

FORMAZIONI MORENICHE E FLUVIOGLACIALI QUALI TERRENI DI IMPOSTA DI DUE DIGHE IN VAL D'ULTIMO (*)

M. DOLCETTA - A. CHIARI (**)

SOMMARIO: Si riferisce sulle indagini e sulle osservazioni circa le caratteristiche ed il comportamento dei terreni a grana grossa costituenti le fondazioni delle dighe di Zoccolo e di Fontana Bianca.

1 - Premesse

Le Alpi Retiche meridionali si discostano dalla catena alpina principale protendendosi verso Sud-Est con i poderosi gruppi dell'Ortles-Cevedale, dell'Adamello e della Presanella.

Da uno dei rami dell'Ortles-Cevedale, quello orientato verso la piana alto-atesina, trae origine la Val d'Ultimo; questa, bagnata dal Rio Valsura, ha inizio con un circo glaciale — tuttora sede di un ghiacciaio attivo — cui fanno corona i ripidi versanti dello Sternai (p. 3342), del Lorchen (q. 3346) e del Gioveretto (q. 3438) e si distende poi con direzione Nord-Est fino a confluire nella Val d'Adige in prossimità dell'abitato di Lana (q. 316).

La Val d'Ultimo è incisa entro gli scisti cristallini, rocce metamorfiche che, con rare intercalazioni intrusive, rappresentano il tipo litologico dominante nella regione. La sua attuale configurazione manifesta le modificazioni subite per effetto dei glacialismi che, interessando nell'era quaternaria l'intera regione alpina, resero anche questa vallata sede di un ghiacciaio la cui superficie si raccordava a quella del ghiacciaio principale della Val d'Adige. Nel corso dei suoi ripetuti movimenti il ghiacciaio incise infatti profondamente le preesistenti formazioni lapidee, trascinando con sé le grandi quantità di detrito prodotte dall'erosione.

Con il regredire delle glaciazioni la valle ebbe a trovarsi pensile rispetto alla Val d'Adige, sovraescavata perchè sede di un ghiacciaio di importanza

molto maggiore ed ancora oggi essa tende al raggiungimento del suo profilo d'equilibrio.

Il profilo longitudinale del thalweg si presenta come una successione di tratti a forte pendenza, ove per lo più la roccia è superficiale, e di tratti ove invece il pendio riposa in circhi o «piane» il cui substrato roccioso, per lo più caratterizzato da una soglia a valle in contropendenza, è ricoperto da potenti ammassi di rocce sciolte. Notiamo, per inciso, che questo andamento (del resto comune a molte valli di origine glaciale) è propizio alle utilizzazioni idroelettriche e ciò in quanto le «piane» si prestano a ricevere cospicui invasi, ed a valle di queste i tratti ripidi assicurano una notevole caduta.

Gli ammassi di rocce sciolte sono costituiti in Val d'Ultimo prevalentemente da morene, talvolta più o meno rimaneggiate dal corso d'acqua post-glaciale, nonché da conoidi creati da alcuni rivi torrentizi affluenti del Rio Valsura; solo in via accessoria sono presenti detriti di falda e depositi alluvionali e lacustri.

2 - Diga di Zoccolo

2-1 - Generalità

La diga di terra di Zoccolo, attualmente in fase di avanzata costruzione, sbarrerà il medio corso del Valsura: l'invaso, dell'ordine dei 35 milioni di m³, servirà per la regolazione della produzione di energia elettrica.

Le principali caratteristiche della diga sono le seguenti:

— altezza massima sul piano di fondazione m	66,50
— altezza massima di ritenuta	» 54,50
— lunghezza al coronamento	» 516,00
— cubatura	m ³ 1.400.000 ca.

(*) Comunicazione presentata al *VI Convegno di Geotecnica* (Pisa, 9 aprile 1963).

(**) Dr. Ing. Morando DOLCETTA, Direttore delle Costruzioni dell'ENEL, *Impresa già Trentina di Elettricità*.

Dr. Ing. Antonio CHIARI dell'ENEL, già *Trentina di Elettricità*.

2-2 - Caratteristiche dei terreni di fondazione

La località di Zoccolo, posta attorno ai 1.100 m di quota, si trova in una zona nella quale la vallata si espande in un'ampia conca pianeggiante, chiusa a valle da due contrapposti conoidi uno dei quali, quello in sinistra orografica, di maggiore ampiezza ed estensione. (Fig. 1).

quarzifere, micascisti, paragneiss ed ortogneiss, rocce che affiorano sugli alti fianchi della valle.

La coltre di rocce sciolte di riempimento del solco vallivo è costituita in prevalenza da depositi morenici rimaneggiati (fluvio-glaciali) che, affioranti poco a valle della diga, sono nell'ambito del bacino ricoperti da altri depositi clastici di copertura, le cui caratteristiche variano a seconda dei particolari fenomeni che hanno dato loro origine.

