

V2 – Metoder oppmålinger/ materialundersøkelser

VEDLEGG V2

Håndbok V441



Innhold

1	Metoder oppmålinger/ materialundersøkelsjer	3
1.1	Oppmålinger	5
1.1.1	Nivellelement	5
1.1.2	Måling av horisontalavstand/ forskyvning	5
1.1.3	Måling av slitelagtykkelse	6
1.1.4	Måling av sporslitasje	6
1.1.5	Måling av pilhøyder	7
1.2	Materialundersøkelsjer, betong	8
1.2.1	Armeringslokalisering - overdekningsmålinger	8
1.2.2	Måling av rissvidder i betong	8
1.2.3	Måling av karbonatiseringsdybde	11
1.2.4	Måling av kloridinnhold	11
1.2.5	Korrosjonsundersøkelse (EKP)	13
1.2.6	Fasthetsbestemmelse	14
1.2.7	Strukturanalyse	15
1.2.8	Spennkabelkontroll	17
1.2.9	Opphugning for korrosjonsbedømmelse	18
1.2.10	Ultralyd	20
1.2.11	Impulse Response	21
1.2.12	Impact Echo	21
1.2.13	Termokamera	22
1.2.14	Materialundersøkelsjer på kystbruer i betong	22
1.3	Materialundersøkelsjer, stål	25
1.3.1	Positiv Material Identifikasjon (PMI)	25
1.3.2	Momentkontroll for skruer	25
1.3.3	Nagle- og skrukontroll	25
1.3.4	Sveisekontroll	26
1.3.5	Penetrant	26
1.3.6	Røntgenkontroll	27
1.3.7	Ultralydkontroll	27
1.3.8	Virvelstrømpøring	27
1.3.9	Magnetpulverkontroll	28
1.3.10	Fiberoptikk	28
1.3.11	Godstykkesesmåling med ultralyd	28
1.4	Kontroll overflatebelegg	29
1.4.1	Innretningsdybde vannavvisende impregnering på betong	29
1.4.2	Visuell inspeksjon av overflatebelegg	29
1.4.3	Tykkelse av overflatebelegg på stål	30
1.4.4	Heft mellom overflatebelegg og stål (Vedheft av overflatebelegg)	30
1.4.5	MEK-test	31
1.4.6	Overmalbarhet av gammelt belegg	31
1.4.7	Kontroll av saltmengde/klorider	32
1.5	Materialundersøkelsjer, tre	33
1.5.1	Prøving med syl	33
1.5.2	Råtedrill	34
1.5.3	Kjerneprøve	34
1.5.4	Elektrisk fuktømåler	34
1.5.5	Hammer	35
1.5.6	Kontroll av spennkraft	35
1.6	Materialundersøkelsjer, stein	36
1.6.1	Trykkprøving	36

Forsidefoto: Henning Solem Lotherington

1 Metoder oppmålinger/ materialundersøkelser

For å få bedre grunnlag for å fastslå skadeomfang, skadeårsak, skadegrad og skadekonsekvens eller avdekke skjulte skader kan det være nødvendig å supplere den visuelle kontrollen med oppmålinger, materialundersøkelser og instrumentering.

Omfanget av disse målingene og undersøkelsene må vurderes i hvert enkelt tilfelle og vil være avhengig av:

- Inspeksjonstype
- Bratype
- Materialtype
- Klimabelastning
- Visuelle observasjoner
- Forvalningsstrategi for brua, eks. skal den skiftes ut

Man må ha et realistisk bilde av behov og nytteverdi av målinger og undersøkelsene, slik at de utføres målrettet. Dette av hensyn til kostnader, men også av utseendemessige årsaker for de destruktive målemetodene. Ved utboring av kjerner må det tas hensyn til eventuelle konstruktive og bestandighetsmessige svekkelser av det elementet som undersøkes.

For enkelte bruer kan det være igangsatt spesielle rutiner for oppmåling (måleprogram), materialundersøkelser og/eller instrumentert overvåkning. Dette vil framgå av tiltaksplanen i Brutus.

Flere av oppmålingene og materialundersøkelsene krever spesielle rutiner og ekstra kvalitetssikring. Ofte kreves det også spesialkompetanse og spesialutstyr. Dette gjelder alltid for montasje av instrumentert overvåkning.

Tabell V1-1 gir oversikt over aktuelle oppmålinger og materialundersøkelser.

Aktuelle oppmålinger/ materialundersøkelsjer	Håndbok	Standard
Oppmålinger		
- Nivellement	R211, N400	
- Måling av horisontalavstander/forskyvninger	R211	
- Måling av slitelagstykkele	R211	
- Måling av sporslitasje	N200, R211, R610	
- Måling av pilhøyder		
Materialundersøkelsjer, betong		
- Armeringslokalisering/betongoverdekning	R211	
- Måling av rissvidder	R211	
- Måling av karbonatiseringsdybde	R210, R211	
- Måling av kloridinnhold	R210, R211	NS 3671
- Korrosjonsundersøkelse (EKP)	R211	
- Fasthetsbestemmelse	R210, R211	NS-EN 12504-1, NS-EN 12504-2, NS-EN 12504-3
- Strukturanalyse	R210, R211	NS-EN 932, NS-EN 480-11
- Spennkabelkontroll		
- Opphugning for korrosjonsbedømmelse	R210, R211	ISO 8501-1
- Ultralyd		
- Impulse Response		
- Impact Echo		
- Termokamera		
Materialundersøkelsjer, stål		
- Positiv Material Identifikasjon (PMI)		NS-EN ISO 17636-1, NS-EN ISO 17636-2
- Momentkontroll for skruer		
- Nagle- og skruekontroll		
- Sveisekontroll		
- Penetrant		NS-EN ISO 3452-1, NS-EN ISO 3452-2, NS-EN ISO 3452-3, NS-EN ISO 3452-4, NS-EN ISO 3452-5
- Røntgenkontroll		NS-EN ISO 17636-1 NS-EN ISO 17636-2
- Ultralydkontroll		NS-EN ISO 17640, NS-EN ISO 19285
- Virvelstrømprøving		NS-EN ISO 17643
- Magnetpulverkontroll		NS-EN ISO 17638
- Fiberoptikk	R762	
- Godstykkesesmåling med ultralyd		
Kontroll overflatebelegg		
- Inntrengningsdybde av vannavvisende impregnering på betong		NS-EN 1062-3
- Visuell inspeksjon av overflatebelegg		ISO 4628-1, ISO 4628-2, ISO 4628-3, ISO 4628-4, ISO 4628-5, ISO 4628-6, ISO 4628-7
- Tykkelse av overflatebelegg på stål	R762	NS-EN ISO 2178, NS-EN ISO 2360
- Heft mellom overflatebelegg og stål	R762	NS-EN ISO 4624, NS-EN ISO 2409
- MEK-test		ASTM D4752
- Overmalbarhet av gammelt belegg	R762	ASTM D4752
- Kontroll av saltmengde/klorider		ISO 8502-06
Materialundersøkelsjer, tre		NS-EN 351-2 , NS-EN 1014, NS3512
- Prøving med syl		
- Råtedrill		
- Kjerneprøve		
- Elektrisk fuktmåler		
- Hammer		
- Kontroll av spennkraft		
Materialundersøkelsjer, stein		NS-EN 12371, NS-EN 12372, NS-EN 13755, NS-EN 1936, NS-EN 13161, NS-EN 14580
- Trykkfasthet, stein		

Tabell V1-1 Aktuelle oppmålinger og materialundersøkelsjer

1.1 Oppmålinger

1.1.1 Nivellement

Hensikt

Måle setninger, bevegelser og deformasjoner samt følge opp eventuell utvikling over tid.

Gjennomføring

Behovet for nivellment på nye bruer er forskjellig fra eksisterende bruer. Kravet for nye bruer er gitt i håndbok N400 Bruprojektering.

For eksisterende bruer må behov for nivellment vurderes spesielt. Ved setninger, bevegelser eller deformasjoner skal det utføres nivellment. Det kan nivelleres direkte på elementet, dersom utviklingen skal følges opp over tid må det monteres nivelleringsbolter.

Ved målinger på bruoverbygninger med mye tungtrafikk må vibrasjonens innvirkning på måleresultatene vurderes. Ved store vibrasjoner bør målingene enten utføres på et tidspunkt med lite trafikk eller så må bruva stenges under målearbeidet.

Fordeler og ulemper

Henvisninger

Håndbok R211 Feltundersøkelser

Håndbok N400 Bruprojektering

1.1.2 Måling av horisontalavstand/ forskyvning

Hensikt

Måle bevegelser av f.eks. landkar, pilarer, overbygning, etc.

Gjennomføring

Bevegelser sees ofte på lagre og fugeåpnninger og måles med tommestokk evt. med hjelp av et lite vater. Bevegelse av pilarer kan måles ved hjelp av lodd og loddesnor eller ved hjelp av landmålingsutstyr eller mer avansert laserskanningsutstyr. Måling av bevegelser skal knyttes til en temperaturregistrering. Når bevegelser skal følges opp over tid skal det monteres bolter som målingene utføres mellom. For å fastslå hvilke deler som beveger seg kan det f.eks. benyttes en totalstasjon.



Figur V1-1 Måling av forskyvning

Fordeler og ulemper

Enkelt tiltak kan gjøres for å måle bevegelse der en har et nært referansepunkt. Men de enkle metodene gir ingen funn dersom antatt referansepunkt også beveger seg.

Henvisninger

Håndbok R211 Feltundersøkelser

1.1.3 Måling av slitelagtykkelse

Hensikt

Kontrollere at slitelagstykke er i samsvar med forutsetningene.

Gjennomføring

Behovet for målinger vurderes i forbindelse med den visuelle kontrollen. Dersom det skal foretas målinger skal det foretas minst 3 målinger i sentrallinjen og på hver side av bru pr. 100 m bru. Det skal som et minimum utføres 4 målinger pr. bru.

Destruktiv testing gjøres med kjerneboring eller bormaskin. Fyll igjen hull med tettende masse, slik at ev. punktert membran forsegles.

Ikke destruktiv testing kan utføres med f.eks. georadar.

Måling av tykkelse på betongslitelag utføres som armeringslokalisering, se kapittel 1.2.1 Armeringslokalisering - overdekningsmålinger.

