



Statens vegvesen

2015

Ekspertgruppe bru/geoteknikk E1 8 Skjeggestadbruene



Statens vegvesen Vegdirektoratet

09.02.2015

1 Sammendrag

Bru nummer 07-0786 Mofjellbekken bru vest (Skjeggestadbrua) på E18 ved Holmestrand fikk en alvorlig skade mandag 2. februar 2015 ca kl. 14:40, på grunn av grunnbrudd. E18 ble stengt, og omkjøringsveger ble etablert. Ingen ble skadd i hendelsen.

Grunnbruddet skyldes et kvikkleireskred som har flyttet fundamentet/søyla i akse 5 på bru Mofjellbekken vest og førte til at brukassen knakk ved denne aksen (bru vest er den søndre brua).

Parallellbrua heter Mofjellbekken øst 07-0814 (Skjeggestadbrua) og ligger c/c 18 m unna, med 6 meters lysåpning.

For å bistå Region sør med å finne tekniske løsninger for det videre arbeidet er det nedsatt ei ekspertgruppe i Vegdirektoratet. Hensyn til sikkerhet, framdrift og økonomi har vært førende i anbefalte løsninger.

Søyla i akse 5 på bru vest har sunket ca 2,5 m og forskjøvet seg horisontalt 2,5 m i toppen og 3-5 m i bunnen. Pelene har derfor ingen bæreevne og fundamentet står kun på skredmasser. Det er høy og økende risiko for kollaps av bru vest.

Arbeidsgruppa anbefaler å rive deler av Mofjellbekken bru vest ved hjelp av sprengning med målsetting om å redusere risiko for skader på bru øst. Sprengladninger kan plasseres på søylene i akse 5 og 6, samt i overbygningen ved akse 4.

Det er stor usikkerhet rundt tilstanden til pelene i akse 5 på Mofjellbekken bru øst og fundamentet må sannsynligvis refundamenteres. Refundamentering må også vurderes i akse 4 og 6 bru øst. Brua må kontinuerlig oppmåles for å registrere og evaluere eventuelle deformasjoner.

Videre anbefales det at stabilisering av masser i skredgrop iverksettes umiddelbart. Dette utføres med vertikaldren og kalk-sement-stabilisering.

Bru øst kan tidligst åpnes for trafikk når ovenstående er utført.

Metode for rivning av resten av overbygningen av bru vest kan vurderes senere. Arbeidet med ny overbygning på bru vest kan så starte fra akse 1, eventuelt akse 3 hvis man ønsker å gjenbruke noe av overbygningen. Parallelt med støp av ny overbygning etableres det nytt fundament i akse 5, og mulig forsterking av fundamentene i akse 4 og 6.

2 Bakgrunn

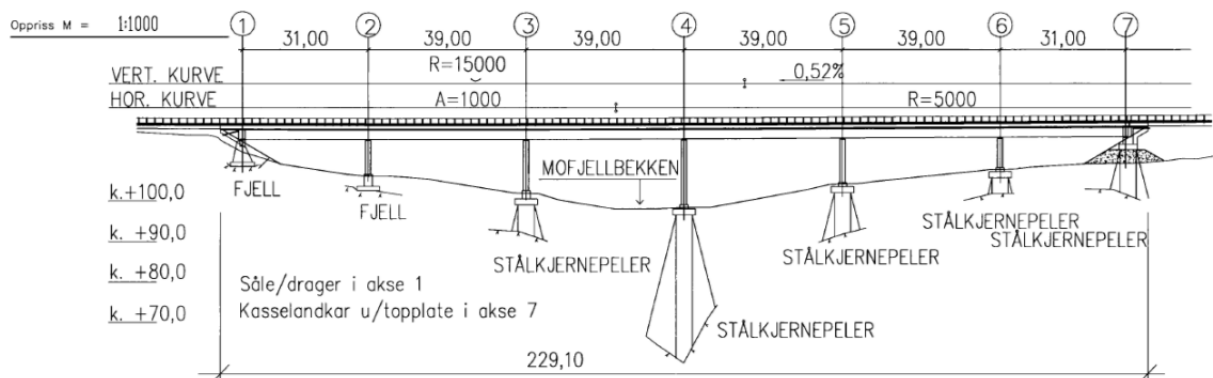
Bru nummer 07-0786 Mofjellbekken bru vest (Skjeggstadbrua) på E18 ved Holmestrand fikk en alvorlig skade mandag 2. februar 2015 ca kl. 14:40, på grunn av grunnbrudd. E18 ble stengt, og omkjøringsveger ble etablert. Ingen ble skadet i hendelsen.

