

DE RENOVATIE VAN DE RING VAN ANTWERPEN

Innovatieve benaderingen en technieken

Op 31 mei 1969 werd de Ring rond Antwerpen of R1 in gebruik genomen. De R1 is een stedelijke autosnelweg gelegen op ongeveer 3 km van het centrum van Antwerpen. De 14 km lange en 3 tot 6 rijstroken brede Ring omvat de J.F. Kennedytunnel onder de Schelde in het zuidwesten en het viaduct van Merksem in het noordoosten. Hij vormt de draaischijf voor het verkeer van de 6 radiale autosnelwegen die er via verkeerswisselaars op aansluiten door middel van 30 km luswegen. Gezien de nabijheid van het stadscentrum zijn er tevens lokale op- en afritten voorzien op de R1.

In de loop van de jaren is de intensiteit van het verkeer – en vooral van het zware verkeer – aanzienlijk toegenomen tot een maximale intensiteit van 200.000 voertuigen per dag waarvan 25% vrachtwagens, wat de R1 tot een van de drukst bereden autosnelwegen maakt van Europa. De laatste grondige structurele onderhoudswerken dateerden van 1977, waarbij de R1 plaatselijk ook werd verbreed.

Deze situatie heeft er toe geleid dat de Ring rond Antwerpen aan een grondige structurele renovatie toe was. Het opdrachtgevende bestuur, de Afdeling Wegen en Verkeer te Antwerpen gaf daarom in 2001 het startsein voor de studie en realisatie van het project 'Structureel Onderhoud van de Ring van Antwerpen'.

Dit project behelsde niet alleen de renovatie van de wegverhardingen, maar ook de rehabilitatie van 170 km ondergrondse drainage- en regenwaterleidingen, weguitrusting, bruggen, tunnels voor nutsvoorzieningen,...

Het project is niet enkel door zijn schaalgrootte (totale kostprijs van nagenoeg 100 miljoen euro) uniek in de recente Belgische wegebouw, maar ook vanwege de integrale benadering die bij de projectrealisatie voorop stond. Naast de zuiver technische renovatiewerken werd ook ruim aandacht geschonken aan de realisatie van een verregaand programma van 'Minder Hinder'- maatregelen in en om Antwerpen, gekoppeld aan een maximale recyclage van opgebroken materialen ten gunste van het milieu. Deze benadering heeft er toe geleid dat de werken konden worden gerealiseerd in een record uitvoeringstermijn van amper 2 maal 5 maand.

De oorspronkelijke verharding op de snelweg bestond uit asfalt gefundeerd op schraal beton of steenslag. Na een grondige studie van mogelijke alternatieven werd, over het grootste gedeelte van de snelweg, de nieuwe verharding gerealiseerd in 23 cm doorgaand gewapend beton (DGB), gefundeerd achtereenvolgens op een 5 cm dikke bitumineuze tussenlaag, 25 cm met cement gestabiliseerd gerecycleerd asfaltpuin en 15 cm gerecycleerd schraal beton. Een fijn betonmengsel met uitgewassen oppervlak werd toegepast om enerzijds een adequate stroefheid te bekomen en anderzijds het rolgeluid te beperken.

In de Kennedytunnel werd de oorspronkelijke verharding in platenbeton vervangen door een nieuwe verharding van hetzelfde type met een analoge fundering als bij het DGB.

Bij de realisatie van dit ambitieuze project werden innovatieve technieken toegepast voor de aanleg van de betonverharding die zeker zullen leiden tot het verder ontwikkelen van het DGB in België en in andere landen.



ALGEMENE BESCHRIJVING VAN DE R1

1.1 Ligging van de R1 ten opzichte van de omgeving

Vanaf de verkeerswisselaar nabij de Kennedytunnel op Rechteroever tot aan het viaduct van Merksem (fig.1) ligt de Ring in een brede uitgraving ongeveer 8 m onder het algemene niveau van het maaiveld. Deze keuze werd bij de oorspronkelijke aanleg doelbewust gemaakt om enerzijds op die manier de bestaande wegen niet te moeten wijzigen qua niveau en anderzijds om esthetische redenen en om te voldoen aan stedenbouwkundige vereisten in de doorsneden dichtbebouwde agglomeratie.

Het tracé van deze uitgraving volgt de vroegere militaire vestingsgordel. Dit was een voor de hand liggende keuze omdat men op die manier snel beschikte over een bouwvrije zone en daardoor ook de nodige onteigeningen tot een minimum kon beperken.

Het normale grondwaterpeil in dit gebied varieerde tussen 2 en 4 m onder het natuurlijke maaiveld. Dit had tot gevolg dat een stelsel van permanente grondwaterverlaging moest worden voorzien om de grondwaterspiegel op een peil te houden dat het gebruik en het behoud van de wegstructuur zou verzekeren tijdens de ganse levensduur van de weg.

Het draineringsstelsel bestaat uit een dwarsdrainering doorheen een drainerende onderfundering en uit een uitgebreid netwerk van langsdrains in de taluds, de zijbermen en in de middenberm. De drains zijn via een stelsel van verzamelleidingen aangesloten op twee pompgemalen ter hoogte van de twee laagste punten van het lengteprofiel, m.n. nabij de Schelde enerzijds en nabij het Lobroekdok anderzijds.

Het volledige netwerk van drainage- en rioleringsleidingen heeft een totale lengte van ongeveer 170 km.

1.2 Aantal rijstroken en verkanting

Oorspronkelijk bestond de Ring voor het grootste deel uit 2 x 4 rijstroken, elk 3,75 m breed. Ter hoogte van de verkeerswisselaars was het aantal rijstroken hoger door de aanwezigheid van naastgelegen in- en uitvoegstroken.

De twee rijbanen werden van elkaar gescheiden door een middenberm van 9 meter breed en aan de buitenzijde begrensd door een pechstrook van 2,50 m.

In de Kennedytunnel zijn drie rijstroken voorzien.

Om het hoofd te bieden aan de toename van het verkeer werd de rijweg in de loop van de jaren plaatselijk verbreed. Hierdoor komt het dat in de huidige situatie op bepaalde plaatsen soms geen pechstrook aanwezig is en dat het huidige aantal rijstroken op het gedeelte van de R1 dat in DGB werd uitgevoerd, naargelang de locatie op het tracé, varieert van 4 tot 5 à 7, en dit over een totale lengte van ruim 7 km.

Het grootste aantal rijstroken doet zich uiteraard voor in zones waar de in- of uitvoeging plaatsvindt van lussen van de verkeerswisselaars. Dit wisselende aantal rijstroken maakte dat in het gedeelte van de snelweg dat in een DGB-verharding werd heraangelegd, de uitvoering hiervan bijzondere aandacht vergde.

Waar mogelijk werd een dakprofiel toegepast om een goede oppervlakafwatering te bekomen. De minimum dwarselling bedraagt 2,5 %. Waar geometrisch nodig werd een verkanting toegepast.

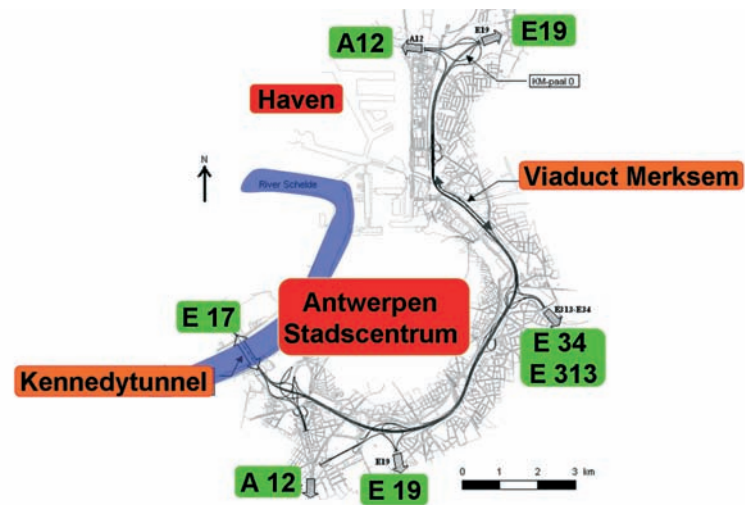


Fig. 1 – Situering van het project



Zicht op de nabije omgeving

2. STUDIE EN ONTWERP

2.1 Bestaande toestand

Het beperkt onderhoud en de zeer intense en zware verkeerslast (tot 25 % vrachtverkeer) hadden na 30 jaar hun tol geëist.

Visueel waren op verscheidene plaatsen ernstige gebreken vast te stellen zoals :

- scheuren, rafeling, ... van het asfalt ;
- gebroken betonplaten in de Kennedytunnel ;
- ernstig beschadigde vangrails en veiligheidsstootbanden ;
- gebrekkige afvoer van het regenwater ;
- verzakkingen in de berm t.g.v. zandinloop in de riolering.

Veel van deze gebreken zouden in de nabije toekomst niet alleen tot ernstige verkeershinder zorgen, maar waren tevens een gevaar voor de vele duizenden voertuigen die dagelijks gebruik maakten van de R1. Zo was begin 2003 één defect riooldeksel op de Ring de oorzaak van een gigantische verkeerschaos.



- 1 & 2 – Gescheurde platen in de Kennedytunnel
3 – Gebrekkige waterafvoer – beschadigde stalen vangrails
4 – Schade aan het wegdek in asfalt
5 – Schade aan het wegdek in asfalt en aan de betonnen veiligheidsstootbanden



2.2 Proevenprogramma

Gezien de omvang van het project en het internationaal belang van de R1 als verkeersader werd de technische studie gestart met een proevenprogramma.

Wat de wegverharding betreft, bestond het programma uit:

- een visuele inspectie ;
- metingen met de valdeflectograaf ;
- een onderzoek op boorkernen.

De bedoeling was de uitgebreidheid van de renovatiewerken zowel in oppervlakte als in diepte van de wegstructuur te bepalen.

2.2.1 Visuele inspectie van het wegoppervlak

Met behulp van de ARAN of 'Automatic Road Analyser' van de afdeling Wegenbouwkunde van het Vlaams Ministerie van Mobiliteit en Openbare Werken werd de R1 aan een visuele inspectie onderworpen. Hiermee werd het schadepatroon (scheuren, putten, rafeling,...) in kaart gebracht. Aan de hand hiervan werd het verdere proevenprogramma uitgedetailleerd.

2.2.2 Georadar

De georadar werd voor de R1 toegepast om een beeld te krijgen van de dikte van de verschillende lagen en om de eventueel zwakke zones te detecteren (fig. 2).

De georadar is een niet-destructieve fysische onderzoeksmethode die met behulp van elektromagnetische golven de ondiepe ondergrond snel en met een hoge resolutie in kaart kan brengen. Het principe is als volgt: door een zendantenne wordt een elektromagnetische golf vanaf het maaiveld uitgezonden, waarna deze golf zich voortplant in de ondergrond. Indien er in de ondergrond sprake is van een inhomogeniteit, bijvoorbeeld het grensvlak tussen aangebracht asfalt en de onderliggende funderingslaag, dan reflecteert een gedeelte van de elektromagnetische energie van de uitgezonden golf op deze inhomogeniteit. Na reflectie plant het gereflecteerde deel van de golf zich voort richting maaiveld en wordt de golfvorm geregistreerd door de ontvangantenne. Het niet gereflecteerde deel van de golf dringt dieper de ondergrond in.

