

# BETONGKONSTRUKSJONERS LIVSLØP

Et utviklingsprosjekt i samarbeid mellom offentlige byggherrer, industri og forskningsinstitutter

---



## **Deltakere:**

Statens vegvesen (prosjektledelse), Forsvarsbygg, NORCEM A.S, Selmer Skanska AS, Sika Norge AS, Norges byggforskningsinstitutt, NTNU, SINTEF, NORUT Teknologi as

---

## **Rapport nr. 9**

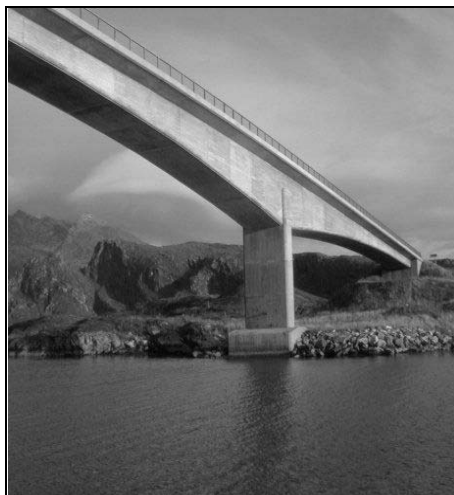
## **Bestandighet og levetid av reparerte betongkonstruksjoner.**

## **Aktivitet DP2 A2**

---

Prosjektet er støttet av BA-programmet i Norges forskningsråd





# BETONGKONSTRUKSJONERS LIVSLØP

Rapport nr. 9

Bestandighet og levetid av reparerte  
betongkonstruksjoner

Aktivitet DP2 A2

Utgiver:  
Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
Postadresse: Teknologivdelingen  
Postboks 8142 Dep  
0033 OSLO  
Telefon: 02030  
Telefaks: 22 07 38 66

FORFATTER(E):  
  
Arntsen, B., NORUT Teknologi as

INTERN RAPPORT NR.

GRADERING	ANTALL SIDER OG BILAG
Åpen	14+20

RAPPORTNR./ ISBN.:	DATO
82-91228-14-0	Oktober 2006

PROSJEKTLEDERE:  
Finn Fluge og Bernt Jakobsen

**KORT SAMMENDRAG**  
Foreliggende rapport er arbeidsprogrammet for et doktorgradsprosjekt som skulle utføres ved Norut, Narvik. Målsetningen var å studere reparerte konstruksjoners bestandighet og fremskaffe en oversikt over omfanget av skader i overgangssonen mellom reparerte og ikke reparerte områder når det utføres tradisjonell mekanisk reparasjon på betongkonstruksjoner eksponert i marint miljø.

Programmet omfatter planer for feltundersøkelser av sju bruer i Nordland og Troms samt et opplegg til supplerende laboratorieundersøkelser. Doktorgradsarbeidet er ikke avsluttet.

Rapporten beskriver i tillegg noen erfaringer fra feltundersøkelser utført på følgende fire reparerte bruer:

Sørstraumen bru, bygget i perioden 1977-1979, har samlet brulengde på 440 m, med ett hoved- og to sidespenn.

Skattørsundet bru, bygget i perioden 1969-1971, er en bjelke/platebru med total lengde på 804 m.

Årsteinstraumen bru er en kontinuerlig bjelkebru på pilarer med samlet lengde på 396 m.

Åselistraumen bru, bygget i 1979 - 1980, er 200 m lang fordelt på 7 spenn.

Erfaringene fra de utførte reparasjonene viser at kloridinfisert betong ikke fjernes i tilstrekkelig grad og at det etter få år oppstår ny aktiv korrosjon i sonene mellom reparerte og ikke reparerte områder.

STIKKORD	NORSK	ENGLISH
	Betongreparasjoner	Concrete repair
	Makroceller	Macrocell
	Korrosjon	Corrosion



<b>Rapport</b>	<b>Nr. 9</b>	Bestandighet og levetid av reparerte betongkonstruksjoner.
<b>Prosjekt</b>		<b>Betongkonstruksjoners livsløp</b> Et utviklingsprosjekt i samarbeid mellom offentlige byggherrer, industri og forskningsinstitutter.
<b>Aktivitet</b>	<b>DP2 A2</b>	Vedlikeholds- og oppgraderingsmetoder Vedlikeholdsmetoder Bestandighet og levetid av reparerte konstruksjoner
<b>Deltagere</b>		Statens vegvesen (prosjektledelse), Forsvarsbygg, NORCEM A.S, Selmer-Skanska AS Sika Norge AS Norges byggforskningsinstitutt, NTNU, SINTEF, NORUT Teknologi as  Prosjektet er støttet av BA-programmet i Norges forskningsråd  ISSN 1502-2331 ISBN 82-91228-14-0 50 eksemplarer trykt av Statens vegvesen, Teknologivdelingen  © Statens vegvesen 2006
<b>Adresse</b>		Vegdirektoratet, Teknologivdelingen Postboks 8142 Dep N-0033 Oslo, Norway
<b>Telefon</b>		+ 47 02030
<b>Telefax</b>		+ 47 22 07 38 66
<b>Emneord</b>		Betongreparasjoner Makroceller Korrosjon
<b>Key words</b>		Concrete repair Macrocell Corrosion

## FORORD

Fokus er i løpet av de senere årene flyttet fra bygging av nye konstruksjoner over mot forvaltning hvor det legges større vekt på oblemstillinger knyttet til drift, vedlikehold og gjenbruk av eksisterende konstruksjoner.

Prosjektet "Betongkonstruksjoners livsløp" er knyttet opp mot denne typen utfordringer som en samlet bygg- og anleggsbransje står overfor. Kravene til bygg- og anleggskonstruksjoner er at de skal være funksjonelle og kostnadseffektive. Offentlige byggherrer forvalter og vedlikeholder et stort antall konstruksjoner som skal møte samfunnets krav til:

- sikkerhet
- kvalitet/økonomi
- miljø

Det ble de siste årene av 90-tallet lagt ned et betydelig arbeid i prosjektet "Bestandige betongkonstruksjoner". Av resultatene fra dette prosjektet og erfaringene fra prosjektet "OFU Gimsøystraumen" fremgår det klart at beslutningen om å bygge bestandige betongkonstruksjoner må tas tidlig i planleggingsfasen og at det er behov for enkelt å kunne verifisere prosjekteringsforutsetningene.

"Betongkonstruksjoners livsløp" bygger videre på forannevnte prosjekter. Hovedvekten er lagt på klart formulerte forskningsoppgaver som dels konkretiserer eksisterende kunnskap og dels fyller hull i kunnskapsgrunnlaget. Aktivitetene er valgt innenfor en ramme som omfatter alle faser fra planlegging til riving og gjenbruk.

Prosjektets hovedmålsetning har vært:

### **Kostnadseffektive og miljøgunstige betongkonstruksjoner**

med følgende delmål:

- Identifisere hovedparametre i levetidsmodellene og kalibrere dem mot feltefaringer
- System for vurdering av vedlikeholdstiltaks levetid
- System for instrumentell overvåking av betongkonstruksjoners tilstandsutvikling
- Kunnskapsformidling gjennom normarbeid, kurs og internasjonale nettverk

Prosjektets sluttprodukter er:

- Grunnlag for veiledninger og regler for levetidsprosjektering
- Akseptkriterier for bedømmelse av betongkonstruksjoners bestandighet
- Datagrunnlag til bruk i standardiseringsarbeid og som inngangsdata til europeisk nettverksarbeid
- Kunnskap og kompetanse knyttet til sensorteknologi, måleteknikk, "intelligent" instrumentell overvåking, katodisk beskyttelse etc., hvor industripartnerne gis mulighet til å utnytte resultatene kommersielt

Prosjektet har bestått av flere større og mindre aktiviteter gruppert i følgende delprosjekter:

- DP1. Levetidsprosjektering
  - A. Datainnsamling
  - B. Levetidsmodeller
- DP2. Vedlikeholds- og oppgraderingsmetoder
  - A. Vedlikeholdsmetoder
  - B. Oppgraderingsmetoder
  - C. Rustfri armering
- DP3. Måleteknikk

Aktivitetene i prosjektet er basert på enkeltforslag fra prosjektdeltakerne. Hvor aktivitetene hadde fellestrekk, kunne levere resultater til, eller benytte resultater fra andre aktiviteter ble dette identifisert ved oppstarten av prosjektet og nødvendig koordinering foretatt. Ellers er aktivitetene styrt meget selvstendig.

Prosjektet startet høsten 1999 og ble avsluttet høsten 2001. Prosjektet har vært støttet av BA-programmet i Norges forskningsråd med NOK 1 mill i hvert av årene 1999 og 2000.