Fordeler og ulemper

Det kan være utfordrende å finne overgang fra asfalt til betong ved bruk av bormaskin.

Henvisninger

Håndbok R211 Feltundersøkelser

1.1.4 Måling av sporslitasje

Hensikt

Måle dybden av spor i slitelag.

Gjennomføring

Ved behov for målinger av sporslitasje skal det som et minimum utføres rettholt i 2 snitt på bru, ett med minimumsslitasje og ett med maksimumsslitasje. For lange bruer (over 200 m) skal det utføres målinger i ett snitt for hver 100 m. Slitasjedybder skal registreres for hver 250 mm i tverretning.

Dersom sporslitasjen er så stor at fuktisolasjonen eller brudekket er synlig skal dette avmerkes spesielt.

Fordeler og ulemper

Henvisninger

Håndbok N200 Vegbygging (krav til maks sporslitasje)

Håndbok R211 Feltundersøkelser

Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger (krav til maks sporslitasje)

1.1.5 Måling av pilhøyder

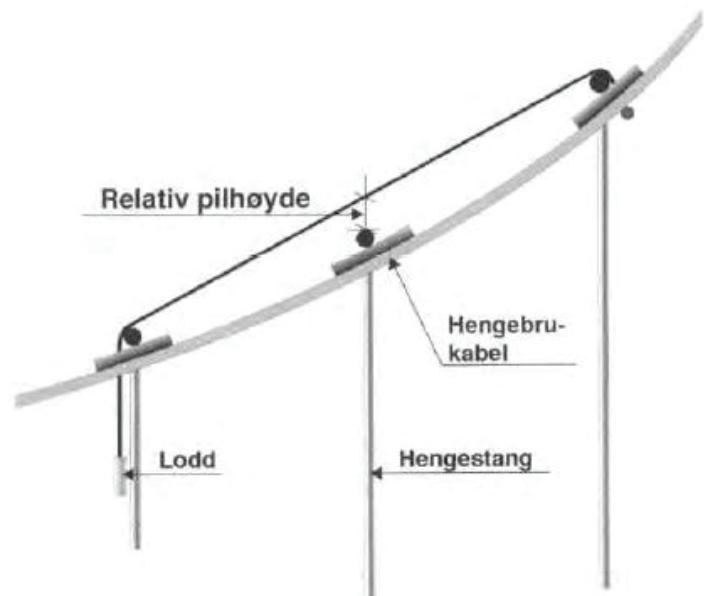
Hensikt

Kontrollere lasten i hengestengene.

Gjennomføring

Pilhøyden måles med en snor (evt. en pianotråd) som vist i figur V1-2. I enden av snoren henges et lodd eller det brukes en fjærvekt. Den vertikale avstanden fra den midterste hengestangen opp til den stramme snoren (pilhøyden) måles. Prosedyren gjentas for alle hengestengene, på begge sider av bruа. Pilhøyden er normalt den samme over hele bruа, men kan variere noe inn mot tårnene på grunn av avstanden mellom siste hengestang og tårn og oppskruing av avstivningsbærerne. Det er viktig at bruа ikke er belastet med trafikk eller lift når målingene utføres.

Prosjektert pilhøyde kan beregnes ut fra som bygd tegninger.



Figur V1-2 Måling av relative pilhøyder

Fordeler og ulemper

Pilhøyde vil variere noe ut fra temperatur.

Henvisninger

1.2 Materialundersøkeler, betong

I det følgende er det gitt en beskrivelse av de materialundersøkeler som kan være aktuelle ved inspeksjon av bruver og bruelementer av betong.

Når en skal vurdere tilstanden til en betongkonstruksjon er det viktig at de forskjellige materialundersøkelsene sees i sammenheng.

Igjenstøping

Flere av materialundersøkelsene som utføres på betong krever at det bores hull eller meisles sår i betongen. Se håndbok R211 Feltundersøkelse om hvordan disse skal repareres.

1.2.1 Armeringslokalisering - overdekningsmålinger

Hensikt

Finne armeringens beliggenhet og måle armeringens overdekning.

Måling av overdekning kan være aktuelt i følgende tilfeller:

- Ved mistanke om feilplassert armering, f.eks. ved manglende bruk av monteringsstenger
- For kartlegging av risiko for armeringskorrosjon, f.eks. i kloridpåkjente elementer eller elementer hvor det allerede er påvist lokal korrosjon
- For kartlegging av reparasjonsomfang ved pågående armeringskorrosjon

Gjennomføring

Målt overdekning sammenholdes med målte kloridprofiler og/eller karbonatiseringsdybder.

Hovedinspeksjon

Ved mistanke om feilplassert armering eller armeringskorrosjon utføres stikkprøvekontroll av overdekning. Dersom mistanke bekreftes kan eventuelt omfanget utvides.

Spesialinspeksjon

Overdekningsmålinger utføres i henhold til spesiell beskrivelse.

Fordeler og ulemper

Metoden er enkel, ikke-destruktiv og hurtig slik at en kan kontrollere store områder på kort tid. En ulempe er at tett armering og armering i bunter og/eller flere lag kan resultere i feilaktige resultater. Overdekningsmålingene må derfor jevnlig kalibreres mot direkte målt overdekning etter innboring til armering.

Henvisninger

Håndbok R211 Feltundersøkeler

1.2.2 Måling av rissvidder i betong

Hensikt

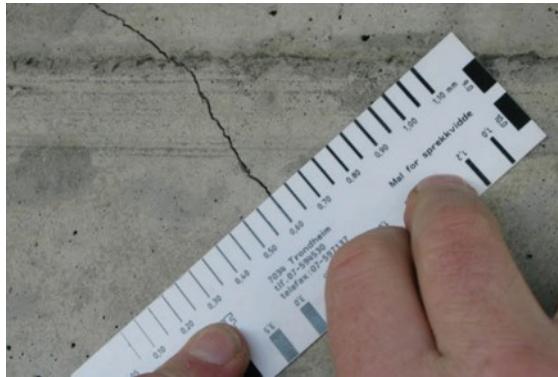
Kartlegge rissvidder og opprissingsgrad, eventuelt med tanke på oppfølging over tid. Ved alkalireaksjoner kan rissviddemålinger benyttes til estimering av ekspansjon, samt ved gjentatte målinger over tid, estimering av ekspansjonshastighet.

Måling av rissvidder kan være aktuelt i følgende tilfeller:

- Elementer med et rissmønster som indikerer pågående alkalireaksjoner i betongen.
- Elementer der det er påvist/dokumentert alkalireaksjoner i betongen.
- Elementer med tydelige belastningsriss.
- Elementer med grove enkeltriss.

Gjennomføring

Rissvidder kan måles ved bruk av risslinjal, med eller uten lupe. Alternativt kan det benyttes spesiallupe med innebygd linjal og lys. I de fleste tilfeller gir måling med risslinjal tilstrekkelig nøyaktighet.



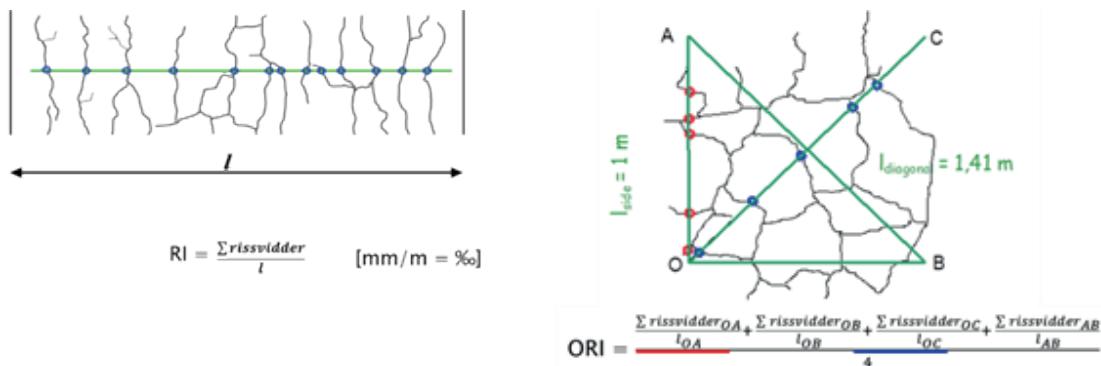
Figur V1-3 Måling av rissvidde med risslinjal

Ved etablering av rissmålelinjer skal disse markeres på konstruksjonen med nødvendig antall bolter (minimum start/slutt), på en slik måte at de kan finnes igjen for repeterende målinger over tid. Lokalitet av rissmålelinjer velges med bakgrunn i forventede variasjoner i:

- Fuktpåkjennning
- Betongkvalitet
- Lastsituasjon og armeringsføringer

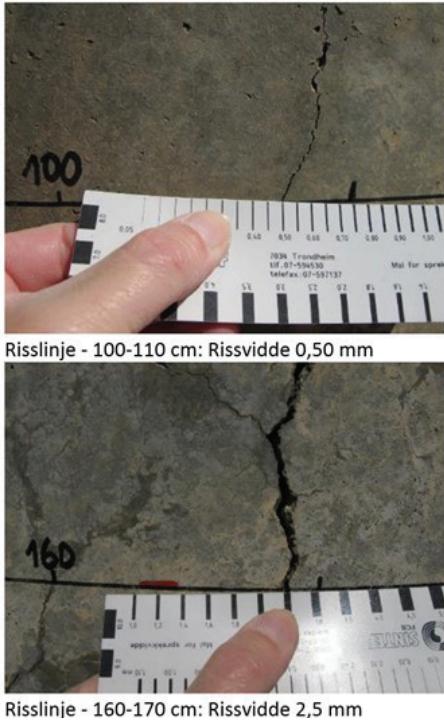
Eksempler på rissmålelinjer er vist i figur V1-4.

Lokalitet av målepunkt og målelinjer skal angis iht håndbok V441 Bruinspeksjon kapittel 3.1
Lokalisering av skader. Lokalitet av rissmålelinjer skal angis på registreringsskjema som vist i figur V1-5.



Figur V1-4 Eksempel på rissmålelinjer – a) langs enkeltlinje vinkelrett på hovedrissretning og b) langs flere linjer innenfor 1 m²

Alle riss som krysser rissmålelinjene skal måles i krysningspunktet riss/målelinje. Dersom risset ikke lar seg måle akkurat i krysningspunktet (f.eks. pga. uregelmessigheter i overflaten), skal rissvidden måles så nær krysningspunktet som mulig. Alle enkeltmålinger identifiseres innenfor hver 10 cm langs målelinja og noteres i eget skjema, se eksempler i figur V1-5.

