

# Gedeeltelijke instorting dak AZ-stadion

*Voorlopige conclusies onderzoek technische  
oorzaak*

Erik Middelkoop  
30 augustus 2019  
Open



# Hoofdpunten voorlopige conclusies oorzaak instorting

- Door neerwaartse dakbelasting, als gevolg van de storm, is het dak ingestort. Bij het ontwerp is geen rekening gehouden met neerwaartse windbelasting.
  - De verbindingen van de spanten, zowel onder als boven, zijn niet goed ontworpen.
  - De lassen zijn niet sterk genoeg, waarschijnlijk zijn ze te dun uitgevoerd.
  - Door eerdere stormen was de constructie al verzwakt.
- 
- Definitief rapport Q1 - 2020

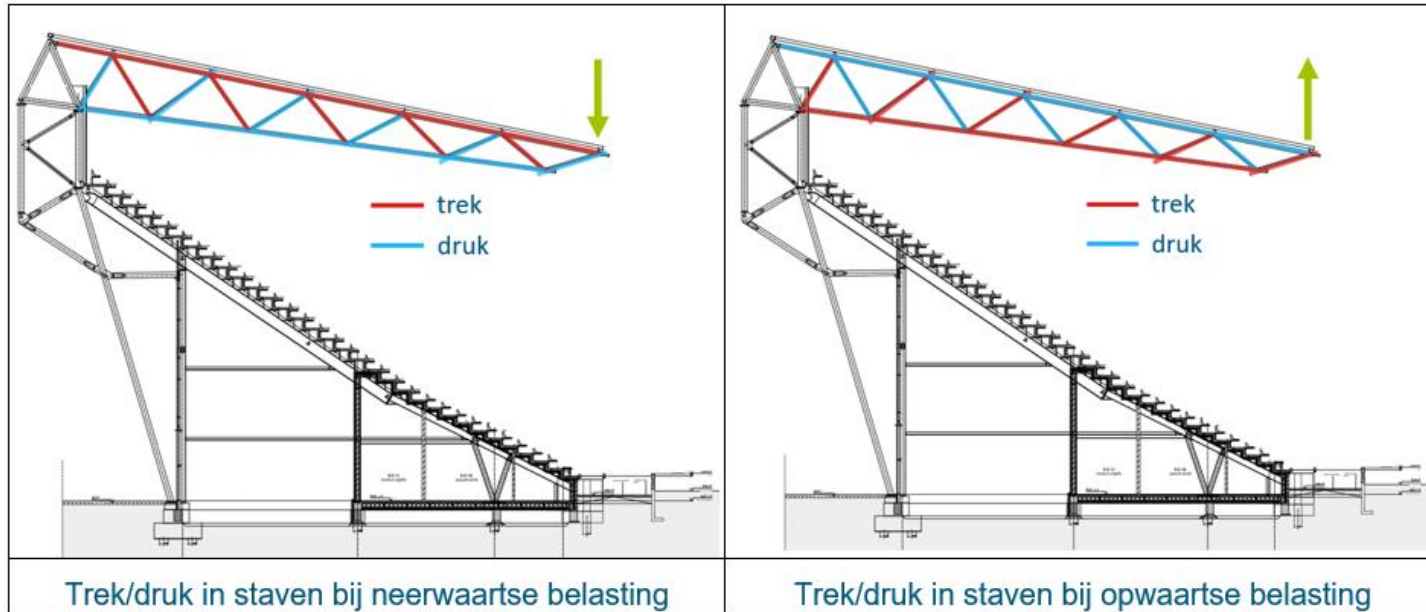
# Observaties

- Naast de lassen die nu onderzocht worden is er ook schade zichtbaar aan andere lassen.
- In de directe nabijheid van het bezwijkvlak zijn meerdere doorsneden die naar verwachting veel te zwak zijn.

