

Statens vegvesen Region sør

Reguleringsplan for E18 Ny Varoddbru

Forprosjekt for ny fritt-frembyggbru

2011-11-15 Oppdragsnr.: 5112256



B	2011-11-15	Endelig utgave	AGK	JOS	TEFAA
A	2011-11-14	Gjennomsyn SVRS	AGK		
Rev.	Dato:	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Innhold

1	Innledning	6
2	Grunnlag	7
2.1	REGELVERK TIL GRUNNLAG FOR PROSJEKTERING	7
2.2	GRUNNFORHOLD	7
2.3	VINDFORHOLD	8
2.4	TRAFIKK PÅ BRUA	8
2.5	TRAFIKK I ANLEGGSPHASEN	8
2.6	SKIPSTRAFIKK OG SEILINGSHØYDE	8
2.7	FJERNVARME	9
3	Beskrivelse av løsning	10
3.1	GENERELT	10
3.2	FUNDAMENTERING	11
3.3	SØYLER	12
3.4	OVERBYGNING	12
3.5	REKKVERK	12
3.6	LANDKAR	13
3.7	SPEIELT OM BYGGEFASEN	13
3.8	RIVING AV EKSISTERENDE HENGEBRU	14
3.9	NOEN SPEIELLE MOMENTER FOR DETALJPROSJEKTERINGEN	16
4	Referanser	17

Vedlegg

Tegning K100:	Oversikt
Tegning K101:	Byggemetode oppriss
Tegning K102:	Byggemetode tverrsnitt
Tegning K103:	Fundament og søyle akse 2
Tegning K104:	Fundament og søyle akse 3
Tegning K105:	Fundament og søyle akse 4

Sammendrag

I forbindelse med reguleringsplanen for E18 – Ny Varoddbru er det utarbeidet et forprosjekt for brukonstruksjonen Ny Varoddbru.

Den nye Varoddbrua utføres som en fritt-frembyggbru og skal bygges mellom to eksisterende bruer. Den nye brua utformes på samme måte som eksisterende fritt-frembyggbru, som ble bygget på 90-tallet. Den nye brua får en total lengde på 642.6 meter og det lengste spennet blir 261.2 meter. Dette er et relativt langt bruspenn til denne brutypen å være. Den nye brua får en bredde på 18.85 meter. Til sammenligning har eksisterende fritt-frembyggbru en bredde på 14 meter. På den nye brua skal det være plass til to kjørefelt, ett kollektivfelt og en 5 meter bred gang- og sykkelveg.

Planlegging og bygging av ny bru har visse utfordringer i seg. Det er allerede pekt på at den nye brua får stor bredde og at det samtidig er tale om store spennvidder til brutypen å være. Den store bredden gjør at det foreslås en kassebredde på 10 meter og et tverrsnitt med tre langsgående steg. Å bruke tre langsgående steg er ikke enestående eller unikt, men ikke vanlig praksis for fritt-frembyggbruer i Norge.

Det mest spesielle med dette bruprojektet er likevel det trange arbeidsrommet mellom de to eksisterende bruene. De to eksisterende bruene det her refereres til er en hengebru fra 50-tallet og nevnte fritt-frembyggbru fra 90-tallet. Den nye brua skal altså plasseres i rommet mellom disse to bruene. Arbeidsrommet er faktisk så begrenset at det ikke vil la seg gjøre å bygge den nye brua i full bredde i én operasjon, som ellers ville være foretrukket. Når første del er ferdig bygget, flyttes trafikken på hengebrua over på den nye brua. Deretter rives hengebrua og til sist utvides den nye brua til full bredde. Breddeutvidelsen som gjøres til sist er på ca. 2 meter, som bare en moderat andel av den totale bredden på 18.85 meter. Breddeutvidelsen er ensidig og slik at det ferdige tverrsnittet blir symmetrisk. Det skal nevnes at slik trinnvis bygging bare er nødvendig over ca. halvparten av bruspennet. Over den andre halvparten er det stort nok arbeidsrom til å bygge i full bredde på vanlig måte. Ut over det rent tekniske aspekt ved trinnvis bygging vil det bli krevende å ha et anleggsområde liggende så tett opp mot trafikken på E18, som skal gå som normalt i hele anleggsfasen. Dette gjelder trafikken både på hengebrua og eksisterende fritt-frembyggbru.

Riving av hengebrua fra 50-tallet må som nevnt gjøres etter at den nye brua er bygget. Det vil være liten avstand mellom den nye brua og hengebrua når hengebrua skal rives. Dette utgjør en risiko. Til støtte for dette forprosjektet har man vært i samtaler med AF Decom, som er en entreprenør med spesiell

kompetanse innen riving av konstruksjoner. AF Decom mener at slik riving kan gjøres på en forsvarlig måte og har vist et eksempel på hvordan det kan gjøres.

Den nye brua bygges med senkekasser i sjøen i tre akser. Dette er samme utførelse som ble benyttet under byggingen av eksisterende bru fra 90-tallet. I den ene av de tre aksene (akse 4) står det en kabelpilar for hengebrua ikke langt unna der hvor ny senkekasse skal plasseres. Dette gjør at man ikke står fritt til å sprengte ut sjøbunnen for den nye senkekassen. I akse 4 foreslås en spesiell løsning ved at det først benyttes en undervannsstøp og deretter tradisjonell senkekasse oppå undervannsstøpen.

