

Etappvis schakt i lös lera med nyttjande av konsolspont och hammarband

I detta projekt har studerats konsolsponterns verknings sätt vid schaktarbeten med begränsad utbredning längs spontväggen. Studien omfattar primärt teoretiska analyser med hjälp av finita element-metoden, men även fältmätningar har utförts. En förbättrad analysstrategi har utvecklats och en förenklad beräkningsmodell, som minskar behovet av komplexa och tidskrävande analyser, föreslås.

Bakgrund

Schaktarbeten ska alltid utföras på ett sådant sätt att stabiliteten är tillfredställande. Vid måttliga schaktdjup i lös lera kombineras ofta etappvis (temporär) schakt med en konsolspont som förses med ett hammarband, vars syfte är att omfördela jordtrycket horisontellt. På detta sätt ökar det stabiliserande bidraget från den del av spontväggen som ligger strax intill, men inte mitt för, den lokalt djupare schaktetappen, samtidigt som de schaktinducerade rörelserna begränsas.

Framtagandet av en lämplig utformning av spontväggen, hammarbandet och den etappvisa schakten innehåller dock många osäkerheter och baseras ofta på tidigare personliga erfarenheter under mer eller mindre kontrollerade former.

Syfte

Målsättningen med projektets har varit att utveckla en metodik för lämplig utformning av stödkonstruktioner, i form av en konsolspont med hammarband, vid temporära schaktarbeten i lös lera. Härvid har syftet varit att utveckla en förenklad beräkningsmodell som medför att tidskrävande analyser med 3D-FEM (finita element-metoden med beaktande av tredimensionella geometrier och lastförutsättningar) i möjligaste mån kan undvikas eller reduceras. Således kan den i rapporten föreslagna beräkningsmodellen åtminstone användas vid inledande överslagsberäkningar.

Genomförande

Med stöd från SBUF, Trafikverket och Skanska Sverige utfördes inledningsvis (år 2009-2010) fältmätningar och analyser kopplade till Skanskas då pågående entreprenad "Bohus-Nödinge, E33" ingående i infrastrukturprojektet BanaVägiVäst. Mätningarna och vissa efterföljande teoretiska analyser utfördes inom ramen för ett examensarbete kopplat till Chalmers.

Vid genomförandet av examensarbetet konstaterades att dåtidens version av den nyttjade programvaran för 3D-FEM innehöll flera begränsningar som gjorde att den aktuella frågeställningen inte kunde analyseras på ett tillfredsställande sätt.

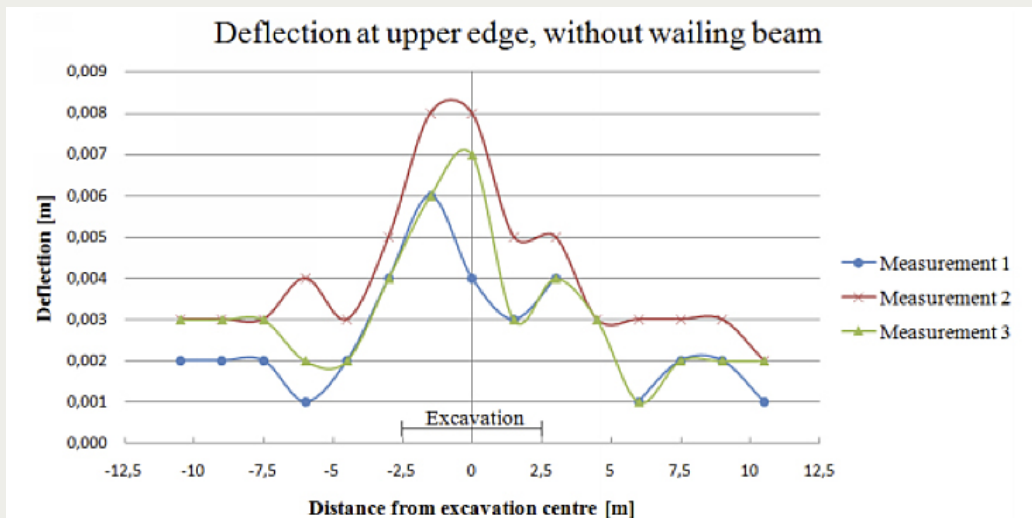
På senare år har dock programvaran förbättrats och förfinats, vilket våren 2018 möjliggjorde genomförande av systematiska FE-analyser. Vid dessa analyser modellerades ett antal scenarier som någorlunda efterliknar situationer som ofta råder vid nyttjandet av konsolspont i lös lera – åtminstone i de projekt som Skanska Teknik i Göteborg varit engagerade i under senare år. På basis av dessa analyser har en förenklad metod utvecklats, vilken minskar behovet av analyser med 3D-FEM.

