

Ophængt forskalling til støbning af brodæk

Thomas Nielsen

Pladsleder hos E. Pihl & Søn A.S.

Akademiingeniør 1990.

Telefon 4527 7200, mobil 4093 1509, e-mail thn@pihl-as.dk,

web www.pihl-as.dk

Har beskæftiget sig med større anlægsopgaver i Danmark, bla. Storebælt, Øresund, Metro, S-baner, kraftværker og broer. Har de seneste par år været chef for betonarbejderne på Pihl-Hoffmanns entrepriser på Udbygningen af M3.



Udbygning af M3 fra 4 til 6 spor

Udbygningen af M3 medfører at et meget stort antal broer udvides med 1-2 vognbaner. Hovedparten af broerne er overføringer af M3 over stærkt trafikerede veje, herunder Hillerødmotorvejen og Slotsherrensvej, to af de største sideudvidelsesprojekter på M3.

Den overordnede plan for trafikafviklingen under projektet, foreskrev at trafikken på disse to veje skulle fremføres i det nuværende antal baner, dog med nedsat hastighed og indsnævrede vognbaner.

Den begrænsede frihøjde under broerne har medført, at der allerede i udbudsmaterialet var foreslået løsninger, hvor forskallingen i princippet skulle ophænges i stag i en stålkonstruktion oppe på M3.

Dette til forskel fra de fleste andre broer, hvor trafikken enten er blevet overledt eller hvor højden under broen har tilladt traditionelt stillads med ståldragere på sværlasttårne.

Ønsker fra de udførende

Hvis vi helt principielt ser bort fra de økonomiske sider af et sådant forskallingsprojekt, så ønsker en udførende at slippe let og hurtigt gennem processen. Forskalling til en bro skal kunne udføres hurtigt, indenfor normal arbejdstid, med let tilgængelige materialer og metoder. Der skal ikke være for mange komplicerede detaljer, og grænseflader mellem forskellige leverandører og underentreprenører skal undgås.

Projekteringsfasen

De projekterende ønsker selvfølgelig at tilgodese produktionsfolkene mest muligt. Samtidig skal beregningsgrundlaget overholdes, fx udbudsmaterialet, vejregler, danske normer, EU-standarder og andet. Altså en lang række af kompromiser.

Vores ideer bag disse ophængte bro-forskallinger var følgende: Få elementer, standard-profiler og pragmatiske løsninger, der uden videre kan udføres på byggepladsen. Kun montagearbejde over de skærende veje, svejsearbejde skulle undgås.

Ud fra dette blev der projekteret, forelagt, gennemset, planlagt og stålet bestilt.

Den næste fase blev præget af mange gennemgange, møder og revision af både tegninger og beregninger.

Brokolaps i Aalborg

Den 25. april 2006 skete det tragiske brokollaps i Aalborg. Én af følgerne var, at man fra Bygherres side krævede alle interimunderstøtninger godkendt, ikke bare kontrolleret, af en til Bygherren knyttet rådgiver/statiker. Dette burde ikke give anledning til noget særligt, idet stilladser, understøtninger og lignende normalt er projekteret forsvarligt og i henhold til normer og standarder.

Men det viste sig jo, som hovedparten af de tilstedeværende ved, at alle brobyggere skulle igennem en lang proces omkring tolkning af normer og standarder.

Projektering og udførelse af stilladser og understøtninger af broer og lignende foregår i dag på en noget andet måde, end før den 25. april 2006. Og det er godt, for målet må være at sådan noget som Aalborg-ulykken aldrig gentager sig.

Men det var en udfordring at være ansvarlig for arbejdet på ca. 20 broer i denne mellemliggende periode, indtil alle havde fundet deres fodfæste igen.

Vi kom igennem, selvom det krævede mange møder og der skulle tilføjes nogle flere elementer på konstruktionerne.

Detailprojektering

- **Statik**

Der er regnet i henhold til lastnormen på helt traditionel vis, med sædvanlige partialkoefficienter, som defineret i udbudsmaterialet. Oprindeligt antog man, at en vandret belastning på 1,5 % af egenvægten ville virke i dækkets plan, altså den friske beton. En vandret kraft fra den friske beton vil blive optaget af den eksisterende bro og simple skrånede vinkelret på dækket. Men den længstvarende diskussion har været hvorvidt stagene overfører de vandrette kræfter til rammerne, som så skulle afstives med et vandret gitter. Til dato er man vist ikke blevet enige, hvorfor jeg skal henstille til kommende projektudbydere og normforfattere at man præciserer dette for at undgå lignende tvister.

- **Ulykkes- og påkørselslast**

I henhold til normen skal sådanne konstruktioner kunne modstå en belastning på hhv. 25 og 50 ton på tværs og på langs af konstruktionen. Man har valgt at opbygge selve formen med stålplader og u-profiler i et kassette-system, indbyrdes samlet med dorne af hensyn til forskydning og kraftoverførsel. Kassetterne blev fastgjort til den eksisterende bro med kraftige bolte.