# Neerwaartse Dakbelasting



# Constructief ontwerp dak



- Neerwaartse belasting: gewicht van de constructie en sneeuwbelasting
- Opwaartse belasting: windbelasting

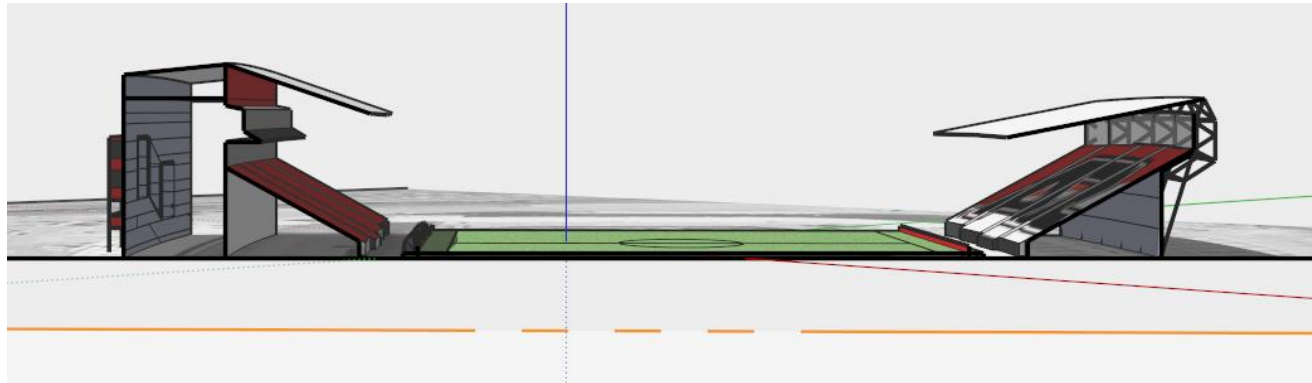
# Wind

- Op het moment van de instorting waaide de storm uit de richting zuidwest
- De windsnelheid was hoog maar het stadion heeft sinds de bouw al vaak zwaardere stormen meegemaakt
- Op 28 oktober 2013 was de zwaarste storm uit de richting zuidwest. De windsnelheden in deze storm resulteren in ca. twee keer zo hoge belasting als die op de 10 augustus 2019.



# Windbelasting op het dak

- Uit de richting zuidwest botst de wind eerst tegen het hoofdgebouw met de Victorie tribune. Hierdoor wordt de luchtstroom zeer turbulent.
- Door de turbulentie ontstaat niet alleen opwaartse belasting op het dak van de Molenaar tribune maar lokaal, op momenten, ook neerwaartse belasting. De hoogste belastingen grijpen aan dicht bij de vrijhangende dakrand.
- Zonder windtunnelonderzoek kunnen de optredende belastingen niet nauwkeurig worden bepaald.



# De belasting die de instorting veroorzaakte

- Op basis van de nu beschikbare gegevens is onze voorlopige conclusie dat een neerwaarts gerichte windbelasting de instorting heeft veroorzaakt.
- Het dak is niet ontworpen op een neerwaarts gerichte windbelasting.
- Het dak is wel ontworpen op sneeuwbelasting. Doordat er rekening mee is gehouden dat de sneeuw gedeeltelijk van het dak afwaait, is de aangenomen sneeuwbelasting laag.





