

Meting droge stroefheid gevalideerd als alternatief voor de remvertraging

Jacob Groenendijk
KOAC•NPC

Jolanda Kramer
Aveco de Bondt

Paul Kuijper
Rijkswaterstaat - GPO

Samenvatting

Bij oplevering van asfalt wegdekken laat Rijkswaterstaat metingen van de natte stroefheid en de droge remvertraging uitvoeren, om te borgen dat het wegdek voldoende veilig is. De droge remvertraging (gemiddelde vertraging van 80 km/u tot stilstand) geeft inzicht in het gevaar van “bitu-planing”, d.w.z. glijden op een laagje gesmolten bitumen bij een noodstop met geblokkeerde wielen. Als alternatief voor de meting van de remvertraging, hebben Rijkswaterstaat, KOAC-NPC en Aveco de Bondt de meting van de droge stroefheid bij 70 km/u met 100% slip (geblokkeerd wiel) ontwikkeld. De gelijkwaardigheid van deze meting is inmiddels gevalideerd op ZOAB(+) 16 en op tweelaags ZOAB 4/8, zowel op wegvakken vóór verkeersopenstelling als op wegvakken van circa een jaar oud. Daarom heeft Rijkswaterstaat de meting van de droge stroefheid voor deze deklaagtypen geaccepteerd als alternatief voor de remvertragingmetingen bij oplevering, of bij een toets of de waarschuwborden “nieuw wegdek, langere remweg” mogen worden verwijderd.

Omdat de droge stroefheid meestal kan worden gemeten zonder verkeersmaatregelen, is dat een groot voordeel ten opzichte van de remproef. Ook kan met de droge stroefheid de gehele lengte van een wegvak worden gemeten, met intervallen van bijvoorbeeld 100 m, zodat een representatiever beeld van het gehele wegvak wordt verkregen dan met de gebruikelijke drie remmingen bij de remproef.

1. Inleiding

Voor de veiligheid van de weggebruiker wil Rijkswaterstaat kunnen vaststellen of nieuw aangelegde verhardingen, vooral open deklagen, voldoende remvertraging/stroefheid bieden onder droge omstandigheden. Bij die omstandigheden wordt ‘bitu-planing’ gezien als de belangrijkste invloedsfactor. Dit is het ontstaan van een glijlaag tussen band en wegdek, door het smelten van de bitumenmastic die de steenslag omhult, onder invloed van de wrijvingswarmte van een geblokkeerde remming.

Om dit te kunnen vaststellen gebruikt Rijkswaterstaat de (droge) remvertragingmeting. Hierbij wordt een meetvoertuig vanaf een snelheid van 80 km/u tot stilstand gebracht door middel van een remming met geblokkeerde wielen. Tijdens de remming wordt continue de remvertraging gemeten, waaruit achteraf de gemiddelde remvertraging wordt bepaald. Deze meting wordt voornamelijk uitgevoerd direct na aanleg van een deklaag, vóór openstelling voor verkeer. Als de remvertraging dan minder is dan $6,5 \text{ m/s}^2$, maar wel ten minste $4,5 \text{ m/s}^2$, wordt het wegvak wel opengesteld, maar worden waarschuwborden geplaatst. Na verloop van tijd (circa een half tot een heel jaar) moet nogmaals worden gemeten, om te zien of de waarschuwborden mogen worden verwijderd.

Deze meting kent echter enkele nadelen:

- Omdat de meetauto helemaal tot stilstand komt, moet een gedeelte van de weg worden afgezet, met verkeershinder tot gevolg.
- Omdat de meetauto tijdens de remming scheef kan wegtrekken, is meer dan een rijstrookbreedte ruimte nodig en kan niet gemeten worden vlak naast geleiderails e.d.
- Omdat meestal slechts drie remmingen worden uitgevoerd, vaak geconcentreerd op enkele honderden meters, zijn de verkregen resultaten mogelijk niet representatief over het gehele te beoordelen meetvak, indien daarin ruimtelijke variatie optreedt. Dat laatste is bij een in-situ afstrooiproces niet geheel denkbeeldig.

Vanwege deze nadelen worden de herhalingsmetingen vaak niet uitgevoerd en de borden na verloop van tijd verwijderd.

Als alternatief voor de remvertraging is de meting van de droge stroefheid (bij 100% slip, dus geblokkeerd wiel) bij 70 km/u ontwikkeld.

