



Platform
Voegovergangen
en Opleggingen

Samenvatting onderzoek wandelende opleggingen

01.04.2021



1. Algemene informatie over het onderzoek

1.1 Introductie

In de infrastructuur worden veel rubberen opleggingen toegepast om bewegingen tussen onder- en bovenbouw op te vangen. Het betreft in veruit de meeste gevallen staalplaatgewapende rubber opleggingen (type B opleggingen conform de NEN EN 1337 deel 3). De bruggen op snelwegen bestaan veelal uit betonnen onderdelen, deze leg je niet zomaar koud op het landhoofd. Er worden rubber opleggingen toegepast om te zorgen dat de bewegingen van het viaduct kunnen optreden zonder schade aan het viaduct en zijn omgeving. Het 'los' plaatsen van opleggingen is populair geworden omdat het kostenbesparend is.

Hoe ziet de standaard toepassing eruit? De oplegging ligt los op een sokkel tussen het brugdek en het landhoofd, en wordt door de wrijving met de omgeving op z'n plek gehouden. De wrijving moet ook genoeg zijn voor het opnemen van de horizontaalkrachten van wind en remmend verkeer. "De vraag is of de wrijving tussen de rubber oplegging en de onder- en bovenbouw voldoende is om te voorkomen dat deze er tussenuit wandelt." Als dit gebeurt valt er een steunpunt weg en heeft het brugdek geen goede ondersteuning meer. De brug voldoet dan niet meer aan zijn ontwerpvoorwaarden. In het slechtste geval moet de brug dan gesloten worden voor verkeer.



Figuur 1 1 Ingebouwde rubber oplegging

Hoewel het gebruik van rubber opleggingen type B al decennia plaatsvindt, is het inzicht in het fenomeen 'wrijving' - en de relatie met 'wegwandelen' - beperkt. Dit uit zich niet alleen in een jaren durende discussie tussen experts in de NEN Normcommissie 'Opleggingen', die namens Nederland de herziening van de EN1337-3 becommentarieert, maar ook tussen ontwerpers in projecten. De huidige normtekst over deze wrijving (en of dit voldoet) is gebaseerd op data uit oude onderzoeken met weinig inzicht in de randvoorwaarden van die onderzoeken, zoals de ruwheid van de materialen die gebruikt worden.

Een oplossing zou zijn om alle oplegblokken te fixeren in het bouwwerk. Echter dit brengt extra kosten met zich mee, terwijl er toch ook veel kunstwerken zijn waar niets aan de hand is. Wanneer er wel of geen 'wandelen' optreedt is nog niet duidelijk. Voordat het 'voorbarige' en dure besluit genomen wordt om alle oplegblokken te gaan fixeren, om 'wandelen' te voorkomen, is extra inzicht hard nodig. Er zijn aanwijzingen dat wrijving belangrijk is en ook dat wisselende belastingen een rol spelen. Om dit beter te begrijpen is er door leden van het PVO en de NEN-normcommissie een onderzoek uitgevoerd om de wrijvingscoëfficiënt van de blokken onder bepaalde omstandigheden te bepalen.

Het onderzoek is ontstaan vanuit de behoefte om relatie te leggen tussen de wrijvingscapaciteit - welke een constructeur in zijn berekeningen gebruikt - en de bijbehorende ruwheid die een uitvoerder moet maken. Dit is uitgelegd tijdens een PVO middag op 17 januari 2018. Tijdens deze middag is ook kort aandacht besteed aan bekende schadegevallen toen werd dit geschat op 1-2% van de bruggen en viaducten met rubber opleggingen. In dit onderzoek is geen analyse uitgevoerd op de bekende schadegevallen.

Het onderzoek bestaat uit een beperkte literatuurstudie, een uitgebreid experimenteel testprogramma en numerieke simulaties m.b.v. geavanceerde computersoftware.

Het onderzoek is begeleid door leden van het PVO waarbij de volgende partijen bij naam genoemd worden vanwege hun extra bijdrage:

- Rijkswaterstaat
- Provincie Zuid-Holland
- Heijmans, aannemer
- Betonhuis constructief prefab, vertegenwoordiger leverancier prefab liggers
- Vilton, leverancier opleggingen
- Trelleborg, leverancier opleggingen
- Konstrukom, leverancier opleggingen

De rubber opleggingen welke gebruikt zijn in het onderzoek zijn geleverd door Vilton, Trelleborg en Konstrukom. De tegenloopvlakken zijn grotendeels geleverd door Heijmans en deels door Betonhuis constructief prefab.