Grunnbruddet skyldes et kvikkleireskred. Skredet tok med seg fundamentet og søyla i akse 5 av bru Mofjellbekken vest og førte til at brukassen knakk ved denne aksen (bru vest er den søndre brua).

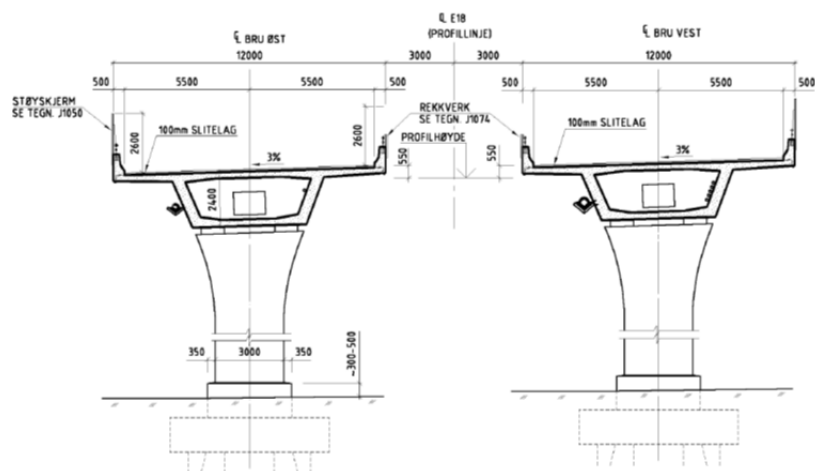
Brua er ei spennarmert betongkassebru med 7 akser bygd i 1998. Alle aksene med unntak av akse 1 og 2 er fundamentert på stålkjernepeler til berg. Pelene er boret minimum 4 m ned i berg. Pelene i akse 5 er 9–13 meter lange. Se Figur 1 og Figur 2.

Parallellbrua heter Mofjellbekken øst 07-0814 (Skjeggstadbrua) og ligger c/c 18 m unna, med 6 meters lysåpning. Byggeår 2001.

Bruene ble åpnet for trafikk i 2001.



Figur 1: Oppriss av bru 07-0786



Figur 2: Tverrsnitt av bru 07-0814 og -0786

3 Oppgave

Arbeidsgruppas oppgave er å bistå Region sør med rådgivning for å finne tekniske løsninger for det videre arbeidet.

Gruppen skal ikke søke å finne årsak til hendelsen, men kunnskap om de funn som er gjort inngår som en del av vurderingsgrunnlaget. Forslagene er ikke vurdert opp mot gjeldende reguleringsplan, naturmiljø eller estetikk.

4 Organisering

Ekspertgruppen ledes av Børre Stensvold, Bruseksjonen i Vegdirektoratet. Gruppen består av interne og eksterne deltagere med bruteknisk, geoteknisk og anleggsteknisk kompetanse.

Bru-Vdt:	Eldar Høysæter, Gunnar M. Haugen, Olav Grindland, Gaute Nordbotten, Børre Stensvold, Kristian Berntsen
Geo-Vdt:	Kristian Aunaas, Frode Oset, Hanne Ottesen (lørdag og søndag)
Reg-sør:	Odd Rønnestad
AF Decom:	Øyvind Omnes (fredag), Jarle Bøckman (lørdag og søndag)
SINTEF:	Helge Brå
Rambøll:	Inge Solberg
NGI:	Kjell Karlsrud

5 Nåsituasjon

Søyla i akse 5 har sunket ca 2,5 m og forskjøvet seg horisontalt 2,5 m i toppen og 3–5 m i bunnen, se Figur 3. Pelene har derfor ingen bæreevne og fundamentet holdes oppe av jordens bæreevne, som er redusert.

