

NOTIZIE SUI DISPOSITIVI DI CONTROLLO E SUGLI ASSESTAMENTI DELLA DIGA IN TERRA DI SAN VALENTINO (Resia)

DANTE FINZI (*)

SOMMARIO: Si richiamano i criteri di progettazione e di controllo da adottare per la valutazione dei cedimenti e delle permeazioni in una diga di terra e si descrivono gli apparecchi di misura installati nella diga di San Valentino.

Vengono poi illustrati i calcoli di previsione istituiti per la diga suddetta e confrontati i risultati di tali calcoli con i dati di osservazione raccolti nei primi anni di esercizio della diga.

Lo studio ed il controllo degli assestamenti, delle pressioni e delle filtrazioni, sono elementi di basilare importanza per qualsiasi diga in terra.

Da indagini preventive si possono trarre, entro certi limiti, attendibili previsioni, mentre dall'accurato controllo si traggono importanti deduzioni sul comportamento dell'opera eseguita.

Le indagini si dividono perciò in due categorie:

1) Controlli preventivi da effettuare:

a) *sul terreno* mediante sondaggi per conoscere nel miglior modo possibile la stratigrafia e la composizione del terreno di fondazione e delle zone limitrofe;

b) *in laboratorio* per determinare in via preventiva tutte le caratteristiche fisiche del terreno che interessano la progettazione, la costruzione e il funzionamento della diga.

2) Controlli consuntivi sulle opere eseguite intesi a verificarne il comportamento, e cioè:

a) misure di portata delle filtrazioni;

b) misure di pressione delle falde acquifere interessanti lo sbarramento e le zone limitrofe;

c) misure degli assestamenti della fondazione e del manufatto.

Nella bibliografia tecnica esistono sufficienti indicazioni per istituire dei calcoli approssimati che debbono essere oculatamente interpretati poiché in tali indagini si devono introdurre molteplici ipotesi semplificative e coefficienti sperimentali ed empirici.

Malgrado tali calcoli non si può mai conoscere a priori in modo completo il comportamento del sottosuolo e ne consegue che le prime fasi di invaso dei serbatoi artificiali ottenuti con dighe in terra devono

essere seguite con la massima cautela e considerate come prove sperimentali su larga scala.

Le indagini e i calcoli predetti forniscono peraltro utilissimi orientamenti sia per la progettazione che per la esecuzione dei lavori.

Fatto pertanto richiamo alla documentazione bibliografica sopra citata ci limiteremo a riferire quanto è stato fatto in questo campo per il controllo del comportamento della diga di San Valentino.

Sondaggi preliminari

La stratificazione del terreno e la sua composizione granulometrica sono state rilevate prima dell'inizio dei lavori sia nella zona di imposta della diga che nelle immediate adiacenze.

Si sono effettuati anche numerosi rilievi stratigrafici durante il lavoro di costruzione del taglione di fondazione che è stato spinto fino a oltre 20 m di profondità sotto il piano di campagna.

I sondaggi hanno dato naturalmente indicazioni differenti dall'uno all'altro foro.

Determinazioni di laboratorio

Un apposito laboratorio installato in cantiere e dotato di tutti i più moderni apparecchi e di adeguata bibliografia ha eseguito sia in fase di progetto che in fase di esecuzione esaurienti e accurate determinazioni. Il lavoro del laboratorio è stato controllato nella fase di studio anche a mezzo di analoghe ricerche affidate ad altri laboratori in modo da poter trarre dalla comparazione dei risultati ottenuti utili indicazioni per la progettazione.

(*) Dott. Ing. Dante FINZI, Direttore delle Costruzioni Idrauliche della Soc. Montecatini, Milano.

Dispositivi di osservazione e di controllo

I dispositivi di osservazione e di controllo sono di varia natura perchè intesi ad accertare il comportamento della diga e del sottosuolo delle sotto pressioni e degli assestamenti.

Il complesso dei dispositivi attuati per la diga di

vato, ed il predetto filtro rovescio per le acque provenienti dal sottosuolo di fondazione.

Il filtro rovescio è costituito da strati di sabbia e ghiaietto di granulometria graduata da 0,1 a 60 mm.

