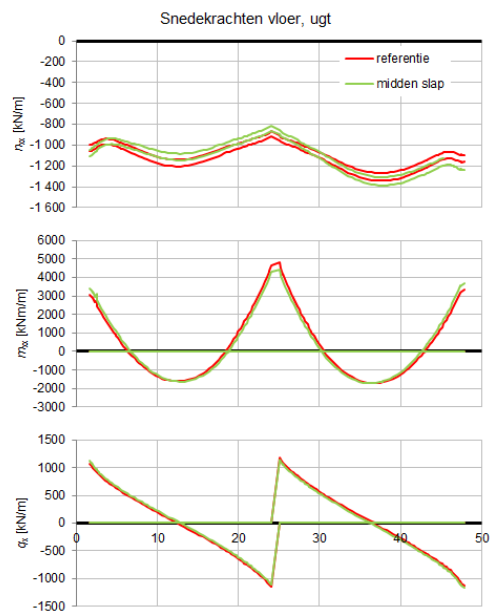
randbalk



Dia 31 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



plaat



Dia 32 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



sterktecontrole

controles

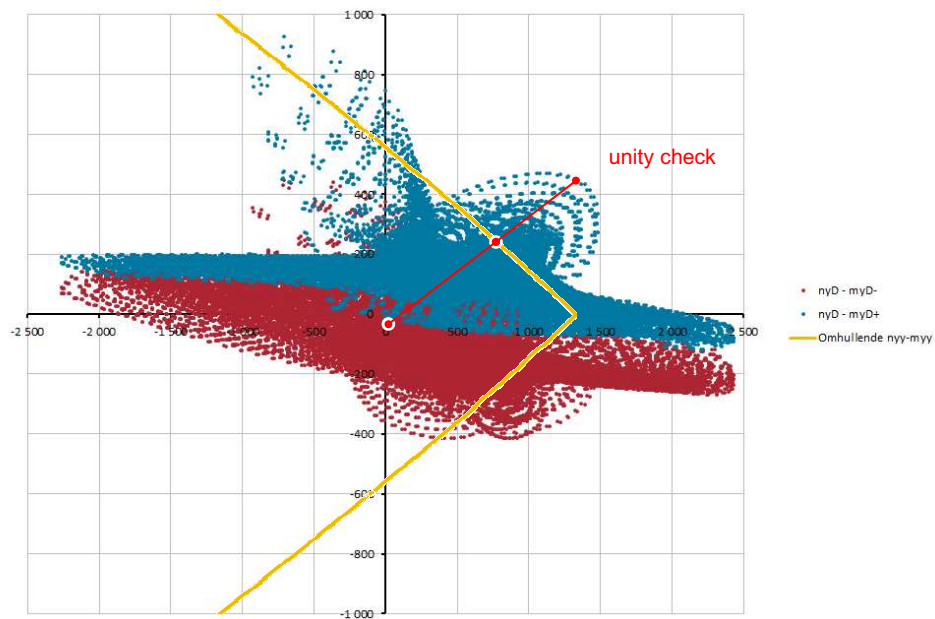
- geleidewand
 - moment M
 - dwarskracht
 - als ligger (V): $\tau_1 = 0,4 k_h k_\lambda \sqrt[3]{\omega f_b}$
 - als plaatschijf: $(m_{xx}, m_{yy}, m_{xy}, n_{xx}, n_{yy}, n_{xy})$
- vloer
 - moment m_{xx}
 - dwarskracht q_x
- detail: krachtsoverdracht trekband

controles

- geleidewand
 - moment M
 - dwarskracht
 - als ligger (V): $\tau_1 = 0,4 k_h k_\lambda \sqrt[3]{\omega f_b}$
 - als plaatschijf: $(m_{xx}, m_{yy}, m_{xy}, n_{xx}, n_{yy}, n_{xy})$
- vloer
 - moment m_{xx}
 - dwarskracht q_x
- detail: krachtsoverdracht trekband

controle plaatschijf

- wapeningskrachten en – momenten
$$|m_{sx}| = m_{xx} \pm |m_{xy}|$$
$$|m_{sy}| = m_{yy} \pm |m_{xy}|$$
- uiterst opneembaar moment o.b.v. m-n-interactielijn
$$|n_{sx}| = n_{xx} \pm |n_{xy}|$$
$$|n_{sy}| = n_{yy} \pm |n_{xy}|$$
- unity-check

