

SALVATORE MONTELEONE & GIUSEPPE PIPITONE

EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA E CARATTERIZZAZIONE
GEOLOGICO-TECNICA DELLA FRANA DI C.da SAN MARCO
(SCIACCA, AG.)

RIASSUNTO

Viene studiato un fenomeno franoso, verificatosi nell'inverno del 1972, in C.da San Marco (Sciacca) che ha interessato un'area fortemente urbanizzata. Il movimento, ancora attivo, presenta una tipologia del tipo «complessa» (scorrimento rotazionale-colata) la cui superficie di taglio è stata individuata attraverso sondaggi geognostici che hanno permesso, altresì, il prelievo di campioni indisturbati e la successiva caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dal movimento franoso.

SUMMARY

Geomorphological evolution and geological-technical characterization of the landslide at C.da San Marco (Sciacca, Agrigento, Sicily). A study is presented of the landslide phenomenon that occurred in february 1972 south-west of Sciacca (Agrigento, Southern Sicily), affecting a highly urbanized stretch of slope, consisting of Plio-Pleistocene clayey and clayey-sandy terrain.

A detailed geomorphological survey made it possible to define the typology of the landslide as being of «complex» type, considering that the movement begins with «rotational slide» characteristics and evolves as a «flow» in the terminal part.

The morphological evolution of the slope was established by comparing the campaign data with those obtained from the study of aerial photographs taken before (1969) and after (1977, 1980, 1987) the landslide. Three geognostic probes made along the body of the landslide also made it possible to define the progress of the surface of the slide and, on the basis of the undisturbed samples obtained, the geotechnical characterization of the terrain. The cause of the landslide can be attributed to the interaction of a number of factors, such as:

- marked increase of rainfall during the winter period prior to the landslide;
- human action on the slope (buildings);
- marine erosion at the base.

1. LINEAMENTI GEOLOGICI

I terreni che affiorano nell'area in studio possono essere raggruppati, dal punto di vista litologico, in carbonatici e terrigeni (Fig. 1). I primi sono presenti in maniera preponderante, nei dintorni di Monte San Calogero dove è possibile osservare una successione di età compresa tra il Lias inf. e l'Oligocene inf. che risulta costituita dal basso verso l'alto, da calcari stromatolitici, calcari a crinoidi, rosso ammonitico e da depositi calcareo-marnosi tipo «sca-

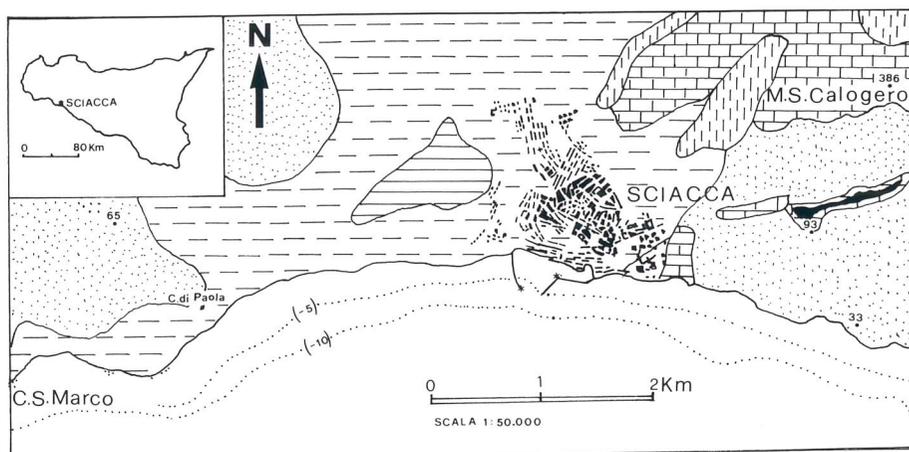


Fig. 1 - Carta geolitologica

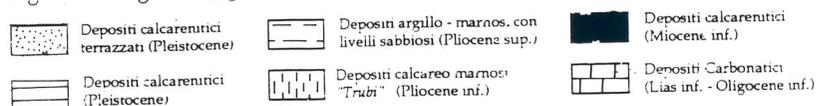


Fig. 1 — Carta geolitologica.

scaglia» che a luoghi inglobano delle megabrecce (CATALANO *et al.*, 1982). La sequenza termina passando da litologie calcareo-marnose a quelle francamente marnose. Detti terreni appartenenti all'U.S.S. saccense (CATALANO *et al.* 1978), verso sud, risultano ribassati e ricoperti da depositi calcarenitici del Miocene e del Plio-Pleistocene, da argille e argille-marnose del Serravalliano-Tortoniano nonché da argille bluastre, con intercalazioni sabbiose, del Pliocene sup.-Pleistocene inf.

