



Statens vegvesen

Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008 - 2011

Bestandighet sprøytebetong Ringnestunnelen

Statens vegvesens rapporter

Nr. 160



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

Tittel

Etatsprogrammet Moderne vegtunneler
2008 - 2011

Title**Undertittel**

Bestandighet sprøytebetong Ringnestun-
nelen

Subtitle**Forfatter**

Norconsult AS

Author**Avdeling**

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavde-
lingen

Department

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavde-
lingen

Seksjon

Tunnel og betong

Section

Tunnel og betong

Prosjektnummer

602182

Project number**Rapportnummer**

Nr. 160

Report number

No. 160

Prosjektleder

Harald Buvik

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

Etatsprogram, Moderne vegtunneler, Tun-
nel, Strategi, Bestandighet, Sprøytebetong

Key words**Sammendrag**

Norconsult AS har sett på sprøytebetongs tilstand i utvalgte un-
dersjøiske 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
Ringnestunnelen 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
RINGNESTUNNELEN**

OPPDRAGSGIVER
Statens vegvesen

OPPDRAGSGIVERS KONTAKTPERSON
Claus K. Larsen/Per Hagelia

OPPDRAGSNUMMER 5013053	DOKUMENTNUMMER	UTARBEIDET Jan Viggo Holm/Hilde Rannem Isaksen
DATO 2011-11-01	REVISJON	FAGKONTROLLERT Amund Geicke
ANTALL SIDER OG BILAG 5 + 1 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 landtunneler hvor sprøytebetong var benyttet. Som en av tunnelene ble Ringnestunnelen valgt ut på grunn av tilgjengelighet. Det ble tatt prøver av ca 15 år gammel betong. Denne rapporten beskriver borstedet og gir et resymé av rapporten fra Sintef som har utført analysene på de utborede kjernene. Det ble valgt å gjennomføre et redusert prøveomfang uten strukturanalyse i polarisasjonsmikroskop og undersøkelser med elektronmikroskop.

Resultatene fra visuell vurdering, samt bestemmelse av karboniseringsdybde, porøsitet og trykkfasthet tyder på at betongen ikke er preget av nedbrytningsmekanismer i nevneverdig grad.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING	2
2	TUNNELEN	2
3	UTFØRELSE	2
3.1	Organisering	2
3.2	Beskrivelse av prøvesteder	2
4	LABORATORIEANALYSER	4
4.1	Utførte analyser	4
4.2	Resultater	4
4.2.1	<i>Prøveoversikt, prøvefordeling (Klippet fra Sintef – rapporten)</i>	4
4.2.2	<i>Karboniseringsdybde</i>	4
4.2.3	<i>Porøsitet (PF-metoden)</i>	4
4.2.4	<i>Trykkfasthet</i>	5
4.2.5	<i>Kloridinnhold, profiler (Sintef – rapporten)</i>	5
4.2.6	<i>Kloridinnhold</i>	5
5	VURDERINGER OG KOMMENTARER	6

Vedlegg:

1. Ringnestunnelen. Prøving av herdnet betong. Sintef 2010-02-16, rapport nr. 33353-3.

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 tunneler. Det var ønskelig å finne oversjøiske tunneler også. Som en av tunnelene ble Ringnestunnelen valgt ut på grunn av tilgjengelighet. Det ble tatt prøver av ca 15 år gammel betong. Denne rapporten beskriver borstedet og gir et resymé av rapporten fra Sintef som har utført analysene på de utborede kjernene. Det ble valgt å gjennomføre et redusert prøveomfang uten strukturanalyse i polarisasjonsmikroskop og undersøkelser med elektronmikroskop. Denne rapporten beskriver borstedene og gir et resymé av analyserapporten på de utborede kjernene fra Sintef.

2 TUNNELEN

Ringnestunnelen er ca 343 meter lang og er en del av E6. Tunnelen ble åpnet i 1986.

Resept benyttet i tunnelen eller i portalen.

Prosjektert betongkvalitet	B40 MA, masseforhold $\leq 0,40$	
Armering	Stålfiber 45 kg/m ³	
Resept	Sement	PC Standard
		RP38 540 kg/m ³
	Sand	-
	Silika	5 %
	P-stoff	-liter
	R-stoff	- liter
	Al sulfat	Ukjent
Tykkelse	5 – 18 cm	

3 UTFØRELSE

3.1 Organisering

Utboringen av kjerner ble utfør 14.10.2009. Etter utboring ble kjernene medtatt til 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

Det ble boret ut 8 kjerner fra tunnelveggen, østside, ca 90 m fra søndre portal, ca. 4 m over bankett. Kjernene ble boret i et område med synlige riss med kalk og noe fuktutslag over vann- og frostsikringen. Omfanget av lekkasjer og opprissing var moderat i området. Prøvestedet ble valgt på grunnlag av at det har de typiske skadene i tunnelen med riss med fukttransport og kalkutfelling.

