Vedlegg 1
Opprinnelig versjon av teknisk regelverk med kommentarer fra SINTEF

Tunneler/Prosjektering og bygging/Vann- og frostsikring

Fra Teknisk regelverk utgitt 27. august 2013
< Tunneler | Prosjektering og bygging

Innhold

- 1 Hensikt og omfang
- 2 Vann- og frostsikringkonstruksjoner
  - 2.1 Funksjonskrav til vann- og frostsikring
  - 2.2 Teknisk levetid
  - 2.3 Konstruksjonstyper
  - 2.4 Dimensjonering av frostisolasjon
    - 2.4.1 Generelt
  - 2.5 Tilleggskrav
    - 2.5.1 Beskyttelsesjording
    - 2.5.2 Tetting
    - 2.5.3 Metode for vanntetting
    - 2.5.4 Valg av membran
    - 2.5.5 Bolter og festedetaljer
    - 2.5.6 Hvelv av betongelementer
    - 2.5.7 Brannsikring med armert sprøytebetong
  - 2.6 Frostreduserende løsninger
  - 2.7 Utførelse

1 Hensikt og omfang

Kapitlet fastlegger krav til prosjektering av vann- og frostsikringskonstruksjoner.

Kommentar SINTEF: Her er det lagt til /eller slik at det tydeligere skal framgå at det gjelder både og/eller vann- og frostsikringskonstruksjoner. Videre er det spesifisert at kravene gjelder både eksisterende og nye tunneler dersom ikke annet er angitt.

2 Vann- og frostsikringkonstruksjoner

Kommentar SINTEF: Kapitlet er flyttet til kapittel 3.

2.1 Funksjonskrav til vann- og frostsikring

a) Lekkasjevannet skal føres frostfritt ned i dreneringssystemet.
Kommentar SINTEF: flyttet til 3.1 pkt. a.

b) I frostsonen skal tunnelen ha en isolert kledning som hindrer vanndrypp og isdannelse. Kommentar SINTEF: flyttet til 3.1 pkt. c. Det er lagt til en kommentar om at frostsonen skal beregnes ihht. Statens vegvesens håndbok 163, vedlegg B.

c) I frostfri del skal det være en vannavskjerming som sikrer at det unngås vanndrypp. Vannavskjermingen skal gå over hele tunnelens lengdeprofil og tverrprofil over sålen.
Kommentar SINTEF: flyttet til 3.1 pkt. b. Omformulering av tekst for å klargjøre at vannavskjerming for nye tunneler skal være gjennomgående, dvs. dekke hele tunnelens lengde og tverrprofil over sålen.

2.2 Teknisk levetid

Teknisk levetid er tiden det tar før komponentene eller utstyret ikke lenger oppfyller sin tiltenkte funksjon. Krav til teknisk levetid (TL) uttrykkes som antall år som forventes oppnådd med minst 90 % sannsynlighet. Middelverdien av teknisk levetid antas å være minst 25 % større enn levetidskravet.

Kommentar SINTEF: SINTEF er usikker på hva den siste setningen over betyr. Dette bør JBV presisere nærmere, alternativt bør setningen slettes.

Krav til teknisk levetid gjelder helt system. Det forutsettes at visse komponenter kan vedlikeholdes eller byttes i løpet av den angitte tekniske levetiden.

a) For dimensjonering av vann- og frostsikringsløsning skal konstruksjonen ha en teknisk levetid = 80 år.

b) Livsløpskostnaden skal beregnes over en tidsperiode tilsvarende teknisk levetid. Det kan legges til grunn en redusert teknisk levetid dersom denne begrunnes med en livsløpskostnad.
Livsløpskostnaden skal beregnes over en periode tilsvarende krav til teknisk levetid for vann- og frostsikringskonstruksjonen. Det skal også inngå trafikkostnader tilknyttet avstengning for vedlikehold og utskifting.

Kommentar SINTEF for punkt a og b: kapitlet om teknisk levetid er flyttet til kapittel 2. Det er foretatt noe omstrukturering i teksten.

2.3 Konstruksjonstyper

Kommentar SINTEF: flyttet til 3.2. Omformulert tekst om at opplistede løsninger er per i dag brukt av Jernbaneverket. Det er i tillegg etter diskusjon med JBV lagt til betongsegmenter for TBM.

a) Det skal velges én av følgende konstruksjonstyper

1. **Hvelv av betongelementer**
2. **Hvelv av PE-skum brannbeskyttet med armert sprøytebetong**
3. **Sprøytbar membran (kun som vannsikring)**
4. **Kontaktstøp med drenslag og membran**

Kompletterende krav for sprøytbar membran og kontaktstøp er under utarbeidelse

Kommentar SINTEF: grå boks er slettet.

