

# ROTONDES IN DOORLOPEND GEWAPEND BETON

## Ontwerp - Uitvoering

*Naar het voorbeeld van andere Europese landen worden ook in België drukke kruispunten steeds vaker als rotondes ingericht. Deze bieden immers betere garanties voor een vlotte en terzelfder tijd veilige verkeersafwikkeling.*

*Het wegdek van een rotonde wordt zwaar belast. Naast spanningen veroorzaakt door de middelpuntoliedende kracht, is er de extra belasting afkomstig van overhellende voertuigen waardoor grotere krachten inwerken op de buitenste wielen.*

*Dit bulletin bespreekt in het kort het belastingspatroon waaraan de wegverharding van een rotonde in geval van zwaar verkeer onderworpen wordt.*

*Vervolgens worden enkele recente realisaties getoond. De vier voorgestelde rotondes zijn uitgevoerd in doorlopend gewapend beton.*

DOSSIER  
CEMENT

13  
augustus 1997

rotonde

wegverharding  
doorlopend gewapend  
beton

(01) E12

BBS18





## ROTONDES IN BETON: VERSCHILLENDE MOGELIJKHEDEN

### Wegverhardingen in betonstraatstenen

Sedert jaren reeds hebben betonstraatstenen een vaste plaats verworven bij de inrichting van de stedelijke openbare ruimte. Ze worden vooral in de bebouwde kom toegepast, met name op plaatsen waar voertuigen tegen een lage snelheid rijden en waar verschillende types weggebruikers de beschikbare ruimte moeten delen. Door het toegenomen aanbod aan kleuren, vormen en texturen namen de toepassingsmogelijkheden snel uitbreiding. Het op punt stellen van ontwerp-regels voor dimensionering en geschikte uitvoeringstechnieken werkte deze evolutie verder in de hand.

Betonstraatstenen worden eveneens veelvuldig gebruikt voor parkeerzones en bedrijfsterreinen, en verder voor verkeersplateaus, verkeersdrempels en andere veiligheidsvoorzieningen.

Het oordeelkundig aanwenden van kleur breekt de monotonie en vestigt de aandacht van de weggebruiker op deze obstakels.



Rotonde integraal uitgevoerd in betonstraatstenen.

Van rotondes uitgevoerd met betonstraatsteen bestaan in ons land talrijke voorbeelden. De FeBe (Federatie van de Betonindustrie) publiceert in haar tweemaandelijks tijdschrift 'Beton' regelmatig foto's van realisaties. De afgebeelde rotondes worden echter meestal minder druk bereiden door zwaar verkeer.

Buiten de bebouwde kom worden betonstraatstenen dikwijls gebruikt voor de aanleg van een overrijdbare strook rond het middeneiland van een rotonde.

Ook in het buitenland, bijv. in Frankrijk en in Groot-Brittannië, worden betonstraatstenen veelvuldig gebruikt voor rotondes in steden, met name voor de bekleding van het middeneiland. In Nederland worden straatstenen van gebakken klei (klinkers) en betonstraatstenen sinds vele jaren aangewend op wegen en rotondes, zij het dan niet op belangrijke verbindingswegen.

### Wegverhardingen in ongewapend beton en in doorlopend gewapend beton

Er zijn twee belangrijke redenen om voor een wegverharding de voorkeur te geven aan ter plaatse gestort beton:

- beletten dat het wegdek vervormt wanneer zware lasten er zich tegen lage snelheid over voortbewegen;
- voorkomen dat de toplaag afschuift wanneer krachten dwars op de rijrichting inwerken.

Bovendien zorgt het betonoppervlak er door zijn heldere kleur voor dat de rotonde en de toerit beter zichtbaar zijn voor de naderende weggebruiker.

Bij het ontwerp van een rotonde bestaande uit betonplaten moet bijzondere aandacht besteed worden aan de plaats van constructie- en krimpvoegen. In te grote platen, of in platen met scherpe hoeken

