

# La modellazione geotecnica 3D oggi espande le proprie frontiere

## *L'evoluzione scientifica e tecnologica disponibile con investimenti accessibili*

Marco Carni, Ingegnere - Ce.A.S. s.rl. Milano

All'inizio del secolo scorso Terzaghi, universalmente riconosciuto come il padre della geotecnica moderna, gettava le basi per quella che, nel corso dei decenni successivi, sarebbe diventata una disciplina fondamentale nell'ambito dell'Ingegneria Civile.

Nel corso degli anni, lo studio della meccanica dei terreni sciolti e delle rocce si è evoluto e diversificato, di pari passo con i miglioramenti tecnologici degli strumenti a disposizione degli ingegneri civili di tutto il mondo.

In particolare, negli ultimi vent'anni, i miglioramenti dei computer e delle workstation, di sempre maggior diffusione, hanno fornito a ricercatori e progettisti la strumentazione per evolvere e ottimizzare il calcolo geotecnico.

La complessità e variabilità della descrizione del comportamento dei materiali coinvolti, unitamente alle difficoltà nel realizzare facilmente campagne geognostiche e indagini in sito o in laboratorio complete ed esaurienti, hanno da sempre "frenato" il progettista nello studio dei problemi geotecnici.

Con l'avvento dei codici di calcolo, dalla fine degli anni 80, sono stati fatti grossi passi in avanti in questa direzione: lo studio dell'iterazione terreno-struttura e la previsione del comportamento tenso-deformativo del terreno sono, ad oggi, all'ordine del giorno per qualsiasi professionista coinvolto nella progettazione in ambito geotecnico.

Dall'approccio di trave su suolo elastico, su cui, ancora oggi, si basano diversi software per lo studio di opere di sostegno flessibili, passando per un approccio bidimensionale (a stato di deformazione piano, a stato di sforzo piano, oppure in assialsimmetria) in grado di cogliere, già con un buon grado di approssimazione, problematiche specifiche (subsidenze superficiali, stabilità di versanti, deformabilità di opere di sostegno o studio di sezioni di opere in sotterraneo), si è giunti a progettare con la frontiera del calcolo geotecnico: l'approccio tridimensionale.

Negli anni passati, la semplificazione bidimensionale (Metodo agli Elementi Finiti, Metodo alle Differenze Finite, Metodo degli Elementi Discontinui) ha trovato grande diffusione tra i progettisti di tutto il mondo, per una serie di motivi, tra cui, non ultima, la possibilità di confrontare i risultati delle simulazioni numeriche con approcci di letteratura, ad esempio formule empiriche, con le quali l'ingegnere validava le proprie simulazioni.

La diffusione di tale approccio tradizionale, ha portato il calcolo geotecnico ad un livello più alto: in quest'ottica si pongono, ad esempio, i nuovi metodi di studio delle stabilità dei versanti (Metodo di riduzione delle resistenze) che stanno di fatto integrando ed andranno rapidamente a sostituire i metodi all'equilibrio limite classici (metodi dei conci), oppure gli studi del calcolo accoppiato idraulico-meccanico (consolidazione primaria e secondaria, regime di filtrazione).

Da alcuni anni a questa parte, la disciplina geotecnica si è evoluta ulteriormente, intraprendendo, con decisione, la strada della completa modellazione tridimensionale dei problemi.

