

Progressiva skred i långsträckta naturliga slänter

Bakgrund

I Sverige och på andra håll i Skandinavien har ett antal omfattande skred i långsträckta slänter inträffat i samband med vad som i sammanhanget förefallit vara obetydliga mänskliga ingrepp, exempelvis vid Svärtaån (1938), Surte (1950), Rävskär (1971) och Tuve (1977). Detta har skett trots att de drabbade slänterna varit stabila under varierande hydrologiska betingelser under tusentals år innan skreden inträffat. Slutningen i Surte hade exempelvis varit stabil under sannolikt starkt varierande betingelser i tusentals år men gick ändå till brott i samband med ett mindre pålningsarbete för en villa i slutningens brantaste avsnitt. En dylik slänt kan, om man så vill, liknas vid en tidsinställd bomb, vars urverk tickar genom årtusendena.

Tidigare utredningar av skreden har baserats på modeller med ideal-plastiska deformationsegenskaper hos jordmaterialet. För att förklara skredens markanta utbredning över svagt slutande mark har brottsorsaken ofta tillskrivits extremt höga artesiska grundvattentryck och/eller hydrauliska brott i skikt av silt eller sand. Dessa brottmodeller är teoretiskt tänkbara men kan ändå ifrågasättas av flera skäl:

- Med undantag för Tuveskredet utlöstes skreden i direkt samband med byggnadstekniska aktiviteter.
- Under förutsättning att infiltrationsförhållandena ej på ett avgörande sätt förändrats genom mänskliga ingrepp är sannolikheten liten för att den avgörande skredorsaken enbart skulle sammanhålla med höga artesiska vattentryck eftersom, statistiskt sett, ogynnsammare hydrologiska betingelser bör ha förekommit många gånger i släntens tidigare historia.

- Utbredda och sammanhängande silt- eller sandskikt av det slag dessa brottmodeller förutsätter har inte med säkerhet kunnat påvisas i efterföljande undersökningar av skredområdena.
- Genomgående höga artesiska tryck eller porvattenövertryck av den storleksordning brottmodellerna förutsätter har heller ej dokumenterats.
- Hydrauliska brott genom skjuvning är på rent geotekniska grunder föga sannolika i jordlager som undergått avsevärda skjuvdeformationer genom krypning i samband med att slänterna successivt anpassat sig till de förändrade hydrologiska betingelserna på grund av landhöjningen under glacial och postglacial tid.

Detta utesluter dock inte att artesiska tryckförhållanden och lokala porvattenövertryck kan bidra till risken för och omfattningen hos skred. Det är vidare känt att stötar och vibrationer i samband med pålning, sprängning och jordpackning ofta utlöser progressiva skred och man tror att den bakomliggande faktorn är lokala hydrauliska brott som orsakar lastökning och deformationer. Om så är fallet har jordens deformationsmjuknande egenskaper betydelse vilket innebär att analysen, till skillnad från konventionell beräkningsmetodik, måste beakta deformationerna i den potentiellt instabila jordmassan.

Syfte

Syftet har varit att undersöka om spröda "dynamiska" progressiva brott kan inträffa i deformationsmjuknande lerjordar om resthållfastheten (c_R) i samband med deformationer av tilläggsbelast eller andra störningsfaktorer blir lägre än rådande in situ spänningar (τ_0).

Genomförande

Arbetet har bestått av tre uppgifter:

1. Att i en sammanfattande rapport redogöra för den teoretiska bakgrunden till den använda analysmetoden.
2. Att uppdatera och överföra tidigare utvecklad programvara i Basic till Windowsmiljö.
3. Att tillämpa den analytiska modellen på några väl dokumenterade jordskred för att utröna huruvida beräkningsresultaten motsvarar och förklarar händelseförloppen vid dessa skred.