# De verbindingen



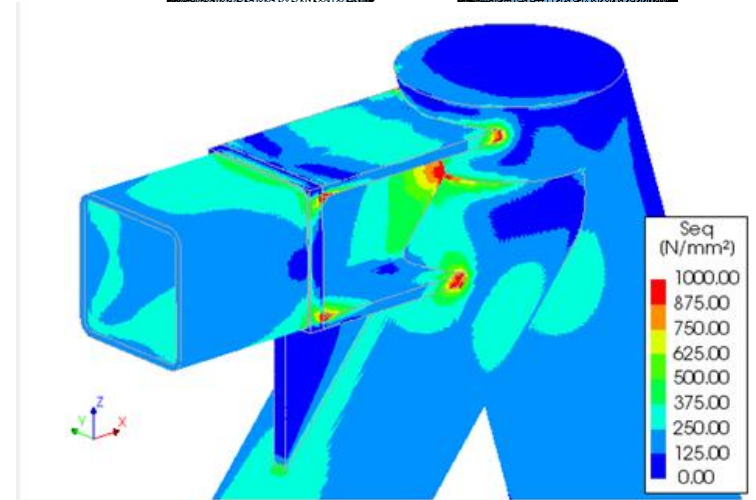
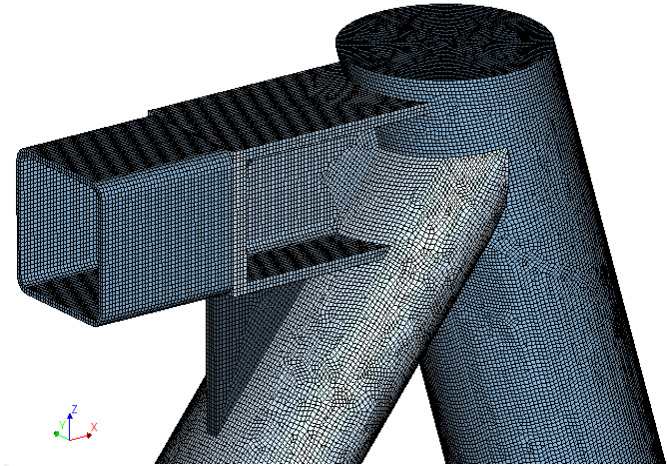
# De zwakste schakel

- Een constructie bezwijkt als de krachten op de constructie hoger worden dan de sterkte van de constructie.
- In de spanten is zowel de boven- als onderregel (vierkante koker 180 mm) nabij de oplegging met lassen vastgemaakt aan kopplaten.
- Teneinde bros bezwijken te voorkomen horen lasverbindingen niet de zwakste schakel te zijn in een constructie.
- Bij de hier uitgevoerde staalconstructie zijn de lassen de zwakste schakel.



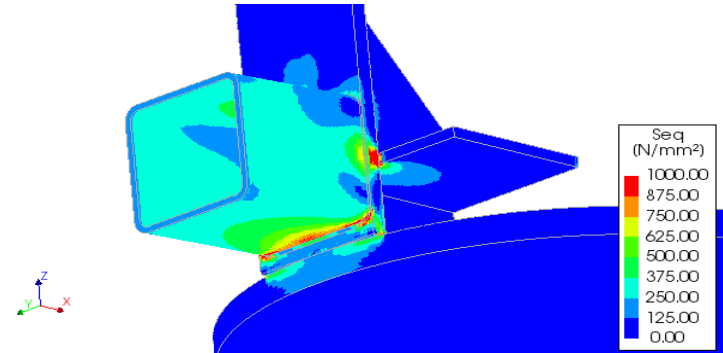
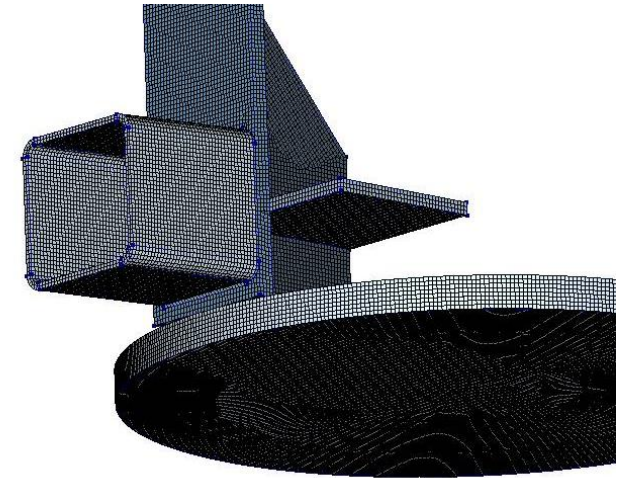
# Bovenaansluiting

- De verbinding wordt normaal op trek belast en bij grote opwaartse windbelasting op druk.
- De boven- en onderkant van de koker lopen door in de achterliggende constructie, de zijkanten echter niet.
- De kopplaat is niet stijf genoeg om de krachten te verdelen.
- Onafhankelijk van de laskwaliteit is de ontworpen verbinding zwakker dan de staaf.
- Er ontstaan hoge spanningen in de lassen.