Resultat

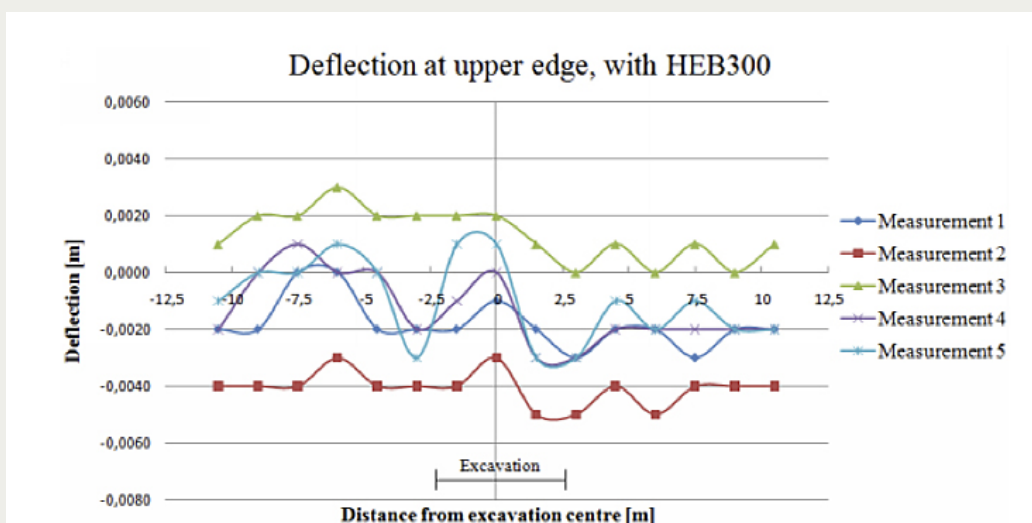
3D FE-analyserna fokuserade primärt på ULS (Ultimate Limit State / brottgränstillstånd) avseende såväl GEO (brott i jorden) som STR (brott i konstruktionselementen).

När det gäller ULS/GEO har en förenklad beräkningsmodell utvecklats som kan hantera "3D-effekten" genom att beakta dels förhållandena inom den kritiska delsträckan och dels förhållandena inom närliggande överstarka delsträckor. Detta genomfördes genom att "kalibrera" den antagna förenklade konceptuella beräkningsmodellen med 3D FE-analyser som modellerade drygt 30 förenklade, men realistiska, scenarier.

När det gäller ULS/STR konstaterades att lasteffekten i spontplankor, hammarband svetsar enligt 3D FE-analyserna är av sådan storleksordning att den sällan överstiger lastkapaciteten i normalt förekommande spontplankor, hammarband och i svetsar. Därför utfördes inga mer ingående studier i syfte att utveckla en förenklad beräkningsmodell som kan nyttjas för att optimera utformningen med hänsyn till ULS/STR.



Figur 1. Uppmätta horisontalrörelser vinkelrätt spontväggen vid entreprenaden "Bohus-Nödinge, E33". Övre bilden: Delsträckan utan hammarband. Undre bilden: Delsträckan med hammarband.