L'assetto geologico-strutturale dell'area deriva dalle fasi tettoniche plicative mio-plioceniche e distensive plio-pleistoceniche che hanno portato alla dislocazione e successiva messa in posto di falde sovrapposte e vergenti verso i quadranti meridionali.

Nella zona di C. da San Marco in particolare, è presente un affioramento di argille e argille marnose (spessore 150 m circa) con intercalazioni di livelli sabbiosi decimetrici contenenti fauna a foraminiferi planctonici e qualche mollusco, di età Pliocene sup.-Pleistocene. Detti depositi nella parte sommitale sono sovrastati, in discordanza, da terreni calcarenitici pleistocenici.

2. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

L'assetto morfologico dell'area in cui ricade la frana di C. da San Marco (ovest di Sciacca) è caratterizzato dalla presenza di un terrazzo (50 m s.l.m.), impostatosi sui depositi calcarenitici che a circa 120 m dalla linea di costa, si interrompe bruscamente mettendo a nudo i terreni argillosi sottostanti. Questi terreni costituiscono un versante con pendenza media del 35% che si raccorda, verso le quote più basse, con la superficie di spiaggia. La presenza di queste litologie, a diverso comportamento meccanico, nonché l'assetto morfologico dell'area, determinano una evoluzione morfodinamica differente. Infatti, mentre sulla superficie del terrazzo, costituito da terreni a discreto grado di cementazione, si hanno modesti processi di dilavamento, sul pendio argilloso, ai processi anzidetti, si sommano quelli dovuti all'erosione marina, (scalzamento al piede). Detti processi, protrattisi nel tempo, hanno conferito al versante una acclività accentuata ed un andamento dello stesso, caratterizzato da superfici ondulate ed in contropendenza, interrotte da scarpate di varie dimensioni.

3. MORFOLOGIA DEL VERSANTE PRIMA DELLA FRANA

Per definire l'assetto morfologico del versante prima del movimento franoso è stato condotto uno studio su fotogrammi aerei realizzati nel 1969, che ha mostrato una morfologia del pendio legata a movimenti di massa succedutisi nel tempo. In particolare, il tratto di versante, di direzione NE-SW, su cui insiste C. da San Marco, risulta interessato da un antico corpo di frana del tipo «complessa» (scorrimento rotazionale-colamento), (CARRARA *et al.* 1985) che nel suo movimento ha coinvolto sia le calcareniti che le sottostanti argille-sabbiose (Fig. 2).

Il fronte del corpo di frana ha una larghezza di 250 m circa ed una lunghezza di 180 m circa. La corona, posta a 45 m s.l.m. borda il bancone calcarenitico, ed ha un andamento rettilineo e direzione subparallela al versante. La scarpata principale presenta pendenza e dislivello accentuati, altre due scarpate secondarie, di modeste dimensioni si trovano a quote inferiori legate a

