

WEGEN EN BUITENVERHARDINGEN IN PLATENBETON

INFRASTRUCTUUR | NOVEMBER 2015

	(94)	Ef2	
--	------	-----	--

BB/SfB

- PLATENBETON
- VOEGEN, DEUVELS EN ANKERSTAVEN
- NET- EN VEZELWAPENING
- VOEGENPLAN





1. Inleiding

“Platenbeton onovertroffen als duurzame wegverharding”

2. Thermische belasting van betonplaten

2.1 Belastingen van het verse beton

2.1.1 Hygrometrische of plastische krimp

2.1.2 Thermische krimp

2.1.3 Temperatuurgradiënt

2.2 Belastingen van het verharde beton

2.2.1 Krimp

2.2.2 Temperatuurgradiënt

2.2.3 Thermische uitzetting

Curling

3. Verkeersbelasting van betonplaten

4. Wrijving met de ondergrond – Plastic folie – Tussenlaag in asfalt

5. Voegen en meetkundige kenmerken van een platenbetonverharding

5.1 Functie van de voegen

5.2 Voegafstanden

5.3 Types voegen

5.3.1 Dwarse krimpbuigvoegen

5.3.2 Dwarse werkvoegen

5.3.3 Dwarse uitzetvoegen

5.3.4 Isolatievoegen

5.3.5 Langse buig- en werkvoegen

Ankerstaven

Deuvels

5.4 Andere voegsystemen

5.5 Voegvullingsmaterialen

6. Wapeningen in platenbeton

7. Aansluiting met andere verharding

8. Voegenplan

9. Besluit

1. INLEIDING

Ter plaatse gestorte ongewapende betonplaten, gescheiden door dwarse voegen, vormen wereldwijd ontegensprekelijk het meest courante en traditionele type van betonverhardingen. De voegen zijn noodzakelijk om te vermijden dat de verharding willekeurig gaat scheuren onder invloed van krimp en uitzetting, temperatuurgradiënt, verkeer en eventuele bewegingen van de bodem. De scheuren worden dus met opzet gelokaliseerd ter hoogte van de voegen en op die manier volledig onder controle gehouden. Dit is fundamenteel verschillend van doorgaand gewapend beton waarbij geen dwarse voegen meer aanwezig zijn maar waar een patroon van fijne dwarse scheurtjes verschijnt dat gecontroleerd wordt door de langse wapening in het beton. Terwijl doorgaand gewapend beton vooral wordt toegepast op autosnelwegen, leent platenbeton zich voor alle mogelijke toepassingen : autosnelwegen, hoofd- en secundaire wegen, landbouwwegen, straten, pleinen, doortochten, busbanen, industrieterreinen, parkings, ...

Het gedrag van een verharding in platenbeton, onderhevig aan verkeersbelasting en klimatologische invloeden, is sterk afhankelijk van :

- de tussenafstand van de dwarsvoegen;
- de breedte van de betonstroken;
- de dikte van de verharding;
- de aanwezigheid van deuvels in de dwarsvoegen;
- de eventuele wapening in de platen;
- het draagvermogen van de fundering en ondergrond.

Deze publicatie geeft een algemeen overzicht van de principes van platenbeton met evaluaties van de invloed van hogervermelde factoren en aanbevelingen voor ontwerp en uitvoering. De aspecten waarop gefocust wordt, zijn de thermische bewegingen van de platen, de verschillende types van voegen en de eventuele wapeningen. Tot slot wordt een werkmethode voorgesteld en aanbevelingen gedaan voor het opstellen van een voegen- en wapeningsplan.



Platenbeton voor de busbaan ter hoogte van 't Zand te Brugge



Gedenkplaat voor de “oldest concrete street” te Bellefontaine

« PLATENBETON ONOVERTROFFEN ALS DUURZAME WEGVERHARDING »

Het principe van platenbeton als wegverharding is meer dan 120 jaar oud. De oudste gekende toepassing is de straat Court Avenue in Bellefontaine in Ohio in de Verenigde Staten. George Bartholomew, een ingeweken expert in cement en beton, stelde in 1891 aan het stadsbestuur voor om de straten voor het stadhuis in beton aan te leggen. Na een eerste testvakje dat stand hield kreeg hij de toestemming in 1893. Maar erg enthousiast was het bestuur nog niet omdat ze nergens een ander voorbeeld hadden gezien. Bartholomew moest daarom zelf het cement leveren en bovendien een waarborg betalen van 5000 \$ voor een levensduur van 5 jaar – dit terwijl de werken in totaal 9000 \$ kostten. De borgtocht werd zonder probleem vrijgegeven. Vandaag is het beton in Court Avenue immers nog altijd aanwezig en zelfs nog in gebruik. De voorbije jaren zijn weliswaar herstellingen nodig geweest om deze historische site in eer te houden maar de eerste 50 jaar werd er slechts 1400 \$ gespenseerd aan onderhoud. Ook op technisch vlak was het een bijzondere wegstructuur: het was immers een tweelaags beton met granulaten tot 12 mm en een water-cementfactor van 0,45 voor de toplaag en granulaten tot 36 mm en water-cementfactor 0,60 in de onderlaag. De sterkte van het beton bedroeg ongeveer 35 MPa.

Platenbeton is vandaag wereldwijd verspreid en bestrijkt alle mogelijke toepassingen van wegverhardingen, gaande van de licht belaste zoals wandelpaden, fietspaden en pleinen tot de zwaarst belaste zoals autosnelwegen, haventerreinen en vliegveldverhardingen. Voor al deze toepassingen zijn voorbeelden te vinden van een uiterst lange levensduur – 40, 50, 60, 70 jaar ! – met een zeer beperkt onderhoud.

Dankzij het moderne concept van dwarse krimpbuigvoegen zijn het vandaag ook zeer comfortabele wegdekken. Met een gepaste oppervlakafwerking i.c. fijn uitgewassen beton is het bovendien een geluidsarm wegdek met beperkte rolweerstand en bijgevolg verminderd brandstofverbruik.

Door een uitvoering in twee lagen kan de toplaag verder geoptimaliseerd worden op vlak van rolgeluid en comfort terwijl in de onderlaag gerecycleerde granulaten kunnen gebruikt worden. In Vlaanderen (Standaardbestek 250) is het toegelaten om tot 20% van de grove granulaten in de onderlaag te vervangen door hoogwaardig betongranulaat. Technisch is het echter mogelijk om hogere vervangingspercentages (70 en zelfs 100% van de steenfractie) toe te passen. In Oostenrijk is die techniek al in voege sinds begin jaren 1990 voor de bouw van autosnelwegen in tweelaags platenbeton.

Het helder oppervlak van een betonweg heeft ook het voordeel van een hogere albedo of lichtweerkaatsing in vergelijking met zwarte bitumineuze oppervlakken. De reflectie van deze energie zorgt voor een vertraging van het broeikasgaseffect die evenwaardig is met een CO₂ vermindering van 25 kg/m². In stedelijke omgeving zorgen heldere oppervlakken voor een vermindering van het lokaal opwarmingseffect en van het risico op smog.

Een helder oppervlak betekent betere zichtbaarheid 's nachts, en in een stedelijke omgeving kan de intensiteit van de nodige verlichting verminderd worden.

Een meer volledige evaluatie van de milieuprestaties van een betonnen wegverharding gebeurt door een levenscyclusanalyse LCA. Voor heel wat milieu-indicatoren scoort beton erg goed o.a. energie, water, smog, natuurlijke rijkdommen en ecotoxiciteit. Als er, zoals in België het geval is, hoogovencement wordt gebruikt, blijft ook de impact op het broeikasgaseffect beperkt. Het is duidelijk dat voor een betonweg met een erg lange levensduur van 30, 40 jaar of meer, die nauwelijks enige ingreep vraagt voor onderhoud of renovatie, het milieubilan gunstig wordt omwille van de besparingen op lange termijn in grondstoffen, transport en energie.

Tot slot hebben de lange levensduur en het weinige onderhoud ook een gunstige invloed op de totale kost over de levensduur, die wordt bepaald met een "life cycle cost analysis" of LCCA.

We mogen dan ook besluiten dat verhardingen in platenbeton in alle opzichten voldoen aan de eisen van duurzaam bouwen.



Platenbeton voor de rijweg en buitenverharding in een industriezone



Nieuw aangelegde weg in platenbeton in combinatie met parking. Bemerkt de rijbaanverbreding in de bocht. © A.Nullens

2. THERMISCHE BELASTING VAN BETONPLATEN

Betonverhardingen zijn onderworpen aan allerlei belastingen die kunnen onderverdeeld worden in de belastingen door het verkeer veroorzaakt en de belastingen die niet door het verkeer worden veroorzaakt. Deze laatste kunnen verder opgesplitst worden in de belastingen van het verse beton (binding en verhardingsfase) en van het uitgeharde beton.

2.1 BELASTINGEN VAN HET VERSE BETON

De invloed van deze belastingen op het latere gedrag van de betonverharding mogen niet onderschat worden. Het ontstaan van wilde scheuren, het breken van platen, het verlies aan stroefheid, het afschilferen van het oppervlak bij gebruik van dooizouten zijn alle gebreken die hun oorsprong kunnen vinden in een gemis aan zorg tijdens de uitvoering en een onvoldoende bescherming van het verse en jonge beton. Onmiddellijk na aanleg staat het beton, dat overgaat van de plastische naar de vaste toestand, onder invloed van hygrometrische en thermische verschijnselen : de hygrometrische krimp, de thermische contractie van het beton en de ongelijkmatige temperatuurverdeling in de betonlaag.