**Rissviddemålinger langs enkeltlinje – Registreringsskjema**

Konstruksjon: Eksempel bru Dato: 15. august 2016

Kontrollør: Kari Nordmann Vær, temp: overskyet, +15 °C

Felt nr/Konstr.del: Søyle i akse 2, flate 1

0-punkt: 1,5 m over fundament, 10 cm fra flate 4 (markert med bolt)

Målelinje, avstand fra 0-punkt [cm]:	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
0,05	0,5		0,05	0,15	0,075 0,075	0,2
60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	
0,45	-	0,05 0,2	-	0,5	-	
120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180	
0,05 0,35	0,7 0,05	0,55 0,05	0,15	2,5	-	
180-190	190-200	200-210	210-220	220-230	230-240	
0,25 0,25 0,1	0,05 -	-	0,25 0,05	-	-	
240-250	250-260	260-270	270-280			
0,075	-	0,25 0,05				

$$\text{Rissindeks} = \sum \text{rissvidder}/\text{lengde} = 7,7 \text{ mm} / 2,8 \text{ m} = 2,8 \text{ \%}$$

Antall riss = 26 stk

Maks rissvidde = 2,5 mm

Min rissvidde = 0,05 mm

Figur V1-5 Eksempel på måling av riss langs målelinje og eksempel på utfylt måleskjema og beregnede verdier for rissindeks m.m.

Rissviddemålingene rapporteres med enkeltmålinger. Ved systematiske rissmålinger over definerte målelinjer skal det i tillegg beregnes og rapporteres en rissindeks, antall riss og maksimum/minimum målte rissvidder.

Temperatur og værforhold ved måling skal registreres. Ved repeterende målinger over tid bør følgende tilstrebtes:

- Målingene gjennomføres i perioder med stabile natt-/dagtemperaturer
- Målingene utføres ved faste tidspunkter på året, med noenlunde like værforhold, f.eks. tidlig vår og høst

Rissmålelinjene fotograferes i nødvendig omfang/detaljeringsgrad, men minimum med ett foto pr. 60 cm.

Hovedinspeksjon

Ved mistanke om/påvist alkalireaksjoner etableres faste rissmålelinjer som kan benyttes til rissviddemålinger over tid.

Spesialinspeksjon

Rissviddemålinger utføres i henhold til spesiell beskrivelse.

Fordeler og ulemper

Metoden er enkel og ikke-destruktiv og gir viktig informasjon om rissomfang/opprißningsgrad, også som grunnlag for estimering av ekspansjonsomfang ved alkalireaksjoner. Metoden er basert på manuelle målinger og er personavhengig. I tillegg er rissviddemålinger ømfintlig for temperatur- og fuktforhold.

Henvisninger

Håndbok R211 Feltundersøkelser

1.2.3 Måling av karbonatiseringsdybde

Karbonatisering vil føre til armeringskorrosjon dersom karbonatiseringsfronten når armeringen. Karbonatisering av betong går raskest i tørt klima (innlandsstrøk) og/eller i områder med forurensing fra trafikk og industri.

Karbonatisering er normalt ikke et problem når betongen er av god kvalitet og overdekningen er større enn 30 mm.

Hensikt

Vurdere sannsynlighet for armeringskorrosjon som følge av karbonatisering av betongen.

Måling av karbonatiseringsdybde er aktuelt i følgende tilfeller:

- Eldre slakkarmerte bjelkebruer med tett armeringsføring i underkant bjelke og eventuelt utstøpt med finsats
- Elementer med liten overdekning (10-30 mm)
- Elementer hvor det er synlig korroderende armering
- Elementer med porøs og dårlig betong
- Ved opphugninger og ved uttak av kloridprofiler.

Gjennomføring

Hovedinspeksjon

Når det er mistanke om karbonatisering, utføres stikkprøvekontroll. Omfanget av kontrollen må kunne avgjøre om karbonatisering er et problem for den aktuelle bruhaugen eller ikke. Dersom mistanke bekreftes kan omfanget utvides, i tillegg bør det utføres måling av overdekning slik at fordeling av overdekning og karbonatisering kan kartlegges. Alternativt beskrives spesialinspeksjon.

Spesialinspeksjon

Måling av karbonatiseringsdybder utføres i henhold til spesiell beskrivelse.

Fordeler og ulemper

Metoden er enkel, men krever hugging eller boring i konstruksjonen.

Henvisninger

Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser

Håndbok R211 Feltundersøkelser

1.2.4 Måling av kloridinnhold

Kloridinnretning vil forårsake armeringskorrosjon dersom kloridkonsentrasjonen i nivå med armeringen blir for høy. Grensen for kritisk kloridinnhold kan variere fra konstruksjon til konstruksjon. Det må derfor tas hensyn til dette i vurderingen av hvilket kloridinnhold som kan være skadelig for den enkelte konstruksjon.

Følgende forhold har betydning for korrosjonshastigheten og må sees i sammenheng med registrert kloridinnhold:

- Betongens tetthet mot oksygentransport (betongkvalitet, overdekningens tykkelse)
- Betongens elektrokjemiske egenskaper (variasjon i betongkvalitet, høyt fuktinhhold, variasjon i fuktinhhold, mulige makroceller).

Klorider kan komme inn i betongen fra tre ulike kilder:

- Betongens delmaterialer (innstøpte klorider)
- Tinesalter
- Sjøvann, i marint klima

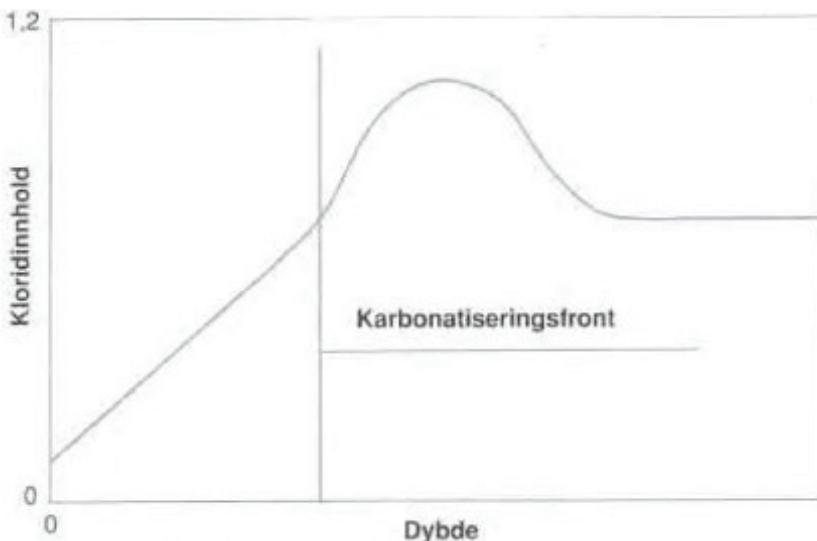
Innstøpte klorider

Innstøpte klorider finnes i eldre bruer pga. bruk av sjøvann, kloridholdig tilslag eller kloridholdigakselerator. Bruk av sjøvann og sjøgrabbet tilslag ble tidligere akseptert og finnes i flere eldre bruer langs kysten.

Kalsiumklorid (CaCl_2) ble fram til ca. 1990 brukt som herdeakselerator, spesielt av betonelement-industrien, for å frigjøre formene raskt for ny støp. Slike elementer finnes bl.a. i underkant av brudekker på stålplatebærere hvor brudekket delvis er prefabrikkert.

Innstøpte klorider vil gi en flat kloridprofil dypt inn i betongen. Kloridprofilen kan overlagres av klorider som trenger inn i betongen utenfra. Det vil også påvirkes av karbonatisering ved at betongens evne til å binde klorider reduseres. Kloridprofilen får da lav verdi i karbonatisert betong og en pukkel med høyere konsentrasjon i forkant av karbonatiseringsfronten før konsentrasjonen flater ut på innstøpt nivå.

0	0,1
5	0,2
10	0,3
15	0,4
20	0,5
25	0,6
30	0,72
35	0,93
40	1,03
45	1,04
50	0,98
55	0,82
60	0,72
65	0,7
70	0,7



Figur V1-6 Kloridprofil, innstøpte klorider i karbonatisert betong

Tinesalter

Klorider fra tinesalter eller strøsand iblandet salt vil kunne trenge inn i brudekker fra oversiden dersom bru ikke er utstyrt med fuktisolering. Kantdrager og undersiden av brudekker langs bruas sidekanter er utsatte områder. Det samme er fugekonstruksjoner, søyler på overgangsbruer, landkar og kulvertvegger i avstand 0-2 m fra veg, lokale områder under vannavløp, svanker hvor vann blir stående.

Marint klima

Utsatte områder på kystbruer i betong er beskrevet i kapittel 1.2.14 Materialundersøkelse på kystbruer i betong.

Hensikt

Vurdere fare for armeringskorrosjon pga kloridinnntrenging eller finne skadeårsak.

Gjennomføring

Kloridinnholdet bestemmes på prøver av betongstøv. Betongstøvet kan tildannes ved direkte utboring fra konstruksjonen (i ulike dybder fra overflata), eller mer nøyaktig ved utboring av betongkjerner og etterfølgende fresing av betongstøv i tynne sjikt.

Det kan også være aktuelt å bore ut en prøve med dybde inntil 200-300 mm for å sjekke om det er innstøpte klorider.

Metoder

Valg av metode kloridanalyse (felt eller laboratorium) avhenger først og fremst av kravet til nøyaktighet og kostnader.

Feltmetoder

De vanligste feltmetodene er RCT (Rapid Chloride Test). Denne metoden er mindre nøyaktig enn laboratoriemetodene, men vil i de fleste tilfeller ha tilstrekkelig nøyaktighet dersom de kontrolleres mot referansestøv eller laboratoriemetoder.

Laboratoriemetoder

Når det er krav om stor nøyaktighet på analyseresultatene må det benyttes laboratoriemetoder. Borstøv tildannes da normalt fra utborede betongkjerner som freses til støv i ønskede intervaller.

