

ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA
 QUARTO CONVEGNO DI GEOTECNICA
 Padova, Maggio 1959

I MOVIMENTI DELLA MASSA ROCCIOSA SULLA SPONDA SINISTRA DEL SERBATOIO DI PONTESEI IN CORRISPONDENZA ALLA CONFLUENZA DEL TORRENTE MAE' E DEL SUO AFFLUENTE RIO DI BOSCONERO

U. CAPRA - C. LINARI (*)

SOMMARIO - Dopo un breve cenno descrittivo del serbatoio di Pontesei sul torrente Maè e della situazione geologica locale, vengono illustrate le varie manifestazioni connesse ai movimenti della massa rocciosa sulla sponda sinistra e i relativi sistemi di controllo. Segue la elencazione dei provvedimenti studiati e di quello adottato per l'arresto del movimento e la disamina dei primi risultati delle osservazioni.

Il fenomeno oggetto della presente memoria consiste in una serie di movimenti della massa rocciosa verificatisi — con differenti caratteristiche nel tempo — in una parte della sponda sinistra del serbatoio di Pontesei recentemente costruito sul torrente Maè, affluente di destra del Piave.

Il serbatoio, (Fig. 1) che consente un invaso di 10 milioni di m³ fa parte degli impianti di utilizzazione del bacino del Piave ed è dovuto alla costruzione di una diga a cupola alta 93 m in località Pontesei, circa 5 km a valle del paese di Forno di Zoldo.

E' alimentato dalle acque del Maè ed indirettamente da quelle del Boite, attraverso una galleria di valico della lunghezza di 9 km, la cui utilizzazione avviene nella centrale di Gardona con restituzione nel serbatoio del Vaiont.

La valle di erosione è scavata nei calcari dolomitici del Trias superiore.

In corrispondenza della stretta scelta per lo sbarramento, essi affiorano anche sul fondo, e sono visibilmente legati a quelli dei fianchi in perfetta continuità. Le fratturazioni che si avvertono nella zona interessata dall'opera di sbarramento hanno carattere superficiale.

In sponda sinistra, un po' al di sopra della quota di ritenuta, la roccia è invece per notevole altezza

fortemente fratturata e praticamente suddivisa in grandi blocchi. Tale fratturazione è con ogni probabilità da mettere in relazione con un importante scorrimento su una superficie di movimento poco inclinata. Lo strato fratturato era infatti compreso tra i calcari compatti inferiori, sui quali si imposta la diga, e quelli superiori sovrascorsi — localmente scomparsi — che facevano un tutto unico con quelli che attualmente formano i torrioni e le guglie della Rocchetta, del Sfornaio e delle cime di Mezzodì. Il solco erosivo del Rio di Bosconero affluente di sinistra del Maè immediatamente a monte della diga, interrompendo la continuità dello strato fratturato, ha dato origine ai movimenti, oggetto dell'attuale osservazione, favoriti anche dalla inclinazione degli strati e dalle interposizioni argillose.

Una valutazione di tali movimenti nel tempo non è stata tuttavia possibile per la mancanza di qualsiasi elemento che potesse fornire una utile indicazione.

La zona, infatti, non era attraversata per il passato da strade nè su di essa si trovavano opere che con i loro assestamenti e deterioramenti potessero indicare se i movimenti erano in atto od avessero raggiunto, come fu ritenuto, l'ampiezza finale.

All'inizio dei lavori per la costruzione del serbatoio, ci si preoccupò di ispezionare accuratamente tutta la zona di impostazione della diga sulle due sponde a mezzo di sondaggi, cunicoli, intensificando le prospezioni in sponda sinistra nel timore che le fratture evidenti in superficie, sia pure al di sopra della quota

(*) Dott. Ing. U. CAPRA e Dott. Ing. C. LINARI, del Servizio Costruzioni Idrauliche della Società Adriatica di Elettricità - Venezia.

di ritenuta, proseguissero anche al di sotto; in tal caso avrebbero rappresentato delle pericolose vie di uscita delle acque del costruendo serbatoio (sondaggi 1 e 89 dello schermo sinistro d'iniezioni); così pure venne direttamente ispezionata a mezzo di un cunicolo una faglia in sponda sinistra immediatamente a monte della diga.

I risultati di tali prospezioni furono del tutto tranquillanti in quanto ad una distanza di 75 m dall'imposta, la roccia risultò ancora perfettamente compatta; anche la faglia, dopo un addentramento di pochi metri, si presentò completamente chiusa e con-

terla della lunghezza di m 140. Nello scavo di essa, venendo da valle, si attraversa prima una zona compatta di 70 m, per entrare poi in roccia di egual natura calcarea ma intensamente fratturata e divisa, tanto che si fu costretti al completo rivestimento della galleria, che allora non mostrò di subire movimenti né fessurazioni.

