



Onderdoorgang Fortweg in spoortracé Utrecht CS – Houten

Van overweg naar onderdoorgang

Het spoortracé tussen Utrecht CS en Houten wordt uitgebreid van twee naar vier sporen. Onderdeel van de werkzaamheden is de vervanging van een overweg door een onderdoorgang. Hiertoe is naast de spoorbaan een viersporig spoordek gebouwd dat in een 52-urige buitendienststelling van het spoor in het tracé is geschoven. Aansluitend wordt onder het ingeschoven spoordek de feitelijke onderdoorgang gebouwd. In dit artikel wordt ingegaan op de voorbereiding, het ontwerp en de uitvoering van de onderdoorgang.

De spoorverdubbeling tussen Utrecht en Houten is onderdeel van het VleuGel/RSS project (Vleuten-Geldermalsen, Rand-StadSpoor). Dit traject telt nog één overweg, die de Mereveldseweg in Bunnik verbindt met de Fortweg en Oud Wulfseweg in Houten. Deze overweg voor bestemmingsverkeer heeft een belangrijke functie voor doorgaand fietsverkeer tussen Houten en Utrecht. Overwegen zijn niet toegestaan bij meer dan twee sporen; daarom wordt deze vervangen door een onderdoorgang. Dagelijks maken veel fietsers gebruik van de route; bij het ontwerp van de onderdoorgang is de fietser daarom als uitgangspunt gekozen. Een eerste ontwerp van de onderdoorgang haaks onder de sporen was weliswaar goedkoper, maar door de extra bochten en af te leggen meters niet acceptabel. De ontwerpogave bestond eruit om binnen het beschikbare budget een optimale oplossing te vinden voor de afmetingen van de onderdoorgang en een zo scherp mogelijke kruisingshoek met de spoorbaan. Dit heeft geleid tot de volgende eisen, die in het D&C-contract zijn opgenomen (fig. 2):

- Een kruisingshoek met de spoorbaan van 35°, wat resulteert in een circa 52 m lang dek (ter vergelijking: bij een haakse kruising zou het dek slechts 26 m lang zijn).
- Een doorrijhoogte voor fietsers van 2,50 m, een breedte (inclusief schrikstrook) van 4,00 m en maximale hellingen van 5%.
- Een vrije hoogte voor voetgangers van 2,40 m, een breedte van 1,00 m en maximale hellingen van 5%.
- Een doorrijhoogte voor wegverkeer van 4,25 m, een breedte van 4,50 m en maximale hellingen van 8%.

Vanwege de beperkte breedte van de rijweg wordt voorzien in een verkeersregelininstallatie (VRI). Bijzonder hierbij is de aparte bedienknop voor ruiters, waarmee een grotere tijdsruimte voor passage wordt ingesteld. Daarnaast zijn in het D&C-contract eisen opgenomen voor het hemelwaterafvoersysteem en de verlichting van de onderdoorgang.

In verband met de planologische procedures was het noodzakelijk vóór de contractvorming al zekerheid te hebben over de goedkeuring van de vormgeving door de welstandscommissie. Hiervoor is een vormgevingsdocument opgesteld, dat met teksten en beelden genoeg informatie bevat voor de beoordeling door de welstandscommissie en dat na goedkeuring als bindend document in het D&C-contract is opgenomen.

In het contract zijn geen specifieke eisen opgenomen voor de moottindeling van de wanden en het dek, noch voor de wijze van funderen en van uitvoeren. Het doel hiervan is de opdrachtnemer zoveel mogelijk vrijheid te bieden in de verdere ontwerpuitwerking.

Ontwerp en uitvoering

Na gunning van het project VleuGel/RSS Onderbouw Utrecht Lunetten – Houten is het ontwerptraject opgepakt. Dit ontwerptraject was gesplitst in een Definitief Ontwerp (DO-fase) en een Uitvoeringsontwerp (UO-fase). Er is voor gekozen het DO dusdanig gedetailleerd uit te werken dat het UO slechts 'tekenwerk' betrof, feitelijk dus het produceren van vorm- en wapeningstekeningen.



