

**Titolo della tesi:** Confronto fra verifiche di stabilità in 3D e 2D con metodo FEM

**Tipo di Laurea:** Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

**Sessione di Laurea:** Gennaio

**Anno accademico:** 2014/2015

**Nome Candidato:** Flaminia Guerrieri

**Matricola:** 1395856

**Relatore:** Prof. Ing. Quintilio Napoleoni

**SSD Relatore:** ICAR/07

In questo elaborato si è voluto affrontare il tema, in campo bidimensionale e tridimensionale, della stabilità dei pendii mediante il metodo agli elementi finiti (FEM, *Finite Element Method*). Nella pratica progettuale, per lo studio della stabilità dei pendii, si fa usualmente riferimento a software basati sull'analisi all'equilibrio limite globale (LEM, *Limit Equilibrium Method*) in quanto offrono una soluzione ormai consolidata nel tempo e condivisa dalla maggior parte dei progettisti. Tuttavia attualmente stanno prendendo sempre più piede, sia nel campo della ricerca che della progettazione, i metodi di risoluzione fondati sull'analisi agli elementi finiti grazie al fatto che consentono di trattare ogni tipo di problema geotecnico senza ricorrere a semplificazioni troppo restrittive circa la geometria e il comportamento del materiale.

Per tale ragione si è deciso dapprima di approfondire l'argomento dei metodi all'equilibrio limite globale e successivamente di trattare in dettaglio il tema dell'analisi agli elementi finiti con l'obiettivo di mettere in luce gli aspetti positivi e le criticità sia dei LEM che del FEM (Cap.2).

Dopo aver messo in evidenza le differenze tra GLE e FEM, si approfondirà il tema della stabilità dei pendii in ambito bidimensionale mediante il metodo FEM (Cap.3). L'obiettivo in questo caso è quello di capire quali siano i fattori, sia numerici che fisici, che governano l'analisi agli elementi finiti per riuscire a costruire un modello che rappresenti il più possibile la situazione reale.

Nel Cap.4 è stato affrontato lo studio della stabilità dei pendii in ambito tridimensionale stavolta con l'obiettivo di valutare se l'analisi di stabilità sviluppata mediante un modello bidimensionale risulti essere cautelativa rispetto all'analisi basata su un modello tridimensionale: in fase di progettazione infatti si preferisce utilizzare un modello 2D sia perché è più facile da implementare sia perché l'onere computazionale è notevolmente ridotto rispetto a un modello 3D.

In ultima analisi, ci si è posti il problema di studiare quale sia l'effetto che la curvatura del versante ha sulla stabilità dello stesso, è il caso ad esempio di argini che si sviluppano lungo i

meandri che il corso d'acqua tende a formare. Generalmente il corso d'acqua non segue sempre un tratto rettilineo: man mano che procede verso valle tende a formare dei meandri caratterizzati da due anse successive del fiume, che, nell'insieme, presentano una forma a "S". Data la presenza dei meandri bisogna interrogarsi su come varia la stabilità dell'argine in questi punti singolari rispetto al tratto rettilineo; ovvero occorre studiare la stabilità delle anse e valutare se la progettazione basata su un approccio bidimensionale (o un tridimensionale "estruso") risulti essere conservativa oppure sia necessario introdurre nel modello 3D tali punti di curvatura dell'argine e quindi realizzare un modello 3D completo.

Dal confronto tra i metodi GLE e il metodo FEM è emerso che la soluzione offerta da un metodo FEM è intrinsecamente più robusta e potente rispetto a quella fornita da un metodo GLE i cui risultati dipendono fortemente dalla conoscenza che l'utente possiede riguardo le possibili superfici di scivolamento e del problema geotecnico in generale. Infatti, mentre nell'implementazione dei GLE l'utente deve ipotizzare a priori una superficie di scorrimento rispetto alla quale eseguire l'analisi di stabilità, utilizzando l'approccio FEM ciò non è necessario poiché il metodo ricerca autonomamente il meccanismo di collasso più critico. Si è visto anche come nel caso di presenza di eterogeneità, la soluzione (in termini di  $F_s$ ) fornita dai metodi GLE può essere fuorviante se non si ha un'idea chiara del meccanismo di collasso che si verificherà.

Per valutare l'effetto che la curvatura del versante ha sulla stabilità dello stesso sono stati costruiti due modelli di argine che si sviluppano lungo i meandri fluviali: uno con un'apertura di  $90^\circ$  e l'altro con un angolo di  $135^\circ$  sempre nell'ipotesi che il materiale sia omogeneo e isotropo (nel caso in esame essendo un rilevato artificiale tale ipotesi è da ritenersi valida) e si è ricercato il coefficiente di sicurezza sia per la sponda concava che per la sponda convessa. Dai risultati ottenuti si evince che l'effetto della curvatura nella sponda concava è quello di rendere l'argine più stabile (produce un incremento di  $F_s$  del 15-20%) sia per un'apertura di  $90^\circ$  che di  $135^\circ$  mentre nella sponda convessa la curvatura non ha una influenza rilevante sulla stabilità poiché sia per  $90^\circ$  che per  $135^\circ$  il coefficiente di sicurezza rimane prossimo a quello del modello 3D rettilineo "estruso". Pertanto è ragionevole affermare che lo schema bidimensionale offre una soluzione più conservativa rispetto alle altre per cui conviene rifarsi ad un approccio 2D senza scomodare un modello 3D.