© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

SISTE ÅRS UTVIKLING INNEN STÅLFIBERARMERT SPRØYTEBETONG I NORGE

Hans P. Torstelnsen, Robocon Internatlonal AS,
Oslo - Norge.

Stålfiberarmert sprøytebetong har siden 1978 utviklet seg ganske formidabelt med hensyn til sikring av tunneler og bergrom spesielt. Det er i dag et begrep innen fagområdet, og like selvfølgelig som boring - skyting og bolting, i de fleste større prosjekter.

Fra 1 - 2 enkle roboter i Norge i 1978, finnes det i dag mellom 30 og 40 stykker, av forskjellige typer, de fleste ganske teknisk avanserte. Denne nye teknologien har medført ting på både godt og ondt gjennom årene, men bidratt sterkt til Norges gode rykte, med hensyn til fjellarbeider.

På grunn av høyere kvalitet og kapasitet anvendes den i høy grad som stuffsikring i dårlig fjell, med godt resultat.Denne driftssikringen benyttes ofte sammen med systematisk bolting som permanent sikring, særlig i vegtunneler, fjellrom osv. Sprøytebetongen overtar stadig mer av den konvensjonelle utstøpningen av tunneler, både i på-stuff og permanente situasjoner, hvor det kanskje er mest å vinne på metoden.

Økonomisk sett har denne teknologien falt mange byggherrer tungt på brystet under de første årene. Tar mann for seg m3 prisen isolert, har den en ganske høy pris, selv i dag hvor betongen kan kjøpes fra et nesten hvilket som helst blandeverk. Transportlengder og størrelse på de forskjellige arbeidene influerer på økonomien, samt selve driftsopplegget på arbeidsstedet.

Største gevinsten med teknologien er forhåndsplanleggingen av driftsopplegget hvor man har vurdert sikringen inn i dette, og hvor de forskjellige komponenter finnes ved anlegget når behovet melder seg.

Arbeidskraft og øvrig utstyr ved anlegget er som vi alle vet, på et høykostnivå, noen høy sikringskapasitet fordeler, ved større inndrifter og økt sikkerhet, samt i de fleste tilfeller, et lavere antall bolter.

En liten "tommelfingerregel" på økonomien mellom de som enda sverger til boltlng og bånd, selv om det er få tilbake, er denne;
I 1978 var prisen på en påstuffbolt ca. kr. 260,- til 280,-, mens en m² stålfiberarmert 8 - 10 cm tykkelse, kostet ca 450,- tll 500,- kroner. I dag er forholdet akkurat det motsatte, i et litt større prosjekt.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

UTSTYR

I Norge er det stor sett to leverandører av utstyr, Andersen Mek. A/S og Robocon Aker, som etterhvert har blitt merkbart like. Fra skrue/mono pumper har velen gått til større stempelpumper med kapasiteter opptil 30 m3/time, med en praktisk sprøytekapasitet på rundt 20 m3/time, som i de fleste tilfeller er mer enn nok.

Selv om det finnes et stort antall internationale leverandører av roboter, har ikke disse enda kommet inn på det norske markedet.

Vi mener og tror at dette skyldes den avanserte teknologien innen Norsk sprøytebetong med våtmetoden, betongteknologien, og erfaringene som er vunnet sammen med øvrig driftsopplegg.
Selv om det er unorsk å fremheve det norske, kan vi etter vår mening og internationale erfaringer, holde et løftet hode med hensyn til fjellsikring.

FIBER

På spørsmål om hvilken stålfiber som var best, svarte produktsjefen ved Spigerverket dengang prompte; "Den beste fiberen er 10 mm tykk og 12 m lang, men vanskelig å sprøyte".
Det lå mye sannhet i dette, og etter 6-7 år med den velkjente EE 18mm, som suveren markedsleder, kom Dramix 30/50 inn, sammen med utviklingen av nye robotrigger.

Grunnen til dette, var at man utvidet bruksområdene inne fjellsikringen, og fikk mer viten om fiberens virkelige egenskaper med hensyn til seighet definert til bruddenergi.

Dette medførte at kvalitetskravene ble økt fra C 35 til C 45, spesielt i undersjøiske tunneler, og at erstatning av støp ble mulig i større grad.

Man utviklet sågar konsept for bruk av fiber opptil 50 mm lengde med godt resultat for bestemte formål, f.eks. tunnelportaler, med fasthet på opptil 60 - 70 MPA.