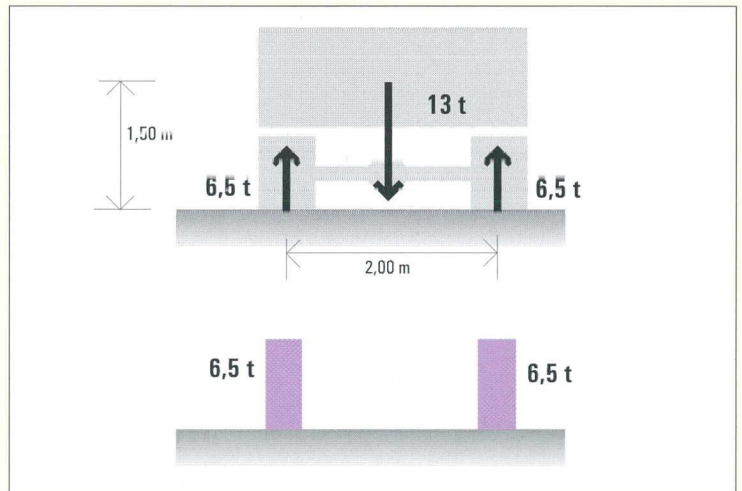
## BELASTINGEN EIGEN AAN ROTONDES

### Extra belasting op het buitenste wiel en belasting door middelpuntvliedende kracht

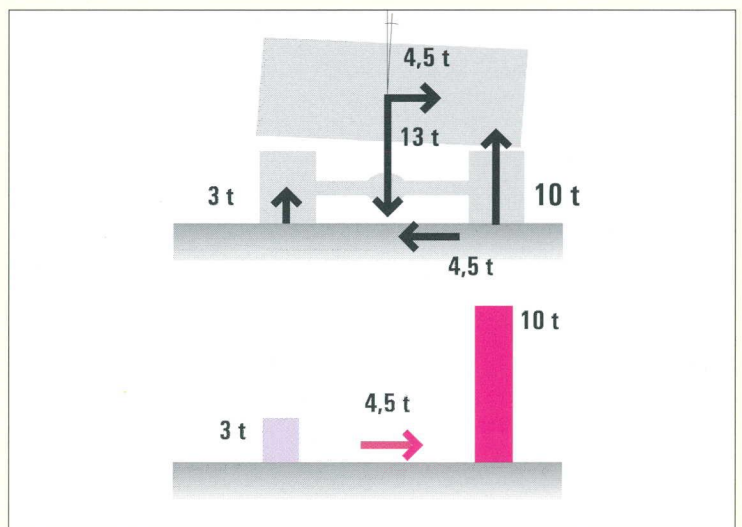
In normale rij-omstandigheden en op een horizontaal oppervlak wordt een aslast van 13 ton die zich in rechte lijn voortbeweegt, gelijk verdeeld over de beide wielen: 6,5 ton per wiel (zie figuur).

In een bocht, en dus ook op een rotonde, wordt door de middelpuntvliedende kracht een deel van de last dynamisch van het ene wiel op het andere overgedragen. Het linkerwiel, dat zich in de bocht aan de binnenkant bevindt, wordt ontlast, terwijl aan de buitenkant het rechterwiel een overeenkomstige extra belasting ondervindt. Er kan worden nagegaan dat, vooraleer het voertuig begint te kantelen, ongeveer 3,5 ton van het binnenste wiel op het buitenste wordt overgedragen.

In dat geval oefent de middelpuntvliedende kracht een aanzienlijke horizontale radiale belasting uit, namelijk ongeveer 4,5 ton. In het contactvlak tussen wegdek en band treedt hierdoor een belasting op die zich vertaalt in een neiging tot afschuiven van de toplaag. Hoe groter de vervormbaarheid van de toplaag, hoe groter deze afschuiving.



Rechte weg: gelijkmatige verdeling van de last over de wielen.



Bocht: de last wordt gedeeltelijk overgedragen op het buitenste wiel.



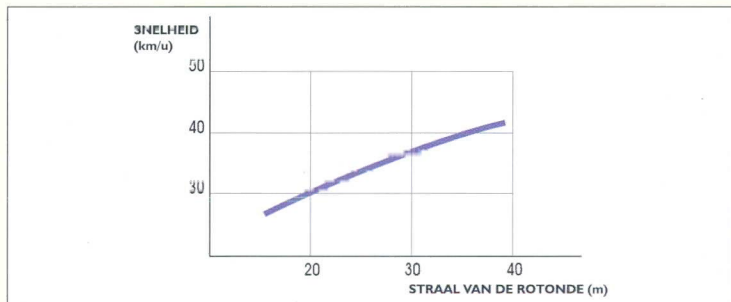
## Verband tussen straal en snelheid

Bij gelijk veiligheidsniveau geldt logischerwijze: hoe groter de straal van de rotonde, hoe groter de snelheid waarmee kan worden gereden. Uitgaande van een aanvaardbare veiligheidshypothese mag worden gesteld dat als de straal van 20 tot 40 m toeneemt, de snelheid van 30 tot 42 km/u kan worden opgevoerd.

