



Forensic engineering

een vak voor specialisten

Huibert Borsje

Forensic engineering: onderzoek dat er echt toe doet

- › Grote financiële consequenties
- › Gewonden of zelfs mensen omgekomen



Kosten schoonmaak Berkel al opgelopen tot 800.000 euro

Bron:
Lokaal Gelderland



Bron:
NH Nieuws

Didcot Power Station collapse: Expert says world is waiting for lessons

© 23 July 2021

Bron:
BBC news



Didcot Power Station's boiler house was set for demolition when it collapsed in February 2016

Experts around the world need to know why the Didcot Power Station collapse happened so fatal errors are not repeated, specialists have said.

The disused coal-fired plant was set to be demolished when its boiler house fell down on 23 February 2016.

Authorities continue to investigate possible manslaughter and health and safety offences after four men died.

The editor of Demolition World, Mark Anthony, said "the entire world is watching" to learn lessons.

A widow whose husband died in the Didcot Power Station collapse said the six-year investigation into what went wrong has taken too long.


Gail Cresswell's husband Ken, who was 57, died along with three other demolition workers after a boiler house came down on 23 February 2016.

She said a lack of progress in the Thames Valley Police-led probe has been "shocking" and "really hard" to endure.



Inhoud

- Forensisch ingenieur \neq materiedeskundige
- Detailanalyse van de schade
- Belasting én sterkte
- Opstellen overzicht van mogelijke oorzaken



Forensisch ingenieur \neq materiedeskundige

- Onderzoek kan uitgevoerd worden door verschillende “deskundigen”
 - Semi-deskundige
 - Materiedeskundige (constructeur/...)
 - **Forensisch ingenieur én materiedeskundige**
- Beste manier (inhoudelijk gezien):
 - Start met forensisch ingenieur
 - Laat hem bepalen welke materiedeskundige(n) ingeschakeld moet(en) worden



Opstart onderzoek

- Forensisch ingenieur:
 - Start niet met “mogelijke oorzaken”
 - Start met observaties: **bottom-up benadering**
 - Denkt in scenario's
- Op basis daarvan wordt bepaald welke materiedeskundige wordt ingeschakeld
- Materiedeskundige zorgt voor de benodigde specifieke kennis

Inschakelen juiste materiedeskundige



Onderzoek naar oorzaak lekkage

Eén van de eerste vragen:

- “*Wie schakel je in voor het bodemonderzoek?*”

Antwoord:

- “*Ik moet eerst de schade gezien hebben!*”

Inschakelen juiste materiedeskundige



Uitgenomen deel met lekkage



Scaling op binnenzijde leiding loopt onbeschadigd door over voeg

Geen beweging in leiding en dus geen probleem vanuit bodem
maar probleem met voegafdichting

Start vanuit mogelijke oorzaken

- Dagelijkse praktijk materiedeskundige = **Top-down benadering**:
 - Directe reactie: Wat zou de oorzaak kunnen zijn?
 - Werkt goed bij “eenvoudige” schadegevallen
waarvan de oorzaak binnen het eigen referentiekader ligt
- Valkuil: Je eigen referentiekader is leidend
zonder dat je het beseft!!
*“To the man who only has a hammer in his toolkit,
every problem looks like a nail”*



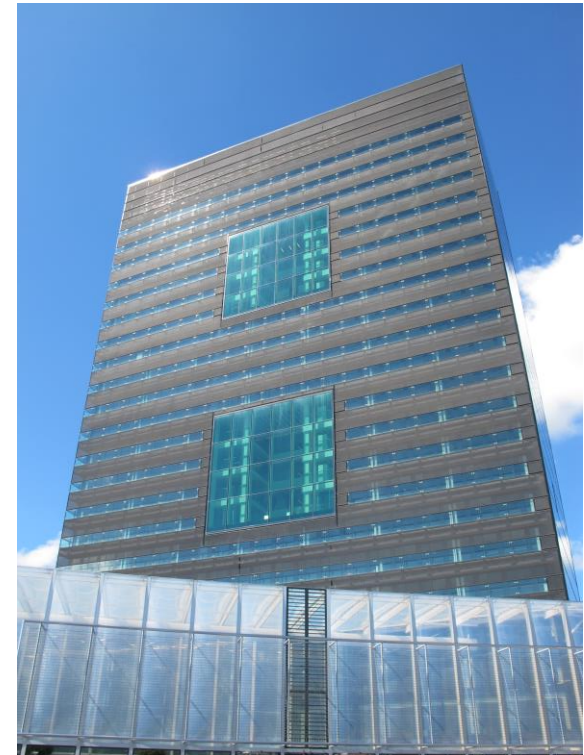


Start vanuit mogelijke oorzaken

- Nadelen van materiedeskundige:
 - Oorzaken die buiten eigen referentiekader liggen worden niet herkend
 - Oorzaken die buiten eigen referentiekader liggen worden niet erkend en op voorhand uitgesloten
- die oorzaken worden derhalve niet onderzocht