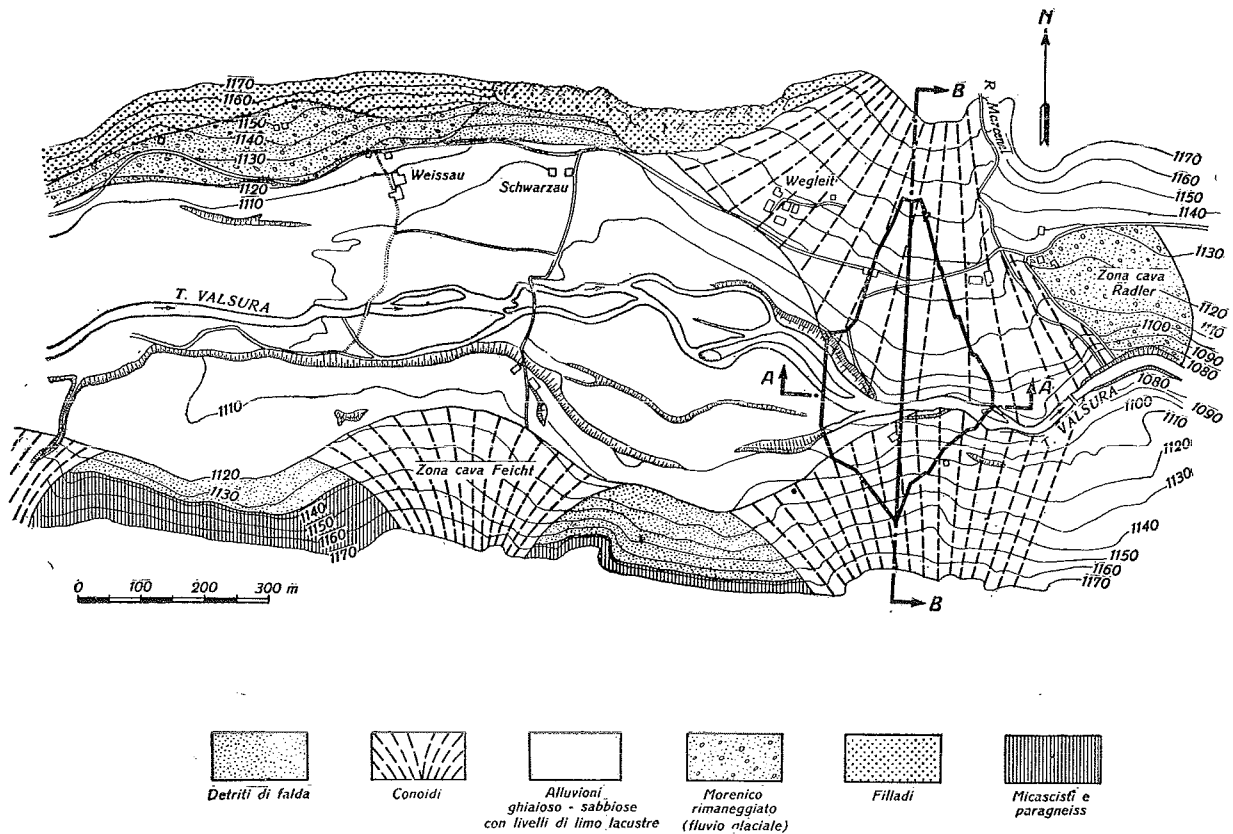


Fig. 1 - Zoccolo: carta geologica della zona della diga.

Per indagare sulla situazione geologica in generale, e sulla natura e sulla potenza dei depositi clastici in particolare, ci si è giovato — oltre che di una estesa serie di rilevamenti geologici, di sondaggi e di scavi a pozzo — di due distinte prospezioni geofisiche, la prima delle quali eseguita con il metodo di rifrazione sismica e la seconda con quello dei « sondaggi elettrici » per mezzo di misure di resistività. Le indagini eseguite, concordando nella sostanza delle loro conclusioni, consentono di inquadrare il problema con discreta chiarezza.

L'attuale morfologia della zona di Zoccolo è frutto del riempimento con rocce sciolte dell'originario solco glaciale, il punto più depresso del quale trovasi circa cento metri al disotto dell'attuale piano di campagna. Longitudinalmente la roccia di base presenta una accentuata contropendenza verso valle, con soglia posta pressapoco all'altezza dei due cennati conoidi; in sezione trasversa il profilo dell'incisione è quello ad « U » tipico dei solchi glaciali.

La formazione lapidea di base è costituita da filladi

Non sarà quindi inopportuno, a questo punto, accennare alle modalità con le quali sono venuti a formarsi i diversi depositi di rocce sciolte oggi presenti a Zoccolo.

Alla fine dell'ultima glaciazione (*Würmiana*) il *bed-rock*, già approfondito all'attuale quota dalle glaciazioni, si trovò ingombro dalle morene che il ghiacciaio abbandonava ritirandosi per effetto del grande disgelo. Le acque di fusione provocarono il rimaneggiamento ed una certa fluitazione delle morene, venendosi così a creare il grande accumulo di materiale fluvio-glaciale cui si è pocanzi fatto cenno.

In una fase successiva le piccole valli laterali, brevi ma dal pendio molto ripido, trascinarono nella Val d'Ultimo rispetto alla quale erano rimaste pensili, grandi quantità di detrito, depositandole a conoide in prossimità della confluenza; in causa del breve trasporto subito questi materiali, originariamente simili a quelli fluvio-glaciali sui quali venivano a posarsi, non furono assoggettati ad una vera e propria clas-

sazione granulometrica, ma solo ad una grossolana stratificazione.

Frattanto al fondovalle venivano a depositarsi le alluvioni del Valsura, ed in seno a queste diversi banchi orizzontali di limo, frutto di periodi durante i quali uno dei conoidi riusciva a sbarrare completamente la valle, provocando la formazione di uno specchio lacustre e la conseguente decantazione della frazione più sottile del materiale di trasporto. Il progressivo ispessirsi di tali depositi, espressione di fasi alternativamente fluviali e lacustri, innalzò il fondovalle ad una quota che, come testimoniano i vari ordini di terrazze presenti sui fianchi inferiori della vallata e la forte compressione subita dai sottostanti depositi fluvio-glaciali, superò di diverse decine di metri quella attuale.

Il Rio Valsura tende attualmente, come si è già detto, al raggiungimento del proprio profilo d'equilibrio e ciò mediante l'erosione dei materiali in precedenza deposti al fondovalle: tale erosione, che procede da valle verso monte, asportando dapprima i depositi alluvionali di copertura e poscia quelli fluvio-glaciali di riempimento, ha raggiunto la zona ove è ubicata la diga di Zoccolo.