Il filtro è diviso in settori mediante muretti in calcestruzzo. Ciascun settore ha un proprio cunicolo drenante ispezionabile cosicchè è possibile localizzare la

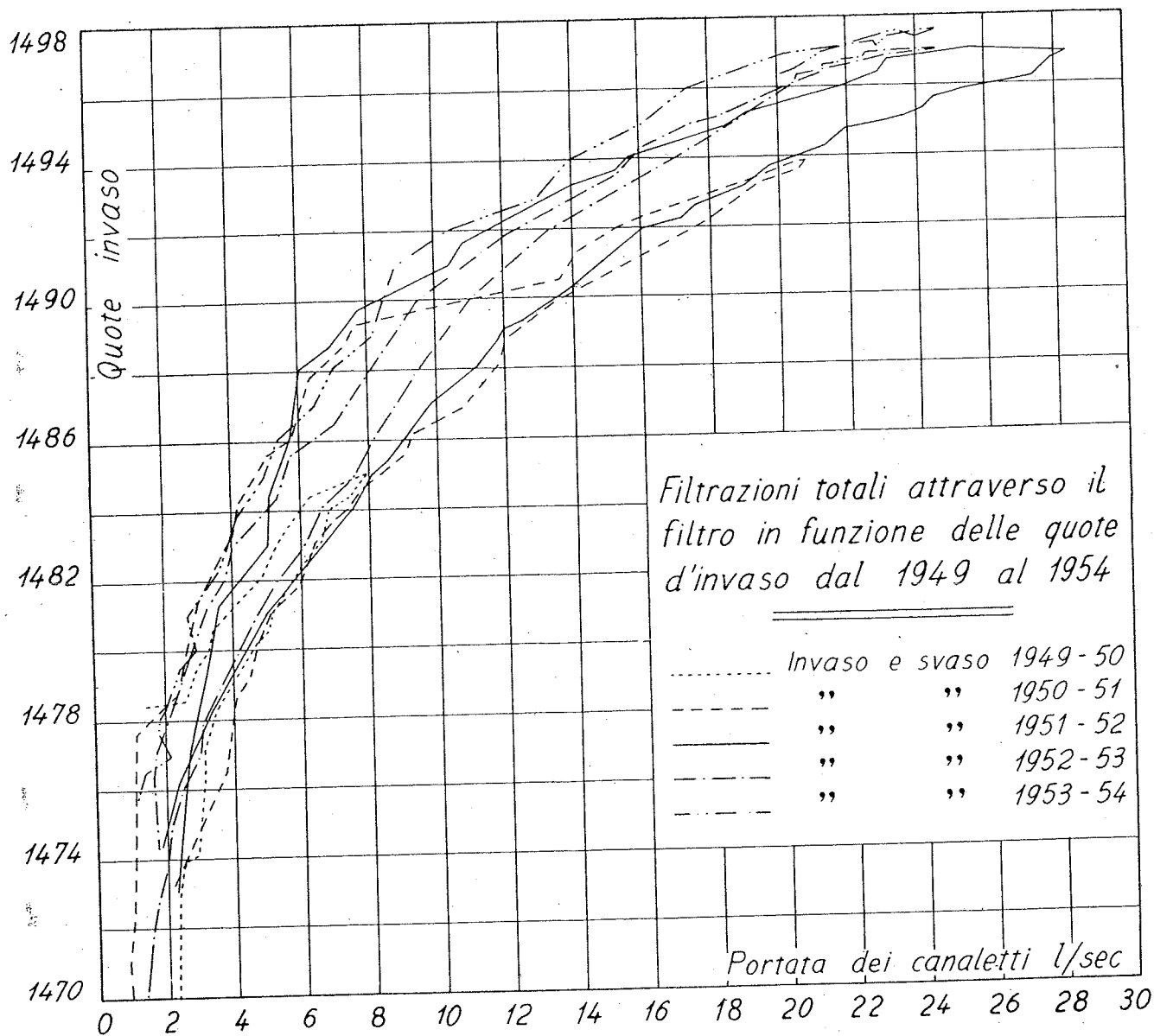


Fig. 1

San Valentino è illustrato nei disegni riportati ed è così costituito:

1) *Tappeto filtrante* formato da un filtro rovescio disposto su tutta la zona di imposta della diga a valle del nucleo. Come è noto tale zona di rilevato deve essere assolutamente protetta da ogni imbibizione e a ciò provvedono il nucleo impermeabile ed il taglione per le acque provenienti dal serbatoio attraverso il rile-

provenienza delle filtrazioni e misurarne separatamente l'entità.

Le osservazioni vengono effettuate sistematicamente ogni giorno.