Erfaringsmessig vil det bli ytterligere 10–30 cm setning per måned på grunn av skjærdeformasjoner og at vannet presses ut av leira. Dette medfører at det er fare for kollaps av hele eller deler av brua. Det er meldt fra om at det skal etableres vakthold og en sikkerhetsavstand på minst 50 m fra bruene.



Figur 3: Akse 5, bru vest

Det er satt i gang innmåling av søylene for bru øst, samt akse 4, 5, og 6 for bru vest. Første resultat kommer 9. februar. Målingene utføres og resultatene oppdateres daglig og leveres prosjektledelsen i Region sør for evaluering.

3D-modellering for nye kartdata til skredgropa pågår.

Basert på mottatte bilder tatt med blant annet drone ser alle synlige elementer på bru øst uskadd ut. Skredet har stoppet mellom fundamentene i akse 5 og 6. Fundamentene og pelene i disse aksene har derfor sannsynligvis en stor horisontal påkjenning fra kreftene i jorda. Det er derfor uvisst hvordan tilstanden til pelene er.



Figur 4: Oversiktsbilde

6 Vurdering av ulike tiltak

6.1 Generelt

Grappa har vurdert det som uaktuelt å stabilisere eller reparere bru vest som den står i dag.

Følgende muligheter er vurdert:

- Rive bru vest og stabilisere bru øst, bygge opp igjen bru vest
- Rive begge bruene og bygge nye
- Rive bru vest, eventuelt begge bruene og etablere ei fylling over dalen

6.2 Muligheter for rivning

Det er tre hovedmetoder for rivning:

1. Tung maskinell rivning
 - Pigging, klipping
2. Sikkerhetsprengning
 - Går veldig fort
 - Eksempel Grønliabrua over jernbane E18
3. Kontrollert rivning
 - Saging, kontrollert sprengning, kraning/løft/demontering

Alternativ to, sikkerhetsprengning, er vurdert som mest aktuelt. Man bør starte med å legge ut en lett deformerbar fylling på bakken for å oppta noe av støtenergien ved fall. Fyllmassen kan f. eks. være løs lettklinker (1–2 m tykkelse) som pumpes inn med slange. Fjernstyrt gravemaskin benyttes for å holde slangen. Lettklinkeren legges slik at den skrår bort fra bru øst. Det kan også vurderes å sementstabilisere lettklinkeren. Rundballer kan være et supplement eller et alternativ.

Det mest aktuelle alternativet for sprengning er å sprengne søylene i akse 5 og 6 samtidig med et snitt i brua 1–2 m etter akse 4 mot akse 5, se Figur 5. Spennarmeringen må først frillegges med fokuserte sprengladninger (miniblastring). Man kan da sette en kutteladning på spennarmeringen. Det ligger 4 spennkabler i hvert steg.

Det vil lette forberedelsene til sprengningsarbeidet dersom man kan stå på bru øst med ei mobilkran. Det er risiko forbundet med dette i og med at det ikke er avklart hvorvidt bruene er stabile. Et alternativ til å stå på bru øst, er å plassere ei stor mobilkran ved landkarene i akse 1. Landkaret står på berg.

