

Van Mourik Broekmanweg 6
2628 XE Delft
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00
F +31 88 866 30 10
infodesk@tno.nl

TNO-rapport

TNO-060-DTM-2012-00422

Onderzoek naar de oorzaak van het ongeval in de Grolsch Veste Deelrapport B: Veldonderzoek

Datum	7 februari 2012
Auteur(s)	Ir. L.M. Abspoel Ir. H. Borsje Ir. H.G. Burggraaf
Aantal pagina's	26 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Arbeidsinspectie (namens het Openbaar Ministerie) Onderzoeksraad voor Veiligheid
Projectnaam	Ongeval Grolsch Veste
Projectnummer	054.01688/01.01

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2012 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Algemene informatie	5
3	Opnamen beveiligingscamera's.....	7
3.1	Beschrijving opnamen	7
3.2	Verplaatsingen spanten.....	8
4	Opbouw overkapping ten tijde van de instorting.....	11
4.1	Hoofddraagconstructie	11
4.2	Dakconstructie	13
5	Aanwezige belastingen ten tijde van de instorting	14
6	Hoofddraagconstructie na de instorting.....	17
6.1	Algemeen.....	17
6.2	Spant Z17 tot en met Z20.....	19
6.3	Spant 13	19
6.4	Spant 12	19
6.5	Spant 11	19
6.6	Spant 10	20
6.7	Spant 9	20
6.8	Spant 8	20
6.9	Spant Z1	21
7	Dakconstructie na de instorting.....	22
7.1	Gordingen, kokerprofielen en stabiliteitsverbanden	22
7.2	Dakplaten.....	23
8	Overige waarnemingen	24
8.1	Aansluitingen van de spanten aan de betonconstructie.....	24
8.2	Spankabels	24
8.3	Laswerk	25
9	Ondertekening	26

1 Inleiding

Op donderdag 7 juli 2011 heeft bij De Grolsch Veste een ongeval plaatsvonden. Tijdens bouwwerkzaamheden in verband met de overkapping van de 2^e ring, aan de korte zijde van het stadion, is een deel van die overkapping ingestort.

Teneinde de oorzaak van dit ongeval te achterhalen zijn de Onderzoeksraad voor Veiligheid, het Openbaar Ministerie en de Arbeidsinspectie een onderzoek gestart. In het kader van het onderzoek hebben deze partijen aan TNO ondersteuning gevraagd. Het onderzoek door TNO is uitgevoerd in gezamenlijke opdracht van de Arbeidsinspectie (namens het Openbaar Ministerie) en de Onderzoeksraad voor Veiligheid.

Het onderzoek dat door TNO is uitgevoerd heeft bestaan uit het beoordelen van de door de Arbeidsinspectie beschikbaar gestelde stukken met betrekking tot het projectdossier en het uitgevoerde veldonderzoek. Verder heeft TNO de overkapping constructief beoordeeld. De resultaten van deze onderzoeken zijn door TNO gebruikt voor een analyse van de oorzaak van de instorting.

Van de verschillende onderdelen van het onderzoek zijn separate rapportages opgesteld. Deze deelrapportages zijn:

- Rapport TNO-060-DTM-2012-00421; deelrapport A: Algemene informatie
- Rapport TNO-060-DTM-2012-00422; deelrapport B: Veldonderzoek
- Rapport TNO-060-DTM-2012-00423; deelrapport C: Constructieve beoordeling van de overkapping
- Rapport TNO-060-DTM-2012-00424; deelrapport D: Analyse van de oorzaak van de instorting
- Rapport TNO-060-DTM-2012-00425; deelrapport E: Foto's.

De onderhavige rapportage is deelrapport B, met een samenvattend overzicht van de resultaten van het veldonderzoek dat door de Arbeidsinspectie is uitgevoerd. In dit rapport geeft hoofdstuk 2 enige algemene informatie over de coderingen die zijn gebruikt voor de plaatsbepaling. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van de instorting, zoals die waarneembaar is op de opnamen van de instorting door de beveiligingscamera's. Vervolgens geeft hoofdstuk 4 een overzicht van de gerealiseerde opbouw van de overkapping ten tijde van de instorting, zowel ten aanzien van de hoofddraagconstructie als ten aanzien van de dakconstructie. Daarna geeft hoofdstuk 5 een overzicht van de belastingen die ten tijde van de instorting op de overkapping aanwezig waren. Hoofdstuk 6 geeft een beschrijving van de toestand van de hoofddraagconstructie na de instorting en hoofdstuk 7 geeft een beschrijving van de toestand van de dakconstructie na de instorting. Hoofdstuk 8 geeft een overzicht van overige waarnemingen die relevant geacht worden. Ten slotte geeft hoofdstuk 9 de ondertekening.

In aanvulling op het voorgaande geldt:

- Op diverse plaatsen in de deelrapporten wordt verwezen naar de stukken die ten behoeve van het onderzoek beschikbaar zijn gesteld door de Arbeidsinspectie. Deze verwijzing is gedaan in de vorm van [...], met tussen de haakjes het documentnummer. Een overzicht van deze documenten is opgenomen in deelrapport A (hoofdstuk 3 en bijlage A).

- De foto's waarnaar in dit deelrapport specifiek wordt verwezen zijn gecodeerd met het nummer van het betreffende hoofdstuk en een volgnummer. Die foto's zijn niet opgenomen in dit deelrapport zelf, maar in deelrapport E.
- De onderschriften van de foto's worden gevolgd door een bronverwijzing. De gebruikte bronverwijzingen zijn:
 - o (TNO) = een door TNO, tijdens de projectbezoeken, gemaakte foto.
 - o [xx] = een door de Arbeidsinspectie beschikbaar gestelde foto.
- Ten behoeve van de plaatsbepaling in het project is gebruik gemaakt van de nummering van de spanten zoals aangegeven op de oorspronkelijke constructietekeningen en van een codering van de knooppunten van de spanten. De figuren met deze coderingen zijn opgenomen in hoofdstuk 2 van het onderhavige deelrapport.

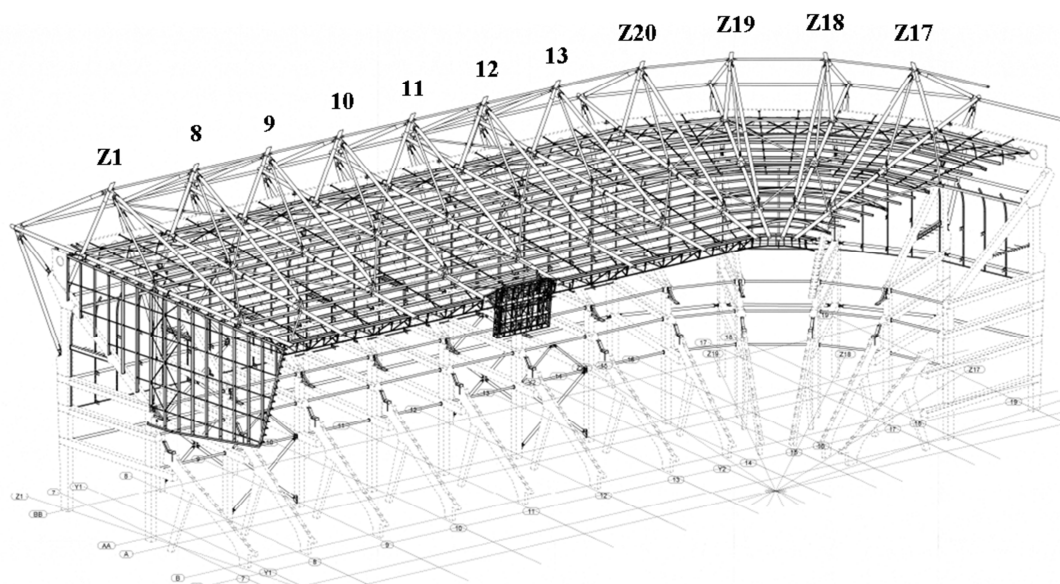
2 Algemene informatie

Ten behoeve van de plaatsbepaling in de constructie zijn de elf spanten van de U-uitbreiding gecodeerd aan de hand van de spannummers die zijn weergegeven op de beschikbaar gestelde constructietekeningen. Deze codering is als volgt (figuur 2.1):