2

- 3 Aanbrengen damwanden parallel aan en dwars door spoor en aanbrengen van stalen buispalen in eerste buitendienststelling
- 4 Schuifbanen en schuifvijzels t.b.v. inschuiven dek in tweede buitendienststelling

Voor de start van het DO zijn eerst de keuzes uit het Aanbiedingsontwerp nog eens tegen het licht gehouden. Er is bewust gekozen hiervoor de nodige tijd in te plannen om uiteindelijk te komen tot een optimaal ontwerp. In deze fase zijn het ontwerpende team en het uitvoerende team samen opgetrokken en is gekeken naar de mogelijkheden en de beschikbare (nieuwe) technieken. Tevens is in deze fase gekozen voor huisvesting bij elkaar op één kantoor. Dit is door alle partijen als zeer positief ervaren. Ontwerp en Uitvoering konden zo bij elkaar binnenlopen en problemen tot in het kleinste detail bespreken. Zo kan de uitvoering al in een vroeg stadium worden vereenvoudigd en een maakbaar ontwerp worden uitgewerkt dat wordt gedragen door het gehele team.

Oorspronkelijke uitvoering

Het ontwerp had van begin af aan een aantal beperkingen. Zo lagen de locatie, kruisingshoek, breedte van de onderdoorgang, wegindeling en vormgeving op voorhand vast. Het vormgevingsdocument, opgesteld door de architect, gaf in visualisaties de eindsituatie duidelijk weer. Hiermee werd de ontwerpvrijheid ingeperkt en gaf enkel de uitvoeringswijze nog mogelijkheden.

Oorspronkelijk was de uitvoering als volgt gedacht:

- 1 aanbrengen damwanden parallel aan spoor in eerste buitendienststelling;
- 2 bouw toerit oost en west in bouwkuip van damwanden en afgesloten door onderwaterbeton;
- 3 betonwerk vloeren en wanden van toeritten;
- 4 verhoogd voorbouwen van complete spoordek;
- 5 aanbrengen damwand door het spoor in tweede buitendienststelling;
- 6 inschuiven en op hoogte afvijzelen van spoordek in derde buitendienststelling;
- 7 vrijgraven gedeelte onder het spoor d.m.v. bemaling en aanbrengen verticale trekankers;
- 8 op laten komen waterpeil en aanbrengen onderwaterbeton onder spoordek;
- 9 afbouw tunnel.

Overwegingen uitvoering

Deze uitvoeringsvolgorde had echter wat haken en ogen. Zo bleek het inschuiven en aflaten van het dek in een 52-urige buitendienststelling niet haalbaar en zou bemaling onder het dek te risicovol zijn vanwege te grote doorlatendheid van de lokale grondslag. Ook was gedacht het dek in te schuiven met



3

op staal gefundeerde betonplaten en deze daarna af te laten op de damwandconstructie. Dit bleek beide constructief uiteindelijk niet haalbaar vanwege de lokaal zeer slechte grondslag.

Het inschuiven van het spoordek bleek in de ontwerpkeuzes een leidende factor te zijn. Enkele ideeën, zoals het in twee delen inschuiven van het spoordek of het inschuiven van een complete tunneldoorsnede, hebben de revue gepasseerd. Uiteindelijk zijn twee belangrijke keuzes gemaakt.

Allereerst is ervoor gekozen niet meer te schuiven op een tijdelijke fundering op staal, maar te kiezen voor stalen buispalen. Dit had als bijkomend voordeel dat deze palen tevens als definitieve fundering kunnen fungeren, zowel in de vorm van trekpalen in de bouwfase als van drukpalen in de gebruiksfase. Hiermee was het probleem van het funderen op damwand en het risico van de bemaling weggenomen. Toepassing van betonpalen zou teveel risico's op onvolkomenheden (beschadigingen) geven. Dit zou in een buitendienststelling van het schuiven van het dek voor problemen kunnen zorgen. In staal zijn eventuele onvolkomenheden nu eenmaal gemakkelijker te corrigeren. Nadeel van deze keuze is dat de buispalen in een buitendienststelling moesten worden aangebracht. Uiteindelijk is dit gecombineerd met het aanbrengen van de damwand in en onder het spoor en is een extra buitendienststelling niet nodig gebleken.