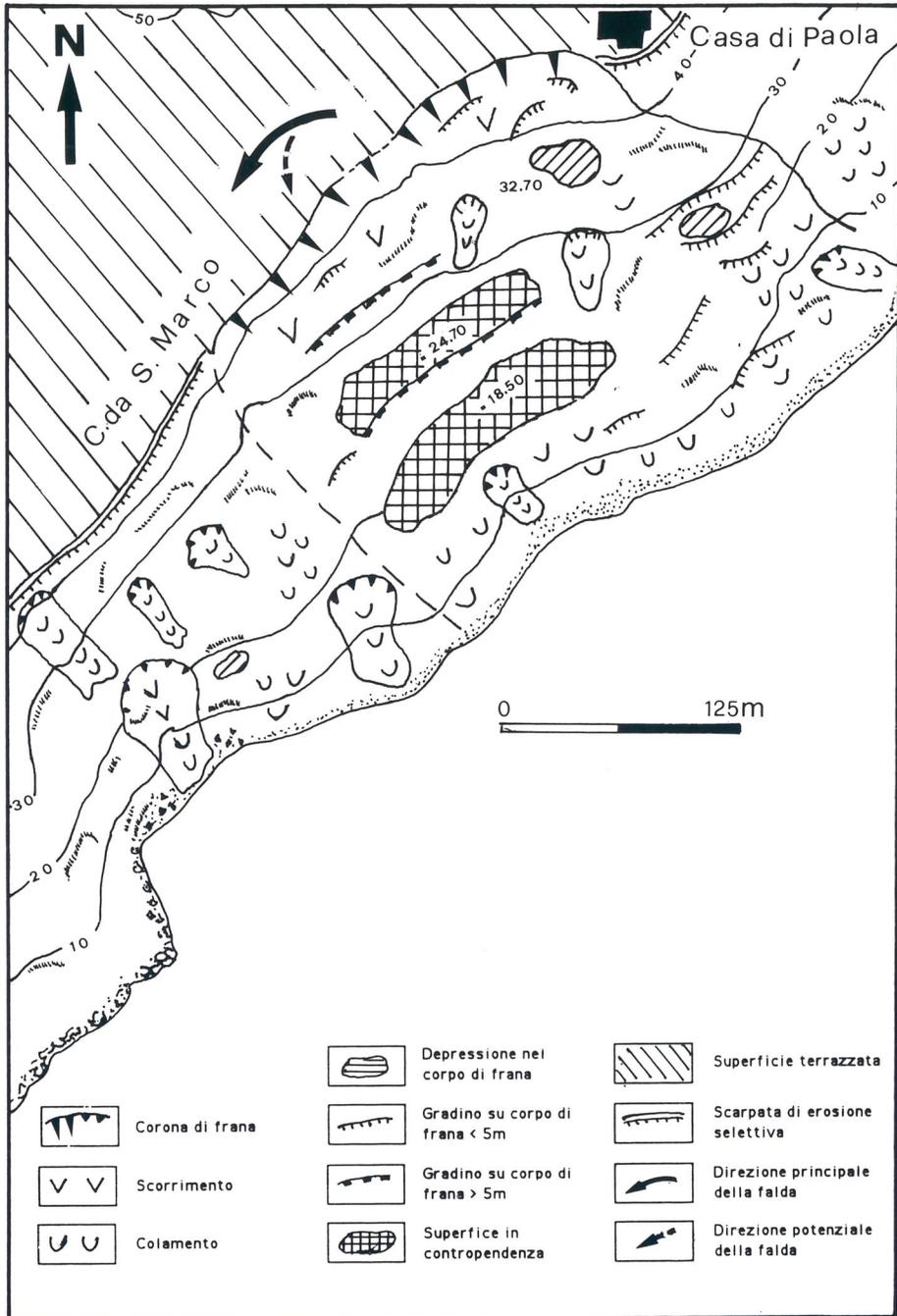


Fig. 2 — Morfologia del versante prima della frana del 1972.

due aree in contropendenza poste a circa 25 e 18 m s.l.m.. Infine frane di «colamento», sono presenti nella parte più bassa del versante e raggiungono la superficie di spiaggia.

4. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E PLUVIOMETRICHE

I terreni che rivestono un ruolo importante dal punto di vista idrogeologico sono le calcareniti pleistoceniche (spessore medio 10 m circa) che hanno una permeabilità alta per porosità, e dove è presente una falda idrica di modesta potenza. Al fine di definire la direzione di movimento di detta falda sono stati eseguiti misure in pozzi, (livelli statici e dinamici) volti alla valutazione dell'influenza dell'acquifero sul corpo di frana. Dall'elaborazione dei dati idrologici rilevati è risultato che la direzione di flusso principale della falda è NE-SW (Fig. 2). Va però precisato che in concomitanza dell'innalzamento del livello freatico (legato a periodi di abbondanti precipitazioni) si può avere «travasamento» delle acque di falda nella direzione del versante in frana. Le argille sabbiose sottostanti i terreni calcarenitici, presentano una permeabilità mol-