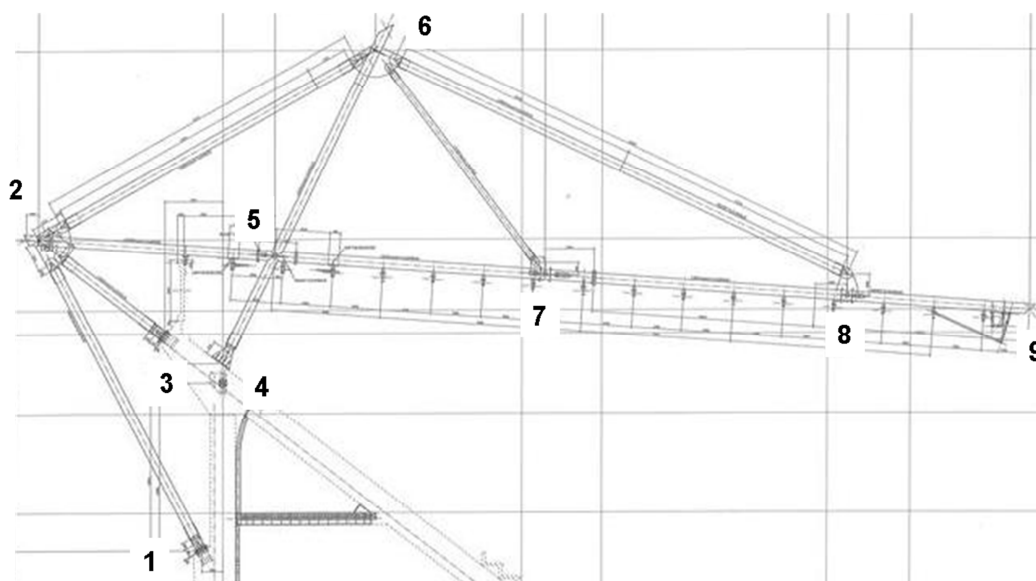
- De vier spanten in de hoek die aansluit aan de L-uitbreiding zijn, vanaf de L-uitbreiding, gecodeerd met Z17 tot en met Z20.
- De zes daarop volgende spanten, die loodrecht op de lengterichting van de tribune zijn gesitueerd, zijn achtereenvolgens gecodeerd van 13 tot en met 8.
- Het eindspant is gecodeerd met Z1.

Voor de plaatsbepaling is verder gebruik gemaakt van de coderingen binnen- en buitenzijde, die betrekking hebben op de binnen- en de buitenzijde van het stadion.

Ten slotte zijn de knooppunten van de spanten gecodeerd met de cijfers 1 tot en met 9, zoals weergegeven in figuur 2.2.



Figuur 2.1: Codering spanten (aanzicht vanaf binnenzijde stadion) [T.10]



Figuur 2.2: Codering knooppunten van de spanten [T.01]

3 Opnamen beveiligingscamera's

Tijdens de instorting zijn door drie beveiligingscamera's opnamen gemaakt [F.008]. Deze drie opnamen zijn als volgt gecodeerd:

1. FCTwenteBouw_2011-7-7_Cam33
2. FCTwenteBouw_2011-7-7_Cam43
3. FCTwenteBouw_2011-7-7_Cam46

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving en een analyse gegeven van die opnamen.

In dit hoofdstuk wordt op diverse plaatsen verwezen naar de tijd die op de video-beelden is weergegeven. Door de Arbeidsinspectie is aangegeven dat de op die videobeelden vermelde tijd afwijkt van de werkelijke tijd [PV.05].

3.1 Beschrijving opnamen

Ad 1: FCTwenteBouw_2011-7-7_Cam33

Deze camera is gericht op een deel van de eerste en tweede ring van de tribune, het deel tussen de spanten Z1 en 12 (foto 3.1). Op de beelden is de dakrand zichtbaar vanaf spant Z1 tot en met de vidi-wall tussen de spanten 10 en 11. Verder is een hangbrug zichtbaar onder spant 11 en is het onderste deel van de kopse zijde van een hangbrug zichtbaar, die ter plaatse van spant 12 hangt (zie hoofdstuk 5).

Onderstaand volgt een analyse van de camerabeelden. Ten behoeve van deze analyse is gebruik gemaakt van het rapport daarover van het NFI [A.06] en van [PV.05].

In relatie tot de instorting is op de camerabeelden het volgende waarneembaar (foto 3.1-3.16):

- De opnamen starten op het tijdstip op de camera van 11:53:40:000.
- Omstreeks het tijdstip 11:53:47:769 starten de vidi-wall en de onderzijde van de hangbrug aan spant 11 met bewegen. Bij de hangbrug aan spant 12 en bij de overige spanten is op dat moment nog geen beweging waarneembaar.
- Na het begin van de beweging is omstreeks 11:53:48:461 zichtbaar dat ook de hangbrug aan spant 12 begint te bewegen. Vanaf dat tijdstip is zichtbaar dat de spanten 10 tot en met 12 omlaag bewegen.
- Later, omstreeks het tijdstip 11:53:49:153, is zichtbaar dat ook de spanten Z1 tot en met 9 beginnen te bewegen. Voor deze spanten geldt dat ze in eerste instantie opzij bewegen, in de richting van spant 10.
- Nadat de spanten 10 tot en met 12 al over enige afstand omlaag zijn bewogen, circa 4 seconden na het begin van de beweging, bewegen achtereenvolgens de spanten 9, 8 en Z1 ook omlaag.
- Omstreeks het tijdstip 11:53:51 is zichtbaar dat de personen die bezig zijn met het plaatsen van stoeltjes wegvlugten (zie ook onderstaande analyse van de andere twee opnamen).

- Nabij de vidi-wall is een hoogwerker gepositioneerd, met de werkbak nabij het dak van de overkapping. Tijdens het omlaag komen van de overkapping blijft de werkbak van deze hoogwerker in eerste instantie stil hangen. In een later stadium, circa 5 s na het begin van de beweging, raken onderdelen van de overkapping de arm van de hoogwerker en wordt de hoogwerker omgetrokken.

Ad 2: FCTwenteBouw 2011-7-7 Cam43

Deze camera is gericht op een deel van de eerste ring van de tribune, het deel tussen de spanten 8 en 10. Ten tijde van de opnamen waren personen bezig met het plaatsen van tribunestoeltjes.

In relatie tot de instorting is op de camerabeelden het volgende waarneembaar (foto 3.17-3.23):

- Omstreeks het tijdstip 11:53:50:266 is zichtbaar dat de personen eerst schuin omhoog kijken, naar het deel van de overkapping tussen de spanten 10 en 13, en daarna wegvluchten, in de richting van spant Z1.
- Spant 10 is het eerste spant dat op de tribune valt, vrijwel direct gevolgd door spant 9. Daarna valt spant 8 op de tribune en ten slotte spant Z1.
- Spant 9 ligt op de tribune iets verschoven ten opzichte van de oorspronkelijke positie, in de richting van spant 10.

