

# **Avslutning: Projekt 11347 ”Statistisk dimensionering av stagförankrade konstruktioner i jord, Etapp 1- Licentiatarbete**

## **Bakgrund**

Kunskapen kring dimensionering av dragförankrade konstruktioner i jord är idag bristfällig. Ett sannolikhetsbaserat synsätt som korrekt kopplats till dagens sätt att dimensionera konstruktioner med partialkoefficienter saknas.

Det är viktigt att öka kunskapen och förståelsen inom branschen hur en mer kostnadseffektiv dimensionering kan göras med ett sannolikhetsbaserat synsätt. Erfarenheterna från tillämpningar av sannolikhetsbaserade dimensioneringsmetoder från andra områden är att man kan öka tillåtna lasten upp till 20 %.

Det finns ett stort behov av detta hos både projektörer och beställare inom branschen, speciellt i samband med dimensionering av dragförankrade sponter i stora infrastrukturprojekt men också i samband med dragförankring av master och andra konstruktioner. Metoden ger en möjlighet till nytänkande och flexibel design i framtida komplexa projekt.

Denna kunskap är synnerligen viktig inför de kommande infrastrukturprojekten där omfattande stagförankringsarbeten skall utföras (Citytunneln vid Malmö Central, Citybanan, Norra Länken, etc.). Med den nya kunskapen kommer man att kunna kostnads- och tidsoptimera användningen av stagförankrade konstruktioner.

I samband med anläggningsarbeten krävs ofta schaktning i jord som kräver någon form av förankring av konstruktioner i jord. Mycket stora kostnader läggs idag på temporär förankring av konstruktioner i jord och berg. Kostnaderna är i många fall onödigt höga till följd av en ofullständig, konservativ och deterministisk konstruktionsmodell.

## **Syfte**

Huvudsyftet med den pågående kunskapsuppbyggnaden vid KTH inom området genom adj. Professor Staffan Hintze, Skanska Teknik AB, är att stärka kompetensen för dimensionering av stagförankrade konstruktioner i jord. Syftet är också att skapa ett verktyg för att bättre säkerställa användning av ökade laster på dragförankrade konstruktioner med hjälp av ett bättre dimensioneringsverktyg.

Syftet med det utförda forskningsprojektet har varit att skapa en plattform för kommande forskning i etapp 2 som ska ge en bättre designmodell för dimensionering av stagförankrade konstruktioner i jord byggd på ett statistiskt/riskbaserat synsätt. Detta synsätt kommer att ge underlag för en mer verklighetsnära och en mer kostnadseffektiv dimensionering av stagförankrade konstruktioner i jord och berg.

## **Genomförande**

Forskningsstudien har omfattat ett arbete att kartlägga beteendet av jordankare och förankrade konstruktioner i jord. Arbetet omfattar litteraturstudie, experimentella försök samt FEM-beräkningar. Genomförandet har delats upp i följande faser:

### **Fas 1. Litteraturgenomgång**

Litteraturgenomgången i lic.-avhandlingen har omfattat en sammanställning av experimentella och teoretiska arbeten som har dokumenterats i litteraturen avseende beteendet av dragförankrade konstruktioner i jord. Denna sammanställning omfattar i huvudsak deterministiska erfarenheter. Den innehåller även erfarenheter från analytisk och numerisk (linjär och icke-linjär) analys.

### **Fas 2. Experimentella laborieförsök**

Fas 2 omfattar laborieförsök för den vidare numeriska och analytiska analysen. Detta arbete är viktigt för att kunna bestämma ”utdragskapaciteten” för stag i jord kopplade till uppmätta parametrar (relativ densitet, volymvikt, kohesion, inre friktionsvinkel och stagkapacitet).

### **Fas 3. FEM-beräkningar**

Resultatet från de experimentella försöken har använts för FEM beräkningar med Plaxis i syfte att beskriva beteendet hos den dragförankrade konstruktionen numeriskt.

## **Resultat**

Projektet har resulterat i en lic. avhandling ”Anchors in soils - preliminary studies” som presenteras på KTH den 8 juni av Civ. Ing. Zein-Eddine Merouani, KTH.

Licentiatrapporten omfattar 163 sidor. Utrednings- och sammanställningsarbetet har utförts av Civ. Ing. Zein-Eddine Merouani, KTH. Ansvarig för projektet och huvudhandledare för Merouani har varit Adj Professor Staffan Hintze, Skanska Teknik AB. Professor Håkan Stille har varit vetenskapligt stöd och rådgivare i projektet.

