



Statens vegvesen

# Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008 - 2011

Bestandighet sprøytebetong Freifjordtunnelen

Statens vegvesens rapporter

Nr. 158



Vegdirektoratet  
Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen  
Tunnel og betong  
August 2012

**Tittel**

Etatsprogrammet Moderne vegtunneler  
2008 - 2011

**Title****Undertittel**

Bestandighet sprøytebetong Freifjordtunnelen

**Subtitle****Forfatter**

Norconsult AS

**Author****Avdeling**

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

**Department**

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

**Seksjon**

Tunnel og betong

**Section**

Tunnel og betong

**Prosjektnummer**

602182

**Project number****Rapportnummer**

Nr. 158

**Report number**

No. 158

**Prosjektleder**

Harald Buvik

**Project manager****Godkjent av****Approved by****Emneord**

Etatsprogram, Moderne vegtunneler, Tunnel, Strategi, Bestandighet, Sprøytebetong

**Key words****Sammendrag**

Norconsult AS har sett på sprøytebetongs tilstand i utvalgte undersjøiske tunneler. Dette som en del av strategiarbeidert i Moderne vegtunneler. Det var ønskelig å finne tunneler hvor det var utført undersøkelser også tidligere for å kunne se om det kunne dokumenteres noen endring i tilstanden og fysiske egenskaper. Som en av tunnelene ble Freifjordtunnelen valgt ut. Denne rapporten beskriver borstedene og gir et resymé av rapporten fra Sintef som har utført analysene på de utborede kjernene.

**Summary****Antall sider**

Dato 21.august 2012

**Pages**

Date

## TITTEL

**MODERNE VEGTUNNELER  
FREIFJORDTUNNELEN  
Sprøytebetong**

## OPPDRAKSGIVER

Statens vegvesen

## OPPDRAKSGIVERS KONTAKTPERSON

Claus K. Larsen/Per Hagelia

OPPDRAKSNUMMER 5013053	DOKUMENTNUMMER	UTARBEIDET Jan Viggo Holm
DATO 2011-11-01	REVISJON	FAGKONTROLLERT Amund Geicke
ANTALL SIDER OG BILAG 10 + vedlegg		GODKJENT Jens-Petter Henriksen

**SAMMENDRAG**

Vegdirektoratet ønsker å utarbeide en strategi for nye vegtunneler der økt levetid og økt teknisk standard for fremtidige vegtunneler er viktige elementer. Som en del av dette arbeidet har Norconsult AS sett på sprøytebetongs tilstand i utvalgte undersjøiske tunneler. Det var ønskelig å finne tunneler hvor det var utført undersøkelser også tidligere for å kunne se om det kunne dokumenteres noen endring i tilstanden og fysiske egenskaper. Som en av tunnelene ble Freifjordtunnelen valgt ut. Denne rapporten beskriver borstedene og gir et resymé av rapporten fra Sintef som har utført analysene på de utborede kjernene.

Rapporten konkluderer med at det ikke kan dokumenteres noen nevneverdig nedbrytning etter nesten 20 års levetid for betong fra de prøvestedene som er undersøkt. Prøvestedene, som er undersøkt, er dominert av relativt synlig god betong, mens andre delstrekninger i den undersjøiske delen er blitt rehabilitert på grunn av nedbrytning av betongen. Prøveutvalget er derfor ikke representativt for hele tunnelen. En del av sprøytebetongen opplevde kun en levetid på 20 år i motsetning til forventet levetid på 50 år.

Rapporten følger vedlagt.

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>TUNNELEN</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>UTFØRELSE</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Organisering</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Beskrivelse av prøvesteder</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>LABORATORIEANALYSER</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>Utførte analyser</b>	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>Resultater</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>VURDERINGER OG KOMMENTARER</b>	<b>10</b>

## Vedlegg:

1. Freifjordtunnelen. Prøving av herdnet betong. Sintef 2010-02-23, rapport nr. 33353-2.
2. Fotovedlegg Freifjord
3. Oversikt prøver