Hovedinspeksjon

Ved mistanke om pågående kloridinitiert armeringskorrosjon (f.eks. ved synlig korrosjonsprodukter, avskallinger og korroderende armering på betongoverflaten), utføres måling av kloridinnhold.

Stikkprøvebaserte kloridmålinger, med oppfølging over tid, bør også utføres på elementer som er spesielt utsatt for kloridbelastning, enten fra tinesalter eller sjøvann.

Måling av overdekning og karbonatiseringsdybde bør utføres samtidig som det bores ut støv for kloridmåling.

Spesialinspeksjon

Måling av kloridinnhold utføres i henhold til spesiell beskrivelse. Målingene kombineres med overdekningsmålinger og eventuelt EKP-målinger.

Fordeler og ulemper

Begge metodene er destruktive. Feltmetodene er enklere og billigere å utføre mens laboratoriemetodene er mer nøyaktige og kostbare.

Henvisninger

Håndbok R211 Feltundersøkelser

Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser

NS 3671

1.2.5 Korrosjonsundersøkelse (EKP)

Hensikt

Måle armeringens elektrokjemiske potensiale (EKP) og tilhørende motstand for å vurdere sannsynligheten for at det foregår armeringskorrosjon.

Gjennomføring

EKP-målinger utføres dersom det er mistanke om skjult armeringskorrosjon.

Hovedinspeksjon

EKP-målinger utføres normalt ikke i forbindelse med hovedinspeksjon. Behov vurderes ved hovedinspeksjoner med utgangspunkt i visuelle observasjoner og resultater fra måling av karbonatiseringsdybder og kloridinnhold.

Spesialinspeksjon

EKP-målinger utføres i henhold til spesiell beskrivelse. EKP-målinger skal kalibreres med visuell observasjon av armeringens korrosjonsgrad etter opphugninger. Overdekning, se kapittel 1.2.1, karbonatiseringsdybde, se kapittel 1.2.3 og kloridinnhold, se kapittel 1.2.4 bør også måles ved opphugning. Det bør stilles krav til måletetthet (rutenett) ved EKP-måling.

Fordeler og ulemper

Metoden er enkel, ikke-destruktiv og relativ hurtig slik at man kan kontrollere store områder.

Metoden kan gi et godt bilde av armeringens tilstand i øyeblikket. Korrosjonsfare kan oppdages i en tidlig fase før det har oppstått synlige skader. Personell med spesialkompetanse må benyttes både til feltarbeid og til tolkning av resultatene. Metoden registrerer ikke korrosjonshastighet. Ulemper er kostnad og tilgjengelig utstyr.

Henvisninger

Håndbok R211 Feltundersøkelser

1.2.6 Fasthetsbestemmelse

Hensikt

Bestemme trykk- og/eller strekkfasthet for herdet betong dersom det f. eks. er mistanke om undermåls betong eller ukjent betongfasthet.

Betongfasthet er sjeldent lavere enn det som er lagt til grunn ved dimensjonering. Behov for fasthetsbestemmelse ved rutinemessige inspeksjoner er som regel ikke til stede.

Spesialinspeksjon

Fasthetsbestemmelse kan være aktuelt dersom bæreevnen er for lav slik at en verifikasjon av virkelig trykkfasthet kan gi beregningsmessig gevinst.

Heftprøver kan være aktuelt der det er behov for å kontrollere betongens strekkfasthet i forkant av en betongrehabilitering eller overflatebehandling.

Trykkfastheten kan bestemmes ved:

- Trykkprøving av utborede kjerner
- Slaghammer (feltmetode)
- CAPO-test/LOK-test (feltmetode)

Overflatestrekkfasthet av betongen kan bestemmes ved:

- Heftprøving

Trykkprøving av utborede kjerner

Gjennomføring

Se henvisninger

Trykkfasthetsprøving av utborede kjerner kan kombineres med følgende prøving:

- E-modul
- Densitet
- Elektrisk motstand

Fordeler og ulemper

Metoden gir en nøyaktig verdi for betongtrykkfastheten i den aktuelle kjernen. Trykkprøving krever kostbart utstyr og er tidkrevende. Metoden er destruktiv, man må være forsiktig ved utboring slik at ikke armering skades. Kjerneboring i spennarmerte bruelementer utføres kun i helt spesielle tilfeller.

[Henvisninger](#)

Håndbok R210 Laboratorieundersøkelsrer
 Håndbok R211 Feltundersøkelsrer
 NS-EN 12504-1

Slaghammer

[Gjennomføring](#)
 Se henvisninger

[Fordeler og ulemper](#)

Metoden er svært rask, enkel og billig i bruk. Resultatet fra målingene vil være svært unøyaktige på grunn av alle usikkerhetsfaktorene. Verdiene kan imidlertid brukes for å få et bilde av hvordan trykkfastheten varierer i de ulike elementene. Metoden gir bare verdier for betongoverflaten.

[Henvisninger](#)

Håndbok R210 Laboratorieundersøkelsrer
 Håndbok R211 Feltundersøkelsrer
 NS-EN 12504-2

CAPO-test/LOK-test[Gjennomføring](#)

Boring av hull i betongoverflaten for montering av ekspanderende dybel som trekkes til brudd. Uttrekkskraften måles og konverteres til trykkfasthet.

[Fordeler og ulemper](#)

En destruktiv feltmetode som gir et tilstrekkelig nøyaktig resultat på stedet.

[Henvisninger](#)

Håndbok R211 Feltundersøkelsrer
 NS-EN 12504-3

Heftprøving

[Gjennomføring](#)
 Se henvisninger

[Fordeler og ulemper](#)

Nøyaktigheten i måleresultatet avhenger av hvor godt den beskrevne prosedyren er fulgt. Erfaringsmessig er metoden ømfintlig for små avvik eller variasjon i prøvingsutførelsen.

[Henvisninger](#)

Håndbok R211 Feltundersøkelsrer

1.2.7 Strukturanalyse[Hensikt](#)

Bestemme betongens indre struktur (f.eks. homogenitet, porøsitet, ris somfang) og sammensetning (f.eks. tilslagstype, kjemiske omvandlingsreaksjoner). Strukturanalyser benyttes blant annet for å finne skadeårsak og skadeomfang, f.eks. ved potensielle/dokumenterte alkalireaksjoner.

[Gjennomføring](#)

Strukturanalyser inkluderer visuelle undersøkelsrer av a) betongkjerner, b) planslip og c) tynnslip, se figur V1-7. Etter at kjernene er undersøkt tildannes spesialpreparerte plan-/tynnslip avhengig av hva som er formålet med analysen. Først deles kjernene i to deler i lengderetningen, deretter tildannes

normalt planslipet fra den ene halvdelen og ett/flere tynnslip fra den andre. Både preparering av slip og etterfølgende analyser utføres iht. gjeldende håndbøker.

Betongkjerne

Kjernene undersøkes for

- Riss
- Utfellinger
- Reaksjonsrender rundt tilslag
- Inhomogeniteter m.m.

Planslip

Et planslip dekker normalt et areal tilsvarende kjernens diameter x lengde. Sagflaten impregneres med fluoriserende epoksy og slipes med stor presisjon, slik at alle fine riss og porer trer fram i UV-belysning. En planslipanalyse kan gjennomføres både med og uten mikroskop og kan gi informasjon om:

- Riss i tilslag og pasta (mønster og omfang)
- Reaksjonsrender rundt tilslag
- Utfellinger i porer og riss
- Fordeling av tilslag (kvalitativt)
- Luftporer (innhold og fordeling)

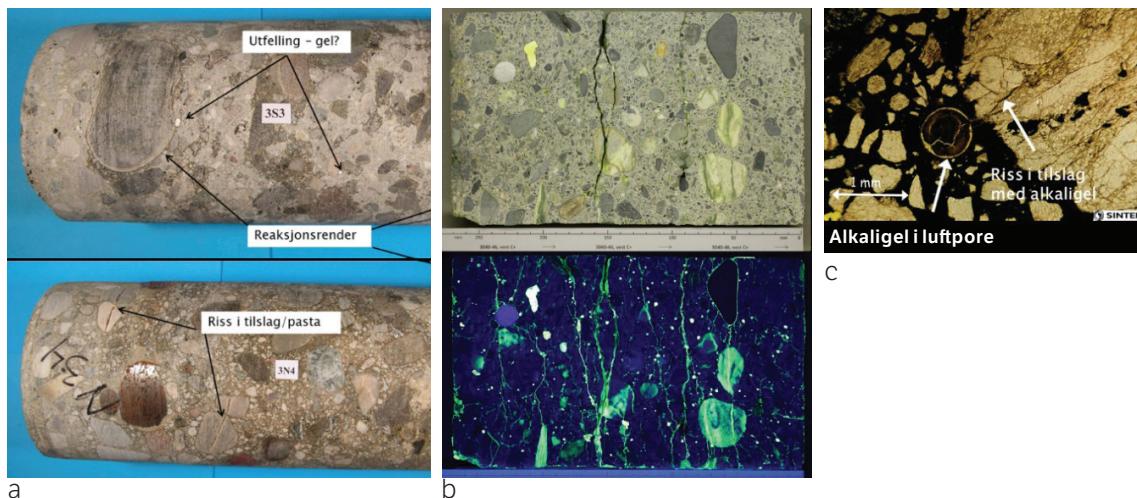
I spesielle tilfeller kan det være aktuelt å kvantifisere opprissingen i betongen, f.eks. ved automatisert fotoanalyse eller manuelle rissstellingar. Dette er spesialmetoder, som delvis er under utvikling, og som må beskrives i hvert tilfelle.

Det finnes en egen metode (NS-EN 480-11) som beskriver automatisert luftporeanalyse av planslip. Denne metoden benyttes oftest til dokumentasjon av en betongs frostbestandighet i forbindelse med produksjon/bygging og er lite brukt i forbindelse med tilstandsundersøkelser av eldre konstruksjoner.

Tynnslip

Et tynnslip undersøkes i mikroskop og gir opplysninger om:

- Tilslagstype (bergartstyper)
- Kjemiske reaksjonsprodukter, f.eks. alkaligel, ettringitt
- v/c-forhold
- Luftinnhold
- Karbonatiseringsdybde



Figur V1-7 Strukturanalyser inkluderer visuell undersøkelse av a) kjerne, b) planslip (i normalbelysning og UV-lys) og c) tynnslip (i mikroskop)

Hovedinspeksjon
Strukturanalyse utføres normalt ikke.