Det kan velges ulike konstruksjonstyper for ulike deler av tunnelen.
Kommentar SINTEF: flyttet til 3.2.

- **Hvelv av betongelementer vil normalt tilfredsstille krav til teknisk levetid**
- **PE-skum argumenteres i henhold til en livsløpskostnad**
- **Sprøytbar membran argumenteres i henhold til en livsløpskostnad**
- **Kontaktstøp vil normalt tilfredstille krav til teknisk levetid.**

Kommentar SINTEF: grå boks er slettet.

b) Der konstruksjonen hindrer visuell inspeksjon fra tunnelen, skal ett av følgende krav tilfredsstilles:

- **Det skal tilrettelegges for fjerninspeksjon**
- **Konstruksjonen skal dimensjoneres for ekstrem blokklast**

Kommentar SINTEF: punkt b er flyttet til kapittel 3.3. Punktet vedr. ekstrem blokklast er gjort om til et krav basert på hva som står i læreboka (www.jernbanekompetanse.no). Det er i tillegg lagt til krav om at tunneler skal bygges og sikres på en slik måte at inspeksjon av bergforhold ikke er nødvendig.

2.4 Dimensjonering av frostisolasjon

2.4.1 Generelt

a) Frostisolasjonen skal dimensjoneres i henhold til frostmengden på stedet.
Kommentar SINTEF: Flyttet til kap. 3.5.

b) Ved fastsettelse av dimensjoneringskriterier skal frostmengden F_{100} (h°C) legges til grunn. F_{100} defineres som den frostmengde som statistisk sett overskrides en gang i 100-års perioden.
Kommentar SINTEF: flyttet til kap. 3.5.

Kart over frostmengder finnes i Underbygning/Prosjektering og bygging/Frost.
Kommentar SINTEF: slettet. Det er i stedet lagt inn henvisning til Statens vegvesens håndbok 163, vedlegg B.

c) Frostmengden innover i tunnelen skal vurderes i hvert enkelt tilfelle.
Kommentar SINTEF: slettet, men betydningen finnes fortsatt i form av de to neste punktene her.

I tilfeller hvor det kan dokumenteres lavere frostmengde innover i tunnelen, kan frostmengden i tunnelen legges til grunn for en avtrapping av isolasjonstykkelser, F_{100T} (h°C).
Kommentar SINTEF: flyttet til 3.5.

Lokale forhold kan gi større frostmengde enn F_{100} angitt i Underbygning/Prosjektering og bygging/Frost. Dimensjonerende frostmengde bør da fortrinnsvis baseres på lokale målinger.
Kommentar SINTEF: flyttet til 3.5. Det er i stedet henvist til Statens vegvesens håndbok 163, vedlegg B.

2.5 Tilleggskrav

2.5.1 Beskyttelsesjording

a) I hvert enkelt tilfelle skal det vurderes om det er nødvendig med spesielle tiltak for å ivareta krav til jording, f.eks. ved seksjonering. Jf. Felles elektro/Prosjektering og bygging/Jording.

Kommentar SINTEF: flyttet til 3.8. Omformulert til at "alle ledende materialer skal jordes".

2.5.2 Tetting

a) Konstruksjonene skal være dimensjonert for de store trykk- og sugkrefter som oppstår ved togpassering, ref. laster.

Kommentar SINTEF: flyttet til 3.6. omformulert til "Alle konstruksjoner" slik at det også ivaretar eventuelle nye konstruksjonstyper.

2.5.3 Metode for vanntetting

a) For hvelv av betongelementer skal det generelt benyttes en heldekkende membran med sveiste skjøter. Som membran kan det benyttes en uarmert eller armert PVC-membran, PE-membran eller PP-membran. Disse skal oppfylle kravene i Statens vegvesens Håndbok -163 "Vann- og frostsikring i tunneler".

Kommentar SINTEF: Delvis slettet, delvis flyttet til teknisk spesifikasjon.

Hvis konstruksjonen er bygget opp med en egen ytterkledning (mot fjell) som gir tilsvarende tetthet som en membran, gjelder ikke kravet om en heldekkende membran.

Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon.