Det trange arbeidsrommet er ikke bare problematisk; det kan også gi fordeler og muligheter. Det er kjent at fritt-frembyggkonstruksjoner er sensitive for vind i byggetilstanden, noe som for eksempel medførte bruken av hjelpesøyler i sjøen under byggingen av fritt-frembyggbrua fra 90-tallet. Det vil være mulig å avstive den nye brua mot eksisterende og derved redusere omfanget av hjelpesøyler. Det er ikke utført beregninger i dette forprosjektet som kan fastslå i hvilken grad hjelpesøyler helt kan erstattes med avstivning mot eksisterende bru. Men det ligger opplagt et potensial i avstivning mot eksisterende bru og dette bør undersøkes videre i detaljprosjekteringen.

Til det positive kommer også at den nye brua i grove trekk blir en kopi av brua fra 90-tallet. Man kan dra nytte av erfaringene fra byggingen på 90-tallet.

1 Innledning

Prosjektet E18 Ny Varoddbru i Kristiansand kommune, skal krysse over Topdalsfjorden fra Søm(Torsvik) på østsiden til Varodden på vestsiden av fjorden. På stedet finnes det i dag 2 bruer. Den eldste brua er en hengebru og ble tatt i bruk i 1956. Den andre brua som ble åpnet i 1994, er en fritt frembyggbru i betong.

Utløsende for dette prosjektet er behovet for å erstatte hengebrua fra 1956. Brua er allerede i dag kostbar å vedlikeholde. Ved fortsatt bruk av eksisterende hengebru ville det etter 2017 være nødvendig å gå inn med tyngre og meget kostbare vedlikeholdsarbeider som i tillegg vil medføre store trafikkavviklingsproblemer.

Dette forprosjektet viser løsning for en ny fritt-frembyggbru plassert mellom dagens bruer.

Valg av brutype og plassering fremkom etter en kreativ prosess sommeren 2011. Grunnlaget for valg av brutype er gitt ved en silingsrapport, referanse /1/.

I ferdig situasjon vil de to fritt-frembyggbruene utgjøre følgende forbindelse, med referanse til tegning K100:

- | | |
|---|--|
| 1) Østgående - ny fritt-frembyggbru med bredde 18.85 meter: | - to kjørefelt
- ett kollektivfelt
- 5 meter bred GS |
| 2) Vestgående - eksisterende fritt-frembyggbru med bredde 14 meter: | - to kjørefelt
- ett kollektivfelt |

Totalt 6 felt for kjørefelt og en 5 meter bred gang- og sykkelvegbane.

I tillegg til bygging av ny bru, omfatter prosjektet en mindre ombygging av eksisterende fritt-frembyggbru. Dagens gang- og sykkelveg ligger langs nordsiden av eksisterende fritt-frembyggbru. Denne gang- og sykkelvegen gjøres om til kollektivfelt og gang- og sykkelvegen flyttes over til den nye brua. Dette medfører nedsaging og fjerning av betongrekkverk på eksisterende fritt-frembyggbru, samt asfaltarbeider.

2 Grunnlag

2.1 REGELVERK TIL GRUNNLAG FOR PROSJEKTERING

Eurokode og Statens Vegvesen (SV) Bruprosjektering H185 legges til grunn for prosjekteringen. Viktige Eurokoder er:

- NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner
- NS-EN 1990 Annex A2
- NS-EN 1991-1-4 Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-4: Allmenne laster - Vindlaster
- NS-EN 1991-1-5 Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-5: Allmenne laster - Termiske påvirkninger
- NS-EN 1991-2 Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 2: Trafikklast på bruer
- NS-EN 1992-1-1 Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger
- NS-EN 1992-2 Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner - Del 2: Bruer
- NS-EN 1998-1 Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger
- NS-EN 1998-2 Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 2: Bruer

2.2 GRUNNFORHOLD

På samme måte som eksisterende fritt-frembyggbru, forutsettes den nye brua fundamentert til berg. Berggrunnen i området består av prekambriske bergarter som granittisk gneis, amfibolitt og pegmatitt og en nærmere beskrivelse er gitt i ingeniørgeologisk rapport utarbeidet av Norconsult i 2011, referanse /2/. Høsten 2011 ble det utført dykkerinspeksjoner av områder hvor nye fundamenter planlegges plassert. Observasjoner fra dykkerinspeksjoner er beskrevet i nevnte ingeniørgeologiske rapport. Høsten 2011 utførte firmaet Agder Marine AS en skanning av sjøbunnen, referanse /9/.

2.3 VINDFORHOLD

Prosjektering av eksisterende fritt-frembyggbru ble basert på vindforhold beskrevet i en rapport fra 1990 utarbeidet av Det Norske Meteorologiske Institutt, referanse /3/. Rapporten er basert på data fra Kjevik og Oksøy og konkluderer med en 50-års middelvindhastighet lik 28 m/s i 10 meters høyde. Dette er litt lavere enn det som fremkommer for Kristiansand i Eurokode 1 Del 1-4 Tabell NA.4(901.1) med antagelse om terrengkategori I: $26 \times 1.173 = 30.5$ m/s. Det anbefales at detaljprosjekteringen av ny fritt-frembyggbru baseres på nevnte vindrapport fra Det Norske Meteorologiske Institutt – dvs. en middelvindhastighet på 28 m/s i 10 meters høyde. Vindrapporten angir også turbulensintensitet.