Ad 3: FCTwenteBouw 2011-7-7 Cam46

Deze camera is gericht op een deel van de eerste ring van de tribune, het deel tussen de spanten Z1 en 8. Ten tijde van de opnamen waren personen bezig met het plaatsen van tribunestoeltjes. Verder waren twee personen aanwezig in een hoogwerker nabij de eindwand aan spant Z1.

In relatie tot de instorting is op de camerabeelden het volgende waarneembaar (foto 3.24-3.27):

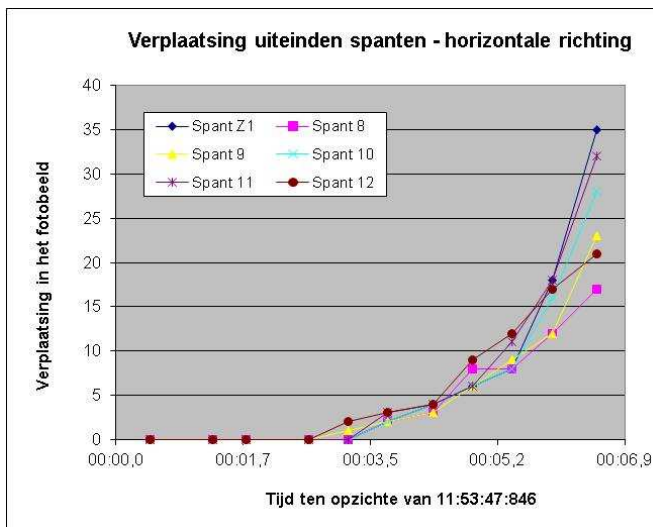
- Voorafgaand aan en tijdens het begin van de instorting schuift de hoogwerker in.
- Vanaf omstreeks 11:53:50:111 is een trilling zichtbaar in een staander onder het dak van de naastgelegen tribune.
- Vanaf omstreeks 11:53:51:333 is zichtbaar dat een persoon die bezig is met het plaatsen van de stoeltjes eerst schuin omhoog kijkt, naar het deel van de overkapping tussen de spanten 9 en 13, en daarna wegvlucht in de richting van spant Z1, samen met de andere personen die daar aanwezig zijn.
- Spant 8 is het eerste spant dat op de tribune valt. Daarna valt spant Z1 op de tribune.
- Spant Z1 ligt op de tribune verschoven ten opzichte van de oorspronkelijke positie, in de richting van spant 8.

3.2 Verplaatsingen spanten

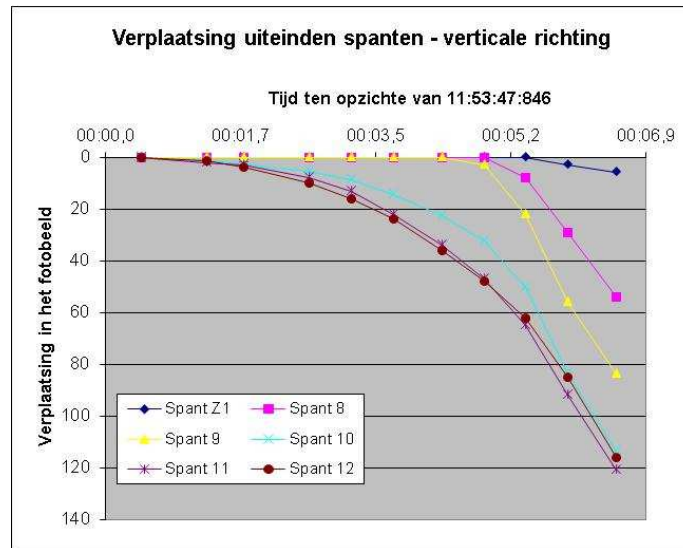
Op camera FCTwenteBouw_2011-7-7_Cam33 [F.008] zijn de uiteinden van de spanten Z1, 8, 9, 10 en 11 zichtbaar en bij spant 12 is de kopse zijde zichtbaar van de hangbrug die eronder hangt. Daardoor is het mogelijk om de verplaatsing van de uiteinden van de spanten Z1 tot en met 12 in de tijd te analyseren. Dit is gedaan voor de spanten Z1, 10, 11 en 12, op de volgende wijze:

- Op verschillende tijdstippen van de instorting zijn foto's van de camerabeelden gemaakt (foto 3.1-3.16). Omdat er sprake is van een vaste camerapositie, toonden alle foto's hetzelfde gezichtsveld.
- Nabij de uiteinden van de betreffende spanten is een herkenbaar punt gekozen, dat op alle foto's is gemarkeerd.
- De verplaatsing van de punten ten opzichte van de oorspronkelijke situatie is per foto opgemeten. Dit is gedaan van links naar rechts in het fotobeeld, aangeduid als horizontale richting, en van boven naar beneden in het fotobeeld, aangeduid als verticale richting.
- De verplaatsingen zijn gemeten in mm's in het fotobeeld. Omdat die meetwaarden geen relatie hebben met de grootte van de verplaatsingen in de praktijk, zijn de verplaatsing in de grafieken niet voorzien van een eenheid.
- De meetgegevens zijn grafisch uitgezet ten opzichte van het tijdstip 11:53:47:846. Omstreeks dat tijdstip is de instorting begonnen (zie paragraaf 3.1).

De resultaten van de analyse zijn weergegeven in de figuren 3.35 en 3.36, voor de verplaatsingen in horizontale respectievelijk verticale richting in het fotobeeld.



Figuur 3.35: Verplaatsing van de uiteinden van de spanten Z1 – 12 in de tijd, in horizontale richting in het fotobeeld



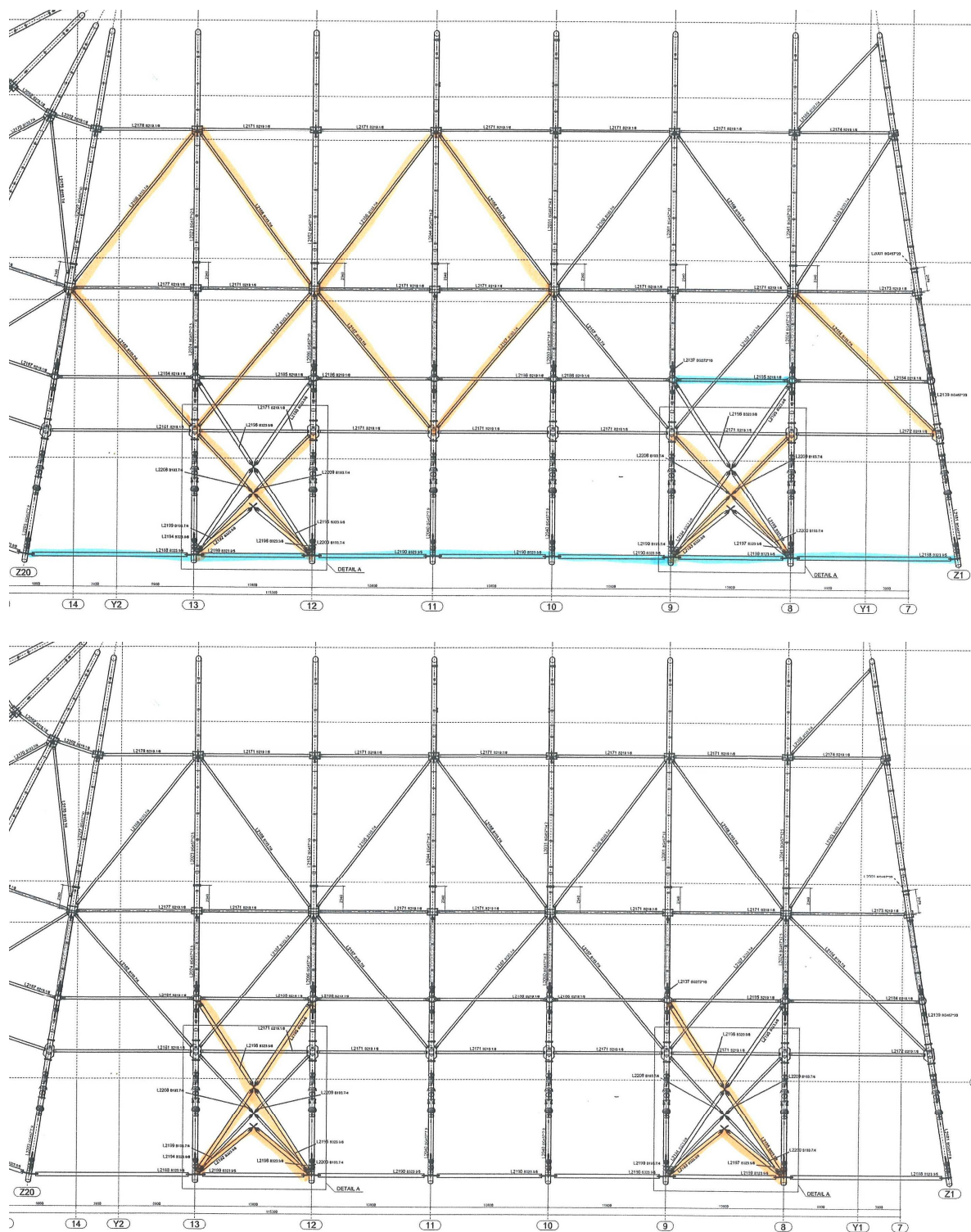
Figuur 3.36: Verplaatsing van de uiteinden van de spanten Z1 – 12 in de tijd, in verticale richting in het fotobeeld