Il rilevato è infatti disposto in una posizione tale che le alluvioni fluviali (e gli interposti strati di limo) interessano soltanto il piede di monte della diga, mentre si assottigliano sino a sparire al disotto del corpo della diga stessa. (Fig. 2).

Passando a considerare le caratteristiche geotecniche dei diversi tipi di deposito, la formazione fluvio-glaciale, caratterizzata da velocità sismica di 1,9 km/sec ed esplorata in dettaglio fino alla profondità di 42 m per mezzo di uno speciale pozzo costituito da pali di calcestruzzo affiancati, si presenta granulometricamente molto omogenea e bene assortita: essa si compone di ghiaia per il 70 ÷ 80% e per la restante parte da sabbia con poco limo (Fig. 3). Il materiale non appare stratificato e le tre funzioni

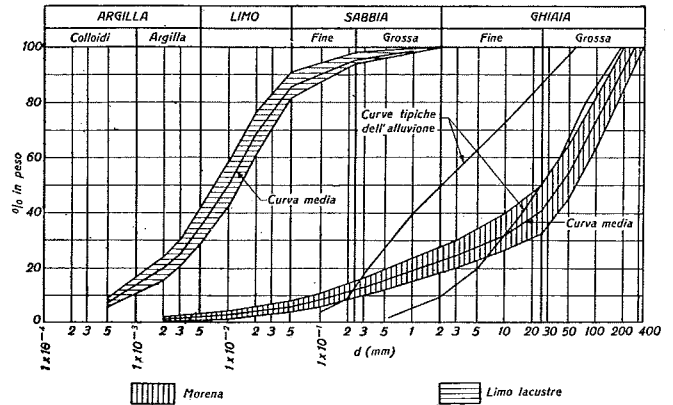


Fig. 3 - Zoccolo: fasce granulometriche, curve medie e tipiche dei materiali di fondazione.

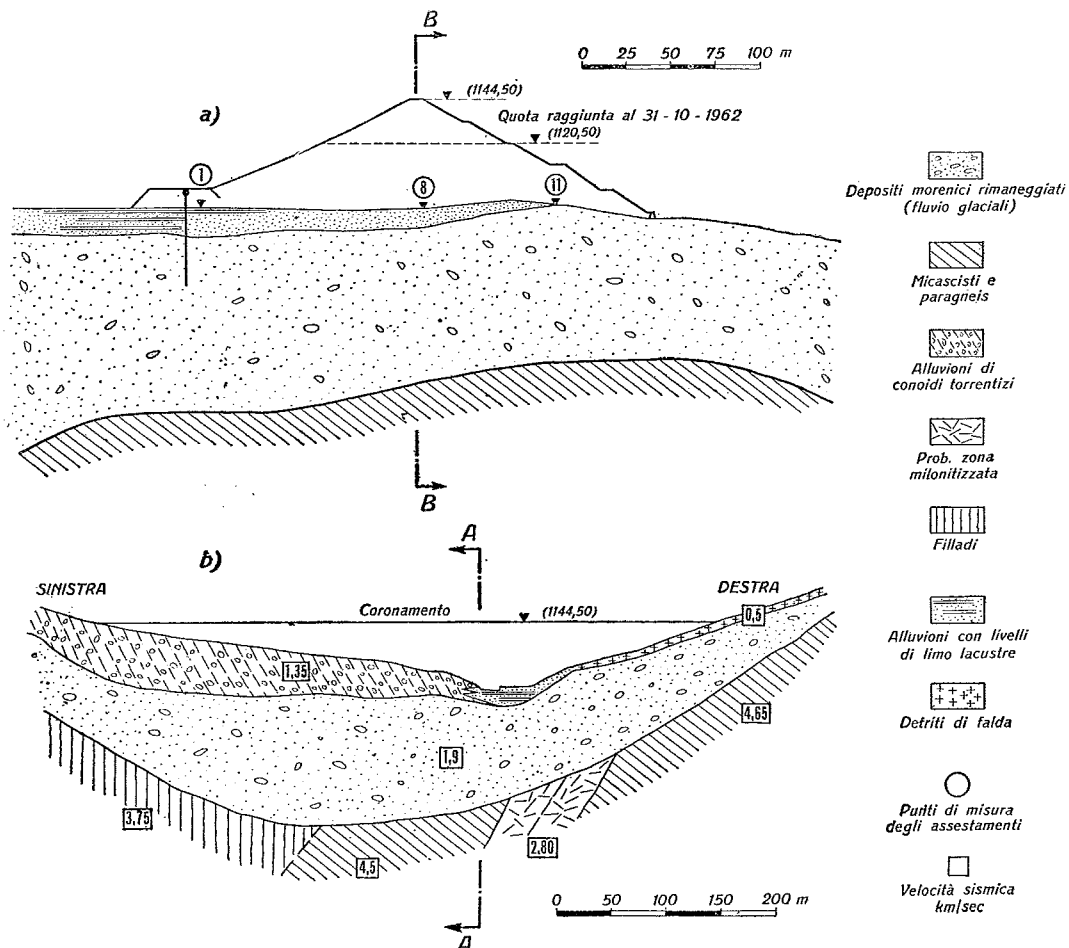


Fig. 2 - Zoccolo: sezioni geologiche: a) in corrispondenza dell'asse vallivo; b) in corrispondenza del coronamento diga.

granulometriche sono quasi sempre intimamente mescolate; solo in qualche punto si osserva qualche lente o sacca di materiale, per lo più sabbia, decisamente diverso dalla massa inglobante: è appunto questa circostanza, unita alla scarsità generale di limo, che testimonia del rimaneggiamento subito dal materiale morenico.

