

DE VOORTDURENDE PROBLEMEN MET AMERIKAANSE BRUGGEN

ing. B.H. Coelman, oud medewerker
Bouwdienst Rijkswaterstaat

De situatie in Nederland als vergelijking

“Onaangenaam verrast. Dat was ing. B.H. Coelman in hevige mate toen hij voor het eerst hoorde van de problemen rond de tweede Van Brienoordbrug”. Zo luidde de eerste zin van een kranteninterview op 31 juli 1997, dat ik bijna zes jaar na mijn pensionering had.

Het interview ging over de scheuren in het stalen wegdek van de basculebrug van de tweede Van Brienoordbrug, die pas zeven jaar in gebruik was. (afb. 1) Mijn vrees na het interview dat ik de volgende dag in de pers als ontwerper een kopje kleiner gemaakt zou worden, werd echter niet bewaarheid. De journalisten hadden precies verwoord zoals ik het had toegelicht, namelijk dat de brug ontworpen was volgens de vigerende

norm, klasse 60. Dat is een belasting door een voertuig met drie assen met elk 20 ton aslast en elke as met vier wielen, die ieder dus een wieldruk hebben van 5 ton, het geheel vermenigvuldigd met een stootcoëfficiënt. Ook werd bij het ontwerp rekening gehouden met de toen gebruikelijke frequentie, waarmee die zware voertuigen de brug passeren.

Door de grotere toename van het zware vrachtverkeer – veel meer dan de prognose op het tijdstip van het ontwerp – en het eveneens grotere aantal zeer zware vrachtwagens, vooral op de rechter rijstrook, is de belasting aanzienlijk hoger geworden dan waarop was gerekend.



Afb. 1

(Tot zover resumé kranteninterview) [1].

Het probleem bij de basculebrug bij de tweede Van Brienoordbrug is drastisch opgelost door het brugval te vervangen door een nieuw val, waarbij de rijdeplaat ter plaatse van de rechterrijstrook voor het vrachtverkeer werd vergroot van 12 naar 28 mm. Het grotere gewicht van het nieuwe val kon worden gecompenseerd door meer ballast te plaatsen in de ballastkist. De grotere belastingen op het draaipunt waren nog acceptabel.

Niemand kon toen vermoeden dat dit de opmaat zou zijn tot het alarm, dat tien jaar later geslagen werd met betrekking tot de kortere levensduur van 14 stalen en ongeveer 1200 betonnen bruggen.

De oorzaak van die kortere resterende levensduur is een combinatie van de enorm toegenomen verkeersintensiteit, zwaardere voertuigbelastingen, veiligheidsvoorschriften en ervaringen uit het reguliere onderhoudsregiem.

Het hoofdwegennet in Nederland telt ongeveer 3000 verkeersbruggen. Eind 2006 is de Bouwdienst Rijkswaterstaat een omvangrijk onderzoek gestart naar de te verwachten resterende levensduur van 2020 betonnen kunstwerken (2014 bruggen en viaducten en 6 tunnels), die gebouwd zijn voor 1975. Deze kunstwerken zijn geanalyseerd en voor 840 kunstwerken werd een nader onderzoek niet nodig geacht. Echter voor 1174 bruggen



Lijst van 14 bruggen, die versterkt of vervangen zouden moeten worden:

1. Brug over de Waal bij Ewijk in de A50
2. Galecopperbrug over het Amsterdam-Rijnkanaal bij Utrecht in de A12
3. Gideonsbrug bij Groningen over het Winschoterdiep in de A7
4. Ketelbrug in de A6 over het Ketelmeer bij Zwolse Hoek
5. Scharsterrijnbrug (beweegbaar) in de A6
6. Scharbergbrug over de Maas bij Elsloo in de A76
7. Boogbrug bij Geleen in de A2
8. Muiderbrug over het Amsterdam-Rijnkanaal bij Muiden in de A1
9. Kreekrakbruggen over het Schelde-Rijnkanaal in de A58
10. Hefbrug in de Calandbrug over het Calandkanaal in Rotterdam
11. Suurhoffbrug over het Hartelkanaal in Rotterdam (zowel het vaste deel als het beweegbare deel) in de A15
12. Het vaste deel van de Van Brienoordbrug over de Nieuwe Maas in Rotterdam in de A16
13. Kruiswaterbrug in de A7 over de Wijmerts in Bolsward
14. Wantijbrug in de N3 over het Wantij in Dordrecht



