

## Mumbai Trans Harbour Link - Indiens længste bro over vand

### Claus Nissen

Senior Chefkonsulent, Rambøll  
Civilingeniør 1985  
+45 51616660. [cmn@ramboll.dk](mailto:cmn@ramboll.dk)

Claus Nissen har i 36 år arbejdet med projektering af vej- og jernbanebroer i Danmark og i udlandet. Claus har især arbejdet med mellemstore forspændte betonbroer. På Mumbai Trans Harbour Link har Claus fungeret som teknisk sparringspartner med Rambølls indiske Ingeniører, som har udført selve designet.



### Jens Brolev Marcussen

Sektionsleder, COWI  
Civilingeniør, DTU, 2003  
Tlf. 24 48 70 32 [jmar@cowi.com](mailto:jmar@cowi.com)

Jens Marcussen har i over 15 år arbejdet med design af store broer over hele verden herunder hængebroer, skråningsbroer og bjælkebroer. Jens er desuden specialiseret inden for design af stålkonstruktioner. På Mumbai Trans Harbour Link var Jens under tender design disciplinleder for design af stålbroerne, mens han var en del af projektledelsen under detailed design.



Gennem de seneste 20 år har Indien oplevet en kraftig økonomisk vækst og en omfattende urbanisering med deraf følgende tiltagende trafik og trængselsproblemer i byområderne. For at forbedre fremkommeligheden investeres der store beløb i landets infrastruktur, og der bygges broer, viadukter og metroer i stort omfang. Byerne er tæt befolket og tæt bebygget. Ekspropriationer sker kun undtagelsesvist og pladsforholdene til nye veje og baner er dermed yderst begrænsede. Der må oftest bygges i flere etager, eller findes korridorer uden om de tætte områder. Der vil blive givet en kortoversigt over et par projekter i Indien med dansk deltagelse, og efterfølgende vil der fortælles mere detaljeret om projektet Mumbai Trans Harbour Link.

### Mumbai Trans Harbour Link – om projektet

Mumbai Trans Harbour Link er en 21.8 km lang bjælkebro, der vil forbinde Mumbai med den nye bydel Navi Mumbai. Når den står færdig omkring 2023, vil den være en af de længste krydsninger over vand i verden. Med sine 6 vejbaner fordelt på 2 dragere vil den være en vigtig del af infrastrukturen i Mumbai.

Forbindelsen er delt op i 3 udbudspakker med forskellige entreprenører/rådgivere, hvilket har resulteret i forskellige design koncepter for samme brotyper. COWI er rådgiver på Pakke 1, Rambøll er rådgiver på en del af Pakke 2, mens en indisk rådgiver har stået for Pakke 3.



Forbindelsen består af både stål- og betonbroer og ligger i et område med saltvand, blød undergrund, tidevand, jordskælv og kraftige storme.

### Del 1: Pakke 2 – Marine betonbroer

Funderingen består af borede pæle gennem vand og blød bund til klippe under havbunden. Pælene udstøbes med undervandsbeton. Herpå etableres in situ støbte fundamenter og in situ støbte pilleskafter.

Broens overbygning er to parallelle betonkassedragere bygget af præfabrikerede elementer støbt i fuld bredde og med længder på ca. 4m. Elementerne er "match cast" på en produktionsplads ved enden af broen. Ved hjælp af en montagedrager er elementerne monteret fagvis og spændt sammen hovedsageligt ved hjælp af ekstern forspænding. Montageforløbet og de relaterede udfordringer, vil blive præsenteret.

Broen er inddelt i moduler af 5 fag, 60m lange, i alt 300m mellem ekspansionsfugerne. Understøtninger, der ikke er under ekspansionsfugerne, er monolitisk sammenstøbt med underbygningen.

Projekteringen er sket i Indien med en meget høj grad af indiske ingeniører og med et mindre bidrag fra danske og engelske kollegaer.





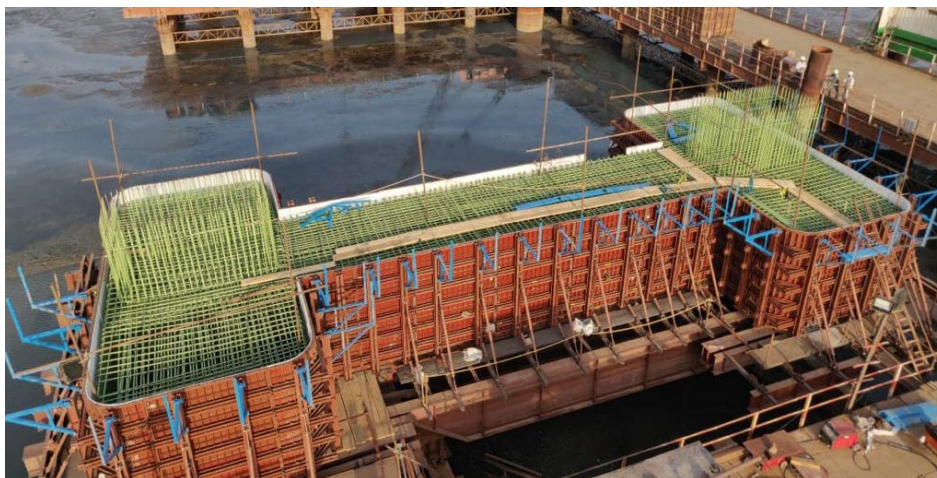
### **Del 2: Pakke 1 – Marine stålbroer**

COWI har ansvaret for at designe Pakke 1 for entreprenørerne L&T fra Indien og IHI fra Japan. Pakke 1 består af 6 km ramper på land, 8 km betonbroer, samt 4 stålbroer med en total længde på 2,3 km.

Betonbroerne er af bygget af præfabrikerede elementer på 3.3 m og består af ekspansionsafsnit på typisk 420 m og med faglængder af 60m.



På grund af jordskælvskræfter har det overordnede strukturelle koncept, hvor drageren er understøttet af elastomer lejer, været væsentligt for at begrænse mængderne i underbygningen. Derudover er antallet af pæle reduceret ved at forbinde pile caps for de to parallelle dragere til en kombineret pile cap med et "dogbone" koncept.



Den længste stålbro er 780 m lang og de længste spænd er 180 m. Broerne er kassedragere med et orthotrop ståldæk. Dragerhøjden varierer imellem 3.3 og 6.6 m. Brosegmenterne på typisk 12 m fabrikres i 6-8 blokke, som boltes sammen på pladsen, og segmenterne samles med boltning samt med svejsning af dækpladen.

Ståleftervisningen er lavet efter japanske normer og med laster fra indiske normer. En vigtig del af eftervisningen har været at sikre den aerodynamiske stabilitet. Dette har været særligt kritisk og kompliceret på grund af de lange spænd, to parallelle uafhængige dragere, kraftig vind, samt dragernes ikke-aerodynamiske form.

Et stort antal vindtunnelforsøg er blevet udført af Force i Danmark, og det har været nødvendigt at anvende dæmpere i de lange spænd.