L'ammasso è molto compatto, con elevato peso di volume che, come è stato accertato con una prova in grande scala eseguita a 40 m di profondità, raggiunge il valore di $2,45 \text{ t/m}^3$. La permeabilità, accertata con prove in sito e di laboratorio, mostra una sistematica tendenza alla diminuzione con la profondità, passando da valori del coefficiente k di 10^{-4} cm/sec nelle zone più superficiali a valori di 10^{-5} alla massima profondità esplorata di 45 m dal piano di campagna: va notato come la ridotta permeabilità non dipenda da un elevato contenuto in fini ma precipuamente dall'ottimo assortimento naturale delle terre.

Le caratteristiche della resistenza, vagliate con prove triassiali sia « lente » che « rapide » eseguite su campioni rappresentativi di quelli naturali, ma aventi peso di volume inferiore, sono definite da un angolo di attrito interno di 39° e da una coesione di $0,5 \text{ kg/cm}^2$.

I materiali di conoide, contraddistinti da velocità sismica di $1,35 \text{ km/sec}$, si presentano, specie in superficie, sotto forma di ammassi solo grossolanamente stratificati, in seno ai quali tasche di grossi ciottoli si alternano a banchi di ghiaia misti con poca sabbia; l'assortimento dei materiali diviene più continuo in profondità, al punto che, in talune condizioni, non ne è possibile la distinzione da quelli fluvio-glaciali sulla scorta della semplice distribuzione granulometrica. La differenziazione dei due materiali diviene più evidente in base al peso di volume « in situ » delle formazioni, dato che nei materiali di conoide non si superano le $2,0 \text{ t/m}^3$ alla massima profondità esplorata dei 15 m, con tendenza però ad aumentare via via che si procede verso il basso; anche la forma

dei materiali fornisce, entro certi limiti, un utile elemento di distinzione poiché la percentuale di frammenti « appiattiti ed allungati » (determinata seguendo il metodo di ZINGG) va aumentando dai depositi fluvio-glaciali a quelli di conoide e nello stesso senso varia il coefficiente di arrotondamento medio (valutato con il metodo di POWERS [1] sulla sabbia $0,7 \div 2 \text{ mm}$) che passa rispettivamente dal valore indice di 0,17 a quello di 0,21.

La permeabilità di questi materiali è ampiamente variabile, senza evidenti correlazioni con la profondità del punto di prova o di prelievo, ed è caratterizzata da coefficienti k compresi tra 10^{-1} cm/sec e 10^{-3} cm/sec .

Le alluvioni di fondo valle, presentano una stratificazione molto più netta e continua, con passaggi da livelli di ghiaia a livelli di sabbia o di limo lacustre, e con granulometrie quindi molto variabili da zona a zona (Fig. 3).

Il limo a sè stante si presenta omogeneo, a granulometria fine e di ridotta plasticità: il coefficiente di permeabilità non supera i 10^{-7} cm/sec su campioni indisturbati ed i 10^{-8} cm/sec su campioni consolidati. Soddisfacenti sono anche, a materiale consolidato (il che avviene in tempo relativamente breve) le caratteristiche meccaniche, definite da un angolo di attrito interno di 19° e da una coesione di $0,30 \text{ kg/cm}^2$.

2-3 - Apparecchiature di misura e primi risultati delle osservazioni

Una serie di dispositivi di misura e di controllo, per buona parte già posti in opera, permette il costante controllo degli assestamenti del piano di fondazione della diga in diversi punti.

Tali dispositivi consistono in una serie di capisaldi di livellazione ubicati nella platea del cunicolo che, poggiando sul fondovalle, attraversa la diga per tutta la sua larghezza (Fig. 4) ed in una rete di assestimetri telescopici tipo U.S.B.R. i cui bracci di base misurano

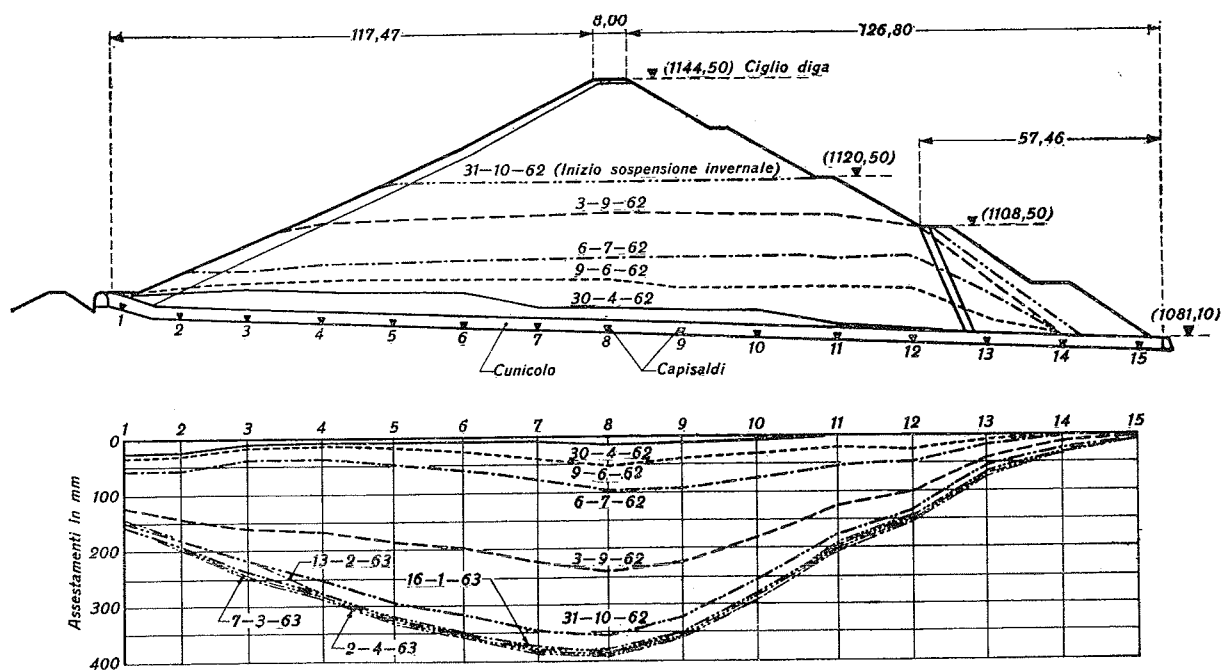


Fig. 4 - Zoccolo: andamento dei cedimenti del cunicolo trasversale a diversi stadi della costruzione del rilevato.

