



Vedlikehold av belegg av blymønje og alkyd

Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012-2015

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 503



Foto: Ole Øystein Knudsen



Tittel

Vedlikehold av beleggsystem
av blymønje og alkyd

Undertittel

Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012-
2015

Forfatter

Ole Øystein Knudsen

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelin-
gen

Seksjon

Tunnel og betong

Prosjektnummer

603242

Rapportnummer

Nr. 503

Prosjektleder

Synnøve A. Myren/ Bård Pedersen

Godkjent av

Bård Pedersen

Emneord

Varige konstruksjoner, korrosjon, vedlikehold,
blymønje, alkyd, flekkvis reparasjon, TSZ

Sammendrag

Belegget på fagverkskonstruksjonen på Tjeld-
sundbrua er delvis nedbrutt og skal repareres.
Brua ble opprinnelig malt med blymønje og
Vegvesenets beleggsystem spek. 107-110,
der 107 inneholder sinkkromat. Belegget
inneholder følgelig både blyoksid og sinkkro-
mat, som begge er svært giftige og må samles
opp ved blåserensing. Belegget er skadet av
korrosjon, fallende betongbiter, avflassing av
toppstrøk og slitasje. Vi anslår at omkring 20%
av arealet på fagverkskonstruksjonen trenger
full rehabilitering med blåserensing og op-
pbygging av helt nytt beleggsystem. Resten
krever kun nedvasking og nytt toppstrøk.
Ved flekkvis reparasjon anbefaler vi at kun
toppstrøket er heldekkende, mens termisk
sprøyta sink (TSZ) og epoksy barrierestrøk
kun påføres der det blåserenses. Vi anbefaler
TSZ fremfor sinkrik primer. Ved eventuell full-
stendig rehabilitering av belegget anbefaler vi
System 1 i henhold til Håndbok R762 med TSZ
og epoksy/polyuretan malingsystem.

Title

Maintenance of coating system consisting
of red led and alkyd

Subtitle

R&D-programme Durable structures 2012-
2015

Author

Ole Øystein Knudsen

Department

Traffic Safety, Environment and Technology
Department

Section

Tunnel and concrete

Project number

603242

Report number

No. 503

Project manager

Synnøve A. Myren/ Bård Pedersen

Approved by

Bård Pedersen

Key words

Durable structures, corrosion, maintenance,
red led, alkyd, partial repair, TSZ

Summary

The coating on the truss work on Tjeldsund
Bridge is degraded and will be repaired in
near future. The bridge was originally painted
with red led and spec. 107-110 alkyd, where
107 contains zinc chromate. Thus, the coating
contains both led oxide and zinc chromate.
Both are highly toxic and must be collected
during blast cleaning. The coating system is
damaged by corrosion, impacts from dropped
pieces of concrete, flaking of the topcoat and
wear. We assume that about 20% of the area
on the truss work needs full rehabilitation,
i.e. blast cleaning to bare steel and a full new
coating system. The rest can be repaired by
cleaning and application of a new topcoat. In
case of partial repair we recommend that only
the topcoat is fully applied on the entire steel
works, while TSZ and epoxy barrier coat is
applied on the blasted areas. We recommend
TSZ instead of a zinc rich primer. In case of full
rehabilitation of the coating we recommend
System 1 according to Handbook R762, with
TSZ and epoxy/polyurethane coating system.

Forord

Denne rapporten inngår i en serie rapporter fra **etatsprogrammet Varige konstruksjoner**. Programmet hører til under Trafikksikkerhet-, miljø- og teknologiavdelingen i Statens vegvesen, Vegdirektoratet, og foregår i perioden 2012-2015. Hensikten med programmet er å legge til rette for at riktige materialer og produkter brukes på riktig måte i Statens vegvesen sine konstruksjoner, med hovedvekt på bruer og tunneler.

Formålet med programmet er å bidra til mer forutsigbarhet i drift- og vedlikeholdsfasen for konstruksjonene. Dette vil igjen føre til lavere kostnader. Programmet vil også bidra til å øke bevisstheten og kunnskapen om materialer og løsninger, både i Statens vegvesen og i bransjen for øvrig.

For å realisere dette formålet skal programmet bidra til at aktuelle håndbøker i Statens vegvesen oppdateres med tanke på riktig bruk av materialer, sørge for økt kunnskap om miljøpåkjenninger og nedbrytningsmekanismer for bruer og tunneler, og gi konkrete forslag til valg av materialer og løsninger for bruer og tunneler.

Varige konstruksjoner består, i tillegg til et overordnet implementeringsprosjekt, av fire prosjekter:

- Prosjekt 1: Tilstandsutvikling bruer
- Prosjekt 2: Tilstandsutvikling tunneler
- Prosjekt 3: Fremtidens bruer
- Prosjekt 4: Fremtidens tunneler

Varige konstruksjoner ledes av Synnøve A. Myren. Mer informasjon om prosjektet finnes på vegvesen.no/varigekonstruksjoner

Denne rapporten tilhører **Prosjekt 1: Tilstandsutvikling bruer** som ledes av Bård Pedersen. Prosjektet vil generere informasjon om tilstanden for bruer av betong, stål og tre, og gi økt forståelse for de bakenforliggende nedbrytningsmekanismene. Dette vil gi grunnlag for bedre levetidsvurderinger og reparasjonsmetoder. Innenfor områdene hvor det er nødvendig vil det etableres forbedrede rutiner og verktøy for tilstandskontroll- og analyse. Prosjektet vil også frembringe kunnskap om konstruktive konsekvenser av skader, samt konstruktive effekter av forsterkningstiltak. Prosjektet vil gi viktig input i forhold til design av material- og konstruksjonsløsninger for nyere bruer, og vil således ha leveranser av stor betydning til Prosjekt 3: Fremtidige bruer.

Rapporten er utarbeidet av *Ole Øystein Knudsen, SINTEF Materialer og kjemi* på oppdrag fra Varige konstruksjoner.

Rapport

Vedlikehold av beleggsystem av blymønje og alkyd

Forfatter(e)

Ole Øystein Knudsen



Rapport

Vedlikehold av beleggsystem av blymønje og alkyd

EMNEORD:
zinc; Duplex Coatings;
belegg; Korrosjon;
Materialteknologi

VERSJON
1.0

DATO
2016-01-05

FORFATTER(E)
Ole Øystein Knudsen

OPPDRAAGSGIVER(E)
Statens Vegvesen

OPPDRAAGSGIVERS REF.
Roy Antonsen

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
17 inkludert vedlegg

GRADERING
Unrestricted

GRADERING DENNE SIDE
Unrestricted

ISBN
9788214058529

SAMMENDRAG

Belegget på fagverkskonstruksjonen på Tjeldsundbrua er delvis nedbrutt og skal repareres. Brua ble opprinnelig malt med blymønje og Vegvesenets beleggsystem spek. 107-110, der 107 inneholder sinkkromat. Belegget inneholder følgelig både blyoksid og sinkkromat, som begge er svært giftige og må samles opp ved blåserensing. Belegget er skadet av korrosjon, fallende betongbiter, avflassing av toppstrøk og slitasje. Vi anslår at omkring 20% av arealet på fagverkskonstruksjonen trenger full rehabilitering med blåserensing og oppbygging av helt nytt toppstrøk. Resten krever kun nedvasking og nytt toppstrøk. Ved flekkvis reparasjon anbefaler vi at kun toppstrøket er heldekkende, mens termisk sprøyta sink (TSZ) og epoksy barrierestrøk kun påføres der det blåserenses. Vi anbefaler TSZ fremfor sinkrik primer. Ved eventuell fullstendig rehabilitering av belegget anbefaler vi System 1 i henhold til Håndbok R762 med TSZ og epoksy/polyuretan malingsystem.

