

Projekt ID Nr: 1872**Optimering av sprängningsarbeten – framtagning av interaktivt beslutssystem**

Projektansvarig: Johan Guthe, Skanska Sverige

Projektledare: Rainer Massarsch, Vibisol International/BergByggKonsult

Projektredovisning

Syftet med projektet har varit att undersöka behovet av ett interaktivt beslutssystem för projektering och genomförandet av sprängningsarbeten. Diskussioner har hållits med följande parter:

- Entreprenör: Skanska Teknik: Magnus Björkman, Bengt Niklasson - Skanska
- Tillverkare av mätsystem: Christer Svensson – Sigicom
- Projektör: Kennert Röshoff, Martin Jonsson – BBK
- Forskare: Anders Bodare – KTH
- Beställare: Per Boman, Kenneth Skoglöf, SL
- Svenska Geotekniska Föreningen: SGFs Markvibrationskommitté.

Inom ramen för projektet har fyra möten hållits för att diskutera olika parter roller och behov. Dessutom anordnades i samarbete med SGFs Markvibrationskommitté ett halvdagsseminarium om vibrationer i samband med tunnelarbeten. Slutsatserna från Markvibrationsdagen sammanfattas i en artikel som kommer att publiceras i tidskriften Väg- och Vattenbyggaren.

Utgående från denna kunskapsöversikt kan berörda parter FoU-behov vid sprängningsarbeten i tätbebyggda områden sammanfattas enligt följande:

Entreprenörer

Nuvarande prognosmetoder av vibrationer utbredning bedöms i de flesta fall vara tillräckliga för att kunna projektera, dimensionera och genomföra projekt. Komplexa projekt studeras och övervakas genom provsprängning och utökade vibrationsmätningar, som ligger till grund för en anpassning av sprängmetodik och laddningsmängden. Även relativt enkla modeller (grafisk metod samt analys av svängningsdiagram) är i många fall tillräckliga för projektets genomförande.

Det största behovet är att få bättre information om risken för skador och störningar från sprängningsarbeten. Svensk standard bygger på kunskapsläget för mer än 30 år sedan och gäller i första hand för byggnader på markytan, där mätning i vertikal riktning är av största betydelse. På grundlagda byggnader och byggnader med varierande grundläggningsförhållanden samt installationer under mark (t ex tunnlar) påverkas också av vibrationer i horisontell riktning. Markförhållandenas inverkan på vibrationer i byggnader och grundkonstruktioner beaktas inte i tillräcklig utsträckning i svensk standard.

Tillverkare av mätsystem

Utvecklingen på elektronikområdet har varit mycket snabb och idag är det möjligt att registrera och analysera ett stort antal mätvärden. En begränsning är att det finns otillräcklig kunskap hos konsulter och myndigheter hur mätdata skall användas vid lösning av praktiska problem.

Interaktiva mät- och övervakningssystem är vanliga inom andra teknikområden, även inom grundläggningsområdet. Som exempel kan nämnas stötvågsmätning för kontroll av pålars integritet och bärförmåga. Till skillnad från sprängtekniken är avancerade dynamiska mätningar accepterade hos beställare, konsulter och entreprenörer. Stora besparingar i ökad

effektivitet och högre kvalitet har uppnåtts. Påldynamiska mätningar har även blivit en svensk exportprodukt och har bidragit till ökad teoretisk förståelse.

Projektörer

Projektering av sprängningsarbeten utförs för närvarande inom två skilda områden: uppskattning av produktionspåverkande faktorer (borrhålsavstånd, laddningsmängd mm) samt bedömning av skaderisken (ofta enligt svensk standard samt AnläggningsAMA). Däremot beaktas idag endast i undantagsfall betydelsen av geologisk och bergteknisk information (t ex sprickzoner, förkastningar, bergkvalitet mm).

Eftersom beställare sällan ställer krav på projektören och nöjer sig med enkla riskanalyser samt skadeszonskrav enligt AMA så har utvecklingen inom projekteringsområdet varit långsam.

Det skulle vara möjligt att med hjälp av relativt enkla numeriska modeller göra bättre prognoser beträffande vibrationsutbredning. Provsprängningar skulle vara av nytta för att kalibrera prognosparametrar (t ex dämpningssamband, skalllagsformler mm).