Durante i cicli di invaso fino ad ora effettuati si è constatata:

— una correlazione tra l'entità delle filtrazioni e l'altezza di invaso;

- una sensibile isteresi nel senso che le oscillazioni di portata seguono a distanza di tempo le oscillazioni del livello di invaso;
- una diminuzione dell'entità delle filtrazioni del primo al terzo ciclo totale di invaso (anni 1951-52 e 1953-54);
- un totale di filtrazioni assolutamente esiguo che

zioni relative alle zone di terreno sottostanti al taglione, e a quelle adiacenti ai paramenti a monte e a valle del taglione stesso.
Tutti questi piezometri sono provvisti allo sbocco nel cunicolo di ispezione, di una testa con rubinetto e manometro.

Altre canne piezometriche sono incorporate nel rile-

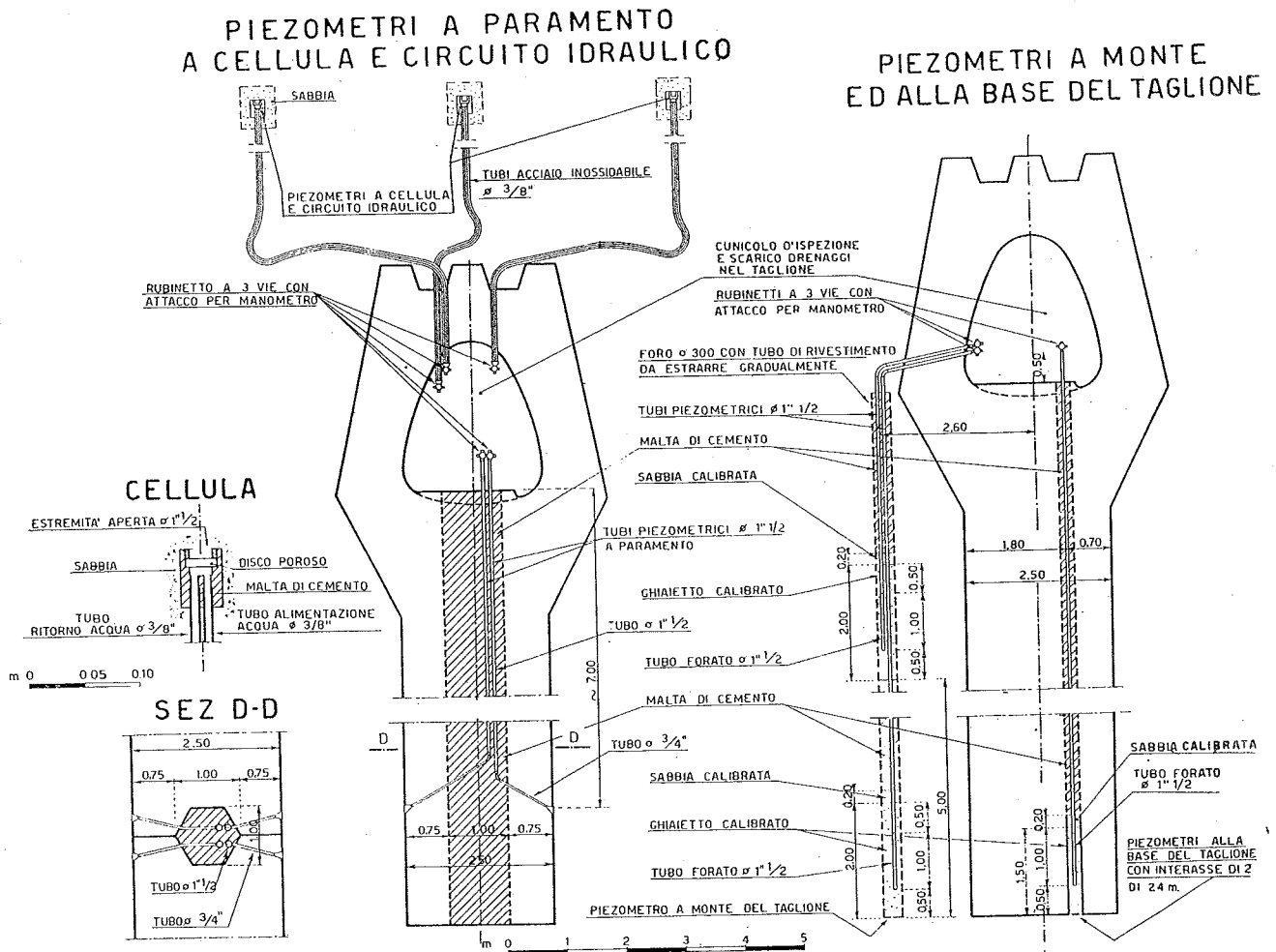


Fig. 2

ha raggiunto nell'ultimo ciclo di invaso soltanto i 25 l/sec il che comprova la riuscita delle opere di impermeabilizzazione profonda in modo superiore alle previsioni di progetto.

