



Notat

18.12.2013

Resultat af undersøgelserne af Lillebæltsbroens fundering

Som det fremgår af publikationen *"Togfonden DK – højhastighed og elektrificering på den danske jernbane"* fra september 2013, så har Banedanmark undersøgt Lillebæltsbroens fundering. I den forbindelse vurderede Banedanmark, at der er en lille risiko for, at Lillebæltsbroens fundering ikke vedbliver at være tilstrækkelig.

Der er efterfølgende i regi af en ekspertgruppe udarbejdet yderligere kontrolberegninger, og gruppen er nu kommet med en endelig anbefaling til det videre arbejde.

Ekspertgruppen anbefaler, at der udføres et forstærkningsarbejde omkring pillerne på Lillebæltsbroen, og at dette arbejde udføres indenfor et år. Beregningerne viser, at broen er sikker, men marginen til sikkerhedsgrænsen er så lille, at broen skal forstærkes for at øge denne margin. Dette gøres konkret ved, at der påfyldes sten omkring og mellem de kritiske bropiller. Udbudsprocessen herfor igangsættes med det samme.

Dette projekt er igangsat af Banedanmark. Der er foretaget en række målinger og 3D modelleringer, som kan danne grundlag for et hurtigt udbud og igangsættelse af arbejderne med at fylde sten på de kritiske lokaliteter. Banedanmark har i samarbejde med Kammeradvokaten udarbejdet en plan for udbudsprocessen.

Ekspertgruppen anbefaler videre, at der etableres en øget overvågning af, om broen sætter sig yderligere. Banedanmark har iværksat denne overvågning.

Behovet for forstærkning og overvågning opstår, fordi broen er placeret på plastisk ler (det såkaldte særlige Lillebæltsler), som kan være uforudsigeligt og derfor har en risiko for at kunne sætte sig. Overvågningen iværksættes for evt. at kunne lukke og evakuere broen rettidigt, hvis der mod forventning sker yderligere sætninger, inden broen er forstærket.

Banedanmark har siden 1993 overvåget en af bropillerne, uden at der er konstateret yderligere sætninger. Denne overvågning fortsættes, men givet de seneste analyser ændres instrukserne for overvågningen. Denne har hidtil været koblet op til en konkret medarbejder, som i tilfælde af alarm var instrueret i at reagere på dette. I indeværende uge er alarmen flyttet til Banedanmarks døgnbemandede driftscenter i Fredericia, og der er udarbejdet procedurer for lukning af al trafik på broen i tilfælde af alarm. Herudover forberedes en mere automatisk overvågning af bropillerne, som iværksættes indenfor de næste måneder, og som er mere robust i forhold til "falske" alarmer.

Det er vigtigt at påpege, at problemstillingen ikke skyldes den trafik, der kører på broen, men alene skyldes broens egenvægt kombineret med jordbundsforholdene. Der er således fortsat ikke problemer med, at broen kan holde til den forudsatte trafik, også efter realisering af den øgede trafik som følge af Togfonden. Der er heller ingen ændring i forhold til den forventede lange levetid af broens konstruktion.

1. Hvad er problemet?

Lillebæltsbroen blev bygget i 1935. Broen er funderet på plastisk ler – det såkaldte Lillebæltsler. Dette er en jordart med store geotekniske udfordringer.

Siden broen blev indviet har broen sat sig næsten 0,75 meter, hvilket var forventet i forbindelse med projekteringen af broen. DSB, og senere Banedanmark, har fulgt udviklingen frem til nu og kan konstatere, at sætningshastighederne ikke er aftagende, hvilket ellers er normalt for sådanne konstruktioner på ler.

Danske geoteknikere har gennem mange år arbejdet intenst med emnet plastisk ler, senest i forbindelse med den nye Femern-forbindelse, som på en strækning skal funderes på denne jordtype. Da der på Femern kyst-kyst anlægget optræder jordbundsforhold, der ligner dem på Lillebælt, blev der i 2010 etableret et samarbejde med Femern A/S. Der blev ved Femern A/S' foranstaltning foretaget nye og meget dybe geotekniske borer, dels fra boreskib og dels gennem bunden af strømpille 3 på Lillebæltsbroen således, at de ligeledes kunne anvende de målinger, der er registreret i Lillebæltsbroens levetid.

Banedanmark fik efter Femern A/S' gennemførelse af undersøgelserne ultimo 2010 en overlevering af resultaterne. De geotekniske eksperter fra Femern A/S påpegede, at der er specielle egenskaber for den plastiske ler ved Lillebælt og anbefalede, at Banedanmark fik specialister til at se på de specifikke forhold omkring funderingen af Lillebæltsbroen.

Banedanmark modtog samtidig et parti lerprøver optaget i forbindelse med deres undersøgelser. Disse lerprøver blev primo 2012 anvendt til en række laboratorieundersøgelser. Resultaterne af undersøgelserne forklarer de målte sætninger. Der er dog stadig en generel usikkerhed omkring årsagen til, at pillerne for Lillebæltsbroen ikke følger den forventede sætningskurve (konsolideringskurve).

Ultimo 2012 tog Banedanmark initiativ til, at der blev nedsat en ekspertgruppe bestående af erfarne geoteknikere fra danske rådgivningsfirmaer (Rambøll, Cowi, Grontmij, GEO, nmGeo) samt forskere fra DTU og Aalborg Universitet. I denne ekspertgruppe blev der udarbejdet et program for relevante laboratorieundersøgelser og flere typer af modeller til geotekniske beregninger af sikkerheden omkring funderingen. Resultaterne af de enkelte opgaver blev fremlagt ved en række møder i ekspertgruppen i 2012 og 2013. Medio december 2013 er der afleveret en afsluttende rapport for de gennemførte undersøgelser. Vejdirektoratet har deltaget i de afsluttende møder.

