

# Perlekædebroer

## — Nyt brokoncept til motorvejsbroer

Perlekædebroer er en ny innovativ broløsning, som anvender præfabrikerede betonelementer til at skabe en buebro som et stærkt alternativ til de etablerede præfab broløsninger. Den nye broløsning udvikles i et 3-årigt teknologiprojekt "Pearl-Chain Bridge Technology" støttet af Højteknologifonden med 10 mio. kr. Teknologien forventes at være klar til brug i 2015.



Projektleder,  
Nicky Viebæk Petersen,  
Abeo  
nvp@abeo.dk



Afdelingschef,  
Finn Berthelsen,  
Grontmij  
Finn.Berthelsen@grontmij.dk

I 2012 modtog et konsortium bestående af virksomhederne Abeo, Grontmij, Skandinavisk Spændbeton, Perstrup samt DTU Byg støtte til at udvikle et nyt brokoncept kaldet "Perlekædebroer".

Projektgruppens fælles mål er at løfte den eksisterende teknologi, Pearl-Chain Reinforcement, til et helt nyt broløsningskoncept, der vil løfte overliggeren for frie spænd, samtidigt med at materialeforbruget, opførelsestiden, vedligeholdelsesomkostninger og CO<sub>2</sub>-udledningen reduceres markant, således at prisen kan reduceres væsentligt sammenlignet med eksisterende broløsninger.

Byggebranchen har efterhånden været i stagnation i mange år, og det er tiltrængt

med en ny teknologi, der er så banebrydende, at den kan ændre den måde, vi designer vores konstruktioner på.

### Konceptet

Konceptet er baseret på princippet i en perlekæde og går ud på, at man samler et antal betonelementer i den ønskede bueform, der spændes sammen med et forspændingskabel til en betonbue – som perler på en snor. Betonbuerne hejses på plads på den ønskede lokalitet og danner tilsammen den nye buebro.

På den måde kan de nye perlekædebroer samles ved siden af vejen og løftes på plads i løbet af noget, der ligner en weekend. Trafikken under broen kan herefter genoptages, mens der udlægges et lag stabiliserende fyld, og afslutningsvist kan vejbelægningen føres over lige så enkelt som ved et fast underlag.

Præfabrikerede broløsninger har det til fælles, at eventuel trafik under broen i langt mindre grad bliver forstyrret af byggeriet, hvilket udover den samfundsøkonomiske effekt, også bidrager positivt til CO<sub>2</sub>-regnskabet grundet den reducerede kødannelse.

Derudover vil perlekædebroerne kræve mindre vedligeholdelse, anvende færre materialer – særligt beton og armering – hvilket alt sammen bidrager til en væsentligt reduceret CO<sub>2</sub>-udledning og en mindre samlet pris.

### Buebroer som broløsning

Buer er traditionelt dyre og meget tidskrævende at udføre i beton, da de kræver fremstilling af dyre krumme forme til støbning. Dette ændres radikalt ved at fremstille betonbuerne med den såkaldte perlekædeteknologi, som er opfundet af professor Kristian Hertz ved DTU Byg og nu ejes samt kommercialiseres af Abeo.



Figur 1. Betonbuen til testbro I løftes op på vederlaget. Testbroen består af 3 forspændte betonelementer.

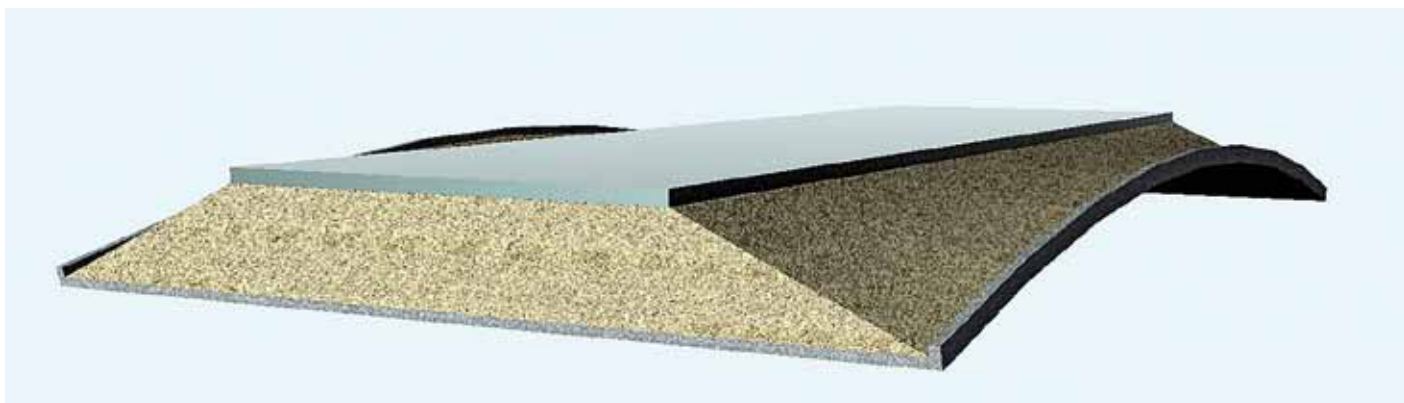
I det aktuelle projekt anvendes Pearl-Chain teknologien til broer med fokus på anvendelse af præfabrikerede elementer, og her er cirkelslaget den optimale bueløsning.