2.1.1 Hygrometrische of plastische krimp

Hygrometrische krimp is eigen aan mengsels met hydraulische bindmiddelen en ontstaat in hoofdzaak doordat het mengsel water verliest. Deze krimp is veruit het belangrijkste in de plastische fase, vóór het einde van de binding van het cement, en dus gedurende ongeveer de eerste zes à negen uren na aanmaak van het beton. De vrije plastische krimp in die periode kan tot tienmaal groter zijn dan de totale uitdrogingskrimp tussen 23 uur en 300 dagen van hetzelfde beton bij constante temperatuur en vochtigheid (de vrije plastische krimp van onbeschermd beton bij zwakke windsnelheid bedraagt ca. 3 mm/m; de totale hygrometrische krimp ná de binding bedraagt bij benadering 0,3 tot 0,4 mm/m). Efficiënt beschermen van het vers aangelegde beton tegen uitdroging is dus absoluut noodzakelijk om waterverlies aan het oppervlak te vermijden en de plastische krimp tot een minimum te beperken.

2.1.2 Thermische krimp

De afkoeling tijdens de eerste nacht na aanleg veroorzaakt een thermische contractie van het jonge beton, die gecumuleerd wordt met de hygrometrische krimp.

2.1.3 Temperatuurgradiënt

Nog voor de binding voltrokken is kan er een temperatuurverschil ontstaan tussen de bovenzijde en onderzijde van de betonlaag. Door de ontwikkelde hydratatiewarmte tijdens de binding wordt dit effect nog versterkt de eerste dag. In theorie zou het daarom best zijn om gedurende de namiddag te betonneren zodat de hydratatiewarmte en de nachtelijke afkoeling zich compenseren. In de praktijk wordt er echter van 's morgens vroeg gebetonneerd en kan de afkoeling leiden tot een negatieve temperatuurgradiënt (bovenzijde kouder dan onderzijde) met als gevolg het opschotelen van de platen. Dit wordt het "ingebouwd schoteleffect" (Eng. *built-in curling*) genoemd.



Grillige plastische krimpscheuren ten gevolge van een onvoldoende bescherming van het verse beton

2.2 BELASTINGEN VAN HET VERHARDE BETON

Het verharde beton blijft onderworpen aan alle belastingen die erop inwerken in de plastische fase maar het reageert anders. Bovendien komt er nog de thermische uitzetting bij alsook een mogelijke beweging van de draagstructuur onder de platen (ondergrond – onderfundering – fundering).

2.2.1 Krimp

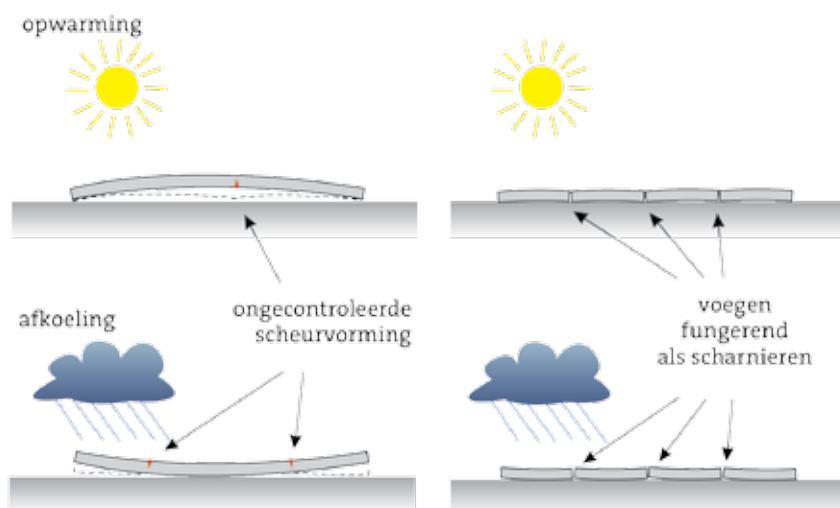
Ook het harde beton blijft nog water verliezen maar wel in veel mindere mate omdat een groot gedeelte van het water al gebonden is met het cement. De bescherming van het jonge beton moet daarom minstens 72 uur duren door middel van een efficiënt werkend nabehandelingsproduct. Het onvermijdelijke beperkte waterverlies zorgt nog voor een uitdrogingskrimp. Deze kan versterkt worden door de krimp ten gevolge van afkoeling van de platen.

2.2.2 Temperatuurgradiënt

Schommelingen in de buitentemperatuur maken dat er een temperatuurverloop is van de bovennaar de onderzijde van een betonverharding, de zogenaamde temperatuurgradiënt die zelf ook varieert met de omgevingstemperatuur. Door deze temperatuurgradiënt zullen de vezels bovenaan en onderaan de plaat ongelijk uitrekken of verkorten met als gevolg een vervorming van de plaat. Bij stijgende buitentemperatuur zal de plaat de neiging hebben tot opwellen. Dit wordt echter tegengewerkt door het eigengewicht van de plaat zodat de trekspanningen onderaan ontstaan en gecumuleerd worden met de spanningen te wijten aan de verkeersbelasting. Bij dalende temperatuur zullen de bovenste vezels de neiging hebben om meer te verkorten en wil de plaat opschotelen. Dit leidt dikwijls tot afgebroken plaathoeken. Ook deze fenomenen worden beperkt door plotse temperatuursverschillen van het jonge beton in de mate van het mogelijke te vermijden (beschutten verse beton) en door de platen kort genoeg te maken. De welfspanningen zijn ook de reden waarom de breedte van de rijweg beperkt dient te blijven en dus waarom er langse voegen dienen aangebracht te worden in de verharding.

2.2.3 Thermische uitzetting

Temperatuurstijgingen veroorzaken een verlenging van de platen, die tegengewerkt wordt door het eigengewicht van het beton en de wrijving met de onderlaag. Door de uitzetting worden de voegen samengedrukt waardoor drukspanningen ontstaan in het beton. Dit vormt geen probleem aangezien beton zeer goed weerstaat aan druk. Bovendien zorgt dit voor een voorspannend effect dat de buig- en trekspanningen tegenwerkt en dus gunstig is voor de levensduur van de verharding. Daarom zijn ook geen uitzetvoegen nodig, met uitzondering voor de bescherming van aanliggende kunstwerken of andere verhardingen of in het geval van bochten met kleine kromtestralen.



« CURLING »

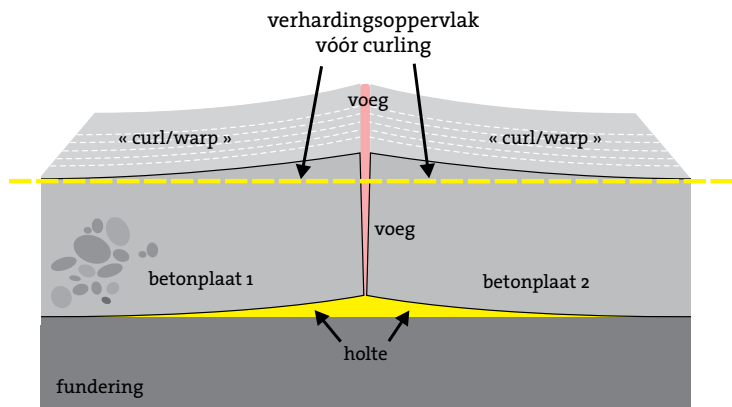
De Engelse term *curling* of *warping* staat voor het opwellen of opkrullen van de plaathoeken van betonplaten waardoor een holte ontstaat onder de plaat.

Voor buitenverhardingen gebeurt dit meestal onder invloed van de temperatuursgradiënt in de betonverharding door verschillende temperaturen bovenaan en onderaan de plaat, afwisselend overdag en 's nachts.

Voor een binnenvloer ligt de oorzaak eerder bij een verschil in vochtgehalte bovenaan en onderaan de betonplaat. Dit verschil ontstaat door de uitdroging van het oppervlak, de zogenoemde uitdrogingskrimp, terwijl het vocht onderaan in de plaat behouden blijft.

Factoren die het fenomeen van curlen versterken zijn :

- Laattijdige of onvoldoende bescherming tegen uitdroging van het betonoppervlak;
- Zon en wind;
- Grote verhouding lengte/dikte;
- Krimpgevoeligheid van het beton;
- Vrijliggende plaatranden of voegen zonder lastoverdracht;
- Geen wrijving met ondergrond, maar glijvlak.



Schematische voorstelling *curling*

THERMISCHE BEWEGINGEN VAN BETON

De mate waarin beton krimpt of uitzet in functie van temperatuursvariëaties hangt af van de thermische uitzettingscoëfficiënt van het beton α (m/m/°C). De grootteorde van α is $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ en wordt voor het grootste gedeelte bepaald door de gebruikte grove granulaten. Zo heeft kalksteen een relatief lage thermische uitzettingscoëfficiënt, ca. $8 \cdot 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$, terwijl die voor porfier en grind eerder hoog is, ca. $12 \cdot 10^{-6} /^{\circ}\text{C}$.

