

Sammanfattning till SBUF
Projekt 11031 Bärförmåga hos stålfiberarmerad betong
TF 2003-10-30

Bärverkan hos bergförankrad fiberarmerad sprutbetong

Bakgrund

Sprutbetong används allmänt som bergförstärkning i tunnlar, antingen som en ytförsegling eller med en mera direkt förstärkningsfunktion, där man utnyttjar dess vidhäftning mot berget, eventuell fiberarmering och samverkan med bergbult för att bära potentiella lösa block eller uppspruckna partier i berget.

Dimensioneringsförutsättningar och sprutbetongens förstärkningsverkan är inte helt enkla att beskriva, bland annat på grund av bergytans oregelbundenhet och att vidhäftningen mot berget kan variera från plats till plats. Eftersom förstärkningseffekten beror av samverkan med berget kräver dimensioneringsuppgiften också kunskande inom både bergmekanik och betongkonstruktionsteknik. I fall där vidhäftning inte säkert kan påräknas måste dimensioneringen utgå från att sprutbetong i samverkan med bult i princip skall bära eventuella lösa partier av berget. Hur detta bärande system verkar i praktiken är inte helt klarlagt och det finns därför behov av bättre kunskap om samverkan mellan bultförankring och sprutbetong, om sprutbetongens deformations- och brottbeteende och betydelserna av bergytans oregelbundna geometri.

Syfte

Projektets syfte har varit att bidra till bättre underlag för dimensionering av sprutbetongförstärkning i tunnlar där vidhäftning mot berget inte säkert kan påräknas.

Genomförande

Projektet har genomförts som doktorandprojekt vid KTH Byggkonstruktion inom ramen för SveBeFos forskningsprogram med bidrag från bland andra SBUF och Besab. Arbetet har innefattat en serie belastningsförsök på cirkulära fiberarmerade sprutbetongplattor tillverkade i samband med förstärkningsarbeten i Södra Länken. Försöksresultaten har analyserats med avseende på deformationsförlopp och bärförmåga och därtill har numerisk simulering gjorts av förstärkningsverkan av sprutbetong på oregelbunden bergyta. Projektets andra etapp har fullföljts i och med doktorsavhandlingen "Structural behaviour of fibre reinforced sprayed concrete anchored in rock", presenterad av Ulf Nilssons i juni 2003, och SveBeFo-rapport 64 "Bärverkan hos bergförankrad fiberarmerad sprutbetong".

Resultat

Projektet har givit värdefull ny kunskap om sprutbetongens bärförmåga, vilket främjar en mer effektiv utformning av sprutbetongförstärkning i tunnlar.

Studien har baserats på en uppsprucken bergmassa med relativt små inre spänningar och deformationer, vilket är ett vanligt förhållande i svenska tunnlar. Ett antal idealiserade tänkbara lastfördelningar från bergmassan mellan sprutbetongens bultförankringar har studerats och de mest sannolika brottlinjefiguren i förstärkningen analyserats. En jämförelse mellan traditionell brottlinjeteori och teori för kupolverkan visar att kupoleffekten har en avsevärd positiv inverkan på bärförmågan, speciellt för kortare bultavstånd. Effekten minskar med ökad slankhet hos förstärkningen. Krypning och krympning reducerar bärförmågan eftersom de gör att nedböjningen ökar med tiden vilket i sin tur reducerar hävarmen mellan tryckresultanterna för det mothållande momentet. Trots att stora delar av en förstärkning förmodligen bär lasten från berget i form av kupolverkan är det inte möjligt att utan vidare basera en dimensionering på denna effekt eftersom den försvinner helt redan för en liten konvex ojämnheter mellan bultarna.

Genomstansningsproven på cirkulära symmetriskt belastade plattor symboliserade en fullskalemodell av sprutbetong kring en bergbult. Provkropparna tillverkades genom sprutning i samband med arbeten för Södra Länken i Stockholm. En 15 mm tjock stålring omslöt ett antal plattor för att inkludera effekten av kupolverkan. Den omslutande stålringen simulerade det horisontella mothåll som omkringliggande delar i en verklig förstärkning representerar. Alla plattor som provades utan stålring och därmed kunde rotera fritt längs upplaget erhölet ett böjbrott utan tecken på stansning. Plattorna som provades med omslutande stålring uppvisade en betydligt högre bärförmåga och ett brottbeteende som kan kategoriseras som stansning. En ökning av fiberhalten från 30 kg/m^3 till 60 kg/m^3 resulterade inte i någon märkbar inverkan på vare sig bärförmågan eller segheten för plattor som provades med omslutande stålring.

En jämförelse mellan befintliga beräknings/dimensioneringsmetoder för genomstansning och provresultaten visar att dessa metoder inte kan anses gälla för en bergförankrad sprutbetong. Finita element simuleringar bekräftade att brottförloppet inte är detsamma som vid traditionellt stansbrott. Skjuvsprickor utvecklas inne i tvärsnittet nära lasten (brickan) och propagerar snett nedåt i plattan. Graden av horisontellt mothåll har stor inverkan på momentkapaciteten med avseende på kupolverkan och analyserna indikerar att detta även gäller genomstansningskapaciteten.

Effekten av den ojämna formen på bärförmåga och styvhet studerades med icke-linjär finita element analys. Simuleringen begränsades till en jämn fördelning av sinusvågor med olika amplituder. För en platta med upplagen fast inspända och en bult placerad i mitten visade resultaten att styvheten påverkades mer av ojämnheten än bärförmågan. Tjockleken på förstärkningen i förhållande till ojämnheten bestämde dess inverkan på verknings sättet. Ett tunnare lager av betong påverkas mer än ett tjockare för en given ojämnheter. Den maximala bärförmågan för en ojämn platta uppnåddes vid en betydligt mindre nedböjning jämfört med en plan. Om bultarna placerades genomgående i förstärkningens toppar respektive svackor erhölet helt

olika beteenden. Bärförmågan blev betydligt högre om bultarna placerades i topparna. Detta kan förklaras av att plattan då verkade som tryckta kupoler mellan bultarna. Om bultarna i stället placerades i svackorna erhöles dragbrott i betongen runt bultarna vilket begränsade bärförmågan.

Ytterligare information lämnas av

Ulf Nilsson, Scandiaconsult, tel 08 - 615 64 32

e-post: ulf.nilsson@scc.se

Tomas Franzén, SveBeFo, tel 08 – 692 22 80

e-post: tomas.franzen@svebefo.se

Doktorsavhandlingen "Structural behaviour of fibre reinforced sprayed concrete anchored in rock", kan beställas från KTH Byggvetenskap tel: 08 790 60 00
SveBeFo-rapport 64 "Bärverkan hos bergförankrad fiberarmerad sprutbetong" kan beställas från: info@svebefo.se