I tillegg til støtten fra Norges forskningsråd har det vært ytet en betydelig egeninnsats fra deltakerne i form av personalinnsats og kjøp av FoU-tjenester. Prosjektkostnadene per 31-12-00 var NOK 7,25 mill, hvorav NOK 2,7 mill var benyttet til kjøp av FoU-tjenester fra forskningsinstitutter og NOK 0,5 mill fra konsulent. I år 2001 ble det kjøpt tjenester for NOK 1,7 mill som i sin helhet ble finansiert av prosjektdeltagerne. Samlede prosjektkostnader ved avslutningen av prosjektet er ca. NOK 9 mill.

Prosjektet har hatt følgende deltakere:

Statens vegvesen  
Forsvarsbygg  
NORCEM A.S  
Selmer Skanska AS  
NTNU  
SINTEF  
Sika Norge AS  
Norges byggforskningsinstitutt  
NORUT Teknologi as

I tillegg har prosjektet samarbeidet med Det Norske Veritas og ARMINOX, som alle har bidratt med egeninnsats.

Det er knyttet to dr. gradsstudenter til prosjektet.

Prosjektet mottok i juni 2000 et 3 års dr.grad stipendium. Stipendiat ble tilsatt 01-01-2001.

Prosjektet har vært ledet av Vegdirektoratet. Prosjektledelsen, som har bestått av Finn Fluge Vegteknisk avdeling, Vegdirektoratet og Bernt Jakobsen, Aadnesen a.s, har rapportert til en styringskomite som har bestått av representanter fra prosjektdeltakerne. Styringskomiteen har vært samlet to ganger årlig eller ved behov og har fastlagt mål og hovedstrategier.

## SUMMARY

How different repair methods affect the durability of repaired concrete structures represents a considerable uncertainty with respect to the remaining lifetime after repair. Selection of repair methods and choice of strategy for the protection of the structures is therefore an important part when rehabilitating concrete structures.

This report deals with a programme for a doctoral thesis proposed at Norut, Narvik. The scope of the doctoral thesis was to study the durability of repaired concrete structures and obtain an overview of damages that appear in zones between repaired and not repaired areas when performing traditional mechanical repair works on concrete structures exposed in marine and coastal environment.

The doctoral programme comprises plans for field investigations, survey of seven bridges located in the Nordland and Troms counties and plans for supplementary laboratory investigations. The doctoral programme has not been completed.

This report also deals with findings monitored on four of the bridges in question.

Sørstraumen bridge, constructed in 1977 - 1979, has a total length of 440 meters with a main span and two side spans. The superstructure is a free cantilever bridge made with concrete of grade C40. The bridge was repaired in 1996. In areas with spalled-off concrete chiselling was performed to the depth of the reinforcement. The reinforcement was sand blasted before repair mortar was sprayed onto the concrete. When finished the concrete surface was impregnated with a silan based hydrophobic agent. The results of the repair works were disappointing. Three years after completing the repair active corrosion was recorded in 80% of the repaired areas. The conclusion drawn was that the amount of concrete removed was too limited.

Skattørsundet bridge, constructed in 1969 - 1971, is a beam/slab bridge with a total length of 804 meters. In 1995 repair works were performed and loose and damaged concrete was removed. The damaged concrete was chiselled off and replaced by a repair mortar. Totally a number of 320 areas with damages on the columns and 345 areas on the superstructure were repaired. Inspections performed during the summer 1999 showed that the repair works performed on the superstructure were successful. However, on the columns active corrosion was recorded. Chloride concentration at the depth of the reinforcement was already in 1992 found to be 1 - 2% of cement weight. Still only loose and damaged concrete was removed. The amount of chloride infected concrete which was removed was also in this case too limited.

Årsteinstraumen bridge is a continuous beam bridge of 396 meters length supported on columns. Comprehensive repair works and special efforts to protect the bridge were performed in 1995. Loose and damaged concrete was removed by chiselling to 30 mm behind the reinforcement. The reinforcement was sandblasted and the chiselled off concrete was replaced by sprayed repair mortar. During the inspections performed summer 1999 no new corrosion areas were monitored in the repaired areas, but heavy corrosion was recorded at locations between the repaired areas. Recordings made in 1999 showed chloride content of 3.5 - 5 % by weight of cement.



Åselistraumen bridge, constructed in 1979 - 1980, is a seven span bridge of 200 meters length. Repair works on the columns were performed in 1995. The repair consisted of water chiselling, replacement of concrete by sprayed repair mortar and treated with a flexible cement based coating. This repair works included also insulation of the bridge deck against humidity and placing of new pavement. The inspection in summer 2000 showed active corrosion in the zones between repaired and not repaired areas. The damages were not detected before the concrete was removed.



- Rapport nr. 5:** TITTEL: Statistisk beregning av levetid for betongkonstruksjoner utsatt for kloridinntrengning.  
Aktivitet: DP1 B1  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. SINTEF. Rapport nr. STF22 A01613.  
Forfattere: Hynne, T., Leira, B.J., Carlsen, J.E. og Lahus, O.  
ISSN: 1502-2331  
ISBN: 82-91228-10-8  
Sider: 14+59+3 vedlegg  
Dato: Februar 2003
- Rapport nr. 6:** TITTEL: Dimensjoneringsformat for kloridbestandighet.  
Aktivitet: DP1 B1  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. SINTEF. Rapport STF22 A02601.  
Forfattere: Leira, B.J.  
ISSN: 1502-2331  
ISBN: 82-91228-11-6  
Sider: 14+36+ 1 vedlegg  
Dato: Februar 2003
- Rapport nr. 7:** TITTEL: Pålitelighetsmetodikk ved bruk av FDV og levetidsberegninger.  
Aktivitet: DP1 B2  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. Aas-Jakobsen. Rapp 6943-01.  
Forfattere: Larsen, R.M.  
ISSN: 1502-2331  
ISBN: 82-91228-12-4  
Sider: 14 + 67  
Dato: Februar 2003
- Rapport nr. 8:** TITTEL: Effekt av reparasjon på levetid: Eksempelstudie fra Gimsøystraumen.  
Aktivitet: DP1 B3  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. SINTEF. Rapport nr. STF22 A01607.  
Forfattere: Hynne, T. og Leira, B.J.  
ISSN: 1502-2331  
ISBN: 82-91228-13-2  
Sider: 12 + 22 + 7 vedlegg  
Dato: Oktober 2006

- Rapport nr. 9:** TITTEL: Bestandighet og levetid av reparerte betongkonstruksjoner.  
Aktivitet: DP2 A2  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. NORUT Teknologi as rapport NTAS F2001-36.  
Forfattere: Arntsen, B.  
ISSN: 1502-2331  
ISBN: 82-91228-14-0  
Sider: 14 + 20  
Dato: Oktober 2006
- Rapport nr. 10:** TITTEL: Restlevetid – Kai Sjursøya.  
Aktivitet: DP2 A3  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. Selmer Skanska AS, rapport nr. B 01-01.  
Forfattere: Carlsen, J.E.  
ISSN: 1502-2331  
ISBN: 82-91228-15-9  
Sider:  
Dato:
- Rapport nr. 11:** TITTEL: Feltforsøk Sykkylven bru.  
Aktivitet: DP2 A4  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. Selmer Skanska AS, rapport nr. B 01-02  
Forfattere: Carlsen, J.E.  
ISSN: 1502-2331  
ISBN: 82-91228-16-7  
Sider:  
Dato:
- Rapport nr. 12:** TITTEL: Strengthening Prestressed Concrete Beams with Carbon Fiber Polymer Plates.  
Aktivitet: DP2 B1  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling. NTNU, Institutt for konstruksjonsteknikk.  
Forfattere: Takacs, P.F. og Kanstad, T.  
ISSN: 1502-2331  
ISBN: 82-91228-17-5  
Sider:  
Dato:

- Rapport nr. 13:** TITTEL: Forsterking av betongsøyler med karbonfiberrev.  
Aktivitet: DP2 B2  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.  
SINTEF. Rapport nr. STF22 A00718.  
Forfattere: Thorenfeldt, E.  
ISSN 1502-2331  
ISBN 82-91228-18-3  
Sider:  
Dato:
- Rapport nr. 14:** TITTEL: Forankringskapasitet av CFAP-bånd limt til betong.  
Aktivitet: DP2 B2  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.  
SINTEF. Rapport nr. STF22 A01618.  
Forfattere: Thorenfeldt, E.  
ISSN 1502-2331  
ISBN 82-91228-19-1  
Sider:  
Dato:
- Rapport nr. 15:** TITTEL: Nonlinear Finite Element Analysis of Deteriorated and Repaired RC Beams  
Aktivitet: DP2 B3  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.  
NORUT Teknologi as rapport NTAS F2001-31.  
Forfattere: Sand, B.  
ISSN 1502-2331  
ISBN 82-91228-20-5  
Sider:  
Dato:
- Rapport nr. 16:** TITTEL: Styrkeberegning ved korrosjonsskader.  
Aktivitet: DP2 B3  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.  
SINTEF. Rapport nr. STF22 A01619.  
Forfattere: Stemland, H.  
ISSN 1502-2331  
ISBN 82-91228-21-3  
Sider:  
Dato:

- Rapport nr. 17:** TITTEL: Korrosjonsegenskaper for rustfri armering.  
Aktivitet: DP2 C1  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.  
NTNU, Institutt for konstruksjonsteknikk.  
Rapport R-9-01.  
Forfattere: Vennesland, Ø.  
ISSN 1502-2331  
ISBN 82-91228-22-1  
Sider:  
Dato:
- Rapport nr. 18:** TITTEL: Heftforhold for rustfritt armeringsstål.  
Aktivitet: DP2 C2  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.  
NTNU rapport.  
Forfattere: Hofsøy, A., Sørensen, S.I. og Markeset, G.  
ISSN 1502-2331  
ISBN 82-91228-24-8  
Sider:  
Dato:
- Rapport nr. 19:** TITTEL: Service Life Design of Concrete Structures  
Aktivitet: DP1 B4  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.  
Forfattere: Helland, S., Maage, M., Smepllass, S., Fluge, F.  
ISSN 1502-2331  
ISBN 82-91228-25-6  
Sider:  
Dato:
- Rapport nr. 20:** TITTEL: SLUTTRAPPORT  
Aktivitet: -  
Utgiver: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling.  
Forfattere: Fluge, F. og Jakobsen, B.  
ISSN 1502-2331  
ISBN 82-91228-26-4  
Sider:  
Dato:

<b>INNHOLDSFORTEGNELSE</b>		xii
<b>FORORD</b>	iii	
<b>SUMMARY</b>	v	
<b>RAPPORTOVERSIKT</b>	vi	
<b>INNHOLDSFORTEGNELSE</b>	xii	
<b>1. SAMMENDRAG</b>	xiii	
<b>2. RAPPORT – innhold utgjøres av følgende vedlegg</b>		

NORUT Teknologi as rapport NTAS F2001-36, November 2001  
Arntsen, B.  
”Bestandighet og levetid av reparerte betongkonstruksjoner”.

## 1 SAMMENDRAG

Det knytter seg en betydelig usikkerhet til hvordan enkelte reparasjonsmetoder påvirker betongkonstruksjoners bestandighet. Valg av reparasjonsmetoder og beskyttelsesstrategi er derfor en viktig side ved rehabilitering av betongkonstruksjoner.

Foreliggende rapport er arbeidsprogrammet for et doktorgradsprosjekt som skulle utføres ved Norut, Narvik. Målsetningen var å studere reparerte betongkonstruksjoners bestandighet og fremskaffe en oversikt over omfanget av skader i overgangssonen mellom reparerte og ikke reparerte områder når det utføres tradisjonell mekanisk reparasjon på slike konstruksjoner eksponert i marint miljø.

Programmet omfatter planer for feltundersøkelser av sju bruer i Nordland og Troms samt et opplegg til supplerende laboratorieundersøkelser. Doktorgradsarbeidet er ikke avsluttet.

Rapporten beskriver i tillegg erfaringer fra undersøkelser utført på fire reparerte bruer.

Sørstraumen bru, bygget i perioden 1977-1979, har samlet brulengde på 440 m, med ett hoved- og to sidespenn. Overbygningen er bygget etter fritt frembyggemetoden, og det er benyttet betong i fasthetsklasse C40. Brua ble mekanisk reparert i 1996. I områder hvor det var registrert bom og avskallinger ble armeringsoverdekningen fjernet ved håndmeisling. Armeringen ble sandblåst før påføring av reparasjonsmørtel og impregnering med et silan basert hydrofoberingsmiddel. Resultatet av reparasjonen var nedslående. Knappe tre år etter reparasjonen ble det registrert aktiv korrosjon og bom i ca. 80% av de reparerte områdene. Konklusjonen er at meislingsomfanget hadde vært for lite.

Skattørsundet bru, bygget i perioden 1969-1971, er en bjelke/platebru med total lengde på 804 m. I 1995 ble det utført reparasjoner av områder med løs og skadet betong. Skadet betong ble håndmeislet bort og erstattet av reparasjonsmørtel. I alt ble 320 skader på pilarene og 345 skader på overbygningen reparert. Spesialinspeksjon sommeren 1999 viste at reparasjonene på overbygningen hadde vært vellykket. For pilarene ble det imidlertid påvist fortsatt aktiv korrosjon. Kloridinnholdet ved armeringen lå allerede i 1992 så høyt som 1-2% av sementvekt. Til tross for dette ble kun løs og skadet betong fjernet. Også her var årsaken at for lite kloridinfisert betong ble fjernet.

Årsteinstraumen bru er en kontinuerlig bjelkebru på pilarer med samlet lengde på 396 m. I 1995 ble det gjennomført omfattende reparasjons- og beskyttelsestiltak på brua. Løs og skadet betong ble fjernet ved piggmeisling inn til 30 mm bak armeringen. Armeringen ble sandblåst og sår ble mørtlet igjen ved tørrsprøyting. Under inspeksjon sommeren 1999 ble det ikke oppdaget ny korrosjon innenfor de reparerte områdene, men det var betydelig korrosjon i områder mellom de reparerte feltene. Målinger viste et kloridinnhold på 3,5 - 5 % av sementvekt.



Åselistraumen bru, bygget i 1979 - 1980, er 200 m lang fordelt på 7 spenn. I 1995 ble det iverksatt reparasjoner på alle søylene. Reparasjonen bestod i vannmeisling av skadet betong, tørrsprøyting av sår, påføring av en elastisk sementbasert slemmemasse og maling. I 1996 ble reparasjonene videreført på overbygningen. Denne reparasjonen inkluderte også fuktisolering av brudekke og legging av slitelag. En spesialinspeksjon sommeren 2000 avdekket aktiv korrosjon i sonene mellom reparerte og ikke reparerte områder. Skadene kunne ikke oppdages før opphugging.

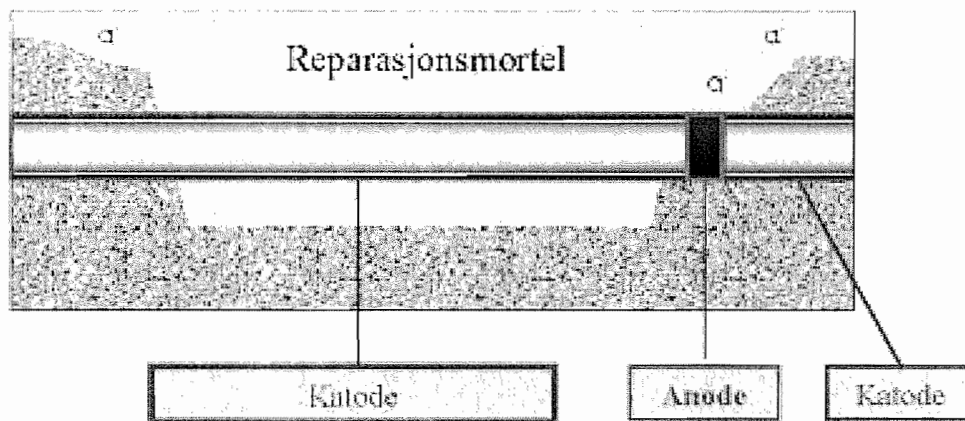


## BETONGKONSTRUKSJONERS LIVSLØP

### DP A2.2 Bestandighet og levetid av reparerte betongkonstruksjoner

Forfatter:

Bård Arntsen



Narvik, 15. november 2001



# NORUT Teknologi as

<b>Oppdragsgiver</b> Vegdirektoratet	<b>Oppdragsgivers ref.</b> Finn Fluge
<b>Forfatter</b> Bård Arntsen	<b>Prosjekthenvising</b> 2176.00
	<b>Publikasjonstype</b> Rapport
	<b>Publikasjonsnr.</b> NTASF2001-36
	<b>ISSN</b> <b>ISBN</b>
<b>Tittel</b>  <b>Betongkonstruksjoners livsløp</b>  DP A2.2 Bestandighet og levetid av reparerte betongkonstruksjoner	<b>Status</b>
	<b>Antall sider</b> 17
	<b>Versjonsnummer</b> 01
	<b>Dato</b> 15.11.2001
	<b>Kvalitetssikring</b>
	<b>Faglig ansvarlig</b>
<b>Resymé</b> <p>Denne rapporten beskriver bakgrunnen for, målsettingen med og planen for gjennomføringen av dr ing prosjektet "Bestandighet og levetid av reparerte betongkonstruksjoner". I rapporten gis det også et kort utdrag av enkelte resultater fra et utvalg av feltundersøkelsene som er gjennomført. Siden dr gradsprosjektet ikke er avsluttet ennå, er ikke alle resultater presentert i denne rapporten. Disse vil bli presentert i form av en dr gradsavhandling som er planlagt ferdigstilt innen 31. august 2002. Av hensyn til at dr gradsarbeidet ennå er under utførelse, er det heller ikke gjort forsøk på å trekke konklusjoner eller gi utdypende diskusjoner av resultatene i denne rapporten.</p>	
<b>Emneord</b> Concrete repair, macrocell, corrosion	
<b>Noter</b>	
<b>Distribusjon</b>	