Beton met een lagere uitzettingscoëfficiënt is minder onderhevig aan vormveranderingen en zal zich dus beter gedragen in de tijd. Vanuit dat oogpunt is het dus aangewezen om kalksteen te gebruiken. Helaas is kalksteen gevoelig aan polijsting onder invloed van het verkeer, waardoor het wegdek minder stroef wordt, de remafstand langer wordt en de weg dus minder veilig is. Kalksteen kan daarom alleen gebruikt worden in onderlagen van tweelaags beton of voor toepassingen waar het verkeer aan lage snelheid rijdt, bijvoorbeeld in zones 30 of op parkeerterreinen.

Wat betekent nu concreet een α van $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$? Nemen we een betonplaat met lengte 10 m, die wordt aangelegd bij een temperatuur van 5°C. Tijdens een hete zomerdag kan de temperatuur in de plaat gemakkelijk oplopen tot 35°C. Met een temperatuurverschil $\Delta T=30^{\circ}\text{C}$ bedraagt de thermische uitzetting $30^{\circ}\text{C} \times 10\text{m} \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C} = 3\text{mm}$. In geval van uitzetting werken aaneenliggende platen 'in blok' en worden de verplaatsingen dus geaccumuleerd. In geval van krimp werken de platen afzonderlijk en zo kan het gebeuren dat een verharding niet in haar oorspronkelijke positie weerkeert. De berekening geldt weliswaar in wrijvingsloze toestand. In de praktijk is er wel wrijving tussen de betonplaat en de fundering of zelfs aanhechting met de asfalt tussenlaag. De bewegingen worden daardoor beperkt gehouden.

3. VERKEERSBELASTING VAN BETONPLATEN

De berekening van de dikte van de betonverharding gebeurt op die plaatsen waar de grootste spanningen ontstaan ingevolge verkeersbelasting in combinatie met thermische belastingen. Dit is aan de randen van de plaat en ter hoogte van de voegen. Aan de randen kunnen hoge spanningen vermeden worden door een voldoende rijstrookbreedte en door een kleine overbreedte aan de meest belaste rand, namelijk aan de rechterzijde van de trage rijstrook.

Ter hoogte van de voegen worden de spanningen gereduceerd indien er voldoende lastoverdracht is van de ene plaat naar de volgende toe. Dit betekent dat, wanneer een wiellast de voeg nadert, de onbelaste plaat meewerkt met de belaste plaat en dus ook mee doorbuigt. Dit is duidelijk in onderstaande figuur. Hieruit volgt ook het begrip lastoverdrachtheffektiviteit (Eng. : *load transfer efficiency*).

Lastoverdracht komt tot stand door de volgende fenomenen en maatregelen :

het ineengrijpen van de granulaten in het beton ter hoogte van de voeg onder de zaagsnede (Eng. : *aggregate interlock*);

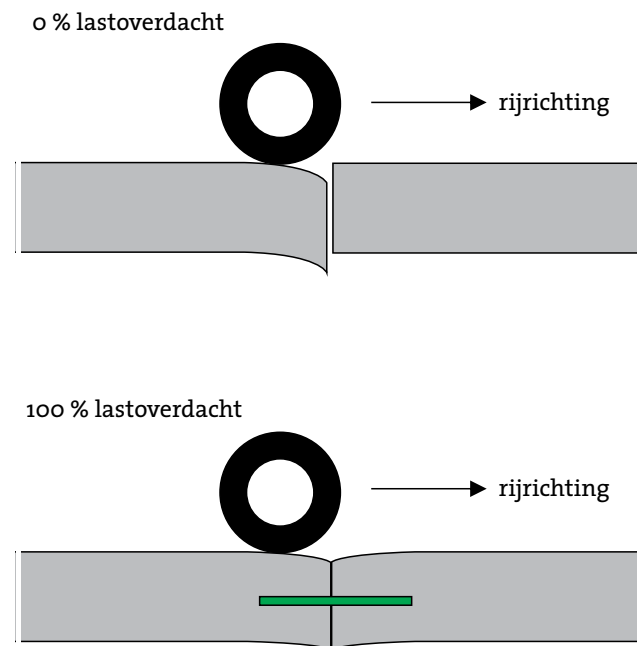
- de aanwezigheid van een stijve, hydraulisch gebonden fundering, die minder doorbuiging toelaat onder de voeg dan een ongebonden fundering;
- het voorzien van deuvels in de dwarse voegen; deuvels zijn gladde ronde metalen staven die de werking van de voeg toelaten.

Voor gedeuvelde dwarse voegen bedraagt de lastoverdrachtheffektiviteit ongeveer 80 %, voor ongedeuvelde slechts 35 %.

Het ineengrijpen van de granulaten is vooral efficiënt bij hoge temperaturen – in de zomerperiode – wanneer de voegen goed gesloten zijn. Daarom zijn ook de andere maatregelen voor het verhogen van de lastoverdracht aangewezen, te meer omdat hiermee ook trapvorming in de voegen wordt vermeden. Trapvorming ontstaat meestal door het pompeffect waarbij water opgesloten zit tussen de betonverharding en de fundering. Door zware verkeersbelasting wordt de fundering geërodeerd en worden fijne deeltjes ervan naar boven gestuwd. Na verloop van tijd ontstaat een holte onder de voeg en zal zich een trap vormen, doorgaans van hoog naar laag in de rijrichting. Bovendien verhoogt het risico op barsten van de platen, afbreken van hoeken en afbrakken van de voegranden.



Trapvorming ter hoogte van een dwarse voeg



Principe van lastoverdracht tussen twee aanliggende platen

4. WRIJVING MET DE ONDERGROND - PLASTIC FOLIE - TUSSENLAAG IN ASFALT

De krimp of samentrekking van het beton wordt tegengewerkt door de wrijving met de ondergrond, wat ervoor zorgt dat er trekspanningen ontstaan in het beton met risico op scheurvorming. Daarom zou men kunnen denken dat het beter is om de wrijving met de ondergrond te minimaliseren, bij voorbeeld door het plaatsen van een plastic folie. Dit is een oplossing die vaak wordt toegepast maar die ook een belangrijk nadeel heeft. Door het glijvlak dat gecreëerd wordt, zal de scheur die het eerst ontstaat zich volledig gaan openen met als gevolg dat in de andere zaagsnedes het beton niet doorscheurt. De verharding zal dan bewegen in blokken van 3 à 5 platen met tussen die blokken een voeg die te ver openstaat en nadelig is voor de duurzaamheid en het comfort.

Het is daarom beter om een goede en gelijkmatige wrijving en zelfs aanhechting met de onderlaag te bewerkstelligen en er voor te zorgen dat in de fase van het jonge beton plotse temperatuurverschillen zo veel als mogelijk vermeden worden en vooral dat de lengte van de platen beperkt blijft. Een kwalitatief goed wegebeton zal dan in staat zijn om de trekspanningen, ten gevolge van de verhinderde beweging door wrijving, ook op jonge leeftijd op te nemen. Het is dus best om geen folie te voorzien maar om de fundering, indien ze waterabsorberend is, te bevochtigen om zo waterverlies uit het verse beton te vermijden.

Een efficiënte maatregel tegen het pompeffect en dus tegen trapvorming is het voorzien van een tussenlaag in asfalt tussen de (cementgebonden) fundering en de betonplaten. De laag werkt als waterdicht membraan en beschermt zo de fundering tegen erosie en bovendien wordt er een goede aanhechting gecreëerd tussen de verschillende lagen, wat gunstig is voor het gedrag onder belasting en dus ook een rol speelt in de dimensionering.

Het is dan ook normaal dat voor de zwaar belaste rijwegen (Vlaanderen : bouwklasse B1-B5, Wallonië Réseau I) er verplicht wordt een asfalt tussenlaag te voorzien en de platen te deuken.

Asfalt tussenlaag (Hechtel, Limburgse Noord-Zuidverbinding, 2005)



Openstaande voeg door glijding van het beton over een plastic folie (foto Anne Beeldens)



5. VOEGEN EN MEETKUNDIGE KENMERKEN VAN EEN PLATENBETONVERHARDING

5.1 FUNCTIE VAN DE VOEGEN

De voegen zijn noodzakelijk om te vermijden dat de betonverharding willekeurig gaat scheuren onder invloed van krimp en uitzetting, temperatuursgradiënt, verkeer en eventuele bewegingen van de bodem. De scheuren worden dus met opzet gelokaliseerd ter hoogte van de voegen en op die manier onder controle gehouden.

5.2 VOEGAFSTANDEN

Uit de voorgaande paragrafen blijkt dat de verschillende soorten belastingen een belangrijke invloed hebben op de bepaling van de afmetingen van betonplaten. Eenmaal door dimensioneringsberekeningen of aan de hand van standaardtabellen de dikte van de verharding is vastgelegd, kunnen volgende vuistregels gehanteerd worden (L= lengte van de plaat; B = breedte van de plaat; D = dikte van de plaat) :

- $L/B \leq 1,5 \text{ à } 1,75$
- $L \leq 25 D$
- $L \leq 5,00 \text{ m}$

De eerste regel bepaalt dat de platen een redelijk vierkante vorm dienen te hebben. Lange smalle platen gedragen zich immers als een balk en het risico op doorbuiging en te hoge buigtrekspanningen wordt groter.

Dit blijft slechts een vuistregel die geval per geval dient beoordeeld te worden. Voor een wandelpad met een breedte van 1,0 m zou een plaatlengte tot 2,5 à 3 m wel degelijk kunnen toegepast worden. Voor trambusbanen zijn de stroken tussen en naast de rails vaak beperkt tot 0,80 à 1,00 m. Dan wordt een plaatlengte van 2,50 m aanbevolen maar omwille van de zware belasting door de autobussen is in dat geval wel een (dubbele) netwapening noodzakelijk.