Spesialinspeksjon
Strukturanalyse utføres ved f.eks. mistanke om alkalireaksjoner.

Alkalireaksjoner skal dokumenteres ved strukturanalyser før skadeårsak 25 «Alkalireaktivt tilslag» settes i Brutus.

Fordeler og ulemper

Planslip og tynnslip er gode metoder for bestemmelse av betongens kvalitet, men de er destruktive, kostbare og tidkrevende. De er kun aktuelle å benytte når eventuelle skader og skadeårsaker ikke kan fastslås på annen måte eller når det er viktig å finne betongens sammensetning.

Henvisninger

Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser

Håndbok R211 Feltundersøkelser

NS-EN 932

NS-EN 480-11

1.2.8 Spennkabelkontroll

Hensikt

Foreta en kontroll av tilstanden til forspente og etterspente kabler i betong. Kontroll av etterspente kabler kan være aktuell dersom det er mistanke om mangelfull injisering. Mangelfull injisering kan få svært alvorlige konsekvenser for bruas bæreevne.

Gjennomføring

Det eksisterer ikke i dag en lett anvendelig, veldokumentert, ikke-destruktiv metode for vurdering av korrosjonstilstand på spennarmering. Metoder som skal brukes i undersøkelser vil være valgt ut i fra den aktuelle situasjonen og som kombinasjon av metoder som kan supplere hverandre for å lokalisere kablene og for å vurdere korrosjonstilstanden.

Tilgjengelige NDT-metoder er

- Radar – GPR (Ground Penetration Radar)
- Røntgen
- Termofotografering – IRT (Infrared Thermography)
- Magnetisme – MFL (Magnetic Flux Leakage), MMFM
- Ultralyd – UST, USE
- Akustikk – IE (Imped Echo), S, UPV, LFUT, VT
- Elektrokjemiske – ECT (Electrical Capacitance tomography), EIS

Kontroll av etterspente kabler er krevende og må derfor gjøres av firmaer med spesialkompetanse og spesialutstyr og kun i samråd med brukonstruktører.

Det finnes også destruktive tester, men disse kan gi alvorlige konsekvenser dersom man borer feil og skader en spennkabel. Bruk av endoskop med fiberoptikk krever at det bores hull inn til kabelrørene. Man bør da ha en oppfatning av hvor hulrommet/skaden er lokalisert.

Hovedinspeksjon
Spennkabelkontroll utføres normalt ikke.

Spesialinspeksjon
Spennkabelkontroll utføres etter behov, f.eks. ved mistanke om dårlig injiserte kabelrør.

Fordeler og ulemper

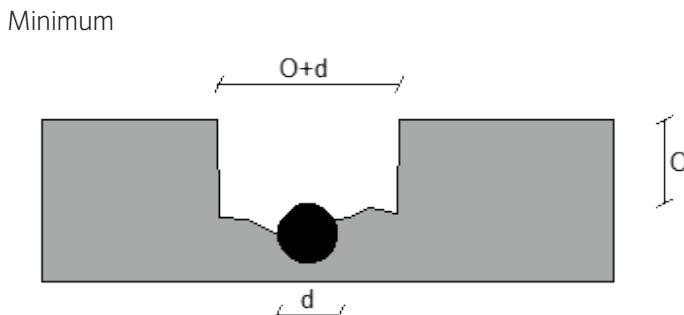
Metoden kan gi god oversikt over tilstanden inne i kabelrøret, men den er destruktiv og det er svært vanskelig å treffe kabelrør og hulrom. Det er i tillegg fare for å skade kabelen.

Henvisninger**1.2.9 Opphugning for korrosjonsbedømmelse**Hensikt

Kartlegge armeringens korrosjonstilstand samt registrere armeringstype, diameter og overdekning. I statisk påkjente områder kan det være aktuelt å måle tverrsnitsreduksjoner på kraftig korrodert armering.

Gjennomføring

I de fleste tilfeller er det tilstrekkelig at bredden av opphugningen er minimum overdekning pluss armeringsdiameter ($o + d$). Ca. 1/3 til 1/2 av armeringsjernets omkrets bør frilegges i en lengde av minimum 0,3 m.

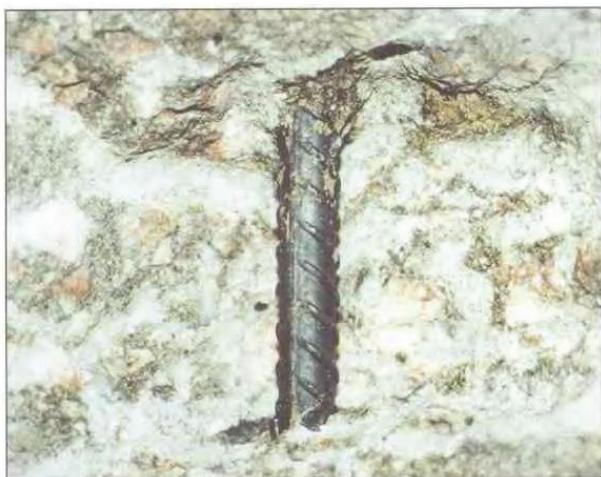


Figur V1-8 Anbefalt bredde og dybde av opphugning

Armeringens rustgrad vurderes etter følgende skala:

Rustgrad A	Ståloverflate som stort sett er uten rust.
Rustgrad B	Ståloverflate har begynt å ruste og flaske av.
Rustgrad C	Hele/store deler av ståloverflate har overflaterust. Lite synlig groptåring.
Rustgrad D	Hele/store deler av ståloverflate har overflaterust. Synlige rustgroper er dannet i stor utstrekning.

Rustgradene er illustrert i figur V1-9– figur V1-12.



Figur V1-9 Eksempel på rustgrad A



Figur V1-10 Eksempel på rustgrad B



Figur V1-11 Eksempel på rustgrad C



Figur V1-12 Eksempel på rustgrad D

Hovedinspeksjon

Opphugning for korrosjonsbedømmelse utføres normalt ikke. Kan imidlertid være aktuelt ved synlige korrosjonsskader (bom/avskallinger/korrosjonsutslag) for å vurdere/måle reduksjon av armeringstverrsnitt.

Spesialinspeksjon

Opphugning for korrosjonsbedømmelse i områder med synlige korrosjonsskader eller i områder hvor EKP-målinger indikerer skjult korrosjon.

Dersom spesiell beskrivelse ikke sier noe annet, kan det i sammenhengende potensialmålte felt gjøres en opphugning ved hver av følgende lokaliseringer:

- Ved de laveste potensialene
- Ved de midlere potensialene
- Ved de høyeste potensialene

Når det gjøres opphugginger for å verifisere korrosjonstilstand utføres normalt også følgende andre undersøkelser:

1. Måling av betongoverdekning – med covermeter og direkte med tommestokk
2. Uttak av betongstøv for måling av kloridinnhold i ulike sjikt (sjiktene tilpasses armeringsoverdekningen)
3. Måling av karbonatiseringsdybde

Fordeler og ulemper

Opphugging viser armeringens virkelige korrosjonstilstand og gir samtidig en kontroll på resultater fra andre materialundersøkelser. Metoden er destruktiv og bør bare benyttes i svært begrenset omfang.

Henvisninger

Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser

Håndbok R211 Feltundersøkelser

ISO 8501-1

1.2.10 Ultralyd

Hensikt

Måle tykkelser på betong, armeringsdiameter, kartlegge porer og hulrom i utstøpte kabelrør, registrere delaminering, riss og sprekker i betong.

Gjennomføring

Kombinert ultralyd plasseres på betongoverflaten med flere sendere/mottakere plassert sammen i måleapparatet. Pulserende ultralydbølger sendes ut, reflekteres og leses av mottaker. Signalene prosesseres av en pc som lager en 3D modell av et område der armeringsplassering og -dimensjon, riss, sprekker og hulrom fremgår.

Hovedinspeksjon

Måling med ultralyd utføres normal ikke

Spesialinspeksjon

Måling med ultralyd på konstruksjonsdeler for å kartlegge dimensjoner eller avdekke feil.

Fordeler og ulemper

Ikke destruktiv metode med stor presisjon. Relativt kostbart utstyr som kun dekker mindre flater ved hver måling. Tidkrevende å dekke større arealer.

Henvisninger**1.2.11 Impulse Response**Hensikt

Oppdagje delaminering, hulrom o.l. på oversiden av et brudekke eller på pilar.

Gjennomføring

Håndholdt hammer koblet til måleinstrument sender en liten trykkbølge gjennom betongen. En svingehastighetsmåler plassert nær slagpunktet måler amplituden på responsbølgen. Hammer og måler er koblet til en bærbar PC som lagrer og prosesserer signalene. Programvaren beregner bølgens mobilitet i betongen som funksjon av frekvensen. Områder med lav mobilitet indikerer homogen betong og områder med høy mobilitet indikerer riss eller delaminering.

Basert på plottet over undersøkt areal kan man verifisere resultatet med å ta ut kjerneprøver av betongen.

Spesialinspeksjon

Vil kun være aktuell å bruke i forbindelse med spesialinspeksjon.

Fordeler og ulemper

Ikke-destruktiv metode for rask kartlegging av store arealer. Krever uttak av kjerneprøver for verifisering av resultatene.

Henvisninger**1.2.12 Impact Echo**Hensikt

Bestemme platetykkelse. Lokalisere delaminering, sprekker, dybde av overflatesprekker og blærer.

Gjennomføring

Som for Impulse Respons

Fordeler og ulemper

Som for Impulse Respons

Henvisninger

1.2.13 Termokamera

Hensikt

Oppdage delaminering, bom og lekkasje/fukt på undersiden av ei bruplate.

Gjennomføring

Termofotografering av overflater mistenkt for delaminering, manglende heft eller lekkasjer. Fuktige eller inhomogene flater vil på stigende temperatur fremstå som kaldere enn omgivelsene.

Spesialinspeksjon

Vil kun være aktuell å utføre i forbindelse med en spesialinspeksjon.

Fordeler og ulemper

Rask og ikke-destruktiv metode. Kan utføres fra undersiden av bruer uten spesiell tilkomst og på oversiden av dekket uten å stenge for trafikk. Metoden fungerer best på stigende temperatur for å registrere temperaturforskjeller. Krever erfaring for tolking av resultater. Resultatene kontrolleres med bomkontroll med hammer etter uttak av kjerneprøver.

