

2) L'esempio del bacino idrografico del Torrente Febbraro (Valchiavenna-SO)

GNDICI - LINEA 2 - U.O.: 2.4 - PROGETTO 21 - Stato di avanzamento delle ricerche

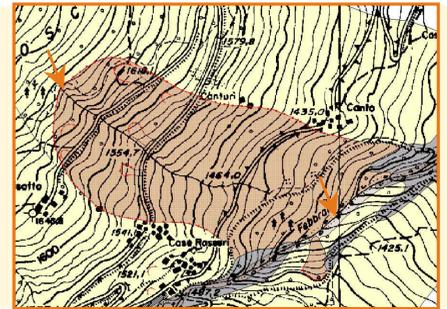
Responsabile: Prof. Sfondrini G. - Collaboratori: Aldighieri B.², Apuani T.¹, Conforto A.¹, Franchetti F.¹, Giussani M.¹, Masetti M.¹, Mazzoleni G.¹, Rossi M.¹

¹ Dip. Scienze della Terra - Università degli Studi di Milano - ² C.N.R. - Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali - sez. di Milano

INTRODUZIONE

Tali processi, che minacciano il sottostante abitato di Isola, hanno portato la Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio, Struttura Rischi Idrogeologici e Sismici a perimetrare l'area come zona di rischio molto elevato ai sensi della L. 267/98 e a prevedere quanto prima il monitoraggio tramite l'esecuzione di sondaggi geognostici e l'installazione di tubi inclinometrici.

Lo studio si concentra sull'evoluzione finale di una frana "antica" (di tipo DGPV) che interagisce con il corso d'acqua principale e che è stata parzialmente smantellata e superficialmente rimodellata durante l'ultimo ritiro glaciale. Attualmente è sede di diffusi processi superficiali che anche di recente hanno in parte coinvolto alcuni piccoli insediamenti, oltre che ovviamente il T. Febbraro, che fu temporaneamente ostruito negli anni '50. Gli ultimi movimenti di una certa rilevanza, che hanno portato all'interruzione della strada consortile che serve gli abitati, sono avvenuti nel 2001.



FASI DI STUDIO

A) Ricostruzione degli scenari progressi e definizione dello stato attuale, mediante:

- Studio strutturale di dettaglio, con particolare attenzione alla fase "fragile" delle deformazioni. **QUADRO 1 e QUADRO 2**
- Caratterizzazione geomeccanica dei litotipi del substrato lapideo. **QUADRO 2**
- Caratterizzazione geotecnica delle coperture. **QUADRO 3**
- Valutazione delle condizioni di infiltrazione dei terreni superficiali tramite prove di permeabilità in situ.
- Ricostruzione della dinamica morfologica e sue interazioni con il regime idrologico del Torrente Febbraro sulla base delle evidenze strutturali, geomeccaniche e geotecniche.
- Definizione di scenari evolutivi "tipo" in relazione ai fattori che li hanno determinati.

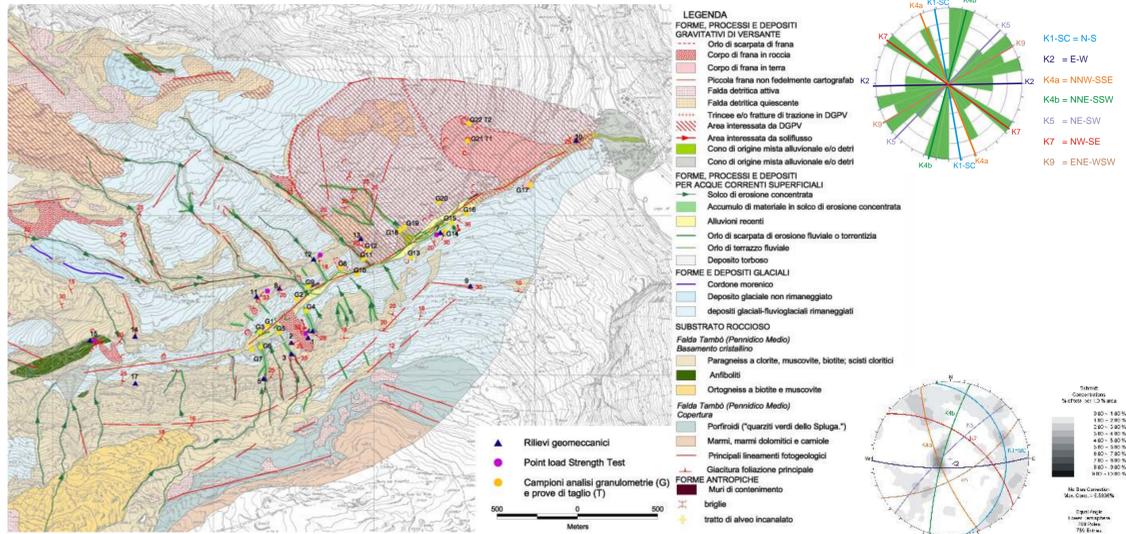
B) Monitoraggio:

- Monitoraggio degli spostamenti superficiali di strutture lineari (trincee) tramite l'installazione di una rete di controllo delle deformazioni (distometri).
- Monitoraggio degli spostamenti superficiali di strutture areali (corpo frana) tramite rete di capisaldi controllata da GPS.
- Monitoraggio in tempo reale delle piene fluviali a monte e a valle del dissesto principale per la segnalazione di possibili sbarramenti, anche temporanei, conseguenti ad eventuali apporti solidi in alveo dai versanti.

C) Prodotti attesi

- Ricostruzione del modello evolutivo del versante di riferimento e previsione degli scenari futuri.
- Linee guida per la corretta progettazione ed utilizzo dei sistemi di monitoraggio in versanti alpini soggetti a fenomeni franosi connessi e conseguenti a deformazioni gravitativamente profonde.
- Eventuale collaborazione nella stesura di un prototipo per la realizzazione di un sistema informativo territoriale che rappresenti scenari evolutivi di versanti soggetti a grandi deformazioni ed elevata pericolosità.

QUADRO 1: CARTA GEOLOGICO-MORFOLOGICA (STRALCIO) E UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE DI DETTAGLIO



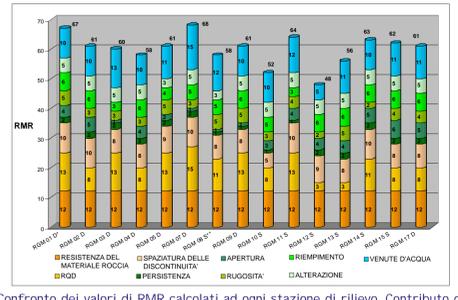
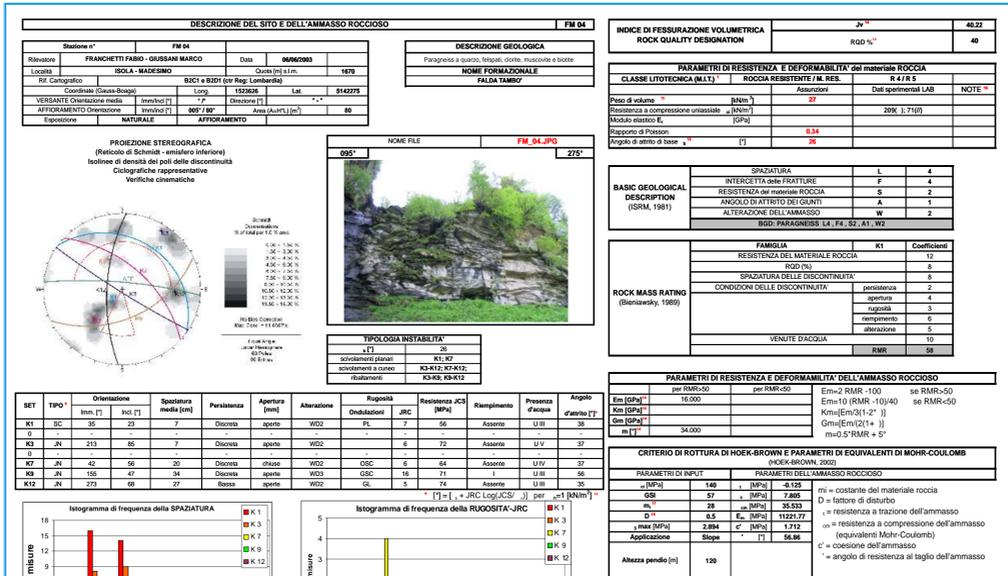
QUADRO 2 : CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Rilievi geomeccanici di dettaglio, finora in numero di 15, sono stati eseguiti in accordo con le raccomandazioni ISRM 1981. Le stazioni di misura sono ubicate nel QUADRO 1.

Ogni ammasso è descritto secondo GSI (Geological Strength Index - Hoek et al. 2002) considerando lo stato di fatturazione e le condizioni delle discontinuità. Il valore di RMR (Rock Mass Rating - Bieniawski, 1989) è stato calcolato integrando le osservazioni in situ con prove di laboratorio su campioni di roccia intatta e discontinuità.