Et annet forhold som ikke dekkes av nevnte rapport, men som bør vies oppmerksomhet under detaljprosjekteringen, er mulig turbulens bak eksisterende fritt-frembyggbru som følge av virvelavløsning på denne. Det er kjent at hengebrua under visse forhold kan komme i vertikal bevegelse på grunn av denne effekten. Effekten vil ikke ha samme betydning for fritt-frembyggbrua som nå er under planlegging, men virkningen bør likevel undersøkes nærmere under detaljprosjekteringen og med særlig vekt på byggetilstanden.

2.4 TRAFIKK PÅ BRUA

Ny fritt-frembyggbru skal føre trafikk på E18 i østlig retning og skal utføres med tre kjørefelt. Det ene feltet vil være et kollektivfelt. ÅDT for trafikk i østlig retning er 20000. Dimensjonerende hastighet er 80 km/t.

I tillegg skal brua føre en 5 meter bred gang- og sykkelvegbane langs søndre side.

2.5 TRAFIKK I ANLEGGSFASEN

Det ligger som en føring fra Statens vegvesen Region sør at kjøretrafikken på E18 skal gå som normalt i hele anleggsfasen. Det er også en føring at det skal være åpen gang- og sykkelvegforbindelse i hele anleggsfasen.

Redusert trafikk vil likevel kunne aksepteres i anleggsfasen, men må i så fall begrenses til et minimum. Redusert trafikk kan for eksempel bety stenging av ett kjørefelt i perioder med liten trafikk. Full stenging av E18 kan i utgangspunktet aldri påregnes. Det vil i så fall være tale om enkeltepisoder av få timers varighet.

2.6 SKIPSTRAFIKK OG SEILINGSHØYDE

Leia under bruene trafikkeres kun av småbåttrafikk. Like sør for brua ligger havneområdene Vige og Kongsgård. Skipstrafikk knyttet til disse havneområdene går ikke under bruene, men siden havneområdene ligger nær representerer disse skipene potensielle ulykkeslaster. Dimensjonerende skipsstørrelse og tilhørende påseilingslast bør fastsettes under detaljprosjekteringen ved en risikoanalyse i tråd med Håndbok 185 pkt. 2.7.3.1.5.

I dagens situasjon er det hengebrua som utgjør begrensningen på seilingshøyde. Statens vegvesen Region Sør har avklart med Kystverket at det er akseptabelt å bygge den nye fritt-frembyggbrua med samme seilingshøyde som eksisterende fritt-frembyggbru.

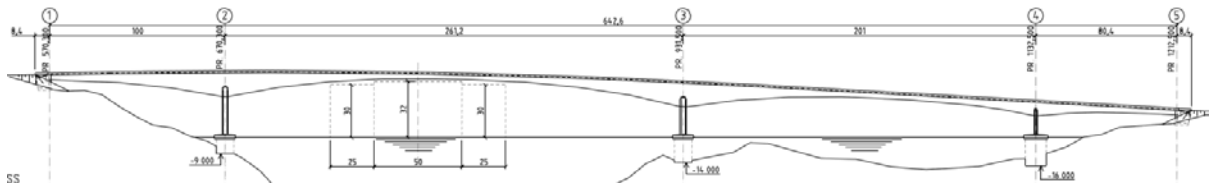
2.7 FJERNVARME

Agder Energi Varme ønsker å føre fjernvarme gjennom den nye fritt-frembyggbrua. Norsk Energi har utarbeidet et notat som beskriver mulig rørplassering og vekt, referanse /7/. Det er ikke fattet noen beslutning om hvor vidt Statens vegvesen vil akseptere fjernvarme ført gjennom brua. Statens vegvesens Håndbok 185 pkt. 7.2.6.3.4 tillater bare i unntakstilfeller at fjernvarme kan føres gjennom eller under bruer. Status i dag er at Statens vegvesen Region sør har sendt en henvendelse til vegdirektoratet og bedt dem vurdere om fjernvarme kan tillates ført gjennom brua. Det har også vært oppe til vurdering om rørene kan henges på utsiden, under vingene. Norsk Energi ønsker ikke en slik løsning og forslaget som nå er til vurdering hos vegdirektoratet gjelder rør inne i brukassen.