## Referanser:

- /1/ Freifjordtunnelen. Prøving av herdnet betong. Sintef 2010-02-23, rapport nr. 33353-2.
- /2/ Fotovedlegg Freifjord
- /3/ Oversikt prøver.
- /4/ Riktig bruk av sprøytebetong i tunneler. Delprosjekt B Undersjøiske tunneler. Sluttrapport 1997.
- /5/ Hagelia, P (2008): Deterioration mechanisms and durability of sprayed concrete in Norwegian tunnels, Proceedings of the 5th International Symposium on Sprayed Concrete – Modern Use of Wet Mix Sprayed Concrete for Underground Support. Lillehammer 2008, p189 – 197.
- /6/ J. K. Lygre og N. G. Røhrsveen, "Freifjordtunnelen" Delrapport for diplomoppgave med analyseresultater. 1996
- /7/ Oslofjordtunnelen. Prøving av herdnet betong. Sintef 2010-02-12, rapport nr. 33353-1.
- /8/ Oslofjordtunnelen (2. forsendelse). Prøving av herdnet betong. Sintef 2010-02-12, rapport nr. 33353-4.
- /9/ Ringnestunnelen. Prøving av herdnet betong. Sintef 2010-02-16, rapport nr. 33353-3.
- /10/ "Freifjordtunnelen, prøving av sprøytebetong i undersjøiske tunneler" NOTEBY rapport 68196, august 1996.

## 1 INNLEDNING

Vegdirektoratet ønsker å utarbeide en strategi for nye vegtunneler der økt levetid og økt teknisk standard for fremtidige vegtunneler er viktige elementer. Som en del av dette arbeidet har Norconsult AS sett på sprøytebetongs tilstand i utvalgte undersjøiske tunneler. Det var ønskelig å finne tunneler som var godt dokumenterte fra tidligere for å kunne se om det kunne dokumenteres noen endring i tilstanden og fysiske egenskaper. Freifjordtunnelen ble valgt ut som en av tunnelene. Denne rapporten beskriver borstedene og gir et resymé av analyserapporten på de utborede kjernene fra Sintef.

Dette prosjektet omfatter undersøkelser av tunnelene Freifjord, Oslofjord og Ringnestunnelen. Denne rapporten gir en sammenstilling av resultatene fra Freifjordtunnelen.

## 2 TUNNELEN

Freifjordtunnelen er 5080 meter lang og går mellom Bergsøy og Frei og er en del av Fv 70. Tunnelen ble åpnet i 1992.

Freifjordtunnelen var godt dokumentert fra før. Den inngikk i "Delprosjekt B: Undersjøiske tunneler" i prosjektet "Riktig bruk av sprøytebetong i tunneler", 1997. Kerneboringer og analyser ble utført i 1996 og rapportert i rapporten /10/ "Freifjordtunnelen, prøving av sprøytebetong i undersjøiske tunneler" NOTEBY rapport 68196, august 1996. Tunnelen ble undersøkt i forbindelse med en hovedoppgave ved NTNU, utarbeidet av J. K. Lygre og N. G. Røhrsveen, "Freifjordtunnelen" Delrapport for diplomoppgave med analyseresultater/6/. De påviste at betongen var av dårlig kvalitet og konkluderte med at det kunne være prelltap eller kjemisk angrep på betongen. Det er senere vist i /5/ at dette var knyttet til thaumasitt, magnesium angrep og karbonatisering.

I 2003 ble det tatt ut nye prøver for analyse i prosjektet "Nedbrytningsmekanismer i sprøytebetong". Utboring i Freifjordtunnelen. Resultatene av analysene er presentert i /5/. Det ble også tatt ut prøver i 2006 hvor også disse resultatene er presentert i /5/.

Tunnelen var i 2009 under rehabilitering når Norconsult AS tok ut prøver for analysene. Da var vann- og frostsikringen var demontert og sprøytebetongen under rehabilitering på grunn av nedbrutt betong som følge av Mn-Fe bakterier og sulfatangrep, magnesium og karbonatisering. I følge /5/ hadde sprøytebetongoverflatene > 1- 2 cm tykke gipsutfellinger i den undersjøiske strekningen. Disse var myke og ble spylt bort for å unngå sulfatangrep i sjiktet mellom ny og opprinnelig sprøytebetong. Til sammen ble det sprøytet 1788 løpemeter tunnel, tilsvarende ca. 1300 m<sup>3</sup> betong.