Langwerpige betonplaten voor een fietspad



Trambaan te Blankenberge met smalle betonplaten tussen en langs de rails



De tweede regel legt een verband tussen de plaatlengte en de dikte van de betonverharding en de derde regel beperkt de lengte voor ongewapende betonverhardingen tot 5,00 m. Dit komt ook tot uiting in de volgende tabel die de aanbevolen voegafstand geeft in functie van de plaatdikte voor ongewapende betonverhardingen. Deze aanbevolen maximale voegafstanden houden rekening met het gevaar voor opkrullen of schotelen van de platen en reduceren het gevaar op scheurvorming in de platen over de levensduur van de verharding.

Plaatdikte	Voegafstand
14 cm	3,50 m
16 cm	4,00 m
18 cm	4,50 m
20 tot 26 cm	5,00 m

De standaard plaatlengtes in de typebestekken zijn :

- SB250 : 5 m – 4 m voor vrijliggende fietspaden – 6 m in geval van staalvezelbeton;
- QR : 4 m voor $D < 200$ mm; 5 m voor $D \geq 200$ mm (D = plaatdikte);
- TB2011: 5 m en $L \leq 25 D$

Niet alleen de lengte maar ook de breedte van de platen wordt beperkt – tot 4,50 m (SB250 en QR en TB2011) – om zo de dwarse opwelling of schotelvorming van de plaat te vermijden. Te brede platen kunnen aanleiding geven tot scheuren in de langsrichting.

5.3 TYPES VOEGEN

5.3.1 Dwarse krimpbuigvoegen

Zoals de benaming aangeeft is de bedoeling van een krimpbuigvoeg de gevolgen te beperken van én de krimp (hygrometrische en thermische contractie) én de buiging te wijten aan de vervormingen als gevolg van o.a. de temperatuurgradiënt.

Om wilde scheuren te vermijden worden de dwarse voegen aangebracht door een scheuraanzet te creëren op de gewenste plaatsen, namelijk met een tussenafstand bepaald in vorige paragraaf. Die scheuraanzet kan aangebracht worden in het verse of in het verharde beton. In het verse beton gebeurt dit door het inbrengen van een plastic strip met behulp van een daartoe bestemd trilapparaat. Deze techniek werd vroeger toegepast op landbouwwegen maar is volgens de Belgische typebestekken vandaag niet meer toegelaten.

De meest courante techniek is het aanbrengen van een zaagsnede in het verharde beton.

Zaagsnede die gewerkt heeft als scheuraanzet



In overeenstemming met de Belgische voorschriften bedraagt de diepte van deze snede minstens 1/3 van de dikte van de betonplaat (1/2 van de dikte in geval van staalvezelbeton); de breedte van de eerste zaagsnede bedraagt meestal 3 à 4 mm. Het ideale tijdstip voor het zagen van de voegen ligt meestal tussen de 6 en 12 uur na storten van het beton. Uiteraard moet er eerst gewacht worden tot het beton voldoende is uitgehard om het te kunnen betreden. Ook moet het beton voldoende sterkte hebben om te voorkomen dat tijdens het zagen steentjes worden uitgerukt langsheen de voegrand. Deze sterkte bedraagt ongeveer 10 MPa (drukweerstand). Anderzijds moet het zagen gebeuren alvorens de trek- of buigspanningen in het beton aanleiding geven tot ongewenste willekeurige scheurvorming. Het bepalen van het optimale tijdstip is specialistenwerk daar er een invloed is van verschillende factoren zoals de samenstelling van het beton, de hardheid van de stenen, het type cement, de weersgesteldheid, het type van zaagblad, enz.

Nadien worden de voegen verbreed met een sponning met breedte 8 à 10 mm in functie van het type voegvullingsproduct. De verdere afwerking van de voeg bestaat uit het eventueel afschuiven van de voegranden (SB250 en TB2011 verplicht voor wegen van bouwklasse B1-B5); het aanbrengen van een voegkoord en uiteindelijk het voegvullingsproduct, al dan niet voorafgegaan door een kleeflaag. De voegvulling is hetzij een warm verwerkte bitumineuze massa, een koud aangebracht product of een voorgevormd kunstrubberprofiel (meestal EPDM). De voegvulling is verplicht volgens de typebestekken met uitzondering van het gefigureerd beton (SB250) en Réseau III (QR).



Het zagen van de voegen vereist aangepast materieel

5.3.2 Dwarse werkvoegen

Dwarse werkvoegen komen voor ter hoogte van onderbrekingen van het betonneren, bij het einde van de dagproductie of bij een onderbreking van meer dan 2 uur. Men spreekt ook van respectievelijk einddagvoegen en hernemingsvoegen. Het contactoppervlak tussen oud en nieuw beton dient vlak en loodrecht op het draagvlak te zijn. Het verse beton kan tegen het verharde beton aangestort worden zonder noodzaak van een voegprofiel. Een zaagsnede mag niet aangebracht worden om te vermijden dat naast de voeg gezaagd zou worden. Door de krimp zal zich hier immers vanzelf een voeg vormen. Om randafbrokkeling te vermijden is het raadzaam om na het aftekenen van de scheur een sponning te frezen en een voegvulling te voorzien.

Bij een dwarse werkvoeg is er geen lastoverdracht door de granulaten. Daarom moeten dwarse werkvoegen, met uitzondering van licht belaste verhardingen, voorzien worden van deuvels.

Dwarse werkvoeg





Uitgezaagde uitsparing voor plaatsing uitzetvoeg



Dwarse gedevelde uitzetvoeg

5.3.3 Dwarse uitzetvoegen

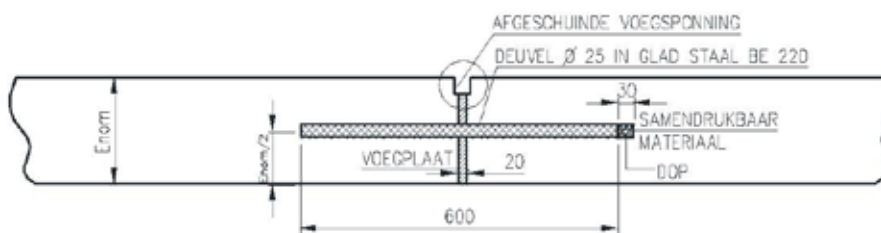
Uitzetvoegen worden gekenmerkt door de aanwezigheid van een samendrukbare voegplaat waardoor de horizontale beweging van de betonverharding wordt toegelaten.

Tot ongeveer 1970 werden uitzetvoegen voorzien tussen elke betonplaat; de lengte van de platen bedroeg toen meestal tussen de 8 en de 15 m. Deze voegen waren tegelijkertijd krimp- en buigvoegen. Met het beperken van de plaatlengte werden ook de voegen aangepast tot de hierboven toegelichte krimpbuigvoegen. Hierdoor werd niet alleen het comfort aanzienlijk verbeterd maar werd ook de belangrijkste oorzaak van de onderhoudskosten aan betonwegen weggenomen. Er worden voortaan dan ook zo weinig mogelijk uitzetvoegen geplaatst. Niettemin blijven ze in bepaalde gevallen noodzakelijk om de drukkrachten op te vangen en schade aan aanliggende constructies te vermijden :

- bij de aansluiting met kunstwerken ;
- bij de aansluiting met andere verhardingen, bij voorbeeld ter hoogte van kruispunten of bij de overgang naar een ander type verharding. De uitzetvoeg ligt dan best tussen de tweede en de derde betonplaat (SB250);
- rondom vaste punten zoals inspectieputten of wanneer de betonverharding tot tegen de gebouwen wordt aangelegd. In die gevallen spreekt men ook van isolatievoeg – zie verder.

Bovendien zijn ze in bepaalde gevallen wenselijk (opgelegd in SB205) zoals :

- aan een van de uiteinden van een herstelde strook in platenbeton wanneer de aanlegtemperatuur laag is ($< 15^{\circ}\text{C}$);
- bij fietspaden, gezien het hogere risico op opstuiking gezien de hogere lengte-breedteverhouding, ongeveer om de 150 m in rechte lijn wanneer de aanlegtemperatuur laag is ($< 15^{\circ}\text{C}$);
- bij secundaire wegen en fietspaden vóór en na bochten met kleine kromtestraal ($< 250\text{ m}$) om de laterale verplaatsing van de verharding te vermijden.