4 Opbouw overkapping ten tijde van de instorting

4.1 Hoofddraagconstructie

Door de Arbeidsinspectie en de Forensische Opsporing is een opname gemaakt van de onderdelen van de hoofddraagconstructie die ten tijde van de instorting wel en niet gemonteerd waren [PV.06(a) en PV.07]. Uit die opname blijkt dat de volgende onderdelen van de hoofddraagconstructie, ten tijde van de instorting, niet gemonteerd waren:

- Zeven koppelstaven tussen de knooppunten 2 van de spanten Z20 tot en met Z1 en één koppelstaaf tussen de knooppunten 6 van de spanten 8 en 9 (figuur 4.1; blauwe onderdelen in bovenste figuur).
- Negen diagonale staven en twee kruizen van de stabiliteitsverbanden in het dakvlak tussen de spanten Z1 en Z20 (figuur 4.1; oranje onderdelen in bovenste figuur).
- De twee kruizen van de verticaal georiënteerde stabiliteitsverbanden tussen de spanten 12 en 13 (figuur 4.1; oranje onderdelen in onderste figuur).
- Eén heel kruis en één half kruis van de verticaal georiënteerde stabiliteitsverbanden tussen de spanten 8 en 9 (figuur 4.1; oranje onderdelen in onderste figuur).



Figuur 4.1: Niet-gemonteerde onderdelen van de hoofdconstructie [T.07]
 boven: koppelstaven (blauw) en stabiliteitsverbanden in het dakvlak (oranje)
 onder: verticaal georiënteerde stabiliteitsverbanden (oranje)

Op de tekening [T.07] en [T.33, T.34 en T.37] zijn alle individuele onderdelen van de hoofdconstructie voorzien van een code Lxxxx, waarbij xxxx een volgnummer van vier cijfers is. Door de Arbeidsinspectie is aangegeven dat ten tijde van de instorting de volgende onderdelen afwijkend van deze coderingen gemonteerd waren [PV.07]:

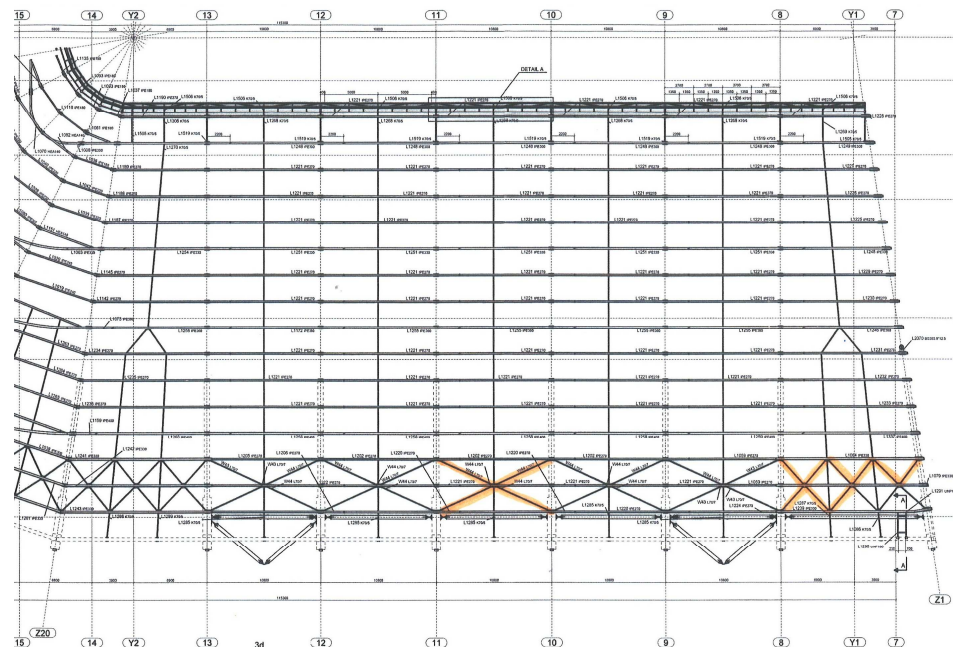
- De gemonteerde koppelstaaf tussen de knooppunten 6 van de spanten 9 en 10 was gecodeerd met L2185. Op de tekeningen [T.07] en [T.34] was deze gecodeerd met L2186.
- De 15 gemonteerde koppelstaven tussen de knooppunten 5, 7 en 8 van de spanten 8 tot en met 13 waren deels gecodeerd met L2086 en deels ongecodeerd. Op de tekening [T.07] waren deze 15 koppelstaven gecodeerd als L2171(B219.1/8) en op de tekeningen [T.33, T.34 en T.37] waren deze 15 koppelstaven gecodeerd met L2089(B219.1/8).

4.2 Dakconstructie

Door de Arbeidsinspectie en de Forensische Opsporing is een opname gemaakt van de onderdelen van de dakconstructie die ten tijde van de instorting wel en niet gemonteerd waren [PV.06(a)]. Dit is gedaan voor de volledige vakken tussen de spanten 8 en 13 en voor het deel van de dakconstructie tussen de eerste en zesde gording vanaf de buitenzijde. Voor de overige delen van de dakconstructie geldt dat er na de instorting diverse gordingen volledig losgekomen waren. Omdat dit voor het achterhalen van de oorzaak van de instorting niet relevant geacht wordt, is van die losse onderdelen geen volledige inventarisatie gemaakt.

Uit de opname blijkt dat de volgende onderdelen, ten tijde van de instorting, niet gemonteerd waren (figuur 4.2):

- Negen hoeklijnen van de stabiliteitsverbanden tussen de spanten Z1 en 8.
- Vier hoeklijnen van de stabiliteitsverbanden tussen de spanten 10 en 11.