3 Beskrivelse av løsning

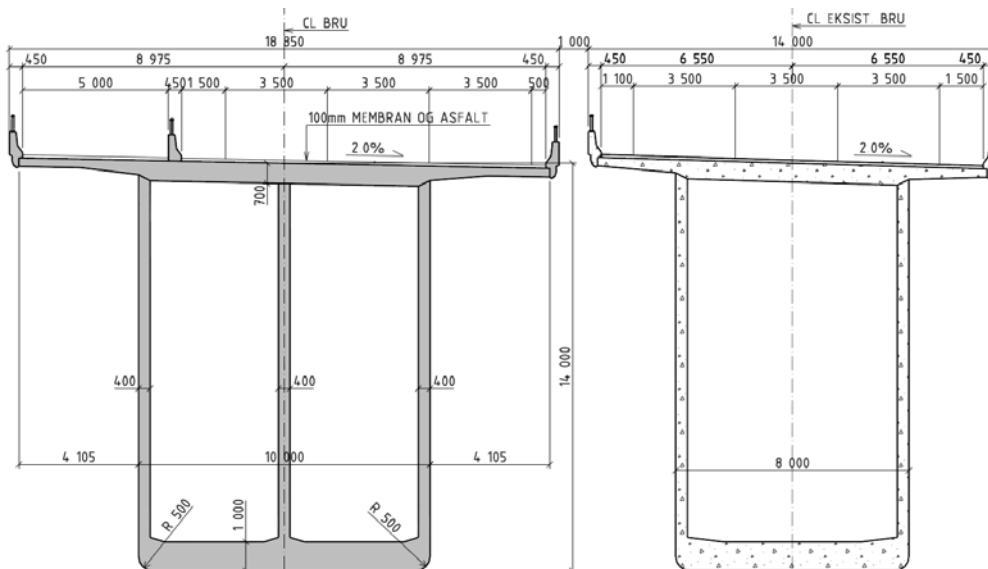
3.1 GENERELT

Ny bru utføres som fritt-frembyggbru med samme utforming som eksisterende fritt-frembyggbru. Hengebrua rives når den nye brua står klar. I den nye situasjonen får man da to like bruer ved siden av hverandre. Det visuelle inntrykket vil bli forbedret sammenlignet med dagens situasjon med to helt ulike brutyper plassert ved siden av hverandre.



Figur: Oppriss av ny bru

Den nye brua får en ytre bredde på 18.85 meter, som er bredere enn eksisterende fritt-frembyggbru med 14 meters bredde.



Figur: Tverrsnitt av ny og eksisterende bru

Den nye brua får ørlite større spennvidder enn dagens bru. Dette fordi vegen ligger i kurve og samtidig ønsker man søyler plassert i de samme akser. Det siste av estetiske hensyn. Dette medfører at den nye brua får et hovedspenn på 261.2 meter – litt større enn eksisterende på 260 meter.

På Sømsiden skiller de to bruene seg ved at den nye brua får et kortere sidespenn. Den nye brua får et sidespenn på 100 meter mens eksisterende fritt-frembyggbru har et sidespenn på 120 meter. Kortere sidespenn er valgt som en tilpasning mot Sømsveiens linjeføring under bruene, men også på grunn rampe mot Søm. På grunn av rampen får den nye brua en vesentlig breddeutvidelse i dette området.

Av estetiske hensyn skal undersiden av de to bruene følge hverandre over hele brulengden – dvs. at de to bruene utføres med identisk kassehøyde.

3.2 FUNDAMENTERING

Landkar i akse 1 og 5 fundamenteres på berg. Det er generelt lite løsmasser og kort avstand til berg.

Pilarer i akse 3, 4 og 5 fundamenteres i sjøen ved bruken av senkekasser. Dette er samme løsning som er benyttet for eksisterende fritt-frembyggbru. Det vises til tegninger K103, K104 og K105. Det benyttes senkekasser som fylles med ballast av magerbetong eller steinmasser og med massiv fenderplate på toppen. Fenderplaten gis samme utforming som på dagens bru. Som det fremgår på tegning K103 og K104 er det begrenset klaring mot eksisterende fenderplate slik at de nye fenderplatene må gis en asymmetrisk utforming i tverretningen. Dvs. at de krager ut 4 meter i den ene retningen og bare 2 i den andre. Denne asymmetrien vurderes å ha liten betydning for det visuelle inntrykket. På tegningene er det antydning en klaring på ca. 1 meter mellom gammel og ny fenderplate. Dette for å redusere mulig sprengvirkning ved isdannelse.

Under byggingen av eksisterende fritt-frembyggbru la man til rette for fremtidige søylefundamenter ved å sprengte ut ekstra store flater til siden for de senkekassene som skulle bygges den gangen. Man regnet imidlertid ikke med at en fremtidig bru skulle bli så bred som det nå planlegges. Dette gjør at flatene som ble sprengt ut ikke er store nok til de senkekassefundamentene som nå er nødvendige. Dette er illustrert ved merknad 5 på tegning K103 og K104, og ved merknad 6 på tegning K105. Flatene som ble sprengt ut er også dokumentert ved dykkerinspeksjon høsten 2011, referanse /8/. Dette har liten betydning for senkekassene i akse 2 og 3; under bygging av ny bru sprenges det ut litt mer slik at man får plass til 12 meter brede senkekasser.

Senkekasse i akse 4, vist på tegning K105, krever imidlertid en spesiell løsning. Ikke langt unna dette området står det en kabelpilar tilhørende den gamle hengebrua. Snittet på tegning K105 kan være litt misvisende da kabelpilaren egentlig er litt lengdeforskjøvet sammenlignet med senkekassene. Dette kan man se av planen på tegning K100. Men uansett er det slik at kabelpilaren står nær det området hvor den nye senkekassen i akse 4 skal komme og det vurderes å være for risikofullt å sprengte bort berg i nærheten av denne. Det foreslås derfor å lage en undervannsstøp opp til ca. kote -8. Oppå denne settes en senkekasse etter samme prinsipp som i de andre aksene. Dermed unngår man sprengning (eller saging) av berg nær kabelpilaren.