For å komme med på denne utviklingen fremstilte og utviklet Christiania Spigerverk A/S, en ny type EE-fiber av høykvalitet med avpassede "hoder" for høyere betongkvalitet, i 1988 -89.
Etter omfattende prøveprogram har det vist seg at den ligger på linje med Dramix 30/50, både kvalitetsmessig og prismessig.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

ANVENDELSESOMRÅDER:

Stålfiberarmert sprøytebetong har under tiden tatt en god del av betongreparasjonsmarkedet. Som i fjellsikring har den gjort armeringsnett overflødig, i de fleste tilfeller.
Ved bruk av sllika og vannreduserende stoffer kunne man øke betongkvaliteten opp til 90 - 100 MPA, noe som var svært populært i de første årene vi utviklet teknologien.

Det første reparasjonsprosjektet i Norge var Kai LKAB i Narvik med ca. 2000 m², hvor det ble brukt en vanlig sprøytebetong 0 - 8, med det kvalitetskrav på C35. Arbeidet ble utført fra flåte med robot høsten 1980. Bortsett fra ca. 20 m² med "bom" som ble reparert etter 1 årsbefaringen, var prosjektet ganske vellykket, sammenlignet med konvensjonell nettarmering og tørrsprøytebetong, som dengang var vanlig.

Spesielle prosjekter inne byggreparasjoner kan nevnes:

* Bropilarer i tidevannsoner i Nord Trøndelag, 1982.
  50MPA mørtel.

* Ca. 3.000 m² av murene rundt Ullersmo Landsfengsel,
  50 MPA mørtel.

* Kjøletårn for ammoniumnitrat-fabrikk i Irland, 1984
  90 MPA Corrocem,
  hvor vi sprøytet den 40 m lange pipen kontinuerlig fra bunn til topp, 10m i diameter med 7,5 cm SFR betong. Besparelsen i stopptiden på fabrikken var 3-4 uker, mot den "gamle" metoden.

Ellers har metoden vært anvendt på flere damprosjekter i inn- og utland. På offshoresiden har vi utført en rekke reparasjoner av overdekning, kabelfester etc. med C65 som krav.

Nyere prosjekter har vært 4.000 m² kai, Hydro, Porsgrunn i 1989, med såkalt Hydrobetong.

Det kanskje mest utfordrende prosjektet på reparasjonssiden vi har utført, var den sterkt brannskadede VCM fabrikken på Hydro Rafnes i 1988. Multiconsult A/S var konsulent, og man oppdaget et svært høyt kloridinnehold i konstruksjonene. Da tiden kostet en formue pr. dag i stopptid ble tempoet deretter. For oss ble dette prosjektet et eksempel på hva man kan oppnå av effektivitet når byggherre, konsulent og entreprenører drar "lasset" sammen mot et tydelig felles mål, og hvor resultatet ble oppnådd til planlagt tid og kvalitetskrav.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Spesielle prosjekter innen fjellsikring har vært mange gjennom årene. Gjennombruddet for stålfiberarmert sprøytebetong kom i Tafjord veg-tunnel i 1981. Denne ble sikret i påstuffsituasjon i sprakefjell i nesten hele sin lengde. Prof. E.Brock var konsulent, og gikk inn for metoden både sikkerhetsmessig og kvalitetsmessig. Erfaringer fra dette arbeidet har senere dannet basis for sikring av sprakefjell i Norge, og på prosjekter internasjonalt, bl.a. Bad Creek i USA.

Holmestrandtunnelen ble neste større prosjekt hvor stuffsikring i storblokket dårlig fjell med sprøytebetong, erstattet full utstøping. Her ble også dokumentasjonsarbeidene og oppfølgingen meget god. Geolog E. Grimstad, nå NGI, brukte her for første gang Q-metoden i forbindelse med stålfiberarmert betong, som senere har vakt større interesse, også utenom Norge.

Vietas i Nord-Sverige, Statens Vattenfallsverk var også et storprosjekt, hvor metoden sparte eierne for store kostnader. En 160 m² tunnel ble sikret på stuff i sprakefjell, og ca. 4.000 m3 betong ble anvendt.