Henvisninger

1.2.14 Materialundersøkelser på kystbruer i betong

Kloridbelastning

Det har vist seg at kloridbelastningen på utsatte kystbruer hovedsakelig er karakterisert av tre forhold:

1. Høyde over sjø

For overbygninger avtar klorid-belastningen med høyde over sjøen, se figur V1-13 og figur V1-14. Det samme gjelder for søyler, se figur V1-15, men kloridinnholdet har i noen tilfeller vist lavere verdier nederst på søylene enn lengre opp.

2. Lo/le-effekten

Kloridbelastningen er markert større på flater som ligger i le for vind og nedbør. Effekten kan være et resultat av at regnbelastning/ikke-regnbelastning og undertrykk på le-siden som gjør at sjørokk legger seg på betongoverflaten, se V1-13 og V1-14.

Le-flater vil opptre på underbygning og overbygning. Typiske le-flater er:

- Vertikale flater som er i le for vind og nedbør (søylesider, steg på kasser og bjelker).
- Horisontalt nedadvendte flater (undersiden av rigler, bjelker, bruplater/-vinger og bunnplater i kassebruer).

3. Geometrieffekten

Påkjenningen er større på store tverrsnitt og tverrsnitt med uheldig geometrisk utforming, se figur V1-13.

I tillegg kan det være lokale effekter i forbindelse med terrenget rundt bruhaugen eller sjødybden rundt pilarene som påvirker kloridbelastningen.

Alle disse faktorene virker samtidig, og gir til sammen mønstret for kloridbelastningen.

I det etterfølgende er det laget en grov oversikt over hvilke flater som er mest og minst påkjent av klorider på underbygning og overbygning.

Underbygning

Mest påkjente flater

Minst påkjente flater

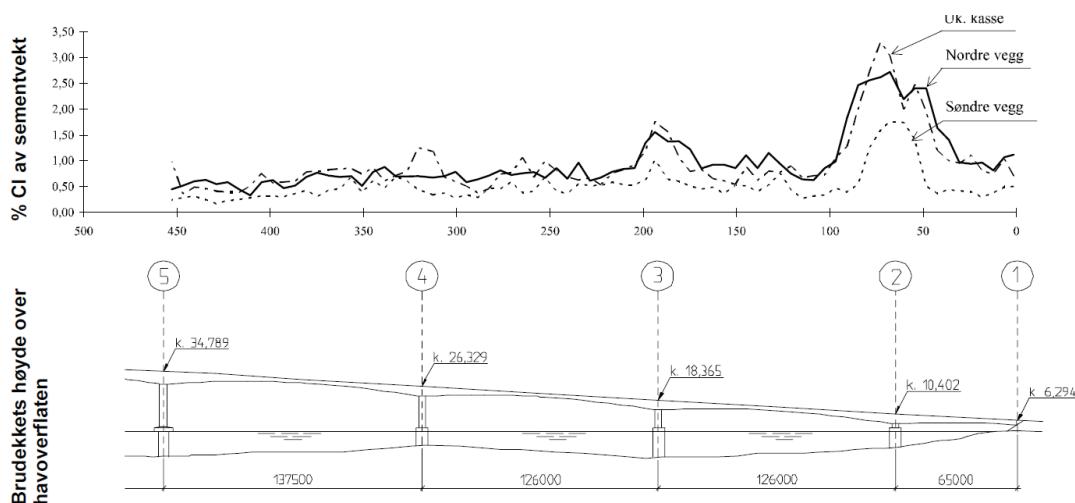
Le-siden på søyler med grovt tverrsnitt i området 0-20 m over vann (f.eks. hovedsøyler på fritt-frambygg bru). Undersiden av rigler lavt over vann.
Lo-sider på slanke søyler høyt over vann.

Overbygning

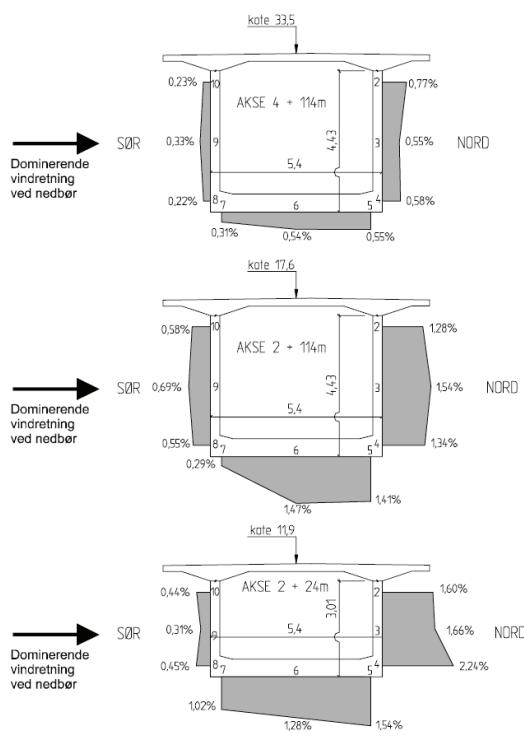
Mest påkjente flater

Minst påkjente flater

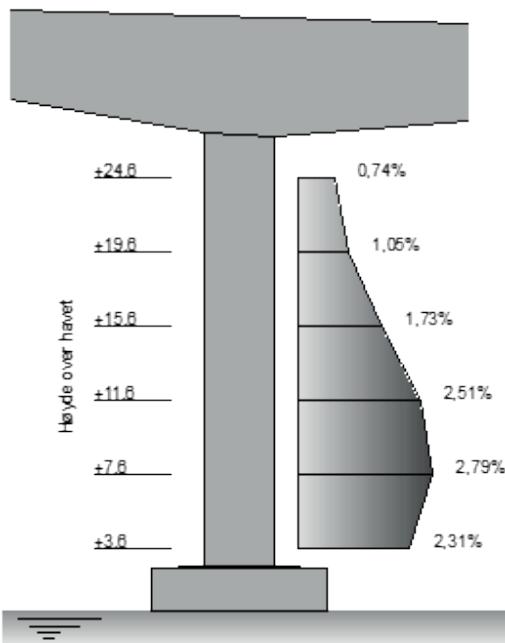
Le-sider i liten høyde over vann, spesielt når det er grove tverrsnitt som f.eks. ved pilarer på fritt-frambygg bru. Undersiden av bunnplater, tverrbærere og bjelker.
Lo-side på slanke overbygninger høyt over vann.



Figur V1-13 Gjennomsnittlig kloridinnhold i dybde 0-10 mm, brukassen Gimsoystraumen bru



Figur V1-14 Variasjon av kloridinnhold i brukassen med høyde over havet, Gimsoystraumen bru.



Figur V1-15 Variasjon av kloridinnhold i søyler med høyde over havet, Gimsøystraumen bru.

Klorider og fukt

Betongflater med et høyt kloridinnhold vil holde på fukten lengre ved uttørking og derfor ha en mørkere farge enn flater med lavt saltinnhold. I fuktig kystklima kan en derfor ofte med det blotte øye "se" hvilke flater som er mest kloridbelastet. Flater som er sterkt utsatt for vind og regn (lo-flater) vil etterhvert få en sandig karakter fordi betongens overflatehud vil bli vasket bort.

Denne kunnskapen om kloridbelastningen på kystbruene brukes ved kartlegging av behov for materialundersøkelser.

Kombinasjon av materialundersøkelser

Det er viktig at det utføres flere typer materialundersøkelser (f.eks. overdekningsmålinger, kloridanalyser, EKP-målinger og opphugninger) slik at disse kan sammenliknes før tilstanden bestemmes. Materialundersøkelsene må også sees i sammenheng med de visuelle undersøkelsene.

For å kunne sammenlikne resultatene fra materialundersøkelser som f. eks. overdekningsmålinger, måling av karbonatiseringsdybde og kloridinnhold, EKP-målinger og opphugninger må de utføres i de samme punktene.

Alkalireaksjoner

Alkalireaksjoner krever tilgang på fukt og omfang av skader øker normalt med økende fukttilgang. Ved etablering av rissmålelinjer og uttak av kjerner for strukturanalyser må det tas hensyn til hvilke områder på elementet som har høy/mindre høy fuktbelastning, slik at resultatene blir representative for de ulike delene av bruene.

1.3 Materialundersøkelses, stål

I det følgende er det gitt en beskrivelse av de materialundersøkelsene som kan være aktuelle ved inspeksjon av bruer og bruelementer av stål. Mange av disse materialundersøkelsene utføres av firmaer med spesialkompetanse, og noen utfyllende beskrivelse vil ikke bli gitt her.

1.3.1 Positiv Material Identifikasjon (PMI)

Hensikt

Avdekke, innenfor en viss sikkerhetsmargin, materialets kjemiske sammensetning for grunnmateriale eller sveis.

Gjennomføring

Se henvisning

Kontrollen utføres av firmaer med spesialutstyr og -kompetanse.

Fordeler og ulemper

Henvisning

NS-EN ISO 17636-1:2013

NS-EN ISO 17636-2:2013

1.3.2 Momentkontroll for skruer

Hensikt

Kontrollere tiltrekningsmomentet for skruer i friksjonsforbindelser.

Gjennomføring

Kontrollen kan også være aktuell å utføre ved spesialinspeksjon dersom det er mistanke om at skruene har mistet forspenningen.

Kontrollen utføres av firmaer med spesialutstyr og -kompetanse.

Fordeler og ulemper

Henvisning

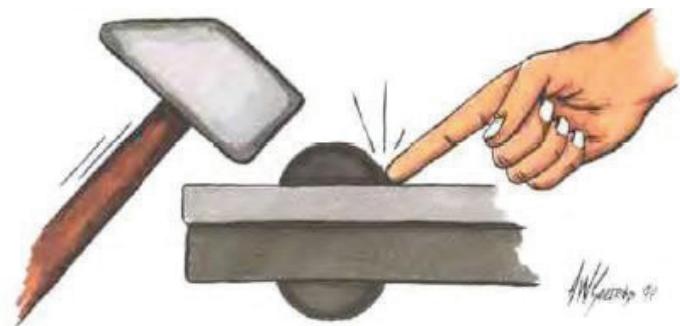
1.3.3 Nagle- og skruekontroll

Hensikt

Kontrollere om nagler/skruer er løse og eventuelt har falt ut.