Voordelen van de droge stroefheidmeting zijn vooral dat deze veelal zonder afzetting kan plaatsvinden, en dat een representatiever deel van de totale wegvaklengte kan worden gemeten. Ook is met de droge stroefheid meting, afhankelijk van de beschikbare ruimte, een eventueel verschil in stroefheid tussen beide rijsporen te detecteren, zonder gevaar voor meetvoertuig of regulier verkeer. Bij remvertragingmetingen bestaat dit gevaar wel, wegens scheeftrekken en afzwaaien van de meetauto.

Daarom is Rijkswaterstaat binnen het Innovatie Test Centrum een samenwerking aangegaan met KOAC•NPC en Aveco de Bondt, om de meting van de droge stroefheid te valideren. Het project bestond uit twee fasen. In de eerste fase is op een tweetal wegvakken onderzocht of beide droge stroefheid meetsystemen van KOAC-NPC en Aveco de Bondt voldoende nauwkeurig “gelijke” resultaten opleveren, en of de spreiding van de meetwaarden vergelijkbaar is met die van de remvertragingmetingen. In de tweede fase is op 25 wegvakken, zowel de correlatie onderzocht tussen de droge stroefheid metingen en de remvertragingmetingen.

2. Beschrijving meetprincipe en meetsysteem,

De meting van de droge stroefheid wordt gedaan door de horizontale kracht te meten die door het wegdek wordt uitgeoefend op een meetwiel dat bij 70 km/u vanuit vrije rolling wordt geblokkeerd en dan in die geblokkeerde toestand over een lengte van ca 24 m over het wegdek wordt gesleept. Hieruit wordt de droge stroefheid (droge wrijvingscoëfficiënt) berekend door de gemeten horizontale kracht te delen door de bekende verticale kracht. Desgewenst kan deze wrijvingscoëfficiënt worden omgerekend tot een “quasi”-remvertraging.

De meetapparatuur is een uitbreiding van de apparatuur voor de meting van de natte stroefheid volgens proef 72 van de CROW Standaard RAW Bepalingen 2010. Met dezelfde apparatuur kan dus zowel natte als droge stroefheid worden gemeten, zij het met verschillende meetbanden en in verschillende meetruns. Overeenkomsten tussen beide metingen zijn:

- De metingen worden uitgevoerd met een ongeprofileerde PIARC-meetband, uit een productie-serie die ook in gebruik is voor metingen van de natte stroefheid. Banden die voor meting van de droge stroefheid worden gebruikt, worden echter niet gebruikt voor metingen van de natte stroefheid, of andersom.
- De verticale kracht op het meetwiel is 1962 N (200 kgf).
- De meting van de horizontale kracht op het meetwiel geschiedt op dezelfde wijze als bij de natte stroefheid.
- De meting wordt uitgevoerd in het rechter rijspoor, tenzij dat niet mogelijk is, in welk geval de meting wordt uitgevoerd in het linker rijspoor.

De afwijkingen ten opzichte van proef 72 RAW2010 zijn:

- Er wordt geen water voor de meetband gespoten en de meting mag alleen worden uitgevoerd op een droog wegdek.
- De meting wordt uitsluitend uitgevoerd bij 70 km/u (+/- 3,5 km/u).
- Het meetwiel heeft niet over de gehele lengte van een te meten weggedeelte een constante wielslip van 86%, maar wordt telkens uit vrije rolling (0% slip) door een rem geblokkeerd tot 100% en in die geblokkeerde toestand over een lengte van ca 24 m voortgesleept en daarna weer losgelaten tot vrije rolling. Deze discontinue meetwijze is nodig omdat bij continue meten met een volledig geblokkeerd meetwiel excessieve slijtage op één plaats van het loopvlak van de meetband zou optreden.
- De horizontale krachten worden geregistreerd tijdens de periode dat de rem geactiveerd wordt, en daarvan worden de laatste 12 m gebruikt voor de rapportage. Dit is nodig vanwege het “inschakelverschijnsel”, een sterke fluctuatie van de gemeten horizontale krachten (dus de schijnbare stroefheid) in het eerste deel van de meetprocedure t.g.v. dynamische effecten na het plotseling blokkeren van het meetwiel.
- De horizontale kracht wordt ten minste elke 0,10 m geregistreerd. Om ruis en dynamische effecten te elimineren wordt later over 12 m gemiddeld.
- Indien mogelijk worden tenminste 7 metingen uitgevoerd, verdeeld over de lengte van het te beoordelen meetvak. Op wegvakken tot 700 m lengte moet daarom ten minste eenmaal per 50 m afgelegde weg, op wegvakken van 700 tot 1500 m km lengte ten minste eenmaal per 100 m afgelegde weg, en op langere wegvakken ten minste eenmaal per 200 m afgelegde weg, een meting worden verricht. (Tijdens het uitvoeren van het validatie-onderzoek is telkens één droge stroefheid meting per 100 m uitgevoerd per gemeten rijspoor.)

