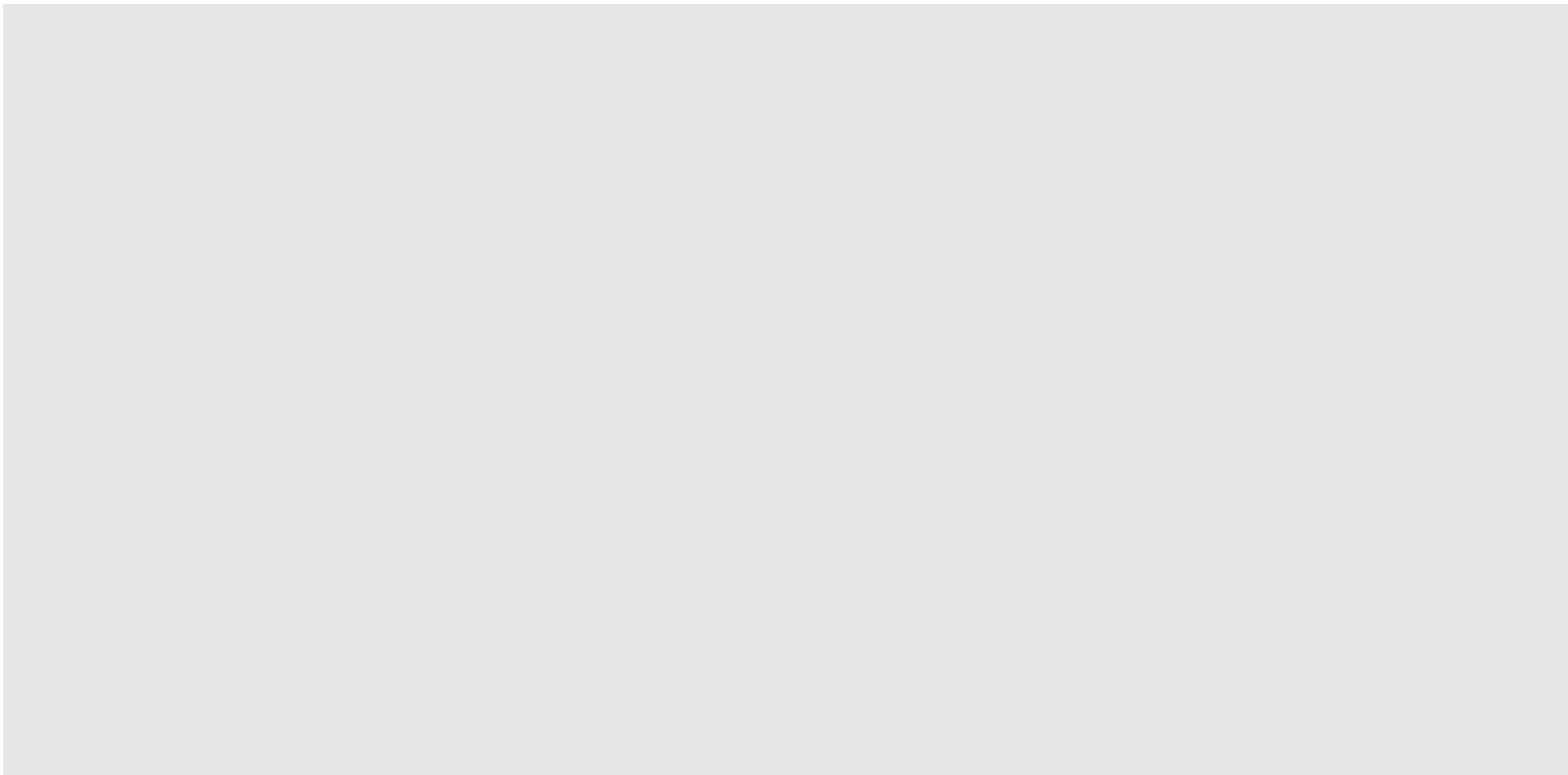


Eurocode 7 og Observasjonsmetoden i tunnelbygging

Anders Beitnes
NBG 11. mars 2010

Innhold



Tunnel som geoteknisk planobjekt



- Funksjonskrav omfatter i svært liten grad last vs. styrke
 - (Is, vind på lining, spesialtilfeller av last på bergsikring)
 - Viktigst er geometri for trafikk eller bruksinnredning, brann- og redningssikkerhet osv.
 - Der nest driftsøkonomi
 - Mest sammenlignbart med geoteknikk er sikkerhet mot nedfall og store deformasjoner
- Men: prosjektering og forundersøkelser gir som regel ikke grunnlag for endelig dimensjonering
- Fokus i prosjekteringsfasen er på problemsoner, optimalisering av påhugg og trase, på utvalg av arbeidsprosesser og på produksjonsbetingelser

Hvordan dimensjoneres sikring i tunnel?



