

## **ABBATTIMENTO CON ESPLOSIVO DI UN MASSO ROCCIOSO PERICOLANTE**

### **SU STRADA AD INTENSO FLUSSO DI TRAFFICO**

***Atti del 2° Convegno Nazionale EXPLO 2002 di Esplosivistica Generale  
(Napoli ITA – 09/2002)***

**a cura di ing. Claudia Chiappino e Stefano Scaini**

Analizziamo in questa sede la problematica dell'abbattimento con esplosivo di un masso roccioso pericolante calata in un ambiente particolare il quale richieda, pertanto, specifiche procedure di sicurezza "attive". Per procedure di sicurezza "passive" intendiamo tutti quegli accorgimenti, tecnici e non, che vengono seguiti ed attuati durante le fasi operative sul luogo dell'intervento, mentre parlando di procedure "attive" facciamo esplicito riferimento allo studio avvenuto a monte delle operazioni con funzioni e finalità di previsione e prevenzione. Ad oggi la metodologia d'intervento prevede che venga eseguito il rilievo dimensionale e morfologico della massa rocciosa con analisi delle fratture principali, il dimensionamento ed il posizionamento delle cariche, l'approntamento di opere di difesa passiva e di tutte le procedure di sicurezza individuate. Lo studio e la ricerca si stanno però muovendo verso nuove direzioni che in futuro saranno in grado di creare parametri utili alla migliore definizione di tutti gli aspetti legati a questa metodologia d'intervento. In tal senso si deve inquadrare il lavoro di Dario Bozzolo e Renato Pamini al LFT e presso l'IST-SUPSI, cioè l'Istituto Scienze della Terra di Lugano (CH), i quali hanno sviluppato sin dagli anni 80 un modello matematico

denominato SASS, capace di simulare il moto dei massi su un profilo di terreno. Il modello presenta peraltro il vantaggio di poter essere costantemente aggiornato su piattaforme Open VMS (AXP).

Il masso è rappresentato mediante un corpo rigido ellissoidale di forma variabile avente tre differenti assi (a,b,c) ed un volume fissato prima di ogni simulazione. Il pendio è discretizzato mediante tratti rettilinei aventi caratteristiche fisiche dipendenti dallo stato geologico e morfologico riscontrate sul terreno (modello bidimensionale). Il modello descrive in modo accurato le fasi di scivolamento, di rotolamento, d'impatto e di volo del masso. Di ogni masso sono calcolati i parametri cinematici (velocità, frequenza di rotazione ed altezza di volo), le rispettive energie cinetiche e di rotazione, i punti d'arresto lungo il pendio e di conseguenza le rispettive distanze di "runout". I risultati sono visualizzabili anche graficamente mediante traiettorie ed istogrammi e la genesi spaziale del distacco può essere associata ad un punto fisso del pendio oppure confinata ad una zona prescelta.

Passiamo ora ad una breve analisi dei fenomeni fisicamente descritti dal modello, elencando i punti salienti e le considerazioni fondamentali fatte per arrivare al loro sviluppo.

- **SCIVOLAMENTO**

Normalmente lo scivolamento si verifica nella fase iniziale e finale del moto. In questo caso la forza d'attrito è proporzionale alla forza normale ed il masso si arresta lungo il tratto considerato solamente se  $E_c < \Delta U_g - L_a$ .

- **ROTOCOLAMENTO**

Questo fenomeno si riferisce al caso di successione di salti e rimbalzi o rotolamento con scivolamento del punto di contatto. Il fenomeno del rotolamento, fase in cui il masso acquista energia di rotazione, può essere simulato come uno scivolamento ma con un coefficiente decisamente inferiore (  $\mu_r < \mu_s$  ).

- **SALTO**

La resistenza dell'aria presenta valori pressoché trascurabili (  $\cong 2\%$  del peso ) e la traiettoria di volo è quindi una parabola. Il modello SASS calcola il punto d'impatto del baricentro del masso con il pendio, la velocità, la frequenza di rotazione e l'energia del masso.

- **PUNTO D'IMPATTO**

Il modello MASSI è una versione implementata ed aggiornata del modello SASS per poter calcolare l'esatto punto d'impatto dell'ellissoide in analisi.

- **RIMBALZO**

Il fenomeno del rimbalzo è la fase più problematica da affrontare ed in merito ad esso sono state fatte due ipotesi :

1. Zona d'urto puntiforme
2. L'asse orizzontale passante per il punto di contatto si comporta come asse momentaneo di rotazione

Da ciò ne consegue che il momento della quantità di moto rispetto a tale punto si conserva. Trattandosi di urto anelastico, si calcola il valore minimo di  $\eta$  affinché il momento della quantità di moto angolare si conservi e si assume poi per il calcolo  $\eta \geq \eta(\text{min.})$ . Nel caso in cui la componente verticale della velocità del masso dopo l'impatto dovesse risultare negativa, il masso eseguirebbe un doppio rimbalzo. Come posizione relativa del masso rispetto al pendio viene assunta quella del masso al momento dell'intersezione del baricentro con il pendio e durante il volo si tiene conto della rotazione effettiva del masso. Per quanto riguarda il valore di pendenza locale del tratto d'impatto, esso si sceglie casualmente con probabilità uniforme. Qualora invece dovesse verificarsi un urto su pendio soffice, non varrebbe più l'ipotesi dell'urto puntiforme e ne conseguirebbe la mancata conservazione del momento della quantità di moto. Questo caso si risolve introducendo un coefficiente di restituzione del momento della quantità di moto  $\varepsilon$  (correlato a  $\eta$ ) analogo a quello per l'energia ed un valore  $\eta(\text{max.})$  per l'energia riferito ad ogni tratto di pendio. Per il calcolo si assume poi  $\eta = \text{MIN} [ \eta(\text{min.}), \eta(\text{max.}) ]$  e, nel caso in cui  $\eta = \eta(\text{max.})$ , ci troveremo di fronte al caso di un contatto con deformazione.

Il programma SASS fornisce, oltre a rappresentazioni grafiche, informazioni mediante istogrammi delle velocità, delle frequenze di rotazione, delle altezze di volo e delle energie. E' inoltre in grado di visualizzare tabulati relativi a dati cinematici dettagliati e a valori energetici. Al termine della simulazione della caduta dei massi lungo il profilo discretizzato, il modello è in grado di fornire anche, se interrogato, un plot delle traiettorie e dei punti d'arresto dei massi.

Da tutto ciò si evince quanto sia utile il modello matematico nel caso in cui si voglia determinare la probabilità di arrivo di massi in un dato punto del pendio al fine di predisporre, come il nostro caso impone, particolari procedure di sicurezza. Inutile dire che, per fornire informazioni sufficientemente attendibili, il modello matematico necessita di un'accurata analisi parametrica associata ad una calibrazione il più precisa possibile. Lo sviluppo del modello da noi descritto non è ancora in grado, a nostro avviso, di poter essere applicato in senso assoluto alla risoluzione di problematiche assimilabili a quella sopradescritta. Le indicazioni da esso evidenziate rappresentano comunque un valido contributo al miglioramento del "modus operandi" al quale ogni tecnico dovrebbe naturalmente tendere.