Il disegno di cui alla fig. 1 riporta l'andamento delle portate totali di filtrazioni in funzione della ritenuta nei trascorsi periodi di invaso.

2) *Piezometri.* I dispositivi di controllo delle pressioni per la diga di San Valentino sono predisposti in tre sezioni trasversali caratteristiche dell'intera opera, nonché nella zona di terreno circostante per la determinazione esauriente del comportamento dei livelli piezometrici.

I tubi piezometrici predisposti nella zona dello sbarramento riportano nel cunicolo di ispezione le indica-

vato accoppiate con i dispositivi di misura degli assestamenti.

Tubi piezometrici sono infine ricavati nel corpo del taglione.

Per il controllo delle pressioni nella zona del nucleo si sono installati dei piezometri a cellula di un tipo già largamente in uso in America costituito da una piccola camera ricavata in un corpo metallico con un fondo poroso. L'apparecchio viene immerso nel terreno da controllare circondato tutt'intorno da sabbia calibrata.

La camera è in comunicazione col cunicolo di ispezione a mezzo di due tubetti di acciaio inossidabile.

Per l'osservazione si provvede al riempimento con acqua della camera e dell'intero circuito dei tubetti che viene poi chiuso a mezzo di rubinetti.

Si determina così un equilibrio delle pressioni all'esterno e all'interno della camera attraverso il fondo poroso e si possono controllare dette pressioni a mezzo di manometri inseriti nel circuito dei tubetti.

La disposizione ed i particolari di tutti i predetti piezometri sono chiaramente riportati nella figura 2.

L'osservazione dei dispositivi piezometrici è fatta giornalmente e mostra un comportamento perfettamente

sezioni di misura sopra indicate mediante piastre immerse in fase di costruzione, nella zona di terreno in osservazione e collegate con tubi verticali che sporgono dal manufatto.

Le piastre sono raggruppate mediante tubi a cannocchiale, su ciascuna verticale di osservazione e sono disposte sul terreno di fondazione, a varie altezze nel rilevato, e in sommità del rilevato stesso.