Dokumentasjonen på tilstanden til betongen i tunnelen var meget bred, hvilket gav et godt grunnlag for de levetidsbetraktningene som skulle gjøres. Tunnelen hadde i tillegg dokumentert en ønskelig tykkelse på sprøytebetong som var mer forenlig med dagens krav på 80 mm.

Det ble anvendt sprøytebetong med følgende egenskaper:

Prosjektert betongkvalitet	C45 MA, masseforhold $\leq 0,45$
Armering	EE-fiber, 25 mm, 75 kg/m <sup>3</sup> på Bergsøy-siden og Dramix 50 kg/m <sup>3</sup> på Frei-siden
Resept for opprinnelig betong	Sement            RP38 – 500 kg Sand                1475 kg Silika                30 – 40 kg P-stoff              3 liter R-stoff               12 liter Vannglass          26 liter

### **3 UTFØRELSE**

#### **3.1 Organisering**

Norconsult har planlagt og anvist utboring som skjedde 14.09.2009 etter velvillig assistanse fra anlegget og Statens vegvesen Region Midt. Etter utboring ble kjernene sendt Norconsult Sandvika for visuell vurdering og bestemmelse av hvilke analyser som skulle utføres på hvilke kjerneprøver.

Prøvene ble sendt Sintef Byggforsk for nærmere analyse hvor prøvingens formål var å beskrive betongens egenskaper for å kunne vurdere levetid. Sintef Byggforsk ble bedt om å foreta denne levetidsvurderingen.

#### **3.2 Beskrivelse av prøvesteder**

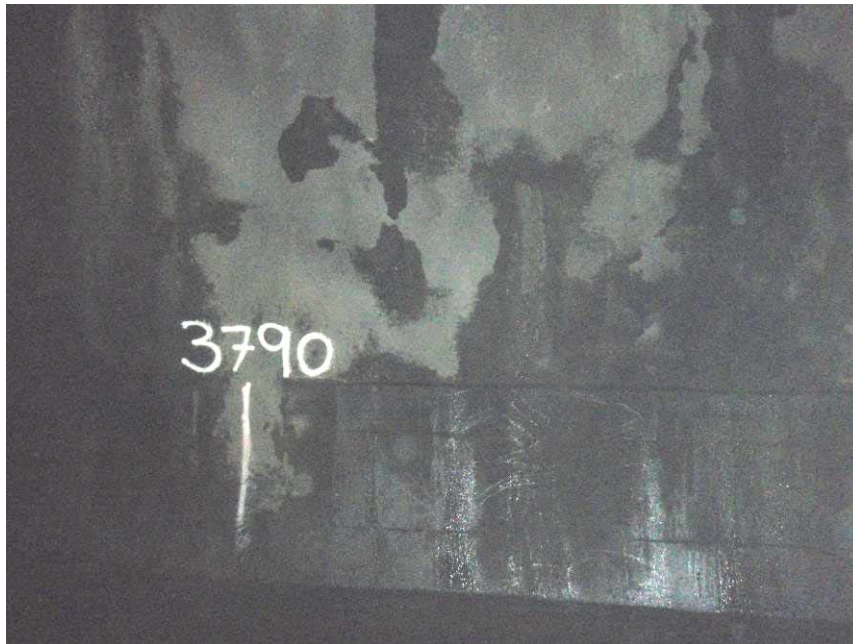
Den delen av tunnelen som var sprøytet framstod med en del fuktige partier, hovedsakelig fra vederlag og vegger. Kalkutfellinger var relativt vanlige i sammenheng med fuktgjennomslag, hovedsakelig fra hvelvet. Områder med rennende vann ble hovedsakelig observert i vederlag og vegger hvor betongen stedvis syntes å være under nedbrytning. Overflatene var brutt helt ned og myknet og restmaterialer/tilslag hadde rent ned på banketten. Betongflatene kunne også være dekket av gråsorte millimeterstore mineralknoller. Områder under sterk nedbrytning syntes å være lokale og ikke representative for den generelle tilstand til sprøytebetongen i tunnelen. Områder med sterk nedbrytning ble ofte observert sammen med utfellinger på våte overflater mot tørrere partier og i forbindelse med alge-/bakterievekst. Prøvested 2 og 3 under ble valgt i områder med sterk nedbrytning. Disse områdene ble rehabilitert etter prøvetakingen.