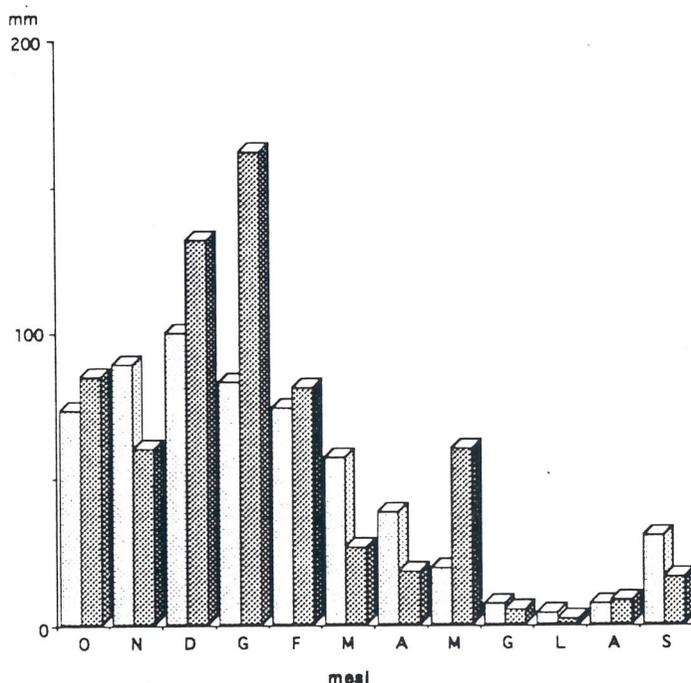


Fig. 3 — Istogramma delle precipitazioni medie relative al cinquantennio 1921-70 (in chiaro) e al periodo ottobre 1971-settembre 1972 (in scuro). Stazione pluviometrica di Sciacca.

to bassa nei termini argillosi, mentre i livelli sabbiosi, poco cementati, risultano di più elevata permeabilità assumendo un ruolo importante nella circolazione dell'acqua nel corpo di frana.

Per quanto riguarda la piovosità è stata esaminata la sequenza dei dati provenienti dalla stazione di Sciacca posta a 56 m s.l.m.. Il grafico di Fig. 3 evidenzia come nel periodo ottobre 1971-settembre 1972, si ha un netto incremento della piovosità rispetto al cinquantennio 1921-70.

Se si esclude il mese di novembre del 1971, gli altri mesi (ottobre, dicembre, gennaio e febbraio) presentano un aumento delle precipitazioni rispetto alla media cinquantennale. In particolare, i mesi di dicembre e gennaio hanno fatto registrare 130 mm e 162 mm di pioggia con un incremento, rispettivamente del 30% e del 98%.

5. LA FRANA DEL 12.2.1972 - CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICO-TECNICHE

La frana del 12/2/1972 ha interessato la parte centro-orientale dell'antico corpo franoso appena descritto provocando una riattivazione delle scarpate esistenti e creando numerose fratture, alcune delle quali aperte anche diversi centimetri, con andamento trasversale al movimento. L'evento franoso ha coinvolto il complesso residenziale costruito alla fine degli anni sessanta, su una superficie di 13.000 m² circa (larghezza 120 m, lunghezza 110 m), su tre ripiani posti a quota diversa (Fig. 4). Due di questi (quota 25 e 18 m) individuano le aree in contropendenza del vecchio corpo di frana, opportunamente riadattati e modellati e sui quali sono stati realizzati otto fabbricati, mentre sul terzo ripiano, realizzato artificialmente (quota 32 m), insisteva una costruzione che è stata completamente distrutta. Inoltre, fratture, con direzioni parallele al versante, hanno interessato la maggior parte dei manufatti sui quali è stata rilevata una diversa risposta alle sollecitazioni meccaniche, in relazione alle caratteristiche strutturali degli edifici e soprattutto alla loro posizione rispetto alla direzione di massimo sforzo. In particolare, delle fratture aperte alcuni centimetri sono state notate nella zona prossima al margine destro del corpo di frana, che tendono a chiudersi man mano che ci si sposta verso quello sinistro. Leggeri rigonfiamenti del terreno e del pavimento di alcuni edifici sono stati riscontrati lungo il fianco destro della frana, dove è stata osservata anche una rotazione, verso sud, di una costruzione realizzata sul ripiano di quota 25 m.