anch'essi il cedimento del piano d'appoggio del rilevato. Oltre alle deformazioni vengono tenute sotto controllo anche le pressioni idriche nei terreni di fondazione: a tal fine sono state poste in opera numerose cellule elettroacustiche nonchè piezometri di falda.

Il periodo delle osservazioni eseguite va dal maggio 1962 al marzo 1963: da segnalare che i lavori sono stati sospesi nel novembre 1962 per l'ordinaria interruzione invernale. L'intervallo di tempo è certo assai breve, seppure di particolare interesse trattandosi di quello di costruzione del rilevato, ciò nondimeno qualche interpretazione dei dati rilevati può sin d'ora essere avanzata, specie per quanto attiene la compressibilità della formazione fluvio-glaciale.

Nella Fig. 4 vengono riportati i cedimenti verticali del piano di fondazione misurati, a diversi stadi della costruzione del rilevato, in corrispondenza ai capisaldi del cunicolo di cui si è sopra detto.

L'andamento dei diagrammi di cedimento rispecchia con immediatezza la maggiore compressibilità dei terreni di monte (laddove sono presenti gli ultimi lembi delle alluvioni di fondovalle, e gli interposti strati di limo hanno ancora potenza di qualche metro) rispetto ai simmetrici punti di valle.

Allo scopo di porre in relazione i valori dei cedimenti con i carichi applicati si è reputato utile valutare, in via approssimata, lo stato tensionale indotto nel sottosuolo lungo le verticali passanti per tre dei capisaldi di livellazione (quelli contrassegnati in Fig. 4 con i numeri 1, 8 ed 11). L'entità della sollecitazione indotta è stata valutata, in prima approssimazione,

$$\text{con il valore della quantità } \Delta \sigma_z = \frac{1}{h} \int_{z=0}^{z=h} \sigma_z dz,$$

ove σ_z rappresenta l'incremento di sollecitazione normale verticale dovuto ai carichi considerati ed h l'altezza del materasso elastico. I valori di σ_z sono stati computati secondo la teoria dell'elasticità e con riferimento al semispazio omogeneo: ci si è serviti, in pratica, delle tabelle del NEWMARK [2] scomponendo le successive aree di carico in zone rettangolari. L'integrale è stato esteso dal punto di osservazione fino al substrato roccioso, trascurando l'influenza che la maggiore rigidità di quest'ultimo ha sulla distribuzione delle tensioni.

Nella parte superiore della Fig. 5 i valori di $\Delta \sigma_z$ sono diagrammati in funzione del tempo, mentre nella parte inferiore sono riportati i corrispondenti valori dei cedimenti misurati: è evidente che una parte dei cedimenti stessi si verifica dopo l'ultimazione dell'applicazione dei carichi.

Quale che sia la causa che provoca tale ritardo (fenomeni di consolidazione, cedimenti secondari) sta di fatto che la legge cedimenti-tempo può essere interpretata sulla base della teoria della consolidazione: infatti nella stessa Fig. 5 le curve teoriche di consolidazione, calcolate tenendo conto del diagramma di applicazione dei carichi, interpolano bene i punti sperimentali. Le curve relative ai punti 8 ed 11, interessanti esclusivamente la formazione fluvio-glaciale, sono state dedotte assumendo un modulo di compressione edometrica E , costante nel campo di sollecitazioni considerato, dell'ordine di $1600 \div 1700$

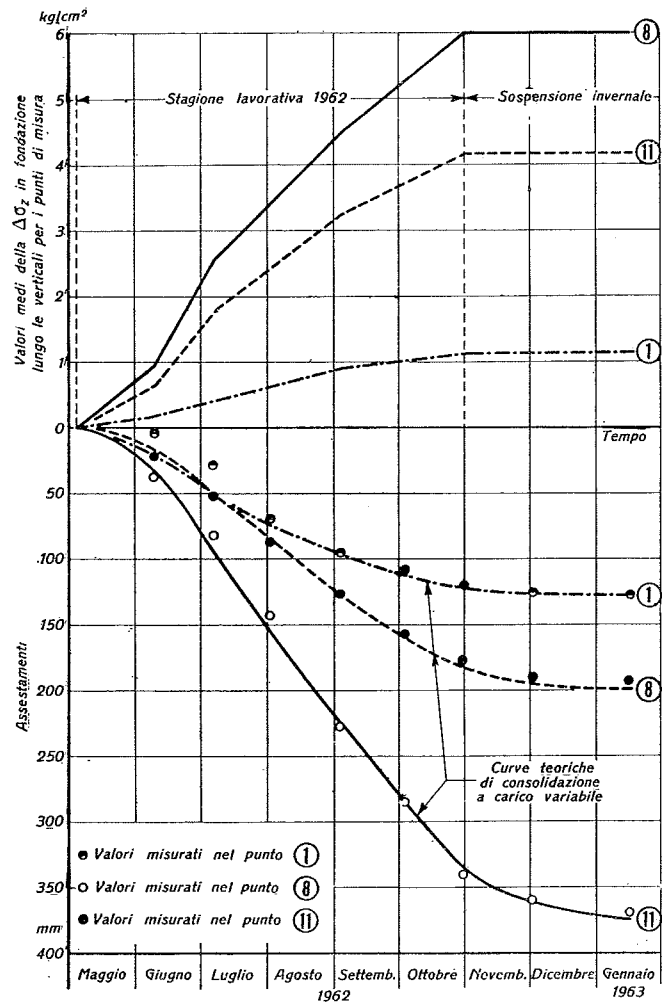


Fig. 5 - Zoccolo: andamento delle pressioni medie indotte nei terreni di fondazione e dei corrispondenti assentamenti del piano d'imposta.