Bolmenanlegget i Sverige hos Sydkraft var også ett av gjennombrudds-prosjektene for stålfiberbetong i Sverige i 1986 -86, hvor vi eksporterte mørtel i big bags, i store mengder fra Hønefoss.
Med tanke på maksimering av sikringsmetoden sammen med øvrige driftsopplegg, nevnes Nordland Vegvesen v/ Steigen og Tømmerneset tunneler. Et særdeles dyktig tunnelteam inkludert ledelse, drev i en periode ca. 70 m tunnel i gjennomsnitt pr. uke med Nordsjøordnet arbeidstid, hvor de sprøytet hver salvelengde i sprakefjell, antall bolter ble kraftig redusert.
Ekstra interessant ved dette var at arbeidstilsynet aktivt deltok i kontrollopplegg og kvalitetsoppfølging, sammen med byggherre og entreprenør, noe som etter vår mening burde opprioriteres sterkt av arbeidstilsynet i fremtiden.

Tetting av vann i tunneler/bergrom er nevnt under tittelen på innlegget, og her er det gjort endel tabber gjennom tiden som har kostet både penger og store diskusjoner underveis. Vi kan i korthet slå fast at selv om vi kan lage en betong som er tilnærmet 100% vanntett mot en tørr vegg eller liknende, greier vi ikke å tette en tunnel, med rennende vann, med sprøytebetong. Skal man ha en tett overflate må den dreneres, med kostnader, som vi er lite villige til å godta her i Norge, og som det store forhandlings-spøkelset ved sluttførelse av de fleste fjellhaller vi utfører.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

ANDRE ANVENDELSESOMRÅDER

Brannsikring med sprøytebetong ble et nytt område, i forbindelse med PE-skum i vegtunneler. Vi utførte i 1988 Ålesund-tunnelene, samt Sollihøgda tunnel med Robotic 10, en perlitebasert mørtel med EE stålfiber som godkjent mot Hydrokarbonbrann,dvs. 1.100 °C i 120 min, i 2 cm. tykkelse mot betong, samt vegvesenets krav mot PE skum. Denne lettbetongen har mange gode egenskaper, som kan få betydning fremover også for konvensjonell betong.

FREMTIDSVYER

Innledningsvis vill vi nevne et par fremtidige prosjekter som kan få litt mer vyer og nye anvendelsesområder fremover.

Vi er sammen med Norwegian Contractors / Taugbøl & Øverland, samt arkitektselskapet LPO, om konstruksjon av et betongrør med diameter på 6,80 m, 50 m. langt, kurvet med en radius på 90 m. Dette skal utføres i stålfiberarmert sprøytebetong, og skal brukes som utstillingsplass for Norge i Sevilla på verdensutstillingen EXPO 1992.
NC og Taugbøl & Øverland bruker her sin mest avanserte teknologi for dimensjonering, sammen med mange andre tekniske og praktiske ressurser fra utførelsesiden, som vi håper kan bli en ny giv fremover på andre prosjekter.Det skal gjøres et fullskalaforsøk i desember, her i Norge, som vi ser frem til med stor interesse.

Et annet interessant brannprosjekt utvikles i disse dager i Hammerfest. Dette er et Eureka-prosjekt, styrt av organisasjonen STUVA, hvor tunnelbranner skal simuleres i en vegtunnel.
Her skal brennes biler, jernbanevogner og busser - 12 totalt. Den før omtalte Robotic 10 mørtelen er pålagt i hovedbrannkammeret i 80 m lengde. Resultatene vil foreligge i første del av 1991.

Så til vyer til sprøytebetongens utvikling i Norge fremover. La oss ta den positive siden først, som et status quo.

Mange av oss har kalt denne sikringsmetoden for den Norske fjellsikringsmetoden, så la oss fortsette med det.
Den ligger etter manges felles innsats,og forskjellige grunner, i dag et hestehode foran de fleste i verden. Man kan trygt si at de er denne delen av tunneldriften som har blitt utviklet mest de siste 10 - 12 årene. Videre kan det hevdes at det er det mest salgbare konsept for eksport innenfor bransjeområdet.
Likevel er det viktig å rope ut et "varsku" for fremtiden, stikke fingeren i jorda og se på utviklingen de neste 2 - 3 årene, samt utsiktene fremover.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

I tiåret 1978 -88 var markedet på anleggssiden på et ganske høyt nivå, hvor de største entreprenørene satt med egne avdelinger innen fjellsikring, som utviklet og dokumenterte metoden. Konsulentfirmaene hadde samme gode tider, byggherrene hadde kanskje en annen innstilling, og vi hadde en sprøytebetong komite som aktivt deltok i utviklingen.

