

PER E-MAIL

Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud  
Gebouw Westraven  
18e verdieping Westraven  
T.a.v. [REDACTED]  
Postbus 2232

Datum	Ons kenmerk	Uw kenmerk	Aantal pagina's
16 november 2023	11209150-004-GEO-0027	RWS-2023/37717 zonder datum	1 van 3
<b>Contactpersoon</b> [REDACTED]	<b>Doorkiesnummer</b> [REDACTED]	<b>E-mail</b> [REDACTED]	
<b>Onderwerp</b>			
Beoordeling second opinion corrosiemechanisme voorspanstaven Prinses Margrietunnel			

Geachte [REDACTED],

Deltares en TNO hebben onderzoek gedaan naar de oorzaak van het omhoog komen van moot 26 van de Prinses Margrietunnel. In dit onderzoek is gevonden dat het falen is opgetreden doordat de constructieve sterkte van de paalfundering onder de constructie in de tijd is afgenomen en is geconcludeerd dat deze afname "zeer waarschijnlijk is veroorzaakt door de afname van de sterkte van de paalfundering in de tijd door het breken van voorspanstaven" (Rapport Deltares/TNO 11209150-004-GEO-0014, 19 juli 2023).

In het kader van dit onderzoek heeft TNO een onderzoek uitgevoerd aan breukvlakken van voorspanstaven om te bepalen waardoor de voorspanstaven zijn gebroken (TNO rapport 2023R11418 d.d. 24 juli 2023). Op basis van dat uitgevoerde onderzoek heeft TNO geconcludeerd dat loog-spanningscorrosie zeer waarschijnlijk het corrosiemechanisme is geweest dat het breken van de voorspanstaven heeft veroorzaakt.

In 2011 heeft Exova een vergelijkbaar onderzoek bij de Vlaketunnel uitgevoerd (Exova rapport 3739/S/S100418 d.d. 28 maart 2011). Ook bij de Vlaketunnel werd destijds omhoog komen van tunnelmoten geconstateerd, waarbij de moten op een gelijke wijze zijn gefundeerd als de Prinses Margrietunnel. In dat rapport is geconcludeerd:

- All samples have failed as result of brittle overload initiated on small crack initiations at the surface of the samples.
- The crack initiations are identified as stress corrosion cracking.

Ten aanzien van de resultaten van het onderzoek van Exova is op 18 maart 2011 een second opinion gegeven door [REDACTED]. Die second opinion luidde: *"All results: extended precracks with intergranular character, numerous further cracks in combination with a corrosion attack over the length, refer unmistakable to stress corrosion cracking as a cause"*.

Op verzoek van Rijkswaterstaat heeft Deltares aan Element Materials Technology (Element) gevraagd een second opinion te geven ten aanzien van beide bovengenoemde onderzoeken.

Daarvoor zijn de beide onderzoeksrapporten (TNO rapport 2023R11418 en Exova rapport 3739/S/S100418) beschikbaar gesteld aan Element en zijn de volgende twee vragen gesteld (opdrachtverlening Deltares aan Element, 11209150-000-GEO-0019):

1. *Kunt u de conclusie onderschrijven dat de meest waarschijnlijke oorzaak voor het bezwijken van de voorspanstaven in de PMT<sup>1</sup> is gelegen in loog-spanningscorrosie?*
2. *In het rapport dat Exova destijds heeft opgesteld over de Vlaketunnel is geconcludeerd: "The crack initiations are identified as stress corrosion cracking". Kunt u, op basis van de huidige inzichten, aangeven of er bij de Vlaketunnel, naar uw oordeel, ook sprake geweest kan zijn van loog-spanningscorrosie?*

De resultaten van de second opinion door Element zijn vastgelegd in een notitie d.d. 10 oktober 2023 (referentie ERO040969), die als bijlage bij deze brief is gevoegd. In deze notitie zijn de volgende antwoorden gegeven op de gestelde vragen:

- Antwoord vraag 1: Nee. Meest waarschijnlijk betreft het een vorm van scheurvormige waterstofschade.
- Antwoord vraag 2: Ook in het geval van de Vlaketunnel lijkt er eerder sprake te zijn geweest van een vorm van scheurvormige waterstofschade.

