

## **FEA Slope 2.0 – 2015 – Analisi geotecnica dei pendii**

### **Perché un algoritmo F.E.M.?**

L'evoluzione delle teorie e degli strumenti di calcolo automatizzato ha permesso decenni or sono l'introduzione delle tecnologie numeriche agli Elementi Finiti (in grado di definire soluzioni esatte a tutti gli effetti) anche nella trattazione dei problemi della Geotecnica.

Le soluzioni approssimate garantite dai tradizionali metodi "semplificati" sono semplici valutazioni di confidenza rispetto alle moderne soluzioni numeriche, giustificate molto più da una vera e propria inerzia culturale che da reali limiti computazionali.

Nei fatti, la maggioranza dei metodi di calcolo approssimati considera superfici di rottura del pendio unicamente di forma circolare, mentre pochi metodi considerano superfici qualsiasi, ma non determinano quella di minore resistenza.

**I metodi FEM evidenziano invece la soluzione, avente il massimo grado di probabilità, quella che semplicemente discende dai dati immessi.**

**Le analisi sismiche tradizionali, anche con i metodi pseudostatici, non sono del tutto affidabili, perché assumono accelerazioni costanti in tutto il pendio e solo secondo la componente orizzontale. In questo non sono allenate con le moderne indicazioni e comunque non rispettano le NTC 2008.**

**I metodi FEM affrontano la problematica senza ambiguità, possono introdurre tutti i correttivi previsti dalla legislazione, determinano campi di sforzi/deformazioni ben definiti sia per accelerazioni orizzontali, sia verticali, sia per eventuale combinazione delle due situazioni.**

Tenuto conto del fatto **che l'input per calcolo agli Elementi Finiti è pratico e semplice quanto quello per i metodi tradizionali**, la differenza sostanziale risiede nella volontà da parte dell'Utente di cogliere una **sperimentata innovazione**.

### **IL METODO AGLI ELEMENTI FINITI**

FEA – Slope è un innovativo programma per l'analisi di stabilità dei pendii basato su un sofisticato e solido algoritmo di Analisi agli Elementi Finiti (F.E.A.).

Il pendio viene schematizzato in elementi piani a otto nodi, dotati ciascuno di caratteristiche geometriche e geotecniche peculiari.

Le caratteristiche geotecniche sono definite in termini di coesione, attrito interno, dilatanza, coefficiente di Poisson e modulo di Young.

Il modello geotecnico del terreno in fase di rottura del pendio comporta una funzione di superamento del collasso di tipo non associato, interpretata secondo una teoria di comportamento visco - plastico.

**L'analisi geotecnica di collasso è condotta:**

- nei terreni secondo il criterio di Mohr – Coulomb generalizzato

- nelle rocce secondo il criterio di Hoek-Brown

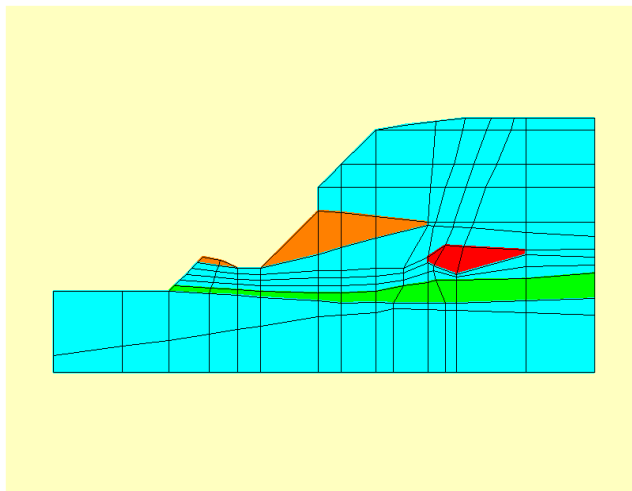
**e fornisce una serie di importanti dati di output:**

- il coefficiente di sicurezza contro la "rottura" del pendio

- la geometria esatta del movimento franoso, con ricostruzione puntuale del fenomeno di scivolamento (superfici complesse e soprattutto non aprioristicamente lineari / circolari)

- la possibilità di prevedere in modo incrementale i movimenti di avvicinamento al collasso del pendio, con riscontro qualitativo / quantitativo in sito mediante strumentazione geotecnica

- una tomografia della funzione di collasso secondo il criterio di Mohr – Coulomb, con individuazione delle masse di terreno soggette a instabilizzazione già nelle prime fasi del processo franoso e fino alla rottura del pendio.