Afb. 1. Scheur in stalen dek van de basculebrug van de tweede Van Briene Noordbrug (foto: BmS) (linkerpagina)

Afb. 2. Overzicht van bruggen, die met vermoeiing te maken hebben (inventarisatie sept. 2007) (linkerpagina)

Afb. 3. Het aanbrengen Hoge Sterkte Beton op de Moerdijkbrug (linksboven)

Afb. 4. Het aanbrengen van de epoxyslurry op de Hoge Sterkte Beton (rechtsboven)

Afb. 5. Het plaatsen van de versterkingsplaat op het gestraalde stalen brugdek (foto: BmS) (linksonder)

Afb. 6. Scharsterrijnbrug, basculebruggen in de A6 tussen Lemmer en Grouw (foto: BmS) (rechtsonder)

en viaducten werd een nadere constructieve beoordeling wel noodzakelijk geacht om een definitief oordeel te vormen over de te bepalen resterende levensduur. Verder heeft Rijkswaterstaat in totaal 274 vaste en beweegbare bruggen met een stalen rijvloer in beheer. Bij de toename van de verkeersintensiteit en de voertuigbelastingen was te verwachten dat vanwege de specifieke eigenschappen van staal deze bruggen alle te maken zouden kunnen krijgen met vermoeiingsproblemen [2]. Bij inspecties was gebleken dat bij 25 stalen rijvloeren vermoeiingsverschijnselen gesignaleerd waren en dat bij 14 bruggen in de nabije jaren maatregelen noodzakelijk waren. Deze 14 bruggen, die onderdeel uitmaken van belangrijke verkeersverbindingen, zouden de komende vijf à tien jaar versterkt of vervangen moeten worden om de doorstroming van het verkeer te kunnen blijven garanderen. (afb. 2)

In 2009 werd, nadat de vaste brugdelen van de Calandbrug als proef hadden gefungeerd, de brug bij Hagestein in de A27 over de Lek en de Moerdijkbrug over het Hollands Diep van een overlaging van Hoge Sterkte Beton (HSB) voorzien met daarover een slijtlaag van epoxyslurry (afb. 3 en 4). Binnenkort zal eerst de Muiderbrug in de A1 bij Muideren en daarna de brug Scharberg in de A76 bij Elslou en tenslotte ook de boogbrug in de A2 bij Geleen ook van een overlaging met HSB worden voorzien. Er wordt ook gedacht aan de toepassing van op maat gemaakte prefab Hoge Sterkte Beton platen, inclusief belijning. Deze platen kunnen meteen op de brug worden gelegd, met

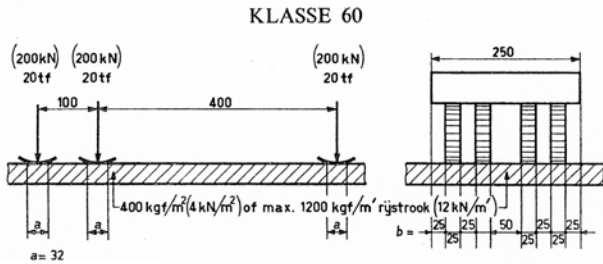
als gevolg minder overlast voor het verkeer [3].

Er vinden momenteel ook proeven plaats onder andere met twee glasvezelversterkte epoxy lagen met daartussen een aluminium honingraat gevuld met epoxy en daarover asfaltlijtlagen als alternatief voor het HSB [4]. Maar het is prematuur om hierover nu reeds een waardeoordeel te geven. Beide ideeën, zowel prefab HSB platen als glasvezelversterkte epoxy lagen, komen voort uit een door Rijkswaterstaat uitgeschreven prijsvraag. HSB kan uiteraard alleen worden toegepast op vaste stalen bruggen en niet voor beweegbare bruggen met een stalen rijdek vanwege het extra gewicht en de hoogte van het brugdek. Overigens is HSB wel eerder voor een beweegbare brug toegepast, echter als vervanging van een 120 mm dik houten brugdek. Dat was het geval bij de Kaagbruggen, basculebruggen in de A44 over de Ringvaart bij Sassenheim. Daar is het houten dek vervangen door 45 mm dikke prefab HSB platen. Hierbij is uiteraard ook de ballast aangepast.