Det generelle inntrykket var allikevel at tilstanden syntes å være tilfredsstillende, men at enkelte områder med fritt vann på overflaten viste klare tegn på sterk nedbrytning. Prøvested 1 ligger i et område som ikke har nevneverdige skader og skal representere den betongen som ikke har behov for rehabilitering. Kjerner ble boret ut i den undersjøiske delen av tunnelen ved km 3790, mellom den 1. og 2. støpen på høyre side regnet fra Bergsøy.

Det ble valgt ut 3 borsteder:

1. Km 3790 ble vurdert til å være representativt med hensyn til betongens tilstand
2. Km 5310 ble valgt pga lekkasjer og mineralutfellinger på overflaten med klare tegn på nedbrytning.
3. Km 5450 ble valgt pga lekkasjer og mineralutfellinger på overflaten med klare tegn på nedbrytning.

Prøvene ble tatt ut i løpet av en natt i forbindelse med rehabiliteringen av tunnelen i 2009.



**Foto nr. 1:** Km 3790. Kjernene ble boret ut på høyre side 2,5 m opp, 5,7 m før 2. utstøping i hele profilet. Betongen har god kontakt til fjell, er flekkvis fuktig, punktlekkasjer i hengen. Alle lekkasjene er moderate, renner enkelte steder. Kjernene ble boret ut i område hvor det tidligere var boret ut 4 + 2 kjerner. Ingen synlig nedbrytning.



**Foto nr. 2:** Km 3790, høyre vederlag. Betongen har god kontakt til fjell, er flekkvis fuktig. En sprekk med lekkasjer i høyre vederlag. Moderat kalkutfelling i lekkasjen. Alle lekkasjene er moderate. Ingen synlig nedbrytning.

Ved km 5310 ble det boret ut 2 kjerner i venstre side, kjerne k-15 ble boret i lekkasje og kjerne k-16 ble boret 1 meter under i et fuktig område med utfellinger. I området ble det observert 1-3 mm hvite mineralknoller og mer grå-svarte knoller. Disse knollene er tidligere identifisert som utfelt gips på grunn av nedbrytning /5/. Dette ble spylt vekk og i dette området ble det sprøytet opp 5 cm ny betong over 80 løpemeter.



**Foto nr. 3:** Km 5310, venstre side. Kjerne k15. Betongen har god kontakt til fjell, er flekkvis fuktig. Den øverste lokaliteten hvor det ble boret i lekkasjen. Uten fiberkorrosjon i dybden.



**Foto nr. 4:** Km 5310, venstre side. Kjerne k15. Betongen har god kontakt til fjell. Område med flere lekkasjer og mineralutfellinger. En horisontal sprekk med lekkasjer. Moderat kalkutfelling i lekkasjen. Alle lekkasjene er moderate. Svovulgule, hvite og svarte utfellinger.

Ved km 5450 ble det boret ut to kjerner, k-17 ble boret i lekkasje og k-18 1 meter under, også i et område med lekkasjer. Dette er midt i et område der det le sprøytet opp 5 cm betong over 70 løpemeter på grunn av nedbrytninger. Betongen som er dokumentert med SEM resultat (fk 17) representerer den faktiske tilstanden som krevde oppgradering.





**Foto nr. 5:** Km 5450, venstre side. Kjerne k 17 boret i lekkasjen. Betongen har god kontakt til fjell. Parti med konsentrerte lekkasjer og hvite, brune og mørke utfellinger. Som fotoet antyder utfelles mineralene i utkanten av vannsaget slik at det dannes en opphoping langs vannstrømmen (pil). Fiberkorrosjon kun i overflaten.



**Foto nr. 6:** Km 5450, venstre side. Kjerne k 17 boret i lekkasjen. Fiber som ligger i overflaten har korrodert. Fiberkorrosjon kun i overflaten. Utfellinger i overflaten.