Gjennomføring

Sprekker i overflatebehandlingene i overgangen mellom skrue-/naglehodet og grunnmaterialet kan skyldes løse skruer/nagler. Ved å banke lett på den ene siden av naglehodet med en hammer mens man holder en finger på motsatt side av naglehodet i overgangen mot grunnmaterialet, kan man kjenne om naglen er løs.



Figur V1-16 Kontroll av nagle

Fordeler og ulemper

Henvisning

1.3.4 Sveisekontroll

Hensikt

Kontrollere om det er sveisefeil eller har oppstått skader på sveiser.

Gjennomføring

Ved mistanke om materialdefekter bør det i tillegg til visuell kontroll utføres en røntgen- eller ultralydkontroll.

Fordeler og ulemper

Henvisning

1.3.5 Penetrant

Hensikt

Overflatekontroll som vil avdekke defekter som er åpne til overflaten.

Gjennomføring

Sprekkbildet bør dokumenteres ved hjelp av skisser eller fotografier. Sprekker i overflaten avtegnes. Kontrollen gir ikke noe mål på hvor dype sprekkene er.

Kontrollen utføres av firmaer med spesialutstyr og -kompetanse.

Fordeler og ulemper

Henvisning

NS-EN ISO 3452-1

NS-EN ISO 3452-2

NS-EN ISO 3452-3

NS-EN ISO 3452-4

NS-EN ISO 3452-5

1.3.6 Røntgenkontroll

Hensikt

Avdekke materialdefekter.

Gjennomføring

Røntgenkontroll i form av røntgenfilm. Bilder kan også produseres digitalt.

Kontrollen utføres av personer med spesialkompetanse.

Fordeler og ulemper

Henvisning

NS-EN ISO 17636-1:2013

NS-EN ISO 17636-2:2013

1.3.7 Ultralydkontroll

Hensikt

Avdekke/ kartlegge/ finne materialdefekter i sveiser eller sprekker i skruer og nagler.

Gjennomføring

Målingene med ultralyd utføres med et prøvehode som sender og mottar ultralydbølger.

Ultralydbølger har en frekvens som overstiger høregrensen (ca. 16.000 Hz). Lydbølgene forplanter seg i faste stoffer, men ikke i luft. Prøvehodet plasseres på overflaten og lydbølgene reflekteres fra prøveområdets motsatteflate.

Resultatene av målingene registreres ved hjelp av et oscilloskop.

Ultralydkontroll og røntgenkontroll kompletterer hverandre. Ved bindefeil og visse sprekktyper er ultralydkontroll å foretrekke.

Tolkingen av resultatene stiller store krav til operatøren. Operatøren skal inneha de nødvendige kvalifikasjoner og erfaring for å registrere og tolke måleresultatene. Kontrollen utføres derfor av firmaer med spesialkompetanse.

Fordeler og ulemper

Henvisning

NS-EN ISO 17640:2018

NS-EN ISO 19285

1.3.8 Virvelstrømprøving

Hensikt

Gi indikasjoner på sprekker i og nær overflaten på stål under malingsbelegg, som ikke kan oppdages ved visuell kontroll. Kan utføres uten å fjerne overflatebehandling.

Gjennomføring

Sprekkbildet bør dokumenteres ved hjelp av skisser eller fotografier. Både gjennomgående sprekker og sprekker i overflaten avtegnes. Kontrollen gir ikke noe mål på hvor dype sprekken er. Kontrollen kan utføres uten å fjerne overflatebehandling. Indikasjoner må følges opp med magnetpulverkontroll.

Kontrollen utføres av firmaer med spesialutstyr og -kompetanse.

Fordeler og ulemper

Henvisning

NS-EN ISO 17643:2015

1.3.9 Magnetpulverkontroll

Hensikt

Avdekke sprekker i stål som ikke kan oppdages ved visuell kontroll.

Gjennomføring

Sprekkgjennomføringen bør dokumenteres ved hjelp av skisser eller fotografier. Både gjennomgående sprekker og sprekker i overflaten avtegnes. Kontrollen gir ikke noe mål på hvor dype sprekken er. Overflatebehandlingene må fjernes før kontrollen utføres.

Kontrollen utføres av firmaer med spesialutstyr og -kompetanse.

Fordeler og ulemper

Henvisning

NS-EN ISO 17638:2016

1.3.10 Fiberoptikk

Hensikt

Avdekke skader (korrosjon, sprekker o.l.) i lukkede eller vanskelig tilgjengelige elementer av stål.

Gjennomføring

Se håndbok R762 Prosesskode 2.

Kontrollen utføres av firmaer med spesialutstyr og -kompetanse.

Fordeler og ulemper

Henvisning

1.3.11 Godstykkesmåling med ultralyd

Hensikt

Måle godstykkelser på stål når direkte måling ikke er mulig, f. eks. når bare den ene siden av stålet er tilgjengelig. Metoden kan være aktuell f.eks. på korrugerte stålør og spuntvegger.

Gjennomføring

Det vises til kapittel 1.3.5 Penetrant. Eventuelle korrosjonsprodukter på motsatt side reflekterer ikke lydimpulsene. Det er derfor effektiv tykkelse som måles.

Kontrollen utføres av firmaer med spesialkompetanse.

Fordeler og ulemper

Henvisning

1.4 Kontroll overflatebelegg

I det følgende er det gitt en beskrivelse av de undersøkelser som kan være aktuelle ved kontroll av overflatebelegg på betong, stål og tre.

Overflatebeleggets tykkelse og heft skal dokumenteres i byggefasesen. For øvrig er dette undersøkelser som utføres ved spesialinspeksjoner.

Ved spesialinspeksjon av overflatebelegg på stål bør FROSIO-inspektør nivå 3, eller tilsvarende benyttes. Dette gjelder spesielt dersom det skal vurderes omfattende vedlikeholdsarbeider.

1.4.1 Inntrengningsdybde vannavvisende impregnering på betong

Hensikt

Måle inntrengningsdybden av vannavvisende impregnering på betong.

Gjennomføring

Inntrengningsdybde måles ved å bore ut kjerneprøver med minimum 60 mm diameter, splitte kjernene, tørke dem i 50–60 °C og bruke vann som indikator. En prøve består av 3 kjerner. Inntrengningsdybde avleses med risslupe på alle 6 kjernehalvdeler.

Fordeler og ulemper

Testmetoden er destruktiv og må derfor vurderes opp mot planlagt reparasjon av overflatebelegg.

Henvisning

NS-EN 1062-3 Bestemmelse av vanngjennomtrengningsgrad (permeabilitet)

1.4.2 Visuell inspeksjon av overflatebelegg

Hensikt

Inspisere overflaten visuelt for å vurdere og bestemme grad av nedbrytning av overflatebelegg.

Gjennomføring

Overflaten inspisieres med utgangspunkt i ISO 4628 «Bedømmelse av nedbryting av belegg – Betegnelse av kvantitativ og størrelse på vanlige defekter og intensitet av jevn forandring av utseende»

Hovedinspeksjon

Det er ikke aktuelt å bruke ISO 4628 ved hovedinspeksjon. Det utføres en «standard» visuell inspeksjon med gradering i henhold til Brutus sine karaktersystemer på hovedinspeksjon.

Spesialinspeksjon

Visuell inspeksjon av overflatebelegg gjøres etter ISO 4628 ved en spesialinspeksjon. Det skal i tillegg til rapport etter ISO 4628 rapporteres inn i Brutus «standard reg. system».

Fordeler og ulemper

Ikke destruktiv testing av overflatebelegg.

Henvisning

ISO 4628-1:2016 Generell introduksjon og betegnelsessystem

ISO 4628-2:2016 Vurdering av grad av blæring

ISO 4628-3:2016 Vurdering av grad av rusting

ISO 4628-4:2016 Vurdering av grad av krakelering

ISO 4628-5:2016 Vurdering av grad av avflaking

ISO 4628-6:2011 Bedømmelse av grad av kritting ved tapemetoden
ISO 4628-7:2016 Bedømmelse av grad av kritting ved fløyelsdukmetoden

1.4.3 Tykkelse av overflatebelegg på stål

Hensikt

Måle om tykkelsen av tørr malingsfilm/-belegg på stål.

Gjennomføring

Total filmykkelse, inkludert både sinkbelegg og malingsbelegg, måles med magnetisk tykkelsesmåler i henhold til NS-EN ISO 2178.

Tykkelse på malingsbelegget måles med ikke-magnetisk tykkelsesmåler i henhold til NS-EN ISO 2360.

Krav til kalibrering og utførelse er gitt i håndbok R762 Prosesskode 2.

Hovedinspeksjon

Beleggtykkelse måles vanligvis ikke ved hovedinspeksjon.

Spesialinspeksjon

Måling av beleggtykkelse gjøres hovedsakelig ved en spesialinspeksjon.

Fordeler og ulemper

Tykkelsesmåling er en ikke destruktiv testmetode og gir god informasjon om belegges tykkelse.

Henvisning

Håndbok R762 Prosesskode 2

NS-EN ISO 2178 Måling av beleggtykkelse – Magnetisk metode

NS-EN ISO 2360 Måling av beleggtykkelse – Amplitudesensitiv virvelstrømsmetode

1.4.4 Heft mellom overflatebelegg og stål (Vedheft av overflatebelegg)

Hensikt

Måle overflatebeleggets heft internt mellom malingslagene, til metallisering og til stål.

Gjennomføring

Heft måles i henhold til NS-EN ISO 4624 Pull-off test (avtrekkstest). Heft for termisk sprøyte sink målt under produksjon skal være minst 5 MPa og for maling minst 5 MPa.

Alternativt kan heft måles med gittersnitt i henhold til NS-EN ISO 2409. Denne metoden er ikke mulig å bruke på sinkbelegg.

Metoden er destruktiv og skal ikke brukes unødvendig. Områder hvor avtrekk har vært utført skal overflatebehandles på nytt i henhold til prosedyrer gitt i håndbok R762 Prosesskode 2.

Hovedinspeksjon

Vedheft måles vanligvis ikke ved hovedinspeksjon.

Spesialinspeksjon

Test av heft er i hovedsak aktuell ved spesialinspeksjoner.