Fig. 2 – Resultaten van de metingen met de georadar

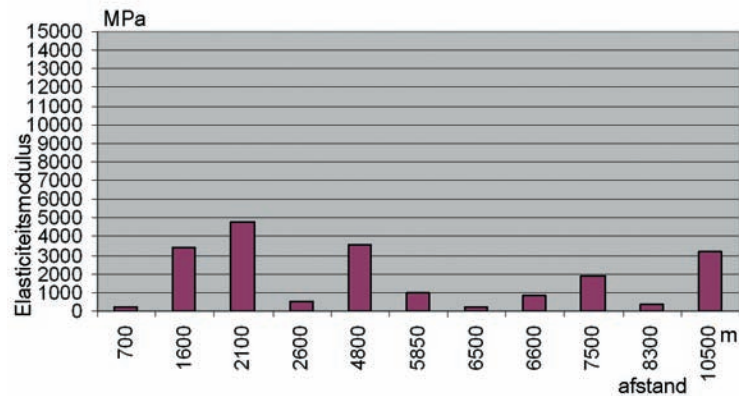


Fig. 3 – Elasticiteitsmodulus [MPa] van het schraal beton bepaald door middel van metingen met de valgewichtdeflectometer

2.2.3 Valgewichtdeflectiemetingen

Valgewichtdeflectiemetingen laten toe het draagvermogen van de wegconstructie te bepalen.

Met deze metingen wordt de doorbuiging van het wegoppervlak gemeten op gekende afstanden van een impulsbelasting, veroorzaakt door een vrij vallende massa. De piekwaarde van deze impulsbelasting is kenmerkend voor de piekbelasting onder een wiel van een passerende volgeladen vrachtwagen.

De elasticiteitsmodulus van een nieuw geplaatste fundering in schraal beton ligt om en bij de 15000 MPa. Uit de valgewichtdeflectiemetingen op de R1 bleek dat de E-modulus voor de bestaande schraal betonfundering vaak onder deze waarde bleef (fig.3).

2.2.4 Kernboringen

Zowel op de hoofdbaan als op de verkeerswisselaars werd een programma van kernboringen uitgevoerd. Het programma werd opgesteld op basis van gegevens uit de visuele inspectie met de ARAN en van reflectiegegevens bekomen met de georadar.

Dit onderzoek was gericht op:

- de samenstelling van de verschillende lagen en hun te verwachten karakteristieken voor recyclage ;
- de verificatie van de bestaande kwaliteit van de fundering.

Voor de hoofdbaan en de verkeerswisselaars werden respectievelijk 70 en 38 kernboringen uitgevoerd.

Met het oog op recyclage werden alle kernen getest op aanwezigheid van teer. Hieruit bleek dat in de bitumineuze lagen geen teer terug te vinden was.

Uit de kernboringen bleek ook dat de kleef tussen de schraal betonfundering en het asfalt zeer goed was. Dit kon mogelijke problemen bij het affrezen of uitbreken van de asfaltverharding met zich meebrengen.

2.2.5 Conclusie

Op basis van het voorafgaand onderzoek werd besloten dat de resterende levensduur te laag was om de werken tot een volledige of gedeeltelijke vervanging van de asfaltlagen te beperken. De vernieuwing van de volledige bestaande wegverharding, inclusief de fundering, was noodzakelijk.

2.3 Keuze van het type verharding

2.3.1 Algemeen

Voor de keuze van het type verhardingsmateriaal werd een grondige vergelijkende studie gemaakt tussen de twee vooropgestelde oplossingen, namelijk asfalt versus doorgaand gewapend beton (DGB).

Op het viaduct van Merksem werd een bitumineuze verharding voorgesteld alsook op de lokale op- en afritten en de verkeerswisselaars. Deze keuze was gebaseerd op een gemakkelijkere uitvoering gezien het bochtige tracé, de talrijke onderbruggen en het feit dat de verkeerswisselaars nooit volledig voor het verkeer konden worden afgesloten.

Voor de rest van de autosnelweg werd eerst een *Life Cycle Cost Analysis (LCCA)* uitgevoerd of een economische afweging. Vervolgens werden middels een multicriteriumanalyse ook de niet-budgettaire aspecten in de vergelijking mee opgenomen.

2.3.2 Life Cycle Cost Analysis

Bij een *Life Cycle Cost Analysis (LCCA)* wordt de afweging gemaakt met behulp van de 'Constante Waarde Methode over oneindige horizon'. Men berekent welk kapitaal vandaag moet worden gereserveerd voor de onmiddellijke aanleg en alle onderhoudswerkzaamheden en reconstructie in de toekomst.

Voor de R1 gaf deze benadering als resultaat dat een DGB-verharding bij aanleg duurder is dan een asfaltverharding. Op termijn, rekening houdend met het onderhoud en de reconstructie, bleken de kostprijzen nagenoeg dezelfde te zijn met een licht voordeel voor DGB.

2.3.3 Multicriteriumanalyse

Bij de multicriteriumanalyse (MCA) worden naast economische ook andere aspecten mee in de vergelijking opgenomen zoals ondermeer levensduur, stroefheid, geluid, spoorvorming, recyclagemogelijkheden, comfort, veiligheid, winteronderhoud enz.

Voor elk criterium wordt een score toegekend aan elk type verharding.

Naast het toekennen van een score per criterium wordt er ook een relatief gewicht gegeven aan elk van de verschillende criteria. Deze worden uiteraard mede bepaald door de specifieke omstandigheden van toepassing op de R1.

Uit deze vergelijking bleek dat een DGB-verharding lichtjes beter scoorde dan een asfaltverharding. Dit verschil was echter nog niet doorslaggevend.

2.3.4 Keuze voor doorgaand gewapend beton (DGB)

De langere levensduur en het zeer beperkte nodige onderhoud deden finaal de balans overhellen ten voordele van een verharding in DGB. De totale omvang van zowel de werken als de begeleidende maatregelen waren immers zo enorm dat een dergelijke ingreep met bijhorende socio-economische impact zich niet te snel mocht herhalen.

Deze lange termijnvisie werd voor de ganse rehabilitatie van de R1 toegepast aan de hand van de corridorbenadering. Zo werd niet enkel de bestaande wegstructuur vernieuwd maar werden ook de riolering, de kunstwerken, de veiligheid, de signalisatie, de telematica, ... onder de loep genomen en waar nodig vernieuwd of aangepast.

Deze goed bestudeerde en geplande basisinvestering, gekoppeld aan een tijdige en gecoördineerde onderhoudsplaning, levert niet alleen economisch een belangrijk voordeel, maar resulteert ook in een vermindering van de globale verkeers- en milieuhinder.

2.4 Technische basisopties

Eens het type verharding vast stond, bepaalden volgende technische opties het ontwerp van de DGB-verharding:

- 1) De R1 grenst aan beide zijden aan een dichte agglomeratie. Hoewel de R1 grotendeels in uitgraving ligt, werd toch besloten om de geluidhinder extra te beperken en werd daarom een geluidsarm beton toegepast.
- 2) Langsvoegen tussen enerzijds cementbeton en anderzijds asfalt werden zo kort mogelijk gehouden. Dit zijn discontinuïteiten, zowel in materiaal als in uitvoering, die vaak aanleiding geven tot vroegtijdige schade, zeker wanneer ze onderhevig zijn aan kruisend intens en zwaar verkeer.
- 3) Om de nadelige invloed van het randeffect te beperken werd, waar noodzakelijk, een overbreedte van de DGB-verharding toegepast.
- 4) Ongeacht de wisselende situatie qua aantal rijstroken op de R1 werd doelbewust geopteerd om in principe de nieuwe verharding in cementbeton over de volledige breedte van de rijbaan uit te voeren d.w.z. vanaf de middenberm tot en met de in- en uitvoegstroken en tot en met de pechstrook. Dit laat toe om later desgewenst deze pechstrook definitief als bijkomende rijstrook of tijdelijk als rijstrook voor omleiding (bij ongeval of werken) te voorzien, terwijl bovendien ook aan basisoptie 2 wordt voldaan.

2.5 Recyclage

Gezien de grote hoeveelheden opbraakmateriaal, de korte uitvoeringstermijn en de wens om het omliggende wegennet niet nog extra te belasten met de afvoer en aanvoer van materialen, werd een maximum aan recyclage beoogd binnen het project. Uiteraard komt dit ook het milieu ten goede gezien de verminderde hoeveelheden te storten materiaal en te ontginnen steenslag.

Er werd dan ook een gedetailleerde studie gemaakt van de mogelijkheden tot recyclage. Hierbij werd rekening gehouden met de beoogde levensduur van de nieuwe wegstructuur, de zeer grote hoeveelheden recycleerbaar materiaal en de ervaringen in binnen- en buitenland. Het recycleren op zich was niet nieuw, maar de schaalgrootte die hier aan de orde was, was wel nieuw en uitzonderlijk.

De bestaande asfaltverharding werd gerecycleerd:

- deels in het asfaltmengsel van de nieuw aan te leggen bitumineuze onderlagen ;
- deels in een gebonden fundering van gebroken asfaltpuin met cement als bindmiddel, het zogenaamde "asfaltpuingranulaat-cement" (APGC). Om te komen tot een continue korrelverdeling en een zo groot mogelijke dichtheid van de fundering na verdichting, moet aan het gebroken asfaltpuin meestal 15 à 20 % zand worden toegevoegd.

De bestaande fundering van voornamelijk schraal beton, en in beperkte mate steenslag, alsook de lijnvormige elementen en het platenbeton in de Kennedytunnel werden gerecycleerd in de onderfundering van de nieuwe wegstructuur.

2.5.1 Recyclage van de bestaande asfaltverharding in APGC

De toepassing van gebroken asfaltpuin als steenslag voor een cementgebonden fundering kent een groeiende belangstelling, bijvoorbeeld in Nederland, Frankrijk, Duitsland, de Verenigde Staten, met over het algemeen goede resultaten. De ervaringen in België met het funderingstype APGC zijn nog niet zo veelvuldig, maar het principe is wel algemeen gekend.

Het product bestaat uit een homogeen mengsel van zand, steenslag (in casu asfaltpuingranulaat), aanmaakwater en een bindmiddel. In Belgische typebestekken wordt voor het gebruik van asfaltpuingranulaat in funderingslagen enkel cement als bindmiddel toegelaten. Een cementgehalte van 4 % (van de droge massa) laat toe om na 7 dagen de voorgeschreven druksterkte van 3 MPa te bereiken. Na 28 dagen dient de druksterkte 5 MPa te bedragen.

Het mengsel waarmee de lagen worden aangelegd, wordt bereid in een mengcentrale.

Om te komen tot een continue korrelverdeling en een zo groot mogelijke dichtheid van de fundering na verdichting, moet aan het gebroken asfaltpuin meestal 15 á 20 % zand worden toegevoegd ter verbetering van de granulometrie.

Qua samenstelling worden aan het asfaltpuin voor gebonden steenslagfundering minder hoge eisen opgelegd dan aan het asfaltpuingranulaat voor herbruik in warme bitumineuze mengsels. Ook het niet-homogeen puingranulaat komt volledig in aanmerking. Het minimum aandeel asfaltpuin ligt minder hoog en er mag meer gebroken betonpuin in zitten (max. 30 %).

Een fundering van APGC is over het algemeen vergelijkbaar met een hydraulisch gestabiliseerde steenslagfundering – en dit zowel qua sterkteontwikkeling als qua elasticiteitsmodulus – maar de aanwezigheid van een bitumineuze mortel in het asfaltpuingranulaat geeft aan deze fundering deels ook een temperatuursafhankelijk visco-elastisch gedrag, met positieve invloed op de soepelheid van de funderingslaag :

- Omwille van de temperatuursafhankelijkheid van bitumen neemt de druksterkte van APGC af bij hoger wordende temperatuur : een stijging van de temperatuur van 20°C naar 40°C gaat gepaard met ongeveer een halvering van de druksterkte.
- Uit kruipproeven blijkt dat de weerstand tegen plastische vervorming minstens 10 keer hoger is dan die van asfalt, waardoor de weerstand tegen spoorvorming aanzienlijk verbetert.

