

Rolweerstand van personenwagens op betonwegen

Wim Kramer
Cement&BetonCentrum

ir. Fred Reinink
M+P Raadgevende ingenieurs bv

ir. Jan Hoogwerff
M+P Raadgevende ingenieurs bv

Samenvatting

In 2013 is een onderzoek uitgevoerd om het effect van verschillen in wegdektype op de variatie in rolweerstand voor personenwagens in kaart te brengen. Tijdens de meetcampagne – uitgevoerd in het voorjaar van 2013 – zijn op acht betonwegvakken zowel rolweerstand als textuurmetingen uitgevoerd. Het betrof gebezemd en uitgeborsteld beton wegvakken gelegen op de N285 tussen Zevenbergen en Wagenberg. Bij de analyse van de metingen werd gebruik gemaakt van de kennis uit het bredere onderzoek naar het effect van wegdektype op de rolweerstand voor personenwagens, uitgevoerd door M+P in opdracht van Rijkswaterstaat en de provincie Gelderland. Uit het onderzoek op de N285 blijkt dat verschillen van circa 11 % in rolweerstand kunnen optreden tussen de twee typen beton.

1. Inleiding

Om te kijken wat de mogelijkheden zijn om het brandstofverbruik en CO₂-emissie van het wegverkeer in Nederland te reduceren, is meer kennis en inzicht nodig van de optredende variaties in rolweerstand van verschillende wegdektypen op het Nederlandse wegennet. M+P heeft in 2013 in opdracht van Rijkswaterstaat (Dienst Verkeer en Scheepvaart) en provincie Gelderland rolweerstands- en textuurmetingen uitgevoerd op het hoofdwegennet en provinciale wegen in de provincie Gelderland. In een aanvullende opdracht zijn voor het Cement&BetonCentrum dergelijke metingen uitgevoerd op wegvakken van beton.

2. Meetopzet

De rolweerstands- en textuurmetingen zijn uitgevoerd op acht wegvakken met beton, waarvan één met gebezemd en zeven met uitgeborsteld beton. De totale lengte van de wegvakken is ongeveer 8 km. De wegvakken zijn aangelegd in de periode van 1992 tot 2006. In onderstaande tabel is een overzicht van de wegvakken gegeven.

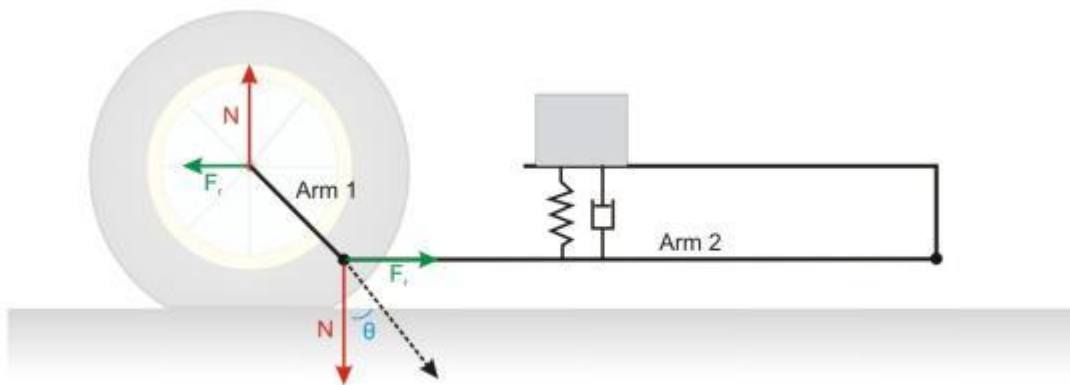
Nr.	locatie	datum aanleg	type	km
1	N285 Moerdijk, Provinciale Rondweg	2005	gebezemd	2.9 – 3.3
2	N285 Zevenbergen, Provinciale Rondweg	2006	uitgeborsteld	4.0 – 4.5
3				4.9 – 5.5
4	N285 Zevenbergen, De Langeweg	2006	uitgeborsteld	7.3 – 7.7
5				8.0 – 10.0
6	N285 Wagenberg, De Brandestraat	1992	uitgeborsteld	13.3 – 15.8
7				16.2 – 16.8
8	N285 Wagenberg, Wagenbergsebaan	1992	uitgeborsteld	17.4 – 18.3

In de volgende paragrafen wordt de meetapparatuur beschreven en worden de randvoorwaarden waarbinnen de metingen zijn uitgevoerd toegelicht.