Voor beweegbare bruggen met een stalen rijdek is een nieuwe versterkingstechniek ontwikkeld (afb. 5). Men plaatst dan een extra stalen plaat boven op het bestaande brugdek, de ruimte tussen de platen wordt vacuüm gezogen en daar wordt dan een vloeibare lijm (een hoogwaardige epoxyhars) geïnjecteerd. De primeur ging naar de Noordelijke brug van de hydraulisch aangedreven basculebruggen in de A6 tussen Lemmer en Grouw over de Scharsterrijn. (afb. 6) Uitsluitend de zwaarst belaste rechter



Maten in cm



Afb. 7. Toename verkeersintensiteit op de Van Brienoordbrug en de Moerdijkbrug

Afb. 8. Belasting klasse 60 volgens NEN 1008 (VOSB 1963)

Afb. 9. Bandenconfiguratie "Super Single" en "Dubbel lucht" (foto Michelin Nederland). (inzet)

Afb. 10. Kaart van De Verenigde Staten van Amerika.

Afb. 11. Ingestorte Mianus River Bridge on Interstate 95 Connecticut (foto: Scientific American March 1993) (rechts)



rijbaan is voorzien van een versterkingsplaat, waarop een nieuwe slijtlaag is aangebracht. De prognose is dat de levensduur van de brug met tientallen jaren zal worden verlengd [5]. Als de verlijming naar verwachting voldoet, zal ook de zuidelijke Scharsterrijnbrug op die wijze worden versterkt. Ook voor andere beweegbare bruggen met een stalen rijdek is deze verlijmingstechniek een optie.

Zoals eerder vermeld zijn de hoofdoorzaken van de teruggang in levensduur van de bruggen de toegenomen verkeersintensiteit en de grotere voertuigbelastingen (afb. 7). In de periode 1995 tot 2005 was er sprake van bijna een verdubbeling van het aantal vrachtauto's. In 2008 stonden er 150.000 vrachtauto's geregistreerd [2]. In de periode 1990-2000 was het aantal zware enkelvoudige vrachtwagens (zonder aanhanger) met drie, vier of vijf assen explosief gegroeid. Zij waren niet alleen zwaarder maar tegelijk ook korter geworden. De bestaande bruggen zijn ontworpen volgens de toen vigerende normen, veelal de VOSB 1963 (NEN 1008), klasse 60. (afb. 8) Echter in het huidige verkeer zijn vierassige voertuigen en vijfassige voertuigen van 50 ton gangbare verschijningen op de weg [2]. En veel van die vrachtwagens rijden met een andere bandenconfiguratie: 'dubbel lucht' heeft plaats gemaakt voor 'super single', met een toegelaten wieldruk van 5 ton, waarbij voor vermoeiing gerekend moet worden met 7 ton [6]. Gemeten is echter een wieldruk van 10 ton (inclusief stootcoëfficiënt). Deze band is voor een transporteur gunstig (afb. 9). Een hogere bandspanning impliceert minder slijtage aan banden en een lager brandstofverbruik. Bovendien worden vrachtwagens dikwijls overbeladen om het aantal ritten en daarmee de kosten te drukken.

De bruggen in beheer bij Rijkswaterstaat worden inmiddels aan een zeer intensief continu inspectie- en onder-