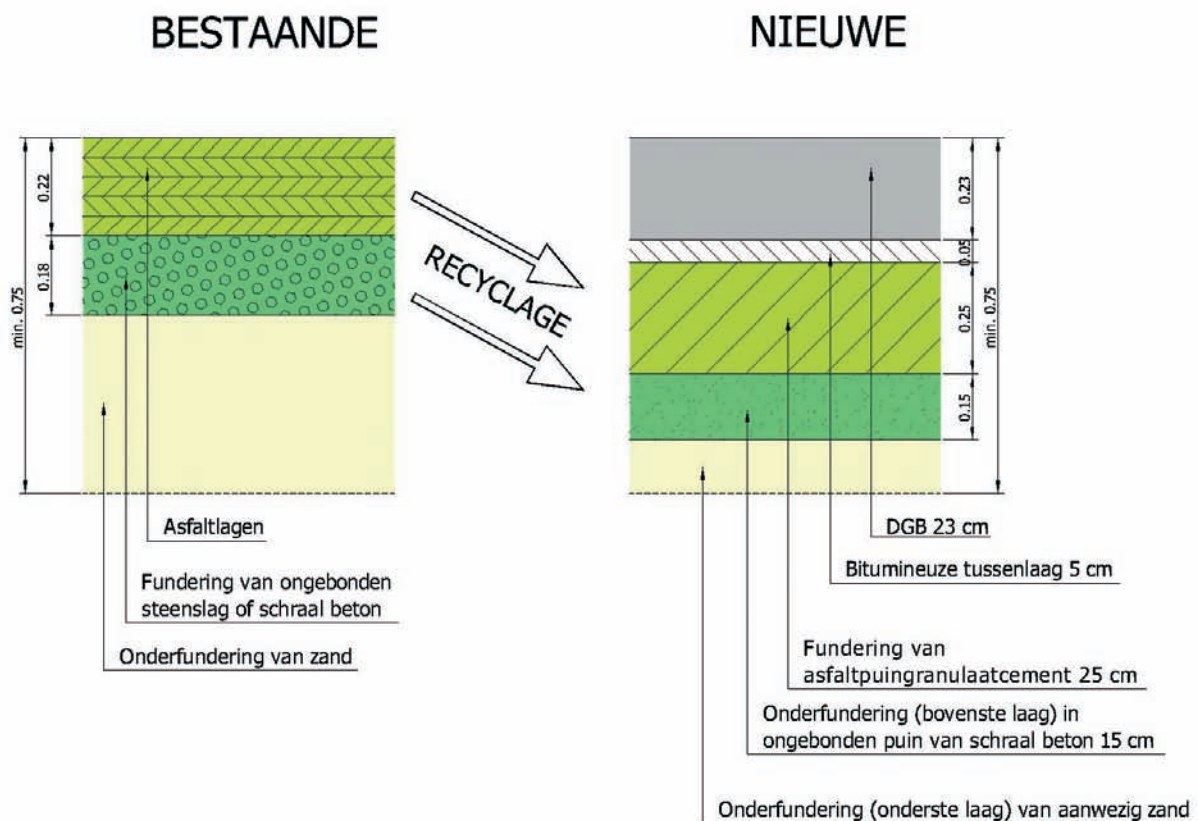
- Het APGC heeft een grotere aanvangsstabiliteit dan zandcement, waardoor het mogelijk is om direct op de verhardingslaag te asfalteren, maar op langere termijn is de stijging van de druksterkte relatief gesproken minder groot.
- Omwille van het resterend bitumineus bindmiddel is de flexibiliteit van de funderingslaag iets groter. De scheurvormingsgevoeligheid is lager dan voor andere cementgebonden funderingen, als gevolg van het visco-elastisch gedrag van het asfaltpuingranulaat. Hierdoor kunnen de spanningen als gevolg van uitdrogings-, verhardings- en temperatuurskrimp gemakkelijker afgebouwd worden via relaxatie.

2.5.2 Recyclage van betonpuin

Gebroken betonpuin kan overeenkomstig SB250 gebruikt worden als steenslag voor onderfundering en voor quasi alle types van fundering (ongebonden steenslag, gestabiliseerde steenslag, schraal beton, walsbeton).

In het project van de R1 werd het ongebonden betonpuin gerecycleerd in de onderfundering (fig.4).

Fig. 4 – Recyclage van de oude naar de nieuwe wegstructuur



2.6 Standaardconcept voor DGB in België

Het concept van de DGB-verharding op de R1 is gebaseerd op de "standaardpraktijk" die sinds eind jaren '90 in België wordt toegepast voor autosnelwegen in beton. Deze praktijk is nog steeds gebaseerd op de ervaringen van de eerste belangrijke werken met DGB van begin jaren '70 en wordt gekenmerkt door een structuur van DGB op een tussenlaag in asfalt en een cementgebonden fundering. Voor de moderne wegen wordt het oppervlak uitgewassen.

De ligging, alsook de diameter van de wapeningsstaven is afhankelijk van de dikte van de betonverharding. Volgens de publicatie van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 'Wegstructuren, Dimensionering en Keuze van de Verharding' behoort de R1 tot de hoogste bouwklasse B1. Voor de DGB verharding van de R1 bestaat de langswapening uit staven van hoogwaardig staal BE 500 S met een diameter van 20 mm op een afstand van 0,18 m hart op hart van elkaar geplaatst. Ze hebben een minimale lengte van 14 m en worden boven op de dwarswapening geplaatst. De overlappingslengte bedraagt 35 keer de nominale staafdiameter ($35 \times 20 = 700$ mm of 0,7 m) en de staven worden zodanig geschikt dat er zo weinig mogelijk overlappingsen in dezelfde doorsnede van een stortbreedte vallen.

Het percentage langswapening (verhouding van de langse staaldoorsnede ten opzichte van de betondoorsnede) bedraagt ca. 0,75%.

De dwarswapening, staven BE 500 S met diameter 12 mm, wordt met een tussenafstand van 0,70 m aangebracht en door middel van metalen steunen met een hoogte van 0,12 m op de bitumineuze tussenlaag geplaatst.

De dwarswapening wordt onder een hoek van 60° geplaatst t.o.v. de langswapening. Wanneer de dwarswapening nagenoeg loodrecht op de lengteas van de weg zou staan, zouden de staven scheurinleidend kunnen werken en op die manier het scheurpatroon beïnvloeden. Water dat via de scheuren doordringt zou dan over de volledige breedte op een dwarsstaaf kunnen terechtkomen en de corrosie op die manier versnellen.

Elke langse werkvoeg wordt voorzien van ankerstaven diameter 16 mm om aanliggende stortfasen met elkaar te verbinden. Deze ankerstaven worden dwars op de rijrichting van de strook ingeboord op halve dikte van de verharding en chemisch verankerd. De onderlinge afstand bedraagt 0,80 tot 0,85 m teneinde het boren van de gaten tussen de dwarswapening te kunnen uitvoeren.

2.7 Dimensionering van de verharding in DGB

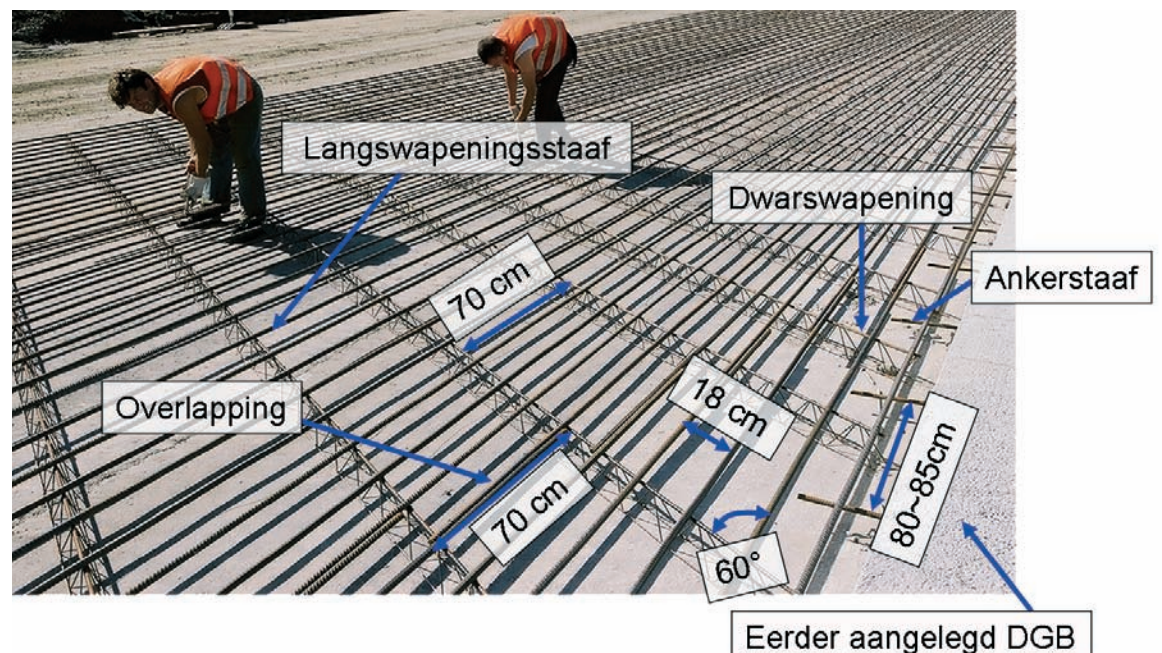
Het bepalen van de dikte van de verharding gebeurde volgens de richtlijnen 'Standaardstructuren, versie 2' van het Vlaams Ministerie van Mobiliteit en Openbare Werken. Deze methode is gebaseerd op de gegevens van het verwachte verkeer op de verharding, uitgedrukt in de gecumuleerde equivalente aslasten van 100 kN die de weg zullen belasten gedurende de ontwerplevensduur.

Hieruit wordt de bouwklasse en via ontwerptabellen de overeenstemmende plaatdikte bepaald. De belangrijkste veranderlijken in deze methode zijn : de CBR-waarde of draagkracht van de ondergrond, de verdeling van het verkeer over de verschillende rijstroken, het verkeersvolume en het percentage zwaar verkeer (tot 25% op de R1), de gemiddelde ontwerpnelheid en de ontwerplevensduur.

Dimensionering : de R1 behoort tot de hoogste bouwklasse omwille van het grote aandeel van zwaar verkeer



Belgische standaarduitvoering van de wapening in DGB



2.8 Eigenschappen van het beton

Een fijne oppervlakttextuur blijkt de beste resultaten te geven inzake geluidsreductie. Het beste resultaat wordt bereikt indien de afstand tussen de toppen van de splitkorrels 5 tot max. 10 mm bedraagt. Om te voldoen aan basisoptie 1, werd daarom enerzijds een oppervlakbehandeling van het betonoppervlak toegepast d.m.v. het uitwassen van het steenslagskelet en werd anderzijds een fijn betonmengsel gebruikt dat diende te beantwoorden aan volgende specificaties:

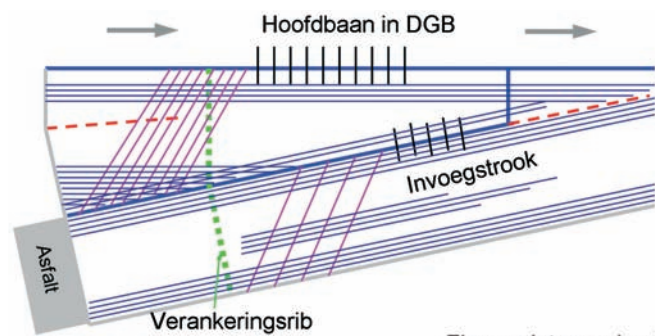
- De aan te wenden steenkalibers zijn 4/7, 7/14 en 14/20. Het gehalte aan 4/7 bedraagt minimum 20% van het zandsteenslag mengsel. Het percentage zand werd, rekening houdend met een goede verwerkbaarheid, zo laag mogelijk gehouden. (NB : Het steenkaliber 7 werd ondertussen vervangen door 6,3.)
- De watercementfactor is kleiner dan 0,45.
- De minimale hoeveelheid cement bedraagt 400 kg/m³.
- Het gebruik van luchtbelvormers is verplicht.

2.9 Overbreedte van de buitenste rijstrook

De spanningen in een betonplaat nemen aanzienlijk toe wanneer de belasting dicht bij de rand van de plaat is gelegen. Dit zogenaamde randeffect wordt nog versterkt door de toenemende lasten van het vrachtwagenverkeer (in het bijzonder trucks met tridem assen en overladen voertuigen).