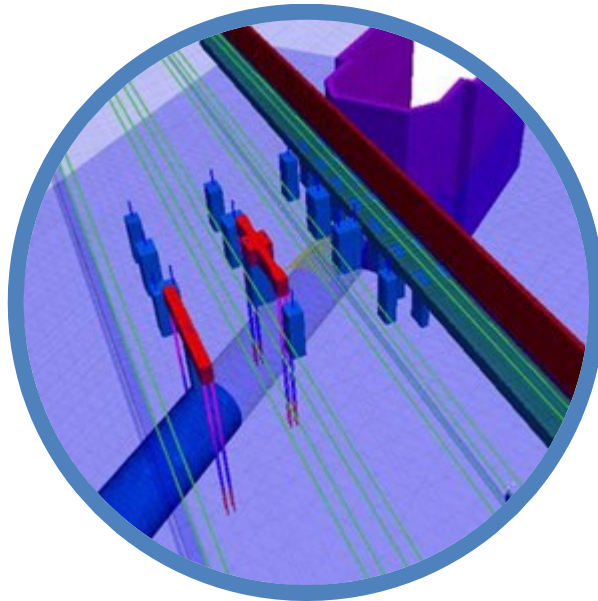


Figura 1 Particolare di modello 3D di sottosuolo, con interferenza di strutture esistenti

Come è ovvio, il problema principale incontrato con questo nuovo approccio riguarda(va) la modellazione geometrica (o creazione della mesh) del problema in esame.

Le dimensioni del modello, il grado di dettaglio degli elementi da adottare, la simulazione per fasi della realizzazione dell'opera, la caratterizzazione fisicamente corretta dei materiali coinvolti, la stratigrafia, il comportamento della falda acquifera: tutte queste tematiche sono le nuove sfide di oggi.

La diffusione dei codici di calcolo in 3 dimensioni, tra cui Flac3D (Itasca Consulting Group, Minneapolis US), ha aperto le porte verso questo nuovo approccio tridimensionale.

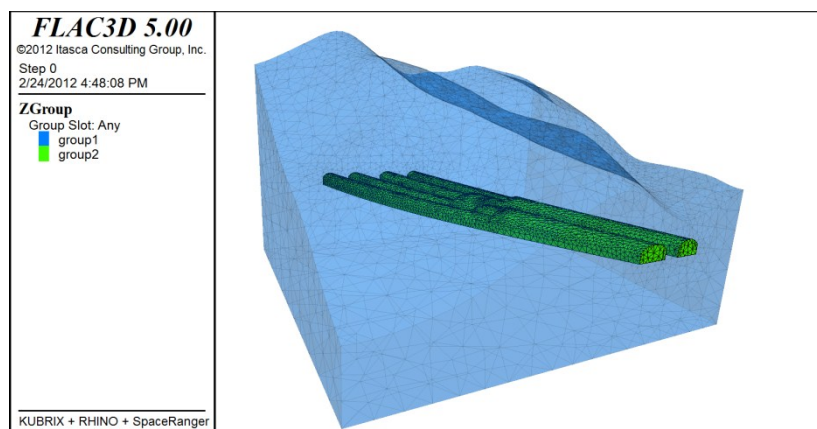


Figura 2 Il calcolo geotecnico con Flac3D

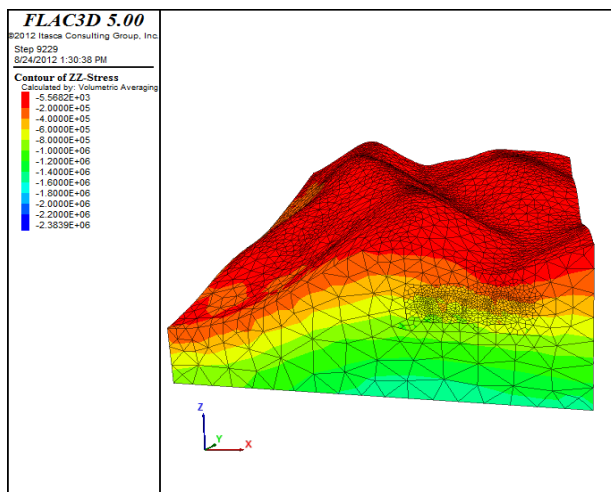


Figura 3 I risultati del calcolo con Flac3D

La potenza dei computer più recenti, le pressochè illimitate possibilità di personalizzazione dei modelli (ad esempio tramite il linguaggio FISH, disponibile per tutti i codici Itasca), una sostanzialmente riduzione dei costi dei software e modellatori geometrici sempre più performanti (tra cui, ad esempio, Rhinoceros – Robert McNeel & Associates), hanno dato e stanno dando un sostanziale contributo all’evoluzione scientifica della geotecnica, sia nel campo della ricerca, sia in quello della progettazione.

