

IL SETTO IMPERMEABILE DELLA DIGA IN TERRA DEL BASSO NERA

MARIO FERNANDO GUIDUCCI (*)

Premesse

La diga in terra del basso Nera (fig. 1) fa parte dell'omonimo impianto costruito dall'A.C.E.A. presso Orte negli anni 1951-54. Essa è alta m 9 e comprende una traversa in calcestruzzo con paratoie a settore e sfioratori a ventola.

I lavori sono stati eseguiti sotto la direzione dello ing. Mario PEDICONI dell'A.C.E.A. dall'Impresa Decio COSTANZI, con la consulenza dello scrivente. Le esperienze sono state eseguite presso il Laboratorio Geotecnico della Università di Roma e nel laboratorio di cantiere.

Natura dei terreni

La piana del Nera in prossimità della confluenza di questo fiume col Tevere è di natura prettamente alluvionale. Essa è costituita da alluvioni recenti (limo argilloso) poste su alluvioni antiche (misto di sabbia e ghiaia), le quali a loro volta riposano su un fondo di argilla azzurra pliocenica.

La potenza del primo strato è pressochè costante e si aggira intorno ai due metri, quella della ghiaia risente invece delle variazioni di quota dell'argilla la quale si presenta con andamento molto discontinuo, con forti depressioni ed incisioni profonde. Tale potenza nella zona interessata dal setto della diga va da un minimo di 4 a un massimo di m 9 circa.

La falda freatica, che segue l'andamento dei livelli del fiume, si trova mediamente nella zona di passaggio tra il limo e la ghiaia.

Nelle fig. 2 e 3 sono indicate le curve granulometriche del limo argilloso e del misto di sabbia e ghiaia.

Setto impermeabile

Il setto impermeabile della diga doveva essere realizzato secondo il primitivo progetto mediante scavo a cielo aperto della larghezza di 2 metri; tale scavo spinto fino all'argilla doveva essere effettuato tra due pareti costituite da palancole in cemento armato precedentemente infisse. Lo scavo così realizzato doveva poi essere riempito con lo stesso materiale costituente

il nucleo della diga. In tal modo si sarebbe realizzato un setto impermeabile continuo dalla sommità della diga allo strato impermeabile di fondo.

All'atto praticò l'impiego delle palancole si è dovuto scartare perchè era impossibile infiggerle: infatti non appena entravano nello strato ghiaioso la fortissima resistenza alla penetrazione e la presenza di grossi ciottoli ne provocavano la rottura.

Si vide in seguito come sarebbe stato oltremodo difficile eseguire lo scavo col sistema sopradetto data la forte irregolarità del fondo e soprattutto data la grande quantità di acqua portata dalla falda.

Restando fermo il criterio di eseguire il setto con lo stesso materiale del nucleo della diga, lo scavo è stato eseguito con cassoni autoaffondati. Ogni cassone era costituito da tre celle adiacenti, delle dimensioni di m 2×2 , per cui risultavano elementi di 6 m di lunghezza. Tra un cassone e l'altro s'è lasciato un intervallo di circa un metro e tale distacco, chiuso da due pareti in calcestruzzo sovrapposte ai cassoni, costituisce elemento di giunzione. L'aggottamento della falda è stato realizzato entro i cassoni mediante pompaggio.

Il materiale di riempimento, al quale è stata interamente affidata la tenuta idraulica, è costituito da limo argilloso (33%) e da misto di ghiaia e sabbia inferiore a 60 mm (67%) con aggiunta di bentonite in ragione dell'1,50% in peso. Questa miscela (vedi fig. 4) costipata con vibratorii a piastra in strati di 20 cm aveva un peso di circa 2,20 ton/m³ con una umidità del 12% ed una permeabilità pari a circa 1×10^{-8} cm/sec.

Appena fu iniziato il riempimento si manifestò subito un grave inconveniente: l'acqua di falda in pressione riusciva a sollevare i primi strati di materiale costipato operandone praticamente la distruzione. Non era perciò possibile mettere a contatto diretto l'argilla azzurra di fondo con il materiale di riempimento dei cassoni; ciò si sarebbe potuto ottenere solo con un abbassamento di falda dall'esterno ma, date le portate in gioco, il costo risultava proibitivo.