PVO heeft een begeleidingsgroep samengesteld waarin de volgende personen plaats namen.

Naam	Organisatie	Functie
Evert van Vliet	BAM Infra	Projectleider
Jaap Havinga	KIWA	Lid
Arnoud Middel	Heijmans	Lid
Martin Makkink	Consultant Makkinktechniek	Lid
Herbert v.d. Ham	Boskalis	Lid
Jos Krabbe	Rijkswaterstaat (RWS)	Lid
Han Leendertz	JSL-Consulting, ex. RWS	Lid
Eddy Westdijk	CROW	Contactpersoon

1.2 Wat is het doel van het onderzoek?

Doel:

1. Vaststellen welke wrijvingscoëfficiënten optreden onder verschillende omstandigheden, inclusief wisselende belastingen ten behoeve van het **ontwerp**. Kortom, correcte uitgangspunten voor de constructeur.
2. Vaststellen benodigde eisen aan tegenloopvlakken voor **uitvoering**, te denken valt aan de benodigde ruwheid. Kortom, mogelijkheid tot validatie van de ruwheid voor uitvoering.

1.3 Uitvoering van het onderzoek

De experimentele testen zijn uitgevoerd door KIWA (Jaap Havinga en Gözde Tuzcu). De resultaten zijn weergegeven in het KIWA-document met nummer: 190500761GT3. De overige analyses rondom het experimentele onderzoek zijn als bijlagen aan dit document toegevoegd.

Bijlage E

De ruwheid is gemeten door Heijmans (Martin Makkink en Arnoud Middel) voor alle gebruikte tegenloopvlakken in het experimentele onderzoek. Er zijn verschillende meettechnieken toegepast om te proberen een correlatie te vinden tussen de ruwheid en wrijvingscoëfficiënt.

Bijlage F

De numerieke simulaties zijn uitgevoerd door Arcadis (Coen van der Vliet en Niels Kostense).

Bijlage G

De uitgangspunten van het onderzoek zijn bepaald aan de hand van een beperkte literatuurstudie en een modelberekening door Han Leendertz en Evert van Vliet.

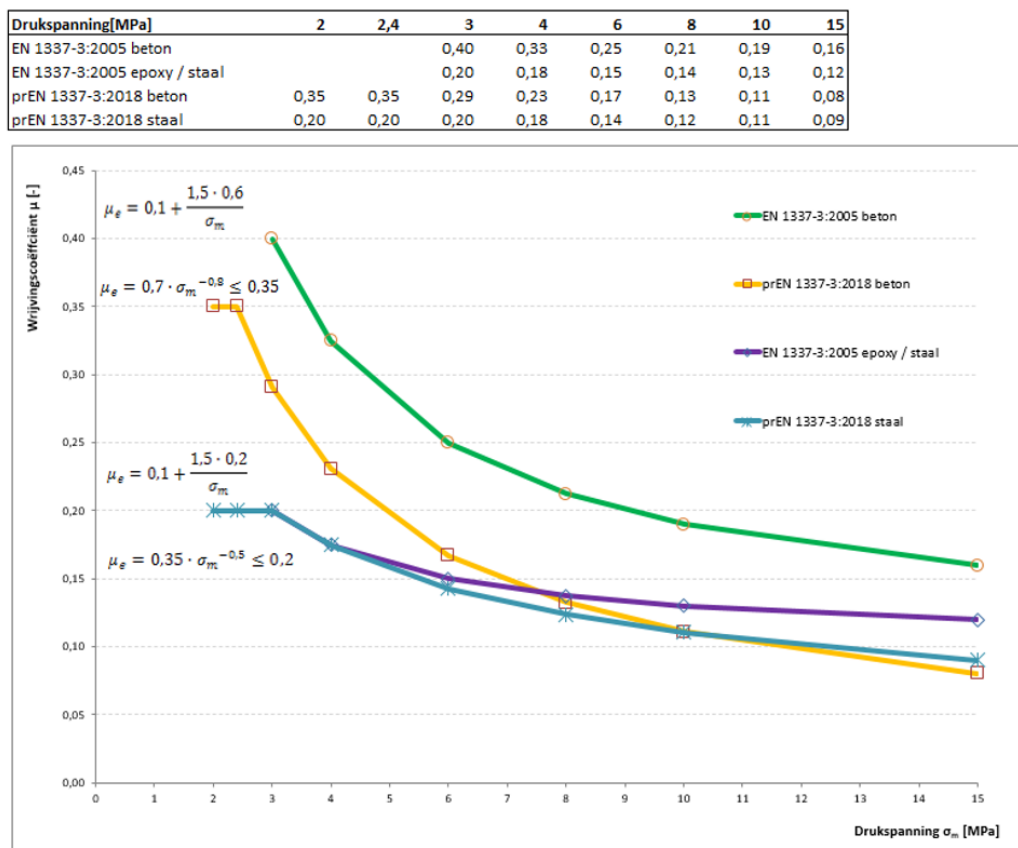
2. Beknopte samenvatting van de verschillende onderzoek onderdelen