2.1 Meetapparatuur

Rolweerstands meetstelsel

De rolweerstands metingen zijn uitgevoerd met de rolweerstands trailer van de TU Gdansk. De trailer is afgebeeld in onderstaande foto. De twee voorste banden zijn de stuurbanden. De meetband bevindt zich in de behuizing en is bevestigd aan een arm. De hoek die de arm maakt, terwijl de meetband vrij over het wegdek rolt, is een maat voor de rolweerstands kracht op de meetband. Het principe is schematisch weergegeven onder de foto.



De rolweerstand metingen zijn uitgevoerd met de SRTT (Standard Reference Test Tyre) bij een snelheid van 80 km/h. In het algemeen wordt verondersteld dat de meetsnelheid geen significant effect heeft op de rolweerstand. Verder is het systeem niet gevoelig voor (zij)wind.

Textuur meetsysteem

De textuurmetingen zijn uitgevoerd met het M+P textuur meetsysteem. Dit systeem bestaat uit een laser gecombineerd met data acquisitie systeem Tijdens de meetcampagne is de laser bevestigd op de TU Gdansk rolweerstand trailer. Het textuur meetsysteem voldoet aan ISO-13473-3 klasse D voor wat betreft verticale resolutie (beter dan 0,03 mm) en klasse E voor het golflengte bereik (groter dan 200 mm). Uit het ruwe textuurprofiel worden verschillende parameters bepaald. In dit project is gebruik gemaakt van MPD, RMS en Skewness, zoals gedefinieerd in [3].

Meetprocedure

De rolweerstand en textuurmetingen zijn gelijktijdig uitgevoerd. De laser is bevestigd aan de rolweerstand trailer. Het textuurprofiel wordt gemeten in het midden van het rijspoor van de meetband.

Iedere serie metingen wordt gestart met het opwarmen van de meetbanden en het instellen van de bandenspanning op $2,10 \pm 0,01$ bar. De bandenspanning kan tijdens het rijden continu worden gemonitord.

Tijdens de metingen wordt naast de bandenspanning ook de bandtemperatuur, luchttemperatuur en wegdektemperatuur opgeslagen.

Randvoorwaarden voor metingen

Om weersinvloeden op de meetresultaten zover mogelijk te beperken, worden de metingen uitgevoerd binnen de volgende randvoorwaarden:

- Luchttemperatuur van minimaal + 5 °C;
- Geen neerslag;
- Wegdek moet droog zijn

De volgende randvoorwaarden zijn gehanteerd bij de selectie van wegvakken:

- Wegvakken zonder (scherpe) bochten;
- Wegdek moet vlak zijn.

3. Meetonzekerheden

Zowel bij de opzet als bij de analyse van de metingen is uitgebreid aandacht besteed aan meetonzekerheden. De totale onzekerheid wordt geschat op basis van bijdragen van verschillende componenten en inzichten van de metingen (bijvoorbeeld variantie, herhaalbaarheid, reproduceerbaarheid en temperatueffecten). De invloed van enkele van deze parameters worden kort toegelicht.

Bandenspanning

Verschillen in bandenspanning kunnen invloed hebben op de gemeten rolweerstand. Daarom wordt de bandenspanning continu gemonitord en eventueel bijgesteld tot een bandenspanning van 2,10 bar. De tolerantiegrenzen liggen bij 2,05 bar en 2,15 bar. Door deze procedure te volgen is de invloed van variaties in bandenspanning klein. Daarom is er geen correctie toegepast op de meetresultaten.