Le osservazioni fin qui esposte derivano da un dettagliato rilevamento morfologico di campagna, integrato dallo studio comparato dei fotogrammi

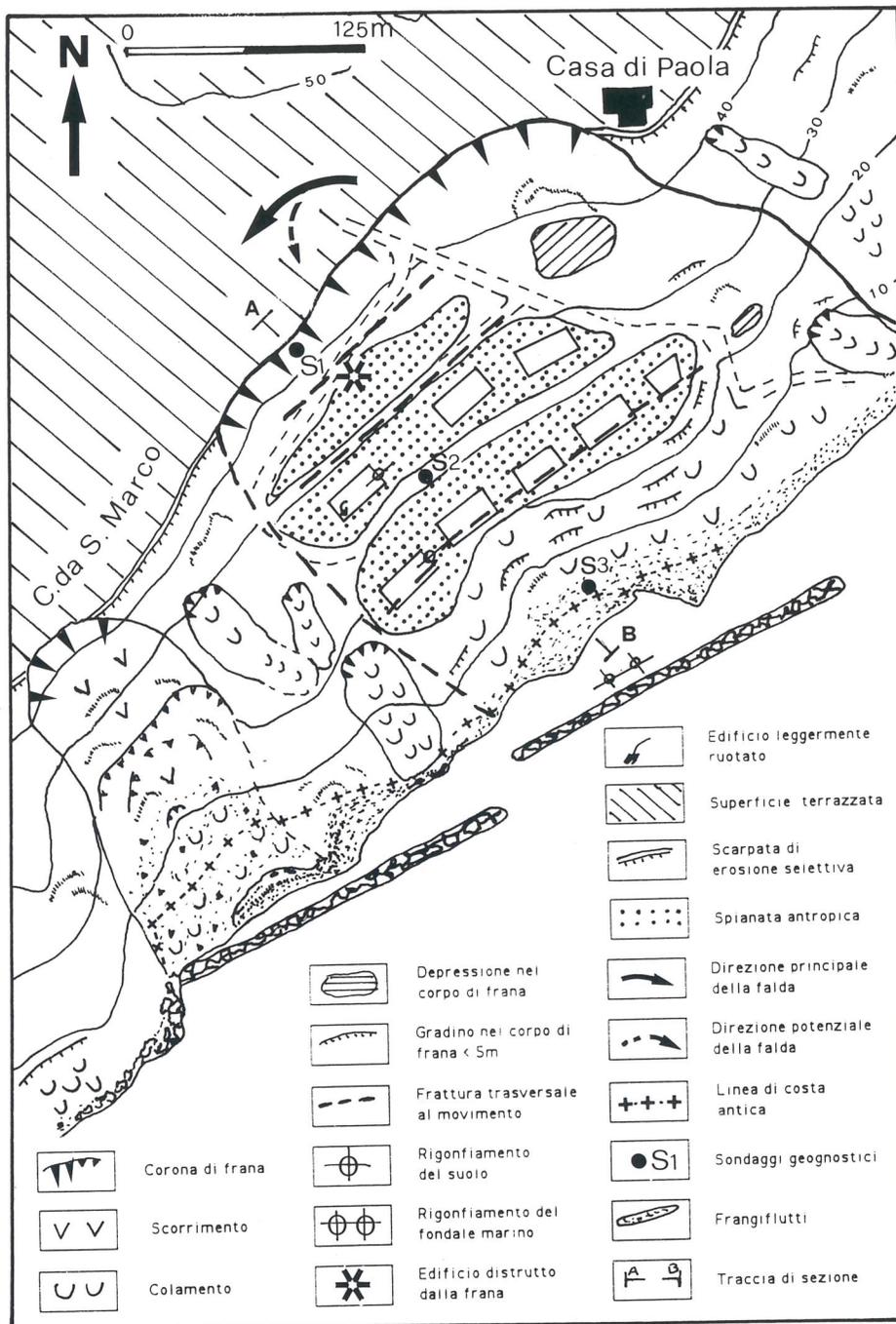


Fig. 4 — Morfologia del versante dopo l'evento franoso.

realizzati negli anni 1977, 1980 e 1987. Ciò ha consentito la ricostruzione dell'evoluzione morfologica dell'area ed il confronto con quella definita attraverso l'interpretazione delle foto aeree del 1969. In particolare è stato possibile constatare un modesto arretramento del «ciglio» del terrazzo nella parte orientale ed una accentuata evoluzione del versante, nella porzione più occidentale, per movimenti di massa di tipo «scorrimento» e «colamento». Inoltre, la linea di costa, nel tratto interessato dall'evento franoso, ha subito un avanzamento dovuto alla costruzione di due barriere frangiflutto (realizzate subito dopo il movimento e alla fine degli anni settanta) con lo scopo di dissipare l'energia delle onde lontano dal piede del versante.