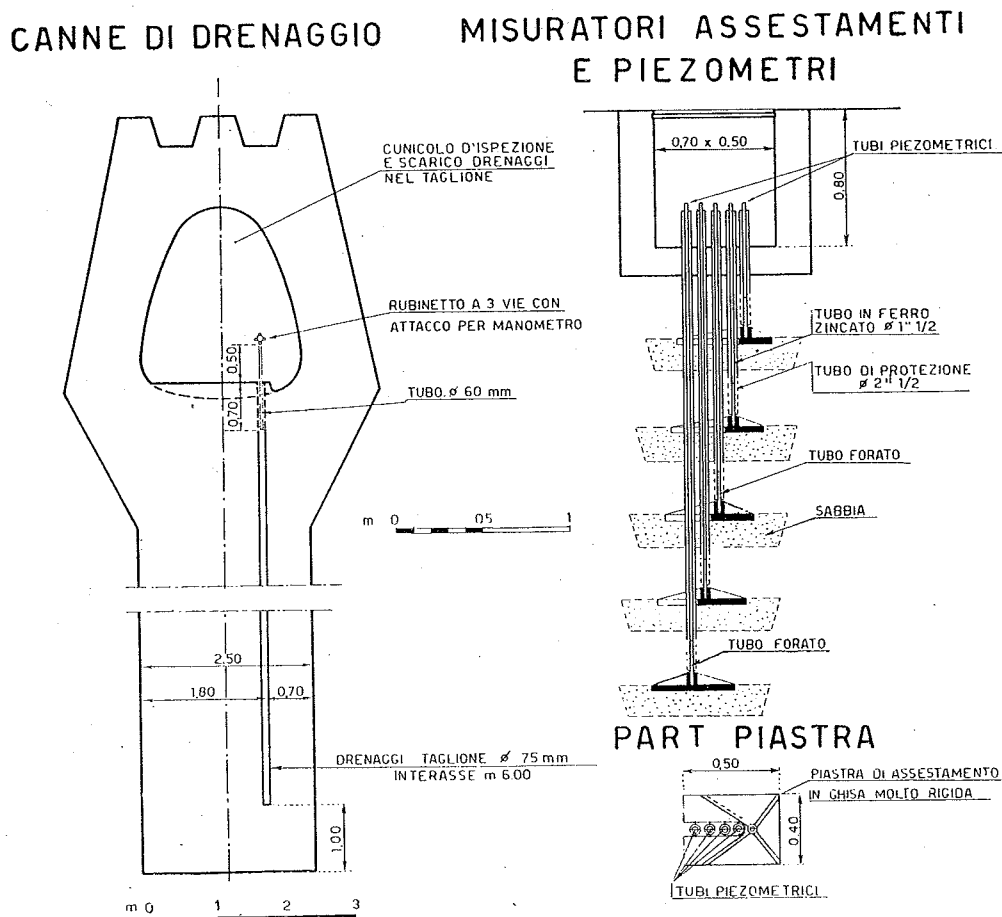


Fig. 3

normale e in stretta correlazione con l'andamento delle fasi di svasso e di invaso.

Un altro gruppo di canne piezometriche è stato disposto nella zona di terreno a valle della diga e le osservazioni iniziate assai prima dell'inizio dei lavori sono da allora sistematicamente proseguite per accertare l'influenza delle opere e dell'invaso sulla falda freatica superficiale.

Una serie di pozzi drenanti è infine risposta a valle del piede della diga per sorvegliare l'andamento piezometrico di una falda freatica che i sondaggi avevano rivelato ad oltre 35 m di profondità sotto il piano naturale di campagna.

3) *Piastre di controllo degli assestamenti.* Il controllo degli assestamenti viene effettuato nelle tre

E' così possibile mediante collimatori riferiti a punti fissi posti fuori della zona dell'opera, controllare separatamente gli assestamenti parziali del terreno di fondazione, dei vari strati della diga ed infine l'assestamento totale.

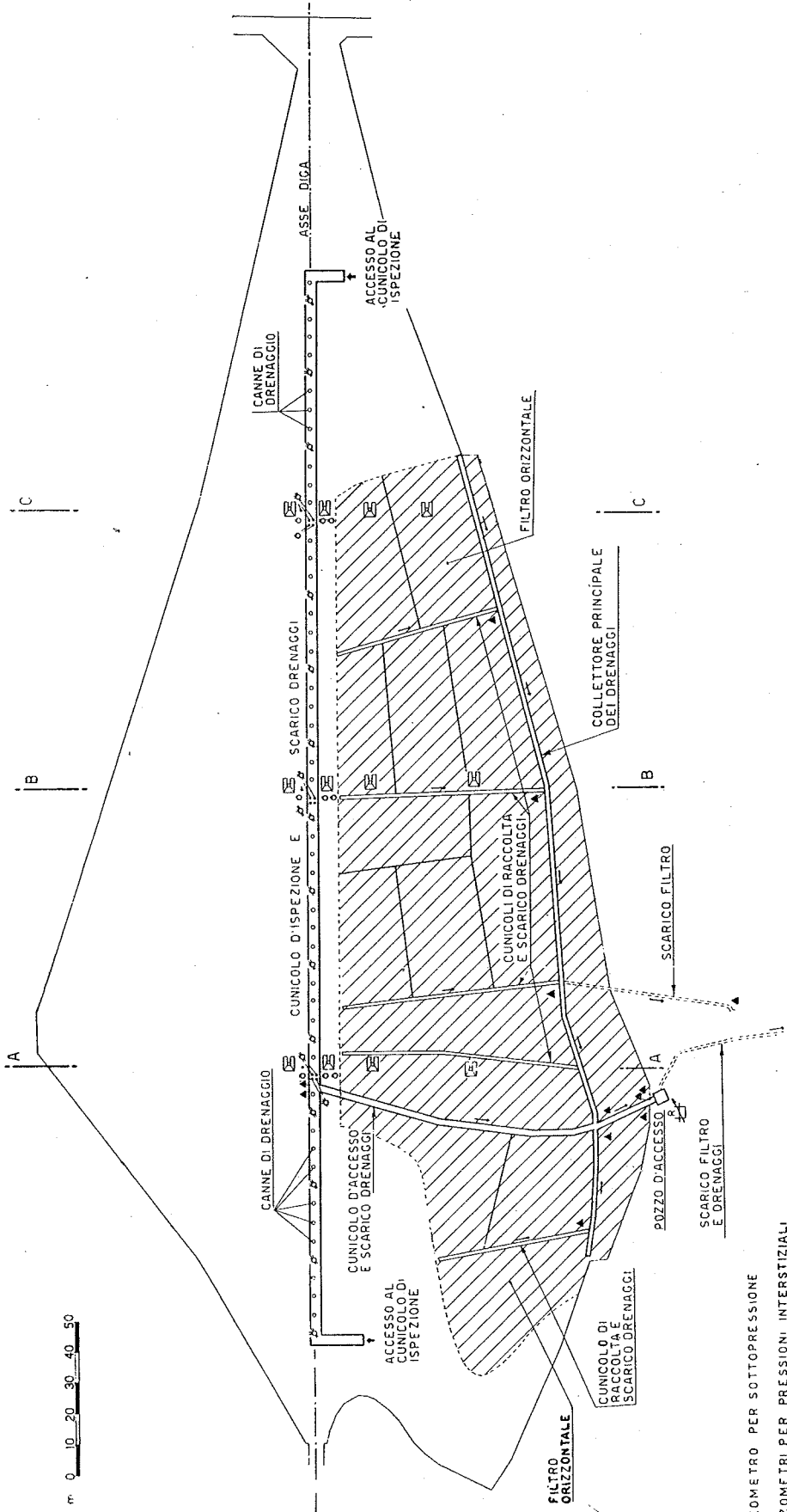
I dispositivi e la distribuzione dei punti di osservazione sono indicati nelle fig. 2, 3 e 4.