## 4 LABORATORIEANALYSER

### 4.1 Utførte analyser

Borkjernene ble undersøkt visuelt og fotografert før videreforsendelse til SINTEF Byggforsk, Trondheim for videre analyse. De utførte analysene er rapportert fra Sintef i rapport nr. 33353-2, datert 2010-02-23 som følger denne rapport i vedlegg 1.

Ingen av kjernene viste tegn på å ha korroderende innstøpte stålfiber etter utboring. Imidlertid begynte den eksponerte delen av fibrene å korrodere etter kort tid i luft.

Følgende analyser ble utført på borkjernene:

1. Heft mellom sprøytebetong og fjell målt som strekkfasthet på borkjerner
2. Karbonatiseringsdybde
3. Porøsitet (PF-metoden)
4. Trykkfasthet
5. Kloridanalyser
6. Strukturanalyse i polarisasjonsmikroskop og ved SEM

Utvelgelse av prøvemateriell til de forskjellige analysene ble foretatt i samråd med Sintef.

### 4.2 Resultater

Det henvises til Sintef rapport nr. 33353-2, datert 2010-02-23 i vedlegg 1 for en fullstendig presentasjon av laboratorieresultater og vurderinger av nedbrytning. I det følgende gis en kort oppsummering av enkeltresultatene.

#### 4.2.1 Prøveoversikt (Sintef – rapporten)

**Tabell 1** Oversikt over mottatte prøver og disponering av disse

km <sup>1</sup>	Prøve	Prøving
3790	"fk1"	Kloridprofil
3790	"fk2"	Trykkfasthet, densitet, fiberinnhold og kloridinnhold
3790	"fk3"	Tynnslip (SEM)
3790	"fk4"	Heft til fjell, karbonatisering, porøsitet, fotografering
3790	"fk5"	Reserve
3790	"fk6"	Reserve
3790	"fk7"	Returnert
3790	"fk8"	Karbonatisering, porøsitet, fotografering
3790	"fk9"	Heft til fjell
3790	"fk10"	Trykkfasthet, densitet, fiberinnhold og kloridinnhold
3790	"fk11"	Trykkfasthet, densitet, fiberinnhold og kloridinnhold
3790	"fk12"	Karbonatisering, porøsitet, fotografering
3790	"fk13"	Karbonatisering, porøsitet, fotografering
5310	"fk15"	Heft til fjell
5310	"fk16"	Heft til fjell, karbonatisering, porøsitet, fotografering
5310	"P1"	Returnert
5330	"P2"	Returnert
5450	"fk17"	Tynnslip (SEM)
5450	"fk18"	Karbonatisering, porøsitet, fotografering
5510	"P3"	Returnert

**4.2.2 Heft mot fjell**

Måling av heft mellom sprøytebetong og fjell ga følgende strekkfastheter. 1,1 MPa, 0,2 MPa 1,6 MPa og 2,9 MPa. Bruddene gikk dels i fjell og dels i betong med unntak av verdien på 2,9 MPa som gikk i 100 % mellom fjell og betong. Verdien på 0,2 MPa er brudd i fjell langs et riss. Se rapporten side 2.

**4.2.3 Karbonatiseringsdybde**

Midlere karbonatiseringsdybde ble målt fra 2 til 7 mm.

**4.2.4 Porøsitet (PF-metoden)**

Alle kjernene som er benyttet til PF-metoden inneholdt mellom 20 – 40 % berg og resultatene gjenspeiler ikke betongens reelle masseforhold. Masseforholdene er blitt alt for høye.

Prøvelegeme	Fk4	Fk8	Fk12	Fk13	Fk18
Sugmettet densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2310	2320	2340	2430	2380
Faststoffdensitet (kg/m <sup>3</sup> )	2730	2710	2740	2750	2690
Sugporøsitet (%)	19,5	18,4	18,4	15,2	15,4
Makroporøsitet (luft) (%)	2,9	2,8	2,7	2,1	1,7
PF-verdi (%)	13	13	13	12	10
Estimert masseforhold	0,52	0,50	0,50	0,43	0,44

**4.2.5 Trykkfasthet og fiberinnhold**

Prøvelegeme	Fk2	Fk10	Fk11
Sylindertrykkfasthet, omregnet (MPa)	39,7	48,8	39,4
Estimert fiberinnhold (kg/m <sup>3</sup> )	15	18	15