Per potere effettuare il riempimento bisognava quindi drenare e convogliare l'acqua in maniera di evitare ogni sottopressione. A questo scopo è stato realizzato al fondo dei cassoni uno strato di 50 cm circa altamente filtrante, costituito da ghiaia e ciottoli immediatamente al disopra dell'argilla di fondo. Questo strato, chiuso superiormente da una soletta in

(*) Dott. Ing. Mario Fernando GUIDUCCI, Assistente presso l'Istituto di Scienza delle Costruzioni dell'Università di Roma.

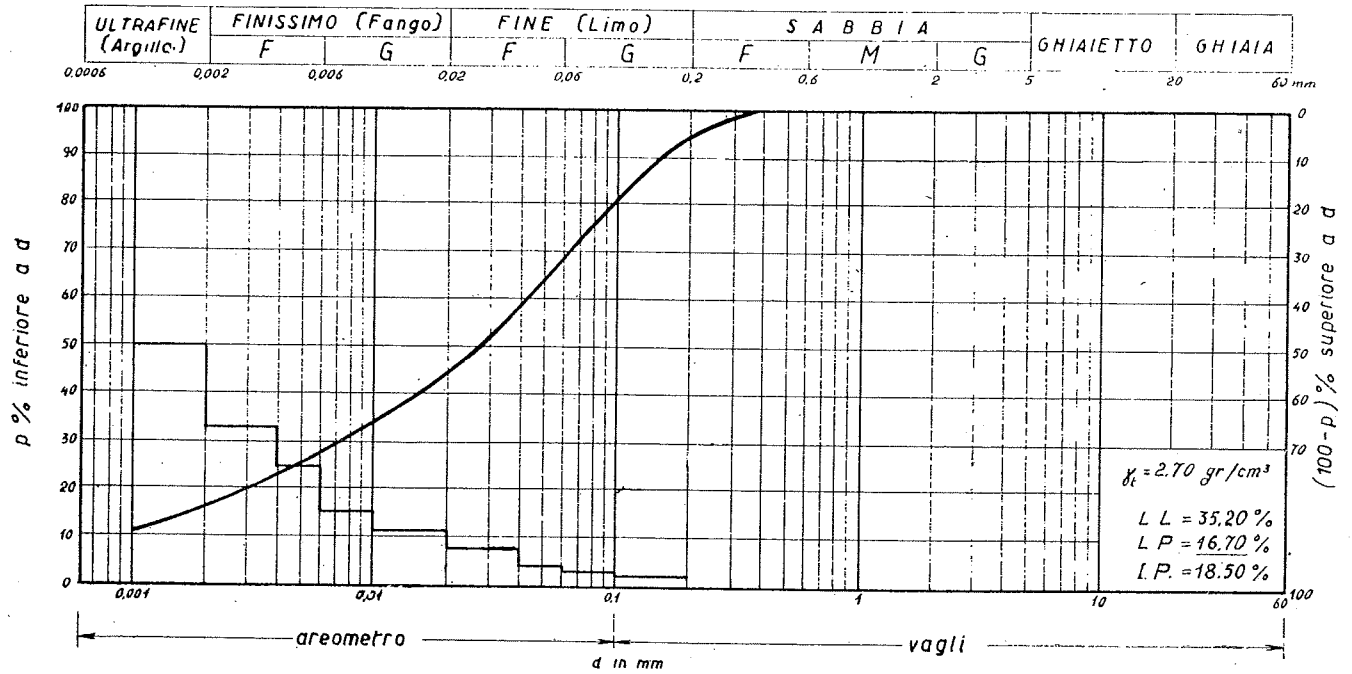


Fig. 2

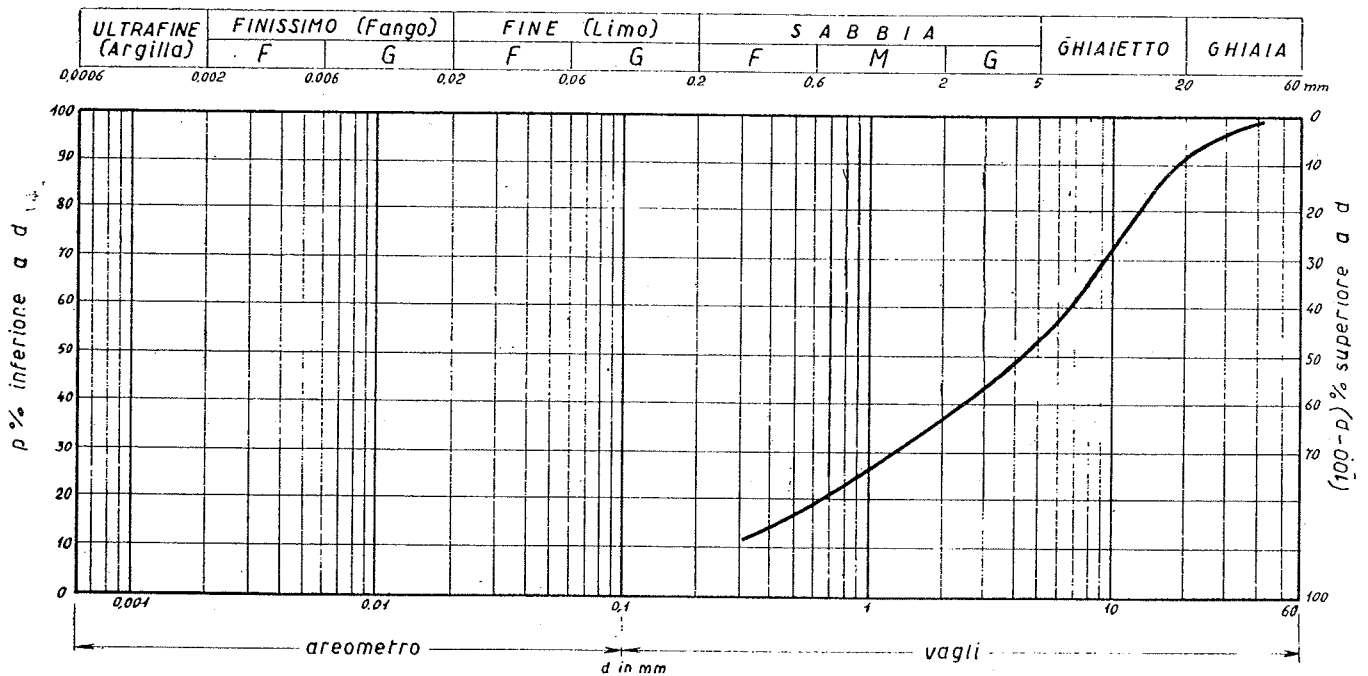


Fig. 3

In considerazione di tali esigenze venne deciso di impiegare una malta ternaria a base di bentonite così composta: bentonite 7%, limo argilloso 23%, cemento 15%, acqua 55%.

E' noto che le malte di questo tipo sono caratterizzate da un'elevata tixotropia: questa proprietà fa sì che dette malte risultano praticamente insolubili in acqua a causa della formazione di un gel argilloso il quale assicura anche la costanza del raggio

di azione della iniezione, mentre la presenza del colloide, che funziona da lubrificante, aumenta grandemente il potere di penetrazione.

La costanza del raggio di azione si spiega col fatto che, per la tixotropia, la formazione del gel è funzione inversa della velocità della malta; accade allora che la resistenza incontrata dalla malta stessa nel suo avanzamento si mantiene pressochè costante in quanto: nelle fessure sottili si ha notevole velocità