I controlli vengono effettuati normalmente ogni due mesi ed hanno mostrato un andamento regolare asintoticamente decrescente e nettamente inferiore alle previsioni.

Le previsioni di assestamento totale erano state determinate secondo il metodo di calcolo qui di seguito brevemente riassunto.

Preso in esame per esempio una sezione tipica dello sbarramento nella quale il rilevato ha l'altezza di 16 m

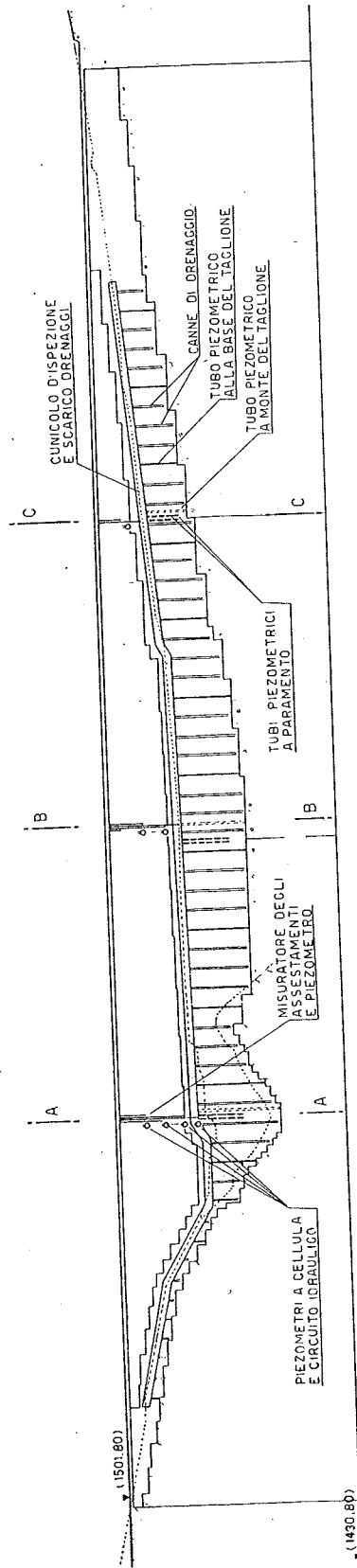
SEZIONE ORIZZONTALE



- ▲ PIEZOMETRO PER SOTTOPRESSIONE
- ◊ PIEZOMETRI PER PRESSIONI INTERSTIZIALI
- ◻ MISURATORI ASSESTAMENTI E PIEZOMETRI
- ▲ STRAMAZZO DI MISURA
- ◻ IDROMETROGRAFO