Een van de nadelige gevolgen van het randeffect is dat het een van de factoren is die de kans verhogen op een punch-out aan de buitenvoeg van de trage rechterrijstrook.

Die hoge spanningen kunnen verminderd worden door het DGB aan te leggen met een overbreedte (zie basisoptie nr. 3) op die plaatsen waar de pechstrook uit asfalt bestaat of afwezig is. Door deze maatregel wordt de afstand tussen het wielspoor en de rand van de verharding immers verhoogd.



Figuur niet op schaal

Fig. 5 – Schematisch wapeningsplan ter hoogte van een in- of uitvoegstrook

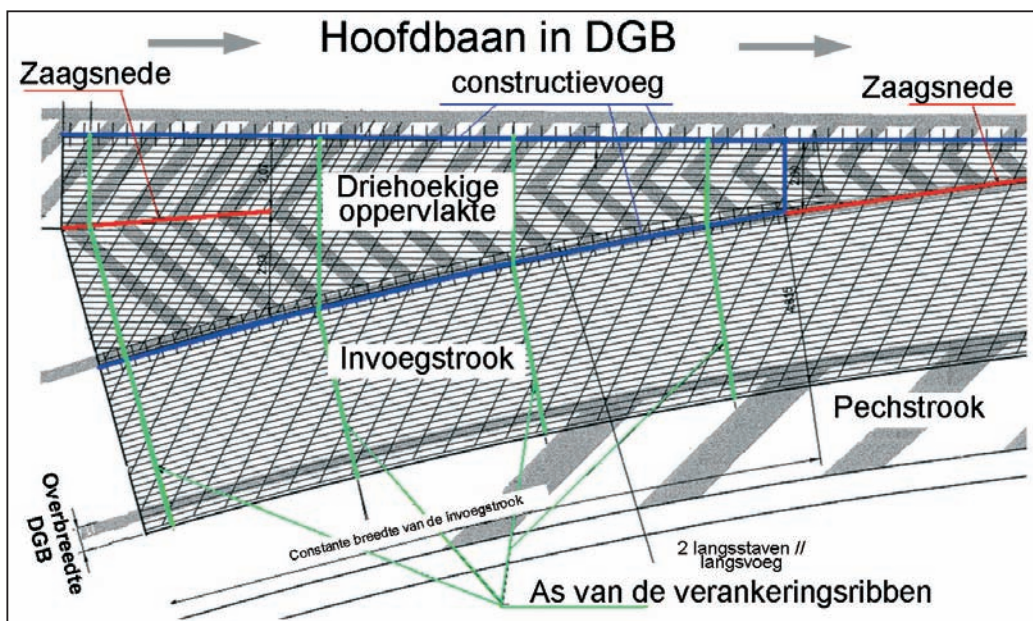


Fig. 6 – Gedetailleerde voorstelling van het wapeningsstaal in een invoegstrook

2.10 Rijstroken in DGB met veranderlijke breedte

Om langsvoeegen tussen beton en asfalt te vermijden werden alle in- en uitvoegstroken eveneens uitgevoerd in beton. Op deze wijze komen enkel dwarsvoegen voor tussen enerzijds de asfaltverharding op de lussen en op- en afritten en anderzijds de betonverharding en werden deze voegen zo kort mogelijk gehouden.

De uiteinden van de in- en uitvoegstroken gingen vaak gepaard met een variabele breedte van het te berijden wegdek. Zowel rechtlijnige als gebogen variaties in breedte kwamen voor.

Bij korte en (in breedtezijn gezien) kleine variaties, is het mogelijk de verharding aan te leggen met een constante breedte en de variatie in breedte van het te berijden wegdek aan te geven d.m.v. de markering. Deze techniek wordt ook bij asfaltverhardingen toegepast.

Bij lange en (in breedtezijn gezien) grote variaties bestaat de enige oplossing erin de betonverharding aan te leggen met een variabele breedte. De aanleg van DGB met variabele breedte is in de praktijk goed uitvoerbaar, mits het in acht nemen van een aantal uitvoeringstechnische maatregelen, zowel inzake de schikking van de wapening (fig. 5 en 6) als de plaatsing van het beton.

Gezien de functie van de langswapening werd het tracé van de langswapening van de afbuigende rijstroken, evenwijdig genomen aan de horizontale geometrie van deze rijstroken.

Wanneer de breedte van de plaat te groot wordt (± 5 m) kan er zich een spontane langse krimp-buigscheur ontwikkelen. Daarom werd vanaf een breedte van meer dan 5 m een langse zaagsnede aangebracht. Daar waar de stortbreedte minder dan 5 m bedraagt, werd de zaagsnede gestopt. Om het risico op een eventuele spontane doorzetting van de scheur voorbij de zaagsnede te beperken werden aan het einde van de zaagsnede extra (elke 0,35 m i.p.v. elke 0,70 m) dwarswapeningsstaven aangebracht.

Om het risico op opengaan van de langse constructievoeg tussen de hoofdbaan en het stuk met variabele breedte te beperken werden bijkomende ankerstaven (elke 0,40 m i.p.v. elke 0,80 m) noodzakelijk geacht.

In het geval dat de langswapening van een strook met wisselende breedte niet evenwijdig liep met de rand van een naastgelegen betonnerstrook werden aan de rand 2 evenwijdige langsstaven aangebracht, dit om een ongewenste scheuraanzet te vermijden.

2.11 Eindconstructies voor DGB

2.11.1 Algemeen

Ten gevolge van temperatuurswisselingen zal een betonverharding uitzetten of krimpen. Deze beweging is een algehele volumewijziging en oriënteert zich van het midden van de plaat weg – of er naar toe – als de wrijvingsfactor over de hele lengte constant is. In het midden is de beweging dus theoretisch nul.

Het deel van de plaat waar beweging waarneembaar is, noemt men de actieve lengte L_a . Deze hangt af van verschillende factoren zoals de wrijving met de ondergrond, de sterkte van het beton, het wapeningspercentage,... Ze bedraagt volgens verschillende bronnen tussen de 100 en 200 m. Het middendeel van de betonverharding zal niet bewegen omdat vanaf een bepaalde lengte de wrijvingskrachten groter worden dan de aandrijvende kracht.

De bewegingen aan de uiteinden kunnen schade toebrengen aan bruggen, tunnels of een aanliggende verharding en kunnen aanleiding geven tot oncomfortabele en soms gevaarlijke oneffenheden in het wegdek. Vandaar het belang om de bewegingen aan het uiteinde van een DGB-verharding te controleren. Dit kan door hetzij de bewegingen maximaal tegen te gaan, hetzij door de bewegingen toe te staan middels een voegconstructie zoals die ook op brugdekken worden gebruikt.

2.11.2 Verankeringslandhoofden

Bij een verankeringslandhoofd wordt de beweging van het actieve plaatgedeelte gedeeltelijk of quasi volledig afgeremd. Het concept van een dergelijke verankering komt neer op het in de grond vastankeren van het eindvlak van de verharding door de plaatuiteinden onderaan te voorzien van langse en/of dwarse ribben (fig. 7 en 8). Het principe bestaat erin dat het gewicht van de grond die aanwezig is tussen de ribben, gevoegd bij het gewicht van de verankering zelf, wrijvingsweerstand biedt aan de langse krachten die door de lengteverandering worden tweegebracht.

De graad waarin een dergelijke verankering weerstand biedt aan de optredende lengteverandering is afhankelijk van het aantal ribben en van de afmeting van de ribben. Het spreekt vanzelf dat een dergelijke verankering altijd zodanig weerstandbiedend kan worden gemaakt dat de residuele amplitude van de beweging van de uiteinden praktisch onbestaande is.

De ribben worden gerealiseerd door na de aanleg van de fundering plaatselijk de vorm van de ribben in de ondergrond uit te graven. De nodige wapening en wachtstaven worden aangebracht en het beton wordt gestort tegen de wanden van de uitgraving (zonder bekisting).



Zicht op het verankeringslandhoofd bestaande uit vier ribben



Plaatsen van wapening boven het verankeringslandhoofd

Fig. 7 – Dwarsdoorsnede van een verankeringsrib

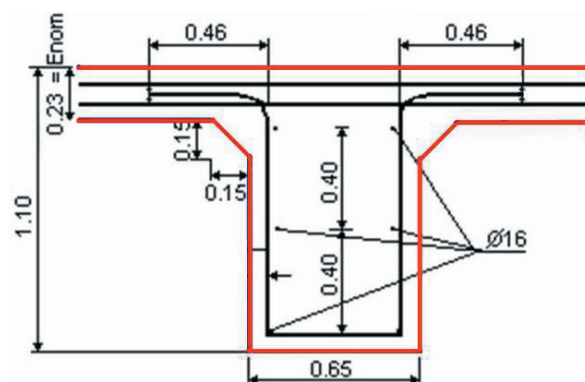
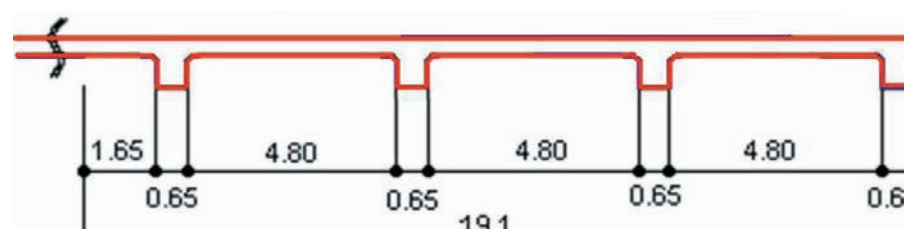


Fig. 8 – Langsdoorsnede en afmetingen van een verankeringslandhoofd



2.11.3 Eindvoegen

In tegenstelling tot een verankering wordt de beweging van het uiteinde toegelaten en opgevangen door de plaatsing van een eindvoeg. Het concept van de eindvoeg, gebruikt op de R1, is een verbeterde versie van een vroeger Belgisch ontwerp dat te Willebroek werd toegepast.

De vrije uitzetting en verkorting van de DGB-verharding wordt mogelijk gemaakt d.m.v. een klassieke uitzetvoeg die bij brugdekken wordt toegepast. De voegband is vastgehecht in de klauwprofielen die aan beide zijden van de voeg verankerd zijn in een gewapende betonbalk.

Beide zijden van de voeg zijn voorzien van een gewapende betonbalk (fig. 9). De betonbalk aan de asfalt-zijde steunt op ingehaide stalen profielen, om een goede lastoverdracht over de voeg heen te realiseren en om eventuele zettingen of verschuivingen ten gevolge van rem- en acceleratiekrachten te vermijden.

De eindbalk aan de DGB-zijde wordt verankerd aan het DGB en steunt op een betonnen fundering waarvan de bovenkant voorzien is van een glijvlak, dit om de beweging van de eindbalk over deze fundering mogelijk te maken.

Bij verkorting van de DGB-verharding moet de eindbalk vrij kunnen mee bewegen. Daarom is aan de achterzijde van de eindbalk een holle ruimte voorzien om de beweging bij verkorting van de DGB-plaat mogelijk te maken.

In principe is de voegband waterdicht. Water dat toch door de voegband zou doordringen, wordt onderaan, op de laagste punten in het dwarsprofiel, afgevoerd d.m.v. een afwateringsbuisje dat aangesloten is op de riolering.



Zicht op het wapeningsstaal van de eindvoeg

2.11.4 Situering beide types

In de USA wordt de oplossing met eindvoeg (b.v. 'wide flange beam') nagenoeg even frequent toegepast als de oplossing met verankeringsribben.

In België schrijft het SB 250 enkel het gebruik en de opbouw van verankeringslandhoofden voor.