2.5.4 Valg av membran

Valg av membran bestemmes av bruksmåte og praktiske funksjonskrav. Faktorer av betydning vil være montasjemåte, vekt, krav til styrke, behov for tilpasninger, detaljer og kontrollhensyn. Uarmerte og armerte membraner kan kreve forskjellige tekniske løsninger ved detaljer som gjennomføringer, tilpasninger m.v.

Kommentar SINTEF: slettet.

a) Skjøting av membranen skal utføres med varmsveising. All skjøting på anlegget skal utføres med dobbel sveis. Innteking av detaljer kan utføres med enkel sveis.

Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon.

b) Tetthetskontroll av dobbel sveis skal utføres med trykkluftprøving.

Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon, lagt til henvisning til Statens vegvesens prosesskode.

For sveiser utført av leverandør på fabrikk aksepteres overlappsveis forutsatt at styrke og tetthet kan dokumenteres. Minste effektive bredde for overlappsveis skal være 30 mm.
Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon.

c) **Sveiset membran skal ved strekkprøving ikke ryke i sveisen men ved side av. Det skal ikke oppstå delaminering i sveis eller membran i forbindelse med prøvingen.**
Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon.

d) **Lagring og håndtering av membran skal være i henhold til leverandørs anvisninger (f.eks. UV- beskyttelse, beskyttelse mot fuktopptak m.v.).**
Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon, tekst i parentes er slettet.

2.5.5 Bolter og festedetaljer

a) **Bærende forankringsbolter skal ha sikker forankring i berg.**
Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon.

b) **I forbindelse med montasje skal forankringen kontrolleres ved prøving iht. prosedyrer gitt i NS- lSO-2859 "Prosedyre for prøvetaking for attributtkontroll".**
Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon.

c) **Det skal bare benyttes bolter med rullede gjenger.**
Kommentar SINTEF: slettet.

d) Bolter med mutter og skive som utsettes for pulserende last skal sikres slik at mutter ikke løsner.
Kommentar SINTEF: slettet.

e) Forankringsbolter og festedetaljer av stål skal minst korrosjonsbeskyttes ved varmforsinking som angitt i materialkrav betong- og stålkonstruksjoner.
Kommentar SINTEF: slettet i teknisk regelverk, men betydningen finnes fortsatt i teknisk spesifikasjon med link til NS.

f) Minste boltediameter skal være 16 mm. Boltene skal minst korrosjonsbeskyttes ved varmforsinking som følger:

- **Midlere tykkelse 55 µm**
- **Minste lokale tykkelse 50 µm**

Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon, tallverdier er slettet, det er i stedet henvist til Statens vegvesens håndbok 163.

g) For boltediameter 20 mm skal boltene ha minst følgende korrosjonsbeskyttelse:

- **Midlere tykkelse 71 µm**
- **Minste lokale tykkelse 65 µm**

Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon, tallverdier er slettet, det er i stedet henvist til Statens vegvesens håndbok 163.

h) I spesielt korrosjonsfarlig miljø skal alle bolter i tillegg pulverlakkeres med epoxy.
Kommentar SINTEF: slettet (men teknisk spesifikasjon angir at det skal pulverlakkeres i henhold til NS-EN 13438).

2.5.6 Hvelv av betongelementer

a) Det skal benyttes betongkvalitet B45 SV-40 i henhold til Statens vegvesen, Prosesskode 2, prosess 84.4
Kommentar SINTEF: krav om betongkvalitet er flyttet til teknisk spesifikasjon, henvisning endret til Statens vegvesens prosesskode 1.

b) Elementene skal være plassert i forhold til referanselinjer i tunnelen som utsettes iht. NS 3463.
Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon.

c) Ferdig montert hvelv skal ikke ha større avvik enn det som er angitt i Tabell 1. Hvis ikke annet angis spesielt, skal en fugebredde på 20 mm legges til grunn.