Som et alternativ til beskrevne senkekasser kan fundamenteringen utføres som undervannsstøp. Dette kan være spesielt relevant i akse 4. Det foreslås at anbudet utarbeides med undervannsstøp som alternativ i alle tre akser. Det kan her nevnes anbudet for brua fra 90-tallet var basert på undervannsstøp i alle tre akser og med senkekasse som alternativ utførelse. Samtlige entreprenører foretrakk senkekasse, hvilket ble valgt løsning.

3.3 SØYLER

Søylene er vist på tegninger K103, K104 og K105 og gis samme utforming som på dagens fritt-frembyggbru. Søylene i akse 4 er massiv, mens søylene i akse 2 og 3 er kassetverrsnitt. På tegning K103 og K104 er det vist tykkelser som tilsvarer det som ble benyttet i eksisterende fritt-frembyggbru. Endelig tykkelser bør imidlertid vurderes på nytt under detaljprosjekteringen. Særlig med hensyn på muligheten for å unngå hjelpesøyer som diskutert i kapittel 3.7 nedenfor.

3.4 OVERBYGNING

Overbygningens høyde varierer fra 3 til 14 meter. Den store bredden på 18.85 meter gjør at det er valgt en kassebredde på 10 meter. Dette valg understøttes av en overslagsberegning av undergurtens trykkapasitet. I overslagsberegningen er det regnet med samme tykkelsesvariasjon som for eksisterende bru. Dvs. med gurttykkelse 1000 mm i aksene der hvor kassehøyden er 14 meter.

Overbygningen foreslås utført med tre langsgående steg. Dette av hensyn til knekking av steg nær aksene, samt for å redusere tverrarmeringen i bunn- og topplate. Fra prosjekteringsrapport for eksisterende fritt-frembyggbru, referanse /4/, har vi følgende utsagn: *For stegene i de store kragarmene er knekking dimensjonerende i de første 20 - 30 m fra aksene. Effekten av "skjær utenom bøyingsplanet" har stor betydning for armeringsmengdene i overgangen bunnplate/steg og i bruplate over steg. Stort "fugeskjær" i overgang steg/bruplate bidrar til betydelig vertikal armering øverst i steg i enkelte områder.* Ut over dette vil et tredje steg medføre reduserte tverrmomenter i topp- og bunnplate. Det foreslås stegtykkelse 400 mm på den innerste delen av kragarmene. Ytterste del kan utføres med 300 mm stegtykkelse.

Topplaten kan utføres med tykkelse 700 mm i innerste del av kragarmene. Topplatens tykkelse reduseres til 500 mm ca. i tredjedelspunktet. I ytterste tredjedel av kragarmene kan topplatens tykkelse reduseres til 300 mm og i kombinasjon med vouter som vist på snittet på tegning K100. En overslagsberegning viser et kabelbehov på ca. 116 spennkabler over aksene (19 lissers 0.6" kabler). Ved å benytte 700 mm topplate kan kablene da legges i tre lag. Det vil også være plass til noen kabler i vingene. Vingene har en utkraging på litt over 4 meter og kan utføres med en tykkelse på ca. 500 mm ved innspenningen mot kasselivet. Da blir det plass til kabelforankringer i vingene. Angitt antall spennkabler inkluderer ikke tillegg for eventuell fjernvarme, men vekten av mulige fjernvarmerør vil ikke utgjøre noen dramatisk økning av kabelantallet. I forbindelse med overslagsberegningene ble det konstatert at den eksisterende fritt-frembyggbrua har hele 140 kabler. Dette skyldes at man den gangen benyttet spennkabeltau av dimensjoner 0.5". Men selv om man kompenserer for dette, synes det underlig at den nye brua kan utføres med "bare" ca. 116 kabler når man samtidig vet at regelverket er skjerpet med de nye Eurokodene. Derfor ble det også utført en overslagsberegning av eksisterende fritt-frembyggbru basert på det regelverket som gjaldt den gangen og resultatene antyder at mengde spennkabler er noe større enn det som trengs.

Hele overbygningen får en breddeutvidelse mot landkaret på Søm. Dette pga. rampene ned mot Sømsveien. Her foreslås det at kassebredden utvides slik at vingen får konstant utkragerlengde og at steget følger gangvegens kurvatur

3.5 REKKVERK

Rekkverk langs utsidene utføres som kjørestærkt ikke-ettergivende rekkverk med 80 cm høy betongkant og med 55 cm høyt ståltrekkverk oppå betongen. Dvs. en total høyde på 135 cm. Dette er likt som på eksisterende fritt-frembyggbru og er litt høyere enn minimumskravet på 120 cm. Dette av hensyn til syklist og stor høyde til sjø eller terreng.