UTARBEIDET AV
Ole Øystein Knudsen

KONTROLLERT AV
Astrid Bjørgum

GODKJENT AV
Daniel Blucher

Dokumentet har gjennomgått SINTEFs godkjenningsprosedyre og er sikret digitalt

PROSJEKTNR
102008483

RAPPORTNR
SINTEF A27400

VERSJON
1.0

1 av 17

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
01	2015-12-17	Første versjon

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Målsetning	4
2	Inspeksjon av Tjeldsundbrua 18. mai 2015	5
3	Tidligere erfaringer med vedlikehold av lignende belegg	6
3.1	Overmaling av alkyd/KK	6
3.2	Flekkvis vedlikehold	6
3.3	Full rehabilitering	8
4	Anbefalinger til vedlikehold av beleggsystem av blymønje og alkyd/KK	8
4.1	Valg av omfang (flekkvis eller fullt vedlikehold)	8
4.2	Valg av beleggprodukt	8
A	Vedlegg Bilder fra inspeksjon 18. mai 2015	10

BILAG/VEDLEGG

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Tjeldsundbrua ble åpnet i 1967. Hengebrua er en fagverkskonstruksjon i stål som hovedsakelig er klinket. Dette medfører at brua har en rekke overlappende skjøter. Den ble opprinnelig malt med ett strøk blymønje samt Vegvesenets fire-strøks alkydsystem betegnet 107-110.

Blymønje: Linolje pigmentert med rødt blyoksid (Pb_3O_4)

107: 50 μ m sinkkromat alkyd

108: 50 μ m alkyd

109: 50 μ m dekkmaling alkyd

110: 50 μ m dekkmaling alkyd

Brua ble vedlikeholdt omkring 1985. Det ble da påført et beleggsystem bestående av spesifisering 115-118, som er modifiserte utgaver av de opprinnelige reseptene. I alle strøkene var alkyd bindemidlet skiftet ut med en blanding av alkyd og klorkautsjuk (alkyd/KK), og i 115 var den giftige sinkkromaten skiftet ut med sinkfosfat.

115: 50 μ m alkyd med sinkfosfat (hvit)

116: 50 μ m alkyd (gul)

117: 50 μ m alkyd med glimmer (Micaceous Iron Oxide, MIO) (grå)

118: 50 μ m alkyd med aluminiumsflak (grå metallglans)

Områder med korrosjon ble blåserenset. Områder uten korrosjon ble sveipblåst så blymønja ikke ble fjernet. I hvor stor grad opprinnelig 107-110 ble fjernet er ukjent. Trolig ble 115-118 påført hele konstruksjonen.

I dag er belegget nedbrutt på deler av konstruksjonen, slik at stålet har startet å korrodere. Det er derfor nødvendig med overflatevedlikehold før konstruksjonen svekkes.

Hvis brua har en opprinnelig prosjektert levetid på 100 år, har den nå i 2015 en restlevetid på 52 år.

1.2 Målsetning

Målsetningene med denne rapporten er:

1. Beskrive beleggets tilstand på brua
2. Foreslå prosedyre for vedlikehold

2 Inspeksjon av Tjeldsundbrua 18. mai 2015

Bilder fra inspeksjonen er gitt i Vedlegg A.

Over store deler av brua er belegget i god stand, som vist i Figur 1. Overlappende skjøter som vist i bildet er normalt korrosjonsfeller, men her har belegget stått overraskende bra. Det er mulig at blymønja ble påført før bjelkene ble klinket, slik at stålet i spalten er belagt med blymønje. Det er også mulig at blymønja var så tyntflytende at den til en viss grad har trukket inn i spalten. Det originale strøket med 115 som inneholder sinkkromat vil også gi svært god korrosjonsbeskyttelse som følge av innholdet av kromat. Både blymønje og sinkkromat gir god beskyttelse og representerer således en stor verdi, til tross for at begge er svært giftige.

Belegget er imidlertid også delvis nedbrutt. Følgende ble observert:

- Korrosjon under belegget (Figur 2). Filmtykkelsen har trolig vært for lav til at belegget er en effektiv barriere. Det ser ikke ut til at det er blymønje under som kan gi tilleggsbeskyttelse. Belegget er dermed ikke i stand til å beskytte mot korrosjon.
- Korrosjon på bjelken som ligger mot betongdekket (Figur 3, Figur 4). Betongen er alkalisk, mens alkylid inneholder kjemiske bindinger som brytes i miljø med høy pH (estergrupper som hydrolyserer). Dette er trolig årsaken til at belegget har feilet her. Sammen med avflassing av toppstrøk var dette den typen skade som ble funnet flest steder. De fleste bjelkene som ligger mot betongdekket var angrepet.
- Korrosjon i overlappende skjøt (Figur 5). Som diskutert over var det forbausende lite korrosjon i overlappende skjøter. Det viste eksemplet var ett av de få stedene hvor dette ble funnet.
- Gjennomslag av korrosjon ved kanter (Figur 6). Kanter har oftere lavere beleggtykkelse enn flatene. Dette skyldes at overflatespenning i den våte malinga gjør at den trekker seg sammen over skarpe kanter i stålet. Korrosjon av malte konstruksjoner starter derfor ofte først fra kanter. Måten brua er konstruert på gjør at det er mange kanter (alle I-bjelkene), men disse hadde stort sett godt avrundede kanter, hvilket reduserer problemet betraktelig. Det var derfor ikke mye korrosjon å se fra kanter.
- Tykt belegg som har sprukket (Figur 7). Tykke beleggfilmer får ofte en del indre spenninger som gjør at de til slutt sprekker.
- Avflassing av belegg på blymønje (Figur 8). Det ser her ut til at det kun er påført toppstrøk, hvilket kan være forklaringen. Belegget er for tynt til å være en effektiv barriere, slik at miljøet trenger gjennom og belegget flasser av. Blymønja ser ut til å gi god korrosjonsbeskyttelse.
- Avflassing av toppstrøk (Figur 9, Figur 10, Figur 11). Avflassing av toppstrøket ble funnet flere steder på brua, spesielt på sørvendte flater på østsiden av brua. Dette kan skyldes flere forhold, for eksempel påføring under ugunstige værforhold eller for lang tid før påføring av strøket som flasser.
- Belegg tilgriset med bitumen (Figur 11). Ved legging av ny asfalt på bruas østre del har det rent bitumen gjennom drenehullene i brua. Dette har ikke ført til nedbrytning av belegget, men dette må trolig vaskes bort før overmaling.
- Tynt toppstrøk (Figur 12). Bildet viser at de grå toppstrøkene ikke dekker det gule mellomstrøket. Om dette skyldes at toppstrøket er slitt bort eller om det var påført slik vites ikke.
- Wire som går langs brua har slitt av toppstrøket (Figur 13)
- Mekaniske skader i belegget fra fallende stein eller betongbiter (Figur 14). Stein eller biter av betong fra modifikasjon eller reparasjon av brua har falt ned på fagverket og skadet belegget. Dette ble først og fremst funnet på de delene av fagverket som stikker ut på siden av brudekket.