2. Hvad skal der gøres?

Det har gennem de udførte forsøg forestået af ekspertgruppen vist sig, at leret under pillerne på Lillebæltsbroen ikke har de styrker, som man tidligere har anvendt ved beregninger af funderingen for Lillebæltsbroen. Når man opstiller en beregningsmodel med anvendelse af de styrkeegenskaber, der er fundet ved forsøgene, kan man vise, at der er risiko for brud i leret. Det er ikke muligt at forudsige, hvornår et evt. brud kan ske. Dette betyder, at den beregningsmæssige sikkerhed (i normen svarede til den såkaldte konsekvensklasse 2) for broens piller er utilstrækkelig, hvorfor en forstærkning af funderingen er nødvendig at få gennemført snarest.

Bæreevneberegninger viser, at et brud i leret vil starte ved spidsen af betonskørtet, da der her er store spændingskoncentrationer i leret. Risikoen for brud kan minimeres ved at pålægge ballast

(f.eks. sten) ovenpå den nuværende havbund og indenfor brudfiguren. Hvis der ønskes en sikkerhed svarende til sikkerhedsklasse 2, skal der ud fra de udførte beregninger udlægges ca. 125.000 m³ sten omkring de fire piller.

Der er udarbejdet en 3D model, der viser omfanget af stenudlægningen. Ballasten skal i hovedtræk placeres mellem pillerne, da risikoen for, at brudfiguren dannes på grund af længde/breddeforholdet af fundamenterne, forefindes her.

Banedanmark er ansvarlig for at gennemføre projektet indenfor de anbefalede tidsfrister.

Det foreløbige anlægsoverslag viser en anlægsudgift på ca. 120 mio. kr. Jf. finanslovens § 28 bestemmelse om fællesejede broer forventes Vejdirektoratet at afholde halvdelen af udgiften, mens Banedanmark afholder den anden halvdel

Der nedsættes af samme årsag en styregruppe med repræsentanter for både Banedanmark og Vejdirektoratet.

Der vil skulle udarbejdes aktstykke på projektet.

Der igangsættes straks forberedelse af udbudsmateriale samt dialog med øvrige myndigheder, herunder Søfartsstyrelsen og miljømyndighederne.

For at sikre en hurtig fremdrift vil udbudsforløbet blive intensiveret mest muligt. Dette indebærer, at opgaven som rådgiver tildeles til en af de rådgivere, som Banedanmark har rammeaftale med samt at entreprenøropgaven udbydes med kortest mulige frist. Dette svarer i princippet til den udbudsmodel, som bl.a. har været anvendt i forbindelse med etablering af ny broklap på Jernbanebroen over Limfjorden (dog er arbejderne denne gang omfattet af forsyningsdirektivet og ikke tilbudsloven, på grund af ydelsens størrelse).

Når rådgiveren er valgt, vil dennes første opgave være at gennemføre et såkaldt detailprojekt, som mere præcist skal fastslå, hvor stenudlægningen præcist skal ske. I forhold til gennemførelsen af projektet vil det blive vurderet, om man hensigtsmæssigt kan udlægge et lag sten hurtigt for derved at opnå mere sikkerhed i forhold til beregningerne.

Det er dog afgørende, at udlægning af forstærkning sker efter en nøje styret proces, da man alternativt kan risikere at fremskynde pillernes sætning.

3. Hvilke foranstaltninger iværksættes indtil broen er forstærket?

Indtil der er udlagt ballast omkring pillerne, skal den nuværende monitorering af pillernes bevægelse øges og der er iværksat procedurer og beredskabsplaner, hvis der mod forventning sker skred i funderingen. Formålet med monitoreringen er at opretholde en sikker trafik på broen, idet monitoreringen sikrer, at både trafikken på vej og bane kan indstilles, såfremt der opstår en faresituation.

Monitoreringen opdeles i to faser:

Fase 1

Det eksisterende monitoreringssystem opsat i pille 2 og 3 er udvidet til at kunne anvendes som varslingsanlæg. Alarmen er flyttet til Banedanmarks trafikstyring i Fredericia, og der er etableret en instruks for lukning af trafikken og varsling af øvrige myndigheder, herunder Vejdirektoratet og Søfartsstyrelsen. Vejdirektoratet har aftalt en beredskabsproces for lukning af vejtrafikken i tilfælde af alarm med politiet. Beredskabsprocessen er på plads fra indeværende uge.

Erfaringerne med det nuværende monitoreringssystem viser, at der er en mindre risiko for fejlalarm. Der har således i det sidste halvandet år været to fejlalarmer, der har været udløst af fremmedlegemer på alarmen, f.eks. en due. Ud fra det samlede risikobillede har Banedanmark og Vejdirektoratet vurderet, at det er vigtigere at få lukket trafikken rettidigt end at give tid til at undersøge, om der er tale om en fejlalarm. Der kan således opstå en situation, hvor trafikken lukkes uden grund.

Fase 2

Der etableres et mere avanceret GPS baseret monitoreringssystem, der kan monitorere i forhold til fastlagte præcisions- og tidsintervaller, og hvor risikoen for fejlalarmer er minimeret. Anlægget designes som fuldautomatisk og skal overtage funktionen fra det eksisterende. Anlægget forventes at være fuldt implementeret og operationelt i løbet af 1. kvartal 2014. Der vil gælde samme varslingsprocedure som i fase 1.