2.1 Literatuuronderzoek

Het literatuuronderzoek bevatte een (niet-volledige) inventarisatie van beschikbare wrijvingscoëfficiënten. Hiervoor zijn Amerikaanse, Franse en Duitse bronnen geraadpleegd. In de bronnen werd wel informatie gegeven over de materiaalsoort van het aansluitvlak, maar niet over de ruwheid ervan. De wrijvingscoëfficiënten conform prEN1337-3:2018 liggen in lijn met de waarden uit de literatuur.

Belangrijk uitgangspunt in het onderzoek was de vigerende norm EN1337-3:2005 en de ontwerpnorm prEN1337-3:2018. Deze normen zijn gebaseerd op het ORE-onderzoek (Union International des Chemins de fer; UIC). Deze beide normen zijn vergelijkend uitgewerkt in tabel- en figuurvorm in Figuur 2-1. Belangrijk is het inzicht dat de wrijvingscoëfficiënt drukspanningsafhankelijk is. Formule (19) is verkeerd terecht gekomen in prEN1337-3, zie voor de juiste formule

Figuur 2-1.



Figuur 2-1 Vergelijking van wrijvingscoëfficiënt in EN1337-3:2005 en prEN1337-3:2018

Een belangrijk verschil tussen de vigerende norm en de ontwerpnorm is dat de minimale drukspanning in het aansluitvlak verschillend wordt berekend. In EN1337-3:2015 moet voor deze controle de aanwezige permanente belasting worden gebruikt. Volgens prEN1337-3:2018 moet de UGT belastingcombinatie worden gebruikt, daarmee komen effecten als 'opwippen' door verkeersbelasting en temperatuurkromming nadrukkelijk in beeld.

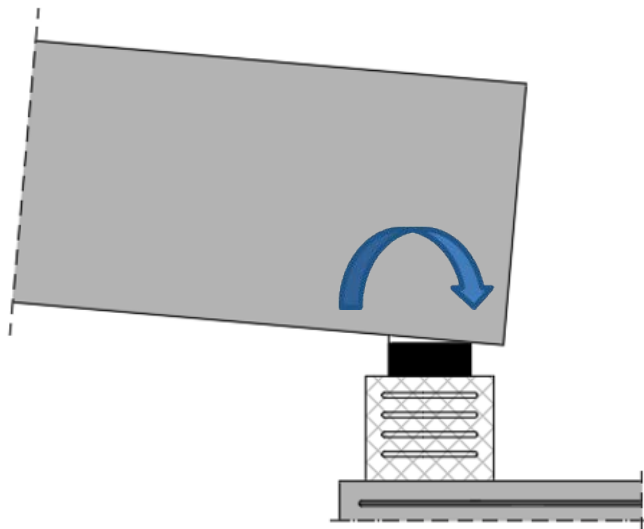
Bij het analyseren van schadegevallen wordt aanbevolen om dit verschil in berekening van de drukspanning tussen beide normen te beschouwen.

In de literatuur wordt aangegeven dat bij herhaalde schuifbewegingen een afname van de statische wrijvingscoëfficiënt kan optreden. Maar het is waarschijnlijk dat de capaciteit zich herstelt, afhankelijk van de herhalingstijd van de belasting.

Veel auteurs in publicaties (KIWA rapport, bijlage G, paragraaf 1.2.5, 1.2.6 en 1.2.7) rapporteren dat wax-uittrekking uit rubber opleggingen leidt tot een mogelijke daling van de wrijvingscoëfficiënt.

Er kan op de buitenzijde van de oplegging een vette laag aanwezig zijn uit het productieproces van de oplegging. Deze laag moet voor het plaatsen worden verwijderd. Het uittrekken van wax zal een wittige uitslag op de zijkanten van de oplegging geven wat in de loop van de tijd te zien is.