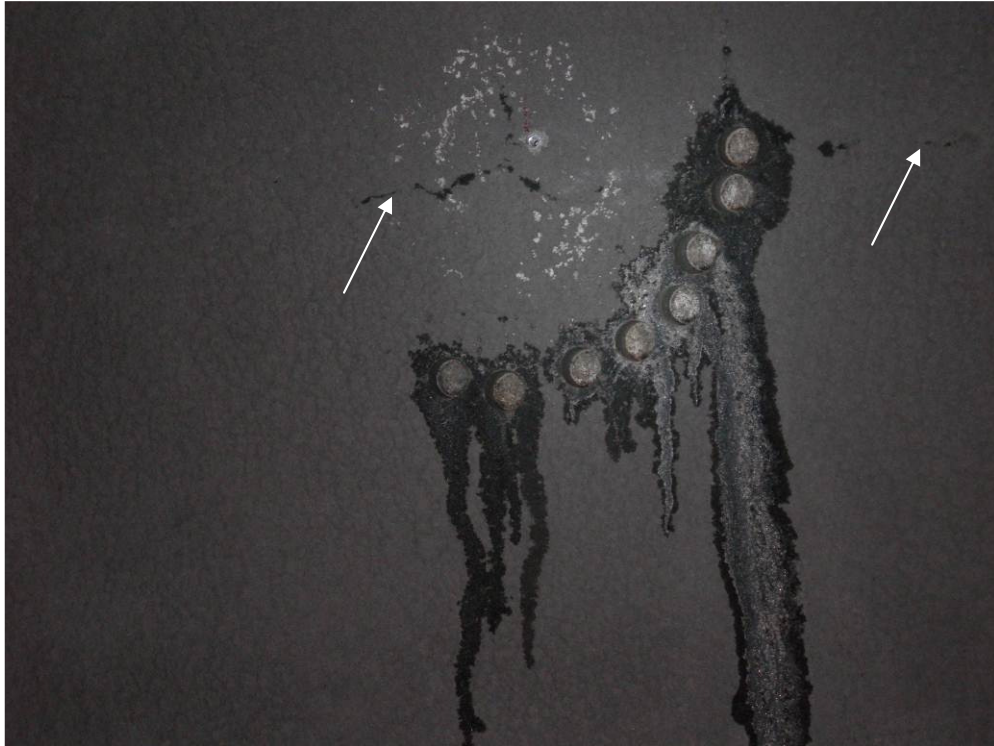


Foto nr. 1: Område med noe riss. Antydning til fuktgjennomslag i et av rissene (pil).

3.3 Beskrivelse av kjernene

Kjernene har diameter 50 mm og lengde ca. 100 mm. En visuell bedømming av kjernene er at alle kjernene har ensartet betong. Kjerne 1 og 2 har riss inne i betongen ved bruddflata. Rissene går ikke opp til betongoverflaten. Kjernene har enkelte større luftporer. Kjerne 1, 2 og 4 inneholder et armeringsjern.



Foto nr. 2, 3 og 4: Kjerner tatt ut fra tunnelen før de ble sendt til SINTEF.

4 LABORATORIEANALYSER

4.1 Utførte analyser

Borkjernene ble sendt direkte til SINTEF Byggforsk, Trondheim for videre analyse. De utførte analysene er rapportert fra Sintef i rapport nr. 33353-3, datert 2010-02-16 som følger denne rapport i vedlegg 1.

Ingen av kjernene viste tegn på å ha innstøpte fiber.

Følgende analyser ble utført på borkjernene:

1. Karboniseringsdybde
2. Porøsitet (PF-metoden)
3. Trykkfasthet
4. Kloridanalyser

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

4.2 Resultater

Det henvises til Sintef rapport nr. 33353-3, datert 2010-02-16 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, prøvefordeling (Klippet fra Sintef – rapporten)*

Tabell 1 Oversikt over mottatte prøver og fordeling

Borkjerne merket	Prøving	Kommentar
"rk1"	Reserve	
"rk2"	Karbonatisering, porøsitet, fotografering	Inneholdt 1 stk. ø6 mm jern
"rk3"	Fasthet, densitet, fiberinnhold og kloridinnhold	
"rk4"	Karbonatisering, porøsitet, fotografering	Inneholdt 1 stk. ø6 mm jern
"rk5"	Karbonatisering, porøsitet, fotografering	
"rk6"	Fasthet, densitet, fiberinnhold og kloridinnhold	
"rk7"	Fasthet, densitet, fiberinnhold og kloridinnhold	
"rk8"	Kloridprofil	

Det henvises ellers til vedlegg 1, side 1 - 4 i Sintef-rapporten som viser fotos av kjernene.

4.2.2 *Karboniseringsdybde*

Karboniseringsdybden varierte mellom 5 – 15 mm, midlere karboniseringsdybde var tilnærmet lik 6 mm. Alle prøvene hadde isolerte lommer med økt karbonatisering. Dette gjaldt spesielt prøvelegeme merket "rk4".

