



# STABILITÀ DEI PENDII E DEI FRONTI DI SCAVO IN ROCCIA

Paola Gattinoni  
Enrico Pizzarotti  
Elisabetta Scattolini  
Laura Scesi

## CAPITOLO 1 Introduzione

- 1.1 Definizione di movimento franoso ..... 11
- 1.2 Principali cause di instabilità ..... 12
- 1.3 Metodi e procedure d'analisi per il riconoscimento e la caratterizzazione dei movimenti franosi ..... 13

## CAPITOLO 2 Classificazione delle frane

- 2.1 Introduzione ..... 17
- 2.2 Frane di crollo ..... 18
- 2.3 Frane di ribaltamento ..... 19
- 2.4 Frane di scivolamento planare ..... 20
- 2.5 Frane di scivolamento rotazionale ..... 21
- 2.6 Frane per colamento ..... 22
- 2.7 Frane per espansione laterale ..... 23
- 2.8 Frane complesse e composite ..... 24
- 2.9 Le deformazioni gravitative profonde di versante DGPV ..... 25

## CAPITOLO 3 Indagini da eseguire in aree potenzialmente instabili

- 3.1 Introduzione ..... 29
- 3.2 Rilievi di superficie ..... 29
  - 3.2.1 Definizione dell'assetto litostratigrafico e strutturale dell'ammasso roccioso ..... 30
  - 3.2.2 Definizione della forma e dell'estensione dei dissesti ..... 31
  - 3.2.3 Definizione dei cinematismi ..... 34
- 3.3 Indagini profonde ..... 36

## CAPITOLO 4 Rappresentazione grafica dei dati

- 4.1 Le carte e le sezioni geologiche ..... 41
- 4.2 Le carte geomorfologiche ..... 42
- 4.3 Le carte piezometriche e idrogeologiche ..... 43
- 4.4 Le proiezioni stereografiche ..... 45

## CAPITOLO 5 La circolazione idrica nelle rocce

- 5.1 Introduzione ..... 53
- 5.2 Gli acquiferi ..... 54
- 5.3 Determinazione della permeabilità negli ammassi rocciosi tramite rilevamento geologico-strutturale ..... 56
- 5.4 Determinazione della permeabilità negli ammassi rocciosi tramite prove in sito ..... 61

- 5.5 Determinazione della rete di flusso e delle pressioni idrostatiche negli ammassi rocciosi e relativa influenza sulla stabilità ..... 62

## **CAPITOLO 6 Caratterizzazioni geomeccaniche**

- 6.1 Introduzione ..... 65
- 6.2 Resistenza del materiale roccia ..... 65
- 6.3 Resistenza delle discontinuità ..... 72
  - 6.3.1 Il criterio di Patton ..... 72
  - 6.3.2 La relazione di Barton ..... 74
  - 6.3.3 Il criterio Ladany e Archambault ..... 76
- 6.4 Resistenza dell'ammasso roccioso ..... 77
  - 6.4.1 Classificazioni geomeccaniche ..... 77
  - 6.4.2 Criteri di rottura empirici o semiempirici:  
il criterio di rottura di Hoek e Brown ..... 87
  - 6.4.3 Back analysis ..... 92
- 6.5 Quale resistenza governa la stabilità di un pendio? ..... 93

## **CAPITOLO 7 Analisi di stabilità: considerazioni generali**

- 7.1 Generalità ..... 95
- 7.2 Metodi di analisi ..... 95
  - 7.2.1 Metodi all'equilibrio limite ..... 95
  - 7.2.2 Metodi numerici ..... 96
- 7.3 Analisi delle cause scatenanti ..... 97
  - 7.3.1 Influenza dell'acqua sull'equilibrio di un pendio indefinito ..... 98
- 7.4 Approccio statistico ..... 103

## **CAPITOLO 8 Analisi di stabilità per scivolamenti planari**

- 8.1 Introduzione ..... 111
- 8.2 Scivolamento di un blocco isolato ..... 111
- 8.3 Scivolamento di un cuneo intatto lungo una superficie piana ..... 113
  - 8.3.1 Influenza delle fratture di trazione ..... 115
  - 8.3.2 Inclinazione critica della superficie di rottura ..... 119
  - 8.3.3 Influenza dello scalzamento al piede (under cutting) ..... 120
- 8.4 Scivolamento lungo una superficie a gradini ..... 121
- 8.5 Scivolamento di due blocchi lungo una superficie piana ..... 122