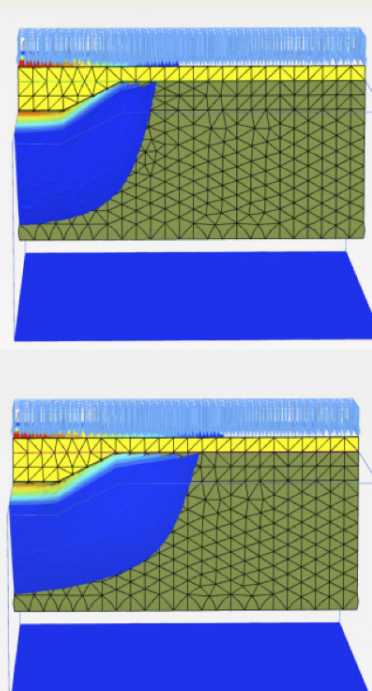


De ursprungliga planerna på att utveckla en förenklad beräkningsmodell avseende SLS (Serviceability Limit State / bruksgränstillstånd) skrinlades. Detta beror dels på att 3D-modelleringar är så tidskrävande att den geometriska modellen måste begränsas av "fiktiva randvillkor" som inte avspeglar de verkliga grundförhållandena (exempelvis lerans utbredning i djup och plan), dels på att de konstitutiva modeller som erfordras för att någorlunda efterlikna lerans spännings-töjningsrespons, vid fokus på SLS, är så komplexa att beräkningstiden blir påtaglig (även om man skulle nyttja "fiktiva randvillkor"). Såväl fältmätningarna som 3D FE-analyserna påvisar dock tydligt att ett kraftigt hammarband är en effektiv åtgärd om de schaktinducerade rörelserna behöver begränsas (självklart är en kortare schaktetapp en annan effektiv åtgärd).