4.2.3 *Porøsitet (PF-metoden- begrenset prosedyre)*

For beregning av masseforhold er det benyttet andre input parametere enn det som er oppgitt som resept i kap. 2. Dette er gjort fordi ingen kjerner hadde stålfiberarmering slik resepten i kap. 2 tilsier, og sannsynligvis er det benyttet en annen resept for betongen inne i tunnelen. Typiske verdier for tilsvarende resepter uten fiberarmert betong er benyttet i stedet.

Middelverdien for hvert prøvelegeme, i tillegg til følgende antagelser, ble brukt som grunnlag for estimering av masseforhold:

- Bindemiddelmengde 500 kg/m³
- Silikainnhold lik 0 %
- Hydratasjonsgrad 0,75

Prøvelegeme	Rk2	Rk4	Rk5
Sugmettet densitet (kg/m ³)	2250	2250	2260
Faststoffdensitet (kg/m ³)	2660	2670	2680
Sugporøsitet (%)	20,2	19,2	18,8
Makroporøsitet (luft) (%)	3,0	3,8	3,8
PF-verdi (%)	13	16	17
Estimert masseforhold	0,53	0,51	0,51

4.2.4 Trykkfasthet

Prøvelegeme	Rk3	Rk6	Rk7	Middel
Sylindertrykkfasthet (MPa), omregnet til H/D = 2,0	55,2	58,0	55,5	56,2

4.2.5 Kloridinnhold, profiler (Sintef – rapporten)

Tabell 5 Kloridinnhold (sjikt mot tunnel)

Prøvelegeme merket	Kloridinnhold per sjikt [% Cl ⁻ av betongvekt]								
	Tunnel =>		Avstand fra overflaten [mm]					=> Fjell	
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	...
"rk8"	0,211	0,187	0,097	0,034	0,016	0,015	0,008	0,006	...

Tabell 6 Kloridinnhold (sjikt mot fjell)

Prøvelegeme merket	Kloridinnhold per sjikt [% Cl ⁻ av betongvekt]								
	Tunnel <=		Avstand fra kontaktsonen mot fjell [mm]					<= Fjell	
	45-40	40-35	35-30	30-25	25-20	20-15	15-10	10-5	5-0
"rk8"	0,011	0,005	0,007	0,005	0,005	0,005	0,009	0,008	0,010

Profilen viser en målbar inntrengning av klorider 20 mm inn fra overflaten. Kloridinnholdet innenfor 20 mm er jevnt lave og tilsvarende bakgrunnsnivået.

4.2.6 Kloridinnhold

Tabell 7 Kloridinnhold

Prøver fra prøvestykke merket	Kloridinnhold, % Cl ⁻ av tørr betongvekt		
	Enkeltresultater	Middel	
"rk3"	0,021	0,025	0,023
"rk6"	0,021	0,020	0,021
"rk7"	0,021	0,023	0,022

Det er utført prøving av gjennomsnittlig kloridinnhold på 3 kjerner benyttet til trykkprøving. Kjernene ble etter trykkprøving delt i 3 like store deler for bestemmelse av kloridinnhold.

5 VURDERINGER OG KOMMENTARER

I det følgende har vi knyttet noen kommentarer til undersøkelsens delresultater. Vi kjenner ikke til om det er utført tidligere prøving i tunnelen.

- Resultatene av densitets- og trykkfasthetsmålingene var jevne. Middelet av densitetsmålingene var på 2250 kg/m³. Middelveiene av trykkfasthetsmålingene var 56,2 MPa. Fiber ble ikke registrert i prøvene.
- Midlere masseforhold er estimert til 0,52 for to prøver. Midlere PF-verdi ble bestemt til 15%
- Det estimerte masseforholdet synes å være for høyt i forhold til den fasthet som er målt.
- De målte kloridinnhold i 5 mm viser en avtagende verdi fra overflaten (0,211 % av betongvekten) og inn til ca 23 mm hvor innholdet var uendret inn mot fjell.
- Den visuelle vurderingen, bestemmelsen av karboniseringsdybden, porøsitet og trykkfasthet tyder på at betongen ikke er preget av nedbrytningsmekanismer i nevneverdig grad.
- Dette ikke funnet stålfiberarmering i noen av kjernene slik resepten i kap. 2 tilsier. Derimot er det funnet 6mm armeringsjern. Sannsynligvis er det benyttet en annen resept for betongen inne i tunnelen. I tilstandsrapporten for Ringnestunelen fra Aas Jakobsen datert 4. juni 1996, er det nevnt at bare portalene er utført i fiberarmert sprøytebetong.

1. Ringnestunnelen. Prøving av herdnet betong. Sintef 2010-02-16, rapport nr. 33353-3.



Statens vegvesen

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

ISSN: 1893-1162