Temperatuur

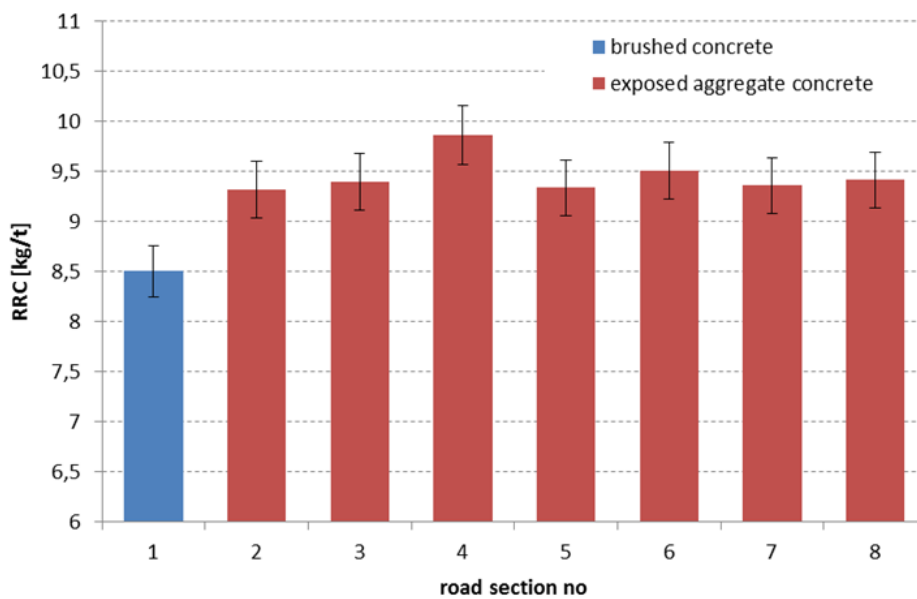
Uit eerdere studies blijkt dat de luchttemperatuur een significante invloed heeft op de rolweerstand metingen. Hierbij zijn effecten gevonden in de orde grootte van 0,06 tot 0,12 kg/t per °C). In het bredere rolweerstand onderzoek is ook de invloed van temperatuur op de meetresultaten onderzocht. Het blijkt dat de bandtemperatuur de beste correlatie heeft met de gemeten rolweerstand waarden. Uit een regressie analyse van rolweerstand en bandtemperatuur volgt de volgende correctie:

$$RRC_{T,gecorr} = RRC - (0,17 \pm 0,02) * (25 - T_{band})$$

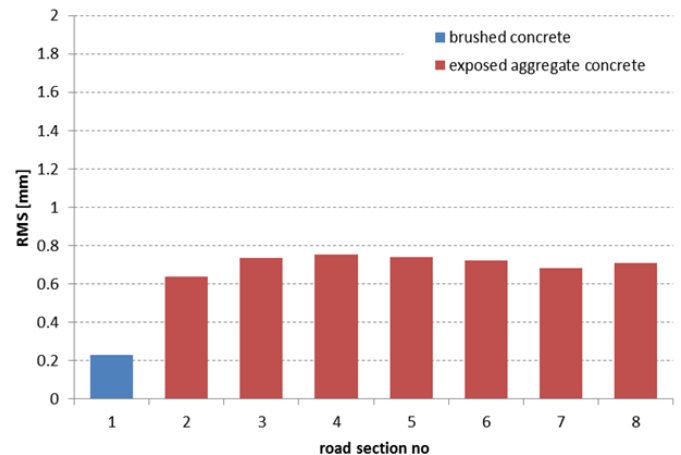
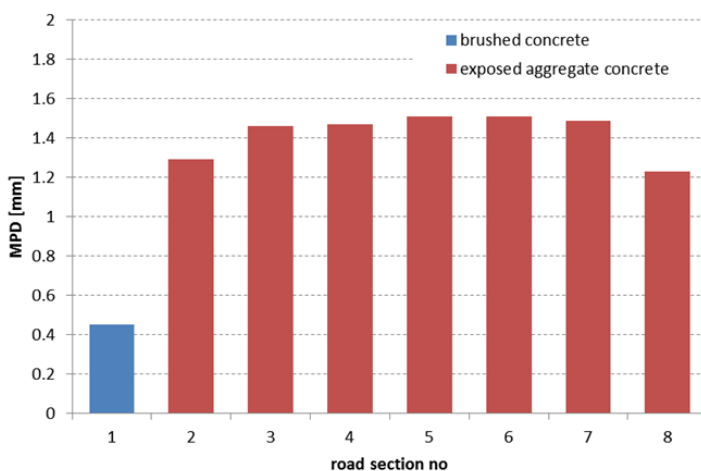
De rolweerstandmetingen aan betonwegen zijn uitgevoerd bij dezelfde temperatuur. Omwille van de vergelijkbaarheid met de metingen uit het bredere onderzoek rolweerstand, zijn alle meetresultaten gecorrigeerd voor bandtemperatuur.