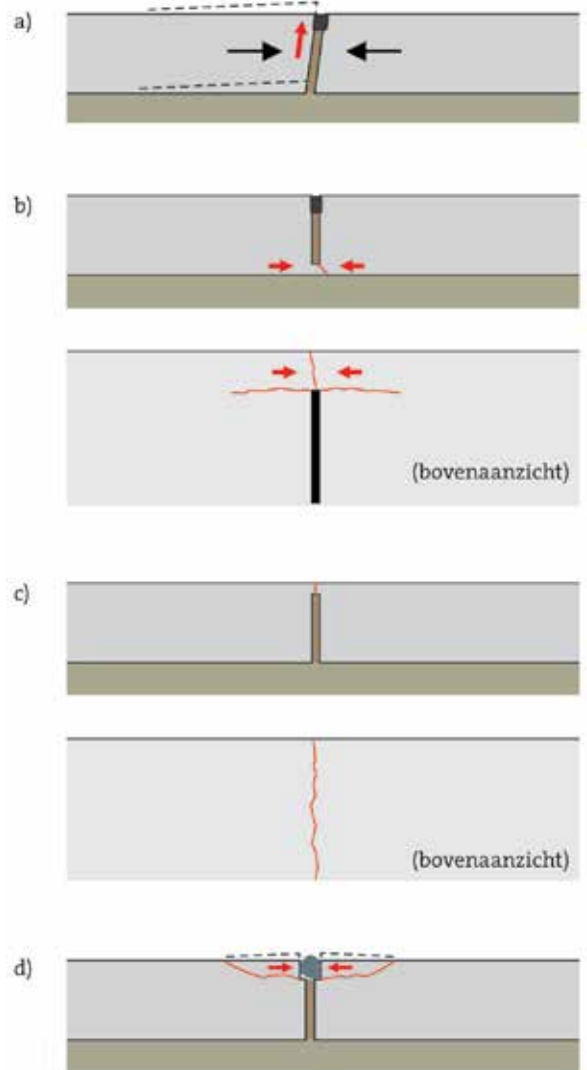
Uitvoering dwarse uitzetvoeg (bron: SB250)

Op vlak van uitvoering is het belangrijk dat de voegplaat loodrecht staat op het oppervlak van de rijbaan. De scheve positie van de voegplaat is een van de belangrijkste redenen van het uitknikken of de opstuiking van betonplaten. Het is geen sinecure om de voegplaat mooi recht op te stellen en te behouden tijdens het betonneren. Een eenvoudigere oplossing is om de uitzetvoeg te laten samenvallen met een werkvoeg, dus bij een onderbreking van het betonneren. De voegplaat kan dan tegen het verticaal afgewerkte vlak geplaatst worden. Om deuvels te kunnen voorzien worden gaten geboord doorheen de voegplaat in de aanwezige verharding. De deuvels worden vervolgens verankerd in de boorgaten. Wanneer deuvels niet nodig zijn, bij voorbeeld in vrijliggende fietspaden of straten met weinig zwaar verkeer, kan de uitsparing voor de voegplaat gezaagd worden uit de bestaande verharding d.m.v. een dubbele zaagsnede over volledige dikte.

Een ander aandachtspunt betreft de afmetingen van de voegplaat. Die moet even lang zijn als de plaat breed is. Zoniet kunnen de geconcentreerde drukkrachten aan de uiteinden aanleiding geven tot afscheuren. Ook bovenaan de voegplaat mag geen betonbrug ontstaan omdat anders schollen kunnen afspringen ter hoogte van de voeg. Voor de voegplaat wordt gebruik gemaakt van rotvrije materialen die samendrukbaar en elastisch zijn. Na samendrukking moeten ze dus ook tot hun oorspronkelijke dikte kunnen terugkomen. Dit is het geval voor geperste kurk en voor polyethyleenschuim met hoge dichtheid (> 55 kg/m³). Geëxpandeerd polystyreen is hiervoor niet geschikt.

Typische schadebeelden van uitzetvoegen

- a. Scheve voegplaat – Risico op opstuiking plaat
- b. Betonbrug – Afspringen schollen beton
- c. Betonbrug boven voegplaat – Grillige scheur
- d. Niet onderhouden voeg – Blokkering door vervuiling met hard element



Schade ter hoogte van uitzetvoegen door betonbrug boven de voegplaat en door scheve positie van de voegplaat



Goede materialen voor de voegplaat in een uitzettingsvoeg : links geperste kurk, rechts polyethyleenschuim.





Voorbeelden van isolatievoeg langsheen een watergreppel en een opstaande wand (Foto's : Kebro – project voor Dienst voor de Scheepvaart te Bree)

5.3.4 Isolatievoegen

Een isolatievoeg is een bijzondere uitvoering van een langse of dwarse voeg, die over de volledige hoogte onderbroken wordt, met als doel:

- a) Vermijden dat al bestaande voegen een scheuraanzet vormen in het aanliggende vers geplaatste beton. In dit geval laat de isolatievoeg geen significante uitzetting toe van het beton. Dan volstaat het ook om een dun isolatiemateriaal aan te brengen in de voeg, bij voorbeeld een gewafelde pe-folie (250 à 500 µm), een bitumenmembraan (3 à 4 mm) of een pe-schuimprofiel (“mousse band” – 5 mm).
- b) Een scheiding te vormen tussen twee starre verhardingen/structuren om de drukkrachten te beperken die en ongecontroleerde scheurvorming of opstuiking zouden kunnen veroorzaken. Dit wordt toegepast tegen aanliggende gebouwen, rondom deksels, kolken, afvoergoten of andere in de verharding ingebouwde elementen. In dit geval kan de isolatievoeg een (beperkte) uitzetting van het beton toelaten. Dan is het ook aangewezen om voor de voegplaat dezelfde materialen te gebruiken als voor de uitzetvoegen (hoge dichtheid polyethyleenschuim), maar eventueel van beperktere dikte (5 à 10 mm).

5.3.5 Langse buig- en werkvoegen

In de langse richting worden voegen aangebracht om de betonverharding toe te laten te scharnieren volgens de lengteas en om de spanningen als gevolg van de thermische gradiënt te beperken. Wanneer een verharding die in een enkele gang van de machine werd aangelegd, in twee stroken wordt verdeeld door middel van een zaagsnede, dan spreekt men van een langse buigvoeg. Wanneer het twee tegen elkaar aan gestorte stroken betreft, is het een langse werkvoeg.

De diepte van de zaagsnede dient, net als voor de dwarse voegen, minstens 1/3 van de betondikte te bedragen.



Zaagmachine voor het zagen van de langse buigvoeg

ANKERSTAVEN

Een langse voeg kan voorzien worden van ankerstaven, geribde stalen staven, die moeten verhinderen dat de stroken van elkaar wegglijden en de voeg zou komen open te staan. Bovendien zorgen de ankerstaven voor lastoverdracht voor verkeer dat van rijstrook verandert.

In NBN EN 13877-1 (Concrete Pavements – Part 1 : Materials) zijn de ankerstaven vermeld met een diameter van 10, 12, 16 of 20 mm en een lengte van 800 mm. De Belgische typebestekken voorzien een diameter van 16 mm en een lengte van 800mm (SB250)/ 750 mm (QR en TB2011). Het centrale gedeelte wordt best gecoat met een roestwerende beschermingslaag om de levensduur te verlengen (in SB250 voorzien over 20 cm in centraal gedeelte met corrosiewerende bekleding van 0,2 à 0,5 mm).

Ankerstaven worden aangebracht op halve dikte van de platen, dwars op de richting van de strook met een tussenafstand van 750 mm (SB250)/1000 mm (QR en TB2011) en een afstand tot de dwarsvoeg tussen 750 en 1000 mm (SB250 en TB2011)/van 500 mm (QR).

In een langse buigvoeg worden ze op metalen stoelen geplaatst of machinaal ingetrild in het verse beton. In een langse werkvoeg worden ze chemisch verankerd in boorgaten.

De verankering wordt op de werf getest door middel van een uittrekproef (in SB250 een trekkracht van 50 kN getest binnen de 48 u voor in boorgaten verankerde staven of na het bereiken van een sterkte van 40 MPa voor in het verse beton ingetrilde ankerstaven/ in QR en TB2011 een trekkracht van 100 kN na 24 u).

Een andere manier van lastoverdracht in een langse werkvoeg is een hol- en dolverbinding, die al dan niet met ankerstaven kan gecombineerd worden. (voorzien in QR voor diktes > 200 mm).

Het is niet toegelaten om ankerstaven, geplooid op 90°, tijdens het betonneren aan te brengen en voor het betonneren van de volgende strook terug recht te plooiën. Deze techniek werd tot voor enkele jaren wel toegepast maar soms met slechte resultaten. Door het plooiën van het staal over de vloeigrens kan de staaf de functie van verankering niet meer vervullen.

Langsvoeg met hol- en dolverbinding



Boren van gaten voor ankerstaven



Ankerstaven met beschermd centraal gedeelte en deuvels met kunststofbekleding

Verschuiven en opengaan van de langsvoeg in afwezigheid van ankerstaven



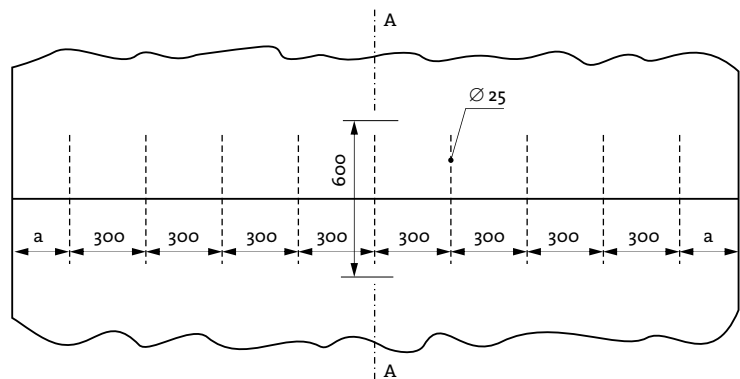
DEUVELS



Voorbeelden van ongeschikte deuvels (corrosie, bramen) en deuvelstoelen (doorbuiging onder beton, verplaatsing deuvels)

Het gebruik van deuvels is noodzakelijk voor zwaar belaste rijwegen omwille van de lastoverdracht en ter voorkoming van trapvorming aan de voegen. Zowel voor de plaatsing als voor de materialen zijn de voorschriften terug te vinden in de drie Belgische typebestekken voor de wegenbouw. Voor de materiaaleigenschappen kunnen ook de Europese normen geraadpleegd worden.