Address:  
Lodve Langes gt 2  
Postboks 250  
8504 Narvik

Telefon: +47-76 96 53 50  
Telefax: +47-76 96 53 51

e-post: [info@tek.norut.no](mailto:info@tek.norut.no)  
internet: <http://www.norut.no/teknologi>



---

## INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING .....	1
1.1	Bakgrunn .....	1
1.2	Målsetting .....	2
1.2.1	Generelt .....	2
2.	ARBEIDSPROGRAM .....	2
2.1	Generelt .....	2
2.2	Feltarbeid .....	2
2.2.1	Målsetting .....	2
2.2.2	Valg av konstruksjoner .....	4
2.2.3	Undersøkelsermetoder .....	4
2.3	Laboratorieundersøkelser .....	5
2.3.1	Målsetting .....	5
3.	FORELØPIGE RESULTATER .....	8
3.1	Generelt .....	8
3.2	Sørstraumen bru .....	8
3.3	Skattørsundet bru .....	11
3.4	Årsteinstraumen bru .....	13
3.5	Åselistraumen bru .....	14
4.	OPPSUMMERING .....	16
5.	REFERANSER .....	16





## 1. INNLEDNING

### 1.1 Bakgrunn

Skader på armerte betongkonstruksjoner forekommer i ulike former og under varierende forhold og gir seg utslag i forskjellige grader av nedbrytning. Det eksisterer i dag ingen fullverdig reparasjonsmetode eller prosedyre som kan løse alle former for nedbrytning. Det er heller ikke sannsynlig at man noen gang vil finne en enkelt metode som effektivt kan løse alle nedbrytningsproblemene. Ulike forhold som skadeårsak, sikkerhet (bæreevne, brannsikkerhet), helse/miljø (luftkvalitet, støynivå), estetikk (overflater), økonomi osv er med å avgjøre hvilken reparasjons- eller eventuelt beskyttelsesstrategi som skal velges. Det eksisterer ulike oppfatninger og betydelige usikkerheter vedrørende de ulike reparasjons- og beskyttelsesmetodenes effektivitet både på kort og ikke minst over lang tid.

For byggherren er det ønskelig at metoden som velges opprettholder konstruksjonens funksjonalitet til lavest mulig kostnad innenfor konstruksjonens ønskede restlevetid. Derso byggherren skal kunne treffe det riktige valget mht metode og strategi må han være sikker på at metoden han velger vil fungere som forutsatt.

Gjennom de seneste årene har man sett at kravene til dokumentasjon av metodenes effektivitet og garantier vedrørende metodenes langtidsegenskaper har økt. Normal garanti/reklamsjonstid er 3 år, [1]. Det er all mulig grunn til å tro at disse kravene vil skjerpes i årene som kommer. Bedrifter som i fremtiden kan utføre reparasjoner med dokumenterte gode langtidsegenskaper har grunnlag for å gi slike garantier, med de markedsfordeler det vil gi. En viktig forutsetning for å kunne gi slike garantier er imidlertid at man må kjenne metodenes eller produktens langtidsegenskaper.

Til tross for omfattende FoU-aktivitet innenfor betongrehabilitering de siste tiårene, eksisterer det i dag lite systematiserte data som kan dokumentere hvordan ulike reparasjoner har påvirket levetiden og bestandigheten til konstruksjonen. Man har dermed et behov for å studere reparasjonenes bestandighet og få svar på hvorvidt disse har vært vellykket.

Resultatene fra en slik studie vil gi byggeiere betydelig bedre beslutningsgrunnlag ved valg av reparasjonsstrategi og også danne grunnlag for at bedrifter som ønsker det, trygt skal kunne gi økte garantier for de utførte arbeider.

## 1.2 Målsetting

### 1.2.1 Generelt

Målsetningen med doktorgradsprosjektet er å undersøke hvordan mekaniske reparasjoner av kloridinitiert armeringskorrosjon på betongkonstruksjoner har fungert. Gjennom litteratur-, felt- og laboratoriestudier skal man bedre kunnskapene vedrørende effekten av denne reparasjonsformen og dermed kunne gi et bedre grunnlag for riktig beslutninger vedrørende valg av strategi, metode og materialvalg for reparasjon av betongkonstruksjoner. Arbeidet er i særlig grad fokusert på problemer knyttet til korrosjon i grensesoner mellom reparert og ikke-reparert betong/armering.

Den primære målsettingen i dr gradsprosjektet er å:

- *foreta en systematisk undersøkelse og evaluering av bestandighet og levetid av betongkonstruksjoner som har vært mekanisk reparert pga kloridinitiert armeringskorrosjon.*
- *kartlegge og bestemme omfang av- og årsaker til eventuelt nye skader etter en reparasjon. Om mulig skal forslag til forbedringer mht forarbeider, beskrivelser, meislingskriterier, materialkrav og kvalitetssikringsrutiner utarbeides.*

Som et resultat av avhandlingen skal:

- *bygghefter få et bedre grunnlag for å velge reparasjonsmetode og reparasjonsstrategi.*
- *bedrifter som utfører slike reparasjoner få forbedrede rutiner under utførelse slik at de kan tilby bedre/sikrere garantier for utførte reparasjoner.*

## 2. ARBEIDSPROGRA

### 2.1 Generelt

Arbeidsprogrammet er delt i et feltstudium og et laboratoriestudium. I de etterfølgende avsnitt beskrives disse nærmere.

### 2.2 Feltarbeid

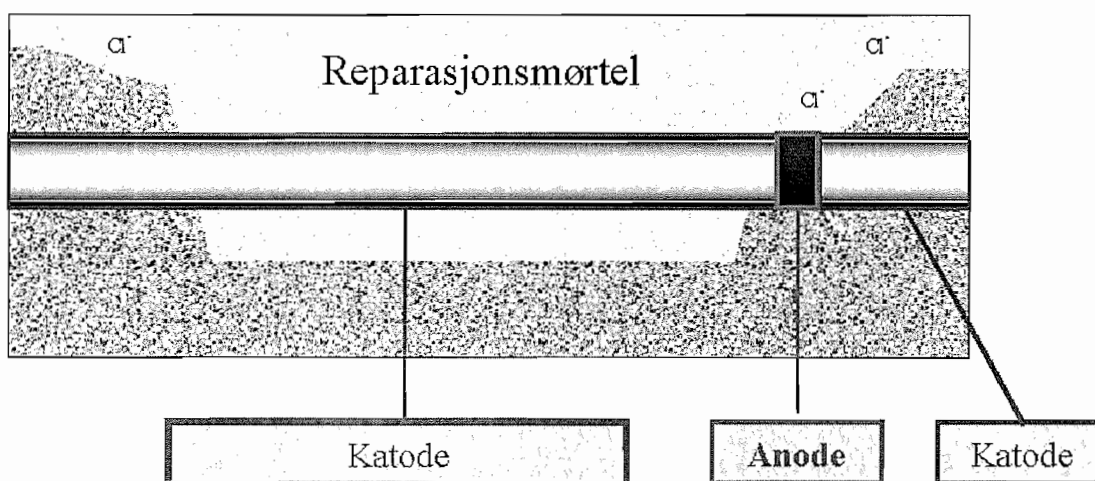
#### 2.2.1 Målsetting

Foran feltarbeidet skal tilgjengelig dokumentasjon av tilstanden til konstruksjonene før, under

og etter reparasjonen samles inn og systematiseres. Under feltarbeidet vil man studere hvordan mekaniske reparasjoner har påvirket bestandigheten til den enkelte konstruksjon. Primært søkes det å:

- skaffe en oversikt over omfanget og utstrekningen av skader i overgangssonen mellom reparert og ikke-reparert område for tradisjonelt utførte mekaniske reparasjoner i kloridutsatte miljøer.