Figuur 4.2: Niet-gemonteerde onderdelen van de dakconstructie (oranje)

5 Aanwezige belastingen ten tijde van de instorting

Ten tijde van de instorting was er, naast het eigen gewicht van de hoofddraagconstructie, sprake van de volgende belastingen op de hoofddraagconstructie:

1. Dakplaten
2. Frame en goot aan dakrand
3. Vidi-wall
4. Frame van de eindwand
5. Hangbruggen
6. Elektrische installaties en bekabeling
7. Personen

Onderstaand volgt per belasting een overzicht van de informatie die daarover beschikbaar is gesteld door de Arbeidsinspectie.

Ad 1: Dakplaten

Ten tijde van de instorting waren de dakplaten op de volgende dakgedeelten uitgelegd (foto 5.1 en [PV.06(a)]):

- Alle dakplaten op het dakgedeelte vanaf spant 11 tot aan de L-uitbreiding.
- In het dakgedeelte tussen de spanten 10 en 11, over twee plaatlengten vanaf de binnenzijde.
- In het dakgedeelte tussen de spanten 9 en 10, over één plaatlengte vanaf de binnenzijde.

In de dakgedeelten waar nog geen dakplaten waren gelegd, waren wel pakketten dakplaten op het dak aanwezig. De informatie van de Arbeidsinspectie [PV.06(a); PV07; PV09(a); PV11] geeft aan dat de volgende pakketten aanwezig waren (foto 5.1):

- Twee pakketten van 11 dakplaten. Deze waren opgeslagen langs de spanten 8 en 9, als eerste plaatlengte vanaf de binnenzijde. Het pakket langs spant 9, in het dakgedeelte tussen de spanten 8 en 9, had een lengte van 12,60 m, een breedte van 1,07 m en woog 10,4 kN (1040 kg).
- Drie pakketten van 11 dakplaten. Deze waren opgeslagen langs de spanten 8 tot en met 10, als tweede plaatlengte vanaf de binnenzijde (middelste rij platen). Het pakket langs spant 9, in het dakgedeelte tussen de spanten 8 en 9, had een lengte van 12,26 m, een breedte van 1,07 m en woog 10,0 kN (1000 kg).
- Vier pakketten van 11 dakplaten. Deze waren opgeslagen langs de spanten 8 tot en met 11, als derde plaatlengte vanaf de binnenzijde (buitenste rij platen). Het pakket langs spant 9, in het dakgedeelte tussen de spanten 8 en 9, had een lengte van 14,90 m, een breedte van 1,07 m en woog 12,2 kN (1220 kg).

Ad 2: Frame en goot aan dakrand

Ten tijde van de instorting waren het frame voor de reclameborden en de erachter gesitueerde gootconstructie voor de hemelwaterafvoer over de gehele lengte van de overkapping gemonteerd (foto 5.2). De reclameborden zelf waren niet gemonteerd.

Ad 3: Vidi-wall

Ten tijde van de instorting was de vidi-wall opgehangen aan de spanten 10 en 11 (foto 3.1 - 3.16 en foto 5.2). Deze vidi-wall was opgehangen aan een stalen frame. De informatie van de Arbeidsinspectie [PV.09(a)] geeft aan dat het totale gewicht van deze vidi-wall, inclusief het frame waarop het was gemonteerd, 83,6 kN (8360 kg) bedraagt. Het gewicht van de constructieonderdelen waarmee de vidi-wall aan de dakconstructie was gemonteerd bedraagt 7,4 kN (740 kg).

Ad 4: Frame van de eindwand

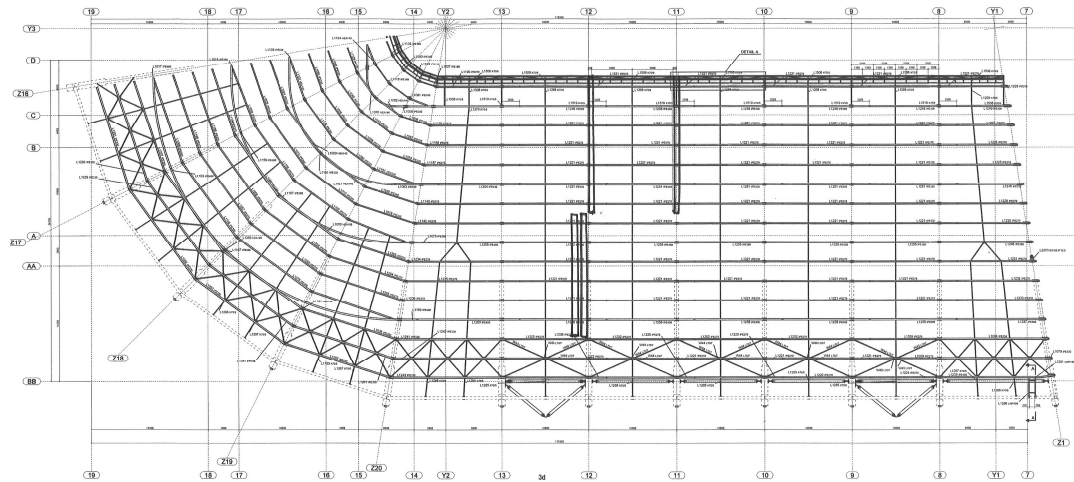
Ten tijde van de instorting waren de stijlen van het frame van de eindwand ter plaatse van spant Z1 gemonteerd (foto 5.2 en 5.3). Deze waren aan de bovenzijde verankerd aan spant Z1 en aan de onderzijde nog niet verankerd. Naast de stijlen was ook een deel van het regelwerk gemonteerd.

De kolom tussen knooppunt 7 van spant Z1 en de eronder gesitueerde tribune (zie tekening [T.04]) was ten tijde van de instorting gemonteerd (foto 5.3).

Ad 5: Hangbruggen

Ten tijde van de instorting hingen er vier hangbruggen aan de overkapping. Deze vier hangbruggen waren als volgt gesitueerd (figuur 5.4; foto 5.5 – 5.8; [PV.07]):

- Twee hangbruggen aan het binnenste gedeelte van de overkapping, boven de 1^e ring van de tribune. De ene hangbrug bevond zich ten tijde van de instorting ter plaatse van spant 11 en de andere ter plaatse van spant 12. Uit informatie van de Arbeidsinspectie [PV.09(a)] volgt dat de hangbruggen ter plaatse van spant 11 en 12 respectievelijk 5,60 en 5,20 kN (560 en 520 kg) wegen. Beide gewichten zijn exclusief enkele losse onderdelen die nog op de tribune lagen en exclusief enkele losse onderdelen die ten tijde van de instorting mogelijk in de hangbrug aanwezig zijn geweest.
- Twee hangbruggen aan het buitenste gedeelte van de overkapping, boven de 2^e ring van de tribune. De twee hangbruggen bevond zich ten tijde van de instorting ter plaatse van spant 12, aan de zijde van spant 13. Uit de informatie van de Arbeidsinspectie [PV.09(a)] volgt dat deze hangbruggen gezamenlijk 12,10 kN (1210 kg) wegen, exclusief enkele losse onderdelen die nog op de tribune lagen en exclusief enkele losse onderdelen die ten tijde van de instorting mogelijk in de hangbrug aanwezig zijn geweest.
- Uit de informatie van de Arbeidsinspectie [PV.07] volgt dat de afstand tussen de twee paren ophangpunten van één hangbrug 9,62 m en de afstand tussen de twee individuele rolpunten van een paar ophangpunten 1,5 m bedraagt.



Figuur 5.4: Situering hangbruggen ten tijde van de instorting [T.09]

Aanvullend aan de hiervoor weergegeven informatie heeft de Arbeidsinspectie bij de leverancier van de hangbruggen de gewichten opgevraagd [PV.09(a)]. Daaruit blijkt het volgende:

- De twee hangbruggen aan het binnenste gedeelte van de overkapping wegen per stuk ongeveer 7,39 kN (739 kg), inclusief ophangbeugels, loopkatten, e.d.
- De twee hangbruggen aan het buitenste gedeelte van de overkapping wegen per stuk ongeveer 7,08 kN (708 kg), inclusief ophangbeugels, loopkatten, e.d.