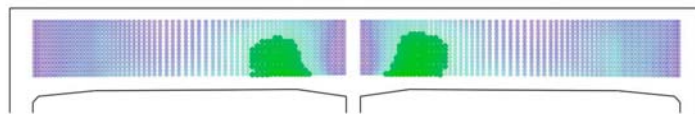


Dia 37 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012

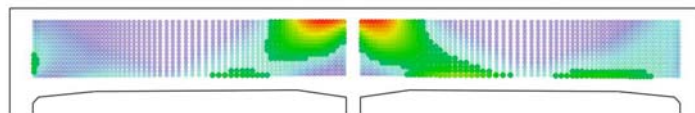


unity checks plaatschijf

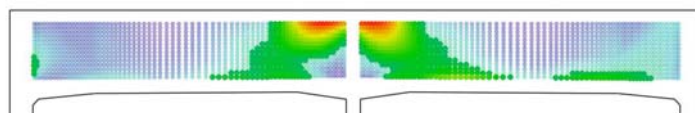
REFERENTIEMODEL, UC IN VERTICALE RICHTING



REFERENTIEMODEL, UC IN HORIZONTALE RICHTING



REFERENTIEMODEL, MAXIMALE UC



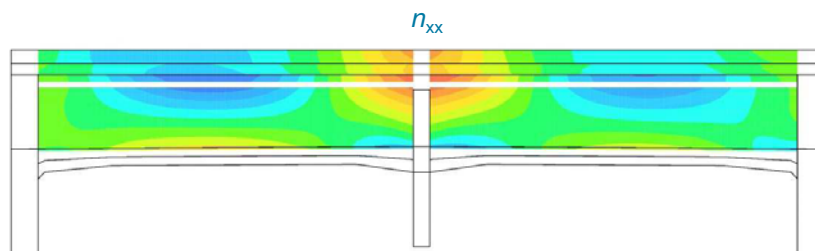
Dia 38 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



controles

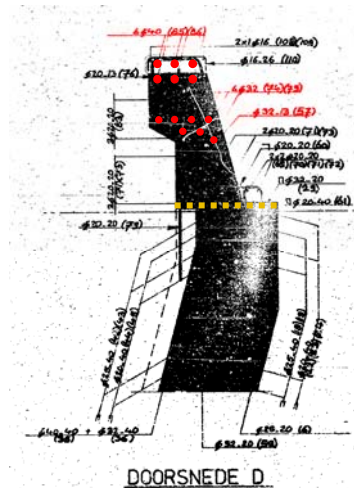
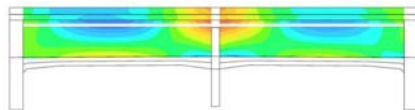
- geleidewand
 - moment M
 - dwarskracht
 - als ligger (V): $\tau_1 = 0,4 k_h k_\lambda \sqrt[3]{\omega f_b}$
 - als plaatschijf: $(m_{xx}, m_{yy}, m_{xy}, n_{xx}, n_{yy}, n_{xy})$
- vloer
 - moment m_{xx}
 - dwarskracht q_x
- detail: krachtsoverdracht trekband

krachtsoverdracht trekband



krachtsoverdracht trekband

- forse trekband aanwezig...
- ...maar niet op de juiste plek
- trekkrachten via schuifspanning afgedragen naar trekband



Dia 41 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



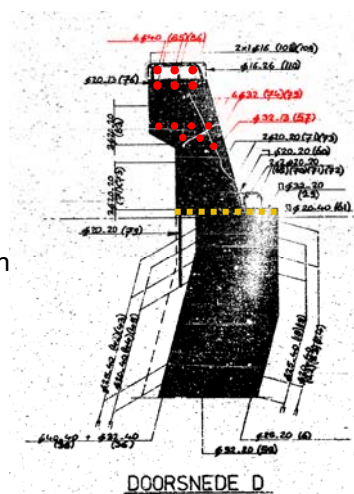
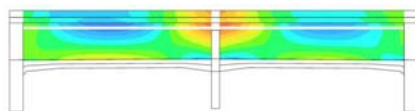
krachtsoverdracht trekband