Niet (h)erkennen oorzaak

- 28 juni 2012: Trillingen gevoeld door medewerkers en gebouw ontruimd
- Onderzoek naar oorzaak: 23 mogelijke oorzaken
- 9 augustus 2012: Tussentijdse rapportage – nog geen oorzaak vastgesteld
- In dat rapport stond:
 - *Veel melders refereren aan de glaswasinstallatie, die op dat moment in bedrijf was, maar wijzen deze niet direct aan als mogelijke oorzaak. Meerdere melders geven aan dat ze zich niet kunnen voorstellen dat deze installatie dergelijke heftige trillingen kan veroorzaken.*
- Dat bleek wel de oorzaak te zijn



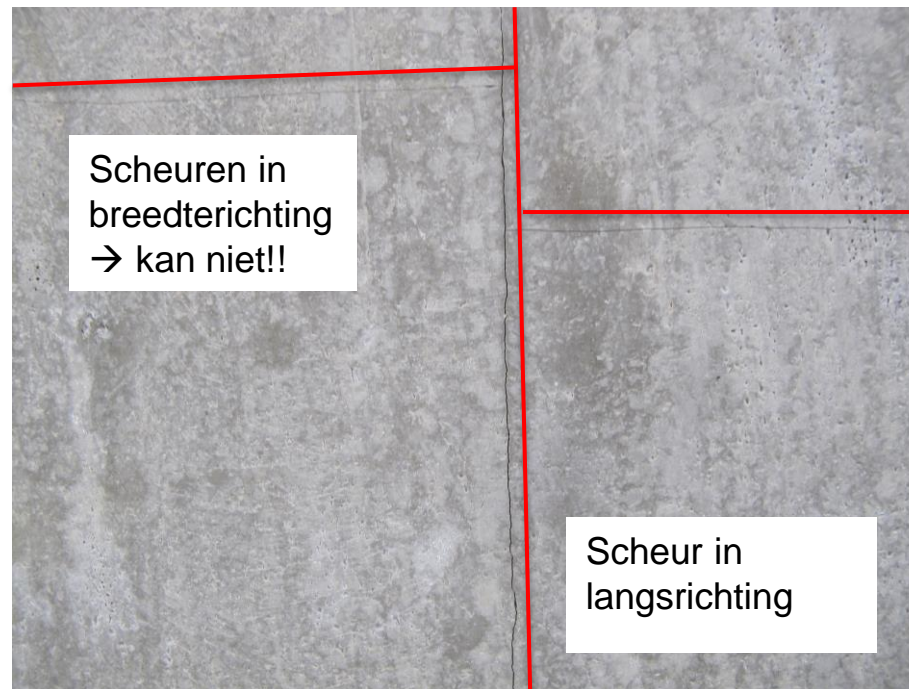
Detailanalyse van de schade (1)