- **Understøtning**

Man kan vælge at understøtte på søjlerne i gennem det nye dæk, hvorved der efterlades udsparringer i dækket. Vi valgte at understøtte på søjler udenfor brodækket for at undgå udsparringerne. Herved undgås det efterfølgende komplekse armeringsarbejde og tilstøbning, men understøtningsforholdene bliver mere komplicerede, da søjlen nødvendigvis skal funderes som den færdige bro, eller bedre, hvis lasterne bliver koncentrerede.

- **Geotekniske forhold**

I forbindelse med udvidelse af fundamentene til søjlerne, udvidede vi fundamentene yderligere i længden for at have søjlerne kunne funderes.

Planlægning

- **Trafikafvikling**

Metoden tillader stort set normal trafikafvikling i hele byggeperioden. Der er selvfølgelig lidt begrænsninger i forbindelse med oplægning og nedtagning af rammer og dragere, samt udstøbning af betonen, men det er kun nødvendigt med minimal indskrænkning nede.

Der opstilles trafikværn for at sikre at søjlerne ikke kan påkøres.

Selve montagen af formkassetterne sker med lukkede vognbaner, om dagen eller om natten, afhængig af forholdene.

- **Udstøbning og efterbehandling**

For at undgå uheldige asymmetriske effekter, udstøbes brodækket fra midten, enten med 1 pumpe, som jævnlige skifter side, eller med to pumper. Der er ingen begrænsninger i støbehastighed og hærdetiden er den samme, som normalt.

Udførelse

- **Forberedelser**

Ved successiv lukning af spor om natten blev det sædvanlige spor i undersiden skåret for at få et "rent" snit.

Der opstilles autoværn i henhold til trafikplaner og aftaler med politi og vejmyndigheder.

- **Stilladsmontage**

Rammer og overliggere monteredes fra et kortvarigt lukket spor.

Første kassette monteredes omkring søjlerne i en kortvarig lukning.

Øvrige kassetter monteredes om natten med lukkede spor og overledning af trafik. Ét spor per nat. "Overgangen" mellem 2 spor, hvis der er det, kan udføres med en kortvarig lukning med politiets hjælp, som lukker vejen helt. Dette kan lyde dramatisk, men efter den første gang, blev dette ren rutine på vores broer.

Successivt med kassette montagen sikredes de med kraftige bolte til den eksisterende bro. Fastgørelsen er primært beregnet til at optage ulykkeslast i for af påkørsel. Kassetterne er indbyrdes forbundet med dorne, som sikrer overførsel af forskydningskræfterne. Dornløsningen blev også valgt for at lette nedtagningen af kassetterne efter støbning.

Efter montage af kassetter skal der udføres en del sikkerhedsarbejde i form af tætte rækværker og fodspark, så man ikke risikerer nedfaldne genstande på bilerne.

Efter udlægning og fastgørelse af brædderne, spændes kassetterne op til broen og så er der klar til betonarbejdet.

- **Betonarbejdet**

Nedbrydning, armering og øvrigt betonarbejde kunne nu udføres på helt sædvanligvis, om end pladsforholdene på den overførte vej, den skærende vej og i siderne spiller en stor rolle for logistikken.

- **Støbning**

Støbningerne er alle gået hurtigt, idet de mere afhænger af god planlægning ☺

I forbindelse med støbningerne har vi monitoreret nedbøjningerne, dels for at observere tegn på kollaps, dels for at kontrollere beregningerne. Alle målte nedbøjninger holdt sig under de beregnede.

- **Afforskalling**

Afforskalling er foretaget i omvendt rækkefølge, dog noget hurtigere end montagen, men igen med politiets hjælp i "samlinger" over to vognbaner.

Tilstøbning af hullerne er udført med successiv lukning af vognbaner og ilimning af konusser, med efterfølgende fyldning fra oversiden.

Evaluerings

Det er ikke en billig måde at lave stillads på. Broer er desværre ikke helt ens, de meget begrænsede pladsforhold og de mange hensyn til trafikanterne gør i det hele taget alt andet end simple tårne og overledt trafik til en dyr affære.



Når det er sagt, så er det ikke nødvendigvis så meget dyrere og langsommere at bygge ophænget end en understøtning med stålbjælker på sværlasttårne.

Skal jeg pege på én ting, som virkelig ville have gjort en forskel på M3, så havde det været plads langs med udvidelsen – oppe på broerne. Den plads ville have sparet mange, mange penge for de involverede parter.

//Thomas Nielsen



UF Hillerød motorvejen 2006



OF Slotsherrensvej 2006



OF Slotsherrensvej 2006



SYNOPSIS - Dansk Brodag 2008