Korrosjon og mekaniske skader må rehabiliteres med fullt beleggsystem. Skadet toppstrøk kan repareres med påføring av nytt toppstrøk. Områder som er angrepet av korrosjon omfatter først og fremst undergurten på nordsiden av brua og alle bjelkene som ligger mot betongdekket. Mekaniske skader var hovedsakelig begrenset til delene av fagverket som ikke er skjermet av brudekket. Anslagsvis 20 % av arealet på fagverket vil trenge blåserensning og full oppbygging med nytt beleggsystem.

3 Tidligere erfaringer med vedlikehold av lignende belegg

3.1 Overmaling av alkyd/KK

Følgende er hentet fra Håndbok R762 seksjon 88.48:

Ved vedlikehold av korrosjonsbeskyttende belegg som ikke er bygd opp som duplekssystem benyttes Vedlikeholdssystem 1 eller 2 avhengig av hvilket system konstruksjonen har. Det legges fullt system på forbehandlet bart stål og epoksy mastik og polyuretan ved fornying av dekkstrøk.

Alkyd/KK er et relativt mykt belegg. Alkyd blir hardere med tiden på grunn av langsom dannelse av kryssbindinger, mens KK ikke reagerer og beholder sin opprinnelige mykhet. KK kan følgelig også løses opp igjen når det påføres løsemiddelholdig maling på overflata.

Epoksybelegg er harde og kan utvikle indre spenninger. Indre spenninger dannes når belegget forsøker å krympe etter at filmen har herdet. Krympingen kan skyldes utvasking av små molekyler eller fordamping av rester av løsemiddel etter at filmen har herdet. Belegget vil forsøke å krympe i alle tre dimensjoner, men på grunn av heften til underlaget kan det ikke krympe sideveis, kun i tykkelsen. I stedet får belegget en indre spenning sideveis. Epoksy fungerer likevel som regel utmerket på grunn av høy styrke og svært god heft til underlaget. Hvis det derimot påføres et mykt og ikke så sterkt underlag vil det kunne føre til problemer. De indre spenningene kan da rive belegget av og ta med seg deler av det originale belegget. Over indre hjørner kan det løfte belegget fra underlaget. Å påføre et heldekkende epoksybelegg kan derfor skape mer nedbrytning etter kort tid. Et heldekkende epoksybelegg vil imidlertid trolig forbedre korrosjonsbeskyttelsen hvis det ikke forårsaker problemene som er beskrevet over.

Erfaring fra tidligere vedlikehold av bruer med epoksy og polyuretan har vært positive, og avflaking av belegget er ikke rapportert. Alkyd/KK er overmalt med epoksy i stort omfang på Sotrabraua og Bergsøysundbrua. Spesielt erfaringene fra Sotrabraua vil være nyttige siden den er en fagverkskonstruksjon, som Tjeldsundbrua. Fagverket er imidlertid ikke inspisert siden epoksybelegget ble påført, slik at fullstendig oversikt over tilstanden til belegget ikke har vært tilgjengelig.

Polyuretan toppstrøk er som regel mindre harde og har ikke det samme problemet som epoksy. De påføres dessuten som regel i tynnere strøk enn epoksy, hvilket også gir mindre indre spenning. Enkelte polyuretaner er også formulert for å være svært fleksible.

3.2 Flekkvis vedlikehold

Tjeldsundbrua har områder der stålet har startet å korrodere eller der belegget har mekaniske skader inn til stålet. Her er det ingen vei utenom blåserensing og oppbygging av fullstendig nytt beleggssystem. Da oppstår imidlertid som regel et problem i kanten av vedlikeholdet. Blåserensing gir ingen skarp avslutning, slik at man får en overgang der det originale belegget er delvis slått i stykker av blåsemiddelet. Overmaling med reparasjonsbelegget vil ikke nødvendigvis penetrere alle skadene fra blåserensinga, slik at det blir en ring med dårlig belegg i randen av området som er vedlikeholdt der nedbrytning ofte starter tidlig. Dette er et generelt problem og erfart på veibruer tidligere. Så vidt vi vet er det ingen god løsning på dette problemet. Man kan derfor ikke forvente like lang levetid for belegget i overgangssonen. For å redusere dette problemet kan hele bjelker eller hele seksjoner av bjelker blåserenses og belegges på nytt, slik at mengden overganger blir så lite som mulig.

Håndbok R762 seksjon 88.37c sier følgende om overgangssonen mellom blåserenset overflate og intakt originalbelegg:

Alle typer forbehandling av gjenværende korrosjonsbeskyttende belegg som skal overmales, gjøres med forsiktighet for å unngå skader. Overganger mellom bart stål og intakt korrosjonsbeskyttelse skal være gradvis og bygget opp som beskrevet i prosess 85.3.

Det antas at referansen til seksjon 85.3 viser til montasjeskjøter (85.3c), som blir tilsvarende flekkvis reparasjon:

I område ved montasjesveis avtrappes de ulike lagene (blåserensing, termisk sprøytet sink, maling) med ca 100 mm for hvert lag. Det bør ikke benyttes maskering da dette vil gi markerte overganger. Alle grader i overgangene mellom de ulike lag skal utjevnes ved lett skraping med glassplate eller lett sliping. Det skal være min. 100 mm bart stål på hver side av skjøten. Når skjøtesonene er blåserenset etter utført sveising, skal overgangen metall/renset stål skrapes med glassplate eller slipes for å fjerne ujevnheter i den termisk sprøytete sinken. Deretter bygges overflatebehandlingen av skjøtesonene opp som ellers på konstruksjonen.

Ved reparasjon med sinkrik primer antar vi at reglene er de samme som for TSZ, slik at det også her skal avtrappes mot eksisterende belegg.

I følge Håndbok R762 skal Vedlikeholdssystem 1 benyttes til reparasjon på bruer uten TSZ:

1. 40-75 µm sinkrik epoksy primer (>90 vekt% sink)
2. Min. 125 µm epoksy mastik
3. 60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl

Dette gir imidlertid normalt ikke like lang levetid som beleggssystem TSZ. Blymønje og sinkkromat har trolig bidratt positivt til det originale beleggets levetid og det relativt lave behovet for vedlikehold så langt. Det kan derfor trolig ikke forventes 30 år til neste vedlikehold ved bruk av Vedlikeholdssystem 1. Hvis restlevetiden er 52 år vil det ganske sikkert være behov for minst ett vedlikehold til.

Skadene i belegget på Tjeldsundbrua er hovedsakelig begrenset til bestemte bjelker i fagverket, slik at det er snakk om vedlikehold av hele bjelker og ikke små lokale flekker. Vi mener derfor det vil være praktisk mulig å påføre System 1 i stedet for Vedlikeholdssystem 1. System 1 gir normalt lengre levetid enn Vedlikeholdssystem 1. Siden overgangssonen mellom intakt belegg og blåserenset overflate er mer utsatt for nedbrytning, som diskutert over, anbefaler vi at slike soner reduseres til et minimum og at man i størst mulig grad blåserenser hele bjelker.

System 1:

1. minimum 100 µm termisk sprøytet sink eller sinklegering med opptil 15 % aluminium
2. maksimum 25 µm to-komponent epoksy polyamid sealer
3. 125-150 µm epoksymastik
4. 60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl

Håndbok R762 seksjon 88.37 spesifiserer at epoksymastik og polyuretan skal påføres i heldekkende strøk, det vil si også over det originale belegget der dette beholdes. Det kan imidlertid vurderes om det er nødvendig å påføre heldekkende epoksy. Siden det originale belegget fortsatt gir god korrosjonsbeskyttelse der det er intakt, er det ikke nødvendig å styrke barriere-egenskapene ved å påføre epoksy. Kun et heldekkende polyuretan toppstrøk bør derfor være tilstrekkelig, forutsatt at toppstrøket hefter til det originale alkyd/KK belegget. Dette bør undersøkes først.