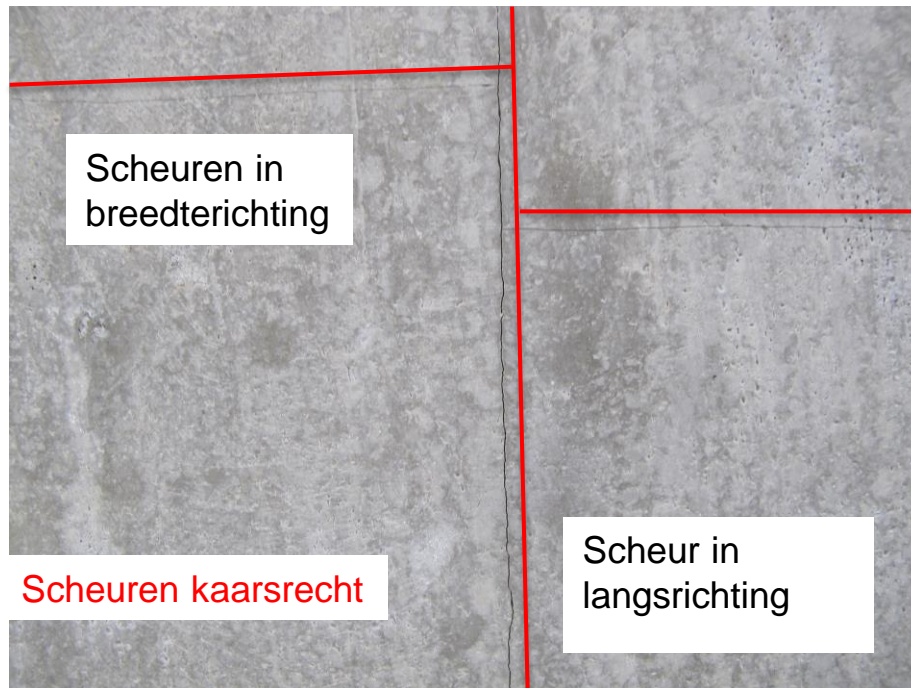
Langsscheuren in onderzijde balken



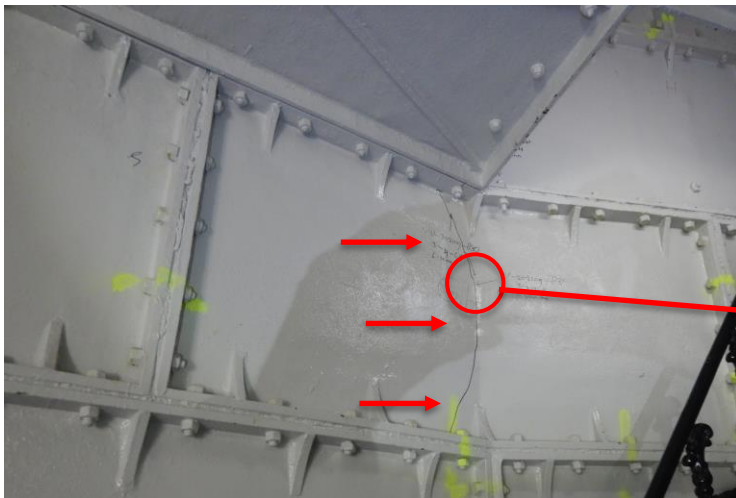
Nadere inspectie vanuit hoogwerker



Detailanalyse van de schade (1)

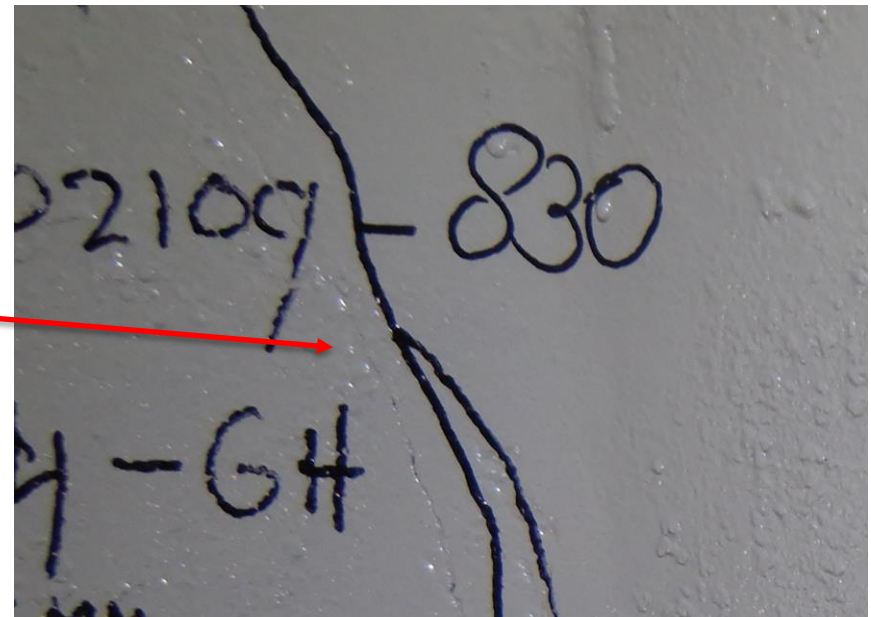


Detailanalyse van de schade (2)