- Terzagi: Dimensjonering av stålbuer ut fra lastbetragtning, den første klassifisering av bergmateriale mht sikringsbehov
- NATM: System for å utnytte armeringseffekt i sikringsmidlene til å motvirke/kontrollere deformasjon av tunnelrommet, bygger på deformasjonsmåling, opererer med sikringsklasser og forhåndsprosjekterte løsninger
- "Fabrikkprodusert skall" – designet for alle lastforhold og gjennomføres uten variasjon
- "Observasjonsmetoden": Forstå potensielt bruddbilde og utforme skreddersydd sikring for å motvirke dette selektivt

”THE OBSERVATIONAL METHOD”



- I Norge kaller vi det av og til ”The observational method” eller NTM med høy grad av subjektive bidrag og med eller uten ”omvei” om parametere, slik som Q-verdi.
- I Østerrike har man NATM, som i større grad baseres på målinger som igjen styrer forhåndsdefinerte utførelser av sikringsdesign.
- Hovedpoenget er

planlegg – observer – tilpass

“THE OBSERVATIONAL METHOD”



- **Planlegg** salveopplegg, (minimum) sikring og sonderboring, slik at man har en basis og en plan. Det er viktig for produktiviteten å ha en forestilling om kommende arbeidsoperasjoner. Det er altså ikke snakk om å kjøre noen “vent og se”-strategi, der alt er usikkert til neste beslutning er tatt. Man har en plan og følger den med mindre beslutning om tilpassinger er tatt eller tvinger seg frem.
- **Observer** alle forhold som kan påvirke om den planlagte driften skal endres og sørg for at observasjonene registreres på en form som sikrer sporbarhet og hjelper på kommunikasjonen.
- **Tilpass** sikringsdesign, endre borplan, beslutt alle elementer i forinjeksjons-skjerm osv.

Forutsetninger for observasjonsmetoden **PTL**

- At man er **til stede med kompetanse som faktisk observerer og forstår** de fenomenene som kan føre til sviktende stabilitet og
- At man har adekvat **beslutnings- og gjennomføringsevne**
- Det sistnevnte aspektet omfatter en byggeorganisasjons evne til å plassere og utøve ansvar på et tilstrekkelig nært nivå, det går på forståelse av teknikk og kontrakt og det går på kompetanse og metode i gjennomføring.

Er vi i konflikt med Eurocode 7?



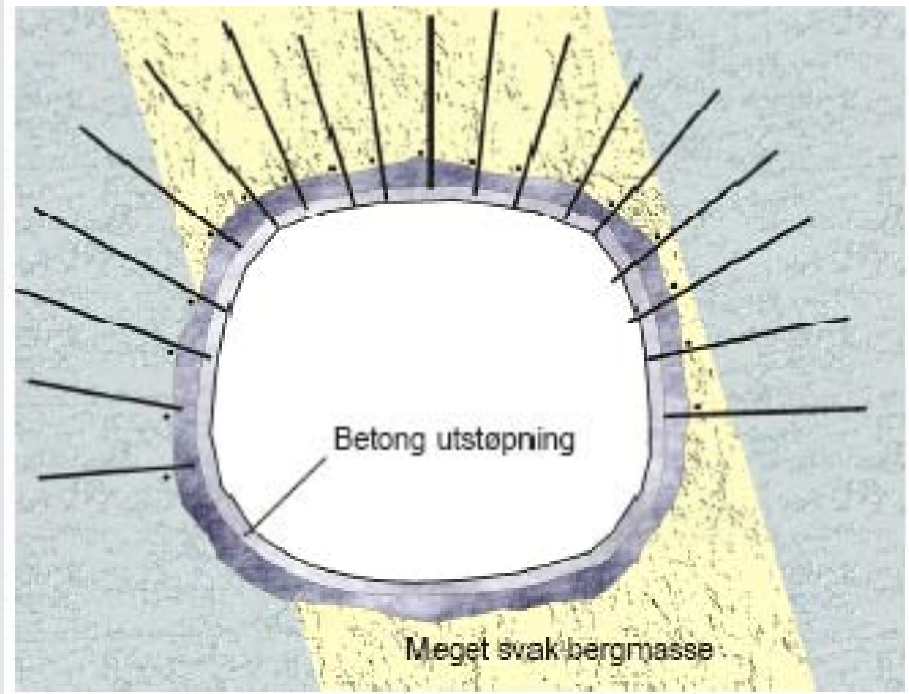
- Vår tilnærming, der endelig design, dimensjonering og beslutninger bygger mer på observasjoner og erfaringer enn på grunnundersøkelser og prosjektering, bekreftes som god strategi i henhold til Eurocode 7
- Forutsatt at det å innhente relevante materialdata ikke er hensiktsmessig eller medfører stor usikkerhet
- Derimot er vi ikke i pakt med Eurocode 7 når vi synser om sikringstiltak uten å dokumentere "modellen" dvs. bruddscenariet med drivende og stabiliserende krefter og effekten av sikringsmidlene.
- Vårt konsept er mer i slekt med "risk management"