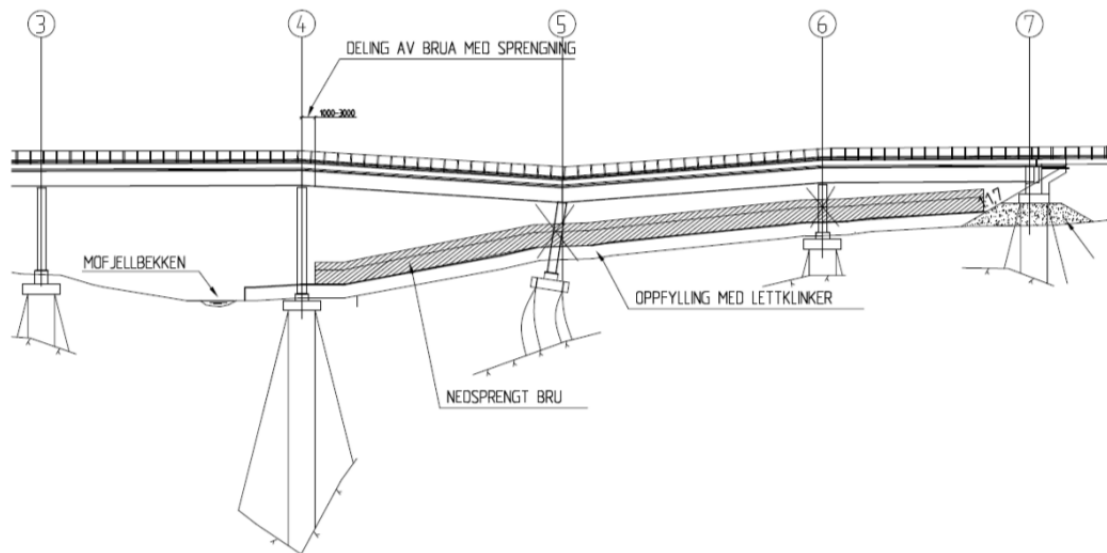
Stabiliteten til bru øst må vurderes før sprengning. Dette diskuteres videre i kapittel 6.3.

Etter sprengning kan resten av overbygningen rives kontrollert med tungt maskinelt utstyr. Detaljene rundt dette vurderes på et senere tidspunkt.

Alternativt kan man rive overbygningen på hele bru vest ved å sprengre samtlige søyler. Man kan forsøke å bevare fundamenter og pelegrupper i akse 1–4 ved hjelp av sandfyllinger over

fundamenter. Det er en høyere risiko for at man må re-etablere alle fundamentene som igjen gir en lengre byggetid.

Et siste alternativ er å rive begge bruene og bygge begge bruene på nytt.



Figur 5: Prinsippskisse for rivning fra akse 4 til 7

6.3 Muligheter for stabilisering av område

Sikring av skredgrop og etablering av anleggsveg sør for bru vest

Region sør vurderer nødvendighet og metode for sikker nedskjæring av skredkanten, og eventuelt muligheter for å fylle 1–2 meter med masser opp mot skredkant.

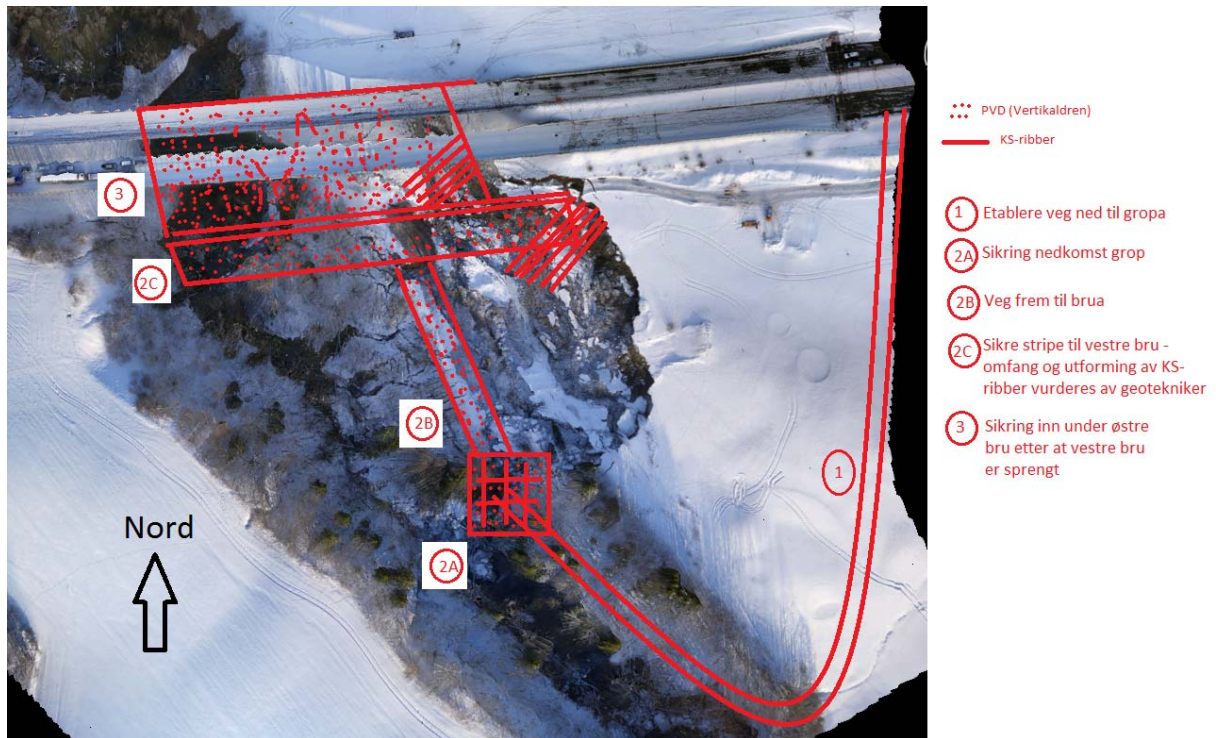
Anleggsvegen legges i god avstand fra skredkanten, og rundt på sydsiden av gropa og på skrå ned mot vestsiden av gropa. Det brukes lett utstyr og vegen legges nøytralt i terrenget uten netto tilførsel av masser. Det bør være minst 2 m tørrskorpe der veien legges. Se Figur 7, punkt 1.