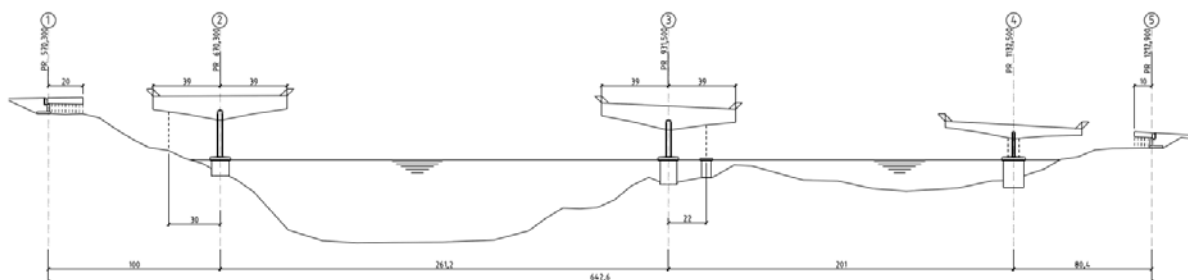
Samme rekkverk benyttes som skille mot gang- og sykkelvegen. På tegningene er dette rekkverket illustrert med samme høyde som ytterrekkverkene, men ved endelig detaljering kan det vurderes å redusere høyden ved at stålrekkverket oppå betongen gjøres lavere enn 55 cm.

3.6 LANDKAR

Det er ikke laget formtegninger av landkarene i dette forprosjektet. Det forutsettes tradisjonell løsning av plasstøpte landkar med frontvegg og vinger. Landkarene støpes mot berg. Detaljer bør utformes likt som på eksisterende fritt-frembyggbru. Landkaret på Varodden må bygges trinnvis og i første omgang med redusert bredde. Dette pga. endespennene på hengebrua, som står like ved siden. Landkaret på Søm blir bredere enn normalt pga. rampene til Sømsveien. Forprosjektet viser frontvegg med knekk. Skrå frontvegg har også vært vurdert, men utførelse med knekk vurderes som beste løsning.

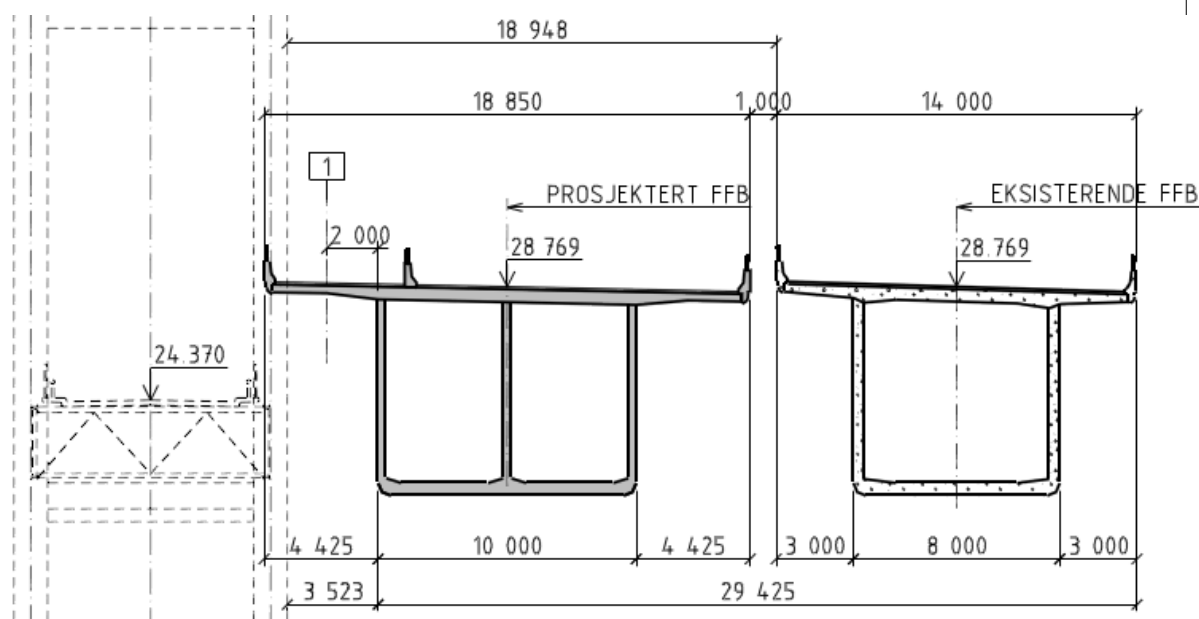
3.7 SPEIELT OM BYGGEFASEN

Hovedprinsippet for byggingen er vist på tegning K101 og følger den samme byggemetoden som ble brukt for eksisterende fritt-frembyggbru. For en nærmere beskrivelse av eksisterende bru vises det til prosjekteringsrapport og tegninger ved referanse /4/ og /5/. Dvs. at den nye brua bygges med fritt-frembygg fra tre ulike akser. For å spare tid vil det være ideelt å benytte 6 vogner, men dette valg blir normalt overlatt til entreprenøren og har også noe å gjøre med engangskostnader ved etablering av vogner.