Occorre però tener presente che con ogni probabilità i movimenti della massa rocciosa non hanno un andamento continuo nel tempo, ma che essi si intensificano nei periodi di maggiore piovosità, di temperatura ecc.

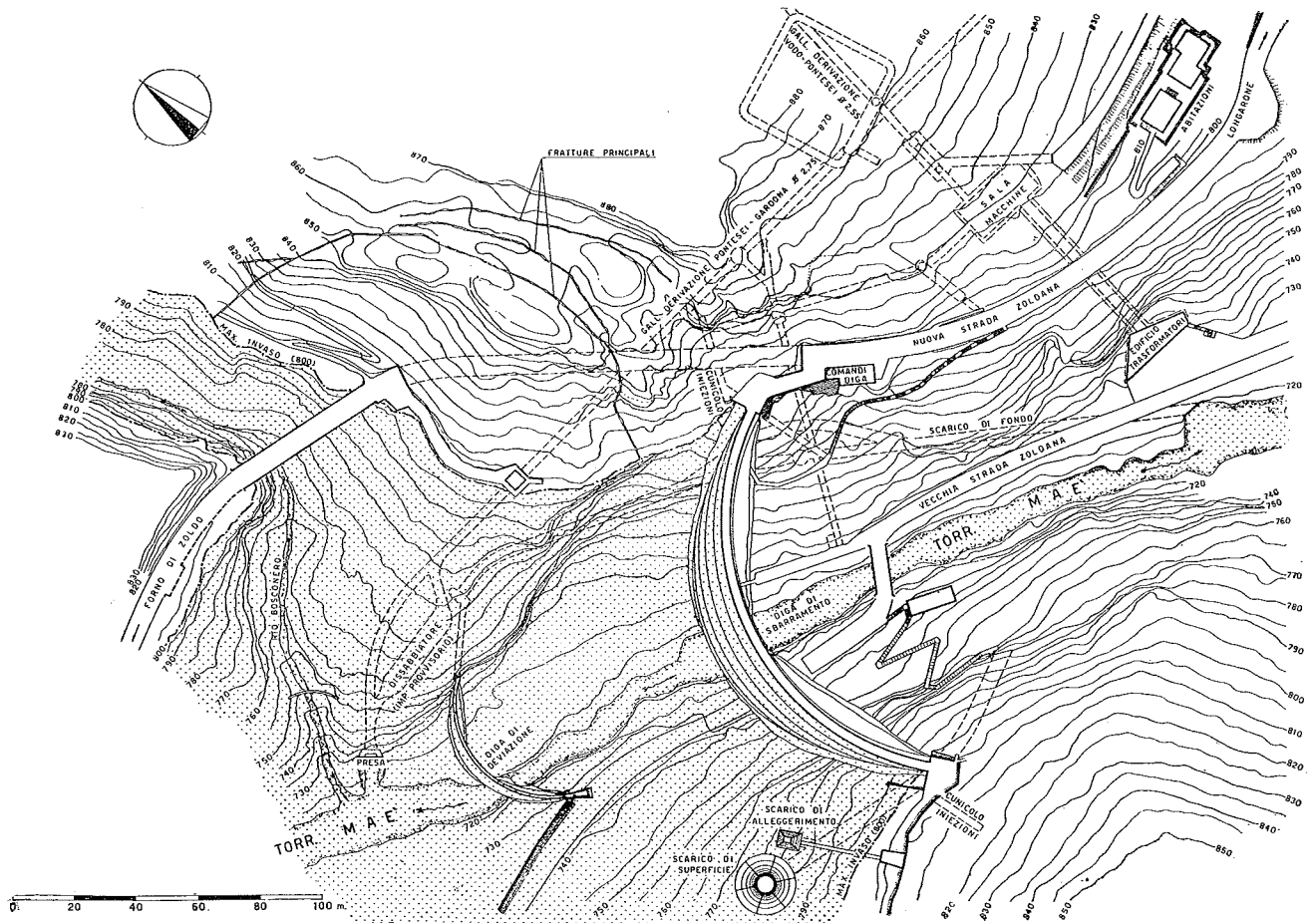


Fig. 1 - Planimetria generale

tenente soltanto uno strato di argilla dello spessore massimo di 1 cm.

A conferma della continuità e della compattezza della roccia si ebbero anche i non eccessivi assorbimenti di cemento (38 kg/m) richiesti dalle iniezioni a notevole pressione e la loro pressochè uniforme distribuzione.