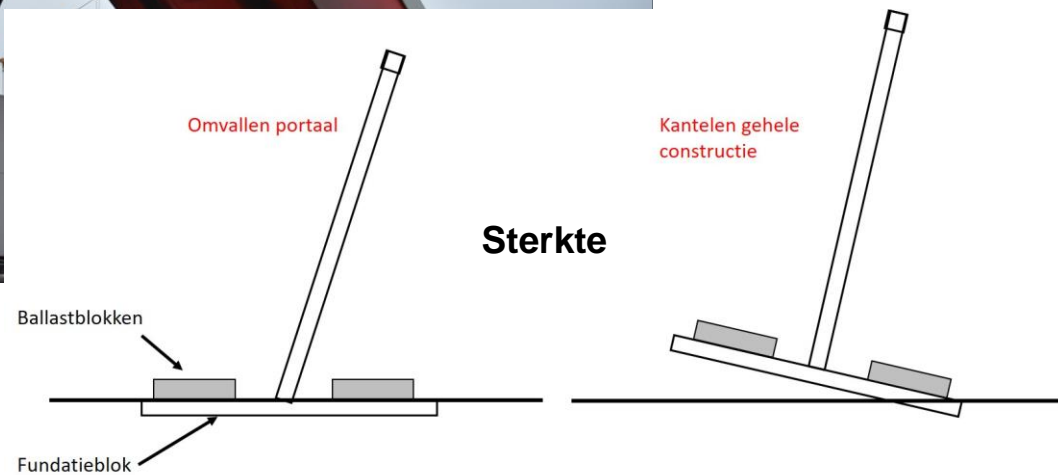
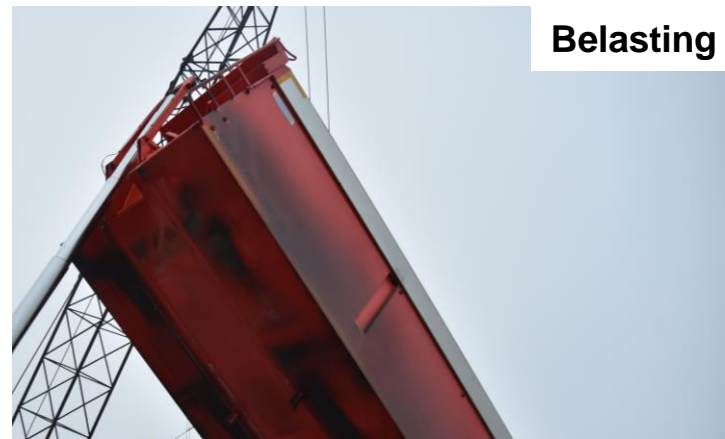
Constructeur:

“De scheurgroeisnelheid in de wand is hoog en niet beheerst (progressieve toename in aantal en groeisnelheid)”



Coating zit in scheur → scheur al aanwezig ten tijde van coaten (20 jaar geleden)

Belasting én sterkte (1)



Belasting én sterkte (2)



Giekbreuk zeilschip Harlingen

31 augustus 2022

09.09.2022

Type
Verkort onderzoek

Status
Lopend

Delen  

Houd me op de hoogte

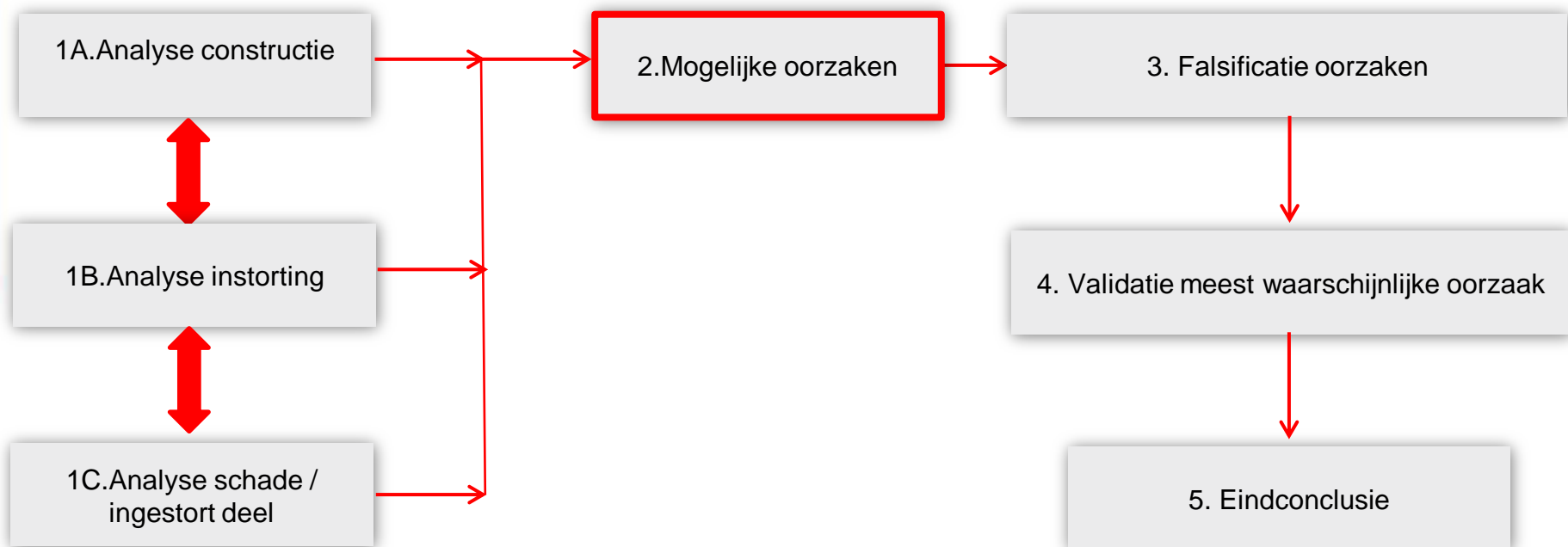
Op woensdag 31 augustus 2022 vond een dodelijk ongeval plaats op een historisch zeilschip uit Harlingen toen de giek brak en een opvarende trof. De giek bleek aangetast door houtrot en brak daardoor.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid heeft eerder dergelijke ongevallen onderzocht. Op 21 augustus 2016 en op 20 maart 2019 kwamen er in totaal vier mensen om het leven doordat een gedeelte van de mast afbrak en op hen terecht kwam. In beide gevallen brak een gedeelte van de mast af, doordat deze was aangetast door houtrot. Meer informatie hierover is te vinden op de [onderzoekspagina: 'Mastbreuk zeilschip Harlingen'](#).