Figur: Oppriss byggefasen med fritt-frembygg fra tre akser

Det er så smalt mellom hengebrua og eksisterende fritt-frembyggbru at det over deler av bruspenet ikke er mulig å bygge brua i full bredde med en gang. Dette gjelder spesielt frembygget fra akse 3. Det vises til figur nedenfor og tegning K102. Her må frembygget gjøres med redusert bredde ved at den ene vingen i første omgang støpes med redusert utkraging. For eksempel å avslutte vingen 2 meter ut fra kasselivet som illustrert på tegning K102. Siste del av vingen støpes i ettertid på samme måte som man normalt gjør med kantdragere. Dette vil gi et asymmetrisk tverrsnitt under frembygg og oppspenning, men vurderes å være greit gjennomførbart med de store kassetverrsnittene som her er aktuelle. Dette ble også gjort under byggingen av eksisterende fritt-frembyggbru, som har én-sidig breddeutvidelse i endespennet mot Søm. Frembygget fra akse 4 må også baseres på redusert bredde, men det er litt bedre plass enn ved akse 3 og indre del av kragarmene kan i alle fall bygges med full bredde. Frembygget fra akse 2 kan bygges med full bredde i hele lengden.



Figur: Snitt på det smaleste partiet

På tegning K101 er det vist hjelpesøyer etter samme prinsipp som ble benyttet under byggingen av eksisterende fritt-frembyggbru. Det er imidlertid ikke sikkert at man trenger hjelpesøyer i samme omfang som ble benyttet den gangen. Eksisterende fritt-frembyggbru kan brukes til å avstive kragarmene på den nye brua. Det vil være relativt lett å oppnå god sideveis avstivning slik at torsjonsvingeformen kan elimineres. Likeså vil man trolig også kunne eliminere første langsgående svingeform ved å plassere et horisontalt stålfagverk mellom bruene. Det er uklart om en slik avstivning helt kan eliminere behovet for hjelpesøyer. Dette må undersøkes i detaljprosjekteringen. Det vil for eksempel være en stor gevinst om man kan unngå hjelpesøyle i sjøen mht. frembygget i akse 3. Kanskje man kan unngå dette ved å benytte to stk. hjelpeskiver direkte oppå pilarens senkekasse etter samme prinsipp som man gjorde ved akse 4 under byggingen av eksisterende fritt-frembyggbru. To hjelpeskiver i kombinasjon med nevnte horisontalavstivning vil kanskje kunne eliminere behovet for hjelpesøyle i sjøen. Som en sikker løsning og som grunnlag for kostnads kalkyle (anslag) viser forprosjektet hjelpesøyer etter samme prinsipp som ble benyttet under byggingen av eksisterende fritt-frembyggbru.

3.8 RIVING AV EKSISTERENDE HENGEBRU

Eksisterende hengebru sto ferdig i 1956. Avstivningsbæreren er utført som et stålfagverk med dekke av betong. Tårna er utført i betong. Det vises til tegninger, referanse /6/.

Hengebrua må være i funksjon til den nye brua står ferdig og trafikken lagt over. Deretter skal hengebrua rives.

Rivemetoden som skisseres nedenfor er et resultat av diskusjoner med AF Decom, som er eksperter innen riving. Det presiseres at den skisserte metoden kun er én av mange mulige. Endelig rivemetode kan bli en helt annen enn den skisserte og det er ikke sikkert at Statens vegvesen, samfunnet og omgivelsene for øvrig vil akseptere metoden som her skisseres. Endelig rivemetode vil være gjenstand for omfattende planlegging. De rent tekniske aspektene knyttet til rivingen vil det være entreprenøren selv som planlegger, men under føringer gitt av Statens vegvesen.

Bare for å illustrere gjennomførbarhet, forklares her en metode for hvordan AF Decom ser for seg at hengebrua kan rives:

Betongdekket på avstivningsbæreren kan fjernes først og dette gjøres direkte fra veibanen ved bruken av mobilkraner. Man begynner i midten og fjerner dekket symmetrisk bakover mot tårna. Betongen kjøres bort og hogges der opp til mindre biter slik at betong og armeringsstål separeres.

Stålfagverk inklusive hengestenger kan heises ut med et stort kranskip av typen Uglen. Fagverket deles opp i passe lange seksjoner som heises ned på lekter. Som et alternativ til stort kranskip kan seksjonene vinsjes ned via oppheng i bærekablene. Det siste vil ta lengre tid og man vil kanskje velge å benytte et kranskip selv om døgnprisen er stor. Stålet gjøres opp i mindre biter direkte på lekteren.

På dette tidspunkt gjenstår hengebrutårna og bærekablene. Disse skytes ned med sprengladninger slik at:

- *tårnet på Søm faller inn mot land*
- *bærekablene faller ned i sjøen*
- *tårnet på Varoddsiden blir stående igjen*

Tårnet på Varoddsiden deles opp i store biter og heises ut med stort kranskip av type Uglen. Bitene legges inn på land og hogges opp i mindre biter på samme måte som betongdekket. Bærekablene fjernes fra sjøbunnen og deponeres kontrollert sammen med øvrig stål.