Dannelsen av nye anodeområder i grensesonen mellom reparert og ikke-reparert område er illustrert på Figur 2.1. Denne formen for armeringskorrosjon kan være svært alvorlig da en



Figur 2.1 Små anodeområder dannes i grensesonen mellom reparaert og ikke-reparert

kan få svært små anodeområder som drives av store katodeområder. Det er dette vi kaller makrocellekorrosjon. I et slike tilfeller vil korrosjonshastigheten kunne bli svært høy i et lokale områder. Dersom materialeegenskapene til reparasjonsmørtelen avviker fra den opprinnelige betongen vil problemet kunne forverres ytterligere, se avsnitt 2.3.1.

Problemet som skal kartlegges er påvist tidligere og lar seg beskrive teoretisk. Likevel eksisterer det ingen systematiske undersøkelser av dette fenomenet i felt. Det er derfor usikkert hvorvidt denne formen for korrosjon utgjør et spesielt problem på reparerte konstruksjoner.

Kloridinitiert armeringskorrosjon resulterer ofte i lokal korrosjon, dette samt varierende miljøbelastning og kompleks armeringsgeometri gjør det vanskelig å fastslå hvorvidt eventuelle nye skader på reparerte konstruksjoner akselleres som følge av reparasjonen eller bare følger et "naturlig" nedbrytningsforløp. Det eksisterer derfor et behov for å gjennomføre systematiske undersøkelser spesielt rettet mot dette fenomenet. I de tilfeller hvor det blir registrert nye

skader på reparerte konstruksjonen skal det derfor også søkes å bestemme årsaken til at de enkelte skadene har oppstått. Eksempler på slike årsaker kan være:

- Utilstrekkelig meisling, dvs områder med kloridnivå over ”kritisk verdi” ble ikke fjernet pga f eks kunnskapsmessige, økonomiske, eller bæreevnmessige begrensninger.
- Frileggingsdybden var ikke tilstrekkelig.
- Klorider i ikke-reparert område har diffundert inn til armeringen etter reparasjonen.
- Klorider har trengt gjennom reparasjonsmørtelen.
- Riss pga svinn etc har gitt opphav til svake soner hvor klorider har trengt inn.

### 2.2.2 Valg av konstruksjoner

Grunnlaget for å kunne vurdere bestandigheten til utførte reparasjoner er en god beskrivelse av tilstanden til konstruksjonen før reparasjonen(e) ble iverksatt. Undersøkelser av konstruksjoner i felt er svært tids- og kostnadskreven. Det ble derfor utarbeidet ett sett med kriterier som måtte oppfylles før konstruksjonene kunne ansees som aktuelle i studiet. Følgende kriterier lå til grunn for utvelgelsen av aktuelle konstruksjoner:

1. Konstruksjonen skal være mekanisk reparert pga kloridinitert armeringskorrosjon.
2. Det skal eksistere resultater fra tilstandsanalyser gjort i forkant av reparasjonen. Tilstandsanalysen skal inneholde resultater fra følgende undersøkelser: visuelle registreringer, kloridanalyser, overdekningsmålinger og EKP-målinger.
3. Dokumentasjon fra reparasjonsfasen skal være tilgjengelig.

På bakgrunn av disse kriteriene ble det utført feltundersøkelser på følgende konstruksjoner:

- Gimsøystraumen bru
- Årsteinstraumen bru
- Skattørsundet bru
- Sørstraumen bru
- Åselistraumen bru
- Sandnessund bru
- Verjeskiftet bru

### 2.2.3 Undersøkellesmetoder

Under feltarbeidet ble det benyttet flere undersøkelsesmetoder. Følgende plan ble fulgt under feltarbeidet:

1. På bakgrunn av tilgjengelig dokumentasjon fra tidligere tilstandsanalyser, reparasjonsfasen og visuelle registreringer på konstruksjonen velges det ut aktuelle områder som skal undersøkes nærmere. Viktige forhold for de utvalgte områdene: Kloridprofiler, EKP-målinger og visuelle registreringer må være tilgjengelig fra perioden før reparasjon.
2. Reparasjonsområdene tegnes inn på skisser. Skissene kan senere sammenholdes med potensial- og motstandsmålinger av flatene før og etter reparasjon. Dermed blir det mulig å gjøre en vurdering av hvordan reparasjonen har påvirket korrosjonstilstanden i det utvalgte feltet.
3. Det gjennomføres EKP-målinger av "hele" det reparert område. Rutenett tilsvarende det som er tilgjengelig fra tidligere.
4. Det etableres prøvelfelt. Antall prøvelfelt som skal undersøkes velges etter størrelse av reparasjon og tilgjengelig tid på konstruksjonen. Plassering av prøvelfelt fordeles mellom områder hvor man forventer store skader og områder hvor man forventer mindre skader, basert på tidligere og nye målinger.
5. Følgende prøvetaking gjøres innenfor hvert prøvelfelt:
  - Armeringslokalisering, overdekningen merkes opp. Det hele dokumenteres med foto.
  - EKP-målinger utføres i et rutenett på 25 \* 25 cm.
  - Uttak av 4 Kloridprofiler (2 i reparert og 2 i ikke-reparert) - hvert profil består av fire parallelle hull - 10 mm dybdeintervaller - dybde minimum 60 mm, eller 20mm inn i gammel betong.
  - Opphugginger, 2 stk, langs armering fra reparert til ikke-reparert. Utstrekning ca 7\*40 cm. Opphugging 1 tas ut i område med "største" potensialgradienter. Opphugging 2 tas ut i område med "minste" potensialgradienter.
  - Bruddstykker fra begge områder forsegles for beregning av vannmetningsgrad.
  - Meislingsdybde kontrolleres i opphugging.
  - Foto av opphugging for dokumentering av tverrsnittsreduksjon og korrosjonsgrad.

## **2.3 Laboratorieundersøkelser**

### **2.3.1 Målsetting**

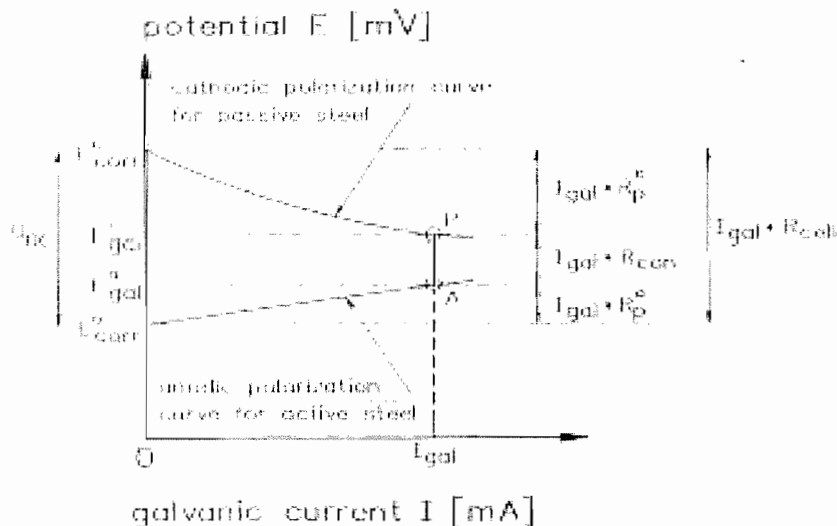
I tillegg til feltundersøkelsene gjennomføres det et laboratorieprogram for å gjøre en grundigere studie av de forhold som er observert i felt. Dette innebærer studier av hvordan valg av ulike reparasjonsmaterialer påvirker dannelsen av og utviklingen til grensesone-anoder i for-

bindelse med mekaniske reparasjoner. Som nevnt i avsnitt 2.2.1 kan en betrakte dannelsen av grensesoneanodene som makrocellekorrosjon. I hht til [2] kan strømmen  $I_{gal}$  som flyter i en to-komponents makrocelle uttrykkes ved:

$$I_{gal} = \frac{E_{corr}^c - E_{corr}^a}{R_p^a + R_{con} + R_p^c} = \frac{U_{oc}}{R_{cell}} \quad (2.1)$$

Den drivende cellespenningen  $U_{oc}$ , måles som potensialdifferansen mellom den katodiske og anodiske delen før sammenkobling. Strømstyrken,  $I_{gal}$ , er ikke bare avhengig av cellespenningen, men også av den elektrokjemiske motstanden i systemet og geometriske parametre, dvs forholdet mellom anode- og katodeoverflate. Den elektrokjemiske motstanden knyttet til den anodiske og katodiske reaksjonen er uttrykt ved henholdsvis  $R_p^a$  og  $R_p^c$ . Den elektrolytiske motstanden i betongen er uttrykt ved  $R_{con}$ .