In België gebruikt men gladde gecoate stalen staven diam. 25 mm, lengte 600 mm, die op halve dikte van de platen en evenwijdig met de richting van de strook worden aangebracht met een tussenafstand van 300 mm en een afstand tot de rand van de strook tussen 150 mm (SB250) en 300 mm/250 mm (QR en TB2011) en 300 mm. De dwarse voeg dient in het midden van de deuvels aangebracht te worden. De plaatsing van de deuvels gebeurt op metalen stoelen of door machinaal intrillen in het verse beton. Er moet op gelet worden dat de deuvels op hun juiste positie geplaatst worden. Daarom worden de metalen stoelen stevig met krammen vastgezet op de hydraulisch gebonden fundering of op de tussenlaag in asfalt.



Bovenaanzicht dwarse uitzettingsvoeg (bron: SB250)

Vastzetten van de deuvels op een asfalt tussenlaag



In geval van een ongebonden fundering kan er betonspecie met de kraan worden aangebracht op de volgende rij deuvels zodat ze bij het passeren van de glijbekistingmachine niet meer van hun plaats geduwd worden. Machinale intrilapparaten werken doorgaans voldoende nauwkeurig. Wel dient een duidelijk merkteken aangebracht te worden in de berm of randstrook ter hoogte van het midden van de deuvels waar later de zaagsnede moet komen.

Voor de deuvels is er een aparte norm NBN EN 13877-3 (*Concrete Pavements – Part 3 : Specifications for dowels to be used in concrete pavements*). Hierin wordt een minimale treksterkte van 250 MPa vereist en moet ook de duurzaamheid verklaard worden door de fabrikant. Het is bovendien een ‘geharmoniseerde’ norm wat betekent dat de deuvels moeten voorzien worden van een CE-markering.

De Belgische typebestekken voorzien volgende bescherming voor de deuvels :

- SB250: kunststofbekleding met een dikte van 0,4 tot 0,6 mm;
- QR: overeenkomstig NBN EN 13877-3
- TB2011: gegalvaniseerd of andere door leidende ambtenaar goed te keuren.

Op de Belgische markt werden ook deuvels gebruikt die omhuld waren met een bitumenemulsie. Dit is niet meer toegelaten. Wanneer de deuvels met de machine ingetrild worden is een kunststof bekleding beter dan bitumen omdat de deuvels minder aan elkaar kleven en zo de werking van het intrilapparaat niet verstoren.

In de Verenigde Staten en Canada gebruikt men omwille van de duurzaamheidseisen ook thermisch verzinkte of roestvrij stalen deuvels of gebruikt men zelfs andere materialen zoals glasvezel. Ook in Europa werden kunststof deuvels al toegepast, met name in trambanen en op containerterminals waarbij de aanwezigheid van staal het elektromagnetisch veld van automatische detectie- en geleidingssystemen zou kunnen beïnvloeden.



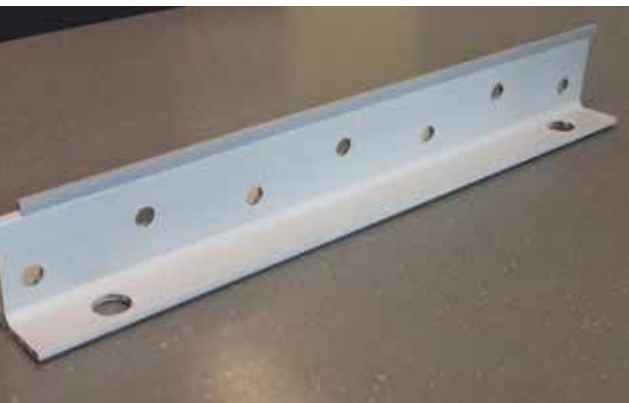
Kunststof deuvels en deuveldoelen
(www.fortius.be)



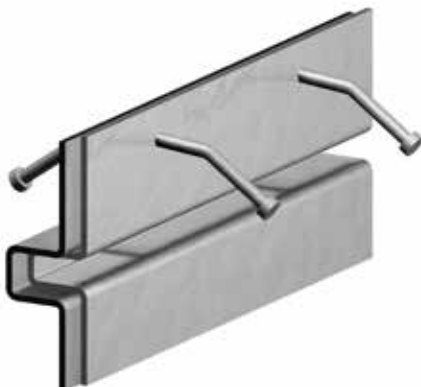
Intrillen van de deuvels in het verse beton



Op maat gemaakt gegalvaniseerd stalen profiel als werkvoeg (Herstal, Pôle Marexhe)



T-profiel in gerecycleerd PVC dat dient als werk- en krimpvoeg (www.kform.co.uk)



Omegaprofiel met enkele rij doken (foto Hengelhoef Concrete Joints)

5.4 ANDERE VOEGSYSTEMEN

Naast de klassieke uitvoering van krimp- of uitzetvoegen zijn een aantal geprefabriceerde systemen op de markt beschikbaar. Deze worden meestal niet gebruikt in de wegenbouw maar eerder voor industriële verhardingen.

Dergelijke profielen hebben een rechte of geprofileerde (omegavormig) doorsnede en worden met doken in het beton gestort. Het langspatiefiel is meestal rechthoekig, in sommige gevallen sinusoïdaal. Hoewel ze vaak als uitzetvoegen beschreven worden, zijn het meestal profielen die als krimpvoeg functioneren en, gezien de mogelijkheid om het beton er tegen aan te storten, ook als werkvoegen gebruikt kunnen worden. Slechts wanneer een samendrukbaar materiaal als «voegplaat» kan ingebracht worden, kan er sprake zijn van een uitzet- of dilatatievoeg.

Enkele belangrijke beoordelingselementen van dergelijke profielen zijn:

- het beton moet goed kunnen verdicht worden in de nabijheid van het voegprofiel;
- het beton moet met een constante dikte kunnen aangelegd worden tot tegen het voegprofiel. Discontinuïteiten kunnen leiden tot scheurvorming;
- in geval van omegaprofielen is een minimale betondekking van 6 cm nodig boven en onder het profiel, alsmede ankerbeugels van minimaal 8 mm aan beide zijden. Drie stuks per lopende meter worden voorzien;
- het profiel moet zorgen voor een goede lastoverdracht. Sommige commerciële profielen werden hierop getest;
- de stijfheid van de flenzen dient verzekerd te worden door een minimale staaldikte van 5 mm;
- de profielen kunnen voorzien zijn van een metalen voegrandbescherming;
- de systemen mogen nooit volledig verankerd worden in de ondergrond teneinde de werking van de voeg toe te laten;
- de profielen zijn niet geschikt voor verwerking met de glijbekistingmachine. Ze worden meestal gebruikt bij verhardingen die manueel of met gepompt beton worden aangelegd;
- belangrijk om weten is ook dat sommige systemen die geschikt zijn voor binnenvloeren dit niet noodzakelijk zijn voor buitenverhardingen.

Tot slot zijn er nog andere systemen op de markt beschikbaar of op maat produceerbaar om werkvoegen – en dus ook stortvoegen – te voorzien in een betonverharding. Zie voorbeelden hiernaast.

Onder de talrijke alternatieven voor het zagen van voegen biedt ook de inzet van andere materialen zoals betonstraatstenen, natuursteen of hout interessante mogelijkheden voor de architecturale vormgeving van de verharding.

5.5 VOEGVULLINGSMATERIALEN

Het is aanbevolen om zowel de dwars- als de langsvoegen te vullen.

Voegvullingsmaterialen kunnen ingedeeld worden in drie grote categorieën :

1. de warm gegoten voegvullingsproducten; die het meest toegepast worden. Zij bestaan hoofdzakelijk uit bitumen waaraan polymeren en diverse hulpstoffen zijn toegevoegd;
2. de koud gegoten of verspoten voegvullingsproducten, eventueel na vermenging van componenten. Dit zijn elastische mastieken op basis van polyurethaan, polysulfide of siliconen. Deze producten hebben een hogere kostprijs, doch kunnen wegens hun betere technische kenmerken zuiniger toegepast worden (voegsectie). Ze hebben tevens een veel langere levensduur (2 à 3 maal);
3. de voorgevormde kunstrubberprofielen.