Fig. 4

SEZIONE LONGITUDINALE

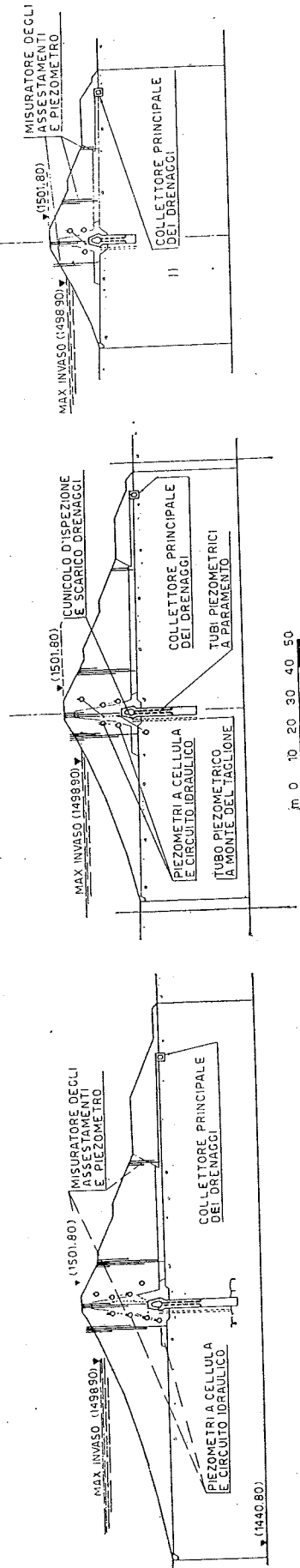


m 0 10 20 30 40 50

SEZ. TRASVERSALE B-B

SEZ. TRASVERSALE B-B

SEZ. TRASVERSALE A-A



m 0 10 20 30 40 50

Fig. 4

si è anzitutto determinata la stratificazione del terreno sottostante.

In detta stratigrafia sono individuati alcuni strati contenenti limo ed argilla ed altri contenenti sabbia e ghiaia.

Riscontrato, con prove di laboratorio, ciò che del resto è intuitivo, che gli strati di sabbia e ghiaia danno assestamenti assai limitati e con effetto pressochè immediato sotto il carico si è supposto, per semplificare l'indagine, di trascurare la loro presenza agli effetti della indagine stessa.

Constatato per contro che l'effetto più rilevante di assestamento si verifica sia per l'entità che per la durata negli strati limo-argillosi, si sono individuati nella stratigrafia in esame sei di questi strati le cui caratteristiche sono state assunte a base dei calcoli. Lo spessore è stato considerato per intero per gli strati

dove:

C_t = valore dell'assestamento totale in metri;

h_n = spessore dello strato in esame in metri;

e_1 = indice dei pori iniziale (con pressione corrispondente all'assetto naturale del terreno);

e_2 = indice dei pori finale (con pressione corrispondente a quella iniziale aumentata di quella trasmessa dal rilevato).

Gli indici dei pori e_1 ed e_2 sono stati determinati sperimentalmente in laboratorio su campioni di terreno prelevati dai singoli strati.

Il risultato dei calcoli è riportato nella unita tab. I dalla quale risulta che l'assestamento totale ammis-

