

Circulaire Boogbrug

Duurzaamheid: De brug is duurzaam op 3 aspecten:

1. Recycling. De blokken zijn gemaakt van gerecyclede en/of lage emissie materialen zoals restbeton, Geopolymeerbeton, Circuton en gerecycled keramiek.
2. Modulair. De blokken zijn gevormd in standaardmaten waardoor ze als bouwblok kunnen worden toegepast in bruggen van uiteenlopende afmetingen.
3. Circulair. De boogbrug is droog-gestapeld en de blokken kunnen zonder beschadigingen afgestapeld en hergebruikt worden in nieuwe bruggen.

De berekende besparing door het gebruik van gerecyclede en/of lage emissie materialen is 280 kgCO₂/m² ten opzichte van een traditionele betonnen brug van vergelijkbaar formaat. Door de besparing door direct hergebruik van de blokken is dit significant meer.

Esthetische kwaliteit: De gestapelde boog die twee oevers verbind is een constructieve oervorm. Het principe van het stapelen en de deuvelwerking van de golvende S-vorm van de blokken grijpt terug op een instinctief begrip voor krachtswerking. Deze eenvoud, elegantie en constructieve leesbaarheid is aangezet door een verlopende dikte van de boog, dik bij aanlandingen, dun in het midden. De puurheid van de boogvorm is behouden door de balustrade, bestaande uit 6 kabels, los te maken van de boog. De kabels worden geleid via vier 3D-geprintte betonnen 'Menhirs' die de aanlanding van de boog markeren. De Menhirs vormen een harmonieus geheel met de boog door hun gepaste helling t.o.v. de raaklijn van de boog, de materiaal- en kleurstelling en de golvende vormtaal door het 3D printen.

Innovatie: De 'interlocking' golvende vorm van de blokken is zelf-zoekend en creëert deuvelwerking zonder spanningsconcentraties die laagwaardig gerecycled materiaal zou kunnen doen splijten. De golvende vorm is het resultaat van uitgebreide variantenstudies met rekenmodellen en fysieke proeven aan de TU Delft.

De boog is droog-gestapeld en erg vlak. Om het constructief gedrag van de boog goed te voorspellen zijn niet-lineaire rekenmodellen ontwikkelend waarin rekening is gehouden met grote vervormingen (instabiliteitsverschijnselen) en plastisch materiaalgedrag (kieren tussen blokken). Met sensoren en fysieke metingen worden de posities van de blokken in de boog gemeten. De gegevens worden gebruikt om de rekenmodellen te verifiëren.

De blokken zijn van drie verschillende innovatieve, duurzame materialen gemaakt. Tijdens de productie, de uitvoering en het gebruik van de boog is de geschiktheid van de materialen voor de toepassing geëvalueerd.

Samenwerking: Zie de poster voor het overzicht van partners. Het project is in 4 samenwerkingsfasen gerealiseerd: 1) Het concept is ontwikkeld, doorgerekend en getest door ENS engineers, afstudeerprojecten van 2 studenten van de faculteit Civiele Techniek en een afstudeerproject van een student van de faculteit Bouwkunde. 2) De blokken van de verschillende materialen zijn ontwikkeld, geproduceerd en gesponsord door een consortium van 6 bedrijven. 3) De assemblage en uitvoering van de brug is als een commerciële opdracht door een consortium onder leiding van BAM uitgevoerd. De uitvoering is binnen de planning en bijna binnen budget gerealiseerd. 4) De brug wordt gemonitord door 4Risk, ENS engineers en de TU Delft om het bouwsysteem en de rekenmodellen te verbeteren.

Technologisch geavanceerd: De speciale golfvorm van de blokken is een patenteerbare innovatie. Er is echter besloten om het concept bewust niet te beschermen om zo geen obstakels te creëren voor de standaardisatie die noodzakelijk is voor brede toepassing en daarmee de potentie voor een daadwerkelijke circulaire levenscyclus van de blokken.

Een online configurator is ontwikkeld: <https://ens-engineers.com/work/configurators> Potentiële klanten kunnen hierin de overspanning en breedte van de brug kunnen invoeren en krijgen direct een visualisatie van de brug en informatie over de kostprijs en de milieu impact. Op deze manier wil ENS inzicht geven om een milieubewuste keuze te stimuleren.