**La geometria** del problema è definita mediante l'input assistito di punti, elementi quadrangolari singoli o intere sottomesh di elementi finiti. **Sono ammessi elementi singoli triangolari.**

**Le condizioni della falda freatica** vengono introdotte sia tenendo conto della saturazione dei terreni, sia considerando il regime di sforzi (totali / efficaci) da considerare nella soluzione del problema.

**L'analisi sismica** è condotta con possibilità di inserire campi di accelerazioni orizzontali in eventuale contemporaneità con accelerazioni verticali, queste ultime dirette sia verso il basso sia verso l'alto. In questo modo vengono ottemperate le più recenti Normative sia Nazionali che Comunitarie.

Inoltre è possibile introdurre campi di accelerazioni sismiche variabili con la profondità, seguendo le prescrizioni di normativa (coefficiente  $S_T$  previsto dalle NTC 2008, Tab. 3.2.VI).

**L'approccio computerizzato è implementato in ambiente MS Windows e richiama la parametrizzazione usuale per questo genere di problemi.** Per ogni tipo di suolo sono considerati i tradizionali parametri di resistenza al taglio e quelli di deformabilità e dilatanza tipici dell'analisi agli Elementi Finiti, mediante finestre di dialogo chiare e sintetiche.

Alle basilari funzioni di input e salvataggio, si affiancano funzioni di interrogazione degli Elementi Finiti, valutazione preliminare della mesh di calcolo, modifica delle condizioni sia intrinseche (parametrizzazione, falda), sia esterne e al contorno (vincoli, sovraccarichi, sisma).

**La manualistica di riferimento** riporta in maniera chiara e operativa le modalità con le quali ricavare tutti i parametri geotecnici necessari. Sono indicati per la caratterizzazione gli usuali metodi geognostici: sondaggi geotecnici, prove penetrometriche in suoli granulari e prove di laboratorio sulle argille.

**L' algoritmo risolutivo è di tipo iterativo e si basa sulla combinazione della meccanica agli elementi finiti con la teoria della viscoplasticità, con applicazione del metodo SRF (Strength Reduction Factor) per la definizione del fattore di sicurezza del pendio.**

In una prima fase si verifica la stabilità del pendio nelle condizioni "iniziali" risultanti dai dati geotecnici e di campagna.

Successivamente i dati di resistenza dei terreni vengono divisi per una serie di coefficienti di sicurezza, via via crescenti, ripetendo il calcolo F.E.M. viscoplastico fino a quando, a causa della diminuzione introdotta dal coefficiente di sicurezza in uso in quel preciso step di calcolo, il pendio non risulta più stabile.

Il **collasso del pendio** nel suo insieme risulta da una sommatoria di singoli elementi plasticizzati, abbastanza estesa da formare una superficie di scivolamento

Il pendio si considera complessivamente collassato quando dopo un congruo numero di iterazioni (suggerite almeno 500) le calcolazioni non convergono, ovvero la redistribuzione delle sollecitazioni al collasso non ha termine.

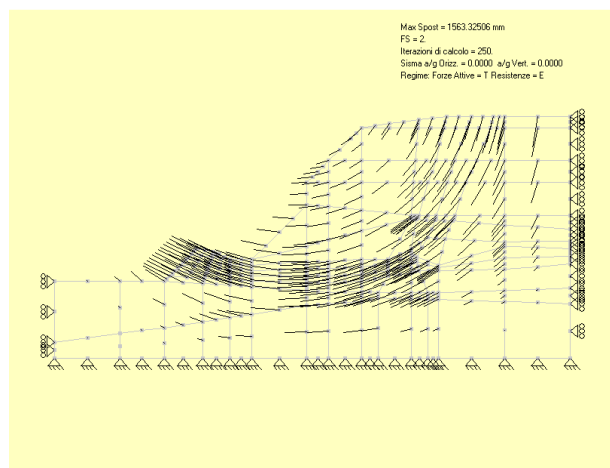
Il coefficiente di sicurezza  $F_s$  (determinato con il metodo SRF – Strength Reduction Factor) immediatamente precedente al collasso è quindi assunto come quello effettivo del pendio.

### **AMBIENTE DI SVILUPPO E CARATTERISTICHE DELL'HARDWARE**

FEA Slope è concepito per l'utilizzo in ambiente Windows.

L'installazione avviene con una procedura guidata ed è protetta con una chiave hardware USB.

E' consigliato un computer con processore Intel I3 o superiore ad almeno 1.6 GHz, 4 GB di memoria Ram, porta USB e una scheda grafica.



**Autore:**

**Dr. Ing. Angelo Silvio Rabuffetti – Milano**

[www.finconitalia.it](http://www.finconitalia.it)

[www.terrainsoft.net](http://www.terrainsoft.net)