Già prima di iniziare gli scavi per la diga di ritenuta s'era proceduto alla costruzione del nuovo tronco della strada Longarone-Forno di Zoldo che sostituisce il tratto sommerso ora dal serbatoio, attraversando così la zona superiore intensamente fratturata con una gal-

La prima sicura manifestazione di un movimento di massa si ebbe alla fine del giugno 1957 quando venne ad annullarsi lo spazio lasciato tra la testa delle travate (lunghe 48 m) costituenti il ponte sul Rio di Bosconero e la spalla in calcestruzzo, spazio che in origine era di 3 cm.

Contemporaneamente si manifestarono numerose lesioni sul rivestimento della galleria stradale.

Un terzo indice del movimento venne offerto dai rilievi dei capisaldi posti sulla zona sconnessa e facenti parte delle reti di controllo della diga.

La concomitanza del manifestarsi di tali movimenti

col raggiungimento della massima quota di invaso ha fatto logicamente pensare alla influenza di questo ultimo sul fenomeno; perciò si decise immediatamente di intensificare ed estendere i controlli con lo scopo sia di seguirne il progredire, sia di individuare la massa di movimento e possibilmente le cause determinanti.

4) controllo a mezzo pendolo della inclinazione del pozzo per il sollevamento della griglia, una parte del quale attraversa la zona in osservazione;

5) controllo a mezzo di deformometri dell'allargamento delle lesioni riscontrate sul rivestimento della galleria stradale;