kg/cm² ed un coefficiente di consolidazione c_v dell'ordine di $10 \text{ cm}^2/\text{sec}$; va notato che a valori analoghi si è pervenuti, in altra sede [3], con ben più ampia messe di dati a disposizione, sperimentando su materiali morenici aventi lo stesso inapprezzabile contenuto d'argilla.

La curva teorica relativa al punto 1 è stata invece ottenuta come somma di due distinte curve di consolidazione, riportate separatamente in Fig. 6. La prima di esse, indicata con (a), è stata calcolata come aliquota di cedimento relativa ai soli livelli di limo (che sotto il punto considerato hanno potenza complessiva di m 4,35), assunti come parametri i valori medi ottenuti sperimentando in laboratorio su questo materiale e cioè: $E = 65 \text{ kg/cm}^2$, $c_v = 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{sec}$. La seconda curva, indicata con (b), è invece relativa alla formazione fluvio-glaciale sottostante, potente 95 m, per la quale sono stati assunti gli stessi parametri già adottati per le curve relative ai punti 8 ed 11.

È ovvio che i risultati raggiunti non possono essere considerati che con qualche cautela, soprattutto in relazione alla brevità del periodo di osservazioni, ciò nondimeno la variazione molto regolare dei cedimenti al disotto dell'intero cunicolo (cfr. Fig. 4) dimostra che a risultati all'incirca eguali si perver-

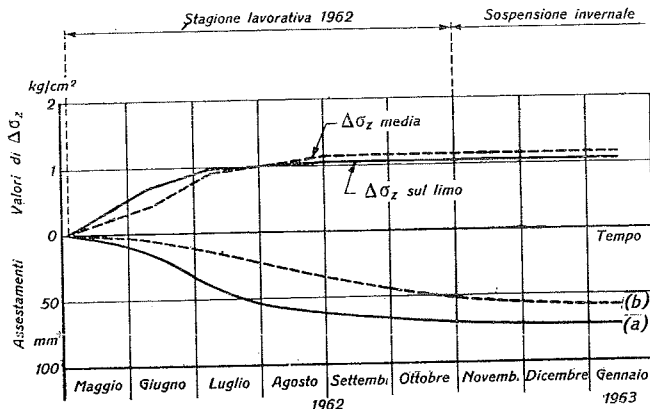


Fig. 6 - Zoccolo: andamento delle pressioni medie e curve teoriche di consolidazione nel limo e nella formazione fluvioglaciale in corrispondenza del punto 1.

rebbe ripetendo le precedenti considerazioni per qualunque altro dei punti di misura.

Circa l'interpretazione del decorso dei cedimenti nel tempo va poi notato che le capsule piezometriche disposte nei terreni di fondazione segnalano concordemente piccole variazioni di livello, ma non le importanti variazioni di carico che dovrebbe corrispondere ad un processo di consolidazione in atto.

I maggiori dati a disposizione dopo il termine della costruzione ed i primi invasi consentiranno di analizzare meglio il problema della compressibilità dei terreni di Zoccolo, ciò che appare di interesse oltrechè specifico anche generale dato che essi, costituiti in prevalenza da materiali a grana grossa, mal si prestano ad un significativo studio di laboratorio.

3 - Dighe di Fontana Bianca

3-1 - Generalità

Nell'alta Val d'Ultimo, a quota 1850 m ca., due dighe di terra, separate da un modesto rilievo roccioso, sbarrano un antico circo glaciale permettendo la formazione di un invaso di 1,5 milioni di m³.

La diga a Nord ha un'altezza massima di m 22,50 ed è del tipo con nucleo inclinato in materiali morenici e rinfiocchi costituiti da alluvioni; il nucleo, poco permeabile, è ovunque immerso entro la roccia in base.

La diga a Sud, la cui altezza massima è di 15,00 m, è del tutto simile all'altra come tipo e caratteristiche del rilevato, ma poggia sulla stessa formazione morenica dalla quale sono stati prelevati i materiali per i nuclei: perciò in questo caso, che interessa ai fini del presente studio, il nucleo e la fondazione costituiscono un'unica entità perfettamente omogenea.

3-2 - Caratteristiche dei terreni di fondazione e loro comportamento dopo la costruzione

La conca di Fontana Bianca corrisponde ad una «piana» dell'alta Val d'Ultimo: di queste ha la tipica forma triangolare con l'apice rivolto verso monte e l'ampia soglia rocciosa in contropendenza caratterizzata dalle depressioni ove trovano sede le due dighe (Fig. 7).