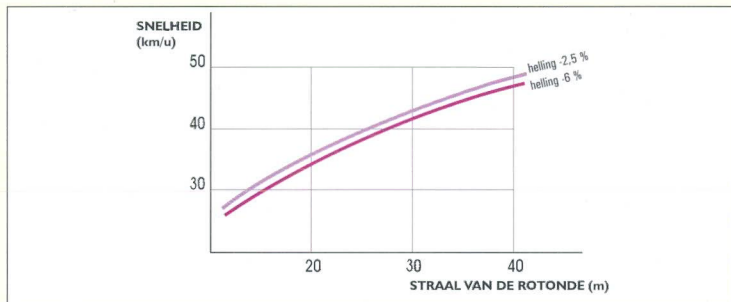
Bij het ontwerpen van rotondes wordt doorgaans een naar buiten afhellend wegdek voorzien, een zogenaamde negatieve verkanting. Hiervoor zijn verschillende redenen:

- het op- en afrijden van de rotonde verloopt gemakkelijker;
- de rotonde is bij het naderen ervan beter zichtbaar;
- regenwater wordt aan de buitenzijde afgevoerd.

Er werd vastgesteld dat in het limietgeval (het ogenblik waarop het voertuig hetzij kantelt, hetzij begint te slippen) en bij een negatieve verkanting oplopend van 2,5 tot 6 %, het verband tussen straal en snelheid slechts weinig wordt beïnvloed door de toename van de helling.



Verband tussen de straal van de rotonde en de snelheid van het voertuig (veiligheidshypothese).



Involed van de negatieve verkanting op de relatie tussen straal en snelheid (limietgeval).



## Belang van het randeffect

Uit dimensioneringsberekeningen blijkt dat in het geval van starre wegverhardingen, het spanningsverloop ingrijpend verandert wanneer de last bij de rand van de verharding komt.

Onderstaand diagram toont het spanningsverloop aan de rand van de weg, wanneer een last zich loodrecht op die rand, naar het midden van de weg verplaatst. De last wordt voorgesteld door een vierkant met zijde 25 cm.

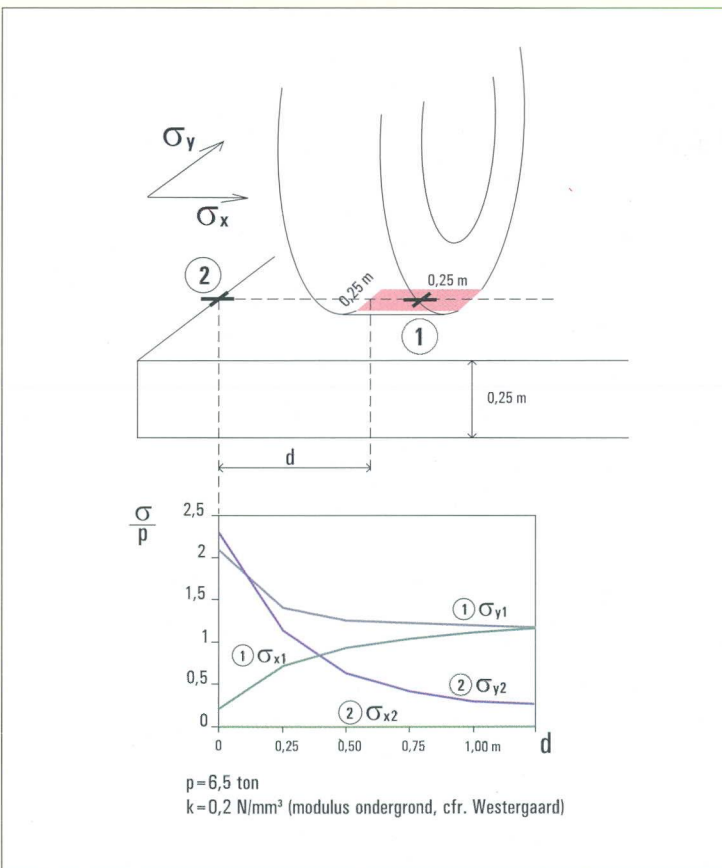
Het is duidelijk dat aan de rand van de weg de spanning in langsrichting ( $\sigma_y$  in ②) het hoogst is wanneer de last zich op die rand bevindt. Van zodra de last zich verwijderd, daalt  $\sigma_{y2}$  snel. Op 50 cm van de rand, is ze reeds meer dan drie maal kleiner.

$\sigma_x$  en  $\sigma_y$  in ① zijn de spanningen in de plaat onder de linkerkant van de last.

Het randeffect op een rechte weg kan volledig worden opgeheven door een extra breedte van 1 m te voorzien.

Bij dimensioneringsberekeningen van rotondes verdienen twee aspecten bijzondere aandacht:

- rijdt het voertuig aan de buitenrand van de verharding, dan wint het randeffect nog aan belang door de extra belasting op het buitenste wiel (zie hoger);
- ter hoogte van toe- en afritten wordt de rand van de verharding op een repetitieve manier belast.



