

Innovatieve Betonbrug

Voordoen in de Heijmans Voortuin

Jaarcongres COBc, 5 november 2026, Zwolle

heijmans

Voorstellen

Leo Molenbroek

Raadgevend Adviseur Constructies bij Heijmans Infra
64 jaar

Werkzaamheden:

- Bewaken van de kwaliteit
- Doen van reviews
- Begeleiden nieuwe ontwikkelingen

Tevens “hoofdconstructeur speciale projecten”

Constructieve veiligheid bij Heijmans Infra

Mede namens Nick Vervoort en Jeroen van Oosten



heijmans

Ambitie Heijmans

- In 2030 CO2-uitstoot halveren (ten opzichte van 2019) en primaire grondstoffen met 50% terugdringen.
- In 2040 CO2-neutraal en 0% primaire grondstoffen.

Dan moet er nog wel het nodige gebeuren!



Van bold statement naar praktijk

Uitdagend: “we weten nog niet alles”, “moeten we nog onderzoeken”, “hoe doen we dat?”, “kan dat wel?”

Maar:

Door gewoon te beginnen leer je het snelst

Belangrijk: zorgvuldigheid en kennis



Brug Voortuin

Januari 2026

Innovatieve fiets/voetgangersbrug

- Duurzame betonmengsels
- Modulaire en demontabele (IFD) constructie.

Focus van deze presentatie: constructieve aspecten van het duurzame betonmengsel.

Andere interessante aspecten:

- Duurzaamheidstesten (levensduur)
- IFD



Brug Voortuin

Januari 2026

Brugdek:

CO_2-neutraal en voor 75% uit circulaire grondstoffen

Mengselaanpassingen t.o.v. traditioneel beton:

- Alle grind en zand vervangen door innovatief gescheiden betongranulaat van SL Materials (voorheen Urban Mine, Zaandam)
- Een deel van het cement vervangen door CO_2-negatief bindmiddel Paebbl
- Een deel van het fijne zand vervangen door CO_2-negatieve vulstof Clim@Add (biokoolstof)

Uitvoerig materiaalonderzoek & proefbelasting







Grind



Circulair Dmax = 16mm



Primair 4-32

Zand



Circulair



Primair

Paebbl en Clim@Add



Paebbl

CO_2-negatief bindmiddel



Clim@Add (biokoolstof)

CO_2-negatieve vulstof

De uitdaging

Het toegepaste betonmengsel valt buiten de kaders van de betonnormen.

Dat zijn onder andere:

- NEN-EN 206 (Beton)
- NEN-EN 12620 (Toeslagmateriaal)

Samenstellingseisen → “Deemed to Satisfy” Concreet en SMART

De Eurocode heeft als uitgangspunt dat het beton voldoet aan genoemde normen. De rekenregels zijn gebaseerd en gevalideerd op grindbeton met primair toeslagmateriaal en cement als voornaamste bindmiddel.

Reguliere betonnormen niet toepasbaar

- Er is dus officieel geen regelgeving
- We kunnen dus onvoldoende aantonen dat de vereiste levensduur en sterkte voldoen aan de eisen.
  De betonsamenstelling valt immers niet binnen de kaders van de betonnormen

De NEN-EN 1990 geeft betrouwbaarheidseisen. Die gelden altijd.

Dit zijn prestatie-eisen Abstract

Materiaalonderzoek en testen noodzakelijk

NEN-EN 1990, Bijlage D “Door proeven ondersteund ontwerp”

Aantonen gelijkwaardigheid (Omgevingswet)

Benodigde constructieve eigenschappen

Basiseigenschappen

- Druksterkte (korte en langeduur)
- Buig(trek)sterkte
- Splijttreksterkte
- E-modulus
- Volumieke massa
- Thermische uitzetting
- Krimp (autogene en uitdroging)
- Kruip

Bij alternatieve grondstof ook

- Spanning-rekdiagram
- Sterkteontwikkeling in de tijd (alleen druk of ook trek?)