Ved å benytte et såkalt Evens-diagram kan en illustrere grafisk den elektrokjemiske interaksjonen mellom to armeringsområder med forskjellig potensial, se Figur 2.2. Som følge av



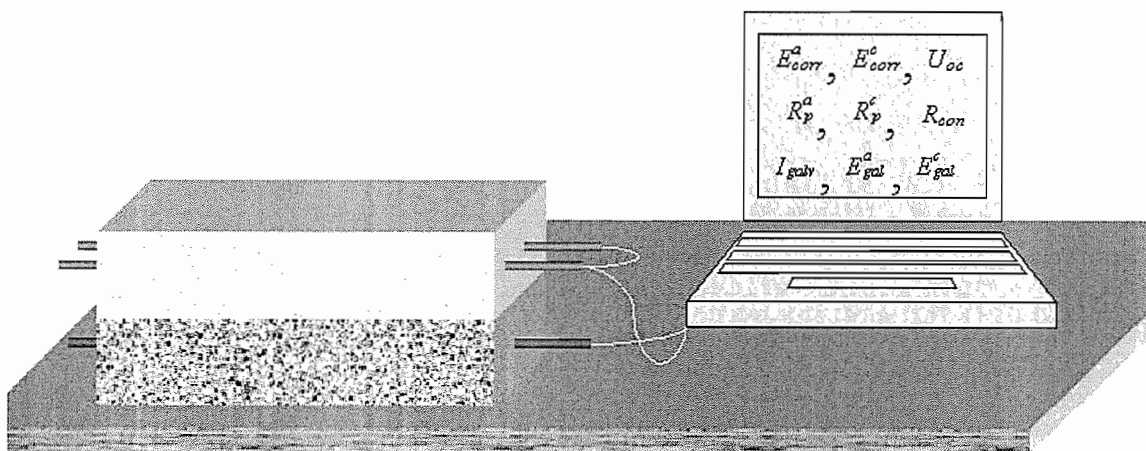
Figur 2.2 Evens diagram for en makrocelle, [2].

makrocelle-reaksjonen vil potensialet til anoden tvinges mot et mindre negativt potensial (anodisk polarisasjon, dvs oppløsningen av armeringen går raskere), og potensialet til katoden tvinges mot et mindre positivt potensiale (katodisk polarisasjon, oksygenreduksjonen skjer raskere). Potensialene  $E_{gal}^a$  og  $E_{gal}^c$  og den galvaniske strømmen til den koblede cellen kan bestemmes ut fra skjæringspunktet til polarisasjonskurvene.

Reparasjonsmørtlene som anvendes i forbindelse med reparasjoner har ofte egenskaper som skiller seg vesentlig fra den opprinnelige betongen. Dette kan gi opphav til ekstra store potensialforskjeller mellom reparert og ureparert område. I laboratorieprogrammet anvendes ulike elektrokjemiske måleteknikker for å bestemme hvordan valg av ulike reparasjonsmaterialer påvirker makrocellekorrosjonen. Følgende elektrokjemiske måleteknikker anvendes i forbindelse med gjennomføringen av laboratorieprogrammet:

- Måling av makrocellestrøm. Måler korrosjonsaktivitet som skyldes makrocelleeffekter direkte,  $I_{gal}$ .
- Lineær polarisasjonsmotstand (LPR). Måler polarisasjonsmotstanden til anoden og katoden,  $R_p^a$  og  $R_p^c$ . I tillegg kan egekorrosjon før sammenkobling på anoden bestemmes.
- Potensialmålinger. Bestemmer  $E_{corr}^a$ ,  $E_{corr}^c$ ,  $E_{gal}^a$ ,  $E_{gal}^c$ .
- Spenningsmålinger. Måler  $U_{oc}$  direkte.
- Motstandsmålinger. Måler motstanden mellom anode og katode  $R_{con}$ , samt motstand mellom referanseelektrode og anode.

Målingene utføres på laboratoriestøpte makroceller, Cellene som er ca (300 x 130 x 90) mm



Figur 2.3 Forsøksoppsett og målte parametre i laboratorieforsøket.

består av to deler, se Figur 2.3. Den øverste delen representerer det reparerte området, dvs katoden i cellen. I dette området er det støpt inn 2 armeringsstenger med diameter 16 mm. Det er benyttet 5 ulike reparasjonsmaterialer, se Tabell 2.1, med ulike kvaliteter i den nederste delen, som representerer anoden i cellen, er det støpt inn en 10 mm armeringsstang i betong med ulike kloridnivåer. Det er i alt støpt ut 48 makroceller.

Table 2.1 Forsøksmatrise

Prøveserie	Rep mørtel	Kloridnivå			Antall
A1	TM C25	0,6%	0,8%	1,0%	9
A2	TM C45	0,6%	0,8%	1,0%	9
A3	Betong C30	0,6%	0,8%	1,0%	9
B1	TM C45	Feltprøver fra Ullasundet bru			3
B2	Betong	Feltprøver fra Ullasundet bru			3
C1	Rescon RSF 45	4%			5
C2	Rescon RSF 25	4%			5
C3	Betong C30	4%			5
Sum					48

### 3. FORELØPIGE RESULTATER

#### 3.1 Generelt

Bearbeidingen av resultatene fra feltundersøkelsene og utførelsen av laboratorieprogrammet er ikke sluttført. Disse vil bli presentert i form av en dr gradsavhandling. Etter planen skal dette arbeidet være avsluttet ved utgangen av august 2002. I denne rapporten blir det derfor bare gitt en kort oppsummering av enkelte resultater fra feltundersøkelsene.

#### 3.2 Sørstraumen bru

Sørstraumen bru ble bygget i perioden 1977 til 1979. Den har en samlet lengde på 440 m og består av to sidespenn og et hovedspenn. Bruoverbygningen i hovedspennet er utført som en lukket kassebærer med variabel høyde og konstant bredde på 5.4 meter. Overbygningen er bygget etter frittrembygg metoden, [3].

Prosjekttert tilsiktet betongkvalitet er C35 for peler, fundamenter og pilarer mens overbygningen er forutsatt betongkvalitet C40.

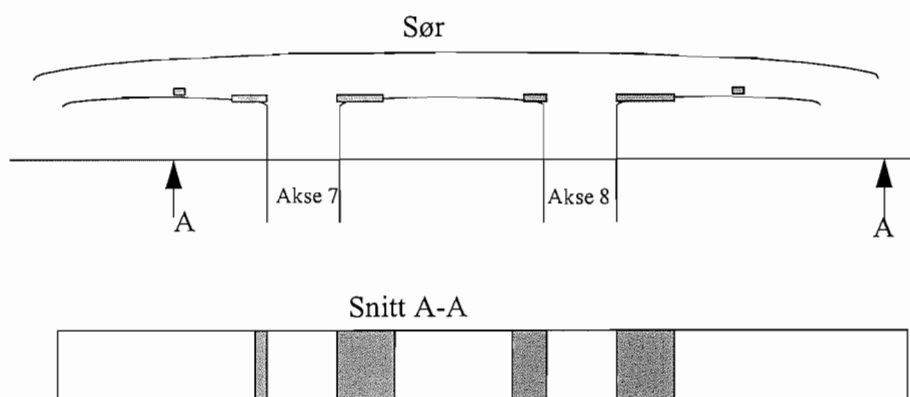
Beskrevet overdekning var som følger:

Peler:	50 mm
Fundamenter under vann	70 mm



Pilarer		50 mm
Landkar	uk såle	50 mm
	forøvrig	30 mm
Overbygningens underside		30 mm
Dekkets overside		50 mm

Brua ble mekanisk reparert i 1996, etter at det under hovedinspeksjon på brua i 1992 ble påvist bomme områder med begynnende korrosjon i brukassen inn mot hovedtårnene i akse 7 og 8, se Figur 3.1. Kloridnivået ved armeringen i disse områdene ble målt til ca 1-2 vekt% av

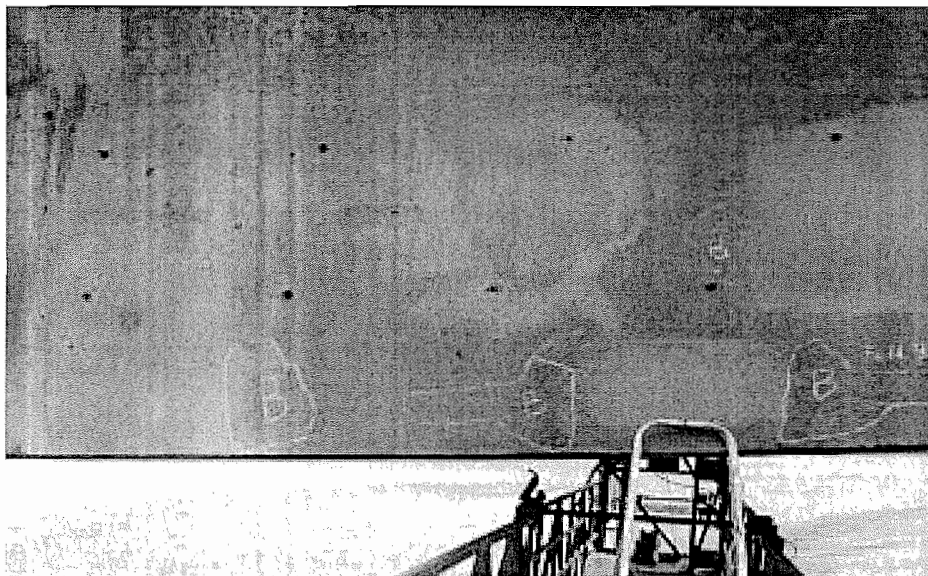


Figur 3.1 Skissen viser de reparerte områdene på overbygningen til Sørstraumen bru.