Niettegenstaande dit werd, in overleg met het Bestuur, aan het begin en het einde van het DGB van de hoofdbaan van de R1 (4 doorlopende rijstroken + pechstrook) gekozen voor een eindconstructie met uitzettingsvoeg (fig. 10). De eerdere positieve ervaringen te Willebroek en een lagere kostprijs voor dit type eindconstructie lagen hiervan aan de basis.

In tegenstelling tot de beëindigingconstructie van de 4 doorlopende rijstroken op de hoofdbaan heeft men bij de beëindiging van de in- en uitvoegstroken geen keuze qua type constructie. Het is immers noodzakelijk dat het gedrag van de DGB-verharding op de in- en uitvoegstroken zoveel mogelijk hetzelfde is als dat van de aanliggende DGB-verharding op de hoofdbaan.

De DGB-verharding van de hoofdbaan beweegt niet ter plaatse van de in- en uitvoegstroken. Daarom werd voor de in- of uitvoegstroken gebruik gemaakt van verankeringslandhoofden. Het aantal ribben (4) werd zodanig gekozen dat de restamplitude beperkt bleef tot 4 mm.

Om het opengaan van de langse constructievoegen maximaal te beperken worden deze voorzien van extra ankerstaven.

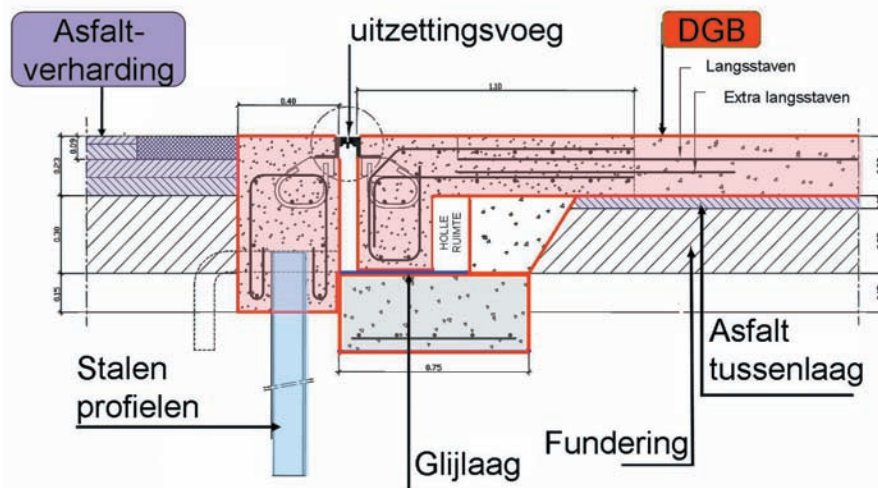


Fig. 9 – Dwarsdoorsnede van de eindvoeg gebruikt op de R1

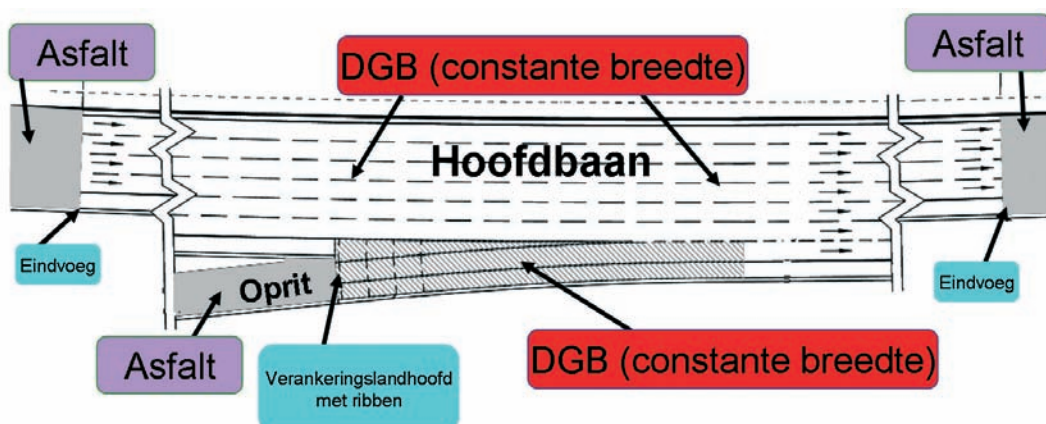


Fig.10 – Algemeen overzicht van de inplanting van de beëindigingsconstructies

3. UITVOERING

3.1 Termijnen

Het internationale belang van de R1 en de uitzonderlijk hoge verkeersvolumes die de R1 dagelijks te verwerken heeft, maakten het noodzakelijk de uitvoeringstermijn van de werken zo kort mogelijk te houden. Deze werd beperkt tot 140 kalenderdagen tijdens hoofdperiode 1 voor de buitenring en tot 150 kalenderdagen voor de binnenring.

Bovendien werd in het bestek voor de werken aan de eigenlijke Ring een dagelijkse werkperiode van 16 uur per dag, 7 dagen op 7, opgelegd.

De onderhoudswerken aan de Kennedytunnel moesten doorlopend 24 uur op 24 en 7 dagen op 7 uitgevoerd worden.

Naast de benodigde wegeniswerken dienden ook 170 km riolering, 9 galerijen en de aanwezige bruggen te worden gerenoveerd.

Dit alles vroeg een doorgedreven organisatie en coördinatie om zowel de kwaliteit als de kwantiteit van de werken, binnen de bestekvoorschriften te realiseren.

3.2 Werforganisatie

Over de volledige lengte van het project was een afzonderlijke werfpiste opgelegd die naast werfverkeer ook dienst moest doen voor interventievoertuigen. Deze werfpiste kruiste ongelijkgronds het verkeer op de doorsteken d.m.v. tijdelijke werfbruggen.

Er was opgelegd dat twee plants zouden worden ingericht op de bouwplaats zelf : voor de verwerking van te recycleren opbraakmateriaal en voor de aanmaak van het beton. Hierdoor werd het omliggende wegennet niet nodeloos bijkomend belast met werkverkeer.

In de middenberm werd een continu zichtscherm geplaatst als visuele scheiding tussen het doorgaand verkeer dat aan een zijde van de Ring werd geconcentreerd en de werkzaamheden die aan de andere zijde plaatsvonden. Zo werden files door nieuwsgierige kijkers vermeden.

3.3 Gefaseerde aanleg van de DGB-verharding

De gekozen verkeersregeling tijdens de werken en de vooropgestelde technische basisopties maakten een goed doordachte fasering en organisatie van de uitvoering noodzakelijk en brachten een aanleg met zich mee die zowel in breedte- als in langszin in meerdere stappen en verschillende stortfases diende te verlopen.

De plaatsing van het DGB op de R1 diende in meer fasen te verlopen dan gebruikelijk is. De voornaamste aspecten en moeilijkheden van deze uitvoeringsmethode worden hierna beschreven.

3.4 Zones met constante breedte

Het was onmogelijk de verharding ineens over de volledige breedte aan te leggen. Niet enkel de totale breedte van de rijbaan maakte dit onmogelijk maar ook het feit dat bij DGB de aanwezigheid van de wapening de bevoorrading onmogelijk zou maken.

De gebruikte glijbekistingsmachine had een maximale constructiebreedte van van 11 m. In principe werden de 4 doorlopende rijstroken aangelegd in banden van 2 rijstroken (2 x 3,75 m) of 1 rijstrook + pechstrook, waarbij de aanleg gebeurde vanaf de middenberm naar de buitenberm.

Daarna werden in breedtezin de bijkomende stortfases uitgevoerd. De aanlegbreedte hiervan varieerde naargelang het aantal bijkomende rijstroken, de aanwezigheid van een pechstrook in DGB en/of de noodzaak tot het voorzien van een overbreedte van de buitenste rijstrook waar plaatselijk de pechstrook ontbrak of in asfalt diende uitgevoerd.

3.5 Zones van wisselende breedte

Zoals hoger beschreven komen op de R1 veel in- en uitvoegstroken voor. Bij het begin en einde van deze stroken moest het DGB aangelegd worden met een wisselende breedte van smal naar breed. Dit vergde niet enkel een goed uitgedachte opvolging van stortfases van het beton, maar ook een goed en op voorhand uitgewerkt constructievoegenplan met alle bijhorende schikkingen van wapening en ankerstaven.

Alle stukken met wisselende breedte werden eveneens met *slipform* aangelegd.

3.6 Onderbrekingen in langszin ter hoogte van doorsteken

Gezien de verbindingsslussen ten allen tijde dienden open te blijven voor het verkeer was het onvermijdelijk dat het verkeer de bouwplaats gelijkgronds moest dwarsen. Hierdoor kon de uitvoering van het DGB niet gerealiseerd worden in één continue operatie vanaf het begin tot het einde van de snelweg.

Het was noodzakelijk de aanleg van het DGB te onderbreken over een lengte van ongeveer 300 m d.m.v. twee dwarse constructievoegen.

In totaal waren 4 dergelijke onderbrekingen gespreid over een afstand van nagenoeg 7 km. Dankzij een doordachte planning en door 24 uur op 24 te betonneren werd het nodige aantal dwarse constructievoegen toch aanzienlijk beperkt.



Zicht op de betoncentrale, opgesteld langs de werf

Het betonneren van deze onderbrekingen gebeurde tijdens de eerste bouwfase (werken op de buitenring in 2004) anders dan tijdens de tweede bouwfase (werken op de binnenring in 2005) (fig. 11).

Voor de buitenring werd het DGB zodanig aangelegd dat elke stortstrook over de volledige lengte van de hoofdbaan werd uitgevoerd (b.v. 1, 2, 3) alvorens met de volgende strook werd begonnen (4, 5, 6). Nadat zo alle banen gebetonneerd waren, werd het kruisend verkeer verlegd over het nieuw aangelegde beton en werden vervolgens de onderbrekingen gebetonneerd. Deze fasering van aanleg maakte het noodzakelijk om het DGB tijdelijk te beëindigen met twee dwarse constructievoegen, een op ieder uiteinde van de onderbreking. De andere dwarse constructievoegen waren einddagvoegen.

Tijdens de werken voor de binnenring heeft de aannemer de fasering van het DGB en de uurregeling van de werken zodanig aangepast dat het aantal dwarse constructievoegen, dat toch altijd de meest delicate zones zijn in de afgewerkte verharding, tot het strikte minimum werd herleid. Tussen twee opeenvolgende doorsteken werd het DGB eerst over volledige breedte aangelegd (1, 2, 3). Dan werd het kruisend verkeer omgelegd over het nieuwe

DGB en de *slipform paver* werd verplaatst naar de volgende sectie waar dezelfde stortsequentie werd gehanteerd (4, 5, 6). Deze methode resulteerde in slechts één dwarse constructievoeg per onderbreking. Om het aantal dwarse voegen nog verder te beperken elimineerde de aannemer de einddagvoegen door de werken uit te voeren in een continue operatie 24 uur per dag. Deze aangepaste manier van uitvoeren heeft bewezen tot een beter resultaat te leiden qua afwerking van de verharding.

Verder was er ook nog het probleem dat het verkeer op de doorsteken slechts kort en buiten de spitsuren kon onderbroken worden om de passage van de glijbekistingsmachine mogelijk te maken van de ene naar de andere kant van de onderbreking. De aangepaste werkwijze tijdens de tweede bouwperiode verminderde ook het aantal van deze passages.

Beide uitvoeringsmethoden vereisten hoe dan ook ten alle tijde een gedetailleerde planning en coördinatie van de plaatsing van zowel wapeningsstaal als beton.

'MINDER HINDER'

Dé grote uitdaging van de renovatie van de R1 was – meer nog dan het streven naar de beste technische oplossingen – om deze werken mogelijk te maken op een verkeersader waar op sommige plaatsen tot 200.000 voertuigen per dag passeren. Velen vreesden daarom een complete verkeerschaos en het Antwerpse bedrijfsleven toonde zich uitermate bezorgd toen door experts een economisch verlies van 900 miljoen euro werd voorspeld.

Daarom werd er parallel met de werken een programma van begeleidende maatregelen uitgewerkt onder de naam '*Minder Hinder*' project met als doel de doorstroming van het verkeer op de Ring tot op een zeker niveau te behouden en tegelijkertijd de bereikbaarheid van de Antwerpse agglomeratie te vrijwaren.

