

Consolidamento del versante sinistro del torrente Salito (Palermo)

G. GIUSTI *, A. OLCESE **

SOMMARIO: Una condotta per trasporto di fluidi attraversa un'area franosa che interessa la Formazione delle Argille Scagliose e la loro copertura colluviale. Quest'area è situata sul versante sinistro del T. Salito (Palermo - Sicilia).

Sulla base delle indagini geologiche e delle analisi di stabilità effettuate, si è messo in opera un sistema di drenaggio dell'area franosa, per diminuire le spinte sulla condotta al fine di accrescere la sicurezza di esercizio.

Il sistema di drenaggio consiste in trincee drenanti e tubi drenanti suborizzontali.

Vengono inoltre riportati i dati di controllo sull'efficacia dell'intervento ricavati dalla strumentazione a questo scopo messa in opera.

1. Premessa

Una condotta d'acciaio per il trasporto di fluidi è posata, in massima pendenza, lungo il versante sinistro del torrente Salito (sito a Nord di Sclafani Bagni, prov. Palermo) (Fig. 1). Nel tratto in cui risale dall'alveo del torrente e affronta il pendio con una serie di curve verticali ed orizzontali è investita da una frana che si muove in direzione parallela al suo asse.

Il fatto che la condotta sia incastrata nell'alveo del torrente, la presenza di curve, la direzione di spostamento della frana, le dimensioni del dissesto hanno consigliato di effettuare uno studio geologico e geotecnico dell'area per definire il tipo, l'entità e la collocazione delle opere di stabilizzazione, con l'obiettivo di garantire condizioni di sicurezza per l'esercizio.

2. Lineamenti geologici

Nell'area, oggetto di studio, sono presenti terreni Tardorogeni, terreni del Dominio Imerese e dei Domini Sicilidi [CATALANO e MONTANARI, 1979].

I terreni Tardorogeni sono rappresentati principalmente da conglomerati passanti ad arenarie, argille sabbiose e marne. Gli elementi dei conglomerati sono costituiti essenzialmente da clasti calcarei ed arenarie della facies Imerese. Essi sono databili al Tortoniano superiore-Pliocene inferiore e affiorano nella zona dove il Torrente Salito confluisce nel fiume Imera settentrionale.

I terreni dei Domini Sicilidi, comunemente

noti come complesso delle Argille Scagliose [OGNIBEN, 1960], sono qui rappresentati da argille scagliose grigiastre e varicolori, con intercalazioni di calcareniti e di marne cineree e, raramente, di blocchi di calcari organogeni

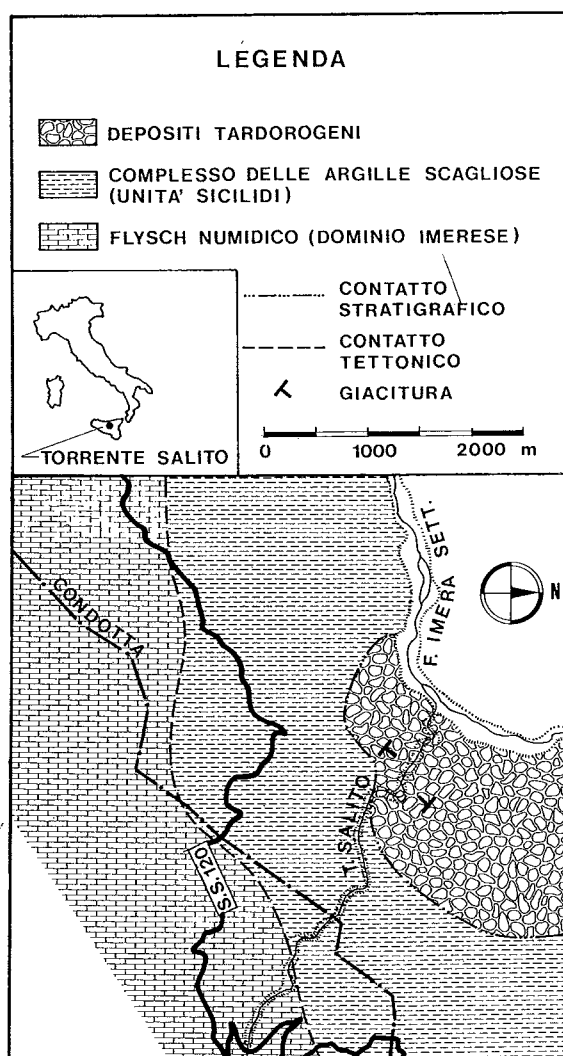


Fig. 1. - Carta geolitologica schematica.

* Dr. Ing. Giovanni GIUSTI - SNAM S.p.A.

** Dr. Alessandro OLCESE - AQUATER S.p.A. Società per la Geologia, l'Idrologia e Interventi sul Suolo.

Spesso l'assetto caotico di questa formazione, databile tra il Cretacico superiore e l'Oligocene inferiore, non permette di riconoscere la presenza di strutture sedimentarie continue.

Il complesso delle Argille Scagliose interessa una fascia di affioramento, larga qui 600-700 m, con asse in direzione NW-SE.

In particolare il versante in frana sulla sponda sinistra del T. Salito è interamente costituito da questa Formazione.

I termini del dominio Imerese o meglio le unità derivanti dalla deformazione del bacino Imerese, sono qui rappresentati dalla Formazione del flysch Numidico (Oligocene Medio-Burdigagliano), costituito da argilliti marnose e calcareniti a lepidocline, con intercalazioni di argille sabbiose e quarzareniti.

L'area di affioramento di questa Formazione è situata ad Est di una linea ideale pressoché parallela alla SS 120 (Fig. 1).

I rapporti strutturali tra i terreni descritti si possono così riassumere:

— il flysch Numidico, depositatosi sulla piattaforma carbonatica Panormide durante l'intervallo Aquitaniano-Burdigagliano, viene raggiunto dalla tetto-genesi nel Burdigagliano-Langhiano e comincia ad embriciarsi verso Sud;

— verso la fine del Langhiano e del Tortoniano inferiore, i terreni Sicilidi, appartenenti alle aree più interne del margine continentale, ricoprono le unità Imeresi, già tra loro accavallate;

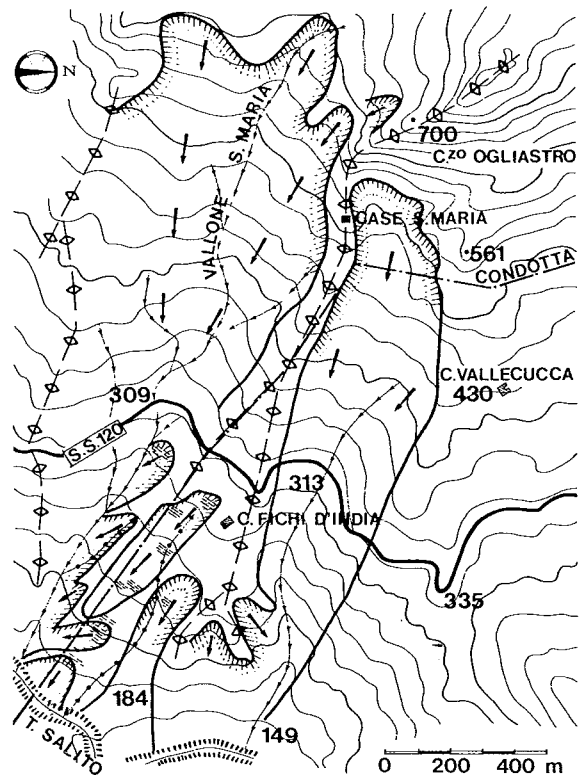
— nel Tortoniano inferiore-Messiniano inferiore si ha la deposizione delle molasse tardogene che ricoprono, sigillandole, le unità Imeresi con le soprastanti falde Sicilidi.

3. Caratteri geomorfologici

La situazione morfologica, schematizzata in Fig. 2, mostra l'enorme estensione dei movimenti franosi in questo settore del versante sinistro del torrente Salito. Questi movimenti iniziano all'altezza di Case S. Maria (500-600 m s.l.m) ai piedi degli affioramenti flyschoidi che costituiscono il rilievo di Cozzo Ogliastro e si spingono fino all'alveo del T. Salito.

I corpi franosi hanno direzione di scorrimento differente e sono separati da linee di cresta più stabili, evidenziatesi in corrispondenza di subaffioramenti lapidei più consistenti.

Queste linee di cresta, idrograficamente centrifughe, non sono sempre continue e non rag-



LEGENDA

- CORPO DI FRANA
- DIREZIONE DI SCORRIMENTO DI FRANA
- FOSSI
- FOSSI OCCLUSI
- RISTAGNI (ZONE UMIDE)
- LINEE DI CRESTA

Fig. 2. - Carta morfologica.

giungono l'alveo del torrente, arrestandosi circa 200 m a monte.

A valle della SS 120 la tubazione viene investita da alcuni movimenti franosi, la cui direzione di scorrimento preferenziale è indicata in Fig. 2; invece, a partire da quota 270 circa, la tubazione è ubicata lungo una delle creste già descritte e ne segue la linea fin verso Case S. Maria.

All'interno e al limite dei singoli corpi di frana suddetti non si notano generalmente fratture distensive, solchi e zolle sconnesse; sono invece ben evidenti le aree concave, con ristagni d'acqua al piede, che delimitano le nicchie di stacco di frana e gli accumuli, talora in contropendenza, che segnano il fronte dei dissesti.

Le aree in frana confluenti nel vallone S. Maria sono sensibilmente più dissestate per l'azione erosiva del fosso.

All'interno dei corpi franosi la circolazione idrografica superficiale è irregolare, con andamento dendritico, determinatosi anche a seguito di locali dislocazioni del terreno; talora i brevi corsi d'acqua risultano occlusi, favorendo così la formazione di ristagni.

L'assetto morfologico è riconducibile a movimenti sia di tipo rotazionale che traslazionale.

I primi hanno avuto origine autonoma, estendendosi fino ad interferire l'uno con l'altro, i secondi sono predominanti nelle zone più vicine alle aste torrentizie.

4. Indagine geotecnica

Nella zona bassa del versante sono stati eseguiti sei sondaggi a rotazione a carotaggio continuo, con prelievo di campioni indisturbati mediante campionatore a pareti sottili (Shelby), e tre sondaggi a distruzione; i campioni indisturbati sono stati successivamente analizzati in laboratorio.

La collocazione dei sondaggi (Fig. 3) è stata suggerita dall'esame della morfologia, dall'analisi della geometria della condotta e dagli effetti che i corpi di frana possono produrre nei punti strutturalmente critici (curve) [MARCHETTI, 1976; VENZI, MALLARDI, 1982].

Per valutare lo spessore dei terreni in frana, la velocità del movimento, le oscillazioni della quota piezometrica, sono stati installati sei inclinometri e tre piezometri Casagrande con celle a -2 e a -6 metri dal p.c.

5. Profilo stratigrafico

Nella Figura 4 è riportata una sezione trasversale del pendio. Si possono individuare:

- la coltre in frana;
- la Formazione di base costituita dalle Argille Scagliose;
- i terreni alluvionali, che compaiono solo al piede del pendio.

La coltre colluviale ha spessore medio di 6 m (con minimi di 3 m e massimi di 14 m). Essa è costituita da argille giallastre, rimaneggiate, alterate, talora scagliettate, con diffusi piccoli trovanti arenitici in assetto caotico.

La Formazione di base non è stata attraversata interamente dai sondaggi che sono stati spinti fino a profondità massima di 24 m.

La Formazione di base è costituita da argille scagliose grigiastre, a tratti variegata, con intercalazioni di livelletti arenitici duri e compat-

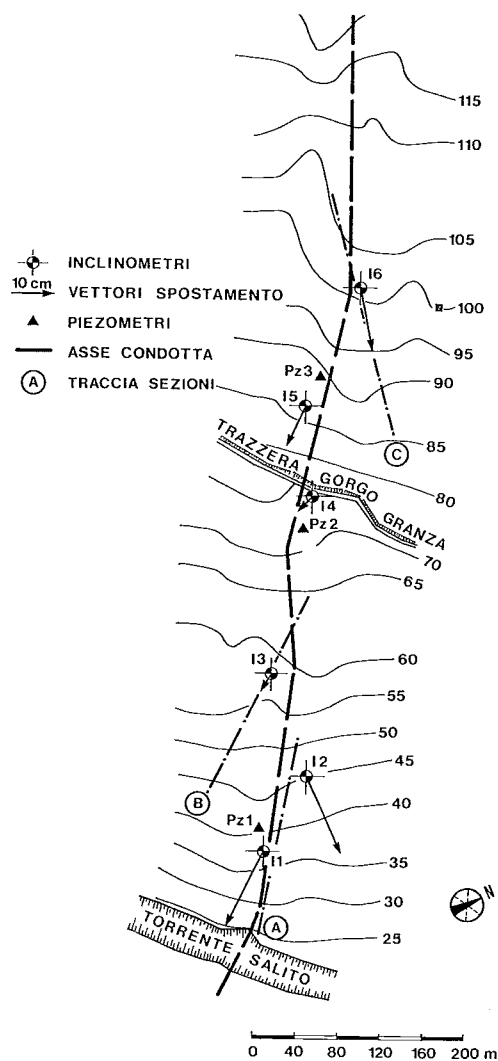


Fig. 3. - Ubicazione della strumentazione geotecnica.

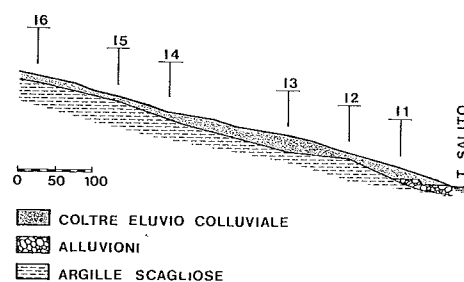


Fig. 4. - Profilo stratigrafico.

ti. Talora, nelle carote, è riconoscibile una giacitura suborizzontale dei livelletti arenitici.

Le scagliette delle argilliti sono minute (qualche millimetro), lisce, subplanari, spesso lucenti e striate. Esse hanno forma romboedrica e spesso sono isorientate, dando l'impressione, laddove sono presenti i livelletti arenitici, di seguire l'andamento della stratificazione degli stessi, mentre altre volte sono leggermente ripiegate. Non sempre si riconosce una continui-

tà tra le scaglie argillitiche, che tendono a suddividersi secondo piani di fratturazione preesistenti.

Il deposito alluvionale è stato attraversato dal sondaggio 1 da 8.30 a 11 m di profondità. È costituito da ciottoli arrotondati, prevalentemente calcarei ed arenitici, in matrice sabbioso-limosa ocracea; si tratta delle alluvioni del torrente Salito, depositate in questa zona che si trova a circa 60 metri dall'attuale sponda sinistra.

La quota di rinvenimento è di circa 9 m superiore a quella dell'alveo attuale. Questo dato testimonia che il corso del torrente si è spostato verso il versante destro e si è approfondito.

Lo spostamento del corso d'acqua si può ricondurre al movimento dell'antica frana.

6. Prove di laboratorio

Le prove di laboratorio sono state effettuate sui campioni indisturbati prelevati nella coltre eluvio-colluviale.

La composizione granulometrica mostra che la frazione argillosa è presente in percentuali variabili tra il 30% e il 77%. Il peso dell'unità di volume è compreso tra 18 e 20 KN/m³.

Il contenuto naturale di acqua varia dal 26 al 47%.

I limiti di plasticità sono generalmente elevati; nella Carta di Casagrande (Fig. 5) la maggior parte dei punti segue la linea che separa le argille inorganiche dai limi e argille organiche (linea « A »).

In alcuni campioni si rileva la presenza di materia organica a diverse profondità, a testimonianza del processo di alterazione subiti dalla coltre e dei rivolgimenti causati dagli antichi movimenti franosi, ancora in atto.

Le prove di rottura sono state effettuate con l'apparecchio di taglio diretto di Casagrande.

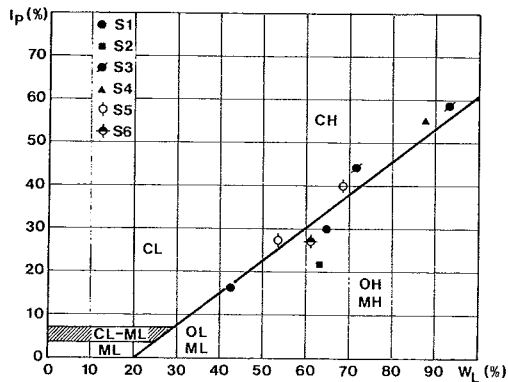


Fig. 5. - Carta di plasticità.

La velocità di deformazione è stata di 0,0002 mm/min.

Dopo il rilevamento del valore di picco, i provini sono stati sottoposti a 5 passaggi unidirezionali e successivamente tagliati fino ad uno spostamento massimo di circa 7,2 mm.

I risultati di queste prove sono illustrati nella Fig. 6.

Gli andamenti delle curve tensioni tangenziali-scorrimento mostrano una netta caduta di resistenza dopo il picco per valori del carico di consolidazione maggiori di 1 Kg/cm².

Lo scorrimento a rottura è compreso tra 0,7 e 2,1 mm.

Gli angoli di attrito al picco sono compresi tra 19° e 22°, quelli rilevati allo scorrimento massimo si collocano nell'intervallo 9°-11°.

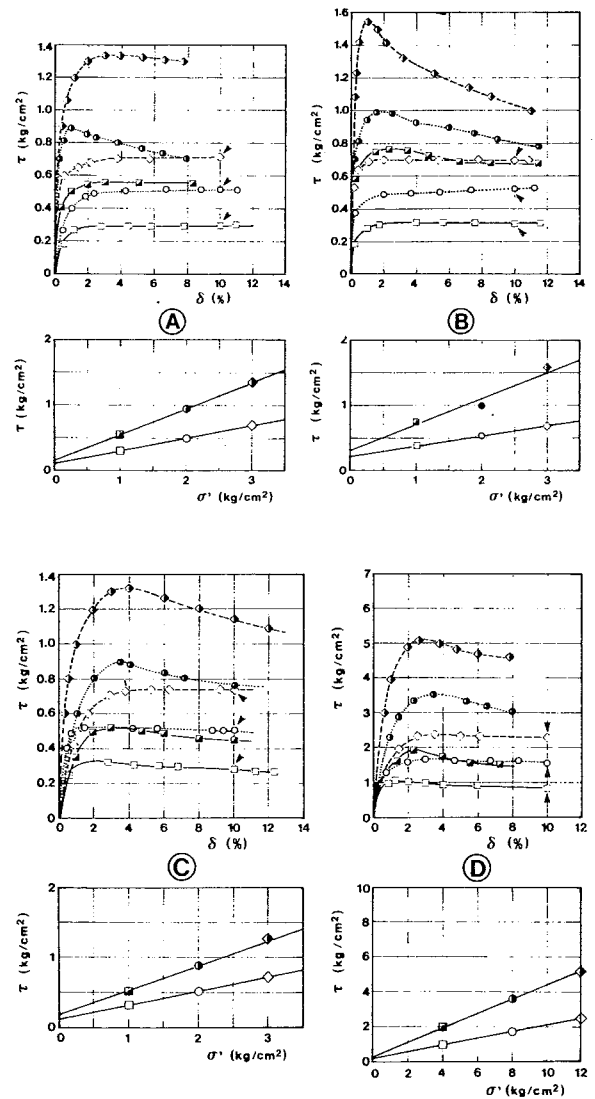


Fig. 6. - Risultati delle prove di taglio diretto.

- A - Campione S1C1
- B - Campione S3C1
- C - Campione S5C1
- D - Campione S5C2

7. Analisi dei dati rilevati ai piezometri e agli inclinometri

I criteri che hanno guidato la collocazione dei piezometri e degli inclinometri sono stati:

- 1) lo studio del movimento franoso nella fascia vicina alla condotta;
- 2) il controllo della sua evoluzione nei punti critici della struttura (curve verticali ed orizzontali, tratti di passaggio da zone in movimento a zone ferme).

I piezometri sono del tipo Casagrande, con celle a -2 e a -6 metri.

I dati rilevati sono illustrati in Fig. 7; nella stessa è riportato in grafico l'andamento delle precipitazioni mensili, rilevate alla stazione pluviometrica di Scillato.

La figura mostra che:

- alla profondità di sei metri è sempre presente una falda in leggera pressione, che non subisce variazioni rilevanti;

- le variazioni significative del livello di falda superficiale sono connesse agli afflussi meteorici;

- il time-lag è circa un mese.

Gli inclinometri sono stati installati a profondità di 21 m e 24 m, quello al piede del pendio a 15 m.

Le letture sono state effettuate con una sonda inclinometrica del tipo CIX 4/SV.

I risultati sono riportati nella figura 8, da cui si nota che:

- le superfici di scivolamento sono nettamente ed univocamente definite;

- il piede del pendio scorre al contatto con gli antichi depositi alluvionali del torrente Salito;

- nella zona mediana ed alta del versante la Formazione di base è coinvolta nel movimento franoso;

- la coltre in frana non subisce distorsioni significative né vi sono scorrimenti relativi al suo interno.

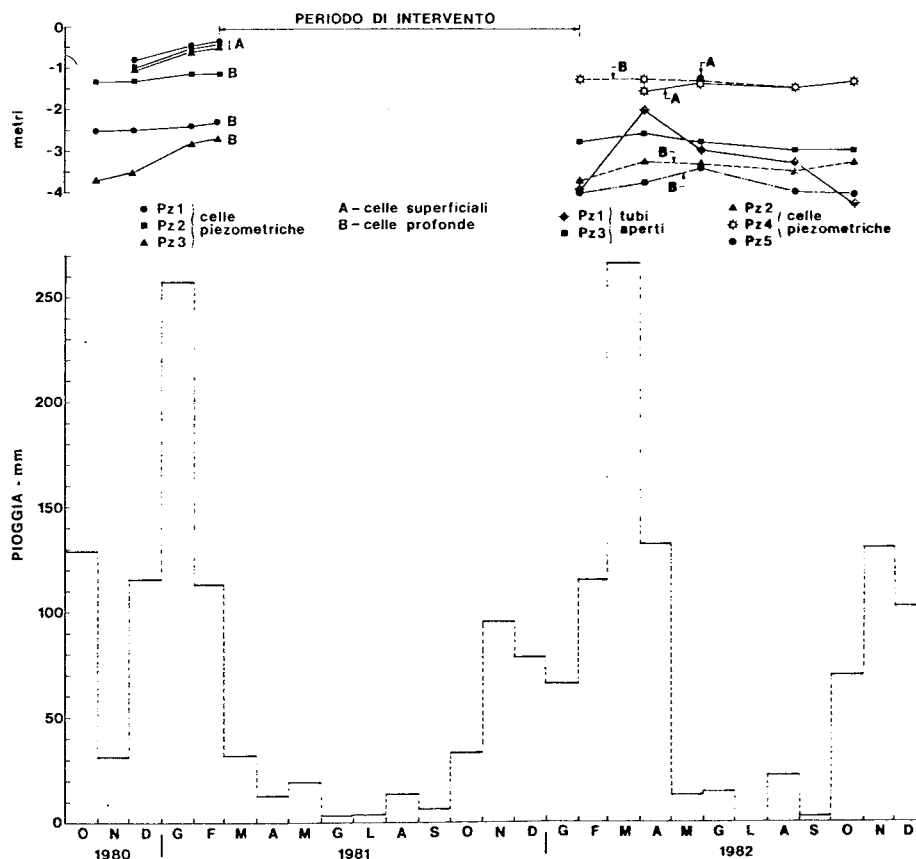


Fig. 7. - Letture piezometriche e precipitazioni mensili (staz. Scillato).

Si è inoltre osservato che gli spostamenti avvengono con velocità non uniforme; da valori nulli nel mese di novembre 1980 si passa agli 8 cm cumulati nei mesi di dicembre e gennaio 1981, ai 15 cm nel mese successivo con i tubi 3, 4 e 5 rotti alla terza lettura. Inoltre i vettori spostamento hanno componente principale nella direzione della massima pendenza; le componenti in direzione eccentrica rispetto ad essa appaiono significative (Fig. 3).

Il confronto tra i dati inclinometrici e piezometrici consente di affermare che i movimenti dei corpi di frana si verificano in presenza di un livello di falda freatica superiore a -2 e a -1.5 m dal p.c. Rispettivamente nella zona medio-alta (superfici B e C di Fig. 8) e nella zona bassa (superficie A di Fig. 8). Il meccanismo di attivazione è individuabile nella crescita del carico idraulico e nella conseguente riduzione delle tensioni efficaci.

L'erosione compiuta dalle aste torrentizie, in special modo dal torrente Salito, è stata un elemento importante di rinnovo dei movimenti del pendio.

Le osservazioni effettuate consentono di

classificare la frana come « successive slips » [SKEMPTON e HUTCHINSON, 1969].

8. Analisi di stabilità

L'analisi di stabilità è stata effettuata in termini di tensioni efficaci con il metodo di Bell, lungo le sezioni illustrate nella Fig. 8.

Le superfici di scivolamento sono state individuate sulla base dei rilievi inclinometrici e dello studio geomorfologico.

Le analisi hanno permesso di verificare che con i valori misurati in laboratorio di $\phi' = 9^\circ \div 11^\circ$, rappresentativi della resistenza meccanica della coltre colluviale, la stabilizzazione del pendio si ottiene con un abbassamento del livello di falda di $2 \div 3$ m dal piano campagna.

9. Interventi di consolidamento

La scelta del tipo e della collocazione delle opere stabilizzate è stata fatta considerando la geometria della condotta (Fig. 10), che è posata in massima pendenza, a profondità media di 1.5 m. La frana genera carichi principalmente in direzione dell'asse della tubazione.

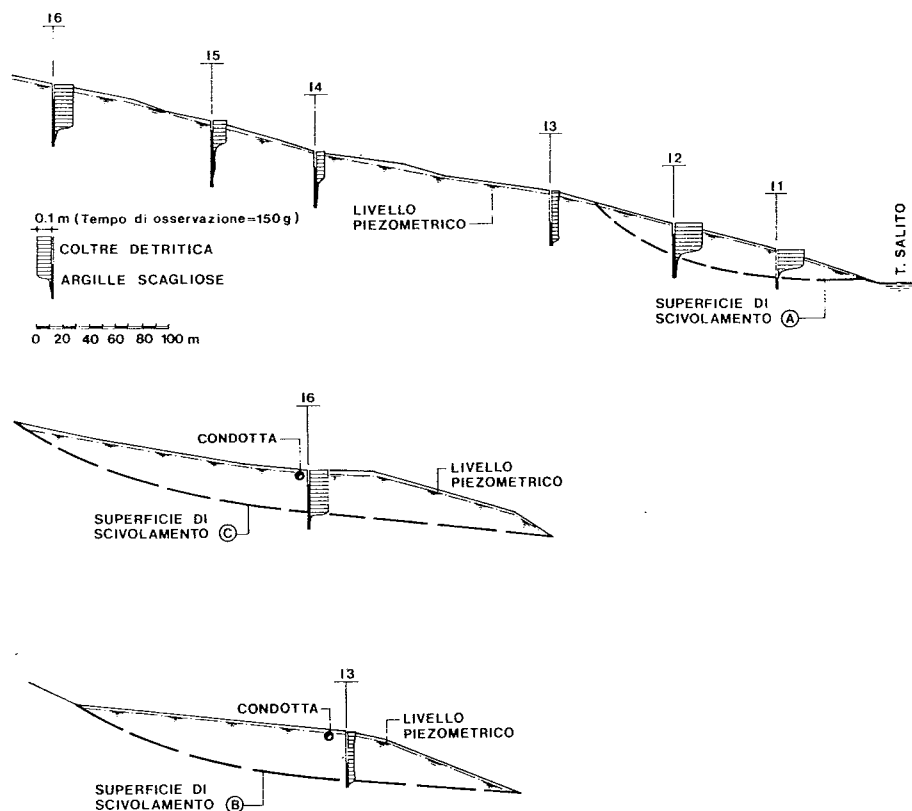


Fig. 8. - Sezioni longitudinali con andamento del livello piezometrico superficiale, diagrammi inclinometrici e superfici di scivolamento.

All'uscita dal letto del torrente, dove è incastrata, essa affronta la risalita prima con una curva verticale, poi con una orizzontale (Fig. 9). In questo tratto lo sforzo prevalente è la compressione.

Per piccoli spostamenti delle curve il terreno riesce ad esercitare un'azione di guida che induce la tubazione a comportarsi come vincolata da rulli uniformemente lungo la direttrice. Per grandi spostamenti delle curve, l'azione di guida cessa, gli sforzi da momento flettente si concentrano in esse e si verificano fenomeni di instabilità che possono portare al collasso.

Egual concetto vale per la curva che si trova all'altezza della Trazzera Gorgo Granza.

Nelle zone critiche, così individuate, sono state concentrate le opere di risanamento.

Le trincee drenanti e i dreni suborizzontali costituiscono un tipo di opere che si adatta alle contemporanee necessità di abbassare il livello della falda freatica e di funzionare a differenti profondità entro il corpo di frana.

Il calcolo della profondità e dell'interasse delle trincee condotto in fase di progetto di massima col metodo dei reticoli di flusso [HUTCHINSON, 1978] configura una sistemazione molto onerosa, imponendo di collocare trincee profonde 5 m ad interasse di 10 m.

Tenendo conto degli obiettivi del consolidamento, cioè del criterio guida del progetto, se ne è ridotto il numero, integrandole con drenaggi suborizzontali, ai quali è stato affidato il compito di drenare le acque più profonde in prossimità delle superfici di scivolamento.

La morfologia del versante e le caratteristiche delle frane hanno reso inapplicabili i criteri di progettazione dei drenaggi suborizzontali riportati in letteratura [CARLIER, 1963; KENNEY *et al.*, 1977]; è stato perciò usato un criterio empirico all'interno dei riferimenti illustrati nei capitoli precedenti.

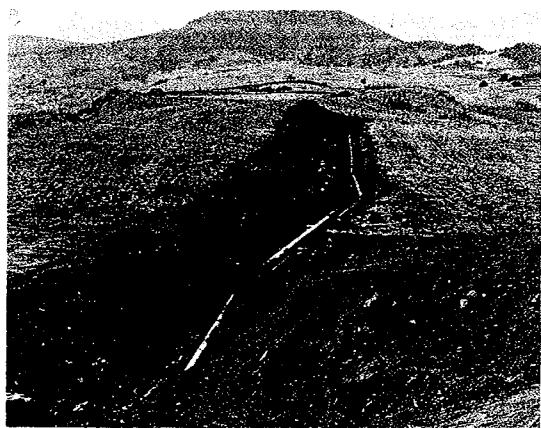


Fig. 9. - Tubazione all'uscita dal letto del torrente Salito.

Le opere sono state così disposte (Fig. 10):

A) Nella parte bassa

- 1) 2 speroni drenanti ai lati della condotta;
- 2) 12 dreni suborizzontali lunghi 60 m ciascuno, posti a gruppi di tre su due piani diversi;
- 3) 2 trincee drenanti a V rovescia profonde 4.50 m, alle quali è affidato il compito di intercettare le acque che percolano verso il torrente.

B) Nella zona mediana

- 1) una trincea drenante con asse subparallelo alla condotta profonda 5 m;
- 2) una trincea drenante parallela alla condotta profonda 4 m;
- 3) 28 dreni suborizzontali nell'accumulo lunghi da 40 a 60 m.

C) Nella zona medio-alta

- 1) 18 dreni suborizzontali lunghi 50 m, ciascuno nella zona del costone, per captare le acque a monte della zona in movimento.

Nella parte bassa i dreni suborizzontali hanno il compito di catturare le acque al contatto coltre-alluvioni.

Nella parte mediana sono ubicati a quote e con inclinazioni diverse, per drenare una zona di ristagno.

La sistemazione è stata completata da trincee drenanti profonde 2.50 m e da canalette per accelerare il deflusso delle acque superficiali.

10. Efficacia degli interventi

Durante la costruzione delle opere si è notato che, nonostante i 5 mesi di siccità (maggio-settembre 1981), gli scavi delle trincee si sono riempiti di acqua.

Invece i dreni suborizzontali hanno avuto comportamenti diversi:

a) quelli posti nel settore Nord (rispetto all'asse condotta) hanno iniziato subito ad emungere acqua (per alcuni le portate sono state di 3×10^{-2} lit./sec);

b) tra quelli del settore Sud, solo quelli trivellati in corrispondenza del contatto coltre in frana-alluvioni (nella parte bassa) e di compluvio (nella parte mediana) hanno avuto un comportamento analogo.

Gli altri (il 50% circa) non hanno mostrato immediati e visibili risultati di drenaggio delle falde acquifere. Successivi controlli hanno comunque indicato l'inizio dell'attività di drenaggio.

In sostituzione degli inclinometri e dei piezometri rotti dai movimenti della coltre franosa e dalle macchine in corso d'opera è stata installata una strumentazione per controllare l'andamento dei processi di consolidamento delle aree drenate e lo stato tensionale della condotta, consistente in tre tubi inclinometrici, tre piezometri e sei posizioni estensimetriche.

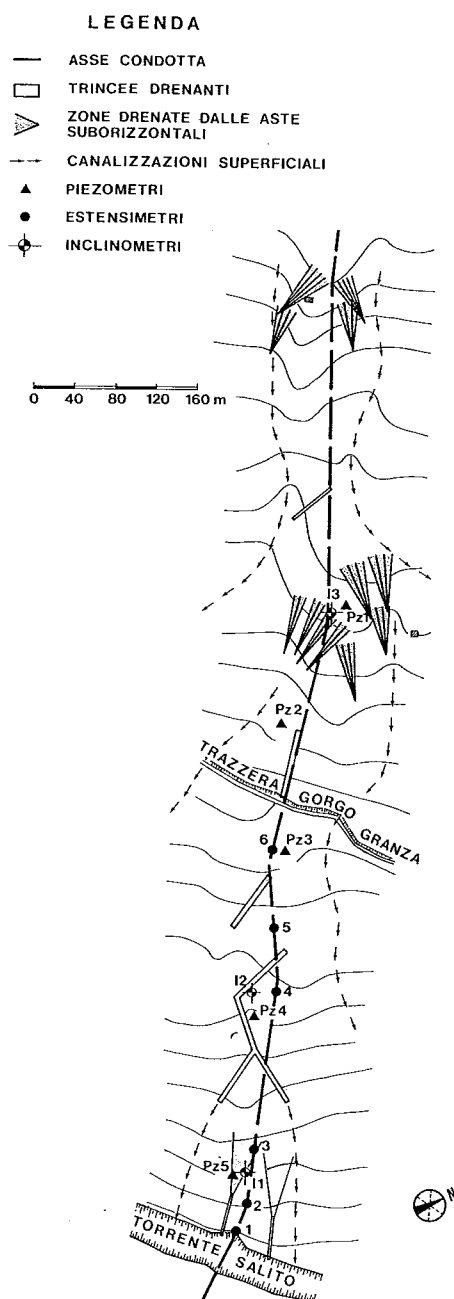


Fig. 10. - Ubicazione delle opere di sistemazione e della strumentazione di controllo.

Nella figura 10 sono indicate le posizioni degli strumenti; nella figura 11 sono illustrati i risultati delle nuove letture ai piezometri e ai tubi inclinometrici.

In particolare si è osservato che:

1) le letture al tubo inclinometrico n. 3 sono poco attendibili per i primi due metri, tra i 2 e 6 metri di profondità segnalano movimenti dell'ordine di 2 cm in un anno. Il piezometro ubicato nella stessa zona mostra che la falda acquifera si è mantenuta oltre i 2 metri di profondità;

2) le letture al tubo inclinometrico n. 2 mostrano spostamenti accentuati (10 cm in un anno), quelle al piezometro segnalano una falda a $-1.2 \div -1.3$ metri. Il fenomeno è localizzato; questi dati hanno consigliato di rafforzare la sistemazione in questa zona, dove è stata costruita una trincea drenante a 3 m di profondità;

3) le letture al tubo inclinometrico n. 1 vanno divise in tre periodi significativi. Nel primo, dall'aprile '82 al giugno '82, c'è un movimento di 3 cm seguito da un periodo di 4 mesi senza spostamenti. Dall'aprile '82 al marzo '83 è segnalato uno spostamento di 2 cm circa, verificatosi probabilmente nei mesi di gennaio e febbraio, molto piovosi. I dati rilevati al piezometro collocato nelle vicinanze sono congruenti: la cella posta a -2 m segnala, negli stessi periodi, una risalita della falda fino a -1.35 m; invece, la falda di profondità, mostra segni di progressivo abbattimento.

Nella figura 12 è riportato il risultato dell'elaborazione probabilistica dei dati di pioggia negli ultimi 35 anni, rilevati nella stazione pluviometrica di Scillato. Essa mostra che la probabilità che si verifichino eventi piovosi di entità inferiore a quelli del 1981 è del 50%, mentre detta probabilità sale all'80% se si considerano le altezze di pioggia del 1982.

Quindi negli anni successivi alla costruzione delle opere, le altezze di pioggia registrate sono risultate elevate rispetto alla media costituendo un collaudo probante delle opere di stabilizzazione.

È da notare che nei periodi di piogge intense, nella parte bassa del versante i dreni non riescono a smaltire velocemente le acque meteoriche per la scarsa permeabilità dell'ammasso in frana, consentendo alla falda di risalire al di sopra di -1.5 m.

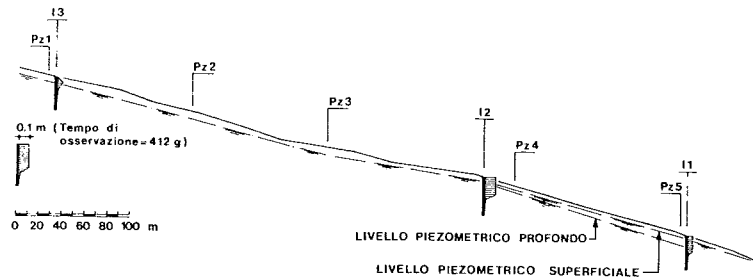


Fig. 11. - Livelli piezometrici e diagrammi inclinometrici (dopo la realizzazione delle opere).

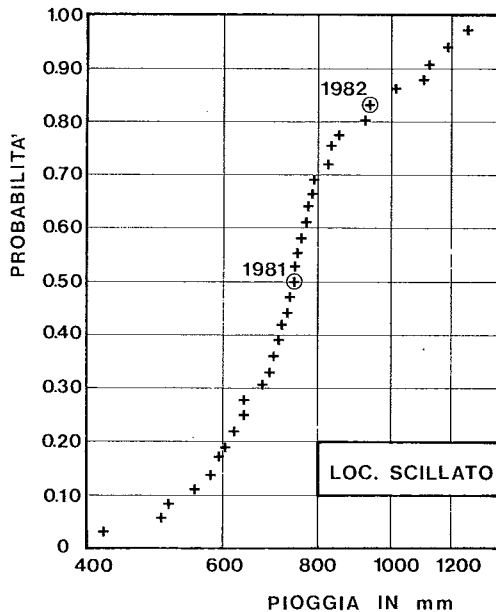


Fig. 12. - Elaborazione probabilistica dei dati pluviometrici (la possibilità che si verificano altezze di pioggia inferiori a quella del 1982 pari all'82%).

11. Conclusioni

Le opere di drenaggio hanno rallentato i movimenti della coltre franosa: da spostamenti di 20 cm in due mesi si passa, pur in presenza di intense piogge, a spostamenti inferiori a 5 cm in un anno. Pur restando considerevoli in valore assoluto, in rapporto alla struttura-condotta non sono da considerare tali; infatti essi non deformano le curve della tubazione in misura tale da far diventare critici i momenti flettenti.

L'esame dei dati rilevati dagli estensimetri (qui non riportati) testimonia che nei due anni di osservazione non si sono verificate variazioni tensionali in condotta.

La sistemazione, quindi, rallentando i movimenti nella fascia attraversata dalla condotta e nei suoi punti critici, accresce la sicurezza di esercizio e consente di prevedere con largo anticipo gli interventi necessari a ripristinarla.

BIBLIOGRAFIA

- CARRIER M. (1963) - *L'hydraulique des nappes de drainage par canalisations souterraines*, Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, n. 185.
- CATALANO R., MONTANARI L. (1979) - *Geologia dei Monti di Trabia - Termini Imerese e dei Monti Sicani Orientali*, Acc. Sc. Fis. e Mat., Napoli.
- HUTCHINSON J. (1978) - *Valutazione dell'efficacia degli interventi correttivi in relazione alle condizioni geologiche e al tipo di movimento franoso*, Franosità in Italia, Convegno Geofluid - Piacenza.
- KENNEY T. C., PAZIN M., CHOI W. S. (1977) - *Design of horizontal drains for soil slopes*, Journal of Geotechnical Eng. Div. Proc. ASCE, Vol. 103.
- MARCHETTI S. (1976) - *Metodi di osservazione del comportamento dei pendii naturali ed artificiali*, Atti Ist. Sc. Costruzioni, Pol. Torino Ingegneria n. 312.
- OGNIBEN L. (1960) - *Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia Nord-Orientale*, Riv. Min. Sic. 64-65, 1 - 30.
- SKEMPTON A. W., HUTCHINSON J. (1969) - *Stability of natural slopes and embankment foundations*. Proc. Int. Conf. of Geotech. Eng. - Mexico City.
- VENZI S., MALLARDI P. (1982) - *Control of pipeline subjected to landslides*, 15th World Gas Conference - Lausanne.

SUMMARY

Stabilization of the left hand flank of the Salito River (Palermo - Sicily)

A landslide area, involving clay shales and colluvial soils, extends on the left-hand flank of the Salito river's valley (Palermo - Sicily).

A pipeline crosses that area and is involved in the landslide movements.

A program of geotechnical investigations, including borings installation of inclinometric tubes, piezometric cells and laboratory tests on the soil samples, was established and carried out on the basis of geomorphological surveying.

This study shows that the slip surface is at depth of 8-18 m (penetrating into clay shales), has different direction of movement and that the residual shear strength parameters of soil is:

$$c' = 0.1 \text{ Kg/cm}^2 \quad \phi' = 9^\circ \div 11^\circ$$

These results together with the analysis of slope stability lead to a system of remedial measures, consisting in subsurface drainage to reduce the push on the pipeline. Shallow draining trenches and horizontal drains have been used as subsurface drainage.

In addition the control, with installation of geotechnical instruments, of the effectiveness of all stabilizing works is reported.