4

Ten tweede is ervoor gekozen het spoordek in te schuiven op de definitieve hoogte. Het vervelende bijkomende effect was dat dit gevolgen had voor de uitvoeringsvolgorde in het reguliere betonwerk en daarmee ook de totale doorlooptijd. Er zijn namelijk betonwanden van de toeritten die doorlopen tot bovenkant van de rand van het dek. Dit betekent dat deze wanden pas na het inschuiven kunnen worden gerealiseerd. Deze wanden moeten namelijk volgens het vormgevingsdocument over de volle hoogte worden voorzien van een ribbelstructuur die ook weer vloeiend moet aansluiten op een ribbelstructuur in het dek. Het maken van een horizontale stortnaad in deze wand zou voor de in CUR-Aanbeveling 100 'Schoon beton' gestelde eisen niet haalbaar zijn en gaf tevens een risico voor aansluiting van de ribbelstructuur in hoogte tussen dek en wand. Uiteindelijk heeft deze keuze tot gevolg dat in de afbouwfase een versnelling van de planning noodzakelijk is.

Afsluitend op de elementaire ontwerpkeuzes is nog gekeken naar een optimalisatie van de uitvoeringsmethodes. Voornamelijk is gezocht naar alternatieve mogelijkheden voor een bouwkuip van onderwaterbeton. Uit nader onderzoek bleek dat de lokale grondslag zeer geschikt was voor het toepassen van waterglasinjectie als bodemafsluiting in plaats van onderwaterbeton. Hoewel deze oplossing financieel geen enorme voordelen bood, bleek het toch aantrekkelijk hierin meer ervaring op te doen. Daarnaast bood het ook voordelen in de snelheid van uitvoeren.

Definitieve uitvoering

Uiteindelijk hebben bovenstaande keuzes in de volgende ontwerpvolgorde geresulteerd:

- 1 aanbrengen damwanden parallel aan en dwars door het spoor en aanbrengen stalen buispalen in een eerste buitendienststelling (foto 3);
- 2 bouw toerit oost en west in een bouwkuip van damwanden met waterglasinjectie als bodemafsluiting;
- 3 betonwerk vloeren en wanden van toeritten voor zover mogelijk;
- 4 voorbouwen van complete spoordek;
- 5 inschuiven van spoordek in een tweede buitendienststelling;
- 6 nat ontgraven onder het dek d.m.v. cutterzuiger;
- 7 aanbrengen onderwaterbeton onder spoordek;
- 8 afbouw tunnel.

Het inschuiven van het spoordek zelf kende ook nog voldoende uitdagingen. De scheve kruisingshoek zorgde voor enkele randvoorwaarden die het schuiven in de doorlooptijd verzwaarden, terwijl maar 52 uur beschikbaar was. Het dek werd vanwege deze hoek (ca. 35°) veel langer, waardoor de schuifafstand fors toenam (foto 1). Dit had niet alleen gevolgen voor de doorlooptijd van het feitelijke schuiven, maar ook voor de opbouw van de schuifconstructie op de buispalen (foto 4) die veel langer wordt (meer buispalen afbranden, meer schuifbalken monteren enz.).



5

Daarbij ligt de voorbouwlocatie van het dek verder van het spoor om de tijdelijke stempeling overeind te kunnen houden. Door de scheve kruisingshoek is het damwandscherm evenwijdig aan het spoor dusdanig lang dat een zware stempeling naar de zijdelingse damwanden noodzakelijk is. Deze stempeling ligt op het niveau van het dek en kan pas worden verwijderd als het spoor uit dienst is.

Schoon beton

De vormgeving van de onderdoorgang is in het aanbestedingsdossier vastgelegd in een 'Architectonisch Vormgevingsdocument'. In dit document is voor het zichtbeton CUR-Aanbeveling 100 'Schoon Beton' van toepassing verklaard. Dit document omvat voor het zichtbeton onder meer de navolgende bepalingen:

- beoordelingsklasse B1 voor in het werk gestort beton;
- beoordelingsklasse B2 voor prefab beton;
- de kleur van het beton moet een blijvende lichte kleur hebben, grijschaal A met een tolerantie van maximaal 1 grijschaal;
- de betonwanden moeten worden voorzien van een horizontale lijnstructuur d.m.v. bekistingsmatten.