De maatregelen waren gericht op openbaar en privé vervoer met de nadruk op multimodaliteit. Voor elke euro die werd uitgegeven aan de renovatiewerken werd een euro uitgegeven aan *Minder Hinder*. Sommige van de maatregelen waren wel van permanent karakter zoals de aanschaf van bijkomende bussen en trams.

Maatregelen voor personen- en vrachtwagenverkeer

Tijdens de renovatiewerken werd de capaciteit van de R1 herleid tot ongeveer 60%. Er werd gekozen om de stromen van het doorgaand en lokaal verkeer op te splitsen door alle lokale op- en afritten van de R1 af te sluiten. Doorgaand verkeer, van één autosnelweg naar een andere, werd op de Ring gehouden terwijl het lokaal verkeer werd aangemoedigd om de Singel te gebruiken, de stadsring die parallel loopt met de R1. Om het verkeer op die Singel vlotter te laten doorstromen werden 35 kruispunten heringericht en 5 tijdelijke bruggen geïnstalleerd.

Een tijdelijke brug op de Singel



Door het geoptimaliseerde gebruik van de Singel kon tot 25 % van de verloren capaciteit gerecupereerd worden. De overige 15 % diende dan via andere maatregelen te gebeuren.

Op de toegangswegen naar Antwerpen werden nieuwe verkeersborden geplaatst waarop het onderscheid tussen Ring en Singel werd aangeduid. In Antwerpen zelf was de bewegwijzering gebaseerd op een indeling van de stad in zones en werden de vroegere namen van de stadspoorten terug ingevoerd op de uitvalswegen.

Een groot gedeelte van het verkeer op de Antwerpse Ring bestaat uit lange afstandsverkeer. Op aanzienlijke afstand van Antwerpen werden weggebruikers aangemoedigd om alternatieve routes te gebruiken. Dit werd ook gecommuniceerd naar de Belgische en internationale transportfederaties.

Maatregelen ten voordele van het openbaar vervoer

Versillende acties werden ondernomen om de mensen ertoe aan te zetten de wagen te ruilen voor het openbaar vervoer of de fiets:

- verhoogde capaciteit op de bestaande treinverbindingen, inzet van extra treinen, nieuwe opstapplaatsen en uitbreiding van de parkings aan de stations ;
- verhoogde transportcapaciteit van trams en bussen, inrichting van vrije busbanen en van nieuwe park en ride zones ;
- op punt stellen van een fietsnetwerk in Antwerpen met extra bewegwijzering en fietsparkings.

Extra signalisatie om de werf aan te kondigen



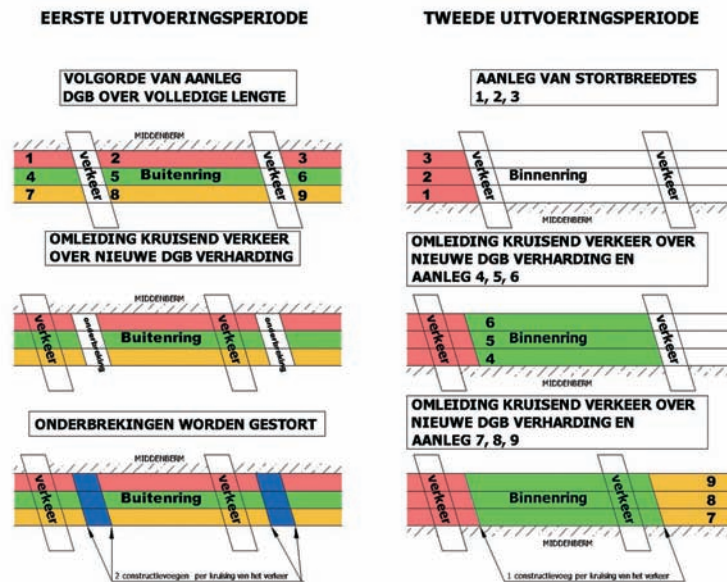


Fig. 11 – Gefaseerde aanleg : overzicht van de verschillende betonneringsfasen in de eerste (2004) en de tweede (2005) periode

De communicatie ten top gedreven

Op het vlak van communicatie werden alle denkbare initiatieven genomen om zowel de individuele burgers als de professionele en socio-culturele organisaties en de lokale politieke overheden te informeren over de maatregelen die in het kader van het *Minder Hinder* project werden gepland. De kostprijs van de communicatiecampagne bedroeg niet minder dan 3,1 miljoen euro. Enkele van deze acties:

- informatie via de website www.antwerpen.be ;
- inschakelen van de gesproken als de geschreven pers ;
- samenwerking met de nationale en internationale transport-federaties ;
- oprichten van *Minder Hinder* contactpunten, opgezet met 'bereikbaarheidsmanagers' die in verbinding stonden met sleutelorganisaties uit de industrie en de (lokale) overheden.

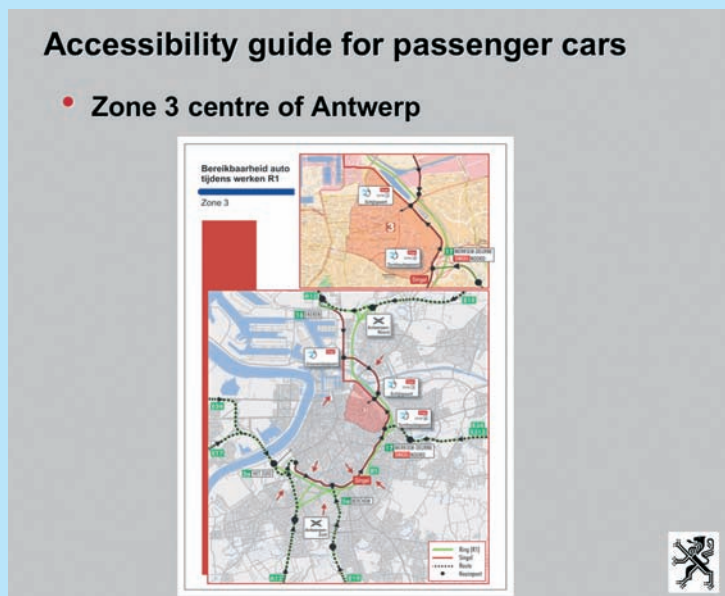
Besluit

Voor velen waren de renovatiewerken van de Antwerpse Ring totaal onbespreekbaar : het economische leven in Antwerpen zou lam liggen en de het stadstoerisme zou tot nul herleid worden.

Een nooit eerder geziene inspanning en investering in begeleidende maatregelen en communicatie zorgden er voor dat het anders uitdraaide. De hinder door de werken werd aanvaard en was meestal voorspelbaar. Het bedrijfsleven loofde de manier waarop de werken werden uitgevoerd en de bevolking toonde zich tevreden.

Een efficiënte aanpak vanaf het begin van het project met toepassing van concrete maatregelen, een goede voorbereiding en een actieve communicatie hebben aangetoond dat het wel degelijk mogelijk is om werken van dergelijke omvang op de meest drukke verkeersaders uit te voeren met aanvaardbare hinder voor alle partijen.

Informatie op de website over de toegangswegen naar Antwerpen



Tekst gebaseerd op het artikel

"Accompanying measures for rehabilitation of the Antwerp ring road" door Griet Somers, bereikbaarheidsmanager, 'Minder Hinder' contactpunt, Vlaams Gewest, België, en Patrick Debaere, projectleider, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, België, in het PIARC-AIPCR magazine ROUTES-ROADS, nr. 329, 2006

3.7 Maatregelen ter hoogte van de tijdelijke onderbreking

De aanwezigheid van de doorsteken voor het verkeer had een relatief langdurige onderbreking (gemiddeld meer dan 7 dagen) van de aanleg van het DGB tot gevolg.

Tot het ogenblik dat deze onderbrekingen werden dichtgestort was het nodig de beweging van deze uiteinden van het DGB vóór en na de onderbreking te beperken, teneinde de hechting aan de bitumineuze onderlaag niet vroegtijdig te verbreken. Dit ware mogelijk geweest d.m.v. verankeringsribben. Gezien echter de hoge kostprijs van verankeringsribben werd gekozen voor een goedkopere oplossing die tenslotte toch maar tijdelijk was.

De oplossing bestond erin op de DGB-verharding een vochtige zandlaag van 0,50 m dikte en 50 m lengte aan te brengen over de volle breedte van de uitgevoerde verharding. Deze functioneert als isolerende laag en beperkt daardoor de temperatuurschommeling in de aangelegde betonverharding. Een lengte van 50 m werd als voldoende geacht gezien de beperkte variatie in temperatuur die gedurende deze tijdelijke situatie kon worden verwacht. Onder de zandlaag werd ter bescherming van de nieuwe verharding een plasticfolie gelegd. Ten vroegste 1 dag vóór de aansluitende verharding werd gestort, werden de plasticfolie en de zandlaag verwijderd. Dit alles gebeurde met de nodige voorzichtigheid zodat geen schade aan de verharding werd toegebracht. Indien nodig werd de bestaande verharding bijkomend gereinigd.

Bij het plaatsen van het beton t.p.v. de doorsteken kon het aangebrachte zand niet ten allen tijde instandgehouden worden, omdat zo de noodzakelijk passage voor de bevoorrading onmogelijk zou geworden zijn. Daarom werd beslist dat de aannemer het zand over een beperkte breedte en tijd mocht wegnemen, op voorwaarde dat hij het betonoppervlak in deze zone in de loop van de dag geregeld nat sproeide, teneinde de temperatuur zoveel mogelijk constant te houden.

3.8 Plaatsing en afwerking van de betonverharding

Aansluitend aan de plaatsing van de bitumineuze tussenlaag en het wapeningsstaal werd het beton gestort met behulp van een glijbekistingsmachine van het type CMI model HVW 2000 (nu TEREX RB) met een mogelijkheid om te betonneren tot breedtes van 10 m.

De machine was uitgerust om een verharding in veranderlijke breedte aan te leggen. Dit gebeurt van smal naar breed, omdat anders het beton zich voor de machine ophoopt.

De vlakheid en toestand van het loopvlak van de rupsen van de glijbekistingsmachine hebben een belangrijke invloed op de effenheid van het afgewerkte betonoppervlak. Vandaar dat strenge eisen van toepassing waren voor dit loopvlak : een goede draagkracht, voldoende stroef en een vlakheid evenwaardig aan die van het betonoppervlak.

Het beton werd getransporteerd met open kipwagens van de betoncentrales vlak naast de werf naar de machine. In geval van warm weder zijn dekzeilen vereist.

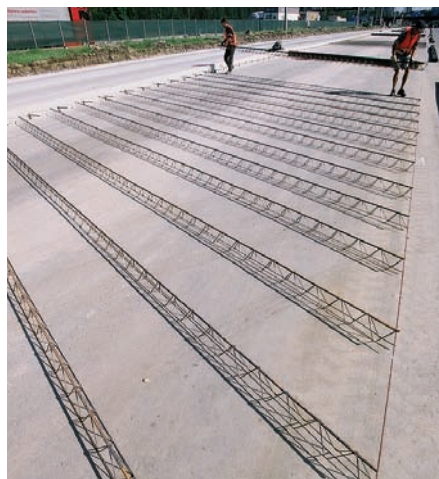
Na sproeien van de bindingsvertrager wordt het betonoppervlak beschermd door middel van een plastic folie. De volgende dag wordt het mortellaagje aan het oppervlak uitgewassen. Vervolgens wordt de langsvoeg gezaagd en afgeschuind en wordt de voegvullingsmassa ingebracht.

Het beton wordt nadien nog beschermd tegen uitdroging door het verstuiwen van een nabehandlungsproduct (*curing compound*).