Als mogelijke oorzaak van wandelen werd in literatuur ook het overschrijden van de rotatielimiet van opleggingen genoemd (gapen). Hier werd verder geen informatie over gegeven.



Figuur 2-2 Opgelegde rotatie op rubber oplegging

Monitoring van opleggingen in bruggen in Amerika [KIWA rapport, bijlage G, paragraaf 1.2.2, [3]] laat zien dat er wat tijd overheen kan gaan voordat een oplegging gaat verschuiven, maar wanneer er eenmaal verschuiven optreedt zal de beweging door blijven gaan. Uit de Nederlandse praktijk is bekend dat er ook situaties zijn dat de oplegging juist al snel gaat verschuiven direct na uitvoering.

Aanbeveling is om een jaar na oplevering te controleren of de oplegging op zijn plaats ligt.

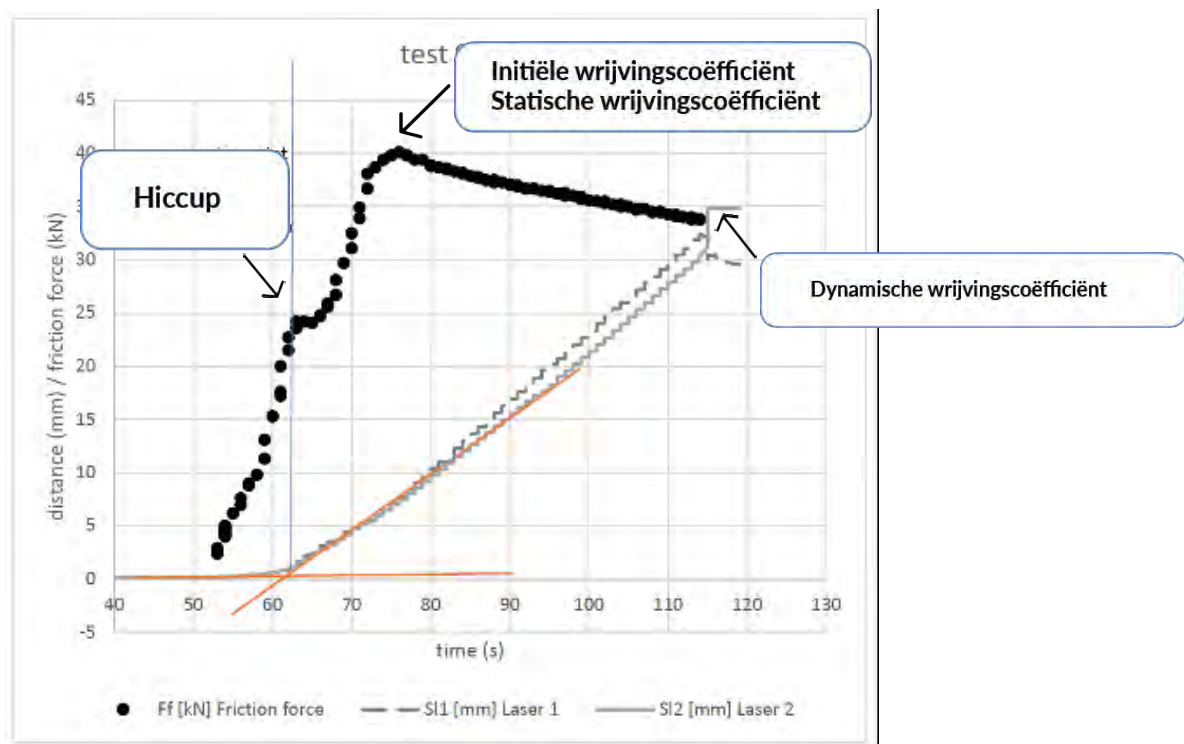
In de literatuur worden oppervlakken nooit nauwkeuriger aangeduid dan niet-glad, geen puin, niet vettig, geborsteld, etc.