sementinnholdet. Reparasjonene ble gjennomført ved at overdekningen ble fjernet med håndmeisling i områder hvor det var registrert bom og avskallinger, [4], [5]. Deretter ble armeringen sandblåst før reparasjonsmørtelen ble sprøytet på. Til slutt ble hele brua impregnert med Rescon Silimp 100 i to strøk. Entreprenøren har i sin rapport fra arbeidet påpekt at armeringen var tildels mye angrepet av korrosjon i form av groptæring.

Brua ble inspisert på nytt sommeren 1999. Resultatene fra inspeksjonen var nedslående, [6]. Knappe tre år etter reparasjonen ble det registrert aktiv korrosjon og bom i eller i tilknytning til anslagsvis 80% av reparasjonene. Figur 3.2 viser opptegninger av typiske bomme områder med aktiv korrosjon i grensesonene mellom reparerte og ikke-reparerte område. Figur 3.3 viser et utsnitt av det reparerte området inn mot akse 8. På bildet er bomme områder i reparerte og ureparerte områder tegnet inn. De utførte reparasjonene må karakteriseres som mislykket.

Årsaken til den relativt dramatiske utviklingen på brua er klar. Meislingsomfanget under reparasjonene i 1996 har vært alt for lite. Kloridholdig betong på baksiden av armeringen ble ikke fjernet. I tillegg ble reparasjonene begrenset til å gjelde for områder hvor det var registrert synlige skader og bom. Dette betyr at områder med svært høye kloridinnhold i nivå med armerin-



Figur 3.2 Typiske bom-soner i grenseområdet mellom reparert og ikke-reparert område.



Figur 3.3 Bomme områder i forbindelse med reparasjoner inn mot akse 8.

gen ikke ble reparert. Gjennom å påføre en tett og kloridfri reparasjonsmørtel har en bidratt til å etablere flere makroceller som har aksellerert nedbrytningen.

At reparasjonen ikke har vært vellykket er ikke overraskende når man tar det manglende meislingsomfanget i betraktning. At utviklingen av nye skader skjer så raskt og med et slikt omfang er imidlertid mer overraskende og alarmerende. Observasjonene viser hvor viktig det er å følge de anbefalinger og retningslinjer som gjelder for mekaniske reparasjoner ved kloridindusert armeringskorrosjon.





Figur 3.5 Aktiv korrosjon i reparert område.

disse reparasjonene var korrosjonsaktiviteten svært beskjeden. Det er rimelig å anta at korrosjonen i det reparerte området skyldes at kloridholdig betong rundt armeringen ikke ble fjernet under reparasjonen. Dette kan imidlertid ikke være hele forklaringen da kloridmålinger i reparasjonen og utenfor reparasjonen viser tilnærmet samme kloridnivå i nivå med armeringen. Det er derfor nærliggende å anta at bruken av en tett reparasjonsmørtel har skapt en luftningscelle, hvor den lave tilgangen på oksygen i reparasjonsmørtelen har ført til at armeringen korroderer aktivt i dette området og ikke i den opprinnelige betongen hvor oksygentilgangen er betydelig bedre. Figur 3.6 viser tydelig hvordan korrosjonen er lokalisert til det området som

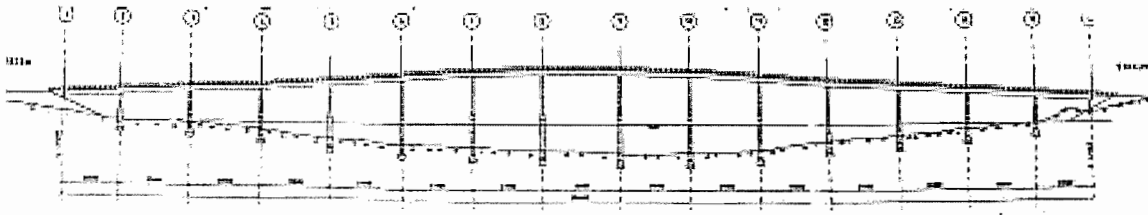


Figur 3.6 Detalj som viser korrosjon aktiv korrosjon i reparert område.

var dekket med reparasjonsmørtel. EKP-målinger foretatt på andre reparerte områder viste også tegn til aktiv korrosjon innenfor det reparerte området.

### 3.4 Årsteinstraumen bru

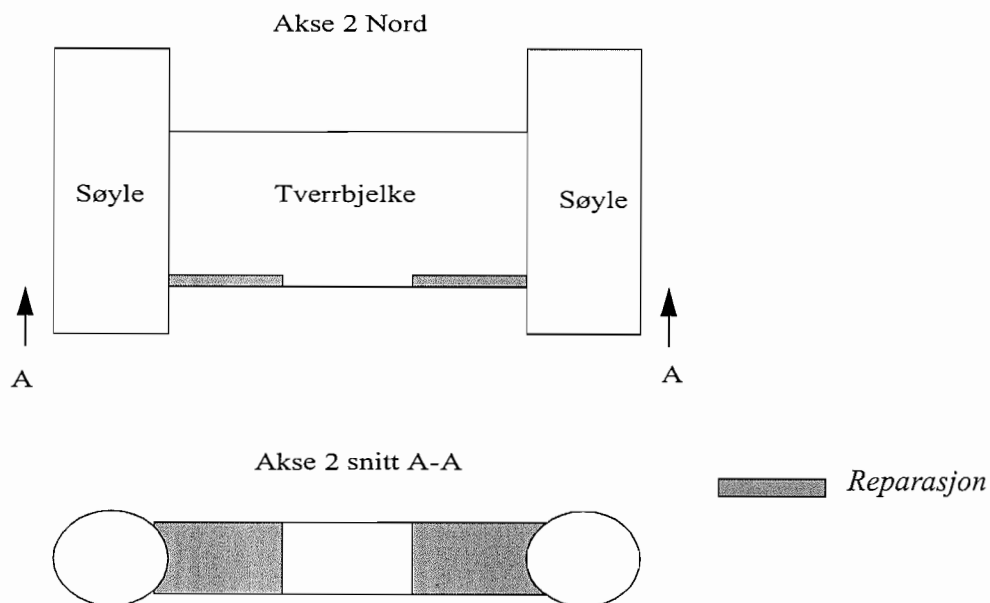
Årsteinstraumen bru har en samlet lengde på 396 m og består av 15 felt. Figur 3.7 viser oppriss av brua. Brua er en kontinuerlig bjelkebru på pilarer. Pilarene er avstivet med en tverrbjelke ca 1 m over flomålet og en tverrbjelke ca 1.6 meter fra søyletopp, [11].



Figur 3.7 Oppriss av Årsteinstraumen bru.

bjelke ca 1 m over flomålet og en tverrbjelke ca 1.6 meter fra søyletopp, [11].

Under hovedinspeksjon på brua i 1992 ble det avdekket relativt omfattende korrosjonsskader på undersiden av de nedre tverrbjelkene, [11]. I 1995 ble det gjennomført omfattende reparasjons- og beskyttelsestiltak på brua, [12], [13], [14]. Blant annet ble en av de nedre tverrbjelkene reparert mekanisk. Under reparasjonen ble løs og skadet betong fjernet ved piggmeisling inntil 3 cm bak armeringen. Armeringen ble deretter sandblåst og til slutt ble det frilagte området mørtlet igjen ved tørrsprøyting. Figur 3.8 viser hvilke områder som ble reparert på tverrbjelken i akse 2.



Figur 3.8 Reparerte området på tverrbjelke

Sommeren 1999 ble det utført ny inspeksjon på brua, [15]. Som ventet ble det ikke oppdaget ny korrosjon innenfor det reparerte området. Området mellom de to reparerte feltene var imidlertid utsatt for betydelig korrosjon. Figur 3.9 viser tydelig hvordan korrosjonen er lokalisert



*Figur 3.9 Korrosjon i overgang mellom reparert og ikke-reparert område.*

til overgangen mellom reparert og ikke-reparert område. Under reparasjonen i 1995 ble det ikke registret korrosjon av betydning i dette området.