Ad 6: Elektrische installaties en bekabeling

Ten tijde van de instorting was in het deel van de overkapping vanaf de L-uitbreiding tot aan spant 11 een deel van de elektrische installaties, inclusief de bijbehorende bekabeling, gemonteerd. Tijdens het veldonderzoek is niet opgenomen welke onderdelen ten tijde van de instorting reeds gemonteerd waren, omdat die belasting relatief gering is in relatie tot de overige belastingen.

Ad 7: Personen

Uit de informatie van de Arbeidsinspectie [PV.01] volgt dat ten tijde van de instorting 12 personen aan het werk waren aan de boven- of onderzijde van de overkapping. Deze waren aan het werk op de volgende locaties:

- Twee personen op het dak van het niet-ingestorte deel van de U-uitbreiding.
- Twee personen in de hangbrug aan de binnenzijde, ter plaatse van spant 12 (zie ad 5).
- Twee personen in de hangbrug aan de binnenzijde, ter plaatse van spant 11 (zie ad 5).
- Drie personen op het binnenste deel van het dak, nabij spant 10.
- Drie personen onder het buitenste deel van het dak, nabij spant 8.

6 Hoofddraagconstructie na de instorting

De in dit hoofdstuk weergegeven informatie is ontleend aan het door de Arbeidsinspectie uitgevoerde veldonderzoek ([PV.06(a), PV.07 en PV.08(a)]) en de projectbezoeken van TNO.

6.1 Algemeen

De spanten 8 tot en met 13 en Z1 zijn bezweken en de spanten Z17 tot en met Z20 zijn blijven staan (foto 6.1 – 6.5). Voor de bezweken spanten geldt in het algemeen:

- De ankers waarmee de verankeringschoenen van de knooppunten 1, 3 en 4 met de betonnen tribune zijn verbonden zijn niet bezweken (zie ook paragraaf 8.1).
- De spanten 8 tot en met 13 zijn in hoofdzaak rechtstandig omlaag gekomen en niet omgevallen.
- Bij alle spanten, met uitzondering van spant Z1, is het uiteinde aan de buitzijde van het stadion, het deel tussen de knooppunten 2 en 5, weggebogen, loodrecht op het vlak van de spanten.
- Bij alle spanten is de onderregel, het deel tussen de knooppunten 5 en 9, met het uiteinde aan de binnenzijde van het stadion horizontaal weggedraaid in de richting van spant Z20.



Foto 6.4: Overzicht van de omlaag gekomen spanten; de stippellijnen zijn de oorspronkelijke posities van de spanten; de getrokken lijnen de situering van de onderregel van de spanten na de instorting [F.106]

Na de instorting is de toestand van de koppelstaven, die ten tijde van de instorting reeds gemonteerd waren, als volgt (foto 6.1 - 6.7):

- De koppelstaven tussen het niet omlaag gekomen spant Z20 en het omlaag gekomen spant 13 zijn aan één of beide zijden los van de spanten. Dit geldt ook voor de koppelstaven tussen de spanten Z1 en 8.
- De koppelstaven tussen de spanten 8 tot en met 13 zijn nog steeds met hun beide uiteinden aan de spanten verbonden, met uitzondering van de koppelstaaf tussen knooppunt 8 van de spanten 12 en 13, die aan de zijde van spant 13 los is.

Na de instorting is de toestand van de stabiliteitsverbanden die ten tijde van de instorting reeds gemonteerd waren als volgt (foto 6.6 en 6.7):

- De binnenste staaf van het stabiliteitsverband in het dakvlak tussen de spanten 9 en 10 en de buitenste staaf van het stabiliteitsverband in het dakvlak tussen de spanten 8 en 9 zijn uitgeknikt (foto 6.6; code A).
- De buitenste staaf van het stabiliteitsverband in het dakvlak tussen de spanten 9 en 10 en de binnenste staaf van het stabiliteitsverband in het dakvlak tussen de spanten 8 en 9 zijn aan één uiteinde los (foto 6.6; code B).
- De staaf van het verticale stabiliteitsverband tussen de spanten 8 en 9 is halverwege de lengte uitgeknikt (foto 6.6; code C en 6.7).
- De staven van het stabiliteitsverband in het dakvlak tussen de spanten Z1 en 8 zijn aan één of beide zijden los van de spanten.

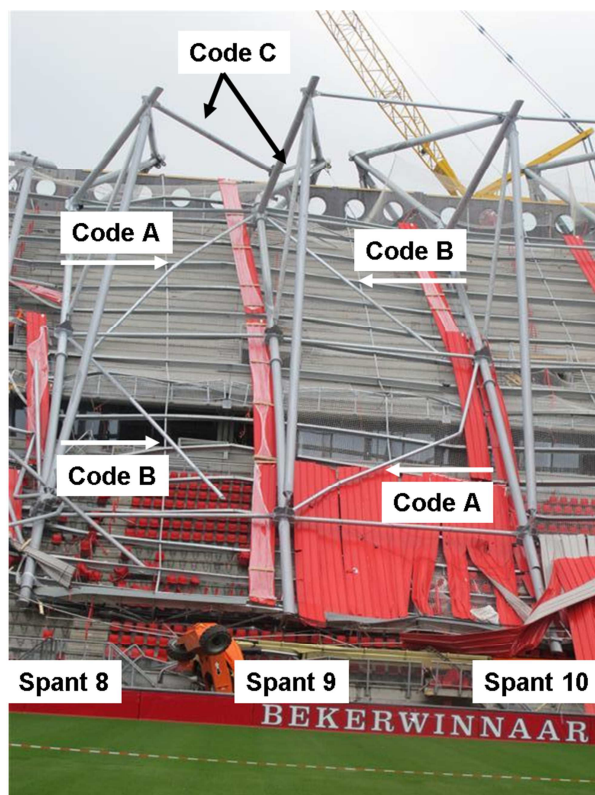


Foto 6.6: Koppelstaven en stabiliteitsverbanden tussen de spanten 8 en 10; voor de codering wordt verwezen naar de tekst van paragraaf 6.1 (TNO)

6.2 Spant Z17 tot en met Z20

De spanten Z17 tot en met Z20 zijn bij de instorting niet bezweken (foto 6.8 en 6.9). Deze stonden na de instorting nog overeind en vertoonden geen waarneembare bijzonderheden.

6.3 Spant 13

Spant 13 is bezweken, waardoor de onderregel van het spant op de tribune terecht is gekomen (foto 6.10). Het spant stond na de instorting nog nagenoeg rechtop, in lichte mate gedraaid in de richting van spant Z20 (foto 6.4).

Het deel van het spant aan de buitenzijde van het stadion, het deel naar knooppunt 2, is weggebogen in de richting van spant 12 (foto 6.11 en 6.12). De twee spantdelen 1-2 en 2-3 zijn in hun geheel weggebogen, zonder dat de spantdelen zelf verbogen zijn. De knooppunten 1 en 3 zijn niet losgekomen van het beton, maar de verbindingsplaten van de spantdelen met die knooppunten zijn wel verbogen. Het spantdeel 2-5 is weggebogen, ter plaatse van de buitenzijde van de aansluiting van de buitenste gording aan dit spantdeel (foto 6.12 – 6.14). Aan de buitenzijde van de verbinding van die gording aan dit spantdeel is dit spantdeel, aan de zijde van spant 12, sterk geplooid.