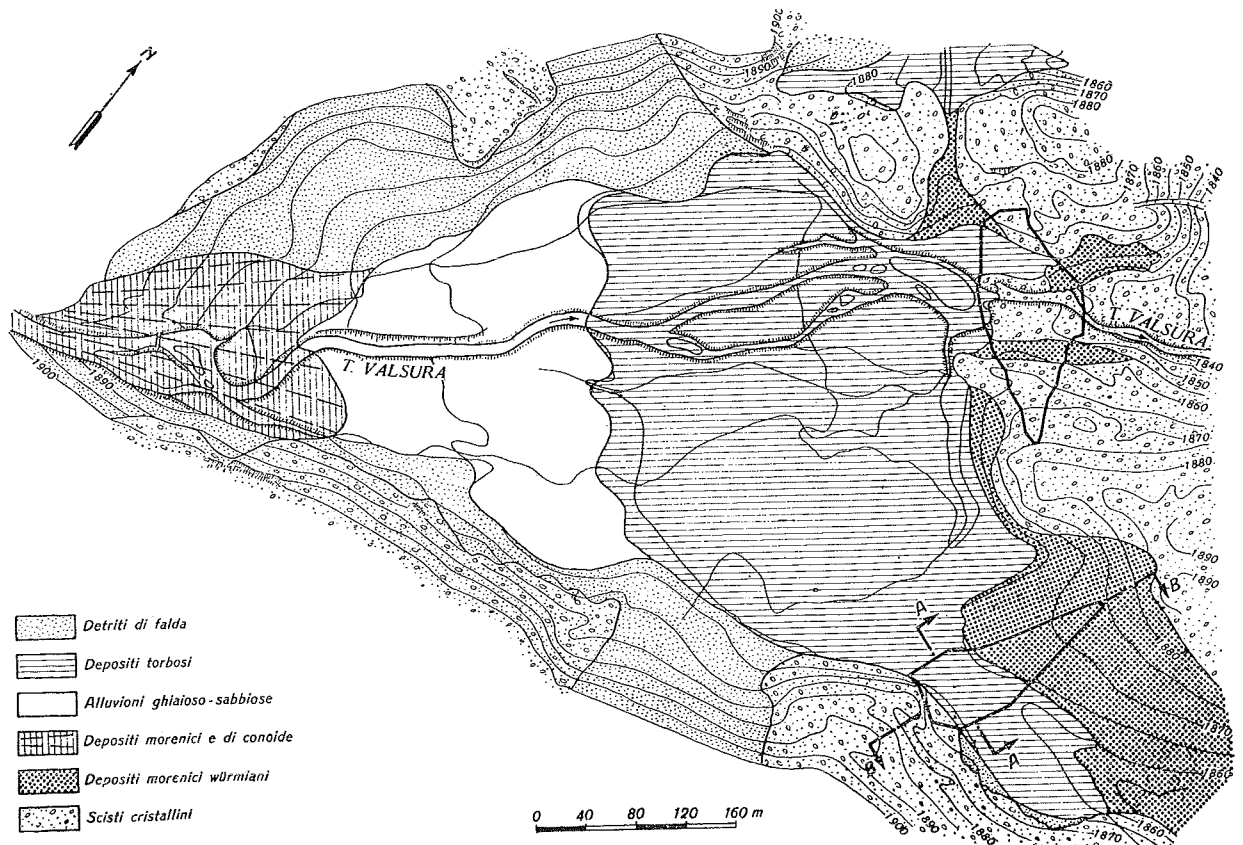


Fig. 7 - Fontana Bianca: carta geologica del serbatoio (da G. A. VENZO [4]).

Il substrato roccioso, esarato dai ghiacciai, è costituito da micascisti granatiferi, affioranti nella depressione a Nord ed oblitterati dal deposito morenico in quella a Sud; degli stessi micascisti è formato il versante destro della conca, mentre quello sinistro è costituito da filladi quarzifere. Il fondo della conca è ricoperto da potenti depositi, in massima parte costituiti da alluvioni, a loro volta ricoperte da torba.

I materiali morenici, sui quali poggia la diga a Sud, sono visibili anche a valle della soglia (ove è stata aperta la cava per i nuclei) ma la loro estensione è maggiore di quanto palese, poichè essi sono pre-

medio (misurato con il metodo di Powers sulla sabbia $0,7 \div 2$ mm.) essendo pari a 0,16. Nessuna differenziazione nel deposito, alle varie profondità, si è potuta riscontrare nei riguardi della permeabilità, caratterizzata da valori del coefficiente k compresi fra 1×10^{-6} ed 8×10^{-5} cm/sec.

Le caratteristiche meccaniche della resistenza, misurate con prove triassiali «*rapide non consolidate*» sono definite da un angolo di attrito interno di 37° e da una coesione di $1,5$ kg/cm².

Le osservazioni in fase di esercizio (le opere vengono utilizzate dal 1960) hanno fatto rilevare perdite