Per definire la profondità e l'andamento della superficie di taglio sono stati effettuati tre sondaggi geognostici, opportunamente distribuiti, che hanno raggiunto la profondità di 8 m (n. 1), di 32 m (n. 2), e di 15 m (n. 3) (vedi Fig. 4).

Le successive analisi di laboratorio eseguite su campioni indisturbati hanno permesso la «caratterizzazione geotecnica» dei materiali coinvolti dal movimento franoso e di quelli in posto (vedi Tabb. 1, 2a e 2b). Il rilievo delle frat-

Tab. 1

Sequenza litostratigrafica e parametri indice dei livelli significativi.

Profondità p.c.	Descrizione Terreno		Campioni	γ_s	γ	γ_d	Wn %	Wi %	Wp %	e	n	Sr %
	Sez. tipo											
0	Suolo											
5	Argille sabbiose con elementi calcarenitici		1	2,60	1,87	1,50	27,6	59	29	0,79	0,44	91,2
10	Argille sabbiose		2	2,70	1,89	1,54	24,4	53	26	0,75	0,43	87,8
15	Argille sabbiose e/o marnose		3	2,60	1,92	1,56	23,02	52	24	0,67	0,40	90,0
20	Argille marnose e/o sabbiose		4	2,70	1,86	1,47	26,2	57	28	0,83	0,45	85,12
25	Argille e argille marnose		5	2,68	1,88	1,46	28,7	58	29	0,83	0,45	92,22
30	Argille azzurre plastiche Argille bluastre		6	2,60	1,80	1,92	18,10	42	18	0,48	0,36	97,00

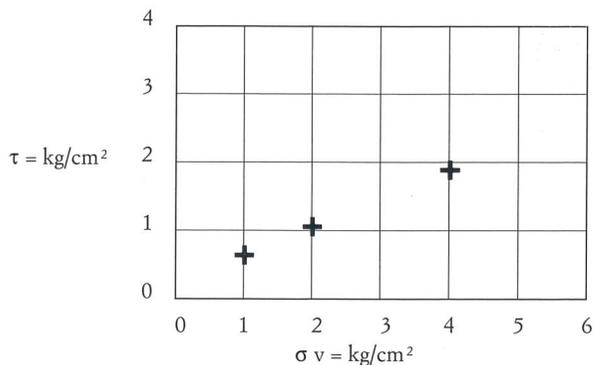
ture e/o delle inclinazioni (anche se lievi) rilevate nelle costruzioni, ha permesso altresì, di identificare due superfici di taglio secondarie in prossimità delle quali si sono registrati i maggiori danni agli edifici.

Altre informazioni sono state fornite dai residenti che subito dopo l'evento franoso, hanno osservato il rigonfiamento del fondale marino che è affiorato di mezzo metro circa, per un periodo di tempo limitato (qualche mese), a 30 m dalla linea di costa e per una lunghezza di 15 m.

Tab. 2a

Prove di taglio diretto tipo CD del campione prelevato, da 20 a 20,50 m, nel sondaggio n. 2.

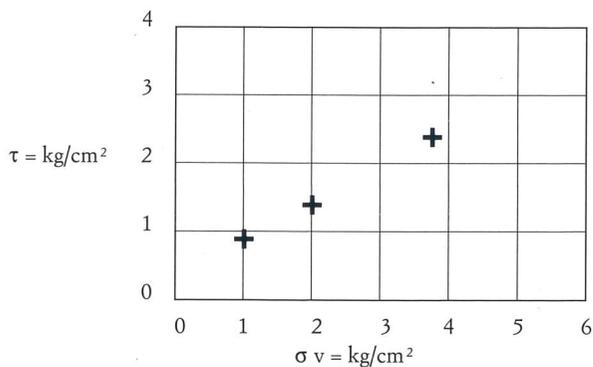
Provino	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di Rottura			Contenuti d'acqua	
	L mm	H mm	t ore	H mm	σ_v kg/cm ²	Vdef mm/min	ϵ %	τ kg/cm ²	W iniziale	W finale
1	60	20	24	0,16	1	0,0072	3,85	0,66	0,262	0,257
2	60	20	24	0,29	2	0,0072	4,07	1,05	0,269	0,255
3	60	20	24	0,45	4	0,0072	4,25	1,90	0,263	0,258