Spanningsverloop aan de rand van een stijve verharding.



kunnen zich inderdaad snel ongewenste en grillige scheuren manifesteren. De ontwerper moet daarom van in het begin alle voegen nauwkeurig uittekenen. Is de rotonde bedoeld voor zwaar verkeer, dan moeten de voegen uiteraard met deuvels worden uitgerust. Om te vermijden dat voegen geblokkeerd raken, moet het plaatsen van de deuvels tijdens de uitvoering van de werken met zorg gebeuren.



(foto LH/FECEM)

Het gebruik van doorlopend gewapend beton biedt de volgende voordelen:

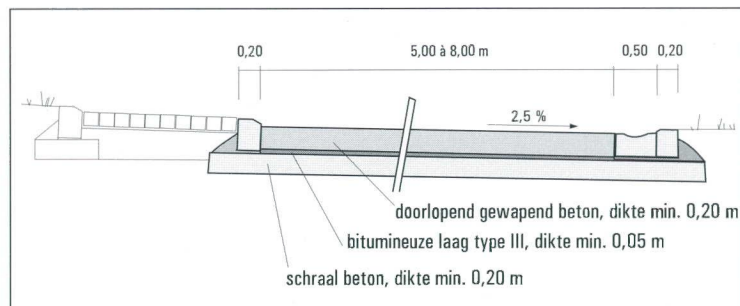
- de krachten afkomstig van draaiende en overhellende voertuigen worden door de wapening in dwarsrichting opgenomen;
- de wapening in langsrichting maakt klassieke krimpvoegen, zoals die in verhardingen van ongewapend beton toegepast worden, overbodig. Doordat de wapening continu doorloopt, is er geen gevaar voor belasting van plaathoecken.

In het geval van rotondes blijft het randeffect nochtans belangrijk. Bij het dimensioneren van verharding en wapening moet met deze bijzonder hoge belasting dan ook rekening worden gehouden.

## REALISATIES IN DOORLOPEND GEWAPEND BETON

In de streek van de Doornikse steengroeves, met hun zwaar en zeer druk verkeer, zijn de afgelopen jaren een aantal rotondes aangelegd.

Het type-dwarsprofiel dat voor deze rotondes werd weerhouden, is afgebeeld in onderstaande figuur.



Type-dwarsdoorsnede rotonde.

De wapening in de langsrichting volgt de kromming van de rotonde. In de dwarsrichting is de wapening zo geplaatst dat de tussenafstand tussen de staven, gemeten op één derde van de buitenrand, 70 cm bedraagt. De hoek tussen dwars- en langsstaven is 60°, dit om te vermijden dat krimpscheuren in de dwarsrichting zouden samenvallen met dwarsstaven.

Om randeffecten te voorkomen ter hoogte van de aansluiting met de toe- en afritten, worden deze laatste indien mogelijk eveneens in beton uitgevoerd. De lastoverdracht kan worden verzekerd door minstens om de 30 cm een staaf met diameter 16 mm te voorzien.

## GAURAIN-RAMECROIX

De eerste rotonde in doorlopend gewapend beton werd in mei 1995 gebouwd. Ze bevindt zich aan het eind van de N52, ter hoogte van de uitgang van de CCB site en een belangrijke industriezone. (zie eveneens foto op laatste pagina)

De diameter van het middeneiland bedraagt 70 m. De wegverharding van doorlopend gewapend beton heeft een dikte van 20 cm en rust op een fundering van schraal beton, waarop een gesloten bitumineuze laag van het type IIIC en met een dikte van 4 cm is aangebracht.

De langswapening bestaat uit staven met diameter 16 mm, geplaatst om de 15 cm en rustend op dwarsstaven van het type Oblifor. Deze zijn 14 mm dik; hun tussenafstand bedraagt 70 cm.

Het beton werd gestort tussen *vaste bekistingen* in één breedte van 8 m. Verdichting gebeurde door middel van vier trilnaalden en een trilbalk.