Rilievo n°	Classificazione		Parametri di resistenza e deformabilità dell'ammasso roccioso						
	Litologia	GSI	RMR	Mohr-Coulomb	Hoek-Brown	σ_c (MPa)	σ_{ci} (MPa)	E_r (MPa)	
RGM 01	Paragness	57.67	67	1.816	59.39	-0.192	10.979	40.449	14964.97
RGM 02	Paragness	55.65	61	1.943	57.28	-0.162	9.581	38.401	13337.10
RGM 03	Paragness	50.40	60	1.036	61.35	-0.106	8.803	33.745	10001.41
RGM 04	Paragness	52.62	58	1.712	56.86	-0.125	7.895	35.533	11221.77
RGM 05	Paragness	55.65	61	2.095	56.39	-0.162	9.581	38.401	13337.10
RGM 07	Paragness	60.70	68	1.161	69.35	-0.252	15.644	44.384	17795.30
RGM 08	Paragness	50.40	58	1.529	57.89	-0.115	7.410	36.758	10001.41
RGM 09	Paragness	52.62	61	0.831	70.62	-0.127	7.917	36.041	11221.77
RGM 10	Paragness	50.40	52	0.895	64.47	-0.118	7.629	37.842	10001.41
RGM 11	Paragness	52.62	64	1.620	58.48	-0.137	8.502	39.706	11221.77
RGM 12	Paragness	50.40	48	0.916	63.52	-0.104	6.533	33.995	9334.65
RGM 13	Paragness	53.65	56	1.131	64.60	-0.167	10.057	41.962	12591.03
RGM 14	Paragness	60.70	63	1.940	61.80	-0.271	14.653	47.665	17795.30
RGM 15	Antibiotite	57.67	52	1.441	60.91	-0.194	10.272	36.519	14964.97
RGM 17	Antibiotite	55.65	61	1.691	57.50	-0.163	8.965	34.660	13337.10

Parametri di resistenza e deformabilità degli ammassi rocciosi, calcolati ciascuno in funzione della pressione di confinamento σ_3 , sulla base dell'altezza stimata di ogni parete rocciosa. Nello studio le altezze sono comprese tra 10m e 150 m σ_{max} tra 0.3 MPa e 3.54 MPa.



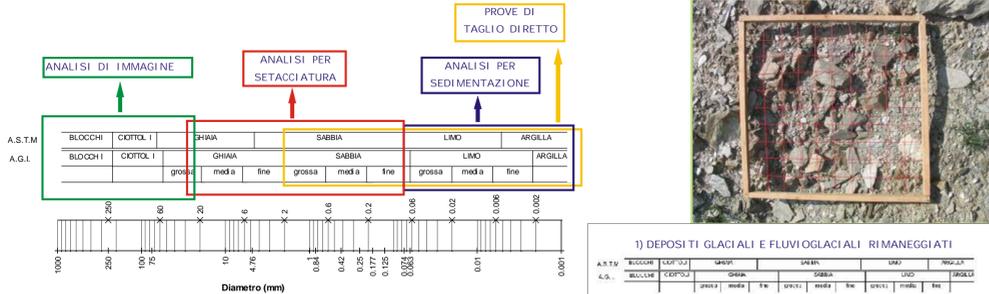
Confronto dei valori di RMR calcolati ad ogni stazione di rilievo. Contributo di ciascun parametro di classificazione sul valore finale.

RGM	VERSANTE	GIACITURA FRONTALE (IMM. INCL.)	TIPO DI INSTABILITÀ	DISCONTINUITÀ RESPONSABILI (IMM. INCL.)	VOLUME ROCCIOSO STIMATO (m³)	RMR
01	DESTRO	294/85	SCIVOLAMENTO PLANARE	K4 (288/82)	150	67
02	DESTRO	284/80	SCIVOLAMENTO PLANARE	K12 (270/54)	10	61
03	DESTRO	328/80	SCIVOLAMENTO PLANARE	K5 (311/77)	5	60
04	DESTRO	5/80	SCIVOLAMENTO A CUNEO	K12 (273/68)	3	58
09	DESTRO	180/85	SCIVOLAMENTO PLANARE	K10 (179/54)	0.08	61
12	SINISTRO	165/70	SCIVOLAMENTO PLANARE	K10 (161/68)	0.1	48
15	SINISTRO	150/72	SCIVOLAMENTO PLANARE	K9 (151/59)	3.15	62
17	DESTRO	334/55	SCIVOLAMENTO A CUNEO	K6 (6/60)	1.4	61

Sintesi delle condizioni cinematiche di instabilità.

I parametri caratteristici di resistenza e deformabilità degli ammassi rocciosi sono stati calcolati mediante applicazione del criterio di rottura di Hoek and Brown (Hoek 1983; Hoek et al. 2002). Verifiche cinematiche mediante proiezione stereografica hanno evidenziato le condizioni cinematiche di instabilità.