**4.2.6 Kloridinnhold, profiler (Sintef – rapporten)**

**Tabell 8 Kloridinnhold**

Prøvelegeme merket	Kloridinnhold per sjikt [% Cl <sup>-</sup> av betongvekt]								
	=> Avstand fra overflaten [mm] =>								
	Tunnel	0-10	10-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
"fk1"	0,059	0,097	0,174	0,232	0,285	0,276	0,243	0,235	0,194

**Tabell 9 Kloridinnhold (forts.)**

Prøvelegeme merket	Kloridinnhold per sjikt [% Cl <sup>-</sup> av betongvekt]								
	=> Avstand fra overflaten forts. [mm] =>								
	Fjell	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85	85-90	90-95
"fk1"	0,183	0,172	0,171	0,163	0,157	0,143	0,105	0,040	0,014

#### 4.2.7 Klordinnhold, tørr betongvekt pr. kjerne (Sintef – rapporten)

**Tabell 10 Klordinnhold**

Prøver fra borkjerne merket	Kloridinnhold, % Cl av tørr betongvekt		
	Enkeltresultater		Middel
"fk2"	0,236	0,227	<b>0,232</b>
"fk10"	0,216	0,199	<b>0,208</b>
"fk11"	0,161	0,172	<b>0,167</b>

#### 4.2.8 Strukturanalyse

Strukturanalysen ble gjennomført som:

- Visuell undersøkelse
- Mikroanalyse av polerte tynnslip i polarisasjonsmikroskop
- Analyse i sveipelektronmikroskop (SEM) koblet med en elementanalysator av polerslipene fra mikroanalysen

Det henvises til prøvingsrapporten når det gjelder resultatene av strukturanalysen. I det følgende gis en kort og forenklet oppsummering av resultatene fra analysene utført på kjernene fk3 og fk17.

##### Kjerne: fk3

- Nesten hele kjernen inngår i indre og ytre tynnslip.
- Det oppgitte masseforholdet synes å være for høyt i den ytre delen av kjernen og som angitt i den indre delen.
- Porøsiteten i mørtelfasen i ytre tynnslip er litt inhomogen og hovedsakelig homogen i det indre tynnslipet.
- Mikrorissinnholdet er meget høyt i det ytre tynnslipet og høyt i det indre tynnslipet.
- Fine og grove riss i det ytre slipet, i det indre tynnslipet en del/ingen riss.
- Noen utfellinger av ettringitt og portlanditt i porer i ytre slip, mineralene observert i indre tynnslip
- Sementpastaen har et noe forhøyet svovelinnhold (1 %) i de ytterste 4 - 5 mm. Lokalt 5 %.
- Sprøytebetongen har god kontakt til fjelloverflaten.
- Svovelinnholdet er høyt i hele det undersøkte området.
- Magnesiumkonsentrasjonen er lav gjennom begge de kartlagte områdene, men likevel høyere enn normalt.

##### Kjerne: fk17

- Svovel har en forhøyet verdi 4 mm inn fra overflaten og holder seg høy inn mot fjellkontakten. Fra 4 mm og ut er verdien avtagende. Svovelinnholdet er høyere enn normalt.
- Mye ettringitt i porer og riss.
- Meget høyt innhold av mikroriss.
- Kalsium og magnesium har forhøyede konsentrasjoner nær kjernens overflate. Kalsium er redusert nærmest overflaten.

## 5 VURDERINGER OG KOMMENTARER

Undersøkelsene og konklusjonene gjelder kun for de prøvefeltene hvor prøvene er tatt og ikke for all betong i tunnelen.

I det følgende har vi knyttet noen kommentarer til undersøkelsens delresultater. Resultatene er sammenholdt med resultatene i /4/.

Heften til fjell karakteriseres som god og varierte fra 1,1 til 2,9 MPa med en snittverdi i underkant av 2 MPa. Dette er nesten overraskende høyt. Tidligere målinger er ikke utført, men heften ble i 1996 karakterisert som god.