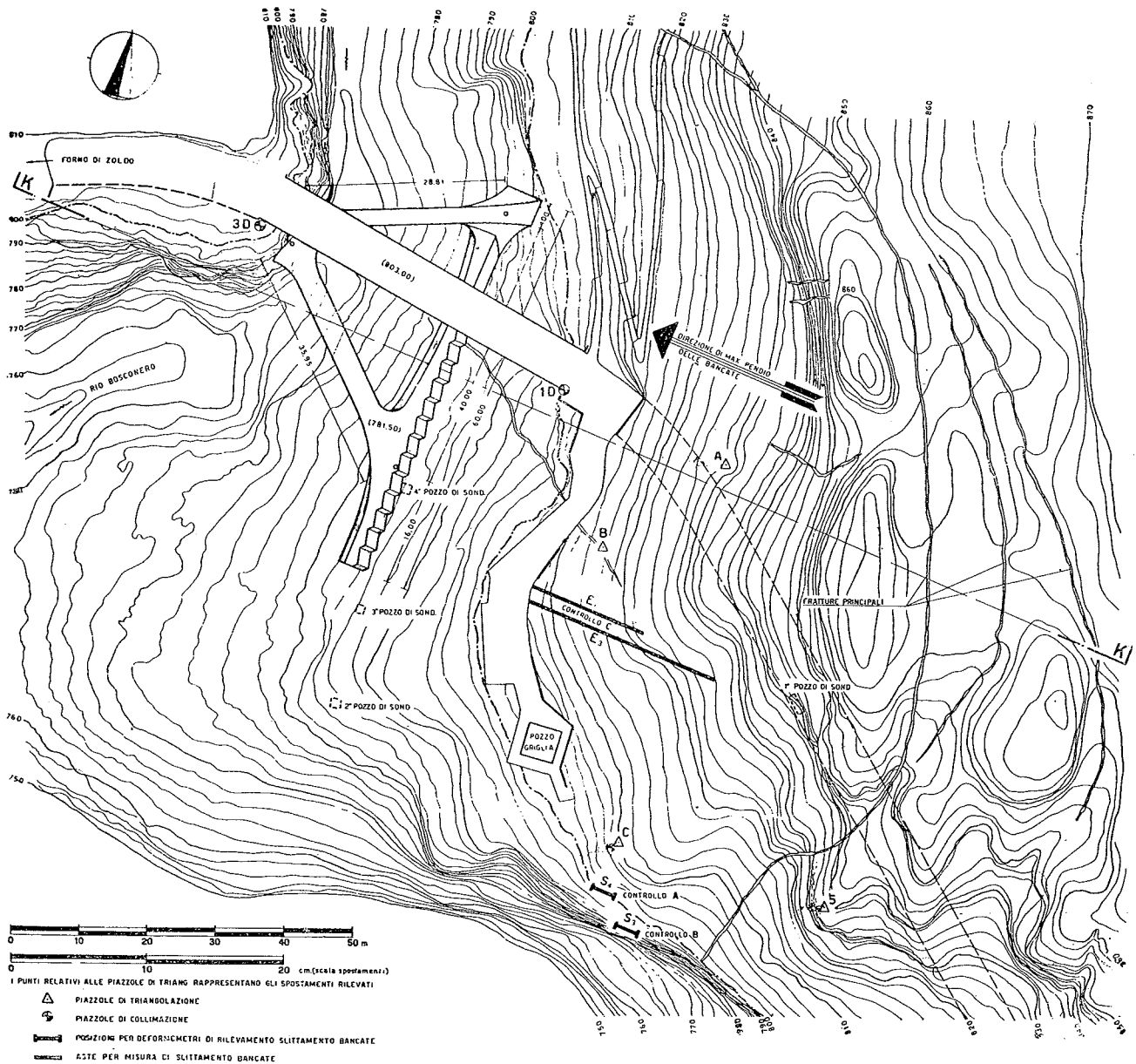


Fig. 2 - Planimetria della zona in movimento

Furono predisposti i seguenti controlli:

1) triangolazione di capisaldi distribuiti con maggiore intensità nella zona in osservazione;

2) livellazioni della zona ed in particolare della galleria stradale e delle spalle del ponte sul Rio di Bosconero;

3) collimazione delle spalle del ponte sul Rio di Bosconero;

6) controllo in superficie a mezzo di deformometri dei probabili movimenti relativi fra le bancate rocciose della zona in esame;

7) controllo degli stessi probabili movimenti, a mezzo di aste poste nell'interno di fori inclinati di 49° sul piano delle bancate e raggiungenti una profondità di circa 30 m (quota 785).

Le risultanze cronologiche di tali osservazioni sono

tradotte negli allegati grafici (Fig. 4) sui quali anche figurano le quote raggiunte dal serbatoio, le piovosità e le temperature dell'ambiente.

Venne deciso di non procedere ad alcun lavoro di consolidamento fintantoché non si fossero potute determinare con sufficiente precisione, oltre che la zona in movimento e la relativa velocità, anche le probabili cause.

Nel frattempo vennero esaminate varie soluzioni, concentrando l'attenzione su quelle più semplici e più economiche.

Un primo orientamento poteva essere fornito dal modo in cui avvenivano i movimenti: se la zona si

sa; qualora essa si fosse dimostrata come un tutto unico scorrente su di un piano stabile inferiore, si sarebbero potuti ricavare dei cunicoli la cui sezione avrebbe dovuto interessare per una parte la zona stabile e per l'altra la zona in movimento; cunicoli da chiudere successivamente con calcestruzzo adeguatamente armato e che avrebbero costituito quindi tante « biette » fra le due masse.

A tale soluzione si opponeva però il pericolo che i nuovi scuotimenti causati dagli spari, avessero ad accelerare i movimenti con conseguenti danni irrimediabili.