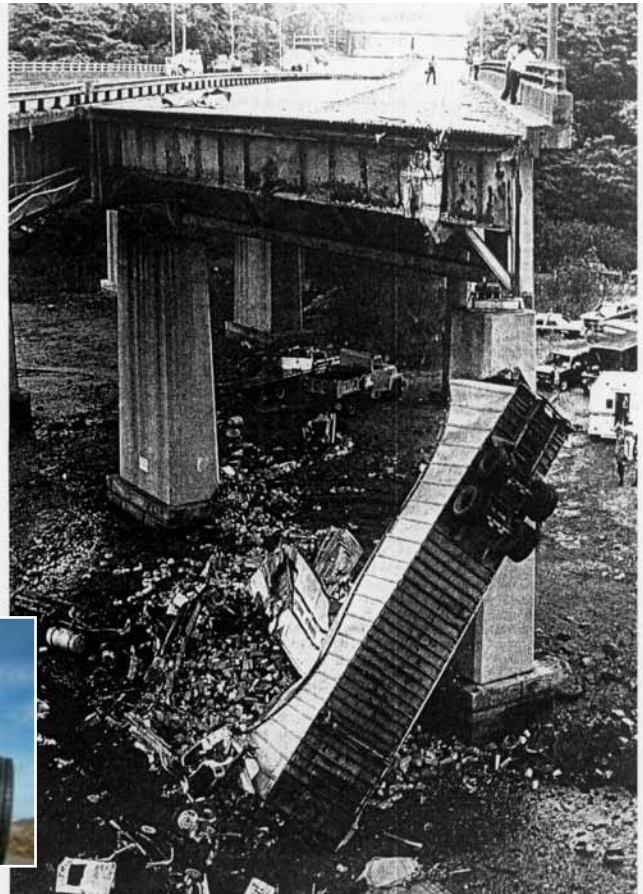
houdsprogramma onderworpen en de noodzakelijke reparaties zijn uitgevoerd, waarmee op korte termijn problemen met de verkeersveiligheid zijn voorkomen. Op de middellange termijn zullen bij vaste stalen bruggen de orthotrope rijvloeren worden voorzien van een overlaging met HSB of anderszins worden versterkt. De beweegbare bruggen kunnen worden voorzien van een extra staalplaat door middel van verlijmingstechnieken of conform de basculebrug van de Van Brienoordbrug kan het val worden vervangen of worden voorzien van een nieuwe rijvloer. Rijkswaterstaat zal voor zolang als nodig is instandhoudingsinspecties en reparaties laten uitvoeren, zodat de toestand van de bruggen beheerst blijft en er bij eventuele gesignaleerde defecten direct maatregelen kunnen worden getroffen.

Zo is de huidige situatie met het Nederlandse bruggenbestand, maar hoe staat het nu met de bruggen in de Verenigde Staten van Amerika?

De situatie in de Verenigde Staten van Amerika

In de Verenigde Staten van Amerika (in het vervolg als Amerika aangeduid) bevinden zich circa 600.000 verkeersbruggen om precies te zijn volgens een telling in 2008 zijn het er 601.470 (inclusief Porto Rico) [7]. Amerika is qua oppervlakte ongeveer 240 keer Nederland, derhalve heeft ons land met circa 3000 bruggen in en over Rijkswegen een grotere bruggen dichtheid dan Amerika (afb. 10). In Nederland is er één brug per 13,8 km² en Amerika één brug per 16,4 km². Het beheer en onderhoud van bruggen in beide landen laat zich goed vergelijken, zeker tegen de achtergrond dat Amerika uit 50 zelfstandige staten bestaat.

De conditie van de bruggen is in het algemeen nogal onrustbarend. Van de ongeveer 600.000 verkeersbruggen



liggen er ongeveer 150.000 in de stedelijke agglomeraties en circa 450.000 daarbuiten. De problemen beperken zich overigens niet alleen tot bruggen maar tot de gehele infrastructuur. De groei daarvan heeft geen gelijke tred gehouden met de groei van het verkeer. Dit geldt overigens ook voor Nederland.

In 1955 reden over de nationale autosnelwegen (Highways) 65 miljoen auto's en vrachtwagens. Momenteel rijden er 250 miljoen auto's en vrachtwagens over de Highways [8]. Hierbij is 33% van de nationale hoofdwegen in slechte of middelmatige staat en is 36% van het stedelijk hoofdwegenet verstoep. Jaarlijks vallen er meer dan 42.000 Amerikaanse doden en 2,9 miljoen gewonden op de nationale hoofdwegen [9]. Dit terzijde betreffende het wegennet.