Kloridmålinger foretatt på undersiden, midt mellom de reparerte flatene, viste i 1999 et kloridinnhold på hele 3,5-5 vekt% i forhold til sementvekten i nivå med armeringen. Årsaken til den nye skadene er dermed åpenbar.

For reparasjonene som ble foretatt på overbygningen, hvor kloridinnholdet var betydelig lavere, ble det ikke observert nye skader.

### **3.5 Åselistraumen bru**

Åselistraumen bru inngår i riksveg 17 og går over Elvefjorden ved Åseli like sør for Saltsraumen. Brua, som er 200m lang fordelt på 7 spenn, ble bygget i 1979-1980. Spennvidden knyttet til hvert landkar er 25m, mens de øvrige spenn er 30 m. Bruoverbygningen er utført som kontinuerlig bjelkebru. De to bjelkene er utført i etterspent betong og har høyde 1600 mm regnet til UK plate og tykkelse 350 mm, [16].

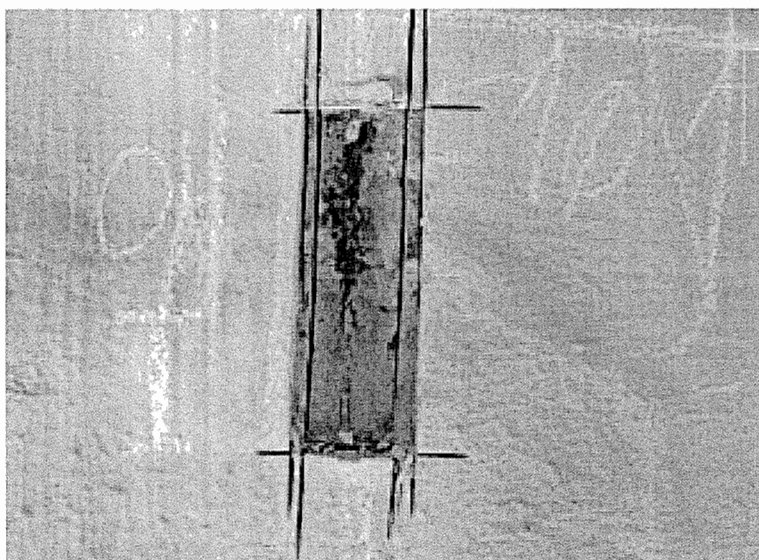
I perioden 1991 til 1995 ble det gjort flere tilstandsanalyser av brua, [16], [17], hvor det ble konstatert begynnende armeringskorrosjon på monteringsjern på grunn av kloridinntrengning.



Som følge av resultatene fra tilstandsanalysene ble det i 1995 iverksatt reparasjoner på alle søylene. Reparasjonen bestod av vannmesling av skadet og dårlig betong, tørrsprøyting av sår, påføring av elastisk sementbasert slemmemasse og maling. I 1996 ble reparasjonene videreført på overbygningen, [18], [19]. Denne reparasjonen inkluderte også fuktisolering av bruktekk og legging av slitelag. Totalt behandlet areal under reparasjonene var 3453 m<sup>2</sup>.

I juni 2000 ble det utført ny hovedinspeksjon av brua, [20]. I forbindelse med hovedinspeksjonen ble det også utført en spesialinspeksjon i samsvar med beskrivelsene i avsnitt 2.2.3.

Hovedinspeksjonen avdekket ingen spesielle problemer. Visuelt synes tilstanden til konstruksjonen å være svært god, med unntak av et par veldig små bomme områder. Resultatene fra spesialinspeksjonen avdekket imidlertid svært aktiv korrosjon i grenseområdene mellom reparerte og ikke-reparerte områder, et eksempel på dette er vist på Figur 3.10. Skadene kunne



*Figur 3.10 Opphugging som viser aktiv korrosjon i grensesonen mellom reparert og ikke-reparert område.*

ikke påvises visuelt før opphugging. Heller ikke EKP-målinger i rutenett 50x50 cm kunne avdekke disse skadene. Likevel ble det altså påvist svært alvorlig armeringskorrosjon ved opphugginger på tilfeldig valgte områder mellom reparert og ikke-reparert. Resultatene fra de utførte inspeksjonene avdekket hvor vanskelig det kan være å registrere denne spesielle formen for armeringskorrosjon dersom en ikke gjør helt spesielle anstrengelser for å finne skadene. Årsaken til dette er at anodeområdene som dannes kan ha svært liten utstrekning. Problemet med å lokalisere skadene forverres ytterligere i de tilfeller hvor det er benyttet overflatebehandlet med tykkfilmsbelegg. Beleggene vil kunne skjule riss og eventuelle utførelser på betongoverflaten, samt vanskeliggjøre lokaliseringen av eventuelle reparasjoner og utførelsen av EKP-målinger.

#### 4. OPPSUMMERING

Denne rapporten beskriver bakgrunnen for, målsettingen med og planen for gjennomføringen av dr ing prosjektet "Bestandighet og levetid av reparerte betongkonstruksjoner". I tillegg gis det et kort utdrag av enkelte resultater fra feltundersøkelser utført på 4 konstruksjoner. Av naturlige årsaker er ikke alle resultater presentert i denne rapporten. Disse vil bli presentert i form av en dr gradsavhandling som er planlagt ferdigstilt innen 31. august 2002. Av hensyn til at dr gradsarbeidet ennå er under utførelse, er det ikke gjort forsøk på å trekke konklusjoner eller gi utdypende diskusjoner av resultatene i denne rapporten.

#### 5. REFERANSER

1. Norges Standardiseringsforbund, NS 3430, Alminnelige kontraktsbestemmelser om utførelse av bygg- og anleggsarbeider, 1994.
2. Gulikers, J. J. W., "Experimental investigations on macrocell corrosion in chloride-contaminated concrete". *HERON*, Vol. 42, No. 2 (1996), pp. 107-123.
3. Bru nr 1102. Sørstraumen bru Hovedinspeksjon 1992. Tilstandskontroll over kote +2,0m. Rapport nr 9221. Ringtek as 1992.
4. Bru nr 1102. Sørstraumen bru EV 6 Vedlikehold: Impregnering og betongrehabilitering. Anbudsgrunnlag Statens vegvesen Troms. Mars 1995.
5. Sørstraumen bru EV6. Rapport - Impregnering og betongrehabilitering. Betongrenovering AS, 14.10.96.
6. Sørstraumen bro. Bru nr 1102 Troms Fylke. Hovedinspeksjon 1999. Ringtek AS
7. Bru nr 763. Skattørsundet bru 1991. Tilstandskontroll over kote +1,54. Rapport nr 9203. Ringtek AS, 1992.
8. Bru nr 763 Skattørsundet bru, RV 866 Vedlikehold: Impregnering og Betongrehabilitering Anbudsgrunnlag. Ringtek AS, 1995.
9. Sluttrapport Rehabilitering Bru nr 19-0763. RV 855 Skattørsundet. Prosjekt R8667000. Statens vegvesen Troms, 1997.
10. Bru nr 763 Troms Fylke. Hovedinspeksjon 199 for Skattørsundet bru. Rapport nr 9906. Ringtek AS, 1999.
11. Årsteinstraumen bru. Tilstandskontroll over vann. Rapport nr 9303. Ringtek AS, 1993.



12. Bru nr 722 Årsteinstraumen bru, RV 825. Vedlikehold Impregnering og Betongrehabilitering Anbudsgrunnlag. Ringtek AS, 1995.
13. Produkt- og Arbeidsprosedyrer for rehabilitering RV825 Årsteinstraumen bru. Betong Renovering as. 1995.
14. Rapport vedrørende Rehabilitering av Årsteinstraumen bru. Betongrenovering as. 1995.
15. Spesialinspeksjon av Årsteinstraumen bru. Ringtek as, 1999.
16. Hovedinspeksjon for bru nr 1828 Åselistraumen bru. Prosjekt nr 92048. Rapport nr 9310. Ringtek AS 1993.
17. Åselistraumen bru. Bru nr 1828. Spesialundersøkelser av overbygning og søyler. Ødegård og Lund AS, 1995.
18. Bru 1828. Åselistraumen. Anbudsgrunnlag for betongrehabilitering. Ødegård og Lund, Aug 1995.
19. Teknisk og økonomisk sluttrapport. Åselistraumen bru 1828. Statens vegvesen Nordland. 1996
20. *Bru nr 1828. Åselistraumen bru. Hovedinnspeksjon 2000. Ringtek AS 2000.*