Naar aanleiding van het ongeval in augustus 2022 start de Onderzoeksraad voor Veiligheid een opvolgingsonderzoek. In het opvolgingsonderzoek wordt nagegaan in hoeverre er lessen kunnen worden geleerd en wat er nodig is om dit soort ongevallen in de toekomst te voorkomen.

Bron:
Website OVV

Opstellen overzicht van mogelijke oorzaken





Opstellen overzicht van mogelijke oorzaken

- Opstellen overzicht van alle mogelijke oorzaken:
 - Top-down benadering (dagelijkse praktijk)
 - Bottom-up benadering



Top-down benadering

- Op basis van het algemene schadebeeld wordt een overzicht van mogelijke oorzaken opgesteld
- Werkt goed bij eenvoudige cases binnen eigen referentiekader:
 - Je kan gebruik maken van ervaring
- Valkuilen / nadelen:
 - Vaak wordt gestopt als er een oorzaak wordt gevonden, zonder te controleren of andere oorzaken ook mogelijk zijn
 - Mogelijke oorzaken buiten eigen referentiekader blijven buiten beeld
 - Onverwachte fouten tijdens uitvoering blijven buiten beeld
 - Onmogelijk bij “complexe” schade / instorting



Bottom-up benadering

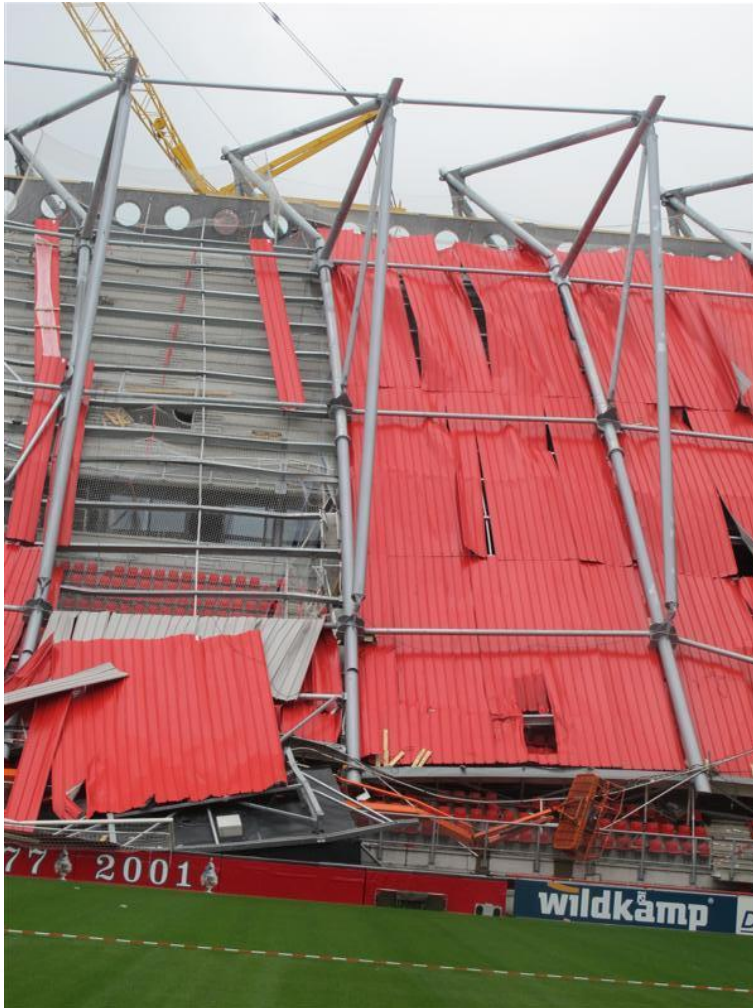
- Start met een gedetailleerde analyse van de schade
- Probeer de waarnemingen te reconstrueren:
 - Hoe hebben waarnemingen (in de tijd) kunnen ontstaan (scenario denken!!)
 - Beschouw daarbij alle mogelijke scenario's, zonder vooroordeel
 - Voer dit kwalitatief uit, dus zonder te rekenen
 - Analyseer belastingen (én opgelegde/verhinderde vervormingen) enerzijds en sterkte anderzijds
 - Voer een dergelijke analyse eventueel meerdere keren uit, steeds op een ander niveau