3.3 Full rehabilitering

Alternativet til flekkvis reparasjon er full blåserensning av hele brua og oppbygging av et helt nytt belegg fra grunnen av. I så fall anbefales et System 1 TSZ dupleksbelegg som beskrevet i Håndbok R762. Siden det både er blymønje og sinkkromat på brua vil det kreve at alt blåsemiddel samles opp og behandles som spesialavfall. Dette vil gi lengre levetid enn flekkvedlikehold, og i beste fall opp mot bruas restlevetid på 50 år, hvis påføring av det nye belegget er god.

4 Anbefalinger til vedlikehold av beleggsystem av blymønje og alkyd/KK

4.1 Valg av omfang (flekkvis eller fullt vedlikehold)

I seksjon 3.2 og 3.3 er flekkvis og full reparasjon av belegget beskrevet. Hvilket alternativ som velges bør gjøres ut fra en levetidskostnadsanalyse. Det ligger utenfor målsetningen med denne rapporten og må gjøres av Statens Vegvesen.

Basert på beleggets tilstand anslår vi at omkring 20% av overflata på fagverkskonstruksjonen vil måtte blåserenses og påføres fullt nytt beleggsystem ved flekkvis vedlikehold. Dette arealet er fordelt over hele brua. For å få et helhetlig utseende vil det være nødvendig med nytt toppstrøk på hele fagverket. Følgelig må det bygges stilas for hele fagverket.

Som diskutert over har heldekkende strøk av både epoksy og polyuretan påført over alkyd/KK belegg fungert godt tidligere (flick-hel-hel). Dette vil trolig gi et godt resultat her også. Det kan imidlertid vurderes om det holder å påføre kun heldekkende toppstrøk og at epoksy kun påføres der stålet blåserenses (flick-flick-hel), forutsatt at toppstrøket hefter til alkyd/KK belegget.

Andre spørsmål som må vurderes før man velger flekkvis eller full reparasjon av belegget er:

- Tillates det at tilstanden på brua faller mot slutten av levetiden (uten at dette svekker bruas bæreevne)? I så fall er det mer sannsynlig at det vil klare seg med ett vedlikehold til før brua kondemneres.
- Er det sannsynlig med levetidsforlengelse etter at designlevetiden er passert (levetid utover 100 år)? I så fall kan det gi lavere levetidskostnad med full rehabilitering nå.

4.2 Valg av beleggsprodukt

Ved flekkvis vedlikehold må det avgjøres om det skal metalliseres eller om sinkrik primer skal benyttes. Hvis det i størst mulig grad tas hele bjelker, kan metallisering være en fordel siden det vil gi den lengste levetiden, som diskutert over. Behandling av små flekker gjøres trolig best med sinkrik primer, men dette gir kortere levetid. Erfaringer fra Breviksbrua antyder at 20 års levetid kan forventes. Spesielt ved kanter, nagler, bolter og overlappende skjøter har det vist seg at sinkrik primer gir begrenset levetid.

Som forklart over er alkyd/KK et forholdsvis mykt belegg, og KK er et ikke reaktivt bindemiddel. Dette medfører to potensielle problemer:

- Den harde og sterke epoksyen kan rive av alkyd/KK på grunn av indre spenninger. De fleste epoksyer utvikler et visst nivå av indre spenninger som kan føre til dette. Ulike epoksyer har ulike grader av indre spenning. Dannelse av indre spenninger har også med påføringsbetingelser å gjøre,

slik at det er viktig å følge de anbefalingene som leverandøren gir. Vi har over diskutert om det er nødvendig med heldekkende epoksy på gammel alkyd/KK. Det vil bli overlappsoner ved flekkvis reparasjon også, slik at det er umulig å komme utenom dette.

- KK vil kunne løse seg opp når det kommer løsemiddelholdig maling på overflata. Dette kan resultere i blæring eller dårlig heft for det første strøket som legges over alkyd/KK.

Testing kan utføres i lab eller i felt på Tjeldsundbrua, det vil si testpåføring i et begrenset område. I lab kan vi akselerere aldring av beleggene for å fremprovosere resultater tidligere. I felt vil ikke det være mulig, slik at det er større risiko for at vi ikke oppdager problemer som utvikler seg over tid. Eventuelle skader må også utbedres.

Et mulig problem ved testing i lab kan være tilgang på alkyd/KK for testing, men trolig kan Jotun produsere et begrenset volum maling etter de gamle reseptene.

Aktuelle tester vil da for eksempel være:

- Overmalingstester: for å se på heft og eventuelle andre kompatibilitetsproblemer mellom alkyd/KK og ulike aktuelle reparasjonsbelegg.
- Flaking og sprekking: Nytt belegg påføres over alkyd/KK i et innvendig hjørne og eventuelle andre geometrier. Prøvene eksponeres i en syklisk aldringstest for å fremprovosere eventuell sprekking og flaking.

Hvis kun toppstrøket påføres som heldekkende bør det sjekkes at dette har tilfredsstillende heft til det originale belegget.

Et fullstendig forslag til testprogram kan utarbeides på oppfordring fra Statens Vegvesen.

A Vedlegg Bilder fra inspeksjon 18. mai 2015



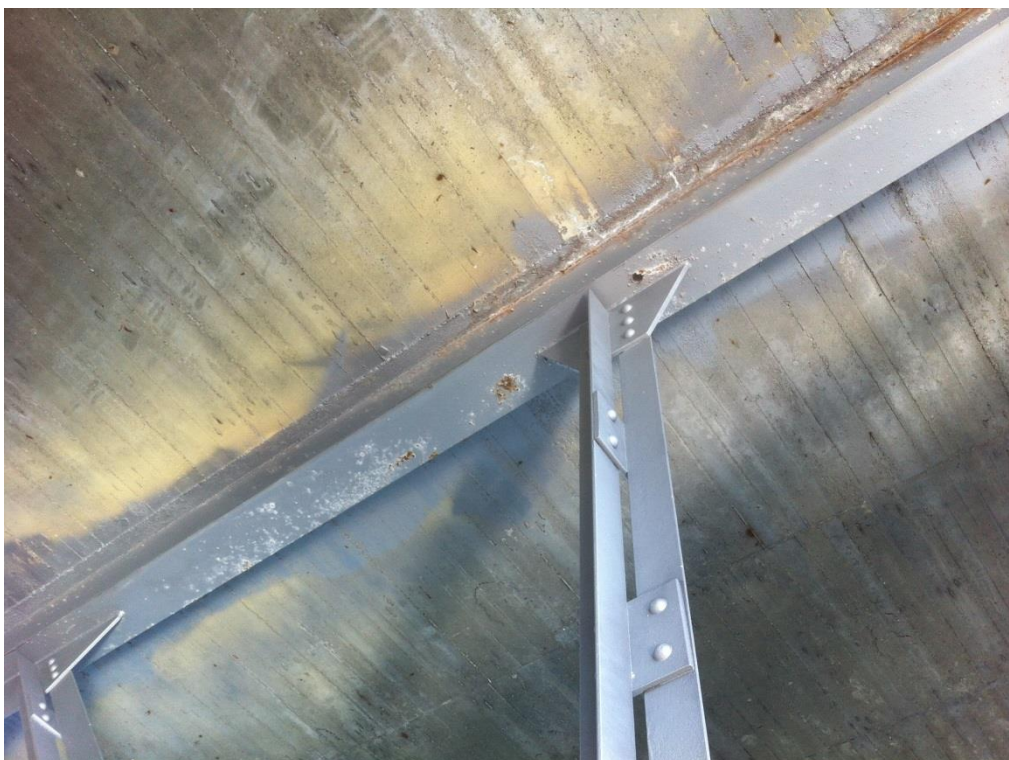
Figur 1. Belegg i god stand.