In december 1967 stortte de Silver Bridge over de Ohio River in, met als gevolg 46 doden, grotendeels door gebrekkige inspecties en onderhoud door de lokale autoriteiten. Deze ramp is aanleiding geweest tot de opstelling van de 'Federal-Aid Highway Act' van 1968, (een wet waarin de ondersteuning van de Federatie voor het instandhouden van de infrastructuur werd geregeld). In deze wet werden zowel nationale richtlijnen voor bruginspecties als opleiding van bruginspecteurs vastgelegd. Iedere staat moet de bruggen en de autosnelwegen (Highways) elke twee jaar inspecteren [10]. Om na inspectie in aanmerking te komen voor financiële ondersteuning moest de brug aan twee classificaties voldoen:

- bouwkundig onvoldoende (structurally deficient), dat wil zeggen: Niet in staat de standaard voertuigbelasting te dragen.
- Functioneel verouderd (functionally obsolete), dat wil zeggen: brug te smal of onvoldoende ruimte voor voertuigen.

In 1968 voldeed 39% van alle bruggen in de Highways aan deze classificaties.

Iedere staat moet de resultaten van de inspecties zenden naar de 'Federal Highway Administration' (FHWA) om het op te nemen in de data-base van de 'National Bridge Inventory'. In de jaren tachtig van vorige eeuw stortten er weer enige grote verkeersbruggen in onder andere in 1983 de Mianus River Bridge on Interstate 95 in Connecticut met drie doden en ontwrichting van het wegverkeer gedurende vele maanden (afb. 11). De oorzaak was zowel een riskant ontwerp als slecht onderhoud.

Verder is de instorting van de Schoharie Creek Bridge in de Interstate Highway 90 van Boston naar Buffalo in april 1987, waarbij 10 doden vielen, opmerkelijk. De oorzaak was ontgronding van de rivierbodem door sterke stroming [10]. De brug had geen doorgaande liggers, die bij de overigens identieke vorm bij de herbouw van de brug wel zijn toegepast, waardoor reserves in de constructie werden gecreëerd.

Heel bekend is het tijdelijk afsluiten van de Williamsburg-bridge over de East River tussen Brooklyn en Manhattan van april tot augustus 1988. Daardoor moesten 140.000 automobilisten dagelijks naar alternatieve routes zoeken (afb. 12).

Al deze ingrijpende gebeurtenissen leidden begin jaren negentig van vorige eeuw tot een onderzoek naar de staat van bruggen in Amerika. Uit de publicatie van de onderzoeksgegevens bleek dat 200.000 bruggen als onvoldoende en verouderd waren gekenmerkt, 13.000 bruggen een aslastbeperking kregen en 5000 bruggen moesten noodgedwongen worden gesloten. Gemiddeld stortten jaarlijks 150 tot 200 overspanningen in [10].

De leeftijd van de bruggen speelde daarbij een minder grote rol dan het gebrek aan onderhoud. Betonnen brug-



Afb. 12. Williamsburgbrug over de East River in New York uit 1903 (foto: New York City Department of Public Works)
Afb. 13. Ingestorte Saint Anthony Falls Bridge in Minneapolis op 1 augustus 2007 (collectie L.A.G. Wagemans)

gen waren er in het algemeen beter aan toe dan stalen bruggen, maar dat verschilde van staat tot staat. Houten bruggen waren meestal in de slechtste conditie, wat niet verwonderlijk is. Uiteraard speelden ook hier de toenemende as- en wielbelastingen en vooral de overbelading van de vrachtwagens een rol.

Hoe is het nu in 2009 – globaal twintig jaar later – met de conditie van de bruggen in Amerika gesteld?

Eind 2009 was ongeveer 26% van de bruggen in de Highways constructief onvoldoende en functioneel verouderd. Ter vergelijking dat was in 1992 34,6% en in 2005 27,1% [10]. Er valt dus duidelijk een verbetering te constateren [11]. De oorzaak van de trage verbetering van de infrastructuur is het gebrek aan fondsen. In augustus 2005 tekende President George W. Bush een wet, die \$ 286 miljard voor wegen en bruggen voor de fiscale jaren 2004 tot eind 2009 vrijmaakte, terwijl er \$ 375 miljard gevraagd was [8]. De belastinginkomsten ten behoeve van de infrastructuur zijn teruggelopen, de accijns op benzine zijn sinds 1992 bevroren terwijl de onderhoudskosten fors zijn toegenomen. Het U.S. Department of Transportation schat dat op grond van de huidige achterstand voor herstellingen en verbeteringen van wegen, autosnelwegen en bruggen een bedrag van \$ 495 miljard nodig zal zijn [12]. Er is een schatting gemaakt van de kosten, die gemeoid zijn om alleen alle bruggen in een dusdanige staat te brengen dat geen gewichts- en snelheidsbeperkingen nodig zijn. Daarvoor is een bedrag nodig van \$ 9,4 miljard per jaar gedurende 20 jaar [11].