Het hoofdkenmerk op grond waarvan een onderscheid tussen deze drie categorieën kan worden gemaakt is de plastische en/of elastische vervormingscapaciteit die in de gebruiksomstandigheden van de weg en gedurende een aanvaardbare levensduur (bijvoorbeeld 5-10-20 jaar) kan worden herhaald, zonder dat het product breekt of van de voegwanden loskomt. De volgende toelaatbare vervormingen worden in normale gebruiksomstandigheden aangenomen (uitgedrukt in % ten opzichte van de nominale openingsbreedte van de sponning bij uitgehard beton in een omgevingstemperatuur rond 15 à 20 °C):

- voor de warm gegoten producten op basis van bitumen: een rek of samendrukking van 20 %;
- voor de koud gegoten producten op basis van polysulfide, polyurethaan of siliconen: een rek of samendrukking van 30 %;
- voor de rubber profielen: een samendrukking van 50 %. Voor de keuze van de profielafmetingen geldt de volgende regel: de oorspronkelijke breedte B van het profiel moet zodanig zijn, dat het profiel bij maximale voegopening (winter) tot een breedte van 0,80 B en bij minimale voegopening (zomer) tot een breedte van 0,50 B wordt samengedrukt. In de blijft dit procédé dus voorbehouden voor nieuwe wegdekken en meestal enkel voor langse buigingsvoegen, waarbij en de duurzaamheid (beperkte werking), en het economische voordeel (beperkte afmeting) deze keuze stimuleren. Anderzijds is de toepassing van voorgevormde profielen in langse constructievoegen niet aanbevolen gezien de onregelmatigheid en breedteafwijkingen van deze voegen. Voor gezaagde langs- en dwarsvoegen met een perfecte egale sponning vormt het profiel een duurzame, eenvoudige en economische oplossing

In bepaalde gevallen kan er voor gekozen worden om de voegen niet te vullen. Dat wordt standaard toegepast voor fietspaden met als doel het rijcomfort te garanderen. Ook voor esthetische verhardingen waar men een discrete voegafwerking wil, kan het de voorkeur zijn om de voegen niet te verbreden met een sponning en niet te vullen. Voor rijwegen met matig tot intens verkeer kunnen ongevulde voegen echter leiden tot:

- afschilferen en afbrokkelen van de voegranden, mogelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van harde elementen in de voeg ingevolge vervuiling;
- infiltratie van water in de voeg met risico op pompeffect en uitspoelen of erosie van de onderliggende laag (fundering, ondergrond).



Vullen van voegen (foto's ROBUCO)

6. WAPENINGEN IN PLATENBETON



Combinatie van wapeningsnet en deuvels

Wapeningsstaal in platenbeton, meestal onder de vorm van gelaste wapeningsnetten en eventuele bijlegwapeningen, wordt voornamelijk toegepast omwille van de volgende redenen:

- structurele wapening van het beton; het staal neemt dan het belangrijkste deel van de buigtrekspanningen op;
- krimpwapening om te verhinderen dat er scheuren optreden te wijten aan de verschillende krimp- en buigverschijnselen van jong en verhard beton.

Indien men weet waarom men wapeningsnetten plaatst, weet men ook op welke hoogte in de betondoorsnede ze best gepositioneerd worden. Verkeersbelasting doet trekspanningen ontstaan in het onderste gedeelte; de netten moeten dan ook in dat onderste gedeelte, onder de neutrale vezel, geplaatst worden. Gezien de goede onderbouw (baankoffer, onderfundering en fundering) is dit in de wegenbouw niet nodig. Het beton ontwikkelt immers zelf voldoende buigtrekweerstand om aan de verkeersbelasting te kunnen weerstaan.

Krimpwapening wordt bovenaan in de doorsnede geplaatst omdat krimp-scheuren aan de bovenzijde van de verharding ontstaan waar de temperatuurschommelingen en vochtvariaties het grootste zijn.

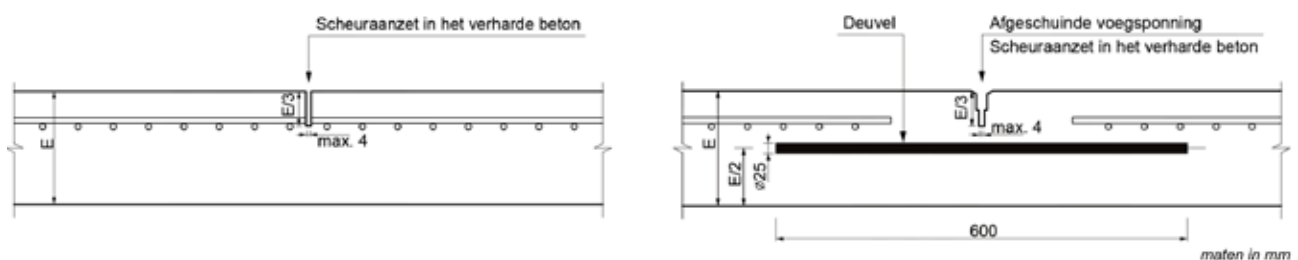
Wanneer het net in het midden van de verharding geplaatst wordt, zal het wel enig nut hebben als krimpwapening maar nauwelijks als structurele wapening.

De meest toegepaste netten zijn diam. 8, 10 of 12 mm met vierkante mazen van 150 mm zijde. Krimpwapening die in het bovenste derde van de betondoorsnede geplaatst wordt, moet ter hoogte van de krimpvoegen hetzij onderbroken, hetzij mee doorgezaagd worden, zodat de voegwerking – het openen van de voeg bij krimp – kan plaatsvinden. Indien nodig moet daarvoor de zaagdiepte aangepast worden.

Wapening die in de onderste helft van de betondoorsnede geplaatst wordt, moet niet onderbroken of doorgezaagd worden. De krimp-scheur zal door de scheuraanzet bovenaan doorlopen over de wapening tot de onderzijde van de betonplaat. Wel is het zo dat deze voegen zich niet evenveel kunnen openen als bij ongewapend beton. Daarom is het aangeraden om ongeveer om de vijf voegen of ongeveer alle 30 m de wapening onderaan niet te laten doorlopen.

Wanneer netten in combinatie met deuvels geplaatst worden, is het belangrijk dat de netten overlappen met de deuveluiteinden. Ze kunnen onderbroken worden of ze kunnen doorlopen over de voeg maar in het laatste geval moeten ze dan, zoals hiervoor beschreven, mee doorgezaagd worden, uiteraard boven het vlak van de deuvels die ongeschonden dienen te blijven.

Soms worden de staalnetten vervangen door staalvezels. De meeste toepassingen hiervan vinden we in industievloeren binnen en soms ook buiten de gebouwen. Andere toepassingen in de wegenbouw zijn dunne overlagingen, waarvan heel wat realisaties waren in de jaren 1980. Het voordeel van staalvezels is dat ze het beton taaier maken. Dit betekent dat na het ontstaan van een scheur de structuur niet onmiddellijk bezwijkt maar dat er een nascheurgedrag is. In de praktijk betekent dit dat eventuele scheuren in een betonverharding gesloten blijven door de werking van de staalvezels. In principe wordt een gehalte van 30 kg/m³ tot 50 kg/m³ gehanteerd. Ook de vorm en afmetingen van de vezels spelen een rol. In de klassieke toepassingen gaat het meestal over verzinkte staalvezels van ca. 60 mm lengte en een diameter van 0,75 tot 1 mm. Op het vlak van ontwerp van platenbeton kunnen de platen met staalvezelbeton wat langer gemaakt worden dan met ongewapend beton. Het is evenwel aangeraden om de lengte nog te beperken tot 7 à 8 m (SB250 : 6m). In Nederland zijn er al wel enkele experimenten waar wegsecties tot 100 m lang voegloos werden uitgevoerd met staalvezelbeton. Het betrof dan wel samenstellingen op basis van 50 kg/m³ van een mengsel van verschillende types vezels.



Uitvoering van krimpvoegen in aanwezigheid van een wapeningsnet bovenaan, met en zonder deuvels (bron: TB 2011)

7. AANSLUITING MET ANDERE VERHARDING

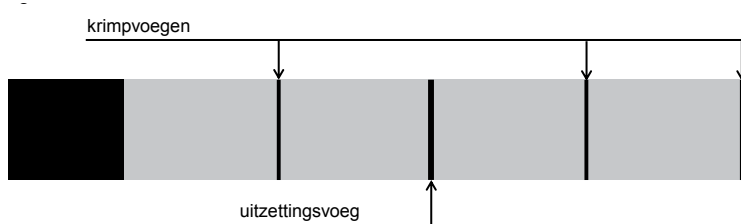
Waar beton aansluit met andere types verhardingen (asfalt, kleinschalige elementen) is het aangeraden om de nodige voorzieningen te treffen om te vermijden dat, in geval van thermische uitzetting, de andere verharding wordt weggeduwd. Zoals vermeld in §5.2. kan dit met een dwarse uitzetvoeg tussen de tweede en de derde plaat van de betonverharding.

Een andere oplossing, vooral geschikt voor een overgang beton-asfalt, is een compoundvoeg. Die is ongeveer 100 mm breed en bestaat uit een mengsel van een bepaald voegmassatype en fijne steenslag. De capaciteit van een dergelijke compoundvoeg bedraagt 10 à 15 mm in uitzetting en samendrukking.

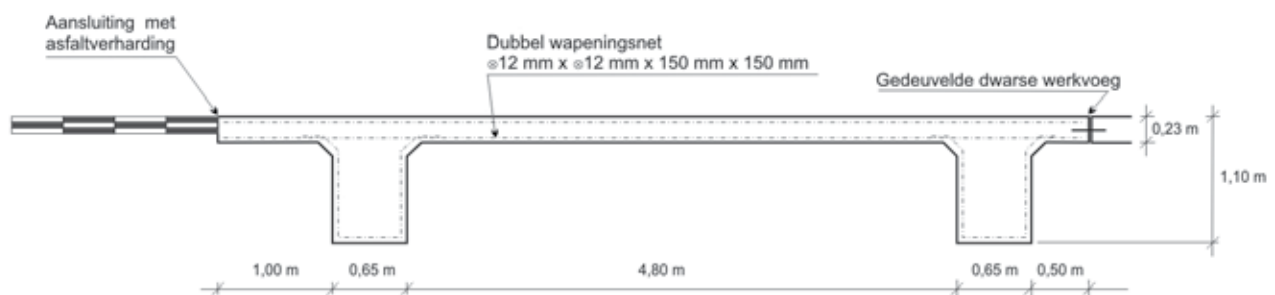
Tot slot kan men een einddispositief voorzien aan het uiteinde van de betonverharding die de beweging tegengaat. Dat kan een eenvoudige, schuin oplopende verdikking zijn of een of meer verankeringsribben. Met een enkele verankeringsrib riskeert men een soort hefboomwerking waardoor de plaat kan komen los te liggen en het overrijden van de rib trillingen veroorzaakt. Beter is het daarom om minstens twee ribben te voorzien en de plaat dubbel te wapenen in de eindzone.



