

TREKBANDBRUG IN NEDERLAND: EEN UITDAGING!



Dit artikel is een redactionele bewerking van een artikel van ir. J. van den Bovenkamp uit het vakblad 'Bouwen met Staal', gekozen vanwege het uitzonderlijke karakter van dit type brug in de Nederlandse situatie.



SITUATIE

In 2009 is door schieman weyers architects, Rotterdam, in opdracht van de Gemeente Amsterdam een ontwerp gemaakt voor een voetgangersbrug in een wandelpad in het Rembrandtpark, nabij de ingang aan de Corn. Lelylaan. Daarbij is aangesloten bij het uitwerkingsplan raamwerk Lelylaan (2009) van landschapsbureau Aksis, waarin voorzien is in een meanderende parkbeek in een enigszins heuvelachtig boslandschap. (Zie afb. 1) In 2018 is het ontwerp gerealiseerd, bijna 10 jaar nadat de eerste ontwerpopdracht gegeven is.

GEDURFD CONCEPT

De architect heeft gekozen voor een trekbandbrug en dat stelt de constructeur om drie redenen voor een uitdaging. Allereerst is een trekbandbrug een soort hangbrug, waarvan de hangkabels niet boven, maar in het brugdek zijn aangebracht. (Zie afb. 2) Dek en hangkabels vormen samen de draagconstructie. De brug volgt de zogenaamde 'kettinglijn' tussen de landhoofden. Dit heeft tot gevolg dat er aanzienlijke horizontale belastingen op de landhoofden werken, reden waarom dit type brug niet in Nederland is toegepast: horizontale krachten in de Nederlandse, slappe bodem zijn problematisch en niet goedkoop op te vangen. Rotsachtige ondergrond is meer het type waar deze horizontale krachten beter kunnen worden verankerd.

↑ 2 Trekbandbrug – kettinglijn

← 1 Trekbandbrug in parklandschap



3 Toegang tot brug - eindbaluster



4 Aanbrengen brugdekplanken op de strippen



5 Landhoofd met grondankers

Een andere eigenschap van een kettingbrug is het wiebelen van de brug tijdens het lopen over de brug. Onderzoek heeft uitgewezen, dat het feit dat de gebruiker van dit type hangbrug grotere bewegingen verwacht dan gebruikelijk, de gebruiker zich instelt op het gedrag en daardoor de bewegingen minder snel als storend ervaart.

Een derde probleem is de helling van de voetbrug. Hoe groter de pijl van de kettinglijn, des te groter de helling naar de landhoofden toe: een helling, die niet constant is, maar rechtlijnig toe neemt vanuit het midden in de richting van de landhoofden. Volgens het Bouwbesluit mag de gemiddelde helling niet meer dan 1:20 bedragen. Dit betekent voor een overspanning van 21 m een maximale pijlhoogte van 0,58 m!! Bij een brug van deze afmetingen hoort een horizontale kracht (uiterste grenstoestand) van 2300 kN. Dit bleek een te grote opgave voor de verankering. In overleg met de gemeente mocht de helling toenemen naar 1:15, wat resulteerde in een horizontale kracht van 1700 kN en een pijl van 0,80 m.

→ 6 Brugdedekplanken met baluster

Om te voorkomen dat de brug zwaarder belast wordt dan is voorzien, zijn er permanente obstakelpaaltjes geplaatst die de belasting beperken tot voetgangers en een enkele (snor)fietser. (Zie afb. 3)

CONSTRUCTIEVE UITWERKING

Het dek bestaat uit 58 betonnen dekplanken (2500 x 500 x 150 mm³) die op twee stalen strippen (300 x 30 mm²), de 'hangkabels', rusten. (Zie afb. 4, 8 en 9) De lengte van 23 m

wordt bereikt door handelslengten van ca. 6 m aan één te lassen. De stalen strippen worden met een kracht van 1700 kN afgespannen op de op staal gefundeerde landhoofden. Daar wordt de kracht uit de strippen overgebracht op een stalen frame, dat de horizontale kracht verdeelt over vijf grondankers en ankerschotten per landhoofd. (Zie afb. 5 en 10) Op één landhoofd zijn trekcilinders aangebracht om de strippen na te kunnen spannen.

[\(lees verder pagina 22\)](#)





SAMENVATTING

VOETBRUG REMBRANDTPARK AMSTERDAM		2018
NABIJ INGANG CORN. LELYLAAN		
opdrachtgever	Gemeente Amsterdam	
vormgever brug	schiemann weyers architects, Rotterdam Jörn Schiemann/Otto Weyers	
constructeur	Sophia Engineering, Amsterdam ir. J. van den Bovenkamp	
uitvoering	K_Dekker bouw & infra b.v., Warmenhuizen	
staalconstructie	De Greeuw, Wognum	
betondekplanken en ankerplaten	Efko Beton, Uitwellingerga	
ontwerp Rembrandtpark Zuid	landschapsbureau Aksis, Den Bosch	
Type brug	trekbandbrug	
overspanning / pijlhoogte / breedte	21 m / 0,80 m / 2,50 m	

Fotoverantwoording:
Efko Beton, Uitwellingerga
K_Dekker bouw & infra b.v., Warmenhuizen
J. van den Bovenkamp