Una seconda soluzione, sempre in tale ipotesi, po-

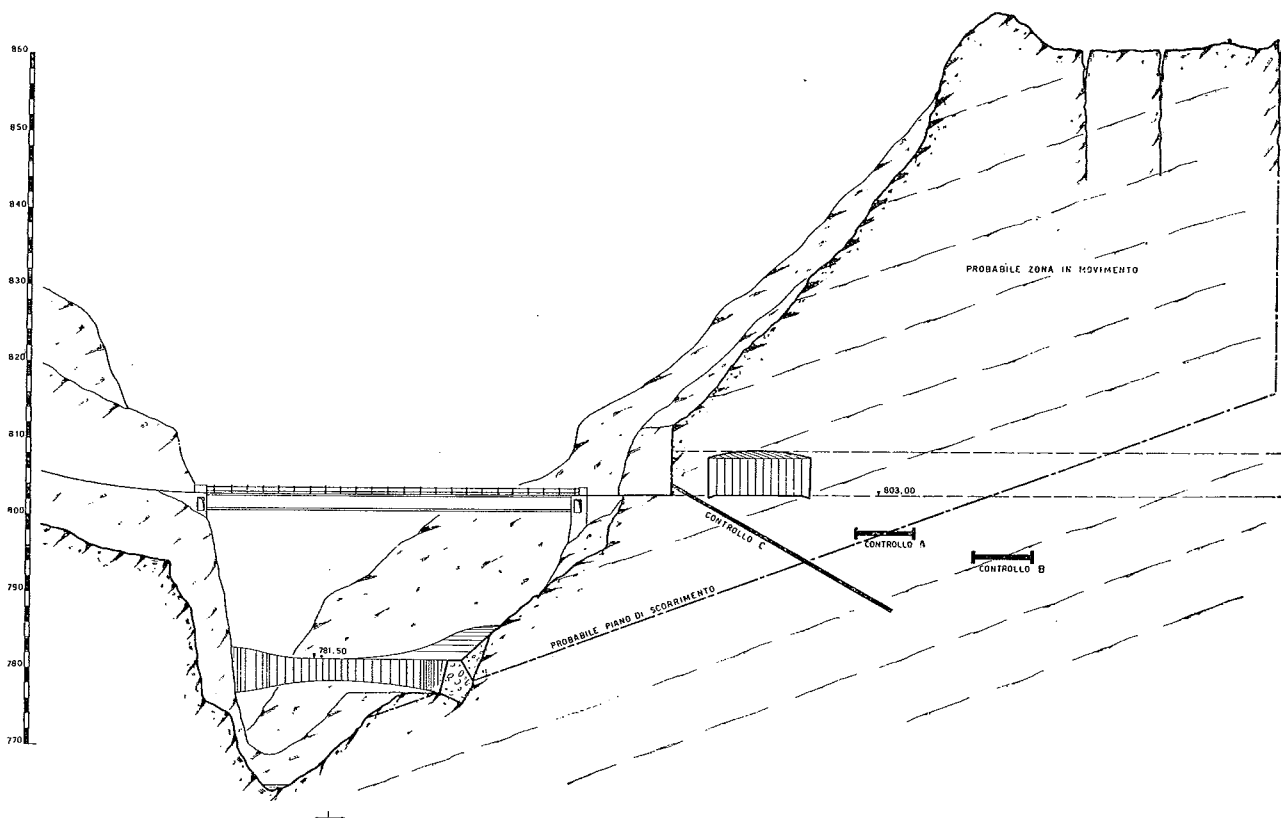


Fig. 3 - Sezione K-K (vedi Fig. 2)

spostava come un tutto unico scorrente su di un piano inclinato o come una massa incoerente con movimenti diversi da punto a punto od infine se le varie bancate scorrevano l'una su l'altra.

Una tale determinazione non riuscì tuttavia così facile e certa, sia perché i sistemi di controllo non poterono essere installati con immediatezza, sia perché le esigenze di esercizio e il desiderio di poter rapidamente individuare le cause del movimento e conseguentemente procedere ai rimedi, portarono a variazioni piuttosto irregolari delle quote di invaso; sia da ultimo per la concomitanza di vari probabili agenti quali le piovosità, gli sbalzi termici e le variazioni del serbatoio.

I vari sistemi di consolidamento vennero studiati in relazione al probabile comportamento della mas-

sa; qualora essa si fosse dimostrata come un tutto unico scorrente su di un piano stabile inferiore, si sarebbero potuti ricavare dei cunicoli la cui sezione avrebbe dovuto interessare per una parte la zona stabile e per l'altra la zona in movimento; cunicoli da chiudere successivamente con calcestruzzo adeguatamente armato e che avrebbero costituito quindi tante « biette » fra le due masse.

A tale soluzione si opponeva però il pericolo che i nuovi scuotimenti causati dagli spari, avessero ad accelerare i movimenti con conseguenti danni irrimediabili.

Una terza soluzione era quella di costruire egualmente un muro di unghia ma, anziché ancorarlo a mezzo di tiranti, scaricarne la spinta sulla opposta sponda del Rio di Bosconero attraverso adeguati puntoni.

Una ultima soluzione era rappresentata dai trattamenti elettro-osmotici per trasformare lo strato di argilla compreso fra le due masse in una sostanza offrente maggior resistenza allo scorrimento.

Tale ultima soluzione venne senz'altro scartata sia per il lievissimo spessore dell'argilla e per la sua notevolissima estensione, (ca 10.000 m²), sia per la difficoltà del trattamento derivante dal piccolo scarto fra il valore del contenuto naturale di acqua e quello del limite di plasticità.

Nel caso viceversa che la massa si fosse rivelata un complesso incoerente o che fosse costituita da varie bancate scorrenti la una su l'altra, una adeguata soluzione poteva ottenersi col suo contenimento tramite una rete di travi in calcestruzzo i cui nodi avrebbero dovuto essere sostenuti da tiranti che venivano tutti raccolti ed ammarati nel rivestimento della galleria stradale interessante la zona di roccia certamente sana e stabile.

La brevità delle osservazioni (eseguite nel periodo dal luglio 1957 a metà aprile 1958) ed i motivi sopra accennati non diedero modo di determinare con certezza il comportamento della massa.