Bottom-up benadering (1)



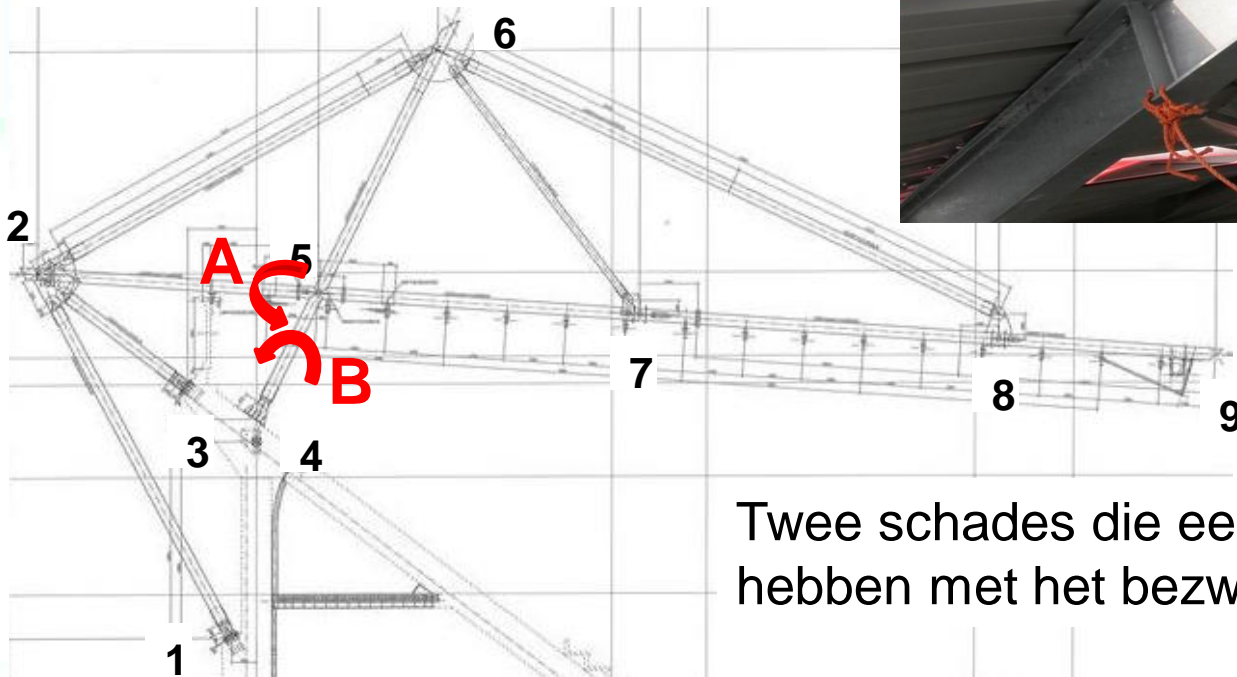
- Een hoofdspant moet bezwijken, anders heb je een gedeeltelijke instorting

Bottom-up benadering (1)