Het verticaal georiënteerde spantdeel 4-5, het deel tussen de onderregel van het spant en de tribune, is verbogen in de richting van de onderregel (foto 6.14 – 6.16). Als gevolg van die verbuiging is dit spantdeel ter plaatse van knooppunt 5, aan de zijde van spantdeel 2-5, sterk geplooid.

Voor het overige zijn geen bijzonderheden aan dit spant waargenomen.

6.4 Spant 12

De stand van spant 12 na bezwijken is vergelijkbaar met die van spant 13 (foto 6.17).

Het deel van het spant aan de buitenzijde van het stadion, het deel naar knooppunt 2, is weggebogen in de richting van spant 11 (foto 6.18 - 6.22). De vervormingen in de betreffende spantdelen zijn vergelijkbaar met de vervormingen in de overeenkomstige spantdelen van spant 13.

Het verticaal georiënteerde spantdeel 4-5 is verbogen in de richting van spantdeel 2-5, op een vergelijkbare wijze als het overeenkomstige deel van spant 13 (foto 6.23).

Voor het overige zijn geen bijzonderheden aan dit spant waargenomen.

6.5 Spant 11

De stand van spant 11 na bezwijken is vergelijkbaar met die van spant 13 (foto 6.24).

Het deel van het spant aan de buitenzijde van het stadion, het deel naar knooppunt 2, is weggebogen in de richting van spant 10 (foto 6.25 - 6.29). De vervormingen in de betreffende spantdelen zijn vergelijkbaar met de vervormingen in de overeenkomstige delen van spant 13.

Het verticaal georiënteerde spantdeel 4-5 is verbogen in de richting van spantdeel 2-5, op een vergelijkbare wijze als het overeenkomstige deel van spant 13 (foto 6.29).

Voor het overige zijn geen bijzonderheden aan dit spant waargenomen.

6.6 Spant 10

De stand van spant 10 na bezwijken is vergelijkbaar met die van spant 13 (foto 6.30).

Het deel van het spant aan de buitenzijde van het stadion, het deel naar knooppunt 2, is weggebogen in de richting van spant 9 (foto 6.31 - 6.35). De vervormingen in de betreffende spantdelen zijn vergelijkbaar met de vervormingen in de overeenkomstige delen van spant 13.

Het verticaal georiënteerde spantdeel 4-5 is verbogen in de richting van spantdeel 2-5, op een vergelijkbare wijze als het overeenkomstige deel van spant 13 (foto 6.36).

Voor het overige zijn geen bijzonderheden aan dit spant waargenomen.

6.7 Spant 9

De stand van spant 9 na bezwijken is vergelijkbaar met die van spant 13 (foto 6.38).

Het deel van het spant aan de buitenzijde van het stadion, het deel naar knooppunt 2, is weggebogen in de richting van spant 10 (foto 6.39 - 6.42). De vervormingen in de twee spantdelen 1-2 en 2-3 zijn vergelijkbaar met de vervormingen in de overeenkomstige delen van spant 13, maar dan in de tegenovergestelde richting. Het spantdeel 2-5 is weggebogen, aan de binnenzijde van de aansluiting van de buitenste gording aan dit spantdeel (foto 6.41 – 6.42). Aan de binnenzijde van de verbinding van die gording aan dit spantdeel is dit spantdeel, aan de zijde van spant 10, sterk geplooid.

Het verticaal georiënteerde spantdeel 4-5 is verbogen in de richting van spantdeel 2-5, op een vergelijkbare wijze als het overeenkomstige deel van spant 13 (foto 6.43).

Voor het overige zijn geen bijzonderheden aan dit spant waargenomen.

6.8 Spant 8

De stand van spant 8 na bezwijken is enigszins vergelijkbaar met die van spant 13 (foto 6.44).

Het deel van het spant aan de buitenzijde van het stadion, het deel naar knooppunt 2, is weggebogen in de richting van spant 9 (foto 6.45 - 6.48). De vervormingen in de betreffende spantdelen zijn vergelijkbaar met de vervormingen in de overeenkomstige delen van spant 13, maar dan in de tegenovergestelde richting.

Van spantdeel 2-5 is de flensverbinding nabij knooppunt 5 volledig los (foto 6.48).

Het verticaal georiënteerde spantdeel 4-5 is verbogen in de richting van spantdeel 2-5, op een vergelijkbare wijze als het overeenkomstige deel van spant 13 (foto 6.49).

Voor het overige zijn geen bijzonderheden aan dit spant waargenomen.

6.9 Spant Z1

Spant Z1 is bezweken, waardoor de onderregel van het spant op de tribune terecht is gekomen (foto 6.44). Het spant is na de instorting gekanteld richting spant 8, met de top (knooppunt 6) nabij spant 8. Het uiteinde van het spant aan de binnenzijde is gedraaid tot nabij spant 8.

Van het deel van het spant aan de buitenzijde van het stadion bevinden knooppunt 2 en de twee eronder gesitueerde delen van het spant zich na de instorting nog op nagenoeg de oorspronkelijke positie (foto 6.50). De erboven gesitueerde onderdelen zijn weggekanteld in de richting van spant 8.

Van het spantdeel 5-7 is de flensverbinding nabij knooppunt 5 volledig los (foto 6.51 en 6.52).

Het verticaal georiënteerde spantdeel 5-6, het deel boven de onderregel van het spant, is weggebogen in de richting van spant 8 (foto 6.51 en 6.52). Als gevolg van die verbuiging is dit spantdeel net boven knooppunt 5, aan de zijde van spant 8, sterk geplooid.

Voor het overige zijn geen bijzonderheden aan dit spant waargenomen.

7 Dakconstructie na de instorting

De in dit hoofdstuk weergegeven informatie is ontleend aan het door de Arbeidsinspectie uitgevoerde veldonderzoek ([PV.06(a) en 07]) en de project-bezoeken van TNO.

7.1 Gordingen, kokerprofielen en stabiliteitsverbanden

In het gedeelte van het dak tussen spant Z20 en de L-uitbreiding, het niet bezwiken deel van de hoofd draagconstructie, ontbreken na de instorting enkele gordingen (foto 7.1 – 7.3). De ontbrekende gordingen lagen op de eronder gesitueerde tribune en op het bestrate deel voor de tribune.

Ter plaatse van spant Z19 zijn de buitenste zeven gordingen geheel of gedeeltelijk losgekomen van het spant, maar deze gordingen vormen nog wel één geheel met de aansluitende gordingen (foto 7.4). De overige gordingen zijn geheel losgekomen en omlaag gevallen.

Ter plaatse van spant Z20 zijn de buitenste twee gordingen losgekomen van het spant en waren de kopse verbindingen van die twee gordingen ter plaatse van het spant gebroken (foto 7.5 en 7.6). De derde tot en met de zesde gording vanaf de buitenzijde zijn losgekomen van het spant, maar vormen nog wel één geheel met de aansluitende gordingen (foto 7.7 en 7.8).

In het gedeelte van het dak tussen de spanten 13 en Z20 is het merendeel van gordingen losgekomen van de spanten. Ook vormen de gordingen niet meer één geheel met de aansluitende gordingen. De gordingen uit dit gedeelte van het dak zijn na de instorting op de tribune en op het bestrate deel voor de tribune terecht gekomen (foto 7.9). Ook in dit vak vormen de buitenste gordingen nog wel één geheel met de aansluitende gordingen.

In gedeelte van het dak tussen de spanten Z1 en 13 vormt de gehele dakconstructie na de instorting nog vrijwel één geheel. De verbindingen van de gordingen met de spanten zijn voor een deel bezwiken, waarbij sprake is van verschillende bezwijkvormen (foto 7.10 – 7.13).