Tab. 2b

Prove di taglio diretto tipo CD del campione prelevato, da 25 a 25,50 m, nel sondaggio n. 2.

Provino	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di Rottura			Contenuti d'acqua	
	L mm	H mm	t ore	H mm	σ_v kg/cm ²	Vdef mm/min	ϵ %	τ kg/cm ²	W iniziale	W finale
1	60	20	24	0,21	1	0,0072	3,85	0,80	0,287	0,280
2	60	20	24	0,39	2	0,0072	4,18	1,25	0,291	0,284
3	60	20	24	0,67	3,8	0,0072	4,55	2,30	0,285	0,279



%,
2
8
0
12
22
00

I dati fin qui acquisiti hanno consentito la costruzione di una sezione geologico-tecnica lungo il corpo di frana dove vengono messi in evidenza le litologie e le principali superfici di taglio (Fig. 5).

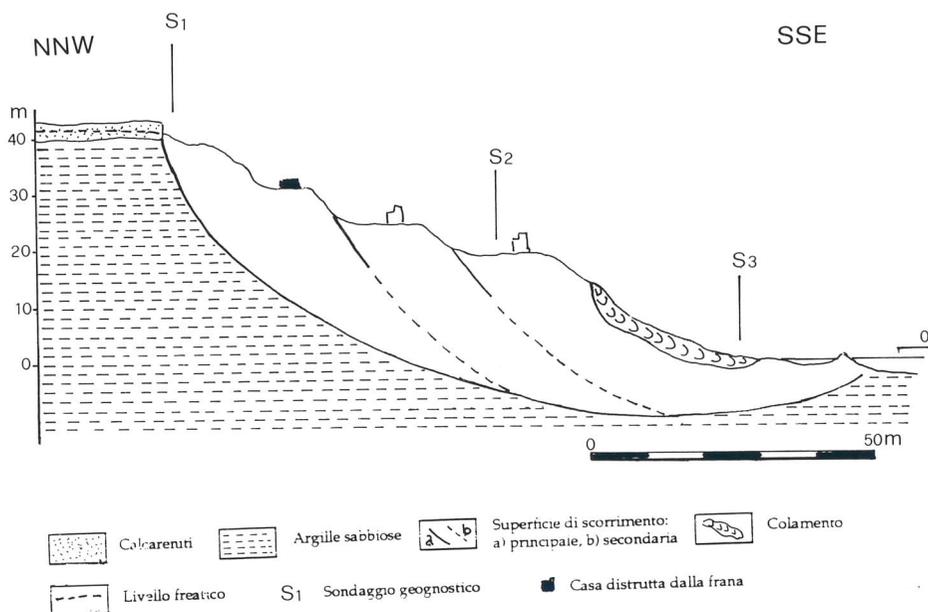


Fig. 5 — Sezione geologico-tecnica.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio fin qui condotto ha permesso di delineare un quadro morfoevolutivo del versante interessato dal dissesto nonché fare delle considerazioni che possono essere così riassunte:

— Il dissesto verificatosi nel febbraio 1972, in concomitanza di eventi meteorici particolari, altro non è che una rimobilizzazione parziale di un vecchio corpo di frana che interessa gran parte del versante di C.da San Marco.

— Il versante è caratterizzato da terreni argillosi con livelli sabbiosi troncati verso l'alto, in discordanza, da un bancone calcarenitico sede di una falda idrica le cui acque, in occasione di intense e prolungate precipitazioni, «travasano» nel corpo di frana creando un aumento delle quote piezometriche, nei livelli sabbiosi, e quindi un incremento delle pressioni neutre nei termini argillosi sottostanti. Inoltre un ruolo importante viene svolto dalle acque di ruscellamento che accelerano i processi erosivi e possono essere causa di frane di «colamento» nella parte bassa del versante.