4. Meetresultaten

De rolweerstandcoëfficiënt van de gemeten beton wegvakken zijn weergegeven in onderstaande figuur. De meetresultaten zijn gecorrigeerd voor bandtemperatuur. In het blauw is het wegvak gebezemd beton weergegeven, in het rood de wegvakken uitgeborsteld beton.



Het gemiddelde verschil in rolweerstandcoëfficiënt tussen gebezemd beton en uitgeborsteld beton bedraagt 11 ± 4 %. De textuurparameters MPD, RMS en Skewness voor deze wegvakken zijn weergegeven in onderstaande figuur.



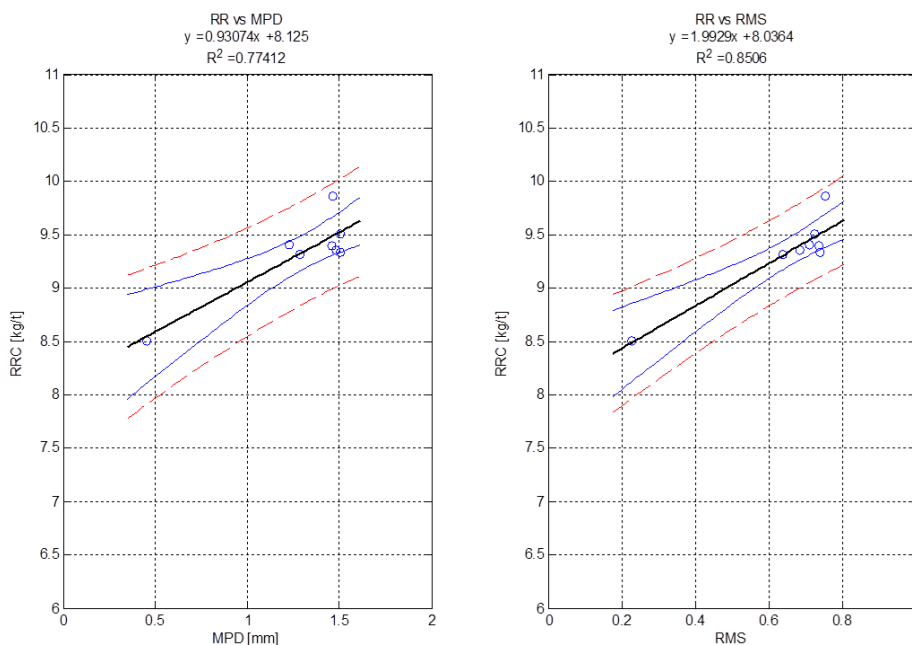


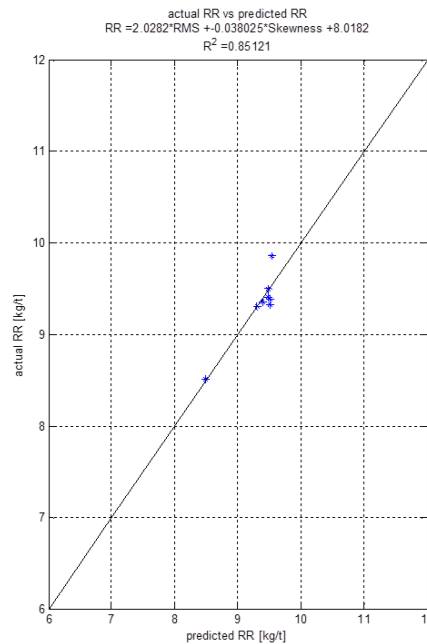
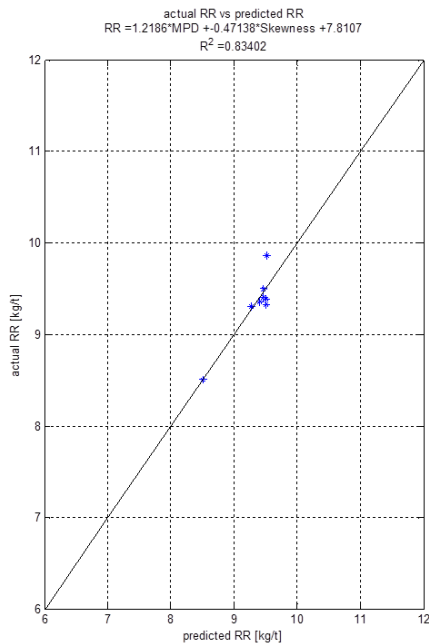
5. Modelvorming rolweerstand en textuur

De gevonden verschillen in rolweerstand kunnen voor een groot deel worden verklaard door de verschillen in de textuur parameters MPD, RMS en Skewness. Met een (multi)regressie analyse kan worden onderzocht welke textuur parameters het beste correleren met de gevonden rolweerstandcoëfficiënten. Daarnaast kan met een dergelijk model de rolweerstandcoëfficiënt worden geschat op basis van één of meerdere textuurparameters. De volgende modellen zijn onderzocht:

- $RRC = C_1 \cdot MPD + C_2$
- $RRC = C_1 \cdot RMS + C_2$
- $RRC = C_1 \cdot MPD + C_2 \cdot Skewness + C_3$
- $RRC = C_1 \cdot RMS + C_2 \cdot Skewness + C_3$

In onderstaand figuur worden de resultaten van deze regressie analyses weergegeven.





Met de textuur parameter RMS kan ruim 85 % van de gevonden spreiding in rolweerstand waarden voor beton wegvakken worden verklaard. Als de parameter Skewness wordt toegevoegd wordt, is de R^2 marginaal groter. Het volgende verband tussen textuur en rolweerstand waarden blijkt de hoogste correlatie te hebben:

$$RRC = 2,03 * RMS - 0,04 * Skewness + 8,02$$

6. Conclusies

We concluderen dat het verschil in gemiddelde rolweerstand voor personenwagens tussen gebezemd beton en uitgeborsteld beton $11 \pm 4\%$ bedraagt. Dit verschil is statistisch significant. Als de resultaten worden vergeleken met het bredere onderzoek rolweerstand [1], blijkt dat de rolweerstand van gebezemd beton (8,5 kg/t) ongeveer vergelijkbaar is met de rolweerstand van dunne geluid reducerende deklagen of DAB. De gemiddelde rolweerstand van uitgeborsteld beton (9,5 kg/t) is ongeveer gelijk aan de rolweerstand van ZOAB 16.

N.B. Het wegdek heeft een significante invloed op de rolweerstand en daarmee op het brandstofverbruik van voertuigen. De in dit onderzoek uitgevoerde meetmethode is geschikt voor personenwagens. Een door TNO in 2012 uitgevoerde literatuurstudie gaf aan dat het brandstofverbruik voor circa 10% wordt bepaald door de wegdekkarakteristieken [3]. Er bestaat in de wereld echter (nog) geen geschikte meetmethode om de invloed van rolweerstand op het brandstofverbruik van vrachtwagens te meten.

Een samenvatting van internationaal uitgevoerde onderzoeken naar de relatie tussen wegdek en brandstofbesparing is weergegeven in een publicatie van EUPAVE [4].

7. Referenties

- [1] “Influence of road surface type on rolling resistance – results of the measurements 2013”, M+P.DVS.12.08.3, revisie 4, 20-11-2013;
- [2] “Rolling resistance of concrete road surfaces – results of the measurements 2013”, M+P.CBC.13.01.1, revisie 1, 22-11-2013.
- [3] “Literatuuronderzoek – Brandstofverbruik in relatie tot wegdekken karakteristieken”, TNO-rapport 2012 R10528, 16 oktober 2012.
- [4] “Concrete pavements contribute to decarbonising of transport”, EUPAVE, December 2011