Figur 2. Nedbrutt belegg i undergurt (undersiden) på grunn av lav filmtykkelse



Figur 3. Nedbrutt belegg på I-bjelke mot betong.



Figur 4. Nedbrutt belegg på undersiden av I-bjelke oppunder betong.



Figur 5. Korrosjon i laskeskjøt.



Figur 6. Gjennomslag av rust på kanter og omkring naglehoder.



Figur 7. Sprukket belegg ved bolt.



Figur 8. Nedbrytning av belegg i undergurt. Trolig lav filmtykkelse.



Figur 9. Avflassing av toppstrøk (gule områder)



Figur 10. Avflassing av toppstrøk i undergurt.



Figur 11. Belegg tilgriset med bitumen ved østre tårn etter asfaltering på brua.



Figur 12. Toppstrøk påført for tynt eller slitt bort så underliggende strøk trer frem.



Figur 13. Wire langs sørsiden av brua har slitt av toppstrøket.



Figur 14. Mekaniske skader i belegget som følge av betongbiter som har falt ned på belegget.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no

Forord

Denne rapporten inngår i en serie rapporter fra **etatsprogrammet Varige konstruksjoner**. Programmet hører til under Trafikksikkerhet-, miljø- og teknologiavdelingen i Statens vegvesen, Vegdirektoratet, og foregår i perioden 2012-2015. Hensikten med programmet er å legge til rette for at riktige materialer og produkter brukes på riktig måte i Statens vegvesen sine konstruksjoner, med hovedvekt på bruer og tunneler.

Formålet med programmet er å bidra til mer forutsigbarhet i drift- og vedlikeholdsfasen for konstruksjonene. Dette vil igjen føre til lavere kostnader. Programmet vil også bidra til å øke bevisstheten og kunnskapen om materialer og løsninger, både i Statens vegvesen og i bransjen for øvrig.

For å realisere dette formålet skal programmet bidra til at aktuelle håndbøker i Statens vegvesen oppdateres med tanke på riktig bruk av materialer, sørge for økt kunnskap om miljøpåkjenninger og nedbrytningsmekanismer for bruer og tunneler, og gi konkrete forslag til valg av materialer og løsninger for bruer og tunneler.

Varige konstruksjoner består, i tillegg til et overordnet implementeringsprosjekt, av fire prosjekter:

- Prosjekt 1: Tilstandsutvikling bruer
- Prosjekt 2: Tilstandsutvikling tunneler
- Prosjekt 3: Fremtidens bruer
- Prosjekt 4: Fremtidens tunneler

Varige konstruksjoner ledes av Synnøve A. Myren. Mer informasjon om prosjektet finnes på vegvesen.no/varigekonstruksjoner

Denne rapporten tilhører **Prosjekt 1: Tilstandsutvikling bruer** som ledes av Bård Pedersen. Prosjektet vil generere informasjon om tilstanden for bruer av betong, stål og tre, og gi økt forståelse for de bakenforliggende nedbrytningsmekanismene. Dette vil gi grunnlag for bedre levetidsvurderinger og reparasjonsmetoder. Innenfor områdene hvor det er nødvendig vil det etableres forbedrede rutiner og verktøy for tilstandskontroll- og analyse. Prosjektet vil også frembringe kunnskap om konstruktive konsekvenser av skader, samt konstruktive effekter av forsterkningstiltak. Prosjektet vil gi viktig input i forhold til design av material- og konstruksjonsløsninger for nyere bruer, og vil således ha leveranser av stor betydning til Prosjekt 3: Fremtidige bruer.

Rapporten er utarbeidet av *Ole Øystein Knudsen, SINTEF Materialer og kjemi* på oppdrag fra Varige konstruksjoner.

Rapport

Vedlikehold av beleggsystem av blymønje og alkyd

Forfatter(e)

Ole Øystein Knudsen



Rapport

Vedlikehold av beleggsystem av blymønje og alkyd

EMNEORD:
zinc; Duplex Coatings;
belegg; Korrosjon;
Materialteknologi

VERSJON
1.0

DATO
2016-01-05

FORFATTER(E)
Ole Øystein Knudsen

OPPDRAKSGIVER(E)
Statens Vegvesen

OPPDRAKSGIVERS REF.
Roy Antonsen

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
17 inkludert vedlegg

GRADERING
Unrestricted

GRADERING DENNE SIDE
Unrestricted

ISBN
9788214058529

SAMMENDRAG

Belegget på fagverkskonstruksjonen på Tjeldsundbrua er delvis nedbrutt og skal repareres. Brua ble opprinnelig malt med blymønje og Vegvesenets beleggsystem spek. 107-110, der 107 inneholder sinkkromat. Belegget inneholder følgelig både blyoksid og sinkkromat, som begge er svært giftige og må samles opp ved blåserensing. Belegget er skadet av korrosjon, fallende betongbiter, avflassing av toppstrøk og slitasje. Vi anslår at omkring 20% av arealet på fagverkskonstruksjonen trenger full rehabilitering med blåserensing og oppbygging av helt nytt toppstrøk. Resten krever kun nedvasking og nytt toppstrøk. Ved flekkvis reparasjon anbefaler vi at kun toppstrøket er heldekkende, mens termisk sprøyta sink (TSZ) og epoksy barrierestrøk kun påføres der det blåserenses. Vi anbefaler TSZ fremfor sinkrik primer. Ved eventuell fullstendig rehabilitering av belegget anbefaler vi System 1 i henhold til Håndbok R762 med TSZ og epoksy/polyuretan malingsystem.

UTARBEIDET AV
Ole Øystein Knudsen

KONTROLLERT AV
Astrid Bjørgum

GODKJENT AV
Daniel Blucher

Dokumentet har gjennomgått SINTEFs godkjenningsprosedyre og er sikret digitalt

PROSJEKTNR
102008483

RAPPORTNR
SINTEF A27400

VERSJON
1.0

1 av 17

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
01	2015-12-17	Første versjon

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Målsetning	4
2	Inspeksjon av Tjeldsundbrua 18. mai 2015	5
3	Tidligere erfaringer med vedlikehold av lignende belegg	6
3.1	Overmaling av alkyd/KK	6
3.2	Flekkvis vedlikehold	6
3.3	Full rehabilitering	8
4	Anbefalinger til vedlikehold av beleggsystem av blymønje og alkyd/KK	8
4.1	Valg av omfang (flekkvis eller fullt vedlikehold)	8
4.2	Valg av beleggsprodukt	8
A	Vedlegg Bilder fra inspeksjon 18. mai 2015	10

BILAG/VEDLEGG

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Tjeldsundbrua ble åpnet i 1967. Hengebrua er en fagverkskonstruksjon i stål som hovedsakelig er klinket. Dette medfører at brua har en rekke overlappende skjøter. Den ble opprinnelig malt med ett strøk blymønje samt Vegvesenets fire-strøks alkydsystem betegnet 107-110.