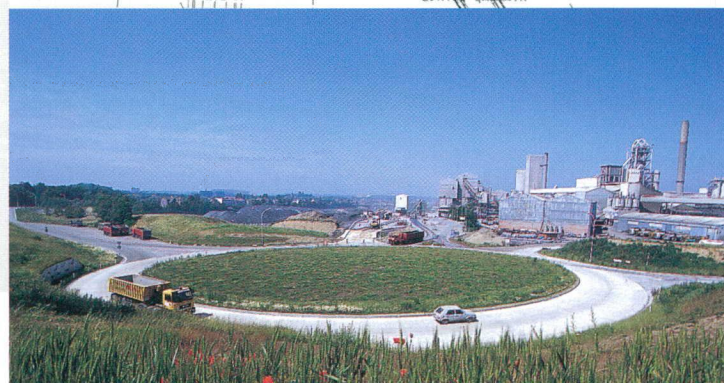
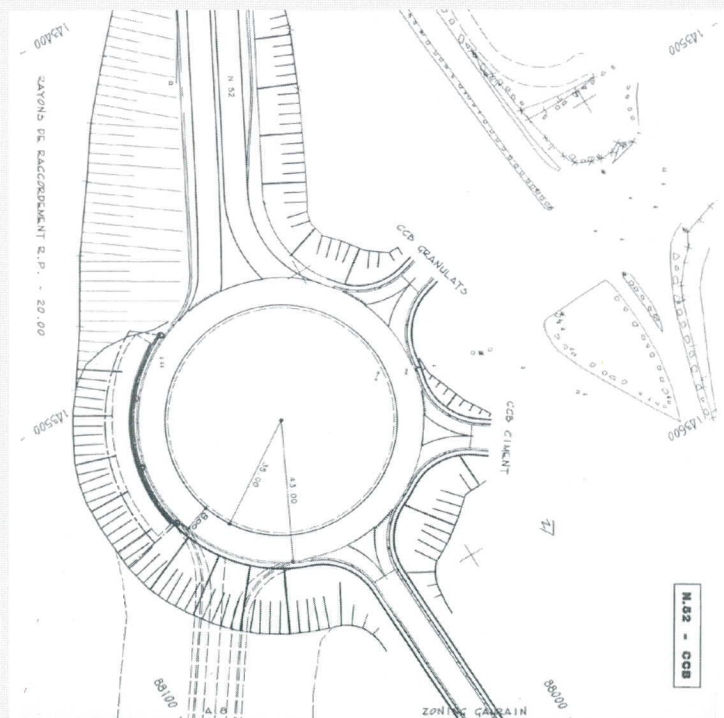
De bekisting was als volgt opgebouwd:

- rond het middeneiland: boordstenen van prefab beton;
- aan de buitenomtrek: gechaafde houten halkan, 1 m lang en 20,5 cm hoog, en gestut door een dam van gestabiliseerd zand. Waar nodig waren in die balken gaten geboord, waardoor wachtstaven staken.

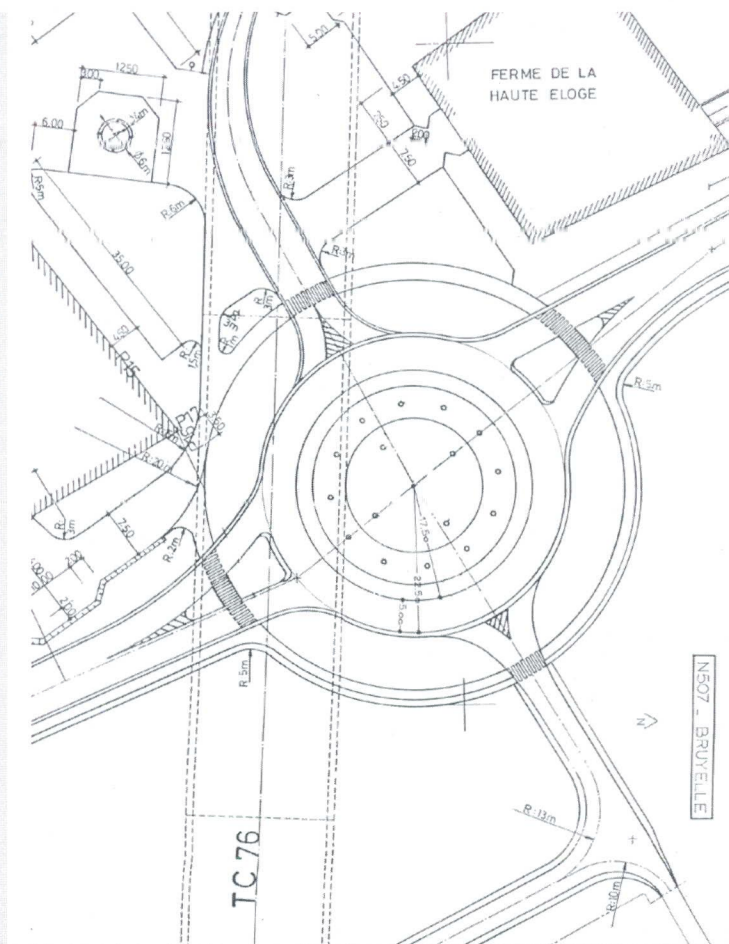
Het beton beantwoordt aan de voorschriften van het typebestek CCT W10. De samenstelling per m<sup>3</sup> beton luidt als volgt:

- porfiersteenslag verdeeld over de fracties 2/7 (250 kg), 7/20 (450 kg) en 20/32 (680 kg),
- 530 kg Rijnzand 0/5,
- 375 kg cement CEM III/A 42,5 LA,
- een plastificeermiddel,
- en 160 l water.