Fordeler og ulemper

Begge målingene kan gjerne benyttes fordi de belaster belegget ulikt og er derfor delvis

komplementære. Avtrekkstest belaster belegget oppover og vertikalt fra overflata. Gittersnitt belaster belegget sideveis og parallelt med overflata.

Testmetoden er destruktiv og må derfor vurderes opp mot planlagt reparasjon av overflatebelegg.

Henvisning

Håndbok R762 Prosesskode 2
 NS-EN ISO 4624 Prøving av vedheftingsevne ved avtrekk
 NS-EN ISO 2409 Gittersnittprøving

1.4.5 MEK-test

Hensikt

Å kartlegge om overflatebehandlingen er tilstrekkelig herdet, samt den motstandsevne mot løsemidler. Utfall av testen vil også angi kompatibilitet med enkelte malingsystem.

Gjennomføring

Hovedinspeksjon
 Ikke aktuelt ved hovedinspeksjon.

Spesialinspeksjon
 MEK-test benyttes i utgangspunktet kun ved spesialinspeksjon med bakgrunn i planlagt vedlikehold. Kan også benyttes for å undersøke om maling har herdet tilstrekkelig.

Fordeler og ulemper

Kan resulterer i at maling blir fjernet evt tykkelsen på belegget blir redusert, og må derfor vurderes opp mot planlagt reparasjon av overflatebelegg.

Henvisning

ASTM D4752

1.4.6 Overmalbarhet av gammelt belegg

Hensikt

Fastslå om nytt planlagt belegg er kompatibelt med eksisterende belegg.

Gjennomføring

Overmalbarheten testes på et representativt prøvefelt. Prøvefelt utføres i henhold til prosedyrer gitt i håndbok R762 Prosesskode 2.

Hovedinspeksjon
 Ikke aktuelt ved hovedinspeksjon.

Spesialinspeksjon
 Overmalbarhet testes i utgangspunktet kun ved spesialinspeksjon med bakgrunn i planlagt vedlikehold.

Fordeler og ulemper

Test av overmalbarhet vil gi en god indikasjon på om to malingstyper er kompatibel. En test av overmalbarhet kombineres gjerne med test av salt/klorider, tykkelse og heft.

Det vil i de fleste tilfeller kreve en mer omfattende rigging enn ved vanlig inspekjonssarbeid for å gjennomføre denne testen under kontrollerte klimatiske forhold.

Det er viktig at krav til forbehandling av gammelt belegg og at krav til klimatiske forhold følges.

(Det kan også være hensiktsmessig å analysere prøver av gammelt overflatebelegg for sikkert å bestemme generisk type, evt. hvilke komponenter den består av (bly/kromat). Dette kan gjøres ved hjelp av MEK-test (se kapittel 1.4.5), eller ved å sende prøver av maling til analyse.)

Henvisning

Håndbok R762 Prosesskode 2

ASTM D4752:10 MEK Test

1.4.7 Kontroll av saltmengde/klorider

Hensikt

Kontroll av saltmengde på konstruksjonen. Kan være aktuelt for å avdekke behov for periodisk vasking og behjelplig i prosjektering av vedlikehold.

Gjennomføring

Kontroll utføres i henhold til ISO 8502-06 (Ekstraksjon av løselige forurensinger for analyse, Bresle metoden). NaCl mengde rapporteres i mg/m².

Hovedinspeksjon

Ikke aktuelt ved hovedinspeksjon.

Spesialinspeksjon

Kontroll av saltmengde gjøres utgangspunktet kun ved spesialinspeksjon.

Fordeler og ulemper

Dette er en ikke destruktiv metode for å måle konsentrasjon av klorider på en overflate.

Henvisning

ISO 8502-06 Ekstraksjon av løselige forurensinger for analyse, Bresle metoden

1.5 Materialundersøkelsjer, tre

I det følgende er det gitt en beskrivelse av de materialundersøkelsjer som kan være aktuelle ved inspeksjon av bruver og bruelementer av tre.

Henvisninger

NS-EN 351-2, Tre og trebaserte produkters holdbarhet – Heltre behandlet med trebeskyttelsesmiddel- Del 2: Veiledning i prøvetaking for analyse av behandlet trevirke.

NS-EN 1014, Trebeskyttelsesmidler – Kreosot og kreosotimpregnert trevirke – Metoder for prøvetaking og analyse

NS 3512, Måling av fukt i trekonstruksjoner

1.5.1 Prøving med syl

Hensikt

Undersøke overflaten for råte.

Gjennomføring

En syl dyrtes inn og vris om slik at en knekker de ytre fibrene. Skjærbrudd langs med fibrene antyder friskt tre. Rett brudd over sylen angir nedbrutt tre.



Figur V1-17 Brudd over sylen som antyder nedbrutt tre



Figur V1-18 Skjærbrudd langsmed fibrene som antyder friskt tre

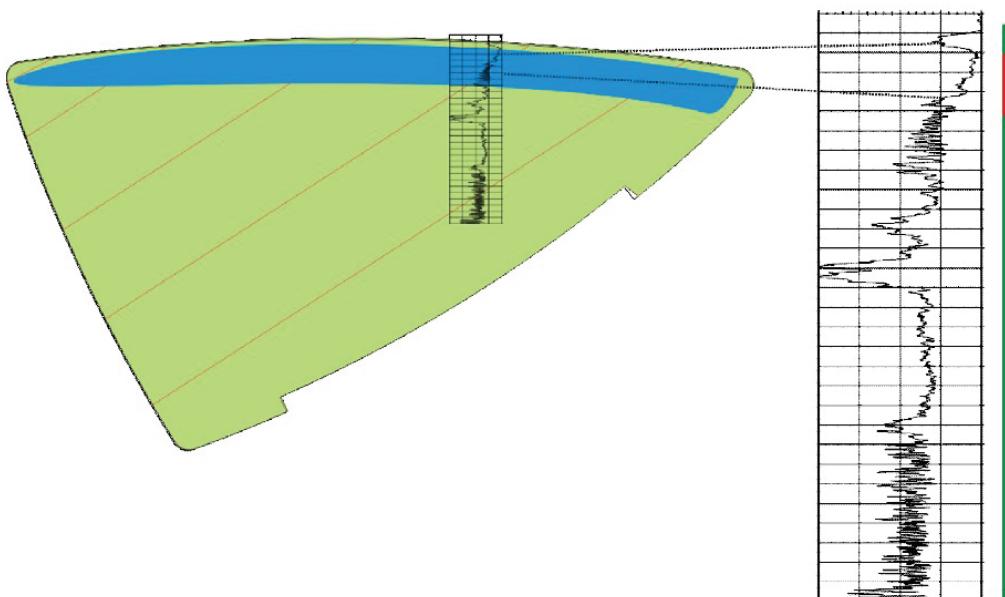
1.5.2 Råtedrill

Hensikt

Undersøke et tverrsnitt for råte.

Gjennomføring

Treets tetthet måles ved å måle motstanden under boring. På bakgrunn av tetthetsmålingen kan råte inne i tverrsnittet oppdages.



Figur V1-19 Eksempel på tetthetsmåling i tre

1.5.3 Kjerneprøve

Hensikt

Nærmere undersøkelse av treets tilstand.

Gjennomføring

Det kan enten tas en enkel prøve i overflaten eller en tynn lang prøve kan tas for å undersøke indre snitt. Videre undersøkelse kan omfatte visuell inspeksjon på stedet, undersøkelse under mikroskop, tynnskiving av prøving, treets anatomi mm.

Type kjerneprøve avhenger av prøvens hensikt. Videre laboratorieundersøkelse avhenger av prøvens hensikt.

1.5.4 Elektrisk fuktårmer

Hensikt

Måle treets fuktighet

Gjennomføring

Treets fuktighet kan måles ved treets elektriske resistans. Instrumentet må justeres for temperatur og treslag. Justeringskurver for impregnering finnes ikke. Generelt kan saltimpregnering forventes å minke resistansen noe slik at resultatet blir noe høyere enn reell fuktighet. Kreosot gir erfaringmessig liten påvirkning. Fuktigheten bør registreres i flere dybder, eksempelvis 0,5, 2 og 5 cm. Det bør unngås å måle over en limfuge.



Figur V1-20 Elektrisk fuktømåler

1.5.5 Hammer

Hensikt

Lytte etter indre densitetsforskjeller for å avdekke om det er råte.

Gjennomføring

Slå med hammer mot overflaten for å avdekke hul lyd som indikerer nedbrutt tre.

1.5.6 Kontroll av spennkraft

Hensikt

Registrere spennkraft

Gjennomføring

Stag trekkes ut og spennkraften måles når mutteren slipper ankerplaten. Måling bør gjøres i litt avstand fra bruenden, eksempelvis 4. stag fra kanten. Målt eller antatt stagtemperatur må registreres. Staget må ikke strammes etter måling, men slippes tilbake slik at staget forblir representativt for øvrige stag. Staget bør samtidig kontrolleres for korrosjon ved ankerplaten.

En må holde seg på siden og ikke bak staget ved prøving på grunn av fare for brudd i staget.



Figur V1-21 Kontroll av spennkraft

1.6 Materialundersøkelser, stein

I det følgende er det gitt en beskrivelse av de materialundersøkelser som kan være aktuelle ved inspeksjon av bruver og bruelementer av stein.

Henvisninger

NS-EN 12371, Bestemmelse av frostmotstand

NS-EN 12372, Bestemmelse av bøyefasthet ved konsentrert last

NS-EN 13755, Bestemmelse av vannabsorbsjon ved atmosfærisk trykk

NS-EN 1936, Bestemmelse av netto- og bruttodensitet, total og åpen porøsitet

NS-EN 13161, Bestemmelse av bøyestrekkfasthet under konstant moment

NS-EN 14580, Bestemmelse av statisk elastisitetskontroll

1.6.1 Trykkprøving

Hensikt

Bestemme trykkfastheten. Kan være aktuelt ved kontroll av bæreevnen for steinbruver.

Gjennomføring

Trykkfasthet for stein bestemmes ved å ta ut kjerner som trykkprøves. Steinkjernen som benyttes må være fri for sprekker og riss. Metoden kan også benyttes til å finne elastisitetsmodulen.

Fordel og ulemper

Metoden er destruktiv og bør bare benyttes i svært begrenset omfang.

www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker

Trygt fram sammen