Geometrisk placerer en cirkel med forholdsvis lille krumning sig midt imellem parabeln og kædeformen, hvor parabeln statisk set er perfekt til optagelse af linjelast, og kædeformen er den optimale løsning for egenlast, og dermed vil cirklen være den statisk set optimale geometri for en bro, hvor man har begge typer af last.

I forhold til masseproduktion af elementer, så har cirkelslaget også den fordel, at alle standardelementer kan støbes med den samme form. Til bl.a. dette formål har Abeo udviklet SL-Dækket, for hvilket der netop er indgået produktionsaftale med Perstrup, og produktionen forventes startet i sommeren 2013. SL-Dækket er et såkaldt "Super-Let" dækelement, som er opbygget af en kombination af stærk- og letbeton, hvor den lave vægt i montagesituationen er en stor fordel.



Figur 2. Testbro I belastes med 7x1 ton stenfyldte sække.



Figur 3. Testbro II planlægges udført med 2x8 betonelementer, et stabiliserende fyldlag og en vejopbygning øverst.

### Fordele ved det nye brokoncept

Ved anvendelse af trykbuen som bærende konstruktion reduceres mængden af konstruktionsbeton. Armeringens funktion reduceres til montage- og transportsituationen og bliver således overflødig i den færdige konstruktion. Ovenstående taler for, at en fugtmembran helt kan undværes, men da korroderende armering kan give betonskader, kan det vise sig nødvendigt at anvende rustfri armering til montagearmeringen.

De vigtigste fordele ved de nye perlekædebros kan opsummeres til:

- Modulært brosystem, hurtig etablering
- Reducerede opførelsesomkostninger
- Trafikale gener minimeres
- Vedligeholdelsesomkostninger holdes på et minimum
- Mindre materialeforbrug
- Lavere CO<sub>2</sub>-udledning
- Vejbelægningen fortsættes i et samlet stykke henover den nye brokonstruktion.

### Testbro I

Projektteamet har allerede testet de grundlæggende egenskaber i forbindelse med en 6 meter testbro bestående af 3 SL-Dæk elementer, som blev produceret og testet hos Perstrup på Djursland.

Formålet med den første test var at teste opspændingsteknikken, samlingsdetaljer, løftet (hvor de yderste elementer hænger frit) og udføre en testbelastning.

I forhold til last blev testbroen belastet med de laster der vil forekomme i en 15 meter stibro. For løftet svarede belastningen til 2 gange den last en 15 meter stibro bestående af 8 elementer og løftet i 4 punkter udsættes for. Lasten er dobbelt for at tage hensyn til den dynamiske effekt af stød under montagen. Lastopstillingen med stensække udførtes, så den medførte et moment svarende til det, der opstår i fjerdedelspunktet på en 15 meter stibro ved usymmetrisk belastning, hvilket vil være dimensionsgivende

for en 15 meter stibro. Til trods for, at belastningen medførte et moment svarende til 82% af konstruktionens kapacitet, blev der ikke observeret revner eller andre tegn på initieret brud.

Produktion, montage, opspænding, løft og belastningstest forløb alt sammen som forventet og viste at de statiske principper, vi anvender, også fungerer i praksis. Nu er næste mål at udvikle konceptet yderligere, så mest muligt kan indbygges i den næste testbro, der forventes at stå klar i løbet af efteråret 2013. Den kommende testbro bliver ca. 15 meter lang og forventes at bestå af 2 buer med hver 8 betonelementer.

Udviklingen af de nye perlekædebros kan følges på [www.abeo.dk/pearl-chain-bridge-technology](http://www.abeo.dk/pearl-chain-bridge-technology).