Zoals eerder is opgemerkt moet iedere staat om de twee jaar zijn bruggen inspecteren conform de 'Federal-Aid Highway Act' uit 1968, maar dat gebeurt lang niet altijd. Er is vaak geen geld genoeg om de bruggen volgens schema te inspecteren. Bijna iedere staat stelde dat ze wel voldoende inspectiestaven hadden, maar gebrek aan geld om aannemers in te huren om de inspecties te laten uitvoeren [13]. Niet geïnspecteerde bruggen zijn niet noodzakelijk riskant, maar er is geen zekerheid ten aanzien van de veiligheid en het onderhoud. Het scheelt ook per staat; bij de ene staat is de achterstand groter dan bij de andere. Daarom is er in Amerika op internet een interactief programma om je reis te verifiëren:

Check the bridges on your route.

Enter a starting point and destination to see the condition and inspection dates of spans you cross [12].

De toestand van Amerikaanse bruggen werd recent weer actueel toen op 1 augustus 2007 in Minneapolis in de staat Minnesota de circa 150 m lange Saint Anthony Falls Bridge over de rivier de Mississippi instortte (afb. 13). De ramp gebeurde tijdens de avondspits waarbij dertien doden en 145 gewonden vielen doordat tientallen voertuigen in het water belandden of bekneld raakten tussen de brugdelen. De brug uit 1967, destijds ontworpen voor tweemaal twee rijstroken en 66.000 voertuigen per dag, was in 1988 heringedeeld in tweemaal vier rijstroken voor de 140.000 voertuigen die er dagelijks overheen gingen (afb. 14). De brug had bij de tweejaarlijkse inspectie reeds 17 jaar de beoordeling constructief onvoldoende (structurally deficient) gekregen en de laatste jaren werden er bij inspecties regelmatig vermoeiingsscheuren in de vakwerkliggers geconstateerd. Bovendien waren er werkzaamheden op de brug (er lag bijna 100 ton grind op de brug). Een eerste onderzoek wees in de richting van ontwerpfouten van de brug, de knoopplaten van de staalconstructie bleken veel te dun te zijn; ze hadden tweemaal zo dik moeten zijn, namelijk 25,4 mm in plaats van 12,7 mm, of wel onvoldoende redundantie [17]. Omdat dit type vakwerkbrug meer voorkomt (circa 750 keer) hebben de federale autoriteiten (FHWA) alle staten opgeroepen extra aandacht aan dit type brug te besteden, zeker bij bouwwerkzaamheden [14].

Maar onderhoud is vaak niet alleen het probleem, ook de kwaliteit van nieuwe bruggen deugt soms niet. Aangevoerd door de federale regering Bush werden bouwwerkzaamheden steeds vaker uitbesteed aan de private sector waarbij de laagste inschrijver wint, maar die bouwt niet altijd de kwalitatief beste brug.

Het probleem van de ingestorte brug in Minneapolis is zeer voortvarend aangepakt, gezien het aantal voertuigen van 140.000 per dag, waaronder veel vrachtverkeer en met het oog op de door de instorting veroorzaakte schade van \$ 400.000 per dag ook zeer begrijpelijk [15].