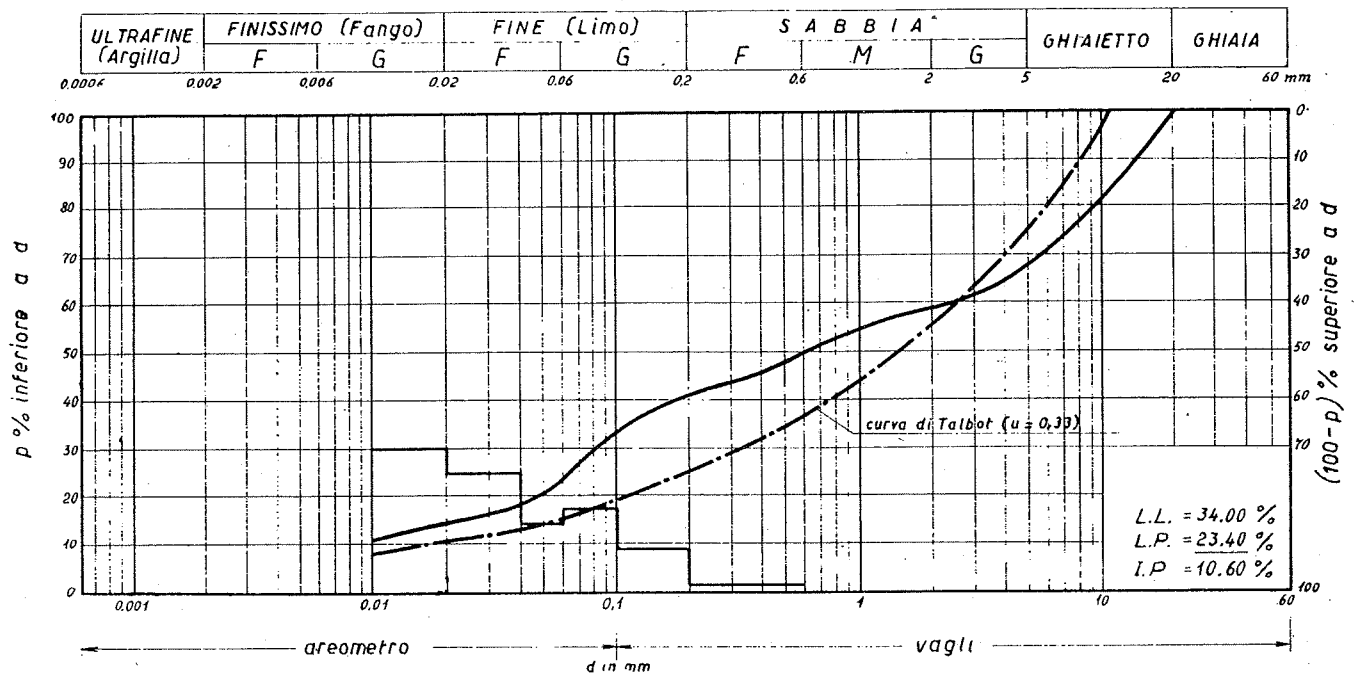


Fig. 4

mentre nei vuoti di grandi dimensioni si hanno velocità molto più basse con conseguente più rapida formazione del gel.

Nel caso in esame, per la limitata pressione che si poteva raggiungere, il raggio d'azione era di circa m 1,50.

Dopo un mese di stagionatura (in acqua) la malta aveva assunto la consistenza di un'argilla compatta molto simile all'argilla azzurra pliocenica del fondo.

Per l'esecuzione delle iniezioni si erano predisposti tubi da 2,1/2" fissati a vite alla soletta in calcestruzzo e forati al di sotto di questa in corrispondenza del drenaggio; la parte superiore, non forata, doveva essere recuperata.

La formazione della malta è stata eseguita con miscelatori centrifughi ad elevata velocità le cui caratteristiche e i cui pregi sono oramai ben noti.

Nell'esecuzione delle iniezioni si sono raggiunte mediamente le 8 atmosfere di pressione senza che si manifestassero fughe nel materiale ghiaioso lateralmente ai cassoni. Si notò invece che la miscela refluvia sol-

tanto sui fianchi dei cassoni stessi creando un velo protettivo sulle pareti di calcestruzzo.

Al termine delle iniezioni risultò che le perdite non avevano superato il 20% del volume dei vuoti della zona iniettata.

Prima di iniziare la costruzione della parte in rilevato della diga fu eseguita la prova generale di tenuta del taglione abbassando, mediante pompaggio nelle zone più basse, la falda a valle. Si poté così realizzare un carico di 10 m circa.

Durante la prova effettuata a regime per 96 ore consecutive non fu notato alcun movimento della falda a monte in dipendenza del pompaggio, nè furono denunciate perdite dalle sostanze coloranti iniettate a monte del setto.

Fu possibile infine recuperare i tubi usati per le iniezioni del fondo eseguendo contemporaneamente una serie di iniezioni nelle celle dei cassoni già riempiti col materiale bentonizzato.

La diga, in esercizio dall'autunno 1953, si è dimostrata a perfetta tenuta.

La Rivista "L'Ingegnere,, tiene al corrente il tecnico e l'industriale sui più recenti progressi compiuti in tutti i campi della scienza e della tecnica applicate