

Kompressionsegenskaper hos sulfidjordar – *En fält- och laboratoriestudie av provbankar*

Projektet behandlar uppbyggnaden av två provbankar på sulfidjord vid SGI:s nya provfält i Lampen strax utanför Kalix. Huvudsyftet med arbetet var att förbättra kunskapen om sulfidjordars kompressionsegenskaper med fokus på krypegenskaper. Ett annat syfte var att etablera ett provfält med väl instrumenterade provbankar där sättningar och portryck kan följas upp under många årtionden. Arbetet med själva provbankarna har omfattat instrumentering och byggande samt mätningar av deformationer, porvattentryck och jordtemperaturer.

Bakgrund

Byggande i och på sulfidjord är förenat med utmaningar. Sulfidjord har som regel låg bärförmåga, är mycket sättningsbenägen och kan inverka negativt på miljön och konstruktionsmaterial vid felaktig hantering. Vid grundläggnings- och anläggningsarbeten eftersträvas, av miljö- och kostnadsskäl, som regel att använda sulfidjorden på plats istället för urgrävning. I Sverige finns sulfidjordar (tidigare kallad svartmocka) huvudsakligen i ett brett stråk längs norrlandskusten – från Gävle i söder till Haparanda i norr, det vill säga inom de områden där infrastrukturen nu byggs ut. Idag saknar branschen verktyg för att kunna prognosticera sättningar inklusive långtidssättningar i sulfidjord med rimlig tillförlitlighet. Sulfidjord består av en blandning av mineral, järnsulfider och organiskt material vilket ger dess egenartade geotekniska egenskaper. Sulfidjord avviker i egenskaper och mekaniskt beteende från andra finkorniga jordar. Detta gör att den nuvarande tillämpningen av modeller och utvärdering av parametrar anpassade för andra finkorniga jordar ofta kan ge missvisande resultat för sulfidjord.

Syfte

Det långsiktiga målet övergripande med projektet är huvudsakligen att:

- Väsentligt förbättra möjligheterna för branschen att i aktuella jordtyper (sulfidjordar) kunna förutsäga sättningsförloppet och de totala sättningarna för en geokonstruktion under dess livslängd.
- Genom ökad kunskap om sättningsparametrar och krypegenskaper hos aktuella jordtyper (sulfidjordar) underlätta valet av grundläggnings- och markförstärkningsmetod för järnvägar, vägar och andra konstruktioner.
- Skapa ett underlag för förbättrade möjligheter att underlätta funktionsentreprenader och optimering av investerings- och underhållskostnader.

Förväntad kunskap från detta projekt handlar i förlängningen om att ge entreprenörer ett bättre tekniskt underlag för att kunna bedöma och beräkna investerings- och underhållskostnader. Det handlar också om applicering av kunskap för funktionsentreprenader och livslängdstänkande. Rent tekniskt handlar det för en entreprenör om att öka kunskapen kring när sättningar uppstår samt hur man i förväg kan prognosticera dessa, och rent praktiskt exempelvis om behov av urgrävning eller förstärkningsåtgärder.

Beställare/byggherre får ökade möjligheter till tekniskt-ekonomiskt optimala lösningar avseende nybyggnation och underhållsåtgärder. Med bättre sättningsprognostisering kan behovet av eventuell grundförstärkning preciseras bättre och risker reduceras och kostnader optimeras. Förutsättningarna förbättras för en bättre funktionalitet och utökad livslängd hos konstruktioner. Konsulter/geokonstruktörer får väsentligt förbättrade verktyg för bestämning av sättningsparametrar och beräkning av långtidssättningar. Brukare av anläggningar och byggnader får förhoppningsvis i framtiden mindre problem med dålig transportkomfort och skador på fordon och byggnader.