Projektet har även resulterat i en kunskapsuppbyggnad vid KTH och inom SBUF's medlemskrets genom seniorforskning av adj. Prof. Staffan Hintze, Skanska Teknik AB och Professor Håkan Stille, KTH.

Följande artiklar har publicerats (alt kommer att publiceras) genom SBUF-projekt 11347:

- Hintze S. & Merouani Z. (2003) “Risk Management of Södra Länken SL24: Reliability analysis of a sheet pile wall”, Reliability-Based Design and Optimisation RBO'03, 12 pages, 15-18 September 2003, Warsaw, Poland (*Details in internal report, div. soil & rock mechanics, October 2002*)
- Merouani Z. & Hintze S. (2004) “Uncertainties, risks and construction estimates in tunnelling projects”, Nordic Geotechnical Meeting, 16 pages, 19-21 May 2004, Ystad, Sweden
- Hintze S. & Merouani Z. (2004) “The observation method and the use of additional geotechnical information during construction”, Nordic Geotechnical Meeting, 13 pages, 19-21 May 2004, Ystad, Sweden
- Merouani Z. & Hintze S. (2004) “Statistical characterisation of homogeneous soils” 15<sup>th</sup> South East Asia Geotechnical Conference, 23-26 November 2004, 7 pages, Bangkok, Thailand (submitted)

- Merouani Z. & Davies T. G. (2004) "Incipient yield in a Mohr-Coulomb material loaded by an intrusion" 15<sup>th</sup> South East Asia Geotechnical Conference, 23-26 November 2004, 6 pages, Bangkok, Thailand (submitted)

Ett examensarbete har utförts i anslutning till projektet tillsammans med Vägverket Region Stockholm och Hercules Grundläggning, Norberg (2004) "Stabilisering av vägslänt med "Soil Nailing"

Presentation av forskningsresultaten har gjorts i den 15-18 september 2003 i Warszawa, Polen samt den 19-21 Maj 2004 vid Nordiska Geoteknikermötet i Ystad.

## **Resultatens praktiska och möjliga konsekvenser**

Resultatet av den forskning som utförts genom projekt 11194 har gett en värdefull plattform för en fortsatt utveckling av metoden som ger ekonomiska och tidsmässiga besparingar genom en mer verklighetsnära och mer kostnadseffektiv dimensionering av dragförankrade konstruktioner.

Kunskapen är synnerligen viktig inför de kommande infrastrukturprojekten där omfattande stagförankringsarbeten skall utföras (Citytunneln vid Malmö Central, Citybanan, Norra Länken, etc.). Med den nya kunskapen kommer man att kunna kostnads- och tidsoptimera användningen av stagförankrade konstruktioner. En fortsatt forskning inom området i kommande etapp 2 kommer att ge följande praktiska och möjliga konsekvenser:

- **Säkerhet i dimensioneringsmetod**

Användning av sannolikhetsbaserade metoder tillåter en bättre hantering av osäkerheter kopplade till jord och bergmekaniska förutsättningar. Konstruktören blir medveten om osäkerheter kopplade till beräkningsmetoden och indata till beräkningarna. I dagsläget hänvisas konstruktörerna till egna erfarenheter som ger konservativa och överdimensionerade system.

- **Ekonomi**

De ekonomiska förutsättningarna för att dimensionera kostnadseffektiva dragförankrade konstruktioner blir bättre. Dimensionering enligt ett sannolikhetsbaserat synsätt ger ett effektivt konstruktionsverktyg som tillåter ingenjörer och ansvariga chefer att få bättre underlag för beslut om åtgärder som påverkar säkerhet, ekonomi och omgivningspåverkan. Erfarenheterna från tillämpningar av sannolikhetsbaserade dimensioneringsmetoder från andra områden är att man kan öka tillåtna lasten upp till 20 %.

- **Omgivningspåverkan:**

Rörelser och kollaps av konstruktioner i jord och berg leder ofta till höga kostnader för skador och kan ge allvarliga miljöproblem. Storleken på skada innebär ofta att det krävs en relativt stor insats för att reparera skadan. Många typer av skador kan inte ens repareras. Allt fler konstruktioner läggs idag i djupa schakter och det ökar behovet för bättre kunskaper och säkrare dimensioneringsverktyg.