## **CAPITOLO 9 Analisi di stabilità per scivolamenti a cuneo**

- 9.1 Introduzione ..... 125
- 9.2 Analisi frizionale in condizioni asciutte ..... 126
- 9.3 Analisi in presenza di coesione ed acqua ..... 132

## CAPITOLO 10 Analisi di stabilità per scivolamenti rotazionali

• 10.1 Introduzione .....	135
• 10.2 Analisi in condizioni non drenate per materiali omogenei .....	135
• 10.3 Analisi in condizioni drenate per materiali omogenei .....	137
• 10.4 Analisi per casi complessi .....	141

## CAPITOLO 11 Analisi di stabilità per ribaltamento

• 11.1 Introduzione .....	145
• 11.2 Analisi di stabilità al ribaltamento .....	145

## CAPITOLO 12 Rotture flessionali

• 12.1 Introduzione .....	151
• 12.2 Instabilità flessionale di una lastra piana .....	151
• 12.3 Instabilità flessionale di una lastra piana a tre cerniere .....	153
• 12.4 Instabilità flessionale di una lastra curva a tre cerniere .....	156

## CAPITOLO 13 Cinematismi legati a frane di crollo

• 13.1 Introduzione .....	159
• 13.2 La dinamica del fenomeno .....	159
• 13.3 Le cause del distacco .....	160
• 13.4 Caduta libera .....	162
• 13.5 Impatto e rimbalzo .....	164
• 13.6 Rotolamento e scivolamento .....	166
• 13.7 Distribuzione statistica dei crolli .....	167
• 13.8 Metodi empirici per la valutazione del rischio di crolli .....	168
• 13.9 Modelli matematici per la previsione dei movimenti di blocchi rocciosi ..	170

## CAPITOLO 14 Analisi di rischio

• 14.1 Introduzione .....	173
• 14.2 Definizioni .....	173
• 14.3 Delimitazione delle aree a rischio geologico .....	176
• 14.4 Acquisizione dati .....	176
• 14.5 Organizzazione e gestione dei dati .....	177
• 14.6 Metodologie per la valutazione del rischio .....	180
14.6.1 Valutazione dell'intensità del fenomeno .....	181
14.6.2 Valutazione della pericolosità .....	184
14.6.3 Valutazione degli elementi a rischio .....	187
14.6.4 Valutazione della vulnerabilità .....	188
• 14.7 Gestione e mitigazione del rischio .....	190

## CAPITOLO 15 Metodi di consolidamento e protezione

• 15.1	Introduzione .....	191
• 15.2	Interventi sulla geometria del pendio .....	191
15.2.1	Sbancamenti .....	191
15.2.2	Riprofilature .....	191
15.2.3	Disgaggio .....	192
15.2.4	Opere per ridurre l'erosione al piede dei versanti da parte dei corsi d'acqua .....	192
• 15.3	Opere di sostegno .....	194
15.3.1	Opere di sostegno rigide .....	194
15.3.2	Opere di sostegno flessibili .....	195
15.3.3	Opere di sostegno deformabili .....	195
• 15.4	Opere di drenaggio .....	195
15.4.1	Opere di drenaggio superficiali .....	196
15.4.2	Opere di drenaggio profonde .....	198
• 15.5	Trattamenti del terreno .....	201
15.5.1	Iniezioni di miscele consolidanti .....	201
15.5.2	Jet-grouting .....	203
• 15.6	Interventi di rinforzo dell'ammasso .....	205
15.6.1	Tiranti .....	206
15.6.2	Bulloni .....	208
15.6.3	Chiodi .....	209
• 15.7	Interventi di stabilizzazione superficiali .....	212
15.7.1	Betoncino e/o malta proiettata .....	212
15.7.2	Reti, cavi e funi .....	213
• 15.8	Opere di protezione .....	213
15.8.1	Rilevati e valli paramassi .....	213
15.8.2	Barriere paramassi .....	214

## APPENDICI

• A	Esempio di deformazione gravitativa profonda di versante .....	217
• B	Esempio di scivolamento planare .....	227
• C	Esempio di scivolamento a cuneo .....	237
• D	Esempio di crollo .....	251
• E	Esempio di stabilizzazione di fronti di scavo .....	261

BIBLIOGRAFIA .....	271
--------------------	-----