3. Uitgevoerd onderzoek en resultaten,

Fase 1: Herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid droge stroefheid, in verhouding tot de remproef

In deze fase zijn metingen van droge stroefheid en remvertraging uitgevoerd op twee aansluitende wegvakken van elk bijna 2 km lengte. Het ene vak betrof nieuw ZOAB16+ (binnen enkele weken na openstelling), en het andere vak was ZOAB16+ van ongeveer een jaar oud. De metingen van de remvertraging zijn uitgevoerd op de rechter rijstrook (dus in zowel het rechter als het linker rijspoor). De metingen van de droge stroefheid zijn uitgevoerd in vier langsraaien: 1. rechter rijstrook tussen de rijsporen, 2. rechter rijstrook in het rechter rijspoor, 3. vluchtstrook in het 'linker rijspoor', 4. vluchtstrook 'tussen de rijsporen. Op elke hm is één remvertragingmeting uitgevoerd, en twee droge stroefheid metingen in elke langsraai (één per meetbedrijf).

Uit de metingen van de droge stroefheid bleek dat er op het nieuwe vak, zoals te verwachten was, slechts kleine verschillen waren tussen de verschillende langsraaien (dwarsposities). Op het oude vak was het rechter rijspoor beduidend stroeiver dan het 'tussenspoor' op de rijstrook, terwijl de beide raaien op de vluchtstrook nog wat minder stroef waren. Dit weerspiegelt de verschillende mate van afslijting van de mastiekhuid door het verkeer sinds de openstelling.

In alle langsraaien waren de verschillen tussen de droge stroefheid resultaten van beide meetbedrijven gering, zowel in gemiddelde als in spreiding over de vaklengte.

Voor de vergelijking met de remvertraging zijn alleen de droge stroefheid resultaten in het rechter rijspoor beschouwd. De gemiddelde remvertraging van het nieuwe en oude wegvak bedroeg respectievelijk 5,5 en 6,5 m/s², terwijl de gemiddelde droge stroefheid in het rechter spoor respectievelijk 0,57 en 0,68 bedroeg. Verder bleek dat de spreiding over de gehele vaklengte bij beide meetmethoden verhoudingsgewijs gelijk was. (Omdat de meetwaarden van de droge stroefheid ca 10x zo laag liggen als de remvertraging, zijn ook de spreidingen in absolute zin circa 10x kleiner). Bij analyse van de metingen op kortere deelvakken bleek echter dat de remvertragingmeting daarbinnen wat minder fluctueerde dan de droge stroefheid (en op deelvakken dus minder varieerde dan over het gehele wegvak). Dit kan worden toegeschreven aan het feit dat de droge stroefheid per individuele meetwaarde een gemiddelde produceert over 12 m wielspoor, terwijl een remvertragingmeting een gemiddelde geeft over twee wielsporen van elk ca 40 m lengte. De droge stroefheid is dus wat gevoeliger voor variaties op een schaal van meters tot tientallen meters. Wel geeft het verschil in meetspreiding van de remvertraging tussen het gehele wegvak en kortere deelvakken aan dat het belangrijk is om over de gehele lengte van een wegvak te meten om de volledige spreiding over dat wegvak te kunnen karakteriseren.

De reproduceerbaarheidstandaardafwijking van individuele meetwaarden van de droge stroefheid metingen (de verschillen tussen twee meetwaarden binnen 100 m) blijkt met een standaardafwijking van 0,031 relatief gezien (ten opzichte van de gemiddelde meetwaarden) ongeveer anderhalf maal zo hoog als de overeenkomstige waarde voor de remvertraging (standaardafwijking van 0,20 ten opzichte van een 10x zo hoog gemiddelde).

Uitgaande van de bovengenoemde meet spreiding van 0,20 voor de remvertraging (REM) en 0,31 voor 10*DSTR (10x de droge stroefheid) bedraagt, bij een afwijking van 0,30 tussen de “ware” waarde van het meetvak en de normwaarde, de kans op onterechte goed- of afkeur bij een individuele meting 17% voor 10*DSTR en 7% voor REM. Wanneer echter het gemiddelde van 7 DSTR-meetwaarden wordt beschouwd, is de standaardafwijking ten opzichte van de “ware” waarde gelijk aan die van 3 REM-meetwaarden. Gebaseerd op het gemiddelde van 3 REM-waarden of 7 DSTR-waarden, wordt de kans op onterechte goed- of afkeur, bij een afwijking van 0,20 tussen de “ware” waarde van het meetvak en de normwaarde, nog slechts 4% voor beide meetmethoden. Daarbovenop geeft een meting van de DSTR over de gehele lengte van een wegvak een representatiever beeld van dat gehele wegvak dan een drietal remvertragingmetingen op een beperkt deel van het wegvak.