Afhankelijk van toepassing tevens

- Momentcapaciteit
- Dwarskrachtcapaciteit (nominale korrel, bindmiddel, E-modulus wapening, aanhechting wapening, vloeigrens wapening. Alleen bij $v_{\min}$ of ook bij de andere formule?)
- Hechtgedrag beton-/voorspanstaal (is niet gelijk aan pull-out sterkte, vertaling naar verankeringslengte, splijten?)
- Scheurwijdte (kruip, E-modulus en aanhechtgedrag)
- Doorbuiging
- Vermoeiing
- Spanningscorrosie
- Brandbestendigheid
- Warmteontwikkeling

Bron: RTD 1034, Rijkswaterstaat

heijmans

Benodigde constructieve eigenschappen

Beperking scope testen in verband met het toepassingsgebied:

- Dwarskracht UC < 0,5
- Geen vermoeiing
- Geen brand



Aanpak

Het brugdek is berekend conform de Eurocode in beton C30/37 → aansluiting aan gangbare praktijk

De berekeningen zijn uitgevoerd conform de Eurocode en het Bbl. → Dan is de Constructieve Veiligheid (CV) aangetoond

Testen uitvoeren

Als de testresultaten gelijk of beter zijn dan traditioneel C30/37, dan is het mengsel gelijkwaardig

- Welke testen zijn voor de constructieve veiligheid zinvol in deze specifieke situatie?
- Druksterkte, treksterkte en E-modulus (constructieve aspecten)
- Met deze testen alleen kan de CV niet aangetoond worden, want er is geen inzicht in onder andere momentcapaciteit, dwarskrachtcapaciteit en aanhechting
- Daarom is er ook een proefbelasting uitgevoerd. Hiermee tonen we aan dat dit brugdek constructief veilig is

Materiaaltesten, constructief

- Kubussen (in het lab gestort)
- Cilinders (geboord uit de controleplaat, labcrete vs realcrete)

✓ Alle waarden voldoen aan C30/37







Proefbelasting

- De brug is ontworpen op een veranderlijke belasting van 5 kN/m2
- Voor de proefbelasting moet dan 6,6 kN/m2 belasting aangebracht worden (+ eigen gewicht brugdek). *De (aangepaste) rekenwaarde van de veranderlijke belasting*

(Op basis van een rapport van Adviesbureau Hageman over de proefbelasting van breedplaatvloeren. Rapport 9780-1-0 “Voorstellen voor en achtergronden voor beoordeling bij rekenregels voor bestaande bouw)

CC1

Partiële factor permanent	$\gamma_G = 1,0$	6,3 kN/m2	Geen onzekerheid, want werkelijke constructie
Partiële factor veranderlijk	$\gamma_Q = 1,2$	5,0 kN/m2	

Proefbelasting Q = 1,05 * (1,0 * 6,3 + 1,2 * 5) - 1,0 * 6,3 = 6,6 kN/m2 + eigen gewicht

Exclusief reductiefactor. Verwaarloosd omdat deze nagenoeg 1,0 is

Geldt bij beproeven van elke brug *Want* $\gamma_M = 1,0$

Proefbelasting

Meten van:

- Doorbuiging
- Scheurwijdte
- Grote afwijking lineair gedrag
- En uiteraard de aangebrachte belasting

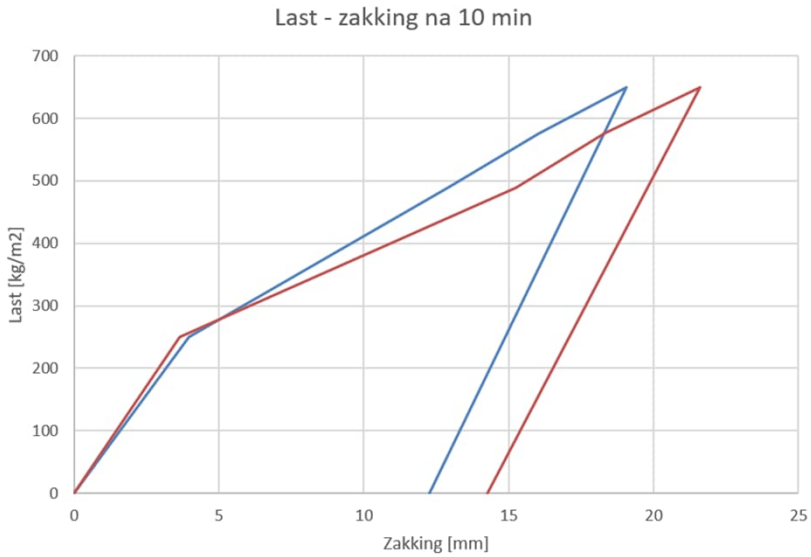



heijmans

Resultaat proefbelasting

✓ Het brugdek heeft de proefbelasting goed doorstaan!