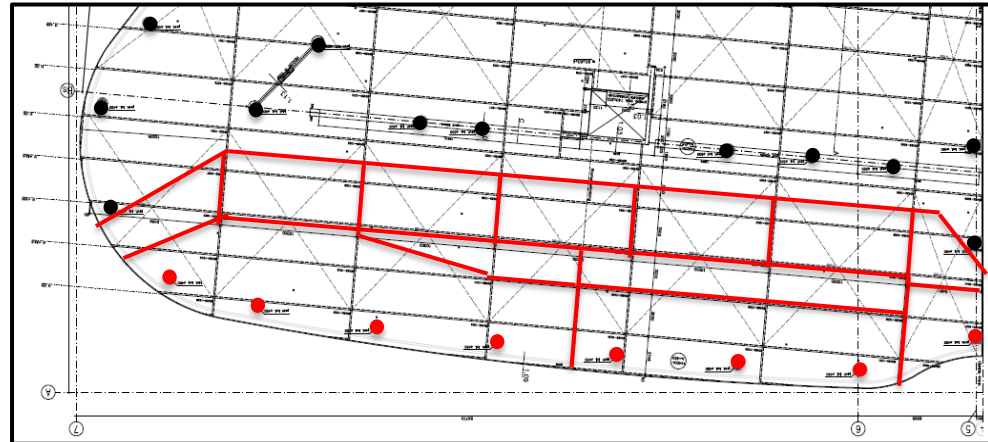
- Twee mogelijke basismechanismen voor het bezwijken van een hoofdspant:
 - Bezwijken uit het vlak (omvallen)
 - Bezwijken in het vlak

Bottom-up benadering (1)



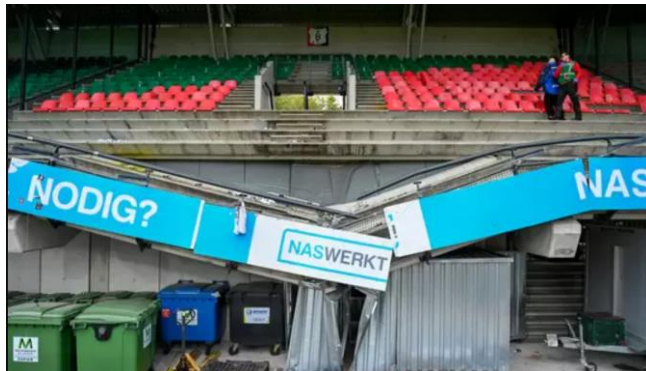
Twee schades die een relatie kunnen hebben met het bezwijken

Bottom-up benadering (2)



Niet volgen van de regels

- Detailanalyse van de schade



Bijlagen

- A1 Bijlage numeriek lineaire dynamica analyse
- A2 Bijlage controle ontwerp berekening
- A3 Bijlage detailanalyse constructief gedrag tribune-element
- A4 Bijlage niet-lineaire dynamica berekening
- A5 Bijlage trillingsmetingen
- A6 Bijlage materiaalonderzoek SGS Intron
- A7 Visuele inspectie

Onderwerp: Visuele inspectie het Goffertstadion

1 Korte beschrijving visuele inspectie

Relevante foto's die tijdens de visuele inspecties gemaakt zijn worden in deze memo weergegeven en kort toegelicht.

Niet volgen van de regels



- Detailanalyse van de schade:
 - Relatief veel scheuren
 - Merendeel geïnjecteerd

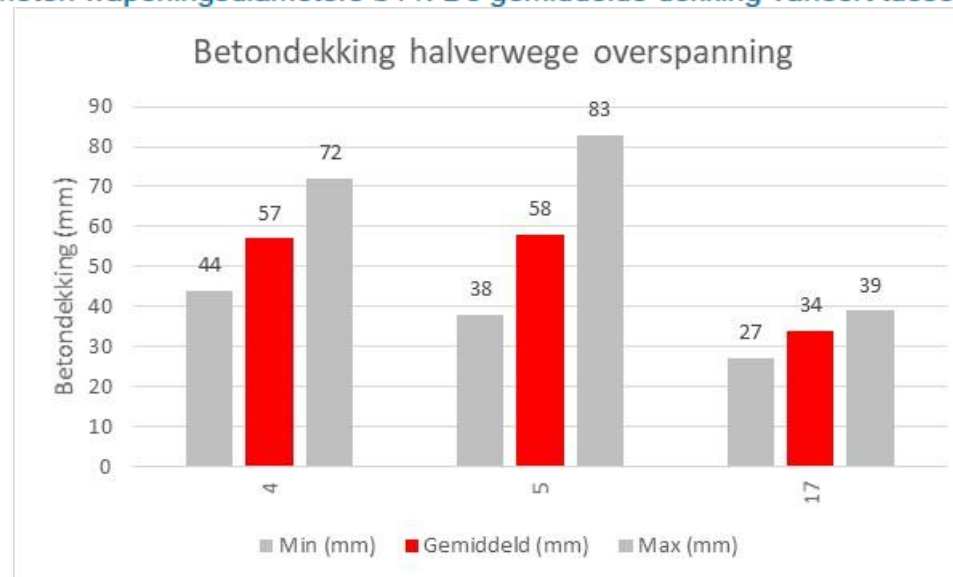
Figuur 16: In het verleden uitgevoerde herstelwerkzaamheden aan bezwaken tribune-element.