QUADRO 3 : PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI DEPOSITI SCIOLTI



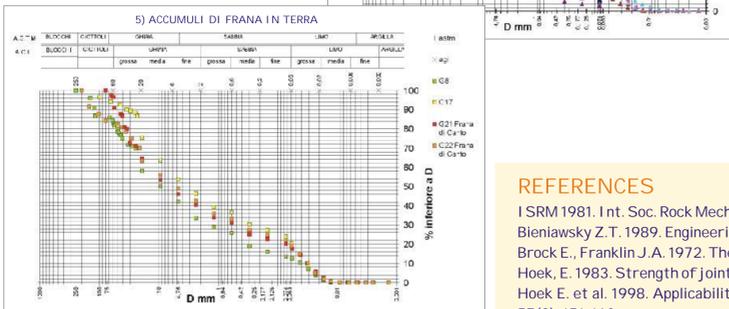
CARATTERIZZAZIONE DEI DEPOSITI SCIOLTI

Siti di campionamento: n° 22 siti ubicati in QUADRO 1 e appartenenti alle seguenti unità di copertura:

- DEPOSITI GLACIALI E FLUVIOGLACIALI RIMANEGGIATI
- ACCUMULI IN SOLCHI DI EROSIONE CONCENTRATA
- ALLUVIONI RECENTI
- CONOIDI DI ORIGINE MISTA, ALLUVIONALE E/O DETRITICA
- ACCUMULI DI FRANA IN TERRA

ANALISI GRANULOMETRICHE

- mediante:
- analisi di immagini fotografiche delle frazioni grossolane (blocchi, ciottoli fino a ghiaie grossolane);
 - analisi per setacciatura;
 - analisi per sedimentazione.



PROVE DI TAGLIO

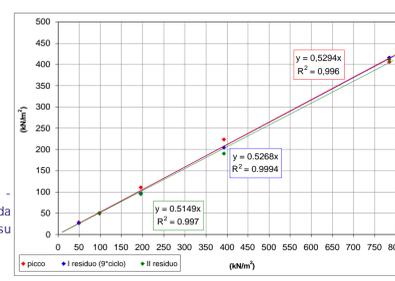
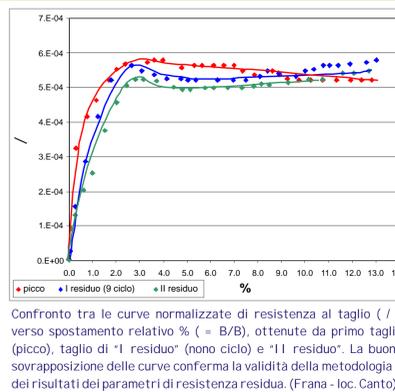
Eseguite con apparecchio di taglio diretto su campioni prelevati in prossimità della superficie di scivolamento della "frana di Canto" e ricostituiti dalla frazione D<2mm. Si è applicata una metodologia non convenzionale (messa a punto negli anni '90 presso il Laboratorio di Geologia Applicata del Dip. di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano). Il metodo permette di determinare la resistenza residua del materiale.

Il semiprovinio, delle dimensioni di 60mm x 60mm, è alloggiato nella parte superiore della scatola di taglio, mentre in quella inferiore è collocato un tampone di altezza minore del semiprovinio: questo permette la realizzazione di una "velo" di terreno garantendo lo sviluppo della superficie di taglio all'interno del materiale in esame. Lo spessore di terreno nella parte inferiore è trascurabile rispetto al cedimento della parte superiore ed è scelto in funzione della granulometria. Sono applicate pressioni di consolidazione σ_v fino a 800 kN/m².

Per ciascun valore di carico normale, raggiunta la consolidazione, si eseguono: una prima prova, da cui ricavare la resistenza al taglio di picco e nove cicli successivi, resistenze residue (I residuo). Lo stesso campione, sottoposto a σ_v maggiore, viene utilizzato per un ulteriore taglio (II residuo).

campione	% sabbia fine	% FF	% CF	σ_v [kN/m²]	c
T1	39	52	9	picco 27.0 I residuo 26.0 II residuo 27.9	0
T2	40	53	7	picco 28.0 I residuo 27.8 II residuo 27.2	0

Caratteristiche granulometriche e parametri di resistenza al taglio (angolo di resistenza al taglio ϕ e coesione c) dei campioni T1 e T2.



REFERENCES

- ISRM 1981. Int. Soc. Rock Mech. Rock Characterization, Testing and Monitoring - ISRM Suggested Methods. Pergamon, London.
- Bieniawski Z.T. 1989. Engineering Rock Mass Classification. Wiley
- Brock E., Franklin J.A. 1972. The point-load strength test. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 9, pp. 669-97
- Hoek, E. 1983. Strength of jointed rock masses. Geotechnique, 33(3), pp.187-223.
- Hoek E. et al. 1998. Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens Schist Formation. Bull. Eng. Geol. Env., 57(2), 151-160