— L'indagine geognostica, condotta attraverso trivellazioni con prelievo di campioni indisturbati, ha permesso la caratterizzazione geotecnica dei terreni coinvolti dal movimento franoso e di quelli in posto consentendo, altresì, l'individuazione della superficie di scorrimento.

Si può inoltre affermare che l'evento franoso studiato è attivo e rientra tra quelli con movimento di tipo rotazionale con carattere «ciclico» (AGNESI *et al.*, 1982). Considerata infine, la condizione di rischio del fenomeno, appare opportuno installare un'adeguata rete di monitoraggio capace di indicarne l'evoluzione e di fornire dati puntuali sul grado di deformazione necessari per un eventuale intervento di bonifica.

Ringraziamenti. — Si ringrazia il Dr. Calogero Gagliano per aver curato la parte grafica.

Siamo grati al condominio del Villaggio «San Marco» per avere finanziato i sondaggi geognostici e le conseguenti prove di laboratorio.

Il lavoro è stato effettuato con il contributo dei progetti MURST 60% 1990 e 1991 «*Evoluzione geomorfologica ed assetto idrogeologico in aree significative dell'Appennino meridionale*» (resp. Prof. G. Pipitone).

BIBLIOGRAFIA

- AGNESI V., MACALUSO T., MONTELEONE S., PIPITONE G., 1982 — Indagine geomorfologica ed analisi statistica dei dissesti dell'alto bacino del Fiume San Leonardo (Sicilia Occidentale) — *Geologia Appl. e Irogeol.* XVII.
- AGNESI V., MACALUSO T., MONTELEONE S., PIPITONE G., 1984 — Mass-movements in Western Sicily, Italy. *Comm. du colloque «Mouvements de terrains»* — Caen, mars 1984, Doc. BRGM, 83, 171-476, Orleans.
- CALOIERO D., 1975 — Le precipitazioni in Sicilia nel cinquantennio 1921-70 — *C.N.R.-I.R.P.I.*, Cosenza.
- CARRARA A., D'ELIA B., SEMENZA E., 1985 — Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi — *Geol. Appl. ed Idrogeol.*, 20, 223-243.
- CATALANO R., D'ARGENTO B., MONTANARI L., RENDA P., ABATE B., MONTELEONE S., MACALUSO T., PIPITONE G., DI STEFANO E., LO CICERO G., DI STEFANO P., AGNESI V., 1978 — Contributo alla conoscenza della struttura della Sicilia occidentale. 1) Il profilo Palermo-Sciaccia — *Mem. Soc. Geol. It.*, 19, 485-493.
- CATALANO R., MONTELEONE S., VITALE F., 1982 — Megabrecce Cretaceo - Paleoceniche nella successione di P.zzo Telegrafo (Sicani meridionali-Sicilia occidentale) — *Rendiconti Soc. Geol. It.*, 5, 77-78.
- CRESCENTI U., CIANCETTI G.F., COLTORTI M., DRAMIS F., GENTILI B., MELIDORO G., NANNI T., PAMBIANCHI G., RAINONE M., SEMENZA E., SORRISO-VALVO M., TAZIOLI G.S., VIVALDA P., 1983 — La grande frana di Ancona del 1982 — *Collana «Problemi del territorio»*, Ancona.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI. Servizio idrografico, Sezione Autonoma del Genio Civile di Palermo — *Annali idrologici, Parte I.* Ist. Poligrafico dello Stato, Roma.

- MASCLE G., 1979 — Etude geologique des monts Sicani - Thèse de Doctorat, Paris. — *Riv. It. Paleon. Strat. Mem.*, 16, 431 pp.
- MONTELEONE S., PIPITONE G., 1991 — Schema idrogeologico dell'area di Monte Magaggiaro e Pizzo Telegrafo (Sicilia sud-occidentale) — *Boll. Soc. Geol. It.*, 110, 155-164.

Nota presentata nella riunione scientifica dell'8.X.1993.

Indirizzo degli Autori. — SALVATORE MONTELEONE e GIUSEPPE PIPITONE Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università degli Studi, Corso Tukory 131, 90134 Palermo (I).