De oppervlaktebehandeling bestond uit een eenvoudig bezemen in dwarse richting. Om uitdroging te vermijden werd onmiddellijk daarna een curing compound (minimum 250 g/m<sup>2</sup>) aangebracht.







## BRUYELLE

Deze rotonde is gelegen op de N507 Doornik-Valenciennes, boven de HST spoorwegtunnel TC76. De betonverharding werd geplaatst op 31 oktober 1995.

De binnendiameter van de rotonde bedraagt 35 m. De betonverharding is 20 cm dik en rust rechtstreeks op een fundering van schraal beton. De wapening is vergelijkbaar met die van Gaurain-Ramecroix.

De uitvoering geschiedde in één breedte van 5 m, met behulp van *glijdende bekistingen*. Het betonneren was de dag zelf voltooid. Om de machine te kunnen schoonmaken moest ze over balken weggesleept worden. Alle nodige beschermingsmaatregelen werden getroffen om het jonge beton niet te beschadigen.

De verankering met toe- en afritten bestaat uit staven van 12 mm om de 50 cm.

Het beton voldoet aan de voorschriften van het typebestek CCT W10. De samenstelling is vergelijkbaar met die van het beton dat in Gaurain-Ramecroix werd gebruikt.

Het betonoppervlak werd in de dwarsrichting gebezemd en met een curing compound behandeld.

In het midden van de rotonde staan drie betonnen stèles, bekleed met mozaïeken van keramiektegels. Ze zijn het werk van de Doornikse kunstenaar *Dubrunfaut* en bedoeld als ode aan de jeugd (zie ook omslagfoto).



## MOESKROEN

De rotonde ligt op de N58 ter hoogte van de *carrefour du Chêne du Bus*. Ze werd gerealiseerd in twee dagen, namelijk op 30 april en 5 september 1996.

De realisatie gebeurde in één breedte van 8 m, met behulp van een machine met *glijdende bekistingen*.

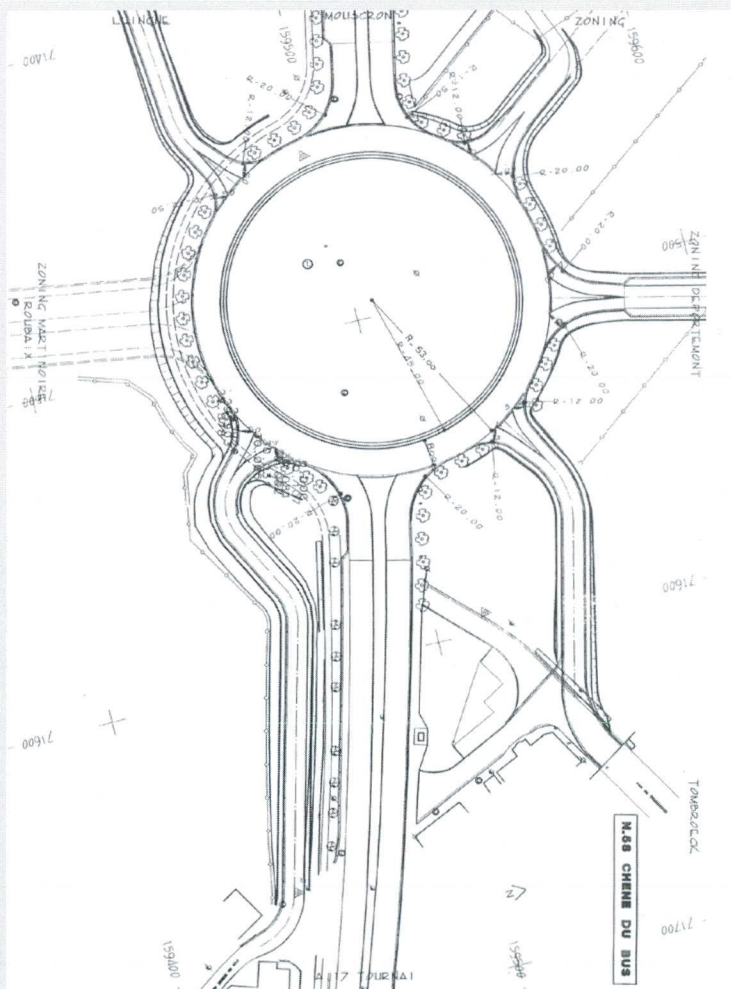
De betonsamenstelling is de volgende:

- porfiersteenslag 2/7 (292 kg), 7/20 (493 kg) en 20/32 (456kg),
- 563 kg Rijnzand 0/5,
- 400 kg cement CEM III/A 42,5 LA,
- plastificeermiddel,
- 170 l water.