Blymønje: Linolje pigmentert med rødt blyoksid (Pb_3O_4)

107: 50 μ m sinkkromat alkyd

108: 50 μ m alkyd

109: 50 μ m dekkmaling alkyd

110: 50 μ m dekkmaling alkyd

Brua ble vedlikeholdt omkring 1985. Det ble da påført et beleggsystem bestående av spesifisering 115-118, som er modifiserte utgaver av de opprinnelige reseptene. I alle strøkene var alkyd bindemidlet skiftet ut med en blanding av alkyd og klorkautsjuk (alkyd/KK), og i 115 var den giftige sinkkromaten skiftet ut med sinkfosfat.

115: 50 μ m alkyd med sinkfosfat (hvit)

116: 50 μ m alkyd (gul)

117: 50 μ m alkyd med glimmer (Micaceous Iron Oxide, MIO) (grå)

118: 50 μ m alkyd med aluminiumsflak (grå metallglans)

Områder med korrosjon ble blåserenset. Områder uten korrosjon ble sveipblåst så blymønja ikke ble fjernet. I hvor stor grad opprinnelig 107-110 ble fjernet er ukjent. Trolig ble 115-118 påført hele konstruksjonen.

I dag er belegget nedbrutt på deler av konstruksjonen, slik at stålet har startet å korrodere. Det er derfor nødvendig med overflatevedlikehold før konstruksjonen svekkes.

Hvis brua har en opprinnelig prosjektert levetid på 100 år, har den nå i 2015 en restlevetid på 52 år.

1.2 Målsetning

Målsetningene med denne rapporten er:

1. Beskrive beleggets tilstand på brua
2. Foreslå prosedyre for vedlikehold

2 Inspeksjon av Tjeldsundbrua 18. mai 2015

Bilder fra inspeksjonen er gitt i Vedlegg A.

Over store deler av brua er belegget i god stand, som vist i Figur 1. Overlappende skjøter som vist i bildet er normalt korrosjonsfeller, men her har belegget stått overraskende bra. Det er mulig at blymønja ble påført før bjelkene ble klinket, slik at stålet i spalten er belagt med blymønje. Det er også mulig at blymønja var så tyntflytende at den til en viss grad har trukket inn i spalten. Det originale strøket med 115 som inneholder sinkkromat vil også gi svært god korrosjonsbeskyttelse som følge av innholdet av kromat. Både blymønje og sinkkromat gir god beskyttelse og representerer således en stor verdi, til tross for at begge er svært giftige.

Belegget er imidlertid også delvis nedbrutt. Følgende ble observert:

- Korrosjon under belegget (Figur 2). Filmtykkelsen har trolig vært for lav til at belegget er en effektiv barriere. Det ser ikke ut til at det er blymønje under som kan gi tilleggsbeskyttelse. Belegget er dermed ikke i stand til å beskytte mot korrosjon.
- Korrosjon på bjelken som ligger mot betongdekket (Figur 3, Figur 4). Betongen er alkalisk, mens alkylid inneholder kjemiske bindinger som brytes i miljø med høy pH (estergrupper som hydrolyserer). Dette er trolig årsaken til at belegget har feilet her. Sammen med avflassing av toppstrøk var dette den typen skade som ble funnet flest steder. De fleste bjelkene som ligger mot betongdekket var angrepet.
- Korrosjon i overlappende skjøt (Figur 5). Som diskutert over var det forbausende lite korrosjon i overlappende skjøter. Det viste eksemplet var ett av de få stedene hvor dette ble funnet.
- Gjennomslag av korrosjon ved kanter (Figur 6). Kanter har oftere lavere beleggtykkelse enn flatene. Dette skyldes at overflatespenning i den våte malinga gjør at den trekker seg sammen over skarpe kanter i stålet. Korrosjon av malte konstruksjoner starter derfor ofte først fra kanter. Måten brua er konstruert på gjør at det er mange kanter (alle I-bjelkene), men disse hadde stort sett godt avrundede kanter, hvilket reduserer problemet betraktelig. Det var derfor ikke mye korrosjon å se fra kanter.
- Tykt belegg som har sprukket (Figur 7). Tykke beleggfilmer får ofte en del indre spenninger som gjør at de til slutt sprekker.
- Avflassing av belegg på blymønje (Figur 8). Det ser her ut til at det kun er påført toppstrøk, hvilket kan være forklaringen. Belegget er for tynt til å være en effektiv barriere, slik at miljøet trenger gjennom og belegget flasser av. Blymønja ser ut til å gi god korrosjonsbeskyttelse.
- Avflassing av toppstrøk (Figur 9, Figur 10, Figur 11). Avflassing av toppstrøket ble funnet flere steder på brua, spesielt på sørvendte flater på østsiden av brua. Dette kan skyldes flere forhold, for eksempel påføring under ugunstige værforhold eller for lang tid før påføring av strøket som flasser.
- Belegg tilgriset med bitumen (Figur 11). Ved legging av ny asfalt på bruas østre del har det rent bitumen gjennom drenshullene i brua. Dette har ikke ført til nedbrytning av belegget, men dette må trolig vaskes bort før overmaling.
- Tynt toppstrøk (Figur 12). Bildet viser at de grå toppstrøkene ikke dekker det gule mellomstrøket. Om dette skyldes at toppstrøket er slitt bort eller om det var påført slik vites ikke.
- Wire som går langs brua har slitt av toppstrøket (Figur 13)
- Mekaniske skader i belegget fra fallende stein eller betongbiter (Figur 14). Stein eller biter av betong fra modifikasjon eller reparasjon av brua har falt ned på fagverket og skadet belegget. Dette ble først og fremst funnet på de delene av fagverket som stikker ut på siden av brudekket.

Korrosjon og mekaniske skader må rehabiliteres med fullt beleggsystem. Skadet toppstrøk kan repareres med påføring av nytt toppstrøk. Områder som er angrepet av korrosjon omfatter først og fremst undergurten på nordsiden av brua og alle bjelkene som ligger mot betongdekket. Mekaniske skader var hovedsakelig begrenset til delene av fagverket som ikke er skjermet av brudekket. Anslagsvis 20 % av arealet på fagverket vil trenge blåserensning og full oppbygging med nytt beleggsystem.

3 Tidligere erfaringer med vedlikehold av lignende belegg

3.1 Overmaling av alkyd/KK

Følgende er hentet fra Håndbok R762 seksjon 88.48:

Ved vedlikehold av korrosjonsbeskyttende belegg som ikke er bygd opp som duplekssystem benyttes Vedlikeholdssystem 1 eller 2 avhengig av hvilket system konstruksjonen har. Det legges fullt system på forbehandlet bart stål og epoksy mastik og polyuretan ved fornying av dekkstrøk.

Alkyd/KK er et relativt mykt belegg. Alkyd blir hardere med tiden på grunn av langsom dannelse av kryssbindinger, mens KK ikke reagerer og beholder sin opprinnelige mykhet. KK kan følgelig også løses opp igjen når det påføres løsemiddelholdig maling på overflata.