De ingestorte brug over de Mississippi is vervangen door twee betonnen bruggen, elk 30 m breed en 170 m lang (afb. 15). De opening van de New Saint Anthony Falls



Afb. 14. Details van de ingestorte Saint Anthony Falls Bridge (Collectie: L.A.G. Wagemans)

Afb. 15. De New Saint Anthony Falls Bridge (foto: John A. Weeks III)

Bridge was gepland op 24 december 2008, maar reeds op 18 september 2008 kon de brug, een belangrijke noord-zuid verbinding, voor het verkeer worden opengesteld. Op overschrijding van de geplande opleveringsdatum van 24 december was een boete van \$ 200.000 per dag bepaald en voor eerdere oplevering een bonus van \$ 27 miljoen. De eerdere oplevering is bereikt door overdag 400 en 'snachts 200 mensen op het project in te zetten. De Amerikanen zijn nu wat betreft de veiligheid van de nieuwe brug niet over één nacht ijs gegaan. In een poging de veiligste brug van Amerika te bouwen zijn ze zeer ambitieus te werk gegaan. Zo bewaakt een netwerk van 323 sensoren de nieuwe brug. Die signaleren als er corrosie optreedt in de wapening van het betonnen wegdek. Ook reageren er sensoren wanneer de brug meer trilt dan normaal bij zwaar en druk verkeer, want dat zou een indicatie zijn dat er iets niet in orde is. Verder zijn er meetinstrumenten aangebracht, die registreren hoeveel de brug uitzet bij temperatuursverschillen en die automatisch een de-icingsysteem kunnen activeren. Verder zijn er sensoren, die de verkeersfrequentie en snelheden registreren [16]. In Amerika is nu echter een discussie ontstaan of bij de bouw van nieuwe bruggen deze technologie altijd moet worden toegepast. Heel erg duur is het niet. De New Saint Anthony Falls Bridge is (beneden de raming) gebouwd voor \$ 234 miljoen. Van dit totale bedrag werd circa 9 miljoen dollar (4%) besteed aan meetwerken. Het probleem is nu hoe deze enorme informatiestroom kan worden beheerst als dit voor elke brug zou worden toegepast.

Bij T.N.O. in Delft wordt sinds circa drie jaar geëxperimenteerd met sensoren in bruggen en viaducten, maar volgens die onderzoekers is het ondoenlijk om alle bruggen en viaducten van meetapparatuur te voorzien. Niet zo zeer wat betreft de investeringskosten, maar wel ten aanzien van de bewaking en verwerking van de informatiestromen [16].

Conclusie

De vergelijking tussen de status-quo van het bruggenbestand in Nederland en de Verenigde Staten van Amerika valt ongetwijfeld in het voordeel van Nederland uit. De geconstateerde problemen in Nederland in 2007 als gevolg van de sterk toegenomen verkeersintensiteit en wiel-

belastingen van vrachtwagens zijn adequaat opgevangen en hebben nergens tot onveilige toestanden geleid.

Hoe anders is het in Amerika. Daar verkeert de gehele infrastructuur en met name de bruggen doorgaans in een zorgwekkende toestand, hoewel de laatste decennia wel enige verbetering is te constateren. Niet dat de Amerikanen kennis en inzicht ontberen (zie de New Saint Anthony Falls Bridge), maar doorgaans komt dat door het achterblijven van nieuwbouw zowel als het verrichten van onvoldoende onderhoud door een gebrek aan voldoende financiële middelen. Men stelt in Amerika duidelijk andere prioriteiten.

Bronnen

1. Rotterdams Dagblad 31-07-1997
2. Inventarisatie kunstwerken (bruggen, tunnels en viaducten) Rijkswaterstaat 26-09-2007
3. RWS Geel, november 2009
4. Informatie Ballast-Nedam Infra, Nieuwegein
5. 'Verlijmen tegen vermoeien', ir. M. Labordus en ir. W.H.M. Souren. Bouwen met Staal 211
6. Informatie Rijkswaterstaat Dienst Infrastructuur
7. U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics
8. Eye on the Economy, John W. Schoen, NBC 03-08-2007
9. U.S. Highway, Public Transit Improvements Funded Through 2009
10. Scientific American March 1993 Why America's bridges are crumbling, K.F. Dunker and B.G. Rabbat
11. Infrastructure Report Card 2008
12. Key Facts about America's Road and Bridge Constitutions and Federal Funding. May 2009
13. Late bridge inspection put public at risk, Bridge inspections, NBC 10-02-2008
14. Trouw, 10-08-2007
15. Minnesota Department of Transportation 14-10-2009
16. Volkskrant 03-10-2009. Slimme brug trekt bij problemen zelf aan de bel
17. www.johnweeks.com/i35w