Lett bulldoser med brede belter planerer lokalt for vegene de første 30 m ned i gropa. Det vurderes om overflatestabilisering med kalk/semert (KS) gjøres rett i forkant. "Gaffelgrab" tillaget for formålet kan anvendes, som vist i Figur 6.



Figur 6: "Gaffelgrabb" brukt for overflate innblanding av kalk

For å stabilisere området, samt etablere anleggsveg, brukes en kombinasjon av prefabrikkerte vertikale dren (PVD) og KS-peler. PVD og KS-peler settes som ribber i vifteform i den planlagte traseen for anleggsvegen, og i et område rundt nedkomsten i gropa, som skissert i Figur 7, punkt 2A. Drenene settes med en senteravstand lik 1,5 m. Dybden drenene settes til vurderes ut ifra fare for å komme i kontakt med artesiske trykk i vannførende grovere lag. Figur 8 viser eksempel på setting av slike dren.



Figur 7: Prinsippskisse for adkomst og stabilisering av skredgropa



Figur 8: Eksempel på setting av PVD dren i rasgropa etter Kattmarkaskredet, Namsos

Omfang og type av KS-peler må detaljprosjekteres nærmere. Prosjektering av KS-pelene er i gang.

Mens det utføres KS-ribber ved nedkomsten i skredgropa, planeres det videre for veg og setting av PVD frem til en sikkerhetsavstand på 20 m fra bru vest. Det planeres og settes dren i 30 m bredde parallelt med brua, fra skredkanten i øst og bort til elven. Ved behov utføres overflatestabilisering eller det brukes kjørelemmer. Opp mot skredkanten i øst settes det KS-ribber. Plasseringen av disse vurderes av geotekniker, men forslag er gitt i Figur 7.

For etablering av selve anleggsvegen, legges det ut 1 m stein/grus. Arbeidet med stabiliseringen stopper 20 meter fra Mofjellbekken bru vest på grunn av sikkerhetsavstand. Arbeidet kan fortsette når bru vest er revet mellom akse 4 og 7.

Stabilisering av enden av skredgropa mot gjenstående bru øst

Etter rivning av bru vest må det foretas en ny sikkerhetsvurdering av bru øst, for å vurdere om det er sikkert nok til at det kan arbeides ved eller under den.

Når restene av bru vest er fjernet kan man planere overflaten under bruene og sette PVD videre frem mot bru øst så langt det vurderes forsvarlig og frem til skredets avgrensning i nord og øst, se Figur 7. Det KS-stabiliseres opp mot skredkant i øst på samme måte som beskrevet over.

Pilarene i akse (4), 5 og 6 på bru øst bør sikres mot horisontalforskyvninger fra jordtrykk. Eventuelt kan det kompenseres midlertidig for ensidig jordtrykk i kombinasjon med oppfylling under revet bru vest.