Het betonoppervlak is chemisch uitgewassen.

De aansluitingen werden uitgevoerd met vaste bekistingen:

- boordstenen in prefab beton rond het middeneiland;
- gootelementen in prefab beton aan de buitenkant.







## ANTOING

Deze rotonde bevindt zich op de N500, vlakbij de CBR cementfabriek en de Cimescaut groeve. Ze werd aangelegd op 3 en 4 juli 1996 (zie foto's hiernaast).

De binnendiameter bedraagt 40 m. De verharding van doorlopend gewapend beton is 20 cm dik. Ze is aangebracht op een 6 cm dikke, gesloten bitumineuze onderlaag van het type III C, die op haar beurt op een fundering van schraal beton rust.

De langswapening bestaat uit staven van 16 mm om de 15 cm en steunt op Oblifor staven van 12 mm om de 40 cm.

De uitvoering van de 7,5 m brede verharding gebeurde met behulp van vaste bekistingen. Het beton is verdicht door middel van trilnaalden en een trilbalk.

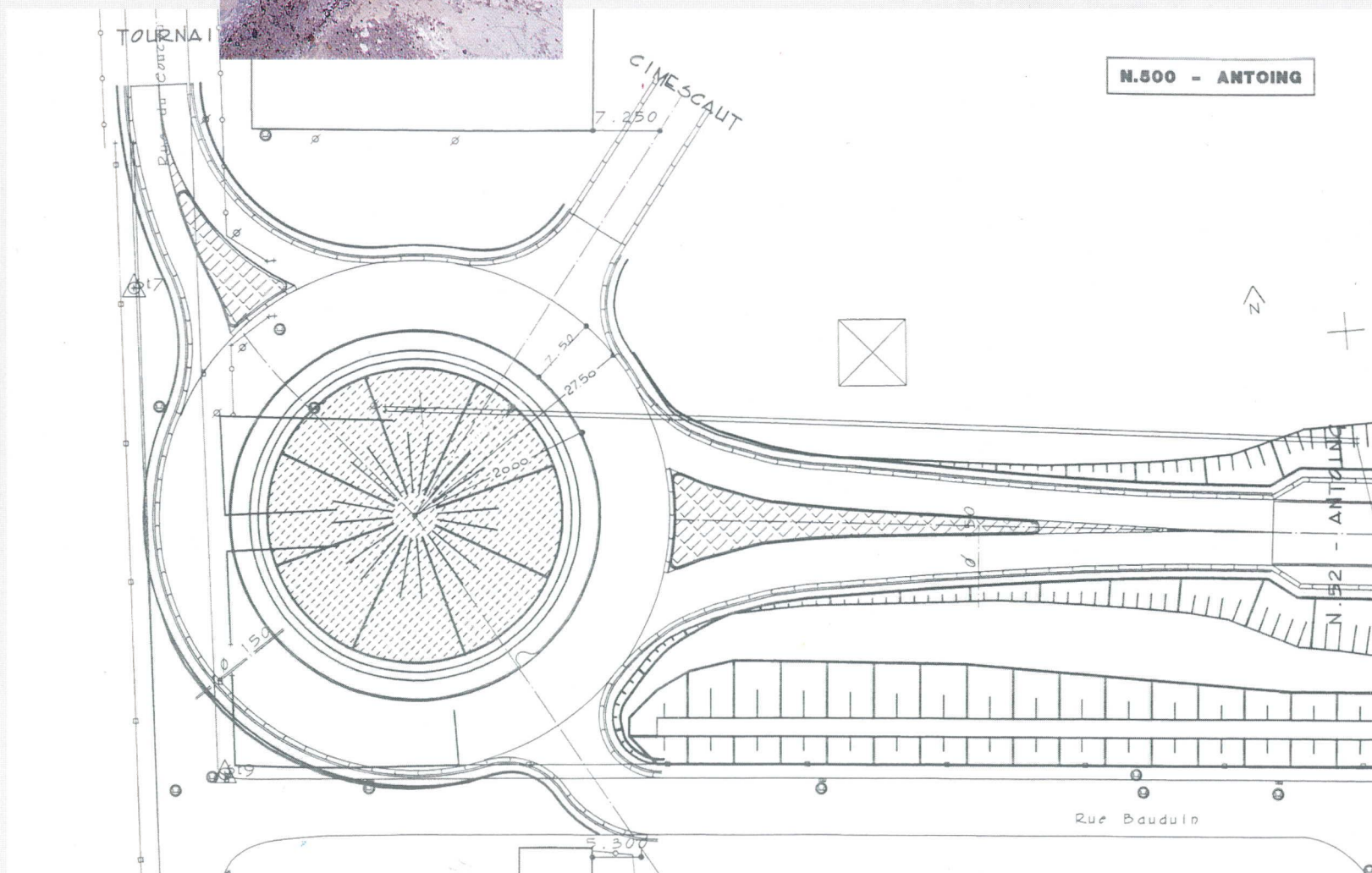
De bekistingen bestonden uit:

- rond het middeneiland, boordstenen in prefab beton;
- aan de buitenkant, geschaafde houten balken, 1 m lang en 20,5 cm hoog, gestut door een dam van gestabiliseerd zand.

De betonkwaliteit voldoet aan de voorschriften van het type-bestek CCT W10. De betonsamenstelling is dezelfde als die van de rotonde van Gaurain-Ramecroix:

- porfiersteenslag: 250 kg 2/7, 450 kg 7/20 en 680 kg 20/32,
- 530 kg Rijnzand 0/5,
- 375 kg cement CEM III/A 42,5 LA,
- plastificeermiddel,
- 160 l water.

Het betonoppervlak werd afgewerkt door het in de dwarsrichting te bezemen, waarna het met een curing compound is behandeld.











dit bulletin is een publicatie van :  
FEBELCEM - Fédération van de  
Belgische Cementnijverheid  
Vullasstraat 0 - 1050 Brussel  
tel. (02) 645 52 11  
fax (02) 640 06 70  
www.febelcem.be

auteur :  
ir. A. Jasienski

foto's :  
M. Gronemberger  
tenzij anders vermeld

verantw. uitgever :  
J.P. Jacobs

wettelijk depot:  
D/2003/0280/12  
(herdruk, november 2003)



## BESLUIT EN AANBEVELINGEN

Zwaar verkeer stelt het wegdek van een rotonde erg op de proef. Verhardingen van doorlopend gewapend beton moeten dan ook correct worden gedimensioneerd. Aan de hand van controleberekeningen werd het mogelijk de noodzakelijke staafdiameters van langs- en dwarswapeningen aan te passen en de vereiste dikte van de verharding te bepalen.

Ondertussen is reeds het scheurgedrag onderzocht van de rotondes van Gaurain-Ramecroix en Bruyelle, met de bedoeling de bij de berekeningen gemaakte aannames te toetsen. Zonder in detail te treden, bevestigt deze analyse dat voor wat het scheurgedrag betreft, de verharding van deze rotondes zich op dezelfde wijze gedraagt als een verharding in doorlopend gewapend beton op een rechte weg. Het aantal scheuren dat waargenomen werd aan de buitenkant is gelijk aan het aantal scheuren aan de binnenkant. Uiteraard liggen de scheuren in het eerste geval verder uit elkaar. Uit dit onderzoek van scheurwijdte en -tussenafstand blijkt alleszins dat de hechting van de verharding aan de onderlaag het gedrag van het doorlopend gewapend beton gunstig beïnvloedt.

Samengevat, voor rotondes op gewestwegen, met zwaar en druk verkeer, wordt de type-dwarsdoorsnede best als volgt opgebouwd:

- onderfundering met dikte 30 cm. De samenstelling wordt bepaald in functie van de aard en het draagvermogen van de ondergrond.
- fundering in schraal beton met een dikte van minimum 20 cm. Aan de rand en over een breedte van 1 m kan deze waarde opgevoerd worden tot 30 cm. Bij het vastleggen van de dikte moet rekening worden gehouden met de gebruikte uitvoeringsmethode: deze moet eenvoudig, snel en tegelijk kwalitatief performant zijn.
- gesloten bitumineuze tussenlaag type III, 5 cm dik
- verharding in doorlopend gewapend beton met een dikte van 23 of 25 cm

Bij het dimensioneren van een rotonde moet natuurlijk ook steeds rekening worden gehouden met de lokale omstandigheden.

Tenslotte, de textuur van het betonoppervlak kan zonder probleem gekozen worden in harmonie met de omgeving en overeenkomstig de stedenbouwkundige bepalingen. Dit is mogelijk door de keuze van een geschikte oppervlaktebehandeling of eventueel het gebruik van kleurpigmenten.

*Dit bulletin kwam tot stand dankzij de medewerking van  
dlr. B. Van Mol, Hoofdingenieur  
dlr. R. Dumont, Hoofdingenieur - Diensthofd  
(Direction des Routes de Mons du M.E.T.)*