Genomförande

Med stöd från SBUF, Trafikverket, SGI, LTU och projektet Haparandabanan har arbetet med provbankarna utförts av SGI i samarbete med Trafikverket (Haparandabanan) och LTU. Ett experimentellt underlag för sättningsberäkningar och kalibrering av beräkningsmodeller har tagits fram. Projektet har fokuserat på fältmätningar och fältundersökningar vid provbankarna i Lampen, kompletterat med laboratorieförsök för bestämning av kompressionsegenskaper med fokus på krypegenskaper och krypparametrar.

Resultat

Geotekniska fältundersökningar av sulfidjorden vid provfältet i Lampen har utförts vid ett flertal tillfällen. De har omfattat CPT-sondering, vingförsök, kolprovtagning, sticksondering, mätningar av portryck samt mätningar av jordtemperatur. Den lösa sulfidjordens mäktighet under provbankarna är 6 – 10 m och den underlagras av en morän.

Resultaten visar att *skrymdensiteten*, ρ , varierar mellan 1,39 – 1,56 ton/m³ från 2 m djup ned till 9 m djup under markytan, och är i medeltal cirka 1,45 ton/m³ genom jordprofilen ner till 8 m djup. *Vattenkvoten*, w_w , varierar mellan 77 – 124 % från 2 m djup ned till 9 m djup och är generellt något lägre jämfört med konflytgränsen, w_L , som varierar mellan 70 – 136 % på motsvarande djup, se figur 2. Lerhalten i sulfidjorden vid provområdet varierar mellan 25 – 36 %. Järnhalten i sulfidjorden varierar mellan 2,9 – 4,3 % och svavelhalten mellan 0,5 – 1,6 %. Den organiska halten bestämd genom kolanalys varierar mellan 2,7 – 5,1 %. Sulfidjorden vid provfältet i Lampen från 2 till 9 m djup har okulärt bedömts som en sulfidlera.

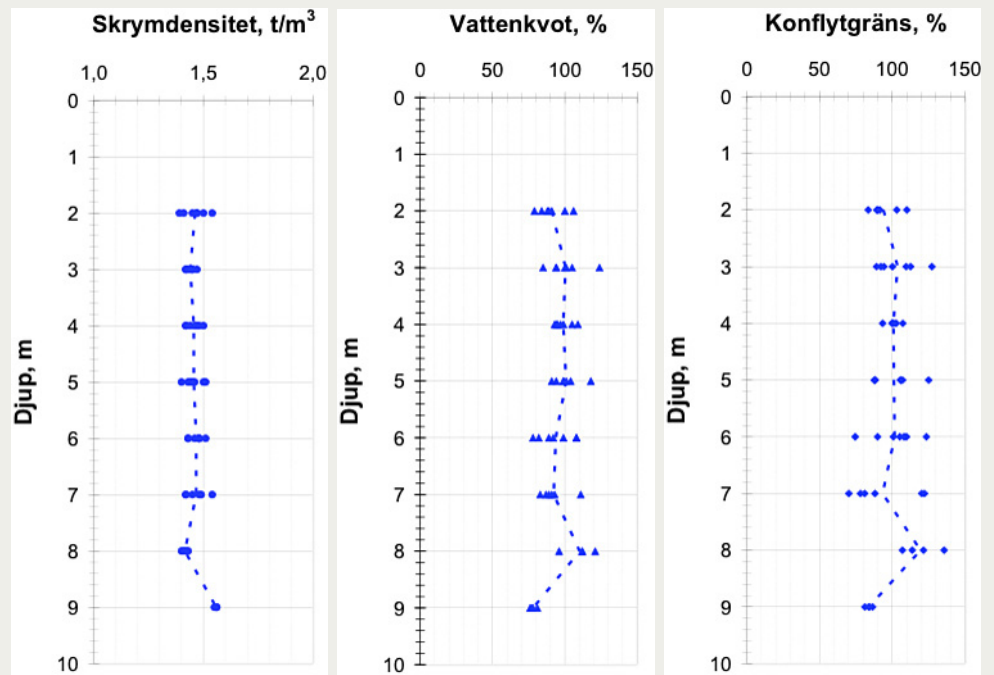
Medelvärde baserat på CRS-försök visar att förkonsolideringsstrycket på 2 m ned till 3 m djup är ungefär 35 kPa, och ökar därefter med cirka 2,5 kPa/m ned till djup 5 m och är då ungefär 40 kPa. Från 5 m djup och ned till 9 m djup ökar medelvärdet för förkonsolideringstrycket med cirka 5 kPa/m vilket innebär att förkonsolideringstrycket på 9 m djup är ungefär 60 kPa.