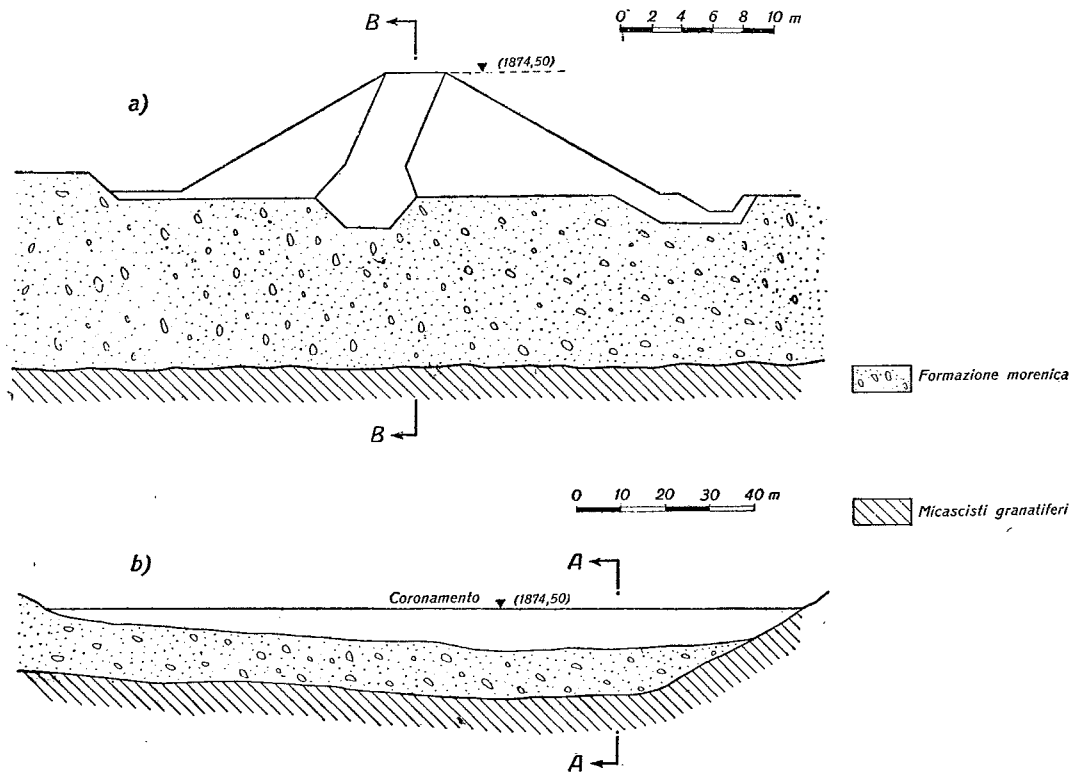


Fig. 8 - Fontana Bianca: sezioni geologiche: a) in corrispondenza della sezione A-A della diga a Sud; b) in corrispondenza del coronamento.

senti anche nella parte inferiore della conca al disotto dei materiali alluvionali. Trattasi di una tipica morena di fondo attribuita al tardo Würm [4] ed avente le caratteristiche litologiche e di struttura proprie di tale formazione.

Dal punto di vista granulometrico trattasi (Fig. 9) di ghiaia e sabbia con limo e poca argilla: la formazione è del tutto omogenea ed alquanto compatta, con pesi di volume secco oscillanti fra 2,0 e 2,1 t/m³.

Quanto alla composizione petrografica predominano gli scisti cristallini, scomposti nelle frazioni più fini dei minerali costituenti (quarzo e mica); praticamente assenti i minerali siallitici. La plasticità è molto ridotta, tanto che il relativo limite di consistenza non è stato determinabile: le particelle sono per lo più angolate, il valore dell'arrotondamento

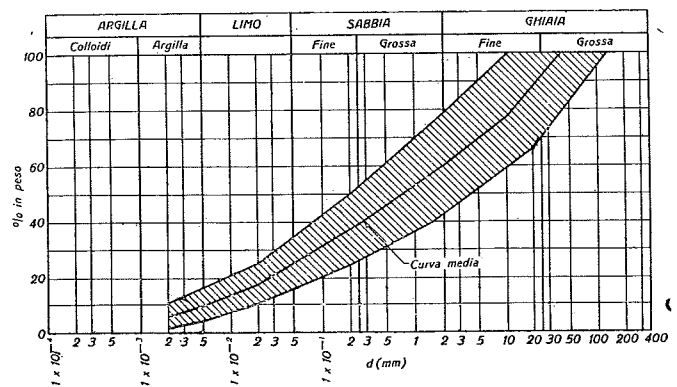


Fig. 9 - Fontana Bianca: fascia granulometrica e curva media della formazione morenica.

insignificanti e praticamente non misurabili, anche al massimo invaso, attraverso la diga a Sud; assai modeste anche quelle dell'altra diga. Allo scopo di controllare l'entità degli assestamenti globali del rilevato e della fondazione della diga a Sud sono stati osservati gli spostamenti di sei punti, la cui posizione è stata periodicamente collegata alla rete trigonometrica generale: gli spostamenti massimi misurati sono stati di 12 mm in direzione verticale e di 9 mm in direzione orizzontale ortogonale al coronamento. Pur non essendo possibile distinguere le deformazioni del corpo diga da quelle della fondazione appare evidente che l'entità complessiva dei cedimenti, anche se raffrontata alla relativamente modesta altezza dell'opera, è affatto insignificante.

Degno di nota è anche il fatto che i cedimenti hanno raggiunto il loro valore massimo nel breve

spazio di qualche mese e si sono quindi esauriti, confermando così la tendenza alla rapida consolidazione sia delle terre costituenti il rilevato che di quelle presenti in fondazione della diga a Sud.

Bibliografia

- [1] T. C. POWERS: *A new roundness scale of sedimentary particles*. Journ. of sedimentary petrology, 1953.
- [2] K. TERZAGHI: *Theoretical Soil Mechanics*, pag. 487 sgg.
- [3] L. BERNELL: *The properties of moraines*. Proc. IV th Congr. Soil Mech. London 1957.
- [4] G. A. VENZO: *I bacini di Lago Verde, Fontana Bianca e Quaira della Miniera nell'alta Val d'Ultimo*. Memorie Museo Storia Naturale di Trento, 1960/61.

MORAINES AND FLUVIO-GLACIAL DEPOSITS AS FOUNDATION SOILS OF TWO DAMS IN VAL D'ULTIMO

Summary: This paper gives the results of investigations and observations dealing with the properties and the behaviour of morainic soils of the Zoccolo and Fontana Bianca earth dams foundations.

MORAINES ET DÉPÔTS FLUVIO-GLACIAIRES COMME FONDATIONS DE DEUX BARRAGES EN VAL D'ULTIMO

Sommaire: Ce rapport présente les résultats des études et des observations sur les propriétés des terrains ayant origine morainique qui forment les fondations des barrages en terre de Zoccolo et de Fontana Bianca.