Måling av karbonatisering viser en gjennomsnittlig dybde på  $6\pm 4$  mm. Dette er sammenfallende med det som ble målt i tynnslip og det som oppgis i /4/.

Densitet, trykkfasthet og fiberinnhold ble målt på de samme prøvene. Densiteten er ca 10 % høyere enn det som ble målt i 1996. Gjennomsnittlig trykkfasthet var 42,6 MPa og med et standardavvik lik 5,3 MPa hvilket tilfredsstillende kravet i NS 3420. Dette er sammenfallende med målingene utført av Noteby i 1996, men er mye høyere enn det som ble rapportert i /5/. Fiberinnholdet ble målt til  $17 \text{ kg/m}^3$  hvilket er under det halve av det som ble målt i 1996. Forskjellene ansees å være et uttrykk for variasjoner i den opprinnelige betongsammensetningen.

Det ble målt kloridinnhold som i profil og som totalinnhold i prøven. Totalinnholdet er i samme størrelsesorden som det som ble målt i /4/. Profilet tyder på at inntrengningen har skjedd fra fjellsiden slik at det har oppstått en anrikt horisont mot overflaten. Anrikningen er ikke kommentert nærmere i rapporten av Sintef. Anrikningen antas å ha skjedd som følge av at vann har fordampet og anrikt betongen med klorider.

En midlere PF-verdi på 13 % gir et estimert masseforhold på i overkant av 0,5 hvilket er noe høyere enn det som ble estimert i 1996 som lå mellom 0,38 og 0,47. Vurdert ut fra tynnslipsanalysene blir masseforholdet anslått til nærmere 0,35. Det påpekes imidlertid at forskjellen kan skyldes at det antatte pastainnholdet avviker fra det reelle og at det var en vesentlig del berg i kjerneprøvene. Vurderingene i tynnslip kan også avvike dersom sementpastaen er impregnert av mineralutfelling. Samholdes fasthetene med masseforholdet som framkommer basert på PF-verdien, kan et masseforhold i overkant av 0,5 å være noe høyt.

Ved strukturanalysen ble det observert stedvis meget høyt innhold av mikroriss og noe ettringitt utfelt i luftporer og riss. Rapporten antyder at dette kan ha en sammenheng med at det også ble observert et høyt svovelinnhold. Dette kan imidlertid ikke tilskrives bruken av herdeakselerator ettersom det er opplyst at vannglass ble benyttet. Vi vil anta at svovelinnholdet skyldes en anrikning fra sjøvann, noe som kloridinnholdet også kan tyde på.

Kjernene fk 15 til 18 er tatt i et område hvor det var forventet å finne tydelig påvirkning av miljøet. Undersøkelsene har i dette tilfellet ikke kunnet påvise tydelige nedbrytningsprosesser selv om mikrorissinnholdet var høyt.

Rapporten fra Sintef konkluderer med at det ikke er observert forhold, verken ved strukturanalysen eller den mekaniske prøvingen som tyder på nedbrytning i nevneverdig grad etter 20 år. Rapporten tilrår at langsiktig påvirkning av sjøvannsig bør undersøkes nærmere.

Observasjoner i Freifjordtunnelen (og observasjoner fra andre tunneler) viser at sprøytebetong kan nedbrytes lokalt ved lekkasjer, men at dette ser ut til å kreve spesielle forhold. Analyseresultatene fra denne undersøkelsen viser at de prøver som ble undersøkt ikke har vist nevneverdig nedbrytning.

Observasjonene viser at tilstanden varierer og at graden av lekkasjer har betydning. De tyder på at lekkasjevann inklusiv bakteriedannelse kan under gitte forutsetninger nedbryte betongen fullstendig. Dette skjer svært lokalt og muligens i tilknytning til spesielle lekkasjeårer fra salt grunnvann (sjøvann). Det vil derfor være av stor betydning å kunne identifisere denne typen lekkasjer, men kanskje av enda større betydning for bestandigheten å eliminere lekkasjer i størst mulig grad.

1. Freifjordtunnelen. Prøving av herdnet betong. Sintef 2010-02-23, rapport nr. 33353-2.

2. Fotovedlegg Freifjord

3. Oversikt prøver





Statens vegvesen

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

ISSN: 1893-1162