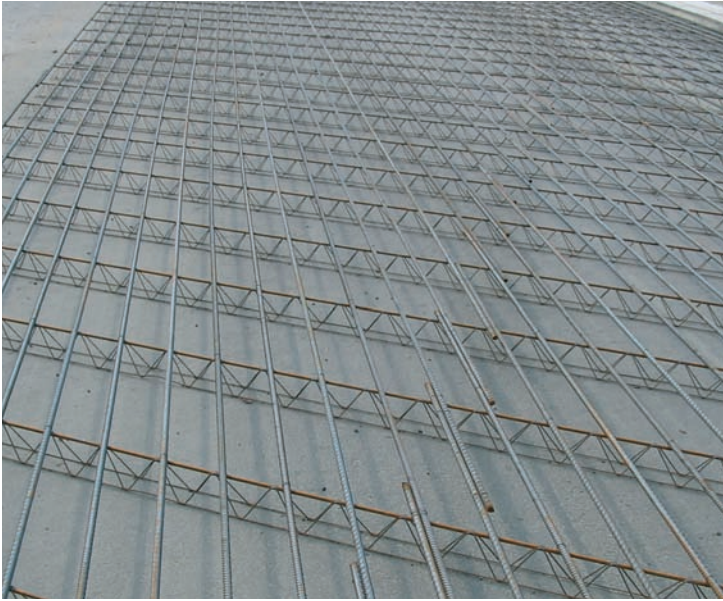
Algemeen zicht op een onderbreking in het DGB met een isolerende zandlaag op de uiteinden

Dichter zicht op de isolerende zandlaag die de beweging van het DGB aan de uiteinden voorkomt



Glijbekistingsmachine in actie met een werkingsbreedte van 7 m

Installatie van de dwarse wapeningsstaven op steun



Zicht op de verspringende overlapping van de langse wapeningsstaven



De slipform paver werd gestuurd door geleidedraden



Zicht op de glijbekistingsmachine en de extra manuele verdichting van het beton langsheen de randen



Algemeen zicht op de betonneringstrein



Bescherming van het oppervlak door afdichting met een plastic folie



Boren van de gaten voor de ankerstaven



Dichten van de langsvoeg met warme voegvullingsmassa



Verstuiven van de bindingsvertrager onmiddellijk na het betonneren



Zagen van de langsvoeg



Verwijderen van de mortel aan het oppervlak door borstelen



Plaatsen van de deuvels voor het platenbeton in de Kennedytunnel



Betonneren in de Kennedytunnel

4. LINEAIRE ELEMENTEN

4.1 Betonnen watergoten

Een efficiënte afvoer van regenwater was primordiaal gezien het grote aantal rijstroken dat éézijdig afwatert.

Bij een klassieke goot met straatkolken dient het water zich aan de oppervlakte te verplaatsen naar de straatkolk. Als deze verstopt is ten gevolge van bladeren, gebrek aan onderhoud, enz. stapelt het water zich op op de rijbaan.

Daarom werd ter hoogte van de middenberm gekozen voor een verholen goot (fig. 11). Dit type goot kenmerkt zich door de ondergrondse afvoer van het water naar een nabijgelegen aansluiting met de onderliggende riolering. De diameter van de verholen goot zorgt voor een grotere opslagcapaciteit bij hevige regenval. Het water zal zich dus minder snel op de rijbaan begeven. Het oppervlak van de verholen goot heeft slechts kleine oneffenheden en hoogteverschillen, waardoor de overrijdbaarheid ervan een heel stuk veiliger is dan de klassieke goot. Het ontbreken van de straatkolken vermindert de kans op verstoppingen aanzienlijk, waardoor het onderhoud en de daarmee gepaard gaande verkeershinder beperkt wordt.

Ter hoogte van de zijbermen werd geopteerd voor de klassieke goot. Deze goot is m.b.t. onderhoud een stuk eenvoudiger te bereiken, wat de verkeershinder bij dergelijk onderhoud beperkt.

Tevens kan, bij hevige regenval, verstoppingen, ... het water zich verzamelen op de pechstrook alvorens het op de eigenlijke rijbaan terecht komt.

4.2 Veiligheidsstootbanden

4.2.1 Ter plaatse gestorte betonnen veiligheidsstootband

Gezien het bijzonder intens en zwaar verkeer werd in het project van de R1 gekozen voor betonnen veiligheidsstootbanden van het Amerikaanse type F, dat eerder in België al was toegepast op de A10 (E40) tussen Groot-Bijgaarden en Affligem (fig. 12). Dit type F - profiel bestaat in een hoge ($H = 1,07$ m) en een lage ($H = 0,81$ m) uitvoering. Voor de R1 werd het hoge type F toegepast omwille van twee belangrijke voordelen:

- Een hoger kerend vermogen voor vrachtwagens door de speciale vorm en de hoogte van de stootband. Het is met andere woorden zo goed als uitgesloten dat een personenauto, autobus of vrachtwagen bij een ongeval op de tegenliggende rijbaan terechtkomt.
- Bestuurders worden maximaal beschermd tegen verblinding door tegenliggers.

Uiteraard blijven ook de andere talrijke voordelen van betonnen veiligheidsconstructies geldig, waaronder :

- de stabiliteit en onvervormbaarheid bij impact, waardoor aanrijdingen met achterliggende constructies zoals verlichtingspalen en brugpijlers vermeden worden ;
- de onderhoudsvrije levensduur van 50 jaar. Het praktisch onbestaande onderhoud is belangrijk omdat hierdoor in de toekomst hinderlijke wegenwerken worden vermeden, wat de veiligheid en de mobiliteit ten goede komt;
- de hoge rendementen bij aanleg;
- de lage life-cycle kost;
- het milieuvriendelijk aspect (geen verf of beschermingslagen, geen uitloging, recycleerbaarheid,...).

In de USA werd het type F profiel getest volgens het NCHRP Report 350 (*National Cooperative Highway Research Program*). Volgens deze testcriteria voldoet deze stootband aan *Test Level 5*, dat overeenstemt met volgende impactproeven :

- personenauto – 100 km/u – inrijhoek 20° – gewicht 820 kg ;
- lichte truck – 100 km/u – inrijhoek 25° - gewicht 2000 kg ;
- vrachtwagen – 80 km/u – inrijhoek 15° - gewicht 36000 kg.

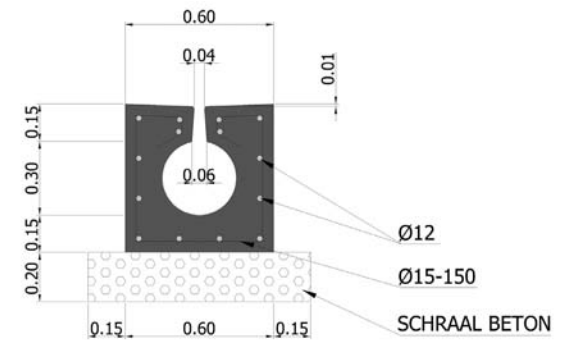
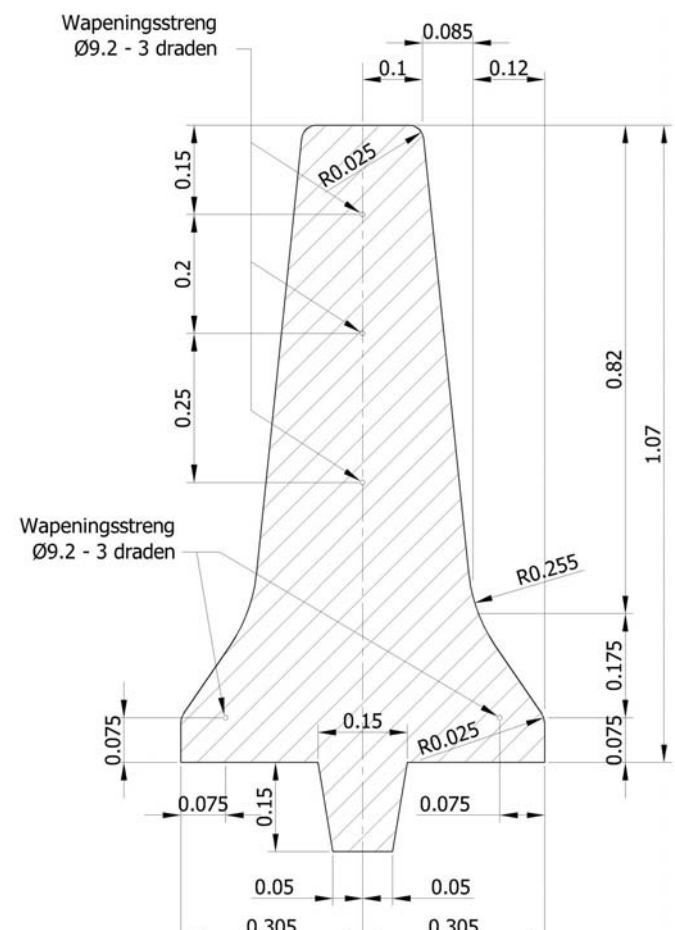


Fig. 11 – Dwarsdoorsnede van de verholen goot



Zicht op de betonnen veiligheidsstootband en de verholen goot

Fig. 12 – Dwarsdoorsnede van de veiligheidsstootband van het type F



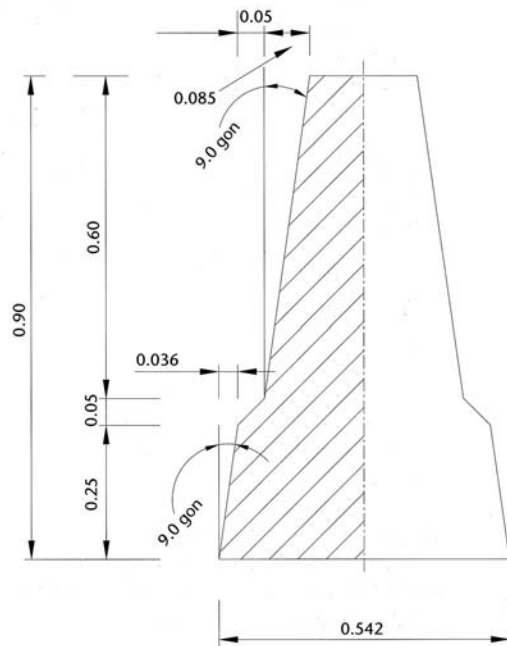
Deze criteria verschillen enigszins van de testcondities in de Europese norm EN1317-2 maar op basis van een vergelijkende interpretatie kan men besluiten dat de stootband Type F allicht voldoet aan het weerstandsniveau H4.

De toepassing van de normenreeks NBN EN 1317 in de Belgische standaardbestekken of omzendbrieven legt in de toekomst echter de eis op te voldoen aan de Europese testcriteria terzake. Het 'step'-profiel, ontwikkeld in Nederland, biedt hier een uitstekend alternatief als terplaatse gestorte veiligheidsconstructie (fig. 13). Dit type stootband werd in België onder andere al toegepast op de autosnelweg A8 (E429) Brussel-Doornik en op de N49 (E34) ter hoogte van Assenede.

Volgens het testrapport voldoet de Stepbarrier aan het weerstandsniveau H2 en de werkende breedte W2 ($W \leq 0,8$ m). Het schokniveau valt onder de klasse B (*Acceleration Severity Index* $ASI \leq 1,4$). Een kerend vermogen van de klasse H2 wil zeggen dat de Stepbarrier weerstand kan bieden aan volgende testvoertuigen:

- proef TB11 – personenauto – 100 km/u – inrijhoek 20° - gewicht 900 kg ;
- proef TB51 – autobus – 70 km/u – inrijhoek 20° - gewicht 13000 kg.

Fig. 13 – Dwarsdoorsnede van de step-barrier



Step-profiel langs de autosnelweg A8 Brussel-Doornik



4.2.2 Geprefabriceerde betonnen veiligheidsstootband

Ter hoogte van de doorsteken werd de ter plaatse gestorte veiligheidsconstructie onderbroken en vervangen door geprefabriceerde betonnen elementen. DELTA BLOC beschikt over een uitgebreid gamma van prefab stootbanden, alle getest volgens de Europese normen, in verschillende klassen van kerend vermogen, werkingsbreedte en schokniveau. Het type dat op de Ring van Antwerpen geplaatst werd is een New Jersey profiel van 1 m hoogte met kerend vermogen H2, werkingsbreedte W6 en schokniveau B.