BESLUTNINGER/ TILPASSINGER PÅ STUFF



- **Sikring av tunnelens heng og vegger** ”i siste salve”: baseres på observasjon av muligheten for blokk-nedfall, bergslag, ultrasning, nedsatt skjærfasthet i svelleleire-soner, forvitring. Må evne å se for seg den situasjonen som oppstår når ”stuffen er borte”.
- **Sikring mot spesielle fenomener**, så som ustabil stuff, ”running ground”, tyteberg
- **Endret salveopplegg** f. eks. flytte kutten, kortere salver
- **Svært lite av dette passer i regnestykker!**

Ett tilfelle med "last og styrke"



Dersom den dominerende bergmassen har lav stivhet (lav E-modul), vil over tid bergspenningene føre til deformasjoner. Derved vil bergsikringen globalt bli påkjent av spenningene fra berget slik at sikringen blir en ren lastbærende konstruksjon.

Spenningstilstandens innflytelse



- To andre spesialtilfeller med ”dimensjonerbar” sikring:
- Hvis bruddscenariet er en overbelastning som følge av spenninger høyere enn materialets bruddgrense, får en bergslag eller en plastisk deformasjon. Da har bergmassens stivhet i bruddsonen blitt betydelig redusert og om en stivere sikring skal stabilisere materiale som har gått i brudd, kan påførte laster bli meget betydelige.
- Om vi, for eksempel i dagfjell og annen spesiell geometri, har manglende global innspenning, kan store deformasjoner forekomme uten at det bygges opp noen stabil bæring i ellers stiv bergmasse.
- I begge disse tilfeller må vi ha et lastbærende konsept for øye ved utformingen.

Lastvurderinger



- Død vekt fra volum som ikke inngår i trykkbue
- Aktiv lastpåføring fra bergtrykk, svelleleire eller vanntrykk
- Sprengningsrystelser
- Seismisk last
- Brukslast (kranbaner, opphengte strukturer og lignende)

Men hva er styrken?

- Materialfaktorer? Aktivt tverrsnitt i trykkbue? Virkemåten for hhv. endeforankrede og innstøpte bolter? Effekt av relaksasjon?

Spesielt for krav til tetthet



- Egen rapport eller gjenspeilet i ingeniørgeologisk rapport
- Hvilke forhold styrer kravet til begrenset innlekkasje
- Strekningsvis analyse som tar inn skadepotensialet ved for eksempel poretrykksfall/ drenering/ ubalanse i grunnvannsressurs – sammenholdt med sannsynlig selvreparerende evne (regeneration capacity)
- (Ved dyptliggende anlegg/ stor overdekning kan det ofte være lagt for lite vekt på at ”nedslagsfeltet” som bidrar til selvreparasjon blir tilsvarende større.)
- Må være med i grunnlaget for at det skal kunne gjøres realistisk risikoanalyse/oppdatering i utførelsesfasen

Ingeniørgeologisk rapport



- Den hydrogeologiske situasjonen skal si noe om potensialet for vanninntrengning i tunnelanlegget.
- For det første er dette noe av det vanskeligste gjettverket vi gjør i en slik sammenheng, selv med gode forundersøkelser.
- For det andre er potensielt store eller små vannmengder lite relevant. Det relevante er hvorvidt innlekkasje uten tetting blir større enn kravet, og dernest hvor stor innsats som må til for å oppnå kravet.
- Usikkerheten må betones, ikke omgås fordi vi har lite eksakt informasjon. Hovedsaken er tilpasning under byggefasen.

