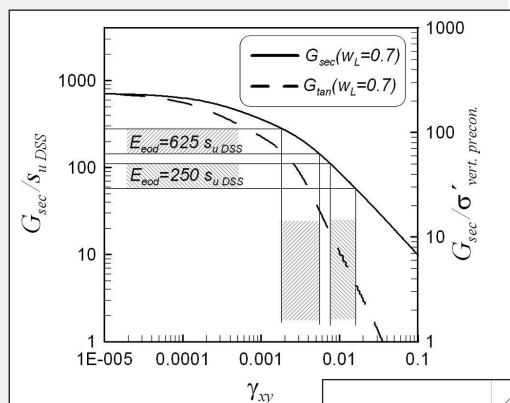
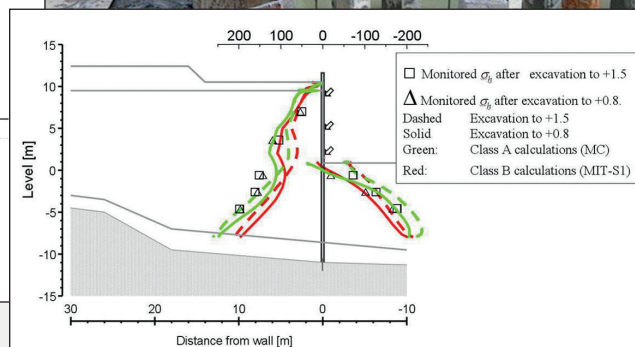
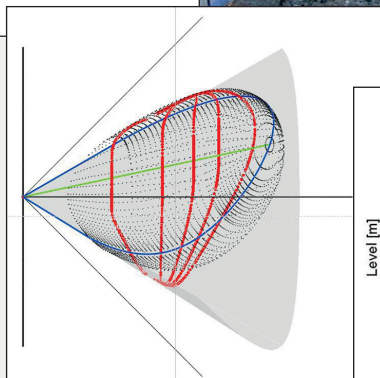


Omgivningspåverkan vid djupa schakter



Vid schaktningsarbeten i stadsmiljö kan stora markrörelser skada byggnader och konstruktioner. För att minimera rörelserna i omgivande jord används stödkonstruktioner som ger ett horisontellt stöd.



Detta projekt har behandlat olika metoder för att förutsäga jordrörelser i anslutning till djupa schakter i lös lera och vilka jordtryck som förväntas belasta stödkonstruktionen. Omfattande fältmätningar har genomförts vid de temporära schakterna i samband med anläggningsarbeten för Götatunneln i centrala Göteborg.

Beräkningar har genomförts för att studera olika möjligheter att förutsäga rörelser och laster samt för att tolka de fältresultat som erhållits. Dessa beräkningar har genomförts med icke-linjära finita element beräkningar (FE-beräkningar) med tre olika konstitutiva modeller.

Bakgrund

När djupa schakter utförs i stadsmiljö är det av stor vikt att kunna göra tillförlitliga prognoser av deformationerna inom och utanför schakten. Huvudsakligen behöver två frågeställningar klargöras:

- designen av den temporära eller permanenta stödkonstruktionen måste uppfylla samhällets krav på säkerhet.
- minimera eller förhindra skador orsakade av schaktningsarbeten på intilliggande konstruktioner.

En stödkonstruktion för djupa schakter i anslutning till befintliga konstruktioner utgör ett komplext system där interaktionen mellan jord och konstruktion påverkas av flera faktorer, till exempel materialegenskaper hos jord och stödkonstruktion, arbetsutförande och förhållanden i omgivningen. En av de mer komplexa faktorerna är att beskriva jordens beteende vilken påverkas av icke-linjär spännings/töjningsrespons, anisotropi, effekt av töjningshastighet och hysteres. Vanligen beaktas dock ett mindre antal av dessa faktorer när stödkonstruktioner för djupa schakter dimensioneras.

Syfte

Syftet har varit att fördjupa kunskapen om hur djupa schakter påverkar omgivningen och att belysa hur spänningsfält och deformationsmönster påverkas av schaktningsarbeten. Vidare har undersökts hur icke-linjära finita elementberäkningar (FE-metoder) kan användas.

Genomförande

Med stöd från SBUF, Skanska, Vägverket och VägBroTunnel har arbetet utförts av Anders Kullingsjö som ett doktorandprojekt vid Chalmers. Erfarenheter har utbytt med andra universitet, främst MIT (USA) men också med Imperial College (England) och NTNU (Norge).

En litteraturstudie har genomförts om bland annat:

- empiriska metoder för att prognostisera sättningar runt en schakt
- viktiga jordegenskaper för beräkning av deformationer och jordtryck
- olika sätt att beräkna jordtryck

Omfattande fältmätningar har utförts vid Götatunneln i kombination med avancerade laboratorieförsök. Olika modeller har använts för att beskriva jords beteende i kombination med FE-beräkningar, både i laboratorieskala och för djupa schakter. Tyngdpunkten har legat på att studera hur materialmodellen MIT-S1 fungerar och vilka olika typer av jordbeteende som kan beskrivas med en avancerad jordmodell.