- Doorbuiging 20 mm
- Scheurwijdte 0,15 mm
- Tijdens het opvoeren van de belasting lineair gedrag
- Blijvende doorbuiging



Gedrag stemt overeen met de berekening

(doorbuiging was lager berekend, echter met te hoge E-modulus)

Conclusie Constructieve Veiligheid

De constructieve veiligheid van het brugdek is aangetoond middels materiaaltesten en een proefbelasting. Aanpak conform NEN-EN 1990, Bijlage D

Door middel van gelijkwaardigheid (Omgevingswet) hebben we aangetoond dat de brug voldoet aan de betrouwbaarheidseisen uit het Bbl en de Eurocode.

Monitoring op de pilot locatie:

- Doorbuiging elke 3 maanden: Tot nu toe geen noemenswaardige verandering

Langlopende materiaaltesten, resultaten nog geheel gereed:

- Druksterkte 6 en 12 maanden
- Idem treksterkte
- Krimp en kruip
- Eigenschappen i.v.m. levensduur (promovendus TUD)

Vervolgstappen

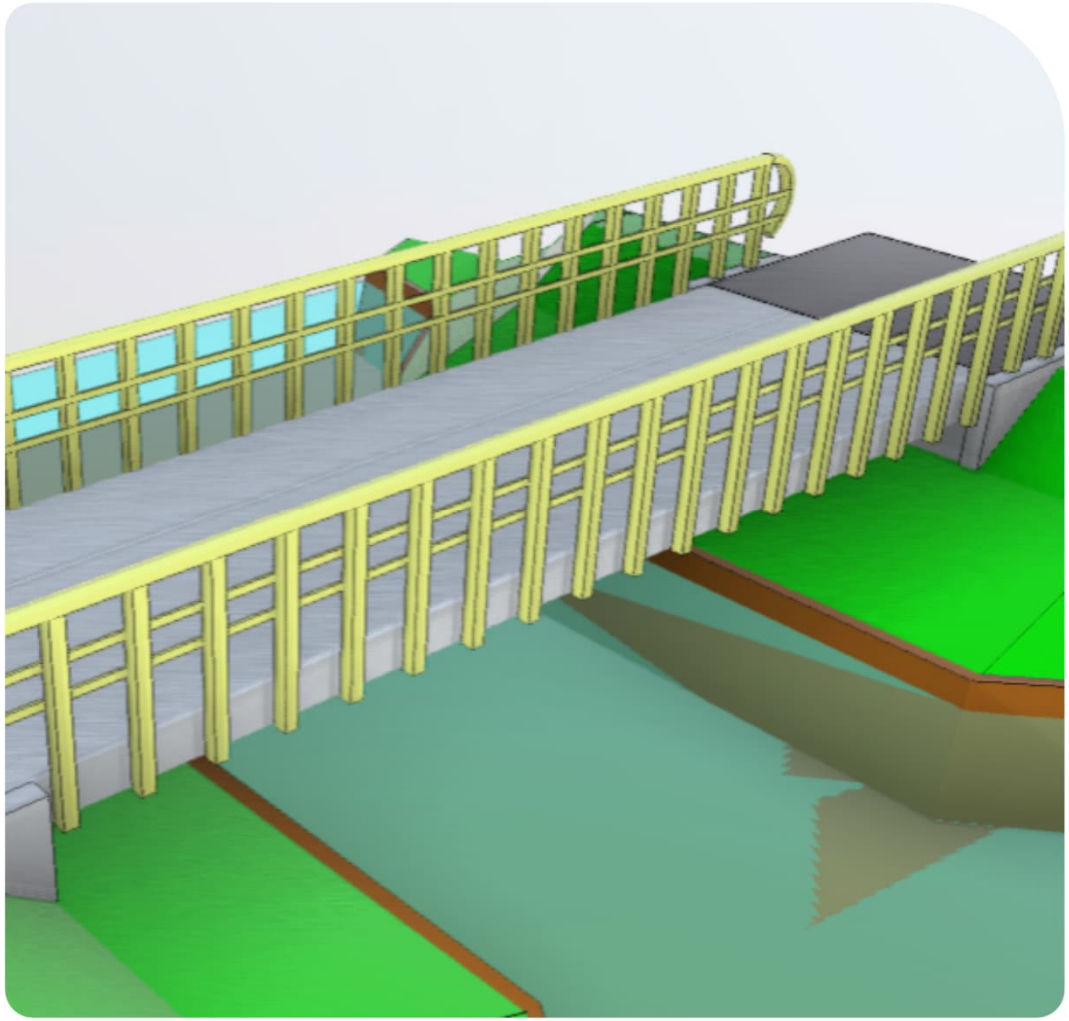
Begin 2027: fiets/voetgangersbrug in woonwijk

- Opschalen: overspanning x 2
- Doorontwikkeling van het duurzame betonmengsel.
- Doorontwikkeling IFD.