Si ricavò tuttavia la convinzione che i movimenti fossero di maggiore entità in sommità più che alla base; che esistesse una stratificazione abbastanza marcata separante le due zone; si individuò contemporaneamente una principale direzione del movimento. Non si poté invece stabilire se la maggiore entità dei movimenti della zona superiore rispetto a quella inferiore fosse dovuta ad una apertura a ventaglio delle fratture oppure al sommarsi di più scorrimenti, su altri strati cioè oltre che su quello sicuramente individuato.

Tali determinazioni furono fornite principalmente dalla triangolazione delle piazzole, dai movimenti delle spalle del ponte, dai deformometri montati a cavallo delle stratificazioni oltre alla diretta individuazione della prima bancata stabile a mezzo di pozzi.

Per una più chiara visione sarebbe stato utile installare immediatamente anche qualche apparecchio clinometrico; essi invece poterono fornire le prime letture solo alla fine del 1958.

Circa le cause che influivano sull'accelerarsi del movimento, si ritenne che una delle principali fosse da ricercarsi negli invasi del serbatoio quando esso superava la quota 790.

Si scelse di conseguenza il sistema di consolidamento che anche per la rapidità della esecuzione offriva maggior tranquillità, cioè quello di costruire una trave di unghia alla base della massa in movimento contravventandola con due puntoni sulla sponda opposta del Rio di Bosconero. (Fig. 2 - Fig. 3).

Per il calcolo della struttura si procedette alla valutazione della massa in movimento, alla determinazione di un coefficiente di attrito fra le due masse, ed una precisa individuazione del piano inclinato.

Le esigenze morfologiche obbligarono però a dimensionare la struttura in modo che essa non verrà a trovarsi in condizioni di lavoro ideali. I carichi sul calcestruzzo risultarono di conseguenza piuttosto elevati (dell'ordine di 320 kg/cm²).

E' per ora prematuro esprimere un giudizio sulla bontà del provvedimento adottato. Tuttavia, i risultati delle osservazioni che hanno seguito la ultimazione delle opere e la ripresa dell'invaso del serbatoio alla massima quota fanno ritenere che lo scopo sia stato almeno parzialmente raggiunto.

Finora infatti gli accorciamenti subiti dai puntoni della struttura, si dimostrano dello stesso ordine (naturalmente con le opportune correzioni dovute agli effetti termici, ecc.) dei corrispondenti movimenti delle zone inferiori della massa rocciosa in movimento (Fig. 4).

Se ciò avesse a continuare, si potrebbe dire che il risultato è soddisfacente; solo potrebbe temersi che errori di valutazione nelle ipotesi a base dei calcoli potessero indurre nella struttura sollecitazioni non supportabili.