8



10

Door deze oplossing ondervindt het landhoofd alleen een geringe verticale belasting en wordt de horizontale belasting via het frame verdeeld over de ankerstangen. (Zie afb. 5 en 10)

De leuning op de brug moet flexibel zijn, wat gerealiseerd wordt door de balusters, elk op één brugdekplank, te verbinden met kabels die samen een kabelnetwerk vormen en de leuningregels vervangen. Dit kabelnetwerk vormt een flexibel geheel waardoor de vervormingen van de brug goed kunnen worden gevolgd en het hekwerk geen onderdeel uit maakt van de draagconstructie. Het netwerk wordt met veren op de, steviger uitgevoerde eindbalusters afgespannen. (Zie afb. 3 en 6)

De brugdekplanken zijn tegen elkaar aangelegd en licht tegen elkaar aangespannen door vier voorspanstrengen, verankerd in de laatste brugdekplanken. Hierdoor kan een lokale puntlast op het dek beter gespreid worden. Tussen de brugdekplanken wordt een rubberen strip aangebracht om afboeren van het beton tegen te gaan bij geringe bewegingen tussen de dekdelen onderling.

Op elk brugdekplank staat een baluster. (Zie afb. 6) Met een boutverbinding worden baluster en brugdekplank bevestigd aan de strip. (Zie afb. 8 en 9)

LANDHOOFDEN, ANKERSTANGEN EN ANKERSCHOTTEN

Door het toepassen van stalen frames, die de horizontale belasting doorgeven naar de ankerstangen, worden de landhoofden in die richting niet belast en kunnen ingewikkelde wapeningsconstructies worden voorkomen. De afdracht van de verticale belasting ($4,5 \text{ kN/m}^2$) wordt via het frame dusdanig gespreid op het betonnen landhoofd overgebracht, dat een praktische wapening $\text{Ø}12\text{-}150$ volstaat en een fundering op staal mogelijk is. Rondom de landhoofden zijn houten damplanken aangebracht om uitspoeling onder het landhoofd te voorkomen.

Hoe flauwer de hoek is, waaronder de horizontale kracht via de ankerstang op de ondergrond wordt overgebracht, des te lager is de verticale component op het landhoofd. Echter de lengte van de ankerstang wordt groter om de minimaal vereiste gronddekking

van $0,5 \text{ m}$ op de ankerschotten ($2 \times 2 \text{ m}^2$ en $0,30 \text{ m}$ dik) te realiseren. Dit heeft in dit geval geleid tot vijf ankerstangen $\text{Ø}60$ per landhoofd. De stangen worden in een mantelbuis gelegd om bij zettingen de stangen niet verticaal te belasten. (Zie afb. 10)

Bij toepassing van groutankers i.p.v. ankerstangen zou de helling van de ankers veel steiler moeten zijn om de vereiste dekking rond de ankers te realiseren die de optredende trekkracht moet leveren. Deze steilere hellingshoek zou ook een grotere verticale component uit de horizontale kracht op het landhoofd veroorzaken. Tevens is de invloed van vervormingen van het landhoofd bij het gebruik van groutankers groter. De ankerstangen zijn niet alle even lang, omdat er soms een boom in de weg stond. De ankerschotten zijn in sleuven aangebracht met aan de zijde waar de kracht op de ondergrond wordt overgebracht een grondverbetering. De ankerstangen zijn door een sleuf in het ankerschot aangebracht en met een moer verankerd. De ankerschotten zijn vervolgens geactiveerd door het aandraaien van de moer. Op de ankerstangen is net onder het maaiveld een geogrid aangebracht om bij latere graafwerkzaamheden te waarschuwen.

TRILLINGEN

Voetgangersbruggen zijn gevoelig voor trillingen vanwege het relatief geringe eigen gewicht en een slanke uitvoering. Om

trillingen als storend te ervaren bij een brug, moet het gedrag van de brug afwijken van het verwachtingspatroon van de gebruiker: een hangbrug over een kloof mag wiebelen, een stenen brug over een riviertje niet. Wanneer het dek vanwege de trillingen zou worden verzwaard, bestaat de kans dat het principe van de kettinglijn wordt verlaten en er een gebogen ligger ontstaat en de slankheid erg zou afnemen.

VERVORMINGEN

Een verplaatsing of rotatie van het landhoofd heeft direct invloed op de constructie. Wanneer de landhoofden enigszins naar elkaar toe komen, neemt de pijl van de kettinglijn toe en worden de horizontale krachten kleiner. Echter het gevaar bestaat dat het dek op de rand van het landhoofd gaat rusten, waardoor het landhoofd verkeerd belast wordt.

En ander punt van aandacht is het naar elkaar toe bewegen van de landhoofden, waardoor het niet meer mogelijk zou zijn om met de trekcilinders de pijl van de kettinglijn te corrigeren. Uiteindelijk bleken de landhoofden tijdens uitvoering en bij oplevering slechts 15 mm te zijn verplaatst.

Het is dus mogelijk gebleken om ook in gebieden met slappe bodem een trekbandbrug, niet belast met zwaar verkeer, te realiseren, wat een fraai beeld in een enigszins heuvelachtig landschap oplevert.