2.2 Experimenteel onderzoek

Het experimentele onderzoek bestond uit drie onderdelen:

- A) 132 wrijvingstests op twee verschillende oppervlakken, glad beton en gegalvaniseerd staal. Gevarieerd is met drukspanning in het oppervlak, testsnelheid, type rubber en ouderdom van de opleggingen.
- B) Circa 132 wrijvingstests op alle beschikbare oppervlakken met een selectie van de belangrijke parameters welke bepaald werden in onderdeel A. Deze oppervlakken zijn: glad beton, gestraald beton, ruw beton, extreem ruw beton, prefab beton, thermisch verzinkt staal, gecoat staal, pure epoxy, gevulde epoxy, opgeruwde gevulde epoxy, RVS, gemetalliseerd staal, ruw verfsysteem. Hierbij zijn wat extra test uitgevoerd om inzicht te krijgen in bepaalde specifieke omstandigheden.
- C) Kalibreren van een theoretisch computermodel (Eindige Elementen Model) op de resultaten van onderdeel A. Hiervoor zijn test uitgevoerd om de benodigde materiaalparameters te bepalen.

In Figuur 2-3 is een voorbeeld gegeven van de beschikbare output per test. De oplegging werd tijdens het testen verplaatsing gestuurd met een bepaalde snelheid verschoven. De zwart gestipte lijn geeft de optredende wrijvingskracht weer. Gelijktijdig werd ook de verschuiving van de oplegging gemeten. Belangrijk was het moment waarop de oplegging daadwerkelijk ging verplaatsen. Het moment van verplaatsen is gedefinieerd als het snijpunt tussen de twee oranje raaklijnen.



Figuur 2-3 Voorbeeld van een wrijvingstest waarin een "hiccup" zichtbaar is (bron: KIWA-rapport figuur 9b)

In het figuur zijn de statische en dynamische wrijving aangegeven. Deze komen overeen met waarden uit de literatuur. De initiële wrijvingscoëfficiënten in het experimentele onderzoek lieten geen significante afhankelijkheid zien van de temperatuur (20 °C-31,5 °C), voorbelasting, dikte van rubberomhulling, veroudering van rubber en kleine verschillen tussen natuurrubber (NR) en chloropreenrubber (CR). Ook natte oppervlakken hadden geen significant nadelige invloed.

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen verschillende soorten aansluitvlakken: beton, staal en de verzameling van verschillende kunststoffen [KIWA, paragraaf 5.3]. In Tabel 2-1 zijn de resultaten voor deze groepen weergegeven. De weergegeven resultaten zijn niet statisch bewerkt tot rekenwaarden, op deze manier is wel te vergelijken of de resultaten boven de rekenwaarden van de norm liggen. Er is geen relatie gevonden tussen ruwheid en wrijvingscoëfficiënt. Binnen de genoemde drie soorten aansluitvlakken is te zien dat de oppervlaktebewerking geringe invloed heeft op de wrijvingscoëfficiënt.

Te zien is dat de wrijvingscoëfficiënt in EN1337-3:2005 qua betonnen aansluitvlakken te gunstig is, dit was al gerepareerd in de prEN1337-3:2018, alleen deze norm is nog niet van kracht. In de EN1337-3:2005 wordt de wrijvingscoëfficiënt gekarakteriseerd m.b.v. een Kf-factor. Voor staal en epoxy geldt Kf=0,2 en voor beton geldt Kf=0,6. Het experimentele onderzoek laat zien dat de optie Kf=0,6 niet gereproduceerd kan worden, en dus niet meer gebruikt zou moeten worden in het ontwerp.

Tabel 2-1 Vergelijkende tabel KIWA resultaten met wrijvingscoëfficiënten conform de vigerende norm EN1337-3:2005 en ontwerpnorm prEN1337-3:2018

Drukspanning[MPa]	2	15
<u>Beton</u>		
EN 1337-3:2005 beton (Kf=0,6)	0,55	0,16
prEN 1337-3:2018 beton	0,35	0,08
KIWA - maximale wrijvingscoëfficiënt μ_s , max:	0,24-0,67 (gem. 0,46)	0,04-0,35 (gem. 0,20)
KIWA - hiccup μ_s 1:	0,12-0,35 (gem. 0,24)	0,02-0,08 (gem. 0,05)
<u>Staal</u>		
EN 1337-3:2005 staal/epoxy (Kf=0,2)	0,25	0,12
prEN 1337-3:2018 staal	0,20	0,09
KIWA - maximale wrijvingscoëfficiënt μ_s , max:	0,16-0,72 (gem. 0,44)	0,04-0,21 (gem. 0,13)
KIWA - hiccup μ_s 1:	0,06-0,24 (gem. 0,30)	0,02-0,09 (gem. 0,11)
<u>Kunststoffen (epoxy, laksystemen)</u>		
EN 1337-3:2005 staal/epoxy (Kf=0,2)	0,25	0,12
prEN 1337-3:2018 - bevat geen eis	-	-
KIWA - maximale wrijvingscoëfficiënt μ_s , max:	0,08-0,49 (gem. 0,29)	0,04-0,30 (gem. 0,17)
KIWA - hiccup μ_s 1:	0,14-0,35 (gem. 0,25)	0,02-0,09 (gem. 0,06)