Etter 1988 har det skjedd svært lite, på grunn av markedssvikt som etter hvert har blitt en sovepute. Store omveltninger innen entreprenørbransjen, dårlig økonomi, og omstruktureringer, har ført til stillstand i utviklingen. De før nevnte spesialavdelinger hos entreprenørene er mer eller mindre opphørt, mens teknologien blir brukt og utført av nesten hvem som helst ute i det praktiske kiv, på en måte som kan få dystre følger når tid som helst.

Her må også byggherrene ta sin del av ansvaret, og tildels konsulentene som hat utført spesifikasjoner som i mange tilfelle er feil, og som gir grunnlag for omgåelse av både kvalitet og riktig utførelse.

Geologene som har vært endel av drivkraften i denne utviklingen, er blitt mer sjeldne å se ute på arbeidsplassene. Erfarne formenn med fjellkunnskap er også sjeldne mens maskinoperatørene har overtatt, slik at det hele har blitt en slags industrigren.
Sprøytebetongkonseptet har uten tvil vær med på å dra i denne retning, da denne er fullmekanisert i likhet med borerigger og annet avansert utstyr. Aldri har vi drevet så mye tunnelmeter pr. uke som vi gjør i disse tider, og hvor det er dårlig fjell, er det sprøyteriggen som bestemmer inndriften, ikke lenger boreriggen.
Stuffrensk og etterrensk er snart en sagablott, dersom ikke forholdene er katastrofale. Etterbolting er i mange fall skrevet i kontraktene. Alt dette er vel og bra, det har vært en del av målsetningen for de mange av oss som har utviklet denne fjellsikringsmetoden, men da er det regnet med kvalitet på utførelsen, samt riktig dimensjonering. Her kommer nemlig inn en ganske merkelig sak som vi har påtalt i mange år:

Eksempel:

På en vegtunnel eller fjellhall i Norge, krever byggherre entreprenørklassifisering, og om de utfører den i egen regi, gjelder samme klassifisering. En hel rekke krav til folk og maskiner , samt sertifiserte folk for behandling av eksplosiver stilles,og følges opp. Her foreligger sikkerhetsforskrifter i massevis for oljesøl, rekkverk på ladekorger, hydraulsyllndere etc., som arbeldstilsynet inspiserer og håndhever.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Undervels i dårlig fjell, f.eks. sprakefjell tar byggherre / entreprenør inn en hvilken som helst utøver av sprøytebetong, som utfører sikring, i på-og bakstuffsituasjoner hvor kravene til kvalitet reguleres i takt med utøverens kyndighet. Kvalitetsoppfølging er i mange tilfelle et glemt kapittel.
Den norske metoden har nemlig en bakside fremfor den gamle, og det er nødvendig kunnskap i betongteknologi og utførelse, for å nå nødvendige krav.

Dette betyr, selv for de som innehar denne kunnskapen, en kvalitetsplan og skikkelig opplærte, og helst sertifiserte operatører.
Man skal også huske en annen bakdel med sprøytebetong, at når den er lagt på fjellet, er alt grått, slik at en visuell observasjon av en geolog er umuliggjort. Sprøytebetonglaget sammen med boltene er i dag den sikkerheten tunnelmannskapet arbeider under daglig og setter tillit til, og deretter publikum som i en årrekke skal trafikkere under denne sikringen.

Derfor bør denne sikkerheten og kontrollen oppdateres på en skikkelig måte i likhet med de andre delene av sikkerhetsopplegget som er langt mindre risikabelt enn sprøytebetonglaget.
Hvis det ikke settes skikkelige krav til denne delen, vil vi om kort tid være tilbake i 1978, hvor alle trodde på armeringsnett og et tynt lag med tørrsprøytebetong av gammel vane.

Dett burde være et ansvar for i første rekke sprøytebetongkomiteen, om den fortsatt er i funksjon, og for arbeidstilsynet fra myndighetenes side.
Videre utviklings og FOU arbeider vil være høyst nødvendig av metoden, Det er enda mange ting å forbedre. Slutter den nå i dårlige tider mister vi fort den fordelen som er opparbeidet.