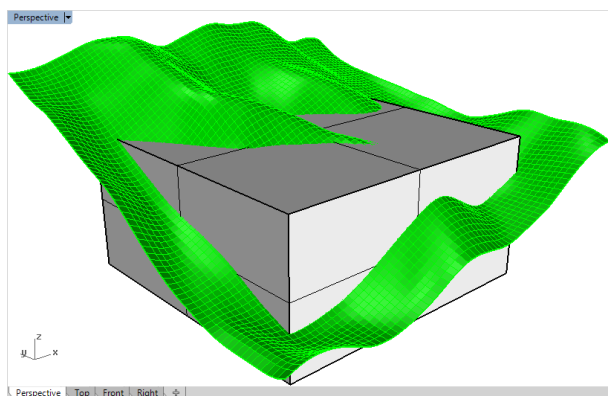


Figura 4 Importazione della superficie topografica in Rhinoceros

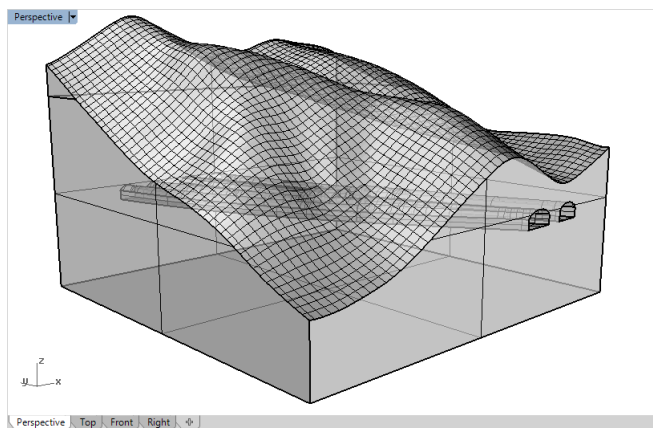


Figura 5 La modellazione geometrica in Rhinoceros

Itasca Consulting Group, ad esempio, da più di trent'anni, impegnata in prima linea in ambito accademico, per lo sviluppo e l'approfondimento dello studio dei problemi geotecnici, e nell'ambito della progettazione, delle consulenze e dello sviluppo di software per l'ingegneria civile tra i più diffusi a livello mondiale nell'ambito della coltivazione di miniere, di perforazioni petrolifere, di fondazioni di piattaforme offshore, scavi in ambito urbano, scavi in roccia, di opere di ingegneria civile più tradizionali.

Nuove sfide attendono gli ingegneri civili: lo sviluppo demografico dei grandi centri urbani, unito ad un uso intensivo del suolo, ha, di fatto, posto l'accento sull'importanza di sfruttare il sottosuolo per la creazione di nuovi spazi adibiti al trasposto e alla circolazione urbana di merci e persone, con un grado sempre più elevato di complessità ingegneristica, basti pensare alle nuove linee metropolitane di Milano.

La grande mole di dati riguardanti le strutture esistenti, le intersezioni con altre opere e i dati del sottosuolo sono oggi gestibili molto più facilmente, anche nell'ottica di una progettazione integrata con metodologia BIM, che già trova grande diffusione per quanto riguarda la parte strutturale, impiantistica e infrastrutturale e che sta diffondendosi anche in ambito geotecnico.

Gli strumenti sono ora disponibili per tutti: interfacce grafiche sempre più efficienti, un costante sviluppo scientifico dei modelli costitutivi o dei metodi implementati dai software, la competenza e l'affidabilità degli sviluppatori garantiscono un futuro all'ingegneria geotecnica.

Questa è una sfida che gli ingegneri civili italiani, da sempre tra i migliori e più richiesti al mondo, sapranno cogliere e vincere.