Moment 1 har utförts av Congeo AB under det att moment 2 har verkställts av Skanska Teknik AB i samarbete med Skanska IT Solutions AB. Moment 3 har genomförts av Skanska Teknik AB i nära samarbete med Congeo AB.

Resultat

Delmomenten 1 och 3 har utmynnat i en licenti- atuppsats där det teoretiska underlaget för progressiv brottbildning och resultaten från utförda analyser av skreden vid Surte, Tuve och Tre- styckeavattnet redovisas.

Enligt uppsatsen visar sig progressiv brottana- lys kunna ge en bättre förklaring av de studera- de skredens utbredning över vidsträckta arealer av i det närmaste horisontell mark än vad som låter sig göras med konventionell analys baserad på ideal-plastiska modeller. Analysmetoden till- låter också att tidsfaktorns inverkan vid påföran- de av tilläggsbelastning kan beaktas. Det fram- hålls även att analysmetoden kan ge en rimlig uppfattning om vilka eventuella globala conse- kvenser en uppkommen lokal instabilitet i någon del av en slänt kan tänkas medföra. Något som är av stor betydelse i samband med kartering av skredrisk inom bebyggda områden.

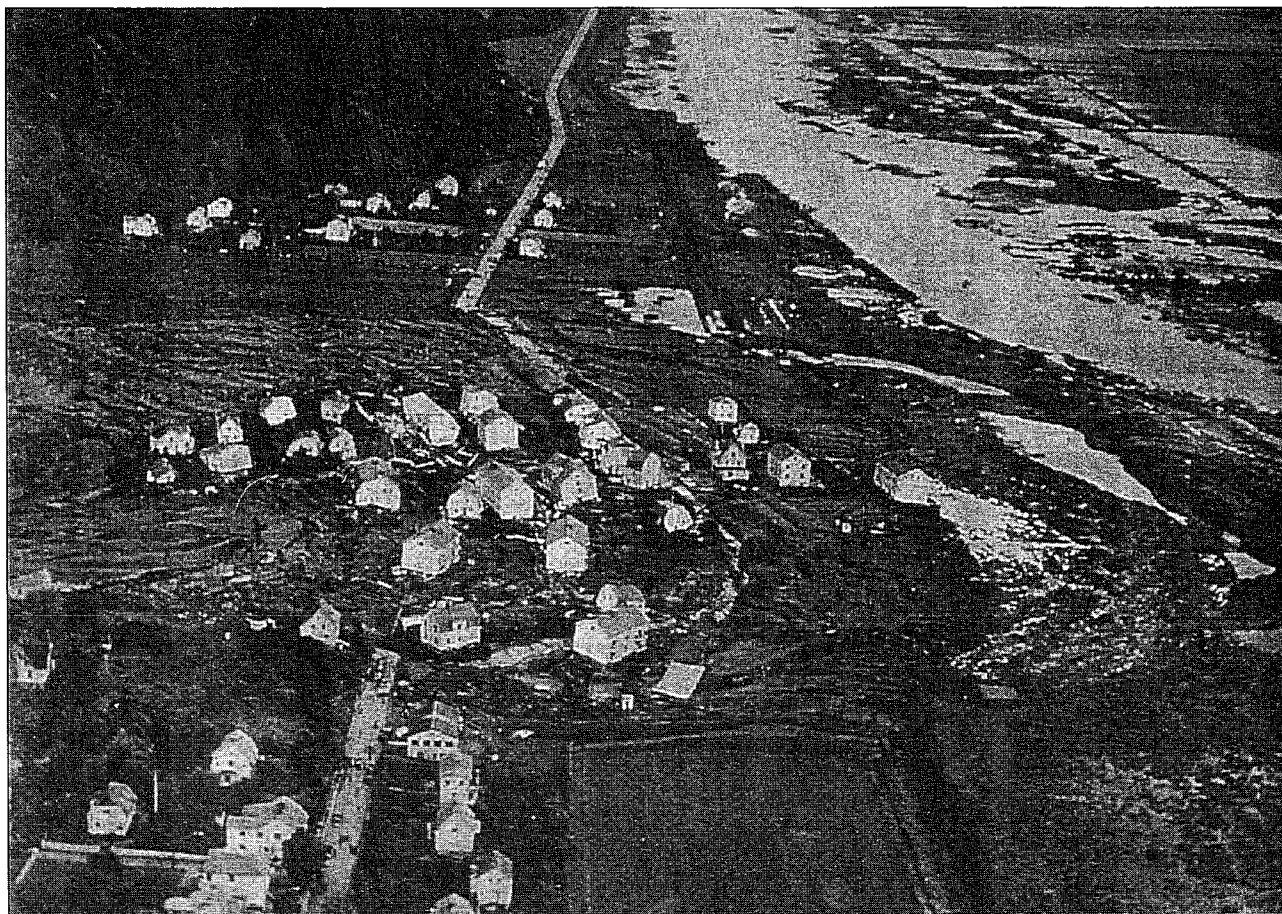
De analyser med beaktande av deformationer i jorden som utförts i projektet indikerar enligt uppsatsen att brottytan vid progressiva skred tenderar att utbildas i stort sett parallellt med lut- ningen hos fast botten vid homogena grundför- hållanden. Olikheter i sedimentskiktens samman-