Følgende tiltak for å redusere horisontal belastning på fundamentene til bru øst er vurdert:

- Grave og masseutskifte ei grøft på oversiden av bru øst. Dette er imidlertid lite aktuelt da det antas at det er leire helt ned til 10–15 m dybde.
- Man kan stage av fundamentene i akse 5 og 6 forankret med stålkjernepeler eller stag til berg. Dette kompenserer for trykket på fundamentet, men man har fortsatt problemet med at jordtrykket gir et bøyemoment i pelene.

Underbygning i akse 5 må forsterkes etter at grunnen er stabilisert før brua åpnes for trafikk. Dette bør også vurderes for akse 4 og 6. Følgende muligheter for forsterking av fundamentene er vurdert:

- Tilleggspeler som bores i tilknytning til eksisterende fundament som eventuelt forspennes mot utvidet fundament.
- Jetinjisering rundt pelene for å sikre mot knekking. Kan bore dels gjennom fundamentet og dels på utsiden. Dette kan vurderes som en midlertidig eller permanent løsning.
- En midlertidig avlastning av søyle og fundament i akse 5 må vurderes
- Nye peler gjennom eksisterende fundament

Georadar er ikke egnet for å vurdere tilstanden til pelene.

Resten av skredgropa kan ligge uten særlige tiltak, men PVD kan gjøre at det blir lettere å arrondere og ta området i bruk igjen.

I forbindelse med stabiliseringen av skredgropa bør det i samråd med NVE vurderes hvordan man temporært kan få oppdemmet vann ut, eventuelt ved etablering midlertidig løp.

For etablering av nytt elveløp settes først PVD i 20 m bred sone langsmed nytt løp. Deretter etableres KS ribber i 10 m bredde med senteravstand 5 m langsmed det nye bekkeløpet. Utgraving for og eventuell plastring av nytt elveløp gjennomføres tidligst 3 uker etter at KS-ribbene er utført.

6.4 Etablering av fylling over dalen

Hvis begge bruene rives, kan en mulig løsning være å legge vegen på fylling over dalen. Dette krever at man utfører grunnforsterking med PVD under hele fyllingen. Lokalt vil det muligens være behov for KS-peler der det er sterkt omrørt leire, og eventuelt også under fyllingsfot.

Det er to opsjoner for fylling:

- Ren steinfylling med motfylling.
- Helt eller delvis bruk av lette masser (EPS, eventuelt lettklinker).

Hvis kun Mofjellbekken bru vest må rives, bør minste avstand fra fyllingsfot til bru øst være 25 m fra ytterkant pelegruppe. Det vil si at senterlinjen for den nye vegen kan bli 75 m fra ytterkant pelegruppe eller 80 m fra senterlinje til Mofjellbekken bru øst.

Ved bruk av EPS kan vertikal vegg med kledning være et alternativ. Ved bruk av en vertikalavsluttet EPS-vegg kan avstanden til bru øst reduseres til 20 m mellom senterlinjene til bruene.

Mofjellbekken må legges i kulvert gjennom fyllingen etter at grunnforsterking er utført.

6.5 Alternativer for ny bru

3-felts løsning

Brua er dimensjonert for 2-feltstrafikk. For å åpne for 3-felts trafikk, må brua gjennomregnes. Løsningen må i tillegg vurderes med hensyn på trafikksikkerhet.

Utvide bru øst til fire felt

Dette vil kreve betydelige forsterkninger av hele brua som neppe vil være kostnadseffektivt. Det vil også ta lang tid og er også beheftet med stor usikkerhet.

Ny bru vest

Hele overbygningen vurderes revet. Eventuell gjenbruk av overbygningen mellom akse 1–3 kan vurderes etter at akse 4–7 er revet. Underbygningen i akse 4 og 6 må vurderes

forsterket etter rivning av overbygningen. Rivning av overbygningen bør skje på en måte som gjør det mulig å ivareta underbygningen i akse 1–3 og 7.

Ny underbygning må etableres i akse 5, mulig også akse 4 og 6. Man har tid til å reetablere disse fundamentene. Dersom tilstanden til akse 4 og 6 ser bra ut etter rivningen kan man vurdere om disse kan benyttes videre. De har i dagens situasjon en last som er større enn en normal brukslast.