Compoundvoeg



Oplossing overgang beton-asfalt zoals voorzien in SB250 versie 3.1



Verkort verankeringslandhoofd voor overgang beton-asfalt

8. VOEGENPLAN

Hoewel het in de praktijk vaak aan de aannemer wordt overgelaten, maakt de opmaak van het voegenplan, met de aanduiding van de positie en het type van de voegen en eventuele wapening, deel uit van het ontwerp. Door het vooraf te bestuderen kan er immers geanticipeerd worden op eventuele moeilijkheden in de uitvoering. Wel is het zo dat door de keuze van de betonneerfasen door de aannemer het voegenpatroon kan beïnvloed worden.

Enkele regels bij het opmaken van het voegenplan :

- Kies een hoofdrichting die als langse richting van het verkeer beschouwd wordt en bepalend is voor de plaatsing van deuvels en ankerstaven. Voor een gewone weg is dit evident. Ter hoogte van een kruispunt zal de drukst bereden weg als hoofdrichting beschouwd worden
- Voorzie eerst de voegen ter hoogte van singuliere punten (inspectieputten, onderbrekingen, aansluitingen, bochten)...



- ... en voorzie niet meer voegen dan nodig: een overvloed aan zaagsneden en scherpe hoeken kan evenzeer leiden tot ongewenste scheuren !



- Vermijd altijd scherpe hoeken (zie onderstaande voorbeelden).
Voorzie een netwapening bovenaan als dat niet mogelijk is;



- Voorzie netwapening in de platen met onregelmatige vorm
- Plaats nooit deuken in voegen van eenzelfde plaat die niet evenwijdig zijn;





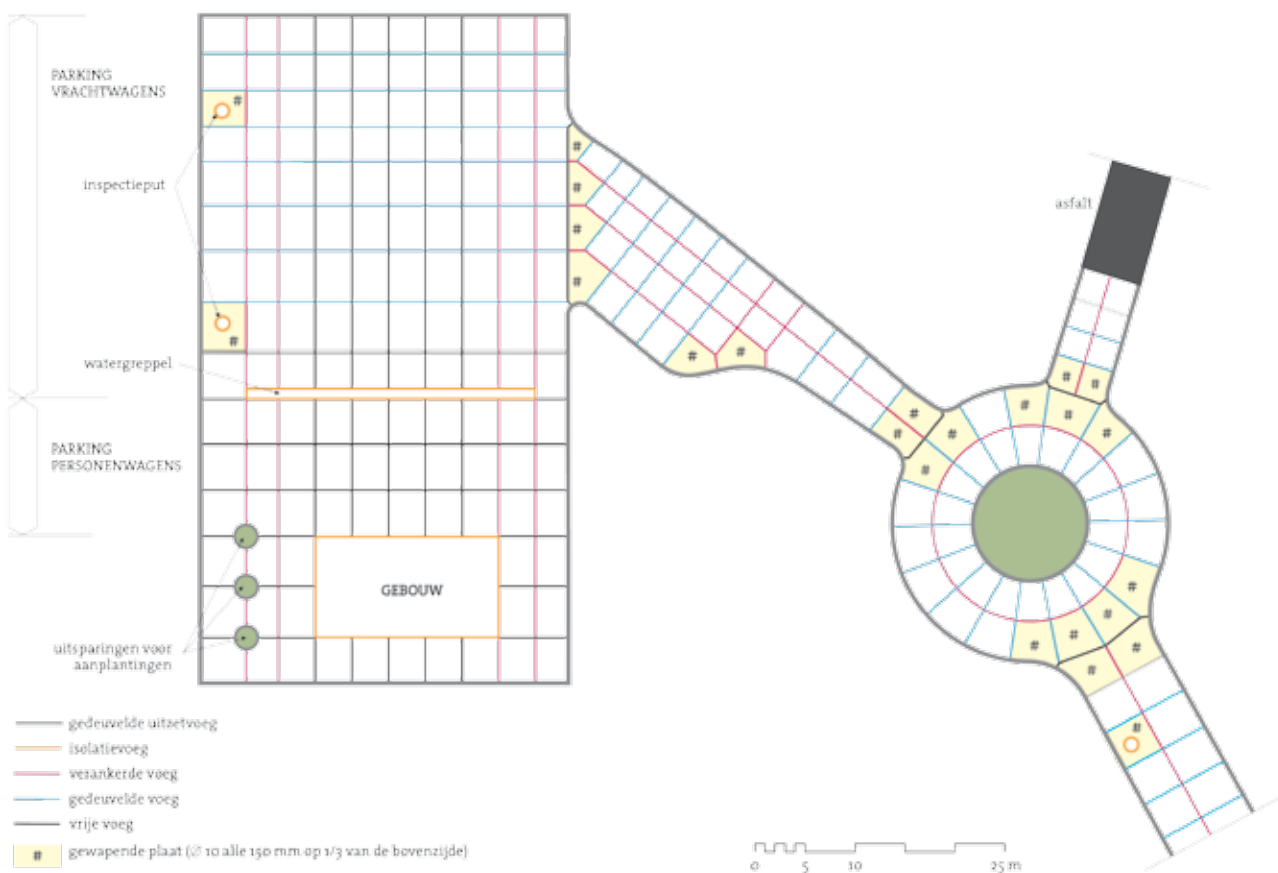
- Houd rekening met bestaande voegen om sympathiescheuren te vermijden of voorzie de nodige maatregelen (tussenplaatsing van bitumenmembraan in de langse voeg ter hoogte van de oude bestaande dwarsvoeg waar langs gebetonneerd wordt):
 - Voorbeeld van sympathiescheuren ontstaan uit aanliggende voegen in een watergreppel of rijstrook (foto hiertegenover);
 - Sympathiescheuren worden vermeden door de voeg in de rijwegte laten samenvallen met de voeg in de betonnen afscherende constructie (hieronder links), of door isolatievoegen te voorzien ter hoogte van de gevaarlijke punten (hieronder: Charleroi, Place de la Digue; isolatievoegen aangeduid in kleur).



- Houd rekening met de verwachte of opgelegde fasen van betonneren tijdens uitvoering;
- Houd bij de ligging van de langsvvoegen rekening met de wielsporen van het zwaar verkeer zodat deze voegen niet rechtstreeks belast worden. Op rotondes kan systematische belasting door zwaar verkeer leiden tot beschadiging van de voeg. Overbreedte en oordeelkundige wegmarkering verkleinen de kans op beschadiging van randen en voegen.

9. BESLUIT

Het concept van platenbeton met gezaagde krimpvoegen is al tientallen jaren oud. Het blijft ongetwijfeld het meest toegepaste principe voor betonverhardingen. Naast de dimensionering dient dat concept de nodige aandacht te hebben voor de schikking van de verschillende types voegen, de plaatsing van deuvels, ankerstaven en zonodig wapening. De ervaring heeft aangetoond dat het plaatsen van deuvels in een betonweg die in bebouwde omgeving ligt, een noodzaak is voor een comfortabele en trillingsvrije baan. Kortom, wanneer de basisregels van de moderne ontwerpmethodode gerespecteerd worden en wanneer de aanleg vakkundig gebeurt, biedt een verharding in platenbeton het nodige comfort alsmede de bedrijfszekerheid en duurzaamheid die we vandaag van een betonweg mogen verwachten.



Voorbeeld van voegenplan



Dit bulletin is een publicatie van :
FEBELCEM
Federatie van de Belgische Cementnijverheid
Vorstlaan 68 - 1170 Brussel
tel. 02 645 52 11 - fax 02 640 06 70
www.febelcem.be
info@febelcem.be

Auteur :
ir. L. Rens

Foto's cover:
André Nullens

Wettelijk depot :
D/2015/0280/05

V.u. : A. Jasienski

infobeton.be

BIBLIOGRAFIE

FUCHS F., JASIENSKI A., Wegen van cementbeton – Uitvoering van monolietverhardingen. Dossier Cement, Federatie van de Belgische Cementnijverheid, september 2001

Intersection Joint Layout. Concrete Information, American Concrete Pavement Association, 1996

RENS L., Betonwegen : een doordachte en duurzame keuze. Federatie van de Belgische Cementnijverheid, 2009

RENS L., LONNEUX T., Voegen en wapeningen in platenbeton. Bijdrage voor het Belgisch Wegencongres te Gent, september 2009

VERHOEVEN K., Krimp in jong verhardend beton. Dossier Cement, Federatie van de Belgische Cementnijverheid, maart 1998

VERHOEVEN K., SION P., Wegen van Cementbeton. Verbond der Cementnijverheid, 1974

Standaardbestek 250 versie 3.1

Typebestek betreffende wegeniswerken in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest - TB 2011 versie 2012

Cahier des charges type Qualiroutes - Version 2012