De kokerprofielen tussen de buitenste gording en de betonnen buitenwand zijn, in het deel van spant 13 tot de L-uitbreiding, bevestigd aan de betonnen buitenwand. Dit geldt ook voor de kokerprofielen ter plaatse van het betonnen wandelement tussen de spanten 13 en Z20, dat bij de instorting is omgevallen (foto 7.14). De kokerprofielen tussen de overige spanten vertonen na de instorting geen sporen waaruit kan worden afgeleid dat deze aan de betonnen wandelementen gemonteerd zijn geweest (foto 7.15).

De stabiliteitsverbanden tussen de buitenste drie gordingen vertonen in het gedeelte tussen spant Z20 en de L-uitbreiding, geen schade. Een uitzondering hierop vormen de twee profielen die zijn verbonden met spant Z20, want die twee zijn aan één zijde los.

De stabiliteitsverbanden tussen de buitenste drie gordingen van de spanten Z1 en Z20 die ten tijde van de instorting gemonteerd waren, vertonen na de instorting nagenoeg allemaal schade. Bij ongeveer de helft bestaat die schade uit het aan één zijde lostrekken van de profielen en bij de overige profielen bestaat deze schade uit het uitknikken van de profielen (foto 7.16).

7.2 Dakplaten

De reeds gemonteerde dakplaten zijn bevestigd met zelftappende schroeven (foto 7.17). Elke plaat is verankerd aan twee gordingen, met twee schroeven per “golfdal” (foto 7.18 en 7.19). De platen zijn tevens onderling verbonden met dezelfde zelftappende schroeven, in de overlap van de platen in lengterichting (foto 7.19 en 7.20).

Van het dakgedeelte tussen spant Z20 en de L-uitbreiding zijn ten tijde van de instorting enkele dakplaten omlaag gekomen, met name in de gedeelten waar ook de gordingen uit het dakvlak zijn losgekomen (foto 7.1 en 7.21).

In het dakgedeelte tussen de spanten 13 en Z20 zijn de binnenste en de middelste rij dakplaten geheel omlaag gekomen (foto 7.21). De buitenste rij dakplaten ligt nog op de dakconstructie waarop deze gemonteerd is.

In het dakgedeelte tussen de spanten 11 en 13 liggen na de instorting vrijwel alle dakplaten nog op de dakconstructie waarop deze zijn gemonteerd (foto 7.21).

In het dakgedeelte tussen de spanten 9 en 11 ligt de binnenste rij dakplaten na de instorting nog op de dakconstructie waarop deze is gemonteerd (foto 7.22). De middelste rij dakplaten tussen de spanten 10 en 11 ligt na de instorting op de binnenste rij dakplaten.

8 Overige waarnemingen

De in dit hoofdstuk weergegeven informatie is ontleend aan het door de Arbeidsinspectie uitgevoerde veldonderzoek ([PV.06(a) en PV.07]) en de projectbezoeken van TNO.

8.1 Aansluitingen van de spanten aan de betonconstructie

De spanten sluiten ter plaatse van de knooppunten 1, 3 en 4 aan op de betonconstructie. Deze knooppunten zijn aan de betonconstructie verankerd via een verankeringsschoen, die met stalen ankers in het beton is verankerd. Bij de knooppunten 1 en 3 wordt de ruimte tussen de voetplaten van de verankeringsschoen en het beton opgevuld met gietmortel (foto 8.1 en 8.2) en bij knooppunt 4 wordt de voetplaat van de verankeringsschoen direct tegen het beton gemonteerd.

Knooppunt 1 van de spanten Z1 tot en met 13 was ten tijde van de instorting nog niet afgemonteerd. Dit wil zeggen dat de ruimte onder de voetplaten van die knooppunten niet was opgevuld (foto 8.3). Na de instorting staan de verankeringsschoenen scheef, met de ene zijde tegen de moeren gedrukt en de andere zijde vrij onder de moeren (foto 8.4). Rondom de ankers is geen schade aan het beton zichtbaar (foto 8.5).

Knooppunt 3 van de spanten Z1 tot en met 13 was ten tijde van de instorting nog niet afgemonteerd. Onder de voetplaten waren wel stelblokjes aangebracht, maar geen gietmortel (foto 8.6). Na de instorting is er geen vervorming van de voetplaten zichtbaar en is er geen schade aan het beton rondom de ankers zichtbaar.

Bij de verankeringsschoen van knooppunt 4 van de spanten Z1 tot en met 13 is na de instorting geen vervorming zichtbaar. Wel is bij de spanten 9 en 10 één moer van een anker niet aangedraaid en bij de spanten 8 en Z1 twee moeren (foto 8.7).

8.2 Spankabels

Op twee locatie is na de instorting een spankabel aangetroffen. Dit betreft een spankabel van knooppunt 4 van spant Z1 naar knooppunt 6 van spant 8. Een tweede spankabel is aangetroffen van knooppunt 2 van spant 9 naar knooppunt 5 van spant 10.

Spankabel van spant Z1 naar spant 8

Bij knooppunt 3 van spant Z1 is een groene hijsband zichtbaar, die onder het betonnen wandelement doorliep (foto 8.8).

Bij knooppunt 4 van spant Z1 is een gele hijsband aanwezig die aan het ene uiteinde onder het betonnen tribune-element wegloopt (foto 8.9). Aan het andere uiteinde is deze hijsband verbonden met een handtakel, ook wel een handketting-takel genoemd, zonder staaldraad in de behuizing (foto 8.10). Naast de handtakel ligt een kapotte tirfor (foto 8.10). Dit is een staaldraadtakel die in het algemeen gebruikt wordt voor het verplaatsen van zware lasten.

Aan knooppunt 6 van spant 8 hangt een gele hijsband, met aan die hijsband een spankabel (foto 8.11). Het andere uiteinde van die spankabel hangt vrij over de tribune.

Spankabel van spant 9 naar spant 10

Aan knooppunt 2 van spant 9 hangt een gele hijsband, met aan die hijsband een spankabel (foto 8.12). Het andere uiteinde van deze spankabel is verbonden met een tirfor nabij knooppunt 5 van spant 10 (foto 8.13). Deze tirfor is op zijn beurt verbonden met een handtakel, die vervolgens weer vastzat aan een gele hijsband om knooppunt 5 van spant 10 (foto 8.13 – 8.15).

8.3 Laswerk

Bij knooppunt 5 van spant 10 staat een lastrafo op het spant (foto 8.15). Op die locatie zijn laswerkzaamheden verricht aan de onder het spant aanwezige verbinding van het spant met de tweede gording vanaf de buitenzijde (foto 8.16 en 8.17). Dit betreft laswerkzaamheden aan de aansluiting van het buisprofiel aan de kopplaat. In die aansluiting is over de helft van de omtrek, aan de zijde van spant 11, een wapeningsstaaf in het hechtvlak aanwezig (foto 8.17).

9 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever:

Arbeidsinspectie (namens het Openbaar Ministerie)
Postbus 820
3500 AV UTRECHT

De Onderzoeksraad voor Veiligheid
Postbus 95404
2509 CK Den Haag

Namen van de projectmedewerkers:

Ir. L.M. Abspoel
Ir. H. Borsje
Ir. H.G. Burggraaf

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaats gehad:

Juli 2011 – januari 2012

Ondertekening tweede lezer:

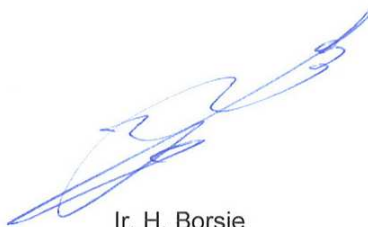


Ir. F.B.J. Gijsbers

Ondertekening:



Ir. L.M. Abspoel



Ir. H. Borsje



Ir. H.G. Burggraaf