# Onderaansluiting

- De verbinding wordt normaal op druk belast en bij grote opwaartse windbelasting op trek.
- De boven- en zijkanten van de koker worden puntvormig gesteund door staalplaten. De onderzijde gelijkmatig gesteund.
- De kopplaat is niet stijf genoeg om de krachten te verdelen.
- Onafhankelijk van de laskwaliteit is de ontworpen verbinding zwakker dan de staaf.
- Er ontstaan piekspanningen in de lassen.



# De lassen



# Bovenaansluiting - lassen

- De bovenaansluitingen zijn bezwaken op de lassen tussen de koker en de kopplaat.
- Door de bezwijkvorm staat vast dat de lassen minder sterk waren dan de aansluitende staalconstructie.
- De oorzaak wordt nog nader onderzocht.
- Er zijn aanwijzingen dat de lassen te dun zijn uitgevoerd.



# Onderaansluiting - lassen

- De onderaansluitingen zijn bezweken op de lassen tussen de koker en de kopplaat.
- Door de bezwijkvorm staat vast dat de lassen minder sterk waren dan de aansluitende staalconstructie.
- De oorzaak wordt nog nader onderzocht.
- Er zijn aanwijzingen dat de lassen te dun zijn uitgevoerd.



# Verzwakking constructie





# Achteruitgang in sterkte

- Uit de belastinggeschiedenis blijkt dat het dak veelvuldig hoger is belast dan ten tijde van de instorting. Omdat op die momenten het dak niet is ingestort, kan worden geconcludeerd dat de sterkte in de loop van de tijd significant minder is geworden.
- Doordat er piekspanningen in de verbindingen optreden en de constructie door de wind wisselende belastingen heeft meegemaakt zal er sprake zijn van vermoeiing.
- Het destructieve onderzoek naar de verbindingen van het ingestorte deel kan uitwijzen of er al scheuren in de lassen aanwezig waren voor 10 augustus 2019.
- Het non-destructieve onderzoek naar de lassen van het niet ingestorte deel is nog niet afgerond. Er is wel al gebleken dat er sprake is van ernstige en zeer ernstige scheurvorming in de lassen (zie foto).



# Andere factoren



# Roest

- Aan de buitenzijde is op veel plaatsen roest zichtbaar.
- Bij de ingestorte constructie is te zien dat er ook roest in de kokers zit.
- Onze voorlopige conclusie is dat de roestvorming geen significante rol heeft gespeeld bij de instorting.



# Zonnepanelen

- Door de plaatsing van de zonnepanelen is er een blijvende neerwaartse belasting toegevoegd.
- Bij het ontwerp is rekening gehouden met een minimum en maximum gewicht van de constructie als gevolg van installatieonderdelen en stabiliteitsverbanden.
- De zonnepanelen zijn niet aangebracht bij het uiteinde waar het belastingeffect het grootst is.
- De zonnepanelen hebben geen significante invloed op de windbelastingen.
- In combinatie met opwaartse windbelasting heeft het gewicht van de panelen een beperkt positief effect.
- In combinatie met neerwaartse windbelasting heeft het gewicht van de panelen een beperkt negatief effect.



# Definitief rapport



# Definitief rapport Q1 - 2020

- Het onderzoek van de bezwaken verbindingen was nog niet mogelijk. Dit deel van het onderzoek gebeurt in samenwerking met de OVV.
- Voor windtunnelonderzoek is veel tijd nodig.