Tabell 1: Toleranser

Type avvik	Tillatt avvik (mm)
Fugebredde	**+12**
Fugesprang begge sider	**+20**
Plassering horisontalt i forhold til en sekundærlinje	**+25**
Plassering vertikalt i forhold til en sekundærlinje	**+25**

Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon.

d) Vanntetthet mot avrenning skal primært sikres med heldekkende membran, jf. metode for vanntetting.
Kommentar SINTEF: slettet, men betydningen finnes i teknisk spesifikasjon.

e) Alle fuger skal være tett som ekstra sikkerhet mot lekkasjer som følge av skader på membranen og som tetting mot luftveksling.
Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon.

f) Fugetettingen skal utføres som en totrinns tetting.
Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon.

g) Fugen skal forsegles mot trafikksiden med egnet fugemasse.
Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon.

h) Fugetettingen med forsegling skal i tillegg tilfredsstille følgende krav:

- **Oppta de aktuelle toleranser**
- **Oppta bevegelser i fugen som følge av temperaturvariasjoner**
- **Tåle temperaturvariasjonene**
- **Tåle trykk- og suglaster, iht. nyttelast.**

Kommentar SINTEF: flyttet til teknisk spesifikasjon. Siste punkt vedr. trykk- og sugkrefter ivaretas i tillegg av pkt. 3.6 i forslag til nytt teknisk regelverk.

2.5.7 Brannsikring med armert sprøytebetong

a) Toleransekrav for tykkelse etter sprøyting skal være bestemt i hvert enkelt tilfelle.
Kommentar SINTEF: slettet.

b) Sprøytebetongens tykkelse skal være 80 mm for nettarmert utførelse.
Kommentar SINTEF: Ivaretas av henvisning til Statens vegvesens prosesskode 1 i teknisk spesifikasjon.

c) **Sprøytebetongen skal være tilsatt finfordelte polypropylen-fiber (PP-fiber).**
Kommentar SINTEF: Ivaretas av henvisning til Statens vegvesens prosesskode 1 i teknisk spesifikasjon.

d) **Det skal tas hensyn til toleransene ved beregning av egenlast og dimensjonering. Dette innebærer at maksimal tykkelse benyttes for beregning av egenvekt og minimum tykkelse benyttes ved dimensjoneringskontroll.**
Kommentar SINTEF: slettet.

e) **For konstruksjoner med armeringsnett skal avstanden mellom nett og isolasjonsmateriale være min. 25 mm. Overdekningen skal minst tilsvare bestandighetsklasse M45 og eksponeringsklasse XC4 (NS-EN 206-1).**
Kommentar SINTEF: Ivaretas av henvisning til Statens vegvesens prosesskode 1 i teknisk spesifikasjon.

Ved skjøting av armeringsnett, innstøpte ståldeler m.v. kan det være nødvendig å øke tykkelsen lokalt for å ivareta krav til overdekning.
Kommentar SINTEF: Ivaretas av henvisning til Statens vegvesens prosesskode 1 i teknisk spesifikasjon.

f) Ved valg av materialsammensetning og utførelse skal følgende vektlegges:

- **Det skal tilstrebes betong med redusert svinnpotensiale**
- **Ved nettarmert sprøytebetong skal det velges en materialsammensetning som sikrer god innstøping av armering og festedetaljer.**
- **Det skal sikres gode herdebetingelser.**
- **Hvis det benyttes membranherder skal det benyttes minst 0,5 l/m^2 (2 lag).**

Kommentar SINTEF: Ivaretas delvis i Statens vegvesens prosesskode 1 i teknisk spesifikasjon.

g) For kontrollert å kunne oppta svinn- og temperaturbevegelser, skal det etableres dilatasjonsfuger i tverretningen. Senteravstand vurderes mht. forventet svinn og temperaturforhold. Fugene skal utføres slik at tetthet ivaretas ved bevegelser i fugen.
Kommentar SINTEF: Ivaretas av henvisning til Statens vegvesens prosesskode 1 i teknisk spesifikasjon.

2.6 Frostreduserende løsninger

For å redusere behovet for frostsikring i tunneler kan automatiske frostporter være en aktuell løsning.
Kommentar SINTEF: Flyttet til 3.9.

Styring av naturlig trekk ved langslufting fra vifter bør unngås på grunn av høye driftsutgifter og begrenset mulighet for å komme til og utføre vedlikehold på slike vifter.
Kommentar SINTEF: slettet da dette ikke vurderes å være vann- og frostsikring.

2.7 Utførelse

a) Produksjon og montasje skal organiseres slik at det først gjøres ferdig et definert parti av
tunnelen for kontroll av at prosedyrer, metoder og øvrige forhold fungerer etter forutsetningene og at gitte krav er tilfredsstilt.
Kommentar SINTEF: flyttet til 3.1 pkt. e.

b) Full produksjon og montasje kan først starte når eventuelle korrigerende tiltak er foretatt. Kommentar SINTEF: flyttet til 3.1 pkt. f.