Een van de voordelen van deze prefab elementen is dat ze tijdens de uitvoering van de werken kunnen gebruikt worden om de werkzone op een zeer veilige manier af te schermen van het verkeer om nadien in een definitieve opstelling geplaatst te worden.

Een erg interessant toepassingsdomein voor de DELTA BLOC zijn de bruggen en viaducten waarvoor een type ontworpen is met kerend vermogen H4b, de hoogste klasse, met een werkingsbreedte W5 en schokniveau B. De lichte verankering met het wegdek zorgt ervoor dat bij aanrijding de maximale bescherming wordt gegarandeerd en het kunstwerk toch niet beschadigd wordt.

Ook voor het hierboven beschreven STEP-profiel bestaat er een geprefabriceerde uitvoering die aan de Europese normen voldoet (H2 – W6 – B).

Deltabloc met H4b kerend vermogen geïnstalleerd op een viaduct (Siegtal brug te Siegen, Duitsland)



Delta-bloc op de Antwerpse Ring



BESLUITEN

De renovatie van de Antwerpse Ring is als zeer geslaagd ervaren, dit zowel op technisch vlak als op het vlak van de implementatie van de begeleidende maatregelen. In beide domeinen werd baanbrekend en vernieuwend werk geleverd en de geïntegreerde aanpak kan ongetwijfeld als voorbeeld gehanteerd worden voor toekomstige projecten van dezelfde aard.

Op het zuiver technische vlak is de ervaring opgedaan op grote schaal bij de aanleg van DGB met wisselende breedte echt als vernieuwend te beschouwen in de Belgische praktijk. Dit geldt ook voor het ontwerpen en aanwenden van een eindvoeg als alternatief type beëindigingsconstructie voor DGB.

Een voordeel van dit project was het feit dat het was opgesplitst in twee constructieperiodes, gespreid over twee jaar en elk met vergelijkbare werken van ongeveer dezelfde omvang. Dit heeft toegelaten, zowel aan de bouwheer als aan de aannemer, om de uitvoeringsmethoden en de kwaliteit van het werk te verbeteren.

De bevindingen in het ontwerp en de uitvoering van dit ambitieuze project zullen zeker bijdragen tot de verdere ontwikkeling van DGB in België en elders.

De heraanleg van de R1 heeft bewezen dat een kwalitatieve aanleg van DGB ook mogelijk is onder moeilijke omstandigheden, op voorwaarde dat de fasering en de belangrijke details op voorhand goed bestudeerd worden en dat gedurende de uitvoering een permanente kwaliteitscontrole plaatsvindt.

EPILOOG

De renovatie van de Ring rond Antwerpen is de voorbije jaren niet uit het nieuws geweest, niet alleen omdat er zich bij een dergelijk grootschalig project tal van minder evidente problemen stellen – zowel op organisatorisch als op technisch vlak – maar ook vanwege het uitzonderlijk economisch en maatschappelijke belang van deze infrastructurele schakel in het mobiliteitsgebeuren binnen Vlaanderen vandaag.

In zekere mate is echter niets nieuws onder de zon. Wie de annalen van de 'Intercommunale Vereniging voor de Autoweg E3' er op naleest, stelt opvallend veel parallellen vast tussen de situatie bij de oorspronkelijke realisatie van de zogenaamde "kleine" Ring rond Antwerpen van 1963 tot 1969 en de recente renovatie van de R1 tussen 2002 en 2005.

Toen waren de budgetten ook beperkt zodat men diende over te gaan tot een financiering via de oprichting van een intercommunale en het uitschrijven van publieke leningen...

De annalen vermelden :

"De Regering (...) kon op dat ogenblik geen bijkomende lasten meer opnemen (...). Na lange besprekingen kwam men tot de oplossing, de aanleg van de E3-autoweg toe te vertrouwen aan een daartoe op te richten Intercommunale Vereniging."

Ook al was de schaalgrootte en moeilijkheidsgraad van de werken in de jaren zestig (zelfs met de middelen van vandaag) nog vele malen groter dan nu, toch was de succesvolle realisatie van het huzarenstuk toen – net als nu – het resultaat van een gedurfde samenwerking tussen aannemers, bestuur en studie bureaus...

De annalen vermelden :

"Na vijf jaar voorbeeldige samenwerking tussen de aannemers en de Raad van Beheer en de ambtenaren van de Intercommunale vereniging is een der grootste ingenieurswerken van deze eeuw gereed gekomen."

In de zestiger jaren was ook de publieke opinie bezorgd en was ze vragende partij voor een gedegen infrastructuur, teneinde de oververzadiging van de toenmalige enige Schelde-oeververbinding m.n. de Waasland-tunnel, met dagelijkse verkeersfiles tot gevolg, ongedaan te maken...

De annalen vermelden:

"Intussen was ook voor de E3-weg buiten de Schelde-overgang de publieke opinie wakker geworden. Vanaf 1960 wijdden vakbladen en de gewone pers artikelen aan de zo nodige autosnelweg en verenigingen zoals het VEV en de KVIV en andere maakten zich zorgen om het uitblijven van de verwezenlijking."

Ook al bestonden de functies van "communicatiemanager" en van "bereikbaarheidsmanager" nog niet in de jaren zestig, toch hadden de toenmalige beleidsmakers even goed als vandaag aandacht voor de betrokkenheid van het breder publiek door inlassing van publiekstreckende evenementen...

De annalen vermelden:

"Tijdens dit banket werden nationale orden uitgereikt aan de verdienstelijke E3-ambtenaren en personeelsleden van de aannemers.

Intussen kon de Antwerpse bevolking rustig te voet door de tunnel kuieren, waarvan ruim gebruik werd gemaakt, zodanig dat de tunnel met ruim een uur vertraging voor het autoverkeer werd opgesteld."

Toen was er ook tevredenheid alom met het bereikte resultaat na het geleden leed m.b.t. de bereikbaarheid van de Scheldestad gedurende de jaren van de bouwwerken...

De annalen vermelden:

"Nochtans is er in Antwerpen iets veranderd, namelijk dat elke dag 30.000 voertuigen door de nieuwe tunnel rijden. De honderden die gedurende vijf jaar lang alle dagen kommer en zorg

hadden aanschouwen nu met fierheid de nieuwe toestand en zijn gelukkig, door hun inspanning bijgedragen te hebben tot de verbetering der levensvoorwaarden van hun medemens."

Op één punt na verschilde de ervaring van de jaren zestig grondig van die van bij de voltooiing van de renovatie van de R1 namelijk m.b.t. de luister die werd bijgezet bij de officiële opening. Dit zal ongetwijfeld te maken hebben met het "huzarenstukgehalte" van de verwezenlijking van toen, rekening houdend met de evolutie van de technische middelen sindsdien.

De annalen vermelden:

"Na de toespraken begaf men zich naar de tunnel onder de Bolivarplaats. Een driekleurig lint werd door de Koning doorgeknipt en het Koninklijk echtpaar (nvdr. Koning Boudewijn en Koningin Fabiola), gevolgd door de genodigden in hun wagens en in bussen, bereikte langs het wegencomplex de tunnel. Een minuut later was men op de Linkeroever..."

"Tenslotte eindigde de dag met een grandioos vuurwerk op de Schelde... De laatste knallen van het vuurwerk zijn nu uitgestorven en het vlakke leven van alle dagen heeft de feestvreugde gedooft"

Ook toen hernam het leven zijn normale gang zoals vandaag !

BIBLIOGRAFIE

FUCHS F. ; JASIENSKI A.

'Punch-out' op Belgische autosnelwegen van doorgaand gewapend beton

Brussel, 1997

HENDRIKX L.

Geluidsarme betonverhardingen

Dossier Cement, bulletin 18

Brussel: FEBELCEM, 1998

SOMMER H.

Developments for the exposed aggregate technique in Austria

STET M.J.A.

Betonverhardingen

Doetinchem : Reed Business Information bv, 2003

STINGLHAMMER H. ; KRENN H.

Noise reducing exposed aggregate surfaces experience and recommendations

Continuously reinforced concrete pavement (T 5080.14 & T 5040.29)

Washington DC (USA) : Federal Highway Administration, 1990

Cementbetonwegen

Wegenbouw specialisatiekursus Deel II

Antwerpen : Studiecentrum Technische Ingenieurs, 1976

Eindvoegen en verankeringen

Doorlopend gewapende betonwegen in België, Deel IV

Brussel : Ministerie van Openbare Werken - Bestuur der Wegen

Standaardbestek 250 voor de wegenbouw

Versie 2.0 (2000) & versie 2.1(2006)

Brussel : Ministerie van Vlaamse Gemeenschap - Departement Leefmilieu en Infrastructuur

Wegstructuren, Dimensionering en Keuze van de verharding

Brussel : Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

Cold in-place recycling of pavements with cement

Association Mondiale de la Route (AIPCR)

World Road Association (PIARC)

augustus 2002

Stabilisatie van afbraakmateriaal van bitumineuze deklagen met cement

Brussel : Nationaal centrum voor wetenschappelijk en technisch onderzoek der cementnijverheid (OCCN)

BETROKKEN PARTIJEN

De succesvolle realisatie van deze uitdagende renovatie vereiste een intense samenwerking tussen alle betrokken partijen.

In de eerste plaats was er de aanbestedende overheid : het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, vertegenwoordigd door de Afdeling Wegen en Verkeer Antwerpen (sinds 2006 behorende tot het Agentschap Infrastructuur van het Vlaams Ministerie voor Mobiliteit en Openbare Werken).

Tijdens de studie- en ontwerpfase werd een projectgroep samengesteld uit deskundigen in verschillende technieken, afkomstig uit de Wegenadministratie (lokale en centrale diensten), het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) en het multidisciplinair studie- en adviesbureau TECHNUM, dat tevens instond voor de opmaak van de ontwerp- en aanbestedingsdocumenten.

Tijdens de uitvoering was TECHNUM belast met het nazicht en de goedkeuring van de uitvoeringstekeningen en verstrekte het technisch advies aan de Wegenadministratie.

De succesvolle aannemersgroep was de Tijdelijke Handelsvereniging VAN BROECKHOVEN – VAN GORP – WEGEBO, bestaande uit drie wegen-aannemers behorende tot de Belgische afdeling van de Colas-groep. Ondertussen zijn Van Broekhoven en Van Gorp gefusioneerd tot een nieuw bedrijf VBG. De betonneringswerken werden in hoofdzaak uitgevoerd door WEGEBO.

Een groot gedeelte van de uitvoeringstekeningen dienden door de aannemer te worden voorbereid vóór en tijdens de werken, waarvoor zij beroep deden op het studiebureau ARCADIS-BELGIUM.

Voor het toezicht op de werf werd het personeel van de Wegenadministratie bijgestaan door een team van het studiebureau GRONTMIJ.

Bovendien was een volledig kwaliteitsplan opgesteld en opgevolgd door het certificatie- en controleorganisme voor de wegenbouw COPRO.

De raadgevende bureaus TRITEL en LIBOST waren belast met de studie voor de implementatie van het "Minder Hinder" plan.



dit bulletin is een publicatie van:
FEBELCEM - Federatie van de Belgische Cementnijverheid
Voltastraat, 8 - 1050 Brussel
tel. (02) 645 52 11
fax (02) 640 06 70
www.febelcem.be
info@febelcem.be

auteurs:
ir. M. Diependale
ir. D. De Groof
(TECHNUM)
ir. L. Rens

verantw. uitgever:
J.P. Jacobs

wettelijk depot:
D/2006/0280/11



Foto's en figuren :

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
THV Van Broekhoven-Van Gorp-Wegebo
Manu Diependaele
Ken Moons
Omnibeton & Delta Bloc Europe GmbH
Paul Van Audenhove