Door de nauwkeurige analyse is er in dit onderzoek veel inzicht verkregen over de opbouw van de wrijvingskracht. Tijdens deze opbouw zijn discontinuïteiten te zien, de oplegging verschuift dan even een klein stukje voordat de wrijvingskracht weer verder opbouwt. Deze verschuiving treedt nog niet over het gehele wrijvingsoppervlak op, delen van het op wrijving belaste rubberoppervlak schuiven weg. KIWA duidt de waargenomen “hiccup” aan als de eerste statische wrijvingscoëfficiënt. Geconcludeerd kan/mag worden dat de lokale variaties in ruwheid van het tegenloopvlak en discontinuïteiten in de rubber omhulling (cover) van de oplegging aanleiding geven tot dit ‘hikgedrag’. De “hiccups” hebben geen invloed op het maximale statische wrijvingscoëfficiënt, de wrijvingscapaciteit blijft na het aanpassingsverschijnsel doorstijgen. Het is moeilijk om te voorspellen wanneer een “hiccup” optreedt, ze worden niet in alle experimenten waargenomen.

Mogelijk kan er een gereduceerde wrijvingscapaciteit gedefinieerd worden waaraan de plaats vastheid van een oplegging getoetst kan worden. In dit scenario wordt bovenop de toets van EN1337-3 een extra toets toegevoegd.

De belastingsnelheid in het onderzoek is gevarieerd tussen 25 en 100 mm/min. De invloed van de snelheid was gering. Op basis hiervan is 100 mm/min voor de rest van het onderzoek aangehouden. De onderzoek snelheden zijn gebaseerd op de vervormingssnelheid die optreedt door passerend verkeer. In de slotfase van het onderzoek is met enkele verkennende testen gekeken wat er gebeurt als een oplegging permanent op afschuiving wordt belast. Te zien was verplaatsing bij zeer lage schuifbelasting. Door het gering aantal testen kan hier nog geen goede uitspraak over worden gedaan.

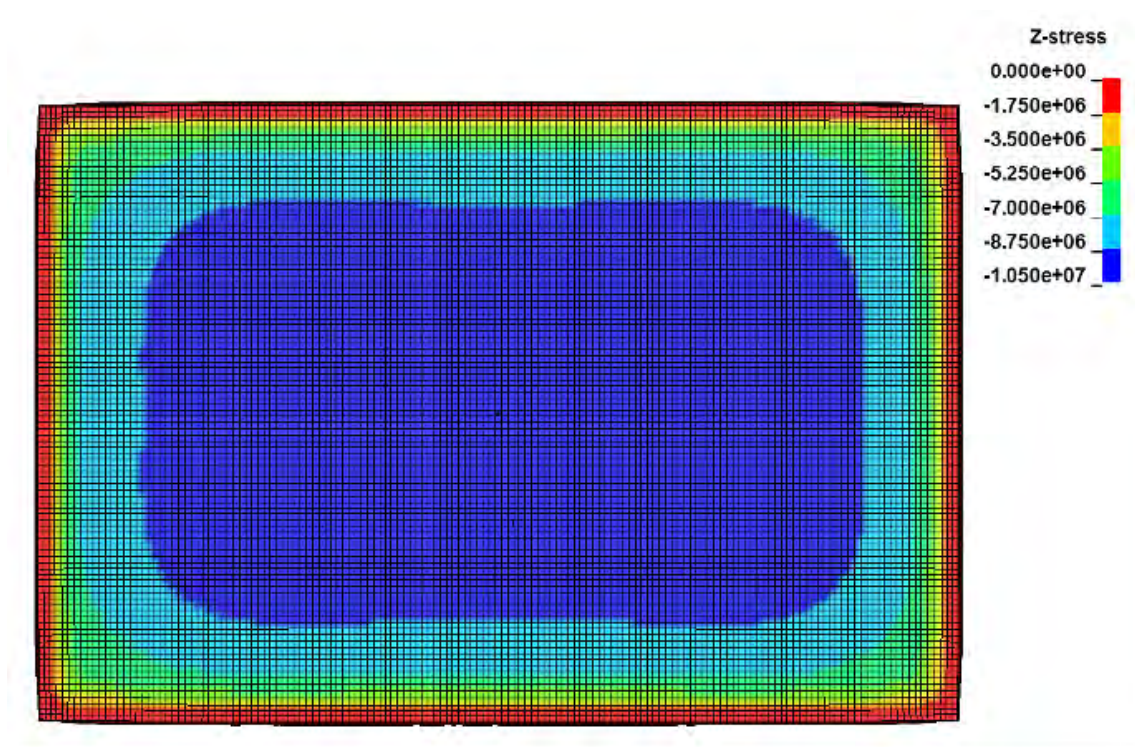
De uitkomsten van de verkennende testen naar de wrijvingscapaciteit bij permanente schuifbelasting vragen om meer onderzoek.

