

**Samenvatting**

Als onderdeel van de aanleg van de nieuwe N201 nabij Aalsmeer, wordt een tunnel gebouwd onder de Ringvaart van de Haarlemmermeerpolder. Bij dit project is voor het eerst in Nederland op grote schaal gewapend onderwaterbeton toegepast dat zowel in de tijdelijke als in de definitieve fase een waterdichte en constructieve functie heeft.

Nauwe afstemming tussen ontwerp en uitvoering, goede risicobeheersing en een gedegen voorbereiding hebben er toe geleid, dat er een waterdichte en kwalitatief hoogwaardige vloer is gerealiseerd.



**Figuur 1** Vliegverkeer boven de bouwkuip.

# Gewapend onderwaterbeton: een waterdichte oplossing

## Het project N201 en de tunnel onder de Ringvaart

De N201 vervult voor de regio Aalsmeer een belangrijke functie. Deze provinciale weg verzorgt de aansluiting met de A4 en de A9. Daarnaast is de weg van groot economisch belang voor de Bloemenveiling Aalsmeer en het nabij gelegen Schiphol.

De huidige N201 is verouderd en leidt tot veel filevorming. De nieuwe en verlegde N201 zal de dorpskernen Aalsmeer en Uithoorn moeten ontlasten en zal tevens de nieuw aan te leggen industrieterreinen moeten ontsluiten.

De nieuwe N201 kruist de Ringvaart. Ten behoeve van deze kruising wordt een tunnel aangelegd, zie *figuur 2*. Aansluitend op de kruising met de ringvaart dient de tunnel tevens het gebied de Bovenlanden te kruisen. Dit is een veengebied met een fijnmazig net van watergangen, waaraan

belangrijke natuurwaarden worden toegekend. Het gevolg hiervan is, dat dit gebied met een gesloten tunnel gekruist moet worden. De tunnel dient vervolgens een aantal lokale wegen te kruisen. Al met al heeft de tunnel een lengte van ca. 1,4 km.

De diepe delen van de tunnel zijn uitgevoerd

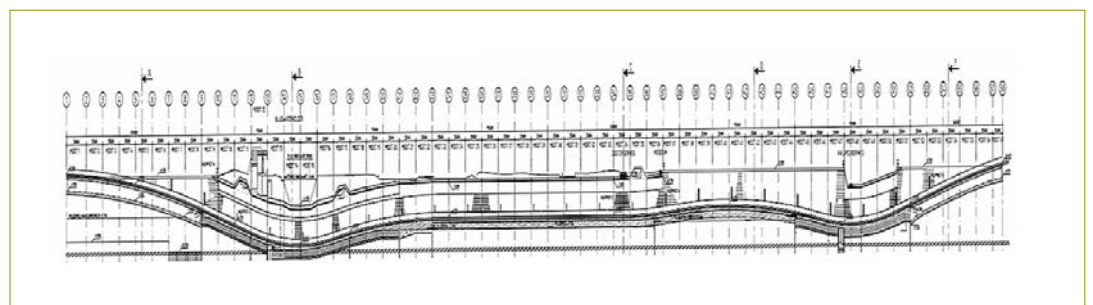
met gewapend onderwaterbeton. In totaal is over een lengte van ca. 500 m. gewapend onderwaterbeton toegepast. Voor de overige delen geldt dat het alignement dusdanig is verhoogd, dat de tunnel hier als definitieve polderconstructie uitgevoerd kon worden.

De tunnel bevindt zich in de directe nabijheid van de Aalsmeerbaan van Schiphol. Het vliegverkeer heeft een grote invloed gehad op de uitvoering en het ontwerp van de tunnel.

## Het bodemprofiel

Het bodemprofiel is tamelijk homogeen en kan als kenmerkend voor deze regio worden omschreven. Over het lengteprofiel van de tunnel wordt vanaf maaiveld eerst 3 à 4 m. veen aangetroffen. Vervolgens afwisselend een kleilaag (met sporen zand en veen), een zandlaag en opnieuw een kleilaag. Op ca. -11,0 m. NAP bevindt zich een dunne afsluitende veenlaag. Daaronder wordt het pleistocene zand aangetroffen.

Van belang is het feit dat het peil in de ringvaart en het naastgelegen gebied de Bovenlanden



**Figuur 2** Lengteprofiel tunnel

zich bevindt op ca. -0.5 m. NAP. Het polderpeil van de naastgelegen polders (de Haarlemmermeerpolder en de Oosteinderpoelpolder) bevindt zich aanzienlijk lager, namelijk op ca. -5,0 m. NAP. De stijghoogte in het pleistocene zand is met -4,5 m. NAP iets hoger dan de polderpeilen.

### Waarom gewapend onderwaterbeton?

Een belangrijk voordeel van de toepassing van gewapend onderwaterbeton als definitieve constructie is de combinatie van de tijdelijke en de definitieve vloer, waardoor één betonvloer bespaard wordt. Afgeleide voordelen hiervan zijn dat minder diep ontgraven hoeft te worden en dat de opwaartse belasting op de onderwaterbeton vloer minder groot is.

Toch wordt in de praktijk meestal niet gekozen voor deze oplossing. De belangrijkste reden hiervoor is het risico ten aanzien van waterdichtheid van de vloer in de definitieve fase.

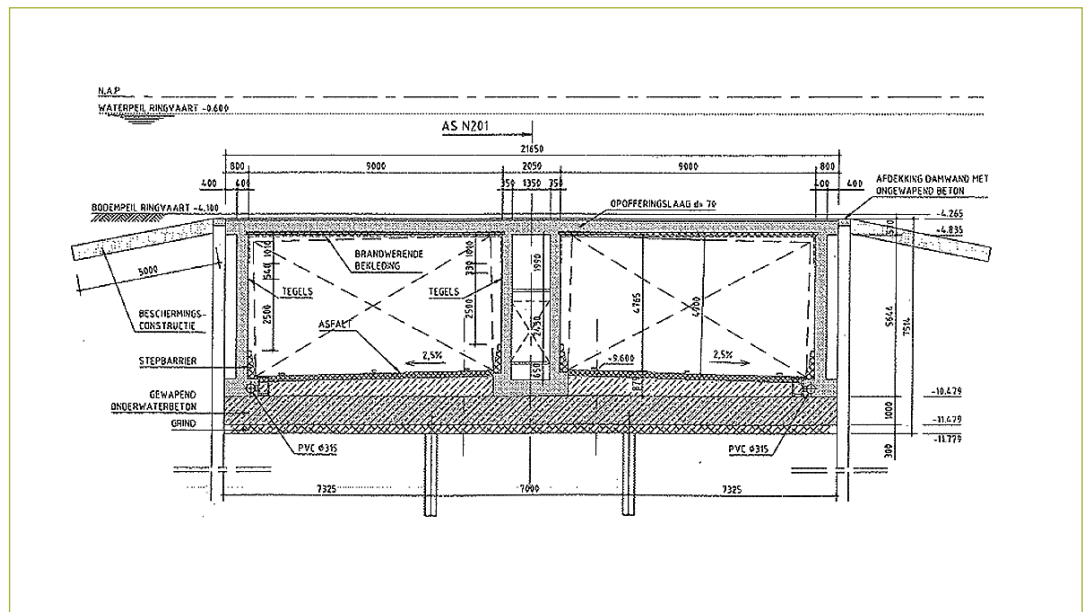
Bij het project N201 is echter sprake van enkele specifieke randvoorwaarden die de toepassing van gewapend onderwaterbeton aantrekkelijk maken.

Als gevolg van de lage polderpeilen is bij de tunnel sprake van relatief lage opwaartse belastingen. Daardoor is in de definitieve situatie sprake van een neerwaarts gerichte resultante en in de tijdelijke situatie van een relatief lage opwaarts gerichte resultante. Bij toepassing van traditioneel ongewapend onderwaterbeton zou dit er toe leiden dat de palen slecht uitgenut worden, omdat de paalafstanden klein moeten zijn. Bij toepassing van gewapend onderwaterbeton kunnen grote paalafstanden gerealiseerd worden en kunnen de palen wel uitgenut worden, hetgeen tot een economisch ontwerp leidt.

Zo is een ontwerp tot stand gekomen waarbij er twee palenrijen zijn toegepast en waarbij daarnaast de damwanden verticaal dragend zijn.

In de dwarsdoorsnede ontstaan zo 3 velden van ca. 7 m. zie *figuur 3*. De posities van de palen is daarbij dusdanig gekozen dat in de definitieve situatie de momentennulpunten van de vloer zich boven de palen bevinden. Aangezien in de tijdelijke situatie zich de trek aan de bovenzijde van de vloer bevindt, leidt dit er toe dat ter plaatse van de palen uitsluitend praktische wapening in het ondernet van de vloer toegepast hoeft te worden. Dit heeft uiteraard grote voordelen in de uitvoering, met name bij het onder water plaatsen van de wapeningskorven.