Epoksybelegg er harde og kan utvikle indre spenninger. Indre spenninger dannes når belegget forsøker å krympe etter at filmen har herdet. Krympingen kan skyldes utvasking av små molekyler eller fordamping av rester av løsemiddel etter at filmen har herdet. Belegget vil forsøke å krympe i alle tre dimensjoner, men på grunn av heften til underlaget kan det ikke krympe sideveis, kun i tykkelsen. I stedet får belegget en indre spenning sideveis. Epoksy fungerer likevel som regel utmerket på grunn av høy styrke og svært god heft til underlaget. Hvis det derimot påføres et mykt og ikke så sterkt underlag vil det kunne føre til problemer. De indre spenningene kan da rive belegget av og ta med seg deler av det originale belegget. Over indre hjørner kan det løfte belegget fra underlaget. Å påføre et heldekkende epoksybelegg kan derfor skape mer nedbrytning etter kort tid. Et heldekkende epoksybelegg vil imidlertid trolig forbedre korrosjonsbeskyttelsen hvis det ikke forårsaker problemene som er beskrevet over.

Erfaring fra tidligere vedlikehold av bruer med epoksy og polyuretan har vært positive, og avflaking av belegget er ikke rapportert. Alkyd/KK er overmalt med epoksy i stort omfang på Sotrabraua og Bergsøysundbrua. Spesielt erfaringene fra Sotrabraua vil være nyttige siden den er en fagverkskonstruksjon, som Tjeldsundbrua. Fagverket er imidlertid ikke inspisert siden epoksybelegget ble påført, slik at fullstendig oversikt over tilstanden til belegget ikke har vært tilgjengelig.

Polyuretan toppstrøk er som regel mindre harde og har ikke det samme problemet som epoksy. De påføres dessuten som regel i tynnere strøk enn epoksy, hvilket også gir mindre indre spenning. Enkelte polyuretaner er også formulert for å være svært fleksible.

3.2 Flekkvis vedlikehold

Tjeldsundbrua har områder der stålet har startet å korrodere eller der belegget har mekaniske skader inn til stålet. Her er det ingen vei utenom blåserensing og oppbygging av fullstendig nytt beleggssystem. Da oppstår imidlertid som regel et problem i kanten av vedlikeholdet. Blåserensing gir ingen skarp avslutning, slik at man får en overgang der det originale belegget er delvis slått i stykker av blåsemiddelet. Overmaling med reparasjonsbelegget vil ikke nødvendigvis penetrere alle skadene fra blåserensinga, slik at det blir en ring med dårlig belegg i randen av området som er vedlikeholdt der nedbrytning ofte starter tidlig. Dette er et generelt problem og erfart på veibruer tidligere. Så vidt vi vet er det ingen god løsning på dette problemet. Man kan derfor ikke forvente like lang levetid for belegget i overgangssonen. For å redusere dette problemet kan hele bjelker eller hele seksjoner av bjelker blåserenses og belegges på nytt, slik at mengden overganger blir så lite som mulig.

Håndbok R762 seksjon 88.37c sier følgende om overgangssonen mellom blåserenset overflate og intakt originalbelegg:

Alle typer forbehandling av gjenværende korrosjonsbeskyttende belegg som skal overmales, gjøres med forsiktighet for å unngå skader. Overganger mellom bart stål og intakt korrosjonsbeskyttelse skal være gradvis og bygget opp som beskrevet i prosess 85.3.

Det antas at referansen til seksjon 85.3 viser til montasjeskjøter (85.3c), som blir tilsvarende flekkvis reparasjon:

I område ved montasjesveis avtrappes de ulike lagene (blåserensing, termisk sprøytet sink, maling) med ca 100 mm for hvert lag. Det bør ikke benyttes maskering da dette vil gi markerte overganger. Alle grader i overgangene mellom de ulike lag skal utjevnes ved lett skraping med glassplate eller lett sliping. Det skal være min. 100 mm bart stål på hver side av skjøten. Når skjøtesonene er blåserenset etter utført sveising, skal overgangen metall/renset stål skrapes med glassplate eller slipes for å fjerne ujevnheter i den termisk sprøytete sinken. Deretter bygges overflatebehandlingen av skjøtesonene opp som ellers på konstruksjonen.

Ved reparasjon med sinkrik primer antar vi at reglene er de samme som for TSZ, slik at det også her skal avtrappes mot eksisterende belegg.

I følge Håndbok R762 skal Vedlikeholdssystem 1 benyttes til reparasjon på bruer uten TSZ:

1. 40-75 µm sinkrik epoksy primer (>90 vekt% sink)
2. Min. 125 µm epoksy mastik
3. 60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl

Dette gir imidlertid normalt ikke like lang levetid som beleggssystem TSZ. Blymønje og sinkkromat har trolig bidratt positivt til det originale beleggets levetid og det relativt lave behovet for vedlikehold så langt. Det kan derfor trolig ikke forventes 30 år til neste vedlikehold ved bruk av Vedlikeholdssystem 1. Hvis restlevetiden er 52 år vil det ganske sikkert være behov for minst ett vedlikehold til.

Skadene i belegget på Tjeldsundbrua er hovedsakelig begrenset til bestemte bjelker i fagverket, slik at det er snakk om vedlikehold av hele bjelker og ikke små lokale flekker. Vi mener derfor det vil være praktisk mulig å påføre System 1 i stedet for Vedlikeholdssystem 1. System 1 gir normalt lengre levetid enn Vedlikeholdssystem 1. Siden overgangssonen mellom intakt belegg og blåserenset overflate er mer utsatt for nedbrytning, som diskutert over, anbefaler vi at slike soner reduseres til et minimum og at man i størst mulig grad blåserenser hele bjelker.

System 1:

1. minimum 100 µm termisk sprøytet sink eller sinklegering med opptil 15 % aluminium
2. maksimum 25 µm to-komponent epoksy polyamid sealer
3. 125-150 µm epoksymastik
4. 60-100 µm polyuretan eller polyuretan-akryl

Håndbok R762 seksjon 88.37 spesifiserer at epoksymastik og polyuretan skal påføres i heldekkende strøk, det vil si også over det originale belegget der dette beholdes. Det kan imidlertid vurderes om det er nødvendig å påføre heldekkende epoksy. Siden det originale belegget fortsatt gir god korrosjonsbeskyttelse der det er intakt, er det ikke nødvendig å styrke barriere-egenskapene ved å påføre epoksy. Kun et heldekkende polyuretan toppstrøk bør derfor være tilstrekkelig, forutsatt at toppstrøket hefter til det originale alkyd/KK belegget. Dette bør undersøkes først.

3.3 Full rehabilitering

Alternativet til flekkvis reparasjon er full blåserensning av hele brua og oppbygging av et helt nytt belegg fra grunnen av. I så fall anbefales et System 1 TSZ dupleksbelegg som beskrevet i Håndbok R762. Siden det både er blymønje og sinkkromat på brua vil det kreve at alt blåsemiddel samles opp og behandles som spesialavfall. Dette vil gi lengre levetid enn flekkvedlikehold, og i beste fall opp mot bruas restlevetid på 50 år, hvis påføring av det nye belegget er god.

4 Anbefalinger til vedlikehold av beleggsystem av blymønje og alkyd/KK

4.1 Valg av omfang (flekkvis eller fullt vedlikehold)

I seksjon 3.2 og 3.3 er flekkvis og full reparasjon av belegget beskrevet. Hvilket alternativ som velges bør gjøres ut fra en levetidskostnadsanalyse. Det ligger utenfor målsetningen med denne rapporten og må gjøres av Statens Vegvesen.

Basert på beleggets tilstand anslår vi at omkring 20% av overflata på fagverkskonstruksjonen vil måtte blåserenses og påføres fullt nytt beleggsystem ved flekkvis vedlikehold. Dette arealet er fordelt over hele brua. For å få et helhetlig utseende vil det være nødvendig med nytt toppstrøk på hele fagverket. Følgelig må det bygges stilas for hele fagverket.