De olika jordmodellerna har applicerats på typschakter där den relativa skillnaden mellan modelleringssätten kunnat belysas samt på beräkningar som jämförts med de fältmätningar som erhållits från Götatunneln.

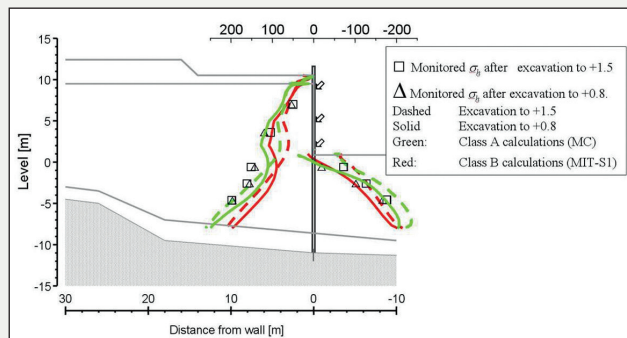
Resultat

Analys av fältmätningar och laboratorieundersökningar visar att det är viktigt att ta hänsyn till jordens spänningshistoria och hållfasthetsanisotropi vid FE-beräkningar. Området runt en schakt utsätts för olika belastningsfall vilket innebär att det är nödvändigt att studera inte bara hållfastheten utifrån ett belastningsfall utan för flera fall. Det är då nödvändigt att klargöra skjuvhållfastheten vid odränerad skjuvning, aktiv, passiv och direkt skjuvning.

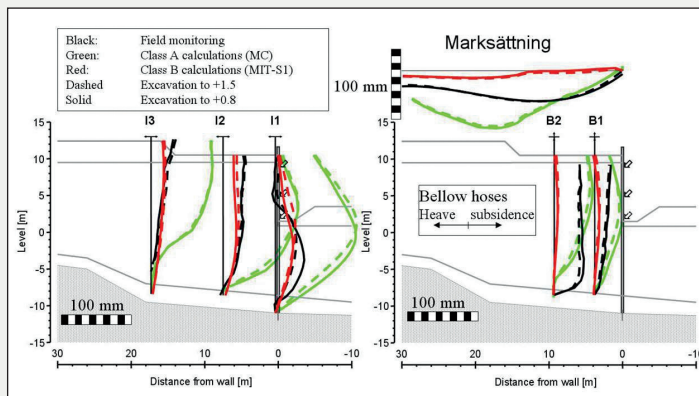
Beräkningar jämfört med fältmätningar

Figur 1 visar beräknade och uppmätta jordtryck kring sponten, "Class A" avser beräkning med den enkla materialmodellen PLEP-MC och "Class B" avser den mer avancerade modellen MIT-S1. Det är liten skillnaden mellan de bägge beräkningarna men beräkningen med den enklare jordmodellen verkar visa bättre överensstämmelse med uppmätta förhållanden än den mer avancerade beräkningen. Analyseras däremot varje enskild punkt i jordvolymen avseende exempelvis portryck som uppmätts visar den mer avancerade beräkningen ett bättre resultat. Det som verkar vara en bättre prognos av jordtryck är i själva verket en effekt av flera fel som sammantaget blir ett bra resultat.

Figur 1: Uppmätta jordtryck samt beräknade jordtryck.



Deformationerna redovisade i Figur 2 visar att den avancerade beräkningsmodellen är överlägsen den enkla. Den mer avancerade beräkningen förutsäger de uppmätta horisontella deformationerna med mycket god noggrannhet, medan den enklare modellen överskattar deformationerna med 300 %. Mätningar av de vertikala deformationerna visar att sandlagret har komprimerats cirka 4 cm. Denna rörelse uppkom i samband med stagborringen i området. Sådana rörelser är svåra att förutse och ingår inte i den numeriska modelleringen.



Figur 2: Uppmätta och beräknade horisontella deformationer (till vänster) respektive vertikala deformationer (till höger).

Slutsatser

Resultaten visar att det är en fördel med att använda FE-beräkningar i kombination med en avancerad jordmodell, till exempel MIT-S1, jämfört med att använda FE-metoden med en enkel beskrivning av jordens beteende. Beräkningarna visar också vikten av att jämföra beräkningsresultat med empiriska metoder för att uppskatta marksättningar vid schaktningsarbeten.

Fältmätningar visade också att deformationer inte enbart beror av jordens hållfasthet utan att deformationer också kan orsakas av aktiviteter på arbetsplatsen eller på grund av misstag eller bristande kunskap på arbetsplatsen. Det är därför viktigt med ett nära samarbete mellan arbetsplatsens personal och geotekniker.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Anders Kullingsjö, Skanska, tel 010 448 4225,
e-post: anders.kullingsjo@skanska.se

Litteratur:

- Effects of deep excavations in soft clay on the immediate surroundings – Analysis of the possibility to predict deformations and reactions against the retaining system. (Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers, Kullingsjö, A.)

Internet:

www.chalmers.se