De dwarsdoorsnede toont dat de damwanden



**Figuur 3** Dwarsprofiel tunnel.

achter blijven en zowel in de tijdelijke als in de definitieve situatie een dragende functie hebben. De nabijheid van Schiphol heeft hierin een doorslaggevende rol gespeeld. Het vliegverkeer vanaf en naar de Aalsmeerbaan heeft tot belangrijke restricties geleid ten aanzien van obstakels die zich in het bereik van de Aalsmeerbaan bevinden. Ondanks goed en intensief overleg met Schiphol leidt dit tot een zeer beperkt aantal effectief werkbare uren per dag, waardoor het inbrengen van de damwanden een tijdrovende activiteit is geweest, zie *figuur 1*. Het verwijderen van de damwanden was om die reden geen optie. Daarnaast was het ter plaatse van de dijkdoorsnijdingen met de waterkeringen bij de ringvaart sowieso al noodzakelijk de damwanden te handhaven. Mede door de toepassing van gewapend onderwaterbeton kon met het gebruik van de damwand een economische oplossing bereikt worden. Immers, teneinde de damwanden verticaal dragend te maken hoefden deze maar in beperkte mate langer te worden.

### Uitvoering en detaillering

De uitvoering van gewapend onderwaterbeton komt op hoofdlijnen overeen met de uitvoering van traditioneel ongewapend onderwaterbeton. Het feit dat de damwand en het onderwaterbeton zowel in de tijdelijke als de definitieve situatie een functie hebben, leidt tot specifieke detaillering die extra aandacht behoeft. In het bijzonder de aansluiting tussen de damwand en de onderwaterbeton vloer is van belang. Zowel in de tijdelijke als in de definitieve situatie dient deze aansluiting waterdicht te zijn en dient er

belasting overgedragen te worden.

Er is voor gekozen om separaat een tijdelijke en een definitieve verbinding te maken. De tijdelijke verbinding wordt verkregen middels ribbels die op de damwand zijn gelast, voordat de damwand wordt ingebracht, zie *figuur 4*. De ribbels worden op de lange zijde van de damwandplank aangebracht. Door de gronddruk achter de damwand worden de ribbels in de inkassing van de damwand goed opgesloten en kunnen ze goed functioneren. Tevens minimaliseren ze de kans op grindnesten bij het storten van het beton. De definitieve verbinding tussen damwand en onderwaterbeton vloer wordt vervolgens in den droge gerealiseerd, middels een betonnen opstort. Op deze wijze kan een optimale aansluiting worden gegarandeerd en is het risico op een watervoerende verbinding geminimaliseerd.

De grootste afwijking van de toepassing van gewapend onderwaterbeton, is uiteraard het feit dat onderwater wapening geplaatst dient te worden alvorens beton kan worden gestort. Daartoe wordt in eerste instantie een oplegconstructie voor de wapeningskorven geplaatst. Deze oplegconstructie bestaat uit een frame van UNP-liggers dat onder water exact op hoogte wordt gesteld. Daartoe worden opleggingen gebruikt op de damwand en op de vooraf gemaakte palen.

De wapeningskorven kunnen vervolgens op de oplegconstructie worden geplaatst. Het ontwerp van de wapeningskorven wordt door veel factoren bepaald. Om te beginnen bepaalt de krachtswerking en de eisen aan beperking van scheurvorming uiteraard de hoeveelheid toe





**Figuur 4** Ribbels op damwand.

te passen wapening, alsmede de toe te passen staafdiameters en de staafafstanden. Het onder water storten van beton vraagt daarbij om maximale staafafstanden. Tevens dient bij de detaillering concentratie van wapening te worden voorkomen, bijvoorbeeld bij de aansluiting met de palen.

Het wapeningsnet wordt geprefabriceerd en opgebouwd uit een groot aantal wapeningskorven. Deze korven dienen bij het plaatsen als een puzzel in elkaar te passen, waarbij de eisen aan de laslengtes voor de wapening geborgd dienen te worden. Ook de afstand tussen de stempels speelt een belangrijke rol bij het ontwerp van de wapeningskorven, zie *figuur 5*. Het is van belang dat het proces van het plaatsen van de wapening goed wordt voorbereid; elke unieke korf dient op het juiste moment aangevoerd te worden en op de juiste positie te worden geplaatst.

### Conclusie

De toepassing van gewapend onderwaterbeton bij het project N201 heeft aangetoond dat het goed mogelijk is om op grote schaal een kwalitatief goede en waterdichte vloer te realiseren. De ontwerper en de uitvoerder hebben bij de realisatie van een gewapend onderwaterbeton vloer diverse tegengestelde belangen. Er kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de wens tot grote staafafstanden vanuit uitvoeringsoogpunt tegenover de wens tot kleine staafafstanden vanuit de optiek van de ontwerper (beperking scheurvorming).

Derhalve kan deze oplossing gekenmerkt worden als een product van een goed design & constructieproces. Daarnaast is een goed beheer van de risico's en een gedegen werkvoorbereiding van groot belang voor een goede en waterdichte vloer.



**Figuur 5** Plaatsen wapening.

### Betrokken partijen N201

**Opdrachtgever:** Provincie Noord-Holland  
**Aannemer:** Combinatie Heijmans-Boskalis  
**Ontwerpde partijen:** Witteveen en Bos, Breijl en Grontmij. ■