Fase 2 Correlatie tussen droge stroefheid en remvertraging

In deze fase zijn op 25 meetlocaties met een ZOAB16+ deklaag vergelijkende metingen uitgevoerd van de droge stroefheid en de remvertraging.

Dertien wegvakken zijn gemeten vóór openstelling voor het verkeer, waarbij het steenslag van nieuw ZOAB16+ nog is omhuld met een (meestal afgestrooide) mastieffilm, en twaalf wegvakken waren ongeveer een jaar of ouder, waarbij die mastieffilm (grotendeels) is weggesleten.

Op alle wegvakken is ten minste het gebruikelijke aantal van drie individuele remvertragingmetingen uitgevoerd, waarvan het gemiddelde normaliter gebruikt wordt om een wegvak te beoordelen. Verder zijn droge stroefheid metingen uitgevoerd, eenmaal per 100 m over de beschikbare vaklengte. Die metingen zijn in elk geval uitgevoerd in het rechter rijspoor van de te beoordelen rijstroken, en waar mogelijk ook in het linker spoor en tussen de rijsporen. Die laatste twee meetsporen bleken echter vaak niet mogelijk, en bleken ook geen betere correlatie te geven tussen remvertraging en droge stroefheid dan het rechter rijspoor, zodat verder alleen de droge stroefheid in het rechter rijspoor wordt beschouwd.

De 13 wegvakken, gemeten vóór openstelling voor het verkeer, hadden gemiddelde remvertragingen van 4,2 tot 6,2 m/s², en gemiddelde droge stroefheden van 0,40 tot 0,61. De twaalf oudere wegvakken hadden gemiddelde remvertragingen van 5,6 tot 7,0 m/s², en gemiddelde droge stroefheden van 0,54 tot 0,73.

De correlatie tussen de meting van de droge stroefheid in het rechter rijspoor (DSTR_R) en de meting van de remvertraging (REM) bleek redelijk te noemen, waarbij de relatie afgerond kan worden beschreven als $REM = 10 * DSTR_R$, voor beide sets metingen.

4. Conclusies

Op 25 meetlocaties met een ZOAB16+ deklaag zijn vergelijkende metingen uitgevoerd van de droge stroefheid bij 70 km/u met 100% slip en de remvertraging van 80 km/u tot stilstand. De correlatie tussen de meting van de droge stroefheid in het rechter rijspoor (DSTR_R) en de meting van de remvertraging (REM) is redelijk, waarbij de relatie afgerond kan worden beschreven als $REM = 10 * DSTR_R$. Deze relatie geldt voor zowel de situatie “oplevering”, waarbij het steenslag van nieuw ZOAB16+ nog is omhuld met een (meestal afgestrooide) mastieffilm, als bij de situatie “borden weg”, waarbij die mastieffilm (grotendeels) is weggesleten.

De spreiding op korte afstand in meetwaarden bij de droge stroefheid is verhoudingsgewijs wat groter dan bij de remvertraging. Daarom zijn er 7 droge stroefheid meetwaarden nodig voor een wegvak, om voor het gemiddelde dezelfde kansen op onterechte goedkeur of afkeur te krijgen als bij de gebruikelijke 3 remvertragingmetingen.

Geconcludeerd wordt dat de meting van de droge stroefheid bij 70 km/u met 100% slip in het rechter rijspoor ten minste gelijkwaardig is aan de meting van de remvertraging van 80 km/u tot stilstand, indien met de droge stroefheid meting ten minste 7 individuele meetwaarden worden verkregen, en de beoordeling van het wegvak wordt gebaseerd op het gemiddelde van de individuele meetwaarden..

De droge stroefheid meting heeft de volgende voordelen boven de remvertragingmeting:

- De droge stroefheid meting geeft een beeld over de gehele lengte van een te meten wegvak, terwijl de remvertragingmeting slechts een beperkte, en mogelijk niet representatieve, steekproef geeft.
- De droge stroefheid meting kan in het verkeer worden uitgevoerd, terwijl de remvertragingmeting altijd achter een verkeersafzetting moet worden uitgevoerd.

Daarnaast kan bespaard worden op de inzet van een remvertragingvoertuig, indien de droge stroefheidsmeting wordt gecombineerd met de meting van de natte stroefheid.