Forskare

Den geodynamiska forskningen har under senare år fokuserad på vibrationer från tågtrafik. Sprängteknisk forskning har varit inriktad mot fragmenteringsfrågor (uppspräckning och losstagning av berg). Däremot har ingen samordnad forskning bedrivits med inriktning på vibrationsutbredning i jord och berg (förutom två examensarbeten vid KTH). Även orsaken till skador på byggnadsverk på och under mark har inte studerats på ett strukturerat sätt. Detta är förvånande eftersom det finns grundläggande teoretiska kunskaper och effektiva analysverktyg (dataprogram såsom FLAC eller PLAXIS), som skulle vara lämpliga för studie av sprängvibrationsproblem.

Beställare

Beställare kan påverka utvecklingen inom vibrationsområdet genom höjda krav med avseende på prognosmodeller och kvantitativa riskbedömningar (t ex bedömning av vibrationsutbredning i berg och jord, risken för skador på byggnader på och under mark). Några beställare anser att det finns ett behov att bygga upp en kunskapsdatabas (SL, Stockholm Vatten) som skulle kunna användas för att utveckla förbättrade prognosmodeller.

I många fall överlåter dock beställare ansvaret för projekteringen till konsulter och entreprenörer. Man nöjer sig med traditionella riskanalyser, som ibland utförs av personer eller företag med begränsad teoretisk kunskap och otillräcklig förståelse av svensk standards begränsningar.

Svenska Geotekniska Föreningen

SGF har tillsatt en Markvibrationskommitté med syfte att förbättra förståelsen för geologiska och geotekniska aspekter vid lösning av vibrationsproblem. För att belysa markvibrationers betydelse vid sprängningsarbeten anordnades under maj 2007 Markvibrationsdagen '07: "*Vibrationer vid tunnelarbeten - Projektering - utförande - kontroll*". Vid detta informationsmöte, med över 110 deltagare, presenterades olika tunnelprojekt samt olika aspekter av sprängningsinducerade vibrationer, jfr. Bilaga 1. Slutsatserna av Markvibrationsdagen sammanfattas i en tidskriftsartikel som kommer att publiceras i tidskriften Väg- och Vattenbyggaren.

För närvarande pågår en översyn av behoven inom markvibrationsområdet. Det är uppenbart att geodynamiska frågor inte beaktas i tillräcklig utsträckning även vid stora infrastrukturprojekt och att utökade FoU-insatser behövs. SGFs Markvibrationskommitté kommer under de närmaste åren att verka för en ökad förståelse av geodynamiska och markvibrationsfrågor. Detta planeras ske genom samarbete med andra organisation som

arbetar inom olika vibrationsområden (SVIB, SveBeFo, BK Bergsprängningskommittén och Pålkommisionen).

Markvibrationskommittén kommer också att arbeta för en uppdatering av svensk standard så att geologiska, geotekniska och bergtekniska frågor behandlas på ett korrekt sätt.

Slutsatser

SBUF projektet har möjliggjort en kartläggning av behov och intressen av olika aktörer som arbetar med sprängteknik i samband med anläggningsarbeten. Entreprenörer är nöjda med tillgängliga prognos- och kontrollmetoder men ställer sig principiellt positivt till FoU-insatser.

Tillverkare av mät- och analysystem, forskare och projektörer ser stora utvecklingsmöjligheter, förutsatt att beställare och myndigheter är villiga att kräva högre kvalitet och ställer större krav på projektörer och konsulter.

SGFs Markvibrationskommitté har som en av sina målsättningar att öka förståelsen för markvibrationsfrågor i samband med sprängningsarbeten. Det förväntas att de pågående och kommande tunnelprojekten i storstadsområden kommer att bidra till en ökad förståelse och kunskapsuppbyggnad. För dessa insatser behövs ökade forskningsresurser så att en fokuserad forskning kan bedrivas vid de tekniska högskolorna i samarbete med entreprenörer och konsulter. Det finns behov att optimera alla faser av sprängningsprojekten. Det är vår förhoppning att kunna samla beställare, myndigheter, entreprenörer och konsulter kring två målinriktade forskningsprojekt inom följande områden:

1. **Förbättrad prognosmodell för vibrationsutbredning:** Förbättrad prognosmodell för sprängningsinducerade vibrationer, där geologiska och geotekniska faktorer beaktas. Teoretiska prognosmodeller kalibreras med mätningar i samband med pågående projekt.
2. **Riskbedömning av skador på byggnader och underjordsanläggningar:** Analys av orsaken till skador på byggnader vid olika grundläggningsförhållanden – uppbyggnad av kunskapsdatabas. Detta arbete skulle kunna ligga till grund för en uppdatering av svensk standard.