Som diskutert over har heldekkende strøk av både epoksy og polyuretan påført over alkyd/KK belegg fungert godt tidligere (flick-hel-hel). Dette vil trolig gi et godt resultat her også. Det kan imidlertid vurderes om det holder å påføre kun heldekkende toppstrøk og at epoksy kun påføres der stålet blåserenses (flick-flick-hel), forutsatt at toppstrøket hefter til alkyd/KK belegget.

Andre spørsmål som må vurderes før man velger flekkvis eller full reparasjon av belegget er:

- Tillates det at tilstanden på brua faller mot slutten av levetiden (uten at dette svekker bruas bæreevne)? I så fall er det mer sannsynlig at det vil klare seg med ett vedlikehold til før brua kondemneres.
- Er det sannsynlig med levetidsforlengelse etter at designlevetiden er passert (levetid utover 100 år)? I så fall kan det gi lavere levetidskostnad med full rehabilitering nå.

4.2 Valg av beleggsprodukt

Ved flekkvis vedlikehold må det avgjøres om det skal metalliseres eller om sinkrik primer skal benyttes. Hvis det i størst mulig grad tas hele bjelker, kan metallisering være en fordel siden det vil gi den lengste levetiden, som diskutert over. Behandling av små flekker gjøres trolig best med sinkrik primer, men dette gir kortere levetid. Erfaringer fra Breviksbrua antyder at 20 års levetid kan forventes. Spesielt ved kanter, nagler, bolter og overlappende skjøter har det vist seg at sinkrik primer gir begrenset levetid.

Som forklart over er alkyd/KK et forholdsvis mykt belegg, og KK er et ikke reaktivt bindemiddel. Dette medfører to potensielle problemer:

- Den harde og sterke epoksyen kan rive av alkyd/KK på grunn av indre spenninger. De fleste epoksyer utvikler et visst nivå av indre spenninger som kan føre til dette. Ulike epoksyer har ulike grader av indre spenning. Dannelse av indre spenninger har også med påføringsbetingelser å gjøre,

slik at det er viktig å følge de anbefalingene som leverandøren gir. Vi har over diskutert om det er nødvendig med heldekkende epoksy på gammel alkyd/KK. Det vil bli overlappsoner ved flekkvis reparasjon også, slik at det er umulig å komme utenom dette.

- KK vil kunne løse seg opp når det kommer løsemiddelholdig maling på overflata. Dette kan resultere i blæring eller dårlig heft for det første strøket som legges over alkyd/KK.

Testing kan utføres i lab eller i felt på Tjeldsundbrua, det vil si testpåføring i et begrenset område. I lab kan vi akselerere aldring av beleggene for å fremprovosere resultater tidligere. I felt vil ikke det være mulig, slik at det er større risiko for at vi ikke oppdager problemer som utvikler seg over tid. Eventuelle skader må også utbedres.

Et mulig problem ved testing i lab kan være tilgang på alkyd/KK for testing, men trolig kan Jotun produsere et begrenset volum maling etter de gamle reseptene.

Aktuelle tester vil da for eksempel være:

- Overmalingstester: for å se på heft og eventuelle andre kompatibilitetsproblemer mellom alkyd/KK og ulike aktuelle reparasjonsbelegg.
- Flaking og sprekking: Nytt belegg påføres over alkyd/KK i et innvendig hjørne og eventuelle andre geometrier. Prøvene eksponeres i en syklisk aldringstest for å fremprovosere eventuell sprekking og flaking.

Hvis kun toppstrøket påføres som heldekkende bør det sjekkes at dette har tilfredsstillende heft til det originale belegget.

Et fullstendig forslag til testprogram kan utarbeides på oppfordring fra Statens Vegvesen.

A Vedlegg Bilder fra inspeksjon 18. mai 2015



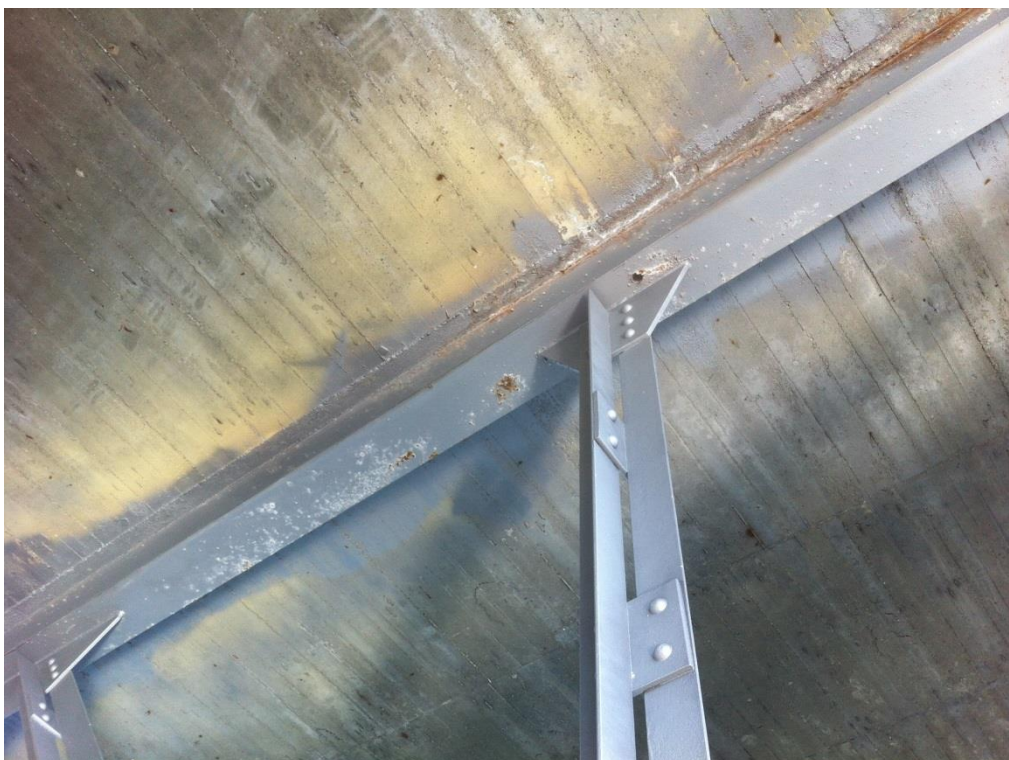
Figur 1. Belegg i god stand.



Figur 2. Nedbrutt belegg i undergurt (undersiden) på grunn av lav filmtykkelse



Figur 3. Nedbrutt belegg på I-bjelke mot betong.



Figur 4. Nedbrutt belegg på undersiden av I-bjelke oppunder betong.



Figur 5. Korrosjon i laskeskjøt.



Figur 6. Gjennomslag av rust på kanter og omkring naglehoder.



Figur 7. Sprukket belegg ved bolt.



Figur 8. Nedbrytning av belegg i undergurt. Trolig lav filmtykkelse.



Figur 9. Avflassing av toppstrøk (gule områder)



Figur 10. Avflassing av toppstrøk i undergurt.



Figur 11. Belegg tilgriset med bitumen ved østre tårn etter asfaltering på brua.



Figur 12. Toppstrøk påført for tynt eller slitt bort så underliggende strøk trer frem.



Figur 13. Wire langs sørsiden av brua har slitt av toppstrøket.



Figur 14. Mekaniske skader i belegget som følge av betongbiter som har falt ned på belegget.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen