

interamente pronto a funzionare senza che l'opera possa essere colta a mezzo da una alluvione del torrente, che arrischi di frustrare anche i lavori fatti.

Quando poi si tratta di un cono completamente formatosi, il che spesso si verifica dopo avvenuta la sistemazione del bacino montuoso, il torrente tende ad approfondirsi, escavandosi il letto nelle proprie alluvioni. Quando questa tendenza possa portare pregiudizio, oppure quando si voglia impedire che l'approfondimento si spinga oltre un certo limite, si ricorre preferibilmente al sistema delle briglie di limitata altezza cioè semplici soglie che si incominciano a valle proseguendo gradatamente verso monte, a mano a mano che quelle già erette sono completamente interrite.

§ 3. Frane, loro cause e rimedi.

Qualunque movimento o scoscendimento di terreno si dice frana.

Le frane possono essere *superficiali* o *profonde*.

Quando la frana è superficiale, specialmente se si ha l'accorgimento d'intervenire prontamente appena che la frana si è manifestata, non riesce difficile il portarvi rimedio. Ma la cosa riesce ben diversa quando la frana non è soltanto superficiale perchè allora si tratta di arrestare il movimento di una massa che assai spesso arriva a una profondità notevole, la quale non è quasi mai nota in precedenza (Tav. 37).

La causa prima di qualunque frana sta sempre nell'inclinazione troppo forte del terreno, perchè lo scorrimento non avverrebbe se l'inclinazione stessa non superasse l'angolo naturale di declivio di quel dato terreno il quale, come è noto, è anche l'angolo che ne assicura l'equilibrio.

Questo angolo varia però certamente secondo la natura del terreno stesso e anche secondo il suo grado di umidità perchè tende sempre a diminuire col crescere dell'umidità.

Per le terre sabbiose l'angolo di naturale declivio è in media $\varphi = 35^{\circ}$, al quale corrisponde un coefficiente d'attrito $f = \tan \varphi = 0.70$; per tutte le altre terre il detto angolo è maggiore oscillando da 40° a 45° e arrivando anche a 55° per le terre forti molto compatte, cosicchè il coefficiente d'attrito oscilla da 0.84 ad 1.00 ed arriva fino a 1.43. Soltanto per le terre pantanose ed argillose allo stato di fango (le quali sono le peggiori terre che si possano trovare) l'angolo φ scende sotto i detti valori e da 10° può anche diminuire fino a 0° a cui corrispondono angoli d'attrito f variabili da 0.18 a 0.

Ma la forte inclinazione non basta da sola a spiegare i movimenti franosi che improvvisamente si manifestano qua e là quasi ogni giorno; perchè se essa ne fosse l'unica causa, la pendenza, tranne nei periodi eccezionali di terremoto, rarissimi ecc., essendo costante ed immutata da tempo immemorabile, la frana dovrebbe essersi già manifestata fin dai tempi geologici più remoti nei quali i versanti montuosi si sono formata quella inclinazione ed oggigiorno ogni movimento franoso dovrebbe essere completamente esaurito.

Invece quotidianamente possono avvenire e purtroppo avvengono frane e queste se trovano nel declivio più o meno forte secondo la natura del terreno la loro spiegazione prima, hanno però sempre origine anche da qualche altra causa determinante, la quale viene lì per lì a modificare il così detto strato di copertura biologica e può essere di natura assai varia. Così un recente ed inconsulto diboschimento, oppure inopportuno dissodamento, oppure anche il semplice passaggio di mandrie che avvenga su terreni sciolti e non sia

opportunamente sorvegliato, può provocare il movimento franoso. Ma la causa determinante di gran lunga più frequente sta nelle acque, le quali scorrendo sia alla superficie che a profondità diminuiscono la coesione delle materie in modo da promuovere lo scoscendimento.

Perciò il rinsodamento e rinsaldamento di una frana richiede quasi sempre i seguenti provvedimenti:

1^o Anzitutto, la *regolazione delle acque sia superficiali che sotterranee*.

2^o La regolarizzazione del terreno riducendolo a quella pendenza che ne assicuri il voluto equilibrio anche alla superficie.

3^o Da ultimo il *rimboschimento* o *l'inerbimento*, il quale è destinato a coronare l'opera, procurando alla superficie del terreno sciolto quella corazza protettiva che valga a presidiarlo dall'azione distruttrice degli agenti atmosferici e specialmente dalla erosione delle acque di pioggia.

Non di rado poi, oltre a questi tre provvedimenti d'indole generale, ne occorrono altri di natura affatto speciale e che quindi possono essere suggeriti soltanto dallo studio attento di ogni caso ⁽⁷⁶⁾.

Così per es. quando la frana termina al suo piede in un torrente o in un burrone, è ovvio che le acque che scorrono in quest'ultimo favoriscono il progresso della frana. Perciò è allora conveniente aggiungere qualche opera che valga o a presidiare il piede della frana (ciò che può essere fatto tanto con un muro, quanto con una robusta scogliera di grossi massi) oppure meglio ad allontanare le acque dal piede del terreno franoso.

L'allontanamento delle acque del torrente dal versante

⁽⁷⁶⁾ RICCARDO SIMONETTI, « Consolidamento dei terreni franosi », Giornale del Genio Civile, 1893.

in movimento si può ottenere in più modi, sia mediante galleria, sia mediante canale a cielo aperto appositamente scavato nell'opposto solido versante. Oppure anche quando la larghezza del letto e le condizioni del torrente lo consentano mediante un ben combinato sistema di opere longitudinali e trasversali, od anche con sole opere trasversali cioè con pennelli, speroni, o briglie declivi dalla riva franosa verso il thalweg e per-

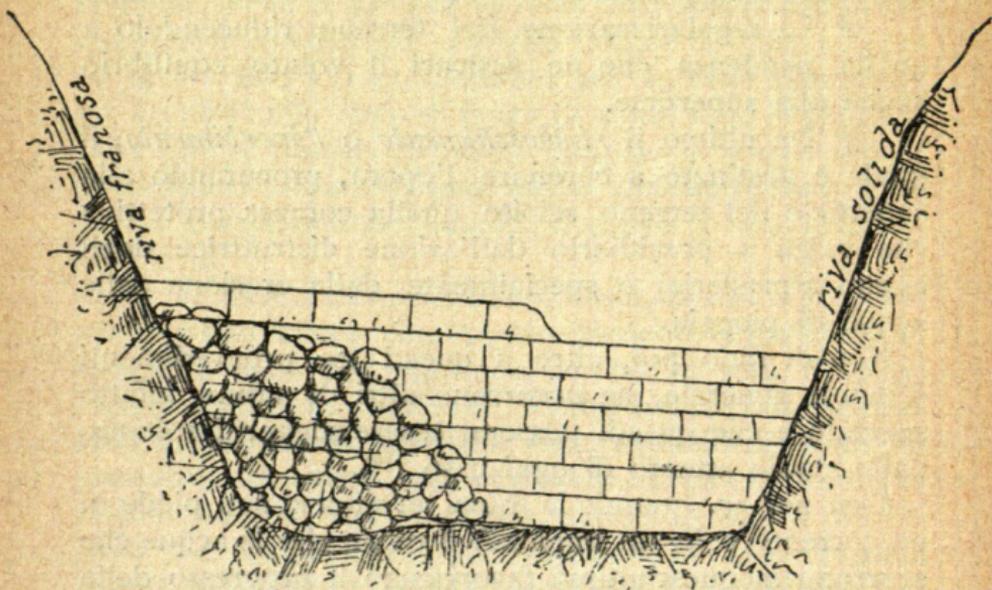


Fig. 96.

pendicolari all'asse del torrente (vedi fig. 96) quali si stabilisce una sassaia di grossi elementi appoggiata alla riva in movimento.

In altri casi mentre una riva del torrente è rocciosa, e quindi solida e compatta, l'altra è costituita di materie sciolte, e inoltre la riva rocciosa invece di essere regolare presenta delle sporgenze e delle rientranze per modo che la corrente viene dalle sinuosità della riva

stessa respinta contro la riva opposta che, per la sua debole struttura non potendo resistere, diventa franosa. In questo caso naturalmente un provvedimento ottimo sarà quello di rettificare la sponda sinuosa, rimuovendone le irregolarità che possono essere la causa di frane.

Il mezzo migliore per raddolcire la pendenza di una superficie franosa è sempre quello di ridurla a terrazze artificiali, mediante briglie rustiche di muro o anche mediante fascinate oppure semplici palizzate (come si vede nelle fig. 97-100) e talvolta anche mediante tutte queste opere assieme opportunamente combinate, in guisa da disporre le briglie in muro nei punti dove si richiede maggior resistenza e le fascinate e palizzate nei punti secondari.

Naturalmente però queste regolarizzazioni del suolo devonsi intraprendere soltanto dopo che ogni movimento franoso è cessato e devono essere precedute da tutte quelle operazioni di adattamento, ossia di sterro e di rinterro che sono indispensabili per ridare alla superficie del terreno tormentata dalla frana la forma meno irregolare possibile.

Queste regolarizzazioni superficiali poi non devono mai eseguirsi con terrazzi molto alti perchè questi raggiungono tanto maggiore effetto e sono tanto più durevoli, quanto più l'altezza dei gradini è moderata. È opportuno che questa altezza, tranne in casi eccezionali, non sorpassi m. 1 o m. 1.50 al più.

Le Tav. 38-46 mostrano alcune pendici franose prima e dopo la loro sistemazione.

Il provvedimento al quale però, ripetesì, bisogna ricorrere prima d'ogni altra opera è quello della regolarizzazione del deflusso di tutte le acque sia superficiali che sotterranee. Questo provvedimento è della più alta importanza ed ha un grandissimo valore, non solo come rimedio repressivo, ma anche come rimedio preventivo.

Rinsaldamento di una frana col sistema degli interrimenti artificiali mediante muri, viminate e fascinate.

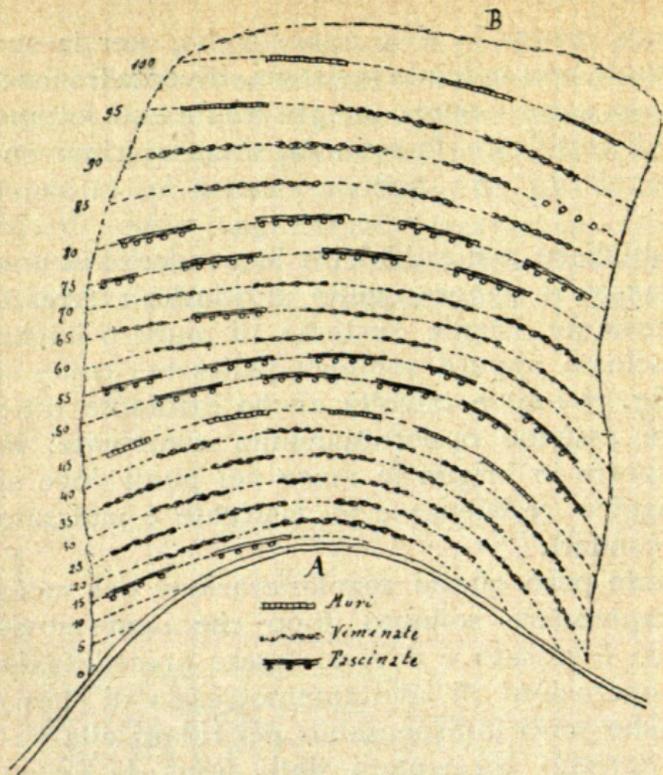
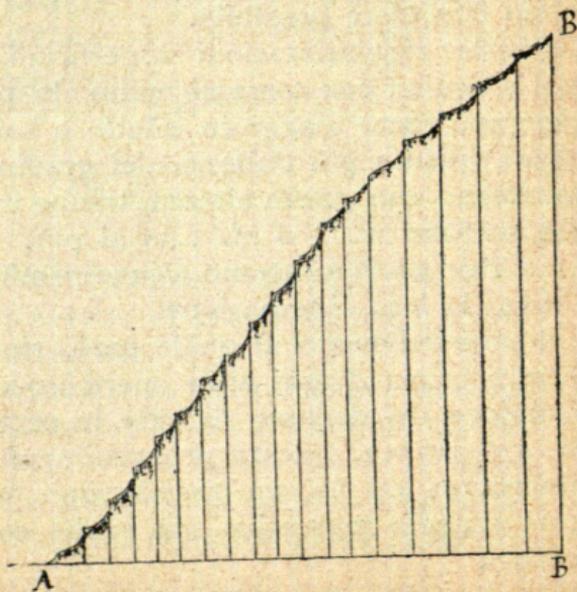


Fig. 97 a.

Fig. 97 b.



Sotto quest'ultimo punto di vista, esso anzi non sarà mai abbastanza raccomandato, perchè su quei versanti montuosi, dove sia severamente praticata e conservata

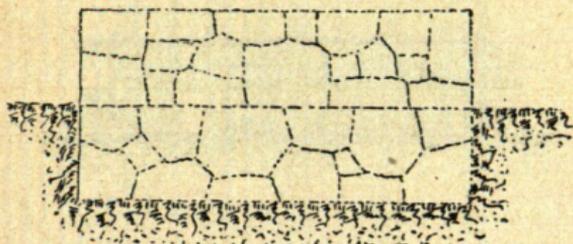


Fig. 98 a. — Prospetto.

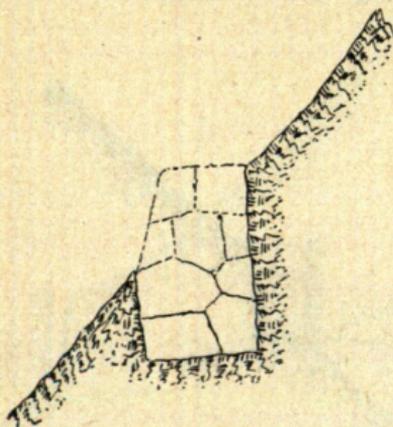


Fig. 98 b. — Sezione.

una razionale condotta di tutte le acque che possono scorrervi, dai punti più alti dello spartiacqua fino al fondo della valle, si può essere sicuri e tranquilli, che

non avverranno nè disordini gravi nè notevoli framenti.

Anche sotto il punto di vista dell'azione dissolvente che esercita l'acqua, le qualità di terra peggiori sono

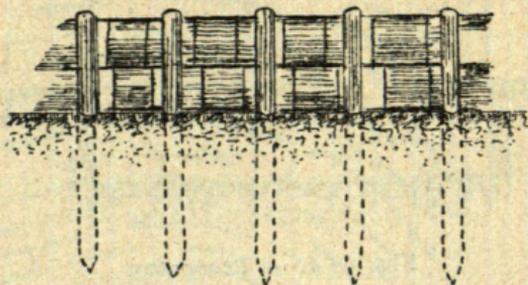


Fig. 99. a. — Prospetto.

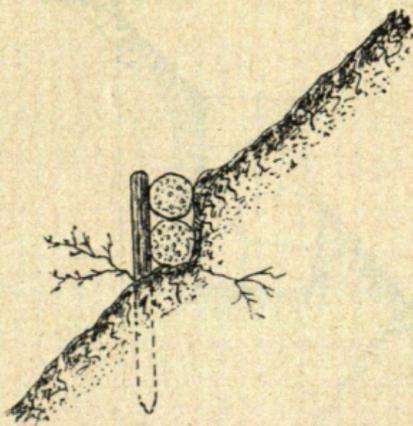


Fig. 99 b. — Sezione.

le terre argillose, le quali come si è già pure visto, allo stato di fango assumono un angolo di scarpa naturale assai piccolo, e quindi tale che il loro equilibrio non si verifica nemmeno quando esse riposano su un

bisce un restringimento che fende la massa terrosa e la divide in piccoli frammenti, cosicchè essa si trova ridotta senza coesione e tende a cadere verso il fondo della valle.

Se invece l'acqua è in tale abbondanza da saturare l'argilla, allora questa si converte in una massa semifluida che scorre con grande facilità anche su piani quasi orizzontali.

È anzi così, che si spiegano le frane aventi notevole profondità. Infatti queste avvengono quasi sempre per l'esistenza di uno strato di materie permeabili sovrapposto a un banco impermeabile che talvolta è anche assai profondo e il cui piano superiore forma piano di scorrimento dello strato stesso (vedi fig. 101). Ma quasi sempre la frana è aggravata dalla presenza di uno strato d'argilla più o meno potente situato sul banco impermeabile e che sotto l'azione dell'acqua o della umidità cambiando consistenza si converte, come si è detto or ora, in una massa semifluida che cola in basso trascinando con sè il banco di materie che per avventura vi si trova sovrapposto.

In questo caso, bene esaminando le materie franate, si trova che le acque del sottosuolo trapelano al piede della massa crollata.

Non di raro però le acque scaturiscono non al fondo della massa crollata, ma in punti intermedi della massa stessa, dimostrando così che la frana ha avuto una formazione diversa. Cioè le acque piovane, dopo essere state assorbite dal suolo ed avere attraversato lo strato di terreno permeabile, raggiungendo la faccia superiore dello strato argilloso, ma prima che abbiano avuto il tempo di convertirlo interamente in una massa fluida, specialmente se esso consta di un banco di notevole spessore, sono penetrate in qualche fessura che preesisteva nel banco stesso oppure impedito nel loro corso da qualche ostacolo ne hanno staccato la parte soggia-



Tav. 45. — Frana Cantarol prima della correzione (Belluno).

cente trascinando con sè porzione del terreno sovrastante.

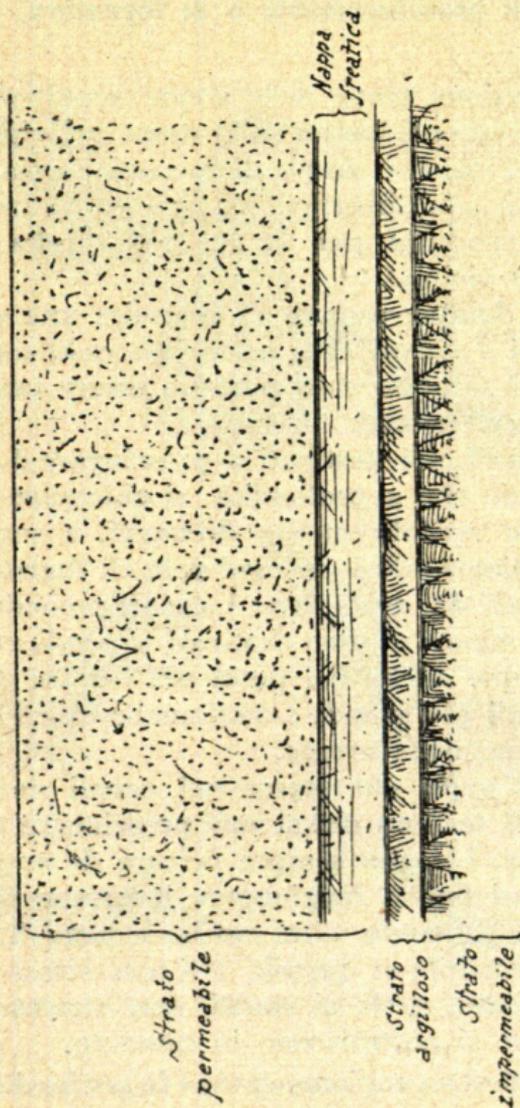


Fig. 101.