Bekisting

Om de gevraagde horizontale belijning te verkrijgen zijn 'bekistingmatten' van polystyreenplaten toegepast (foto 5). Hierbij is de belijning in het polystyreen gefreesd en is het oppervlak van het polystyreen met een harde gladde polyurethaan toplaag afgewerkt.

In verband met de fijne belijning was het niet mogelijk centerpennen met standaard conussen toe te passen. Conussen met een vlakke voorzijde zouden in het oppervlak extra duidelijk aftekenen en de profilering op de 'bekistingsmat' beschadigen. Om toch centerpennen bij deze profilering te kunnen toepassen zijn hiervoor speciaal conussen in de juiste kleur en in de juiste profilering geproduceerd (foto 7).

Betonmengsel

Om te bepalen of aan grijschaal A zou kunnen worden voldaan, is vooraf een aantal tegels gemaakt (foto 6). In de bekisting van deze tegels is de gewenste horizontale lijnstructuur verwerkt. Met betrekking tot de betonsamenstelling was een lastige bijkomstigheid dat er met drie verschillende betonsterkteklassen moest worden gewerkt, met elk een eigen grijs-tint: sterkteklasse C28/35, sterkteklasse C35/45 en C28/35 in de uitvoering van zelfverdichtend beton.

Uiteindelijk is een betonmengsel gekozen op basis van CEM III/B, waarbij aan elk betonmengsel als vulstof kalksteenmeel is toegevoegd. Met het toevoegen van kalksteenmeel wordt de hoeveelheid fijn materiaal in het betonmengsel verhoogd ($\leq 0,250$ mm), waardoor een stabiel betonmengsel wordt verkregen. Het kalksteenmeel werkt tevens positief om een zo licht mogelijke kleur te bereiken.

De eerste wand is gestort met zelfverdichtend beton op basis van kalksteenmeel. Na het ontkisten bleek dat zich in het betonoppervlak lokaal en dan met name aan de bovenzijde van de golvende lijnstructuur, zwarte vegen aftekenden.



- 5 Gefreesde polystyreen platen met gladde harde toplaag t.b.v. realiseren profilering
- 6 Speciaal op kleur en vorm geproduceerde conussen
- 7 Tegels t.b.v. aantonen gewenste grijschaal bij verschillende betonsterkteklassen

6

Na onderzoek bleek dat de zwarte vegen werden veroorzaakt door koolstof uit vliegas dat fabrieksmatig aan het CEM III/B was toegevoegd. Dit is opgelost door een ander hoogovenement toe te passen.

Koelen beton

In CUR-Aanbeveling 100 staat voor scheurvorming een maximaal toelaatbare scheurwijdte van 0,1 mm voorgeschreven. Om aan deze bepaling te kunnen voldoen is het beton van de wanden door middel van een inwendig koelsysteem in de eerste fase van de verharding gekoeld. Door met name de lange mootlengtes die zijn toegepast en door het toepassen van zelfverdichtend beton, wat scheurgevoeliger is dan traditioneel beton, is uiteindelijk aan deze bepaling niet geheel voldaan.

De onderdoorgang Fortweg oogt naar verluidt als een eenvoudige onderdoorgang uit zoveel, maar vanwege de vormgevings-eisen en de scheve kruisingshoek is het een technisch uitdagende constructie geworden. ☒



7

CUR-Aanbeveling 100
CUR-Aanbeveling 100 'Schoon beton' is beschikbaar op
www.cur-aanbevelingen.nl



● PROJECTGEGEVENS

opdrachtgever & bouwmanagement ProRail
opdrachtnemer (constructief ontwerp & uitvoering) Heijmans
architectonisch ontwerp, opsteller D&C-contract en
uitvoeringsbegeleiding Movares Nederland B.V.