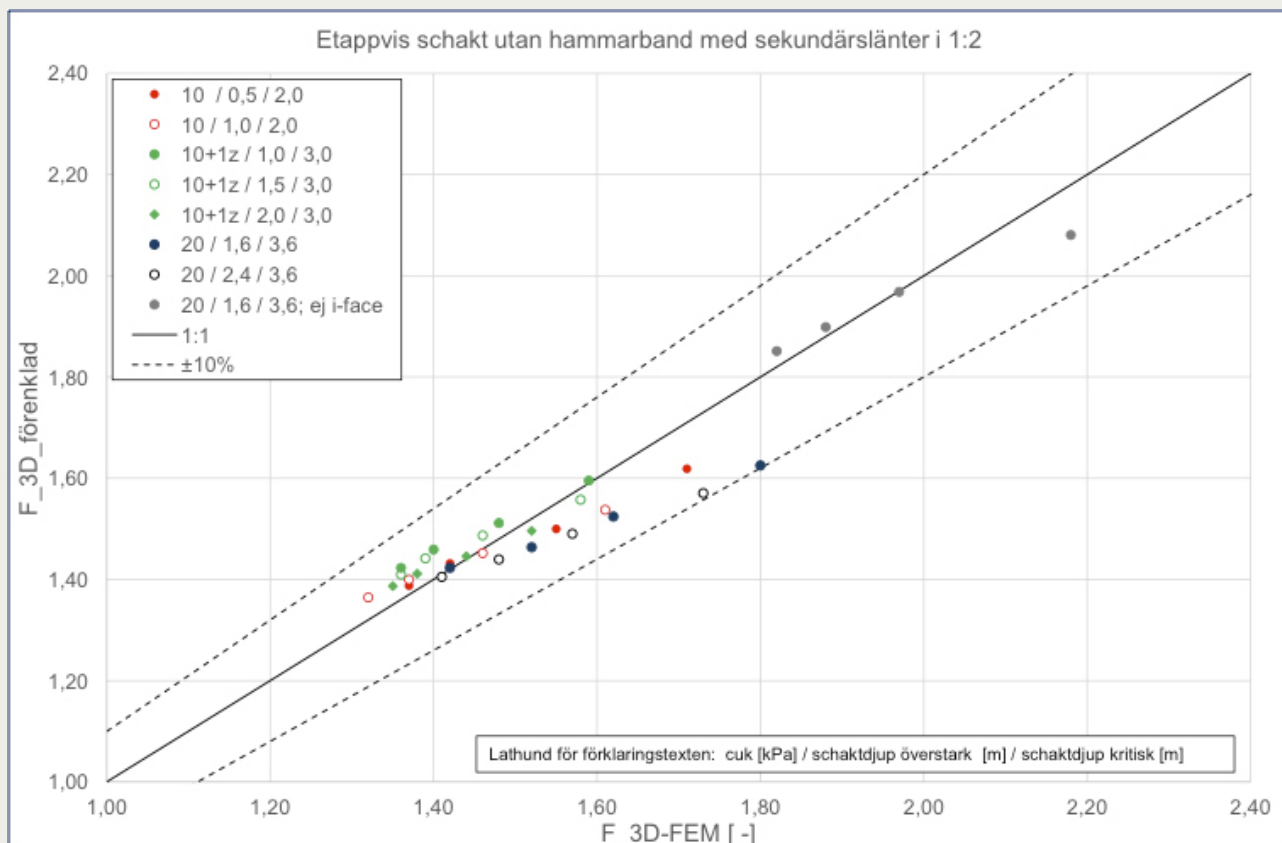
Slutsatser

De viktigaste erfarenheterna/slutsatserna från projektet är:

- De utförda fältmätningarna och analyserna med 3D-FEM påvisar tydligt att nyttjande av ett kraftigt hammarband leder till avsevärt minskade schaktinducerade rörelser.
- Det är viktigt att på ett korrekt sätt beakta spontväggens anisotropa deformations- och hållfasthetsegenskaper.



Figur 2. Exempel på brottmekanismens (ULS/GEO) utbredning vid analyser med 3D-FEM. Övre bilden: Utan hammarband. Undre bilden: Med hammarband.



Figur 3. Jämförelse mellan totalsäkerhetsfaktor (ULS/GEO) enligt 3D FE-analys och den föreslagna förenklade beräkningsmodellen.

- En förenklad beräkningsmodell för beaktande av "3D-effekter" har utvecklats med avseende på ULS/GEO. Förutsatt Säkerhetsklass 2 och nyttjande av ovannämnda förenklade beräkningsmodell är lasteffekten i stödkonstruktionen (ULS/STR) så begränsad att normalt förekommande spontplankor, hammarband och i svetsar mellan hammarbandet och spontplankorna kan användas.
- Om man inte beaktar den begränsade råheten spont/lera och vattenspalten på spontväggens aktivsida (vilket avviker ifrån svensk praxis) överskattas totalsäkerhetsfaktorn (ULS/GEO) påtagligt samtidigt som lasteffekten i stödkonstruktionen underskattas avsevärt.
- Det är önskvärt att helt undvika nyttjande av spont vid schaktarbeten. Inom ramen för det aktuella SBUF-projektet har begränsade studier utförts, bland annat med 3D-FEM, varvid konstaterats att dagens branschpraxis delvis är felaktig och dessutom troligen överskattar 3D-effekten när det gäller utformning av etappvis frischakt (slänter). Studierna antyder dock att en förenklad beräkningsmodell för ULS/GEO, likartad den modell som utvecklats för etappvis schakt inom konsolspont, bör ge tillfredsställande noggrannhet, men detta behöver studeras vidare.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Torbjörn Edstam, Skanska Sverige AB, tel 010-448 40 90,
e-post: torbjorn.edstam@skanska.se.

Litteratur:

- Etappvis schakt i lös lera med nyttjande av konsolspont och hammarband (Slutrapport, av Torbjörn Edstam, 38 sidor + bilagor) kan laddas ned från www.sbuf.se under projekt 12340.
- Persson, H. Sigström, D. (2010). Staged excavation in soft clay supported by a cantilever sheet pile wall - Numerical analysis and field measurements of the effect of using a wailing beam. Chalmers tekniska högskola. Institutionen för Bygg- och miljöteknik. GEO. Geologi och geoteknik. Examensarbete 2010:41.