Sprengning av tårn og bærekabler er risikofullt. Spesielt når dette skal gjøres etter at en ny bru er bygget mellom de to eksisterende. AF Decom har imidlertid sannsynliggjort hvordan riving kan gjøres innenfor en akseptabel risiko. AF Decom har ikke bare utført en vurdering av den aktuelle rivejobben, men også vist eksempler på mange lignende tilfeller hvor man har sprengt ned eksisterende hengebrutårn ved siden av en ny brukonstruksjon. Risikoen knyttet til nedsprengning av tårnet på Sømsiden gjelder ikke primært skade på mennesker. Området inklusive E18 vil være evakuert i dette korte tidsrom. Risikoen gjelder i større grad skade på betongbruene som står ved siden av. Skulle et av hengebrutårna falle ned på én eller begge bruene, ville dette kunne medføre stengning av E18 over lang tid. Det siste vil ha store samfunnsmessige konsekvenser. AF Decom har imidlertid gjentatte ganger presisert at fallretningen på tårna styres med stor presisjon.

Med den skisserte rivemetode fjernes alle materialer – ingenting blir liggende igjen hverken på sjøbunnen eller på land.

Muligheten for å sprengne ned tårnet nærmest Varodden sammen med det andre tårnet har også vært vurdert. I så fall aksepterer man at betong og armering blir liggende igjen på sjøbunnen. Det er funnet at det er teknisk mulig å skyte ned tårnet, men at den økonomiske gevinsten er vurdert å være liten i forhold ulempen med avfall på sjøbunnen. Dette brutårnet står dessuten svært nær de to andre bruene med tilhørende risiko for skade under nedsprengning av tårn.

Avsluttende merknad som kommer i etterkant av diskusjoner med AF Decom: Metoden over skisserer at tårnet på Varodden skal stå igjen etter nedsprengning av kabler og tårn på Søm. Det er imidlertid ikke sikkert at dette tårnet står av seg selv. Det er mulig at tårnet må barduneres eller forsterkes ved innspenningen. Eller at tårnet må sprenges ned samtidig som kabler og det andre tårnet. Dette må vurderes nærmere i en senere fase av prosjektet.

3.9 NOEN SPESIELLE MOMENTER FOR DETALJPROSJEKTERINGEN

HMS i byggefasen

Det er smalt mellom bruene og dette risikoaspektet bør det fokuseres spesielt på under detaljprosjekteringen, her under kostnadsbærende poster for skjerming og fallnett, samt midlertidige trafikkomlegginger med redusert hastighet osv.

Fundamentering av senkekasser

Det er utført dykkerinspeksjoner som gir et visst holdepunkt for detaljprosjektering av nye senkekasser. Det er imidlertid lag av mudder og løsmasser som gjør at man ikke har full kjennskap til bergflatenes geometri. Før man detaljprosjekter senkekassene, skulle man ideelt sett ha utført rensk av sjøbunnen. Det kan for eksempel tenkes at berget ligger for lavt i noen områder og man står da ikke fritt til å sprengne ned hele fundamentflaten ettersom eksisterende fritt-frembyggbru står helt inn til.

En mulig strategi er å utføre rensk av berget som en egen og mindre entreprise i forkant av bruentreprisen. Det siste vil redusere usikkerheten i løsning prosjektert for anbud, men vil ha en viss kostnad.

Alternativ fundamentering

Anbud bør utformes med undervannsstøp som alternativ til senkekasser.

Behovet for hjelpesøylor

Eksisterende fritt-frembyggbru kan benyttes til avstivning. Det er mulig at dette kan redusere eller til og med eliminere behovet for hjelpesøylor. Dette bør undersøkes spesielt i en innledende fase av detaljprosjekteringen. I beste fall kan man unngå hjelpesøyle i sjøen knyttet til frembygget fra akse 3.

Trinnvis bygging i tverretningen

Det er nevnt foran at deler av vingen må bygges i etterkant. Det bør fokuseres på løsninger som reduserer størrelsen på tvangsriss i den delen av vingen som støpes i etterkant.

Riving av hengebru

Det foreslås å utarbeide anbudet slik at det er riveentreprenøren selv som prosjekterer og dokumenter rivearbeidene. Her under dokumentere hengebrukonstruksjonens styrke i alle faser av rivingen (det er kjent at det vil oppstå store forskyvninger i kabelsystemet ved fjerning av vekt). Det er få og store aktører som kan utføre en slik rivejobb. Det kan vurderes å få utført tredjeparts verifikasjon av riveplanene.

4 Referanser

- /1/ E18 Ny Varoddbru. Silingsrapport. Norconsult AS 15.09.2011.
- /2/ E18 Ny Varoddbru. Ingeniørgeologisk rapport. Norconsult AS 01.11.2011.
- /3/ Varoddbrua Ekstreme vindforhold. Rapport nr. 13/90. DNMI Klima 20.04.1990
- /4/ Prosjekteringsrapport for fritt-frembyggbru bygget 1994. Statens vegvesen vegdirektoratet 29.08.1994.
- /5/ Tegninger av fritt-frembyggbru bygget 1994. Statens vegvesen vegdirektoratet 1992-1994.
- /6 / Tegninger av hengebru fra 1956. Vegdirektoratet 1950-1956.
- /7 / Notat med tegninger utarbeidet av Norsk Energi: Fjernvarme over Varoddbrua 10.10.2011.
- /8/ Dykkerinspeksjon utført av Agder Marine 12.10.2011. Skisser av fundamentflater og videofilm.
- /9/ Skanning av sjøbunn utført av Agder Marine 12.10.2011.