Wederom geschiktheidsonderzoek waarin alle relevante parameters worden getest.

Dwarskrachtproeven bij de TU/e onder begeleiding van Adviesbureau Hageman i.p.v. proefbelasting.

(het doen van proefbelastingen kent grenzen bij grotere constructies)



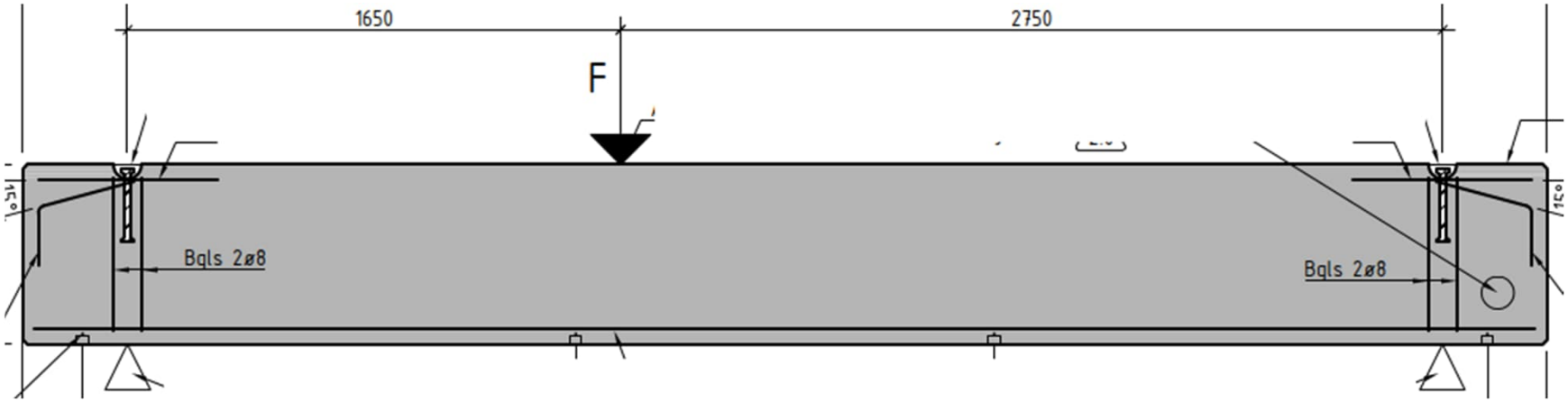
Dwarskrachtproeven

6 x hoogte 400mm, lengte 3,5m

3 x hoogte 600mm, lengte 5,1m

Testen met traditioneel beton C30/37
en met het innovatieve mengsel

→ Bezwijkbelasting vergelijken



Tot slot

Heijmans heeft laten zien dat het mogelijk is om CO2-neutraal en nagenoeg circulair beton te maken met voldoende veiligheid en levensduur

Onderbouwd middels het gelijkwaardigheidsbeginsel.

We gaan deze duurzame betonmengsels de komende jaren op steeds grotere schaal toepassen!

- *Het was een hele ontdekkingstocht, omdat je niet weet wat je tegenkomt*
- *Veel deskundigheid noodzakelijk*
- *Het vergt flink wat inspanning*
- *Erg leuk!*



Genomineerd voor Betonprijs 2026


het kan samen
heijmans

Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Milieu · Provincie Noord-Holland · Provincie Utrecht · Provincie Zeeland · provincie Gelderland · Provincie Noord-Brabant · Gemeente Amsterdam · 's-Hertogenbosch · AMS Schiphol · TU Delft

heijmans · VAN DER KAMP · HCM CEMENT · ecocem · Paebbl® · CarStorCon® Technologies · SL Materials Liberated concrete · HUPKES WIJMA Timber is our solution

Samen naar 2030

heijmans

Unieke samenwerking
In nauwe samenwerking met verschillende opdrachtgevers is gekozen voor slimme betoninnovaties die het verschil maken.

Duurzame betoninnovaties
Duurzaam tot in de kern: innovatieve betonmixen maken CO_2-neutraal en circulair bouwen mogelijk.

Modulair
Met gestandaardiseerde prefab onderdelen bouwen we een modulaire brug die snel te realiseren, eenvoudig aan te passen en volledig herbruikbaar is.



heijmans