Niet volgen van de regels

- Belasting én sterkte

Dekking en hart-op-hart afstanden wapening

Van het bezwaken element zijn geen directe inmetingen gedaan van de dekking en de hart-op-hart afstanden. Daarentegen zijn wel kernen geboord waarvan de wapeningsdiameter en dekking gerapporteerd zijn, zie hiervoor bijlage A6. De informatie over de dekking en wapening is zeer beperkt en onvoldoende om de gehele wapening te controleren. Daarnaast zijn van 24 niet bezwaken tribune-elementen de wapening en de dekking ingemeten, zie eveneens bijlage A6. Daaronder bevindt zich ook een TR04 element die gelijke basiswapening heeft. De scanlijn 1, 2 en 3 leveren respectievelijk een hart-op-hart afstand van 149, 150 en 152 mm op, een totaal van 18 wapeningstaven in langsrichting. Bij alle drie de scans zijn de gemeten wapeningsdiameters $\varnothing 11$. De gemiddelde dekking varieert tussen de 47 en 57 mm tussen de scans.

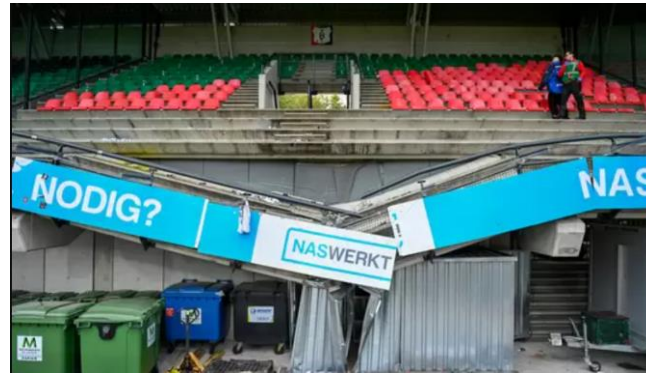


Niet volgen van de regels

Plaats in Delftse aanpak		Nr. Technische oorzaak		
Ontwikkelingsfase	Uitgangspunten	1	Verkeerde consequentieklass (veiligheidsklassen)	
		2	Verkeerd uitgangspunt staan/zitplaatsen	
		3	Draagkracht ondergrond onvoldoende (funderingszettingen)	
		4	Belastingen vergeten (eigen gewicht stoeltjes niet meegenomen, extra belasting van bovengelegen tribune-elementen)	
	Belastingen en belastingcombinaties	5	Belasting hoger/ anders dan aangenomen (eigen gewicht element lager dan aangenomen, belasting gangzone/vluchtweg, amplificatie belasting door springen)	
		6	Belastingcombinaties in norm en PVE anders dan aangenomen (bijv. combinatie sneeuw met wind)	
Productiefase	Belasting			21 Verkeerde componenten betonmengsel ingekocht (materiaaleigenschappen toeslagmateriaal, zeefmaat toeslagmateriaal, cementtype, water, vulstoffen)
				22 Afmetingen element komen niet overeen met het ontwerp (bekisting verkeerde afmetingen, bekisting niet stijf genoeg)
				23 Betonmengsel komt niet overeen met het ontwerp
				24 Wapeningsconfiguratie niet conform het ontwerp (verkeerde diameters, verkeerde h.o.h. afstand, ontbrekende wapening)
				25 Materiaaleigenschappen wapening niet conform het ontwerp toegepast
	Geometrie			26 Instortvoorzieningen op de verkeerde plek
				27 Stortfouten (grindnesten, luchtinsluitingen, ontmenging)
				28 Ontbreken van schouwen tijdens uitharden (uithardingsplan)
Productiefase	Materiaal			
	Betonmengsel			
Productiefase	Inkoop en inspectie			
	Gebruiksfase			

- Opstellen overzicht van mogelijke oorzaken
 - Top-down benadering met 43 mogelijke oorzaken
 - Daaronder veel achterliggende oorzaken

Niet volgen van de regels



- Conclusies:
 - Effect van grote betondekking is buiten beeld gebleven
 - Geen verklaring gegeven voor reeds aanwezige scheuren; waren dat waarschuwendende signalen?

Bedankt voor jullie aandacht
huibert.borsje@tno.nl

