

Kompetensuppbyggnad inom geoteknisk fältundersökningsteknik



Rapport till Byggrådet

2023-01-23

Torleif Dahlin

Bakgrund

Det finns kapacitetsproblem och bekymmer med kompetensförsörjningen på geotekniksidan i byggbranschen, vilket leder till att företag måste rekrytera över hela Europa och även i andra delar av världen för att kunna anställa kompetent personal. Branschen har vidare påtalat önskemål om bättre koppling mellan grundutbildning och forskning i geoteknik på LTH och praktisk tillämpning. Samtidigt finns det stark kompetens och praktisk erfarenhet kring fältundersökningar rörande geofysiska undersökningar, grundvattenhydrauliska undersökningar och borrhning i större skala på LTH.

De geotekniska fältundersökningsmetoderna som används rutinmässigt i Sverige är väl etablerade och standardiserade, men en del av metoderna upplevs av utförarna som otidsenliga och onödigt tidsödande i förhållande till den information de ger. Det finns därför uttalade önskemål om förnyelse och modernisering av metoderna. Vidare ger geoteknisk sondering och provtagning endast punktinformation, vilket kan leda till att man missar kritiska zoner mellan undersökningspunkterna. Geofysiska metoder ger å andra sidan kontinuerlig rumslig information, men inte de materialparametrar som är av primärt intresse för byggbranschen, utan det krävs relevanta referensdata i utvalda punkter för att kunna tolka de geofysiska resultaten med avseende på de egenskaper som efterfrågas. Det krävs med andra ord en smart kombination av metoder och ett kvalificerat tolkningsarbete. En annan begränsning hos de geofysiska metoder där mätningen sker från markytan är att osäkerheterna i resultaten ökar med ökande undersökningsdjup, vilket delvis kan hanteras genom att integrera referensdata i tolkningsprocessen. Genom att också mäta i borrhål och mellan borrhål och markyta kan man öka upplösningen och minska osäkerheterna på djupet.

Med en inledande geofysisk undersökning kan man få en bra helhetsbild av variation i materialegenskaper i ett undersökningsområde, och baserat på resultaten kan man designa ett optimerat undersökningsprogram med geoteknisk sondering, borrhning och provtagning. Resultatet kan sedan användas för att göra en förfinad tolkning av de geofysiska mätresultaten, och sedan använda de geofysiska modellerna för att interpolera och extrapolera de geotekniska egenskaper som efterfrågas. Detta är ett grannlaga arbete som kräver rätt kompetens samt erfarenhet, utöver att de data man baserar det på måste vara av tillräckligt god kvalitet och väl positionerade i förhållande till varandra. Genom att mäta geofysiska egenskaper med samma upplösning som de geotekniska parametrarna i utvalda punkter kan man etablera "tolkningsnycklar" för att korrelera geofysiska och geotekniska parametrar. Detta kan göras med hjälp av CPT-teknik (Cone Penetration Test som mäter spetstryck, mantelfriktion och portryck) utökad med CPT-R (CPT-Resistivitet) och SCPT (Seismisk CPT).

Syfte och avgränsningar

Syftet är att långsiktigt bygga upp och stärka kompetens och kapacitet kring geotekniska fältundersökningar för bestämning av geomaterialegenskaper, som underlag för ekonomiskt och långsiktigt hållbart byggande. Detta omfattar såväl planering och genomförande av undersökningar, som bearbetning, tolkning och redovisning av data från dessa. Vidmakthållande av sådan kompetens är viktig både för grundutbildning och forskning inom området.

Syftet är också att lägga grunden för forskning och utveckling av geoteknisk fältundersökningsteknik, liksom för demonstrationer och examensarbeten i grundutbildningen. Såväl enskilda sonderings-, borrhings- och provtagningsmetoder som integrerad undersökning med olika metoder ingår i detta. En viktig del är integrerad användning och tolkning av geofysiska metoder och geoteknisk sondering etc., där CPT-Resistivitet och Seismisk CPT är viktiga verktyg för korrelation mellan olika typer av egenskaper som underlag för integrerad tolkning. Metodik för mätning mellan sensorer i borrhål och i markytan, för bestämning av materialegenskaper, ingår också.

Omfattningen av projektet har reducerats i förhållande till ansökan och ursprunglig plan som följd av att den beviljade budgeten för projektet reducerades kraftigt. Det har också lett till att det har dragit ut på tiden som en följd av att det därmed av resursskäl varit nödvändigt att i högre grad koordinera projektets genomförande med andra aktiviteter.

Kortfattad beskrivning

WSP har donerat en begagnad geoteknisk borrhandsvagn av typ Geotech 604 till Teknisk geologi på LTH. Fakulteten har bidragit med medel för renovering och inköp av tillbehör inkluderande borrhåll, CPT-sond, CPT-Resistivitet (CPT-R), fältdator, etc., till den. Vidare har Carl Tryggers Stiftelse bidragit med medel för inköp av seismisk CPT (SCPT).