2.3 Theoretisch onderzoek (numerieke analyse)

Het theoretische onderzoek bestond uit twee onderdelen:

1. Kallibratie van het computermodel aan resultaten uit het experimentele onderzoek;
2. Case study aan de hand van oplegreacties, rotaties en horizontale vervormingen ten gevolge van een passerend laststelsel over een brug.

Het bleek mogelijk om de experimentele testen na te bootsen met het programma 'LS Dyna'. De indrukking van de oplegging onder een oplegreactie kon worden gesimuleerd en vervolgens ook de wrijvingskracht. De drukspanningsverdeling onder een oplegging met een centriscche oplegreactie is weergegeven in Figuur 2-4



Figuur 2-4 Drukspanningsverdeling onder rubber oplegging met reactiekracht van 480 kN (bron: KIWA-rapport, bijlage F Arcadis, figuur 21)

De "hiccups" welke in het experimentele onderzoek werden waargenomen zijn minder duidelijk zichtbaar in een computermodel. In het theoretische model is namelijk geen sprake van imperfecties. Het is echter wel zichtbaar dat de oplegging niet in één keer gaat verschuiven maar dat er tussen stil liggen en verschuiven een overgangsgebied optreedt. Over het wrijvingsoppervlak verschuift dan eerst slechts een deel van de oplegging. In feite is er in het theoretische model sprake van een "smooth hiccup".

Het vermoeden bestaat, uit de literatuurstudie, dat een oplegging die centrisch belast wordt beter presteert dan een oplegging waarvan de rotatielimiet is uitgenut. In de numerieke simulaties is geen ‘notenkraker’-effect (tussenuit knippen van de oplegging) zichtbaar als er een opgelegde rotatie aangebracht wordt op de oplegging. Op basis van de uitgevoerde analyses [KIWA rapport, bijlage F, paragraaf 4.5] is zichtbaar dat een grotere aangebrachte rotatie eerder leidt tot verschuiven van de oplegging.

Het is in dit onderzoek aangetoond dat met 3D-rekenmodellen het gedrag van een oplegging gesimuleerd kan worden. M.b.v. numerieke analyse konden de experimentele resultaten goed worden gereproduceerd. De numerieke analyse kan waarschijnlijk ook uitgevoerd worden met 2D-modellen, met die modellen kan gemakkelijker gevarieerd worden met randvoorwaarden, omdat deze minder rekenkracht nodig hebben. De resultaten van 3D zou daarvoor nog vergeleken moeten worden met 2D modellen.

Als de rekenregels uit EN1337-3 niet voldoende inzicht bieden in een schadegeval kan het goed zijn om de situatie te simuleren met numerieke analyses zoals in dit onderzoek uitgevoerd. Zeker als een 2D-model ingezet wordt is dit relatief eenvoudig voor een specialist.

2.4 Meten van ruwheden

Er zijn diverse meetmethoden uitgebreid onderzocht [KIWA rapport, bijlage E]. Hieruit volgt dat er helaas geen correlatie te vinden is met de experimentele resultaten. De variatie in ruwheid over één proeftegels is al zeer groot en niet met een eenduidig getal vast te leggen.

Uit het experimentele onderzoek is te zien dat de oppervlaktebewerking geringe invloed heeft op de wrijvingscoëfficiënt. Deze testserie werden gedaan met een snelheid van 25 of 100 mm/min. De invloed van de oppervlaktebewerking bij een lage constante belasting is nog niet bekend.