De onderzoekers van TNO en Exova verschillen van inzicht met Element over het corrosiemechanisme ((loog)-spanningscorrosie of waterstof geïnitieerde scheurvorming) dat heeft geleid tot het bezwijken van de voorspanstaven..

Vanwege deze verschillen van inzicht heeft Deltares op 26 oktober 2023 een overleg georganiseerd met de onderzoekers van TNO en Element. Het doel van deze bijeenkomst was na gaan wat de achtergrond van deze verschillende inzichten is en of die verschillen gevolgen voor het onderzoek hebben. De onderzoeker van Exova (thans onderdeel van Element) die destijds het onderzoek had uitgevoerd bij de Vlaketunnel was daarbij niet aanwezig omdat die inmiddels met pensioen was. Bij het overleg was Rijkswaterstaat als toehoorder aanwezig.

Tijdens dit overleg hebben de onderzoekers de verschillen van inzicht onderling besproken en toegelicht aan Deltares. De beide onderzoekers hebben daarbij gezamenlijk de volgende conclusies getrokken:

- De twee genoemde corrosiemechanismen voor het bezwijken van de voorspanstaven zijn moeilijk van elkaar te onderscheiden. Voor het verkrijgen van zekerheid over het werkelijke corrosiemechanisme is een relatief omvangrijk, fundamenteel onderzoek noodzakelijk.
- Bij beide corrosiemechanismen zijn voor het ontstaan van de breuk in de voorspanstaven dezelfde randvoorwaarden noodzakelijk:
  - De voorspanstaven zijn gevoelig voor brosse breuk en hebben een lage breuktaaiheid.
  - De voorspanstaven staan onder een permanente relatief hoge trekspanning.
  - Er is een onderbreking opgetreden in de omhulling van de voorspanstaven waardoor de voorspanstaven in contact zijn gekomen met het ter plaatse aanwezige corrosieve (basische) medium.
- Vanuit het oogpunt van de initiatie van het falen van de voorspanstaven is het onderscheid tussen de twee corrosiemechanismen niet relevant. Voor de Prinses Margrietunnel betekent dit dat beide corrosiemechanismen beginnen met

---

<sup>1</sup> PMT = Prinses Margrietunnel

onvolkomenheden in de omhulling van de voorspanstaven, waarna een corrosiereactie optreedt en vervolgens een breuk in de voorspanstaven.

- Analooq hieraan geldt voor andere tunnels, die op een soortgelijke wijze zijn gebouwd, eenzelfde conclusie. Een onderzoek of hetzelfde schademechanisme bij die tunnels kan optreden, is voor beide faalmechanismen gelijk.

Op basis van bovengenoemde conclusies acht Deltares het momenteel niet van belang om een vervolgonderzoek uit te voeren of loog-spanningscorrosie of scheurvormige waterstofschade het meest waarschijnlijke corrosiemechanisme is dat heeft geresulteerd in het bezwijken van de voorspanstaven, maar prioriteit te geven aan het onderzoek naar de oorzaak van het ontstaan van corrosie: waardoor ontstaan de onvolkomenheden in de omhulling.

De inhoud van deze brief is voorgelegd aan de onderzoekers van TNO en Element en zij hebben aangegeven dat zij de inhoud onderschrijven.

Wij vertrouwen erop u hiermee van dienst geweest te zijn.

Hoogachtend,

[Redacted signature]

[Redacted signature]

**Paraaf**

[Redacted signature]

**Kopie aan**

[Redacted recipient]

**Bijlage(n)**

Second opinion Element met referentie ERO040969