Slutsatser

Två provbankar, en med höjden 1,5 m (bank 2) och en med höjden 2,0 m (bank 1), har byggts vid provfältet i Lampen. Mätutrustningar har installerats för att mäta rörelser och portryck i den underliggande sulfidjorden. Byggnationen, installationen och mätningarna har överlag fungerat bra. Den uppmätta portrycksökningen i sulfidjorden orsakad av provbankarna är den förväntade och följer i princip de teorier som tidigare har tagits fram för lös lera. De utvärderade värdena på krypparametrarna från stegvisa ödometerförsök, $\alpha_{s,max}$ och $\beta_{u,s}$ som används vid sättningsberäk-



Figur 1. Lokalisering av provfältet, cirka 5 km utanför Kalix.



Figur 2. Densitet, vattenkvot och konflytgräns för sulfidjorden vid provfältet i Lampen.



Figur 5. Bank 1 vid färdigställandet av 1,5 m bankhöjd.

ningar, är för sulfidjordsprover från Lampen högre jämfört med de värden som anges för sulfidjordar i SGI information 13. Detta visar på betydelsen av att utföra stegvisa ödometerförsök för utvärdering av krypparametrar för aktuell lokal med sulfidjord i de fall då krypdeformationer är viktiga att beakta.

Ett omfattande experimentellt underlag från fält- och laborieförsök har tagits fram för framtiden avseende kompressionsegenskaper inklusive krypegenskaper hos aktuella typer av sulfidjordar med tillämpning på sättningsberäkningar av bankar. På provfältet i Lampen är planerat att under många år framöver följa upp rörelser (deformationer) och portryck i sulfidjorden orsakad av belastningen av provbankarna.

Möjligheten att under väl kontrollerade former kunna mäta och följa upp konstruktioners beteenden i stor skala i fält är en oumbärlig information och bland annat ett viktigt underlag för kalibrering av beräkningsmodeller inom geotekniken. Det finns en stor utvecklingspotential i Sverige för en ökad samverkan mellan infrastruktur- och byggprojekt och forskningsprojekt, i syfte att bland annat möjliggöra storskaliga mätningar och förstärka samhällsnyttan från forskningsprojekten.



Figur 6. Bank 1 byggs på med ytterligare 0,5 m moränmassor, och bankhöjden blir 2,0 m.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Mattias Andersson, SGI/LTU, tel 013-201888,

e-post: mattias.andersson@swedgeo.se

Bo Westerberg, projektledare, SGI/LTU, tel 013-201823,

e-post: bo.westerberg@swedgeo.se

Litteratur:

- Andersson, M. (2012). Kompressionsegenskaper hos sulfidjordar – En fält- och laboriestudie av provbankar. Licentiatuppsats, Avdelningen för Geoteknologi, Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser, Luleå: Luleå tekniska universitet. (http://pure.ltu.se/portal/files/39939194/Mattias_Andersson.Komplett.pdf)
- Andersson, M. och Westerberg, B. (2013). Etablering av provbankar på sulfidjord, Provfält en investering för. Artikel i Bygg & teknik nr:1 2013.
- Westerberg, B. och Andersson, M. (2013). A new test field in sulphide clay with test embankments for study of compression properties. Accepterad för publicering i proceedings i internationella konferensen 18th ICSMGE, Paris, 2-5 sept, 2013.

Internet:

www.swedgeo.se