Mogelijk komt er in de toekomst toch behoefte aan een geschikt apparaat om ruwheid te classificeren. Er is een brainstorm sessie gehouden waar deze fictieve meetapparatuur aan zou moeten voldoen.

Er is geen onderzoek gedaan naar de invloed van vuil. Vereist blijft echter dat opleggingen zorgvuldig worden geplaatst conform EN 1337-11 art. 6.2 waarin staat: “only elastomeric bearings without outer steel plates may be placed directly on the supporting surface which shall be clean, dry, smooth and level within the tolerances given prEN 1337-3. Op deze toleranties geeft de RTD1012 aanvullingen.

3. Conclusies en aanbevelingen

Doel van het onderzoek was:

1. Vaststellen welke wrijvingscoëfficiënten optreden onder verschillende omstandigheden, inclusief wisselende belastingen ten behoeve van het **ontwerp**. Kortom, correcte uitgangspunten voor de constructeur.
2. Vaststellen benodigde eisen aan tegenloopvlakken voor **uitvoering**, te denken valt aan de benodigde ruwheid. Kortom, mogelijkheid tot validatie van de ruwheid voor uitvoering.

Wat betreft doel (1) kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Er moet wat gedaan worden met regelgeving rondom wrijving. De optie $K_f=0,6$ in EN1337-3:2005 is onveilig. De minimale oplegdruk kan door ontlastende effecten door veranderlijke belastingen (temperatuur, verkeersbelasting) te laag worden. De gegeven formules in prEN1337-3:2018 6.3.5.3 zijn goed bruikbaar voor het toetsen van UGT-grenstoestanden. Formule (19) in de prEN1337-3 bevat een fout, zie voor de juiste formule Figuur 2-1.
- Op basis van het onderzoek kan geen zuiver antwoord worden gegeven of er extra richtlijnen nodig zijn (aanvullend op de prEN1337-3:2018) om de plaatsvastheid te garanderen, hierover worden onderstaand aanbevelingen gedaan.

Wat betreft doel (2) kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Op basis van het onderzoek kunnen geen aanvullende eisen worden afgeleid voor de uitvoeringspraktijk. De huidige eisen aan uitvoering in EN1337-3 en RTD1012 moet dus wel gehandhaafd blijven.
- De invloed van de oppervlaktebewerking t.b.v. ruwheid bij een lage constante belasting is nog niet bekend.

De volgende aanbevelingen worden gedaan voor de korte termijn:

- In de herziening van de RTD1012 de wrijvingsformules van de prEN1337-3:2018 opnemen.
- Ontwerpers zien zich geplaatst voor nieuwe uitdagingen vanwege het definitief 'afschaffen' van $K_f=0,6$. Er zal dus meer behoefte komen aan richting voor alternatieve oplossingen. Over de mogelijke maatregelen is geschreven in EN1337-3:2005 art. 7.2 onder de noemer "positive means of location". Ook oplegging type C is soms een oplossing in plaats van een oplegging type B. Om wildgroei van oplossingen te voorkomen is het goed om standaarden te reguleren welke uitvoerbaar, inspecteerbaar en vervangbaar zijn.

Parallel worden de volgende aanbevelingen gedaan voor de langere termijn:

- Lopende het onderzoek is Rijkswaterstaat gestart met het in kaart brengen van schadegevallen. Het blijkt dat bij 2% van de kunstwerken sprake is van wandelende opleggingen. Wat is de oorzaak van deze schade? Is dit het gevolg van het rekenen met $K_f=0,6$? Zijn de belastingen op de oplegging juist bepaald in het ontwerp?
- Afhankelijk van grondige analyse van de schades kan het volgende worden gedaan:
 - Bepalen of er extra richtlijnen nodig zijn om plaatsvastheid te garanderen. Dat is het moment om dieper in te zoomen op de opgedane kennis rondom 'hiccups'. Bestuderen of rekenregel van gereduceerde oppervlak, wat de basis is van de rekenregels in EN1337-3, wel goed aansluit bij het optredende mechanisme in het oplegblok.
 - Aanvullend experimenteel onderzoek naar de wrijvingscoëfficiënt onder permanente belasting. Hierbij speelt de ruwheid van een aansluitvlak mogelijk een sterkere rol dan bij de aangehouden testsnelheden in het uitgevoerde experimentele onderzoek.
 - Kennisdeling met andere beheerders en opdrachtgevers van infrastructuur.
- Numerieke analyses kunnen veel inzicht geven bij projectspecifiek onderzoek van schades.