Vi har således en geoteknisk borrhandsvagn med tillbehör som öppnar nya möjligheter för kompetensförsörjning, forskning och utveckling kring geotekniska förundersökningar. Vi har dock saknat personalresurser för att arbeta med den som en följd av att den ingenjör som börjat lära upp sig i användningen av den har slutat. För att komma igång med att använda borrhandsvagnen på allvar, och samtidigt lägga grunden för långsiktigt arbete med forskning och utveckling har Simon Rejkjær lärts upp i användningen av den.

Simon är mycket lämplig för uppgiften med en gedigen teoretisk grund inom geologi och geofysik i kombination med enastående förmåga att genomföra fältundersökningar av god kvalitet i olika mer eller mindre krävande miljöer. Han har stor erfarenhet av geofysiska undersökningar, såväl fältmätning som bearbetning och tolkning av data, samt erfarenhet av geofysisk borrhållsloggning. Vidare har han medverkat som fältassistent vid borrhning med Riksriggen. Vi bedömde därför att han är väl lämpad för att hantera de praktiska aspekterna,

samtidigt som han är så teoretiskt kunnig och begåvad att han skulle kunna bli en nyckelperson i metodutveckling.

Organisation

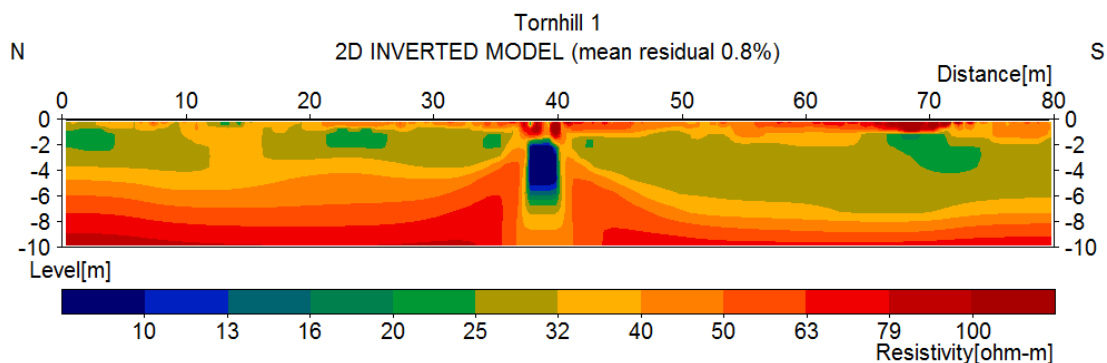
Simon Rejckjær är huvudsaklig utförare av projektet, med stöd från bland annat Jan-Erik Rosberg (borrning och provtagning), Matteo Rossi (seismik), Nils Rydén (geoteknik) och Torleif Dahlin (geofysiska metoder) vid Teknisk geologi, LTH, samt Erika Tudisco vid Geoteknik, LTH.

Genomförande

Inom projektet har det genomförts inskolning och upplärning rörande geoteknisk sondering, borrning och provtagning inklusive metodstandarder och praktiskt utförande. Detta har dels skett genom inläsning av bl.a. SGFs Fälthandbok och dels genom att gå bredvid i fält med erfarna fältgeotekniker (bl.a. med WSP som har donerat borrbandvagnen) i samband med att de utfört CPT-sondering och skruvprovtagning. Vidare har Simon gått SGFs Huvudkurs Fältgeoteknik del 1 och del 2.

Test och verifiering av funktionen för borrbandvagnen och alla tillbehör har skett i fältförrådet och ”på bakgården”, inklusive dataregistreringssystem med dator och programvara.

Ett område vid Tornhill i norra utkanten av Lund valdes som testokal baserat dels på att det finns god tillgång till arkivmaterial som referens, dels att det gav möjlighet till samarbete med geoteknikavdelningen på LTH. Vidare är det en fördel att det ligger på bekvämt avstånd från LTH för att passa som övningslokal. Det finns sedan tidigare resultat från ytgeofysiska mätningar med elektrisk resistivitetstomografi (ERT), seismisk refraktionstomografi (SRT) och ytvågsseismik att tillgå, vilket har kompletterats under 2022 (Figur 1).



Figur 1. Exempel på ERT-resultat från Tornhill. Avvikelsen i mitten av sektionen torde bero på kvarlämnade metallobjekt i marken från tidigare geotekniska försök på platsen.