In ogni caso dovranno essere eseguiti ulteriori la-

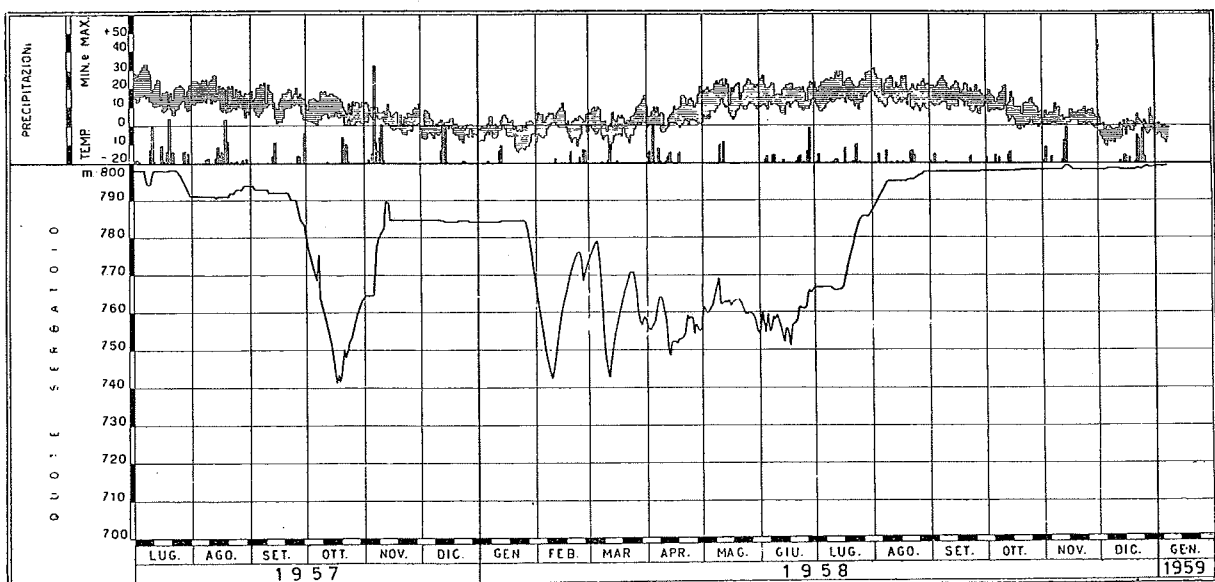


Fig. 4a - Grafici delle osservazioni

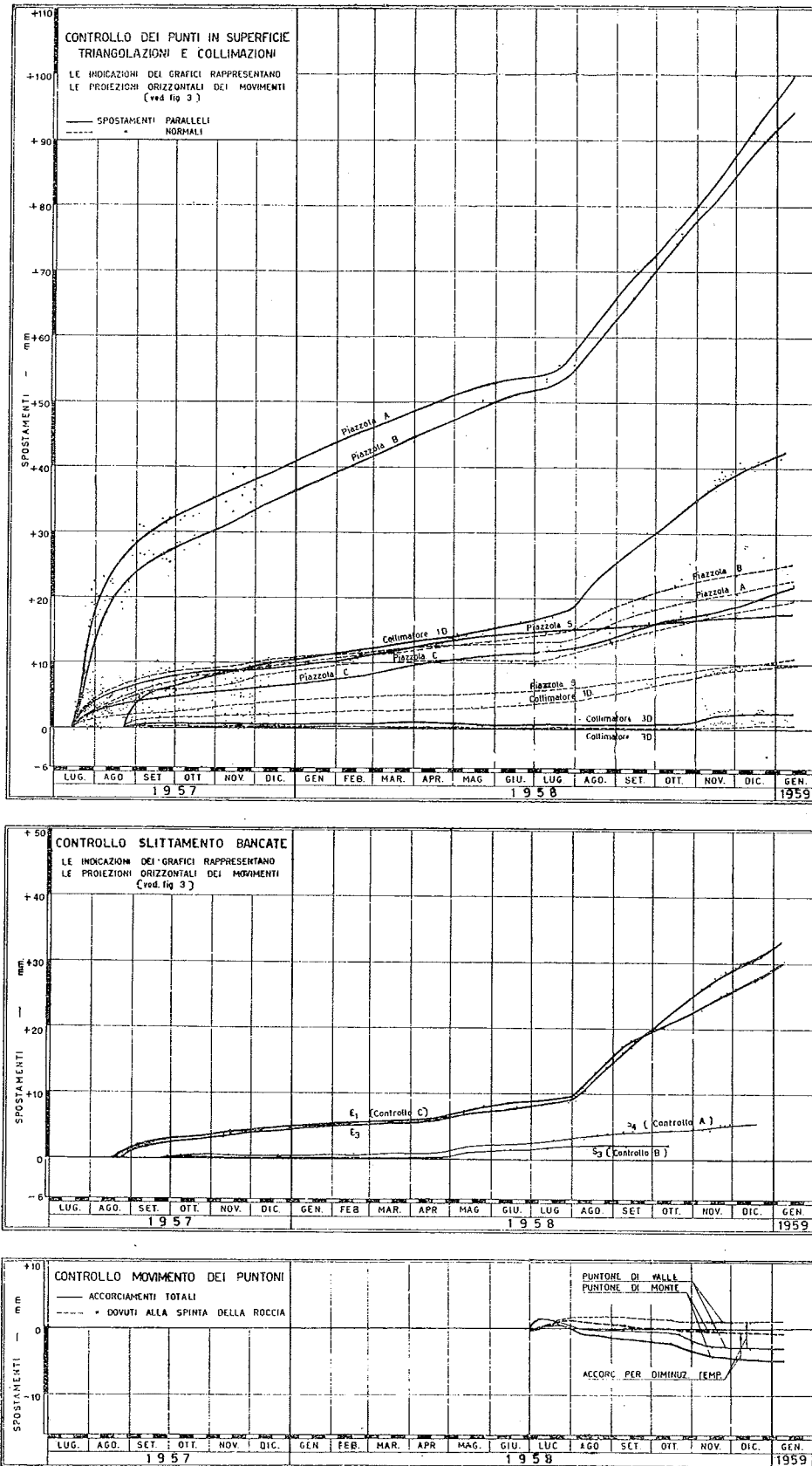


Fig. 4b - Grafici delle osservazioni

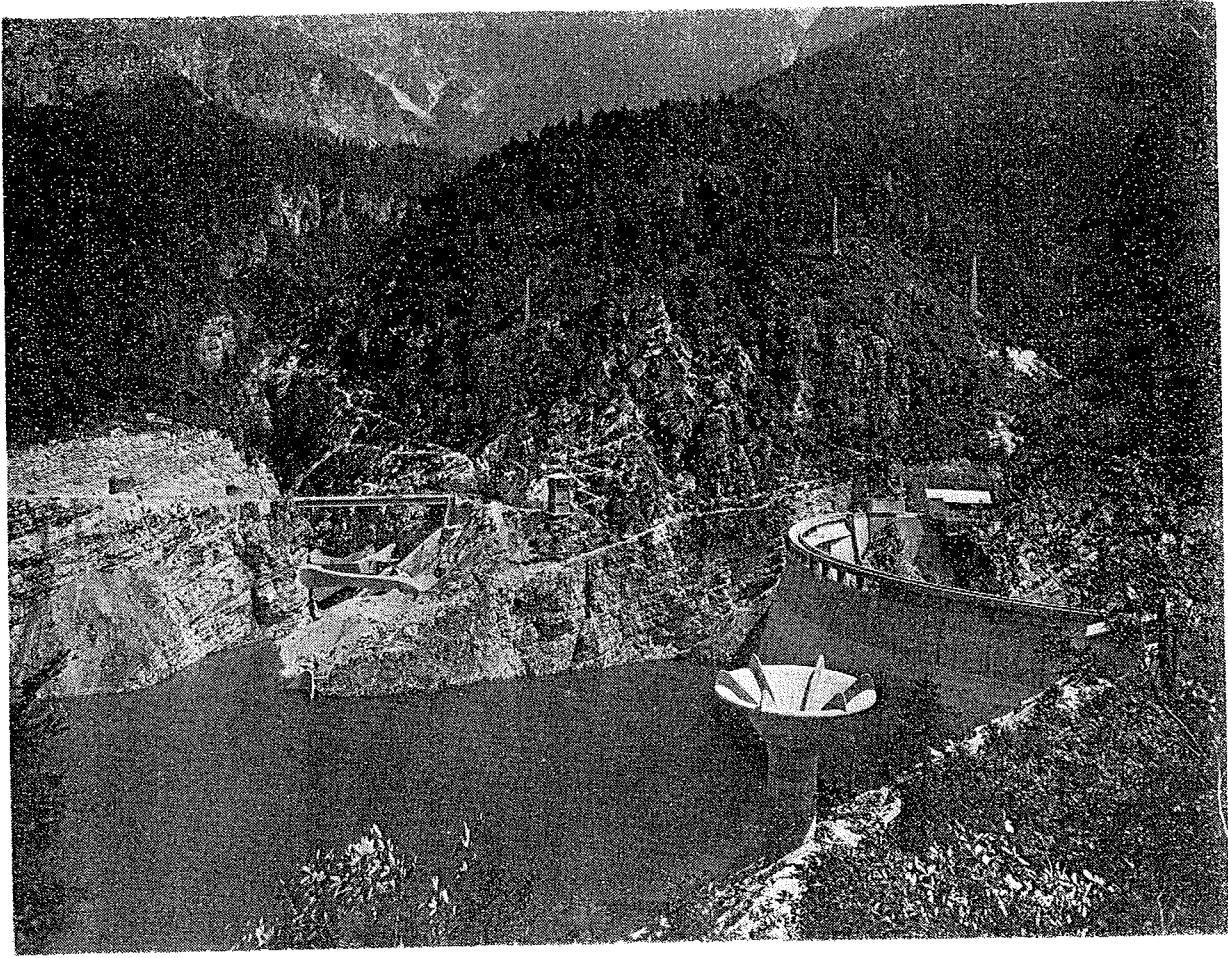


Fig. 5 - Vista dell'opera di consolidamento o lavori ultimati.

avori di consolidamento della galleria stradale e delle vicine opere.

La fotografia (Fig. 5) mostra l'opera di consolida-

mento eseguita, mentre in primo piano sono visibili la diga Pontesei e lo scarico di superficie.

Tai di Cadore, gennaio 1959

SUMMARY - After a short description of Pontesei reservoir on the torrent Maè and the local geologic conditions, the various phenomena relating to the movements of the rocky mass on the left bank and the corresponding control systems are illustrated. The devices studied in this connection are mentioned, an ampler description being given of the one which was finally adopted for controlling the movement. The first results of the investigations are also examined.

SOMMAIRE - Après une brève description du réservoir de Pontesei sur le torrent Maè et de la situation géologique locale, on illustre les phénomènes se rapportant aux mouvements de la masse rocheuse sur la rive gauche et les relatifs systèmes de contrôle. On cite ensuite les mesures envisagées à ce sujet et l'on décrit celle qui a été adoptée pour arrêter le mouvement ainsi que les premiers résultats des observations.