sättning och portrycksfördelning kan förstärka denna tendens. Dessa resultat överensstämmer med observationer från Tuveskredet, där brott- ytan sträckte sig parallellt med fasta botten ned till ca 35 meters djup under markytan.

Resultaten från analyserna ger enligt uppsat- sen även en beskrivning av det kraftspel som kan uppkomma i samband med spänningsomlagring på grund av jordens deformationsmjuknande och som kan resultera i markbrott av det slag som inträffat vid de aktuella skreden. Vid Tuveskre- det omfattade till exempel den upp till 35 meter djupa passiva brottzonen en areal om ca 16 hek- tar.

I uppsatsen sägs slutligen att de utförda be- räkningarna visar att risk för spröda progressiva brott föreligger om jordens resthållfasthet i nå- gon del av en slänt vid någon tidpunkt kan kom- ma att understiga rådande skjuvspänningar in situ, det vill säga om $c_R < \tau_0$. Beaktande av jor- dens deformationsmjuknande medför att i de fall då c_R är mindre än τ_0 blir den påverkan som kan utlösa progressivt brott markant lägre än den som skulle erhållas enligt konventionella beräkning- ar. Det påpekas dock att i de flesta fall förblir rest- hållfastheten större än rådande skjuvspänningar in situ, det vill säga $c_R > \tau_0$. Detta tillstånd med- för en segare "statisk" brotttyp vid vilken över- ensstämmelse med konventionell ideal-plastisk analys inträffar för det gränfall då kvoten mel- lan resthållfasthet och maximal skjuvhållfasthet = 1.

Delmoment 2 har resulterat i den tilltänkta pro- gramvaran i Windows miljö (C++) och har an- vänts i samband med ovannämnda analyser av inträffade skred. Programmet finns tillgängligt för alla intressenter via Skanska IT Solutions AB.



Översiktsbild över skredet i Surte vid Göta älv cirka 10 kilometer norr om Göteborg.

Ytterligare information lämnas av
Ingmar Svensk eller Anders Hansson,
Skanska Teknik AB, tel 031-771 10 00, eller
av Stig Bernander, Congeo AB,
tel 031-87 11 04.

Licentiatuppsatsen **Progressive landslides
in long natural slopes** (Rapport 2000:16, av
Stig Bernander, 105 sidor exkl. bilagor, pris
exkl. moms 250 kr) kan beställas från Avd
för Konstruktionsteknik, Luleå Tekniska
Universitet,
tel 0920-913 63, fax 0920-919 13,
e-post carina.hannu@ce.luth.se.