BESLUTNINGER/ TILPASSINGER PÅ STUFF



- **Forinjeksjon** – kan også være påkrevet for å hindre destabiliserende effekt av innstrømmende vann (i "råtasoner", forvitret berg, svakt sementert sandstein osv)
- **Designjusteringer** kan typisk være å forskyve nisjer til bedre bergforhold. Vanntunneler kan også endre trase.

Spesielle undersøkelser



- Forinjeksjon i tunnel kjennetegnes av at det tas beslutninger hele tiden.
- Beslutningsgrunnlaget kan gjøres bedre ved at det utføres spesielle undersøkelser.
- Vanntapsmålinger i sekvenser av borhull kan gi nyttige bidrag til å forstå utfordringene

NS-EN 12715 – 2000



- Forankret i Eurocode 7 og skal løpe parallelt med denne.
- Laget for alle typer injeksjon, øyensynlig med stor vekt på injeksjon i jord
- Veldig høyt krav til forundersøkelser og dokumentasjon av grunnens beskaffenhet – både geometri og fysikk
- For berg legges det vekt på krav til Lugeon-målinger, men det står også: "De gir ikke nødvendigvis en pålitelig korrelasjon til hvordan en spesifikk injeksjonsmasse absorberes". Og dette er et kjernepunkt: Prøveinjeksjon.
- Mange av anbefalingene og kravene til injeksjonsmassen er omfattende, men ikke helt relevante for høykvalitets berginjeksjon

NS-EN 12715 - 2000



- Når denne innføres som gyldig for en kontrakt, får en med et 30-talls bestemmelser som gjøres gjeldende som krav. Mye av dette går på dokumentasjon.
- Det er en egen liste i Tillegg C som fastsetter hva som er krav, anbefalinger og føringer med annen forpliktelseskrav

Hva sier Eurocode 7 ?



- For prosjekteringen henvises i NS 12715 til Eurocode 7 – del 1, som er omfattende, men generell.
- Nøkkelbegreper: Grensetilstand, Observasjonsmetoden, Kontroll under prosjektering og utførelse.
- Eurocode 7 – del 2 har regler for grunnundersøkelser i felt og laboratorium og til rapporter om sådant.
- Øyensynlig her også laget primært for geotekniske arbeider i jord, men like fullt gyldig for arbeider i berg.

Eurocode og NS-EN ikke tilstrekkelig



- Disse standardene reflekterer ikke det kunnskapsnivå vi er på i dag mht verken behovsanalysen, utførelseskrav eller materialkrav.
- Vi må derfor holde liv i et omfattende sett av beste praksis og ivareta kompetanse for planlegging og utførelse.
- Prosesskoden til Statens vegvesen har normerte krav som ligger mye mer opp til vår beste praksis, spesielt mht materialkrav.
- Utførelsen må fortsatt styres ut fra stedlige forhold og med høy kompetanse.

Berginjeksjon i prosesskoden



- 31.1 Sonderboring
- 31.2 Kjerneboring
- 31.3 Avviksmåling i borehull
 - Bør stresses i langt større grad enn nå ved høykvalitets injeksjon
- 31.4 Vanntapsmåling
 - Måles med enkeltpakker, kunne ønske dobbeltpakker for bedre kartlegging av vannførende sprekker av ulik type
- 31.5 Boring og spyling av injeksjonshull
 - Styrehylser, 15 bar spyletrykk, MWD, protokoll (12715-10.3)
 - Ansettkrav 5 cm, retningskrav 3%, ikke retthetskrav (!)
- 31.6 Injeksjon
 - Materialkrav (12715-6), Utførelse (12715-8), Byggeplasskontroll (12715-9.3.6), Protokoll (12715-10.3)
 - Definerer ytterligere sementkrav, kapasitetskrav og oppgjørsregler
 - Stoppkriterier ikke normert (for eksempel GIN)

Konklusjon



- Ja, vi er i konflikt med Eurocode 7.
- Observasjonsmetoden er ikke problemet. Den er som strategi i godt samsvar.
- Men: vi kan ikke tvinge alle ingeniørgeologiske aspekter og nødvendige vurderinger inn i normerte beregninger
- Dog kan vi bli bedre på å sikre dokumentasjon og sporbarhet for de vurderinger som er gjort
- Og i noen tilfeller kan vi gå noe mer analytisk inn i laststyrke-analyser med prinsippene for partialfaktorer som tenkemåte.