- VBC 8.2.5 Aansluitvlakken van samengestelde liggers en platen

$$u = s \frac{SV}{w} + b$$

- VBC 8.2.6 Schuifkrachten in schijven

$$u_x = \frac{s_x s - x_d}{\cotg} \leq 0,3 b$$



Dia 42 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



stijfheid fundering

- eerste aanname: paalstijfheid 100 MN/m
- EEM-model vloer, onderwaterbeton en palen → oplegstijfheid
- resultaat:
 - mogelijk dwarskrachtschade nabij middensteunpunt
 - eindsteunpunten: geen probleem...

stijfheid fundering

- palen middensteunpunt: op druk belaste voormalige trekpalen:
 $K \sim 175 \text{ MN/m}$
- palen eindsteunpunten: randpalen ($1,5 \times$ stijver):
 $K \sim 263 \text{ MN/m}$
- initieel: meeste belasting afgedragen via middensteunpunt
 - paalstijfheid neemt af → herverdeling naar eindsteunpunt
 - buigscheuren → herverdeling naar trekband → vervormingen
- aanpassen paalstijfheid middensteunpunt

stijfheid fundering

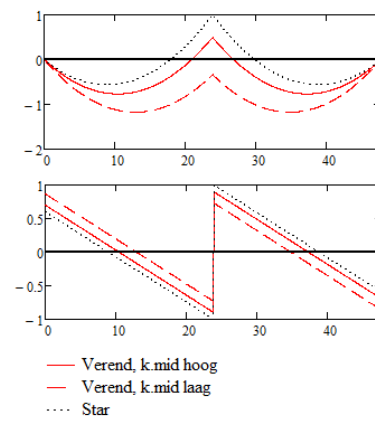
Locatie en richting		Stijfheid lijnveer [kN/m ²]	Wanddikte [m]	Beddingsstijfheid [kN/m ³]
Verticaal, rand		140 000	1,65	84 000
Verticaal, midden	Hoog	260 000	1,00	260 000
	Laag	130 000	1,00	130 000
Horizontaal, rand		570 000	1,65	345 000
Horizontaal, midden		570 000	1,00	570 000

Dia 47 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



stijfheid fundering

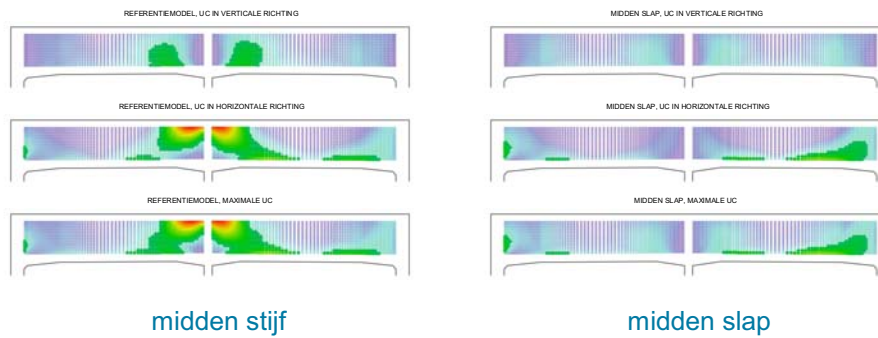
- met aangepaste stijfheid middensteunpunt:
 - geen buigschade midden
 - afschuifschade eindsteunpunten



Dia 48 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



effect aanpassing stijfheid



Dia 49 | 28 juni 2012 | © ARCADIS 2012



conclusies



unity checks randbalk

- buiging: $uc = 0,51$
- dwarskracht (liggerbenadering): $uc = 0,45$
- krachtsoverdracht trekband: $uc = 0,46$

- dwarskracht (plaatschijfgedrag): $uc = 2,13$ (midden) en $1,53$ (eind)
- krachtsoverdracht trekband: $uc = 1,54$

- is dit erg?

herverdeling

- hoge unity-checks betreffen lokaal gedrag
- globale sterkte voldoende
- lokale overschrijdingen geen probleem, mits
 - herverdeling mogelijk (ja)
 - vervormingscapaciteit (?)
 - duurzaamheid geborgd (...)

vervolg

- fase 2: uitgebreide constructieve inspectie
 - scheuren (diepte, breedte, lengte)
 - deformaties
 - aantasting
- fase 3: ?

berekening

- lineair model met volume-elementen
 - geen moment- en dwarskrachtpieken
 - controle op basis van werkelijke krachten
 - indicatie van schade
 - herverdeling, hoeveel en met welke gevolgen?
 - duurzaamheid?
- spanningen naar snedekrachten
 - wens: composed lines uitbreiden met modelselectie / filter

Imagine the result