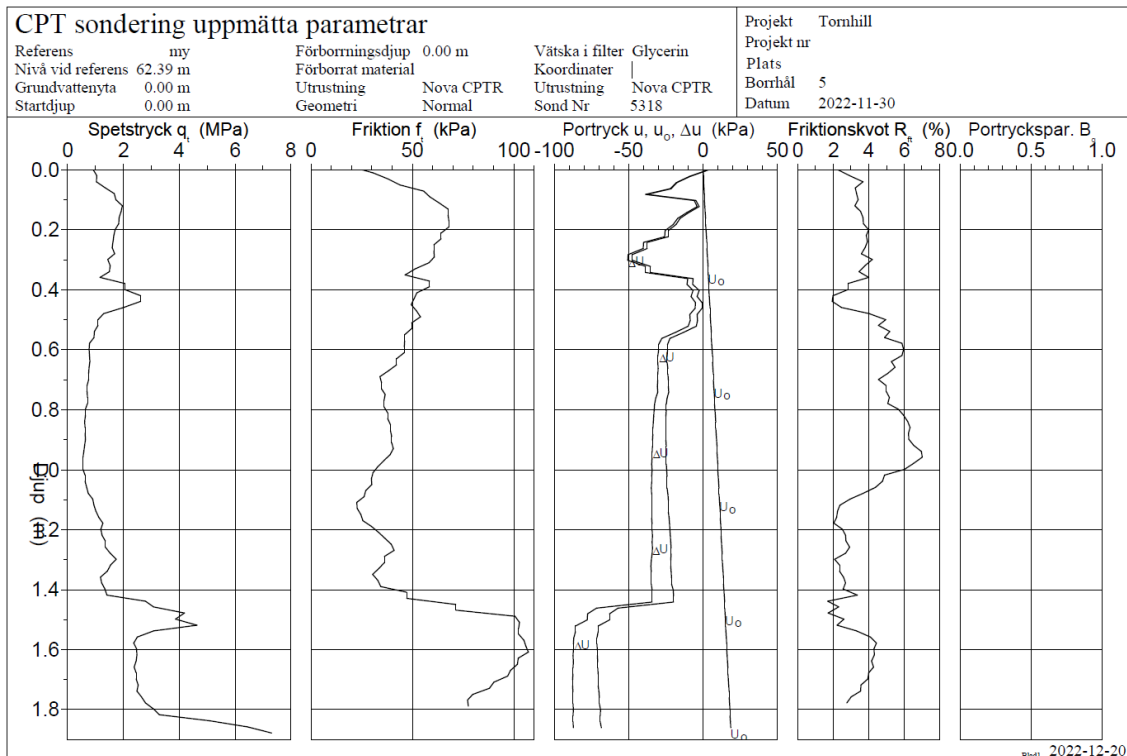
Baserat på geofysikresultaten valdes punkter ut för CPT-sondering inklusive CPT-R (Figur 3), åtföljt av skruvprovtagning av material i samma punkter (Figur 2; Tabell 1). Sammanlagt gjordes CPT-R och skruvprovtagning i 5 punkter. CPT-sonderingarna blev betydligt grundare än planerat och förväntat, och efter diskussion med geotekniker med erfarenhet från Skåne har det framkommit att det ofta är nödvändigt att förankra riggen i marken med hjälp av en eller två skruvar för att hindra att den lyfter sig och inte kommer djupare. Eftersom vi saknar sådan utrustning kommer vi att köpa in det inför nästa omgång tester.



Figur 2. Skruvprovtagning på Tornhill.

Tabell 1. Exempel på resultat från skruvprovtagning vid Tornhill.

Djup [m]	Material
0-0.35	Mull
0.35-1.15	Sandig lermorän, gråbrun
1.15-1.3	Siltig sand
1.3-1.85	Lermorän, gråbrun lerskiffer
1.85-3.20	Lermorän, grå. lerskiffer, kalk, fet skiffer grå- brun
3.20-5.30	Fin lermorän, grå, lerskiffer, kalk, gnejs
5.30-5.60	Sandig lermorän, grå
5.60-6.65	Sandig siltig lermorän



Figur 3. Exempel på resultat från CPT-sondering från Tornhill. Den fasta moränleran gjorde att det inte gick att komma djupare utan att förankra riggen i marken med en skruv (vilket vi inte hade förberett oss för).

Det visade sig att det inte gick att få några resultat med SCPT-proben på grund av att det saknades en anslutning i kontaktdonet som den ansluts via. Borrigen är för närvarande på service och uppgradering hos tillverkaren för åtgärd av bland annat detta.

Efter sammanställning, kvalitetskontroll och filtrering av sonderingsdata kommer samtolkning av resultat från sonderingarna göras med resultat från ytgeofysiska

undersökningar. Baserat på detta kommer ytterligare tester göras vid Tornhill i samarbete med Geoteknikavdelningen när borrhandsvagnen är tillbaka från service.

Planer för fortsatt arbete

SBUF har via Skanska beviljat finansiering till projektet "Integrerad förundersökningsteknik för kartläggning av dynamiska egenskapers rumsliga variation – Steg 1", och fortsatt arbete kommer delvis ske inom ramen för det projektet. Simon är antagen som doktorand i det projektet.

Borrhandsvagnen kommer att utnyttjas i flera andra projekt vid LTH. Bland dessa kan nämnas "Experimentell bestämning av dränerade egenskaper hos lermorän" vid Avdelningen för Geoteknik med finansiering från Trafikverket och SBUF, med vilket de inledande försöken på Tornhill genomfördes. Vidare kommer samarbete kring fältförsök ske med "REICOR - Rationella och effektiva markundersökningar för industrialiserat byggande av nya järnvägar" vid Teknisk geologi och Drönarlaboratoriet i Ljungbyhed med finansiering från Vinnova, SBUF och Trafikverket.