Den raskeste måten å etablere ny bru er å bruke eksisterende tegninger. Dette forutsetter et fravik slik at man kan benytte regelverk som gjaldt ved prosjekteringen i 1998. Man kan da starte byggingen i akse 1 umiddelbart etter at overbygningen er revet.

7 Anbefalinger

Arbeidsgruppa anbefaler å rive deler av Mofjellbekken bru vest med sprengning med målsetting om å redusere risiko for skader på bru øst. Sprengladninger plasseres på søylene i akse 5 og 6, samt i overbygningen ved akse 4.

Det er stor usikkerhet rundt tilstanden til pelene i akse 5 på Mofjellbekken bru øst og fundamentet må sannsynligvis refundamenteres. Refundamentering må også vurderes for akse 4 og 6 bru øst.

Videre anbefales det at stabilisering av masser i skredgrop iverksettes umiddelbart. Dette utføres med vertikaldren og KS-stabilisering.

Bru øst kan tidligst åpnes for trafikk når ovenstående er utført.

Metode for rivning av resten av overbygningen av bru vest kan vurderes på et senere tidspunkt. Arbeidet med ny overbygning på bru vest kan så starte fra akse 1, eventuelt akse 3 hvis man ønsker å gjenbruke noe av overbygningen. Parallelt med støp av ny overbygning etableres det nytt fundament i akse 5, og mulig forsterking av fundamentene i akse 4 og 6.

Prosjektering av omkjøringsvei bør gå parallelt.

8 Risikovurderinger

Ved ikke å foreta noe er det risiko for videre kollaps av bru vest. Denne kan da skade bru øst. Arbeidsgruppa anser denne risikoen som høy og økende.

Arbeidsgruppa er i tvil om stabiliteten til fundamentene, spesielt akse 5 og 6, til bru øst. Det er derfor en viss risiko for at disse fundamentene kan gi etter. Denne risikoen er økende med tiden da det kan se ut som at jordmassene fortsatt er i bevegelse.

Ved arbeidet med stabilisering av grunnen er risikoen for ytterligere skred vurdert som liten og vil være avtagende etter hvert som stabiliseringsarbeidet går fremover.

Ved forberedning av sprengning av bru vest der man snitter utenfor akse 4 er det i første omgang en viss risiko for at brua kollapser når man utfører miniblastringen for å forberede hovedsprengningen. Denne risikoen er vurdert som liten.

For å lade sprengstoffet må man ut med en robot på 14 tonn. Denne må kjøres nær fundamentet i akse 5 og 6. Det er en viss risiko for at fundamentet i akse 5 gir etter for denne belastningen.

Ved hovedsprengningen er risikoen for at man skader bru øst vurdert til å være liten. Når brua faller ned er det en risiko for at fundamentene, spesielt akse 5, til bru øst blir skadet ved at det oppstår rystelser/deformasjoner i grunnen.

Arbeidsgruppa er i tvil om stabiliteten til fundamentene, spesielt akse 5, til bru øst. Det er derfor en viss risiko forbundet med å arbeide med å stabilisere grunnen under bru øst etter at bru vest er revet.

9 Konklusjon

1. Sikkerhetssonen på 50 m opprettholdes.
2. Etablere et måleprogram for å vurdere forskyvningene til bruene.
3. Legge ut pute av løs lettklinker under akse 4 til 7 på bru vest.
4. Stabilisering av masser i skredgrop. Dette starter fra nedsiden (sørsiden) av skredet (bru vest) og man jobber seg oppover.
5. Forberede rivning av hele/deler av bru vest med sprengning.
6. Tidspunkt for sprengning vurderes nærmere når man vet mer om stabiliteten i skredgropa og fremdriften til stabiliseringen av skredgropa. Dette for å redusere risikoen for å skade fundamentene i bru øst.
7. Fundamenteringen i akse 5 på bru øst må forsterkes. Fundamenteringen i akse 4 og 6 må vurderes. Grunnen i området må stabiliseres.
8. Fortsette rivning av overbygningen til bru vest. Bru øst kan nå åpnes for trafikk.
9. Starte bygging av ny bru vest. Dette kan starte umiddelbart fra akse 1.