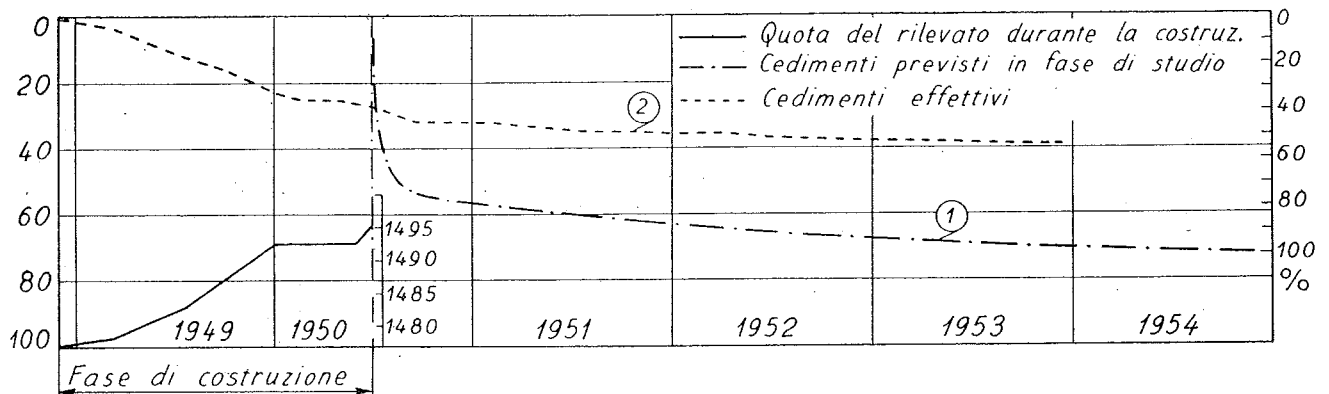


Fig. 5

costituiti da limo; per gli strati misti limo-ghiaia, limo-sabbia, ecc. per tener conto della minor compressibilità della sabbia, si è applicato un coefficiente di riduzione dello spessore introdotto nei calcoli pari a 0,50.

Altri sondaggi eseguiti in precedenza a profondità notevolmente superiore avevano mostrato come al di sotto degli strati considerati non vi fossero altre stratificazioni di limo, argilla o torba, comunque interessanti l'indagine di cui trattasi.

Il peso specifico del terreno naturale è stato determinato in 1700 kg/m^3 e si è assunto a $3,2 \text{ km/cm}^2$ il carico trasmesso al terreno di fondazione dal terrapieno della diga (ipotesi semplificativa corrispondente ad un carico uniforme di 16 m di altezza di rilevato del peso specifico di 2000 kg/m^3 quale è in realtà il carico nel punto in esame).

In base ai predetti elementi si è potuto determinare l'assestamento presunto totale per il complesso degli strati numerati da 1 a n

$$C_t = \sum_n \frac{e_1 - e_2}{1 + \frac{e_1 + e_2}{2}} \cdot h_n$$

sibile con le ipotesi semplificative predette risulta di circa 70 cm.

Passando dalla determinazione dell'assestamento totale all'esame del suo andamento nel tempo risulta che l'assestamento C_t che si verifica trascorso un tempo t dall'istante di imposizione del carico è espresso per ciascun strato dalla formula:

$$C_t = m C_T$$

dove m è un coefficiente valutabile secondo gli studi FRÖHLICH-TERZAGHI, in base ad apposite tabelle come funzione esponenziale del tempo t , dello spessore h e del coefficiente di permeabilità K dello strato in esame.

Il coefficiente K è stato determinato in base ad esperienze di laboratorio e risulta:

$K = 2 \cdot 10^{-6} \text{ cm/minuto}$ per gli strati 4° e 6° costituiti in prevalenza da limo argilloso e

$K = 2 \cdot 10^{-5} \text{ cm/minuto}$ per gli strati 1° 2° 3° e 5° contenenti anche parti di sabbia e ghiaia

Si sono in tal modo ottenuti per diversi valori del tempo t gli assestamenti parziali di ogni singolo strato

TABELLA I - Diga di SAN VALENTINO

Assestamento del terreno di fondazione in B V					Calcolo dell'assestamento totale		
Strato N	h effettivo m	h_n (corretto) m	e_1	e_2	O_T cm	% Totale	Natura dello strato
1	4,00	2,00	1,585	1,350	19,00	26,1	ghiaia in limo argilloso
2	5,00	2,50	1,450	1,295	16,40	22,5	» » » »
3	1,00	0,50	1,410	1,275	2,90	4,0	» » » »
4	1,00	1,00	1,370	1,245	5,38	7,4	» » » »
5	1,00	0,50	1,360	1,240	2,62	3,6	» » » »
6	5,70	5,70	1,315	1,210	26,45	36,4	» » » »

Cedimento totale: 72,75 centimetri

e i relativi assestamenti totali pervenendo così al tracciamento della curva (1) del diagramma di fig. 5.

In realtà gli assestamenti hanno avuto inizio contemporaneamente ai lavori e si sono mantenuti in limiti assai inferiori a quelli come sopra calcolati.

Infatti alla fine del 1953 l'assestamento totale risultava di 39 cm. contro una previsione di 70 cm.

Gli assestamenti reali sono riportati nella curva (2) del suddetto diagramma e risultano dell'ordine del 60%

del teorico previsto il che dà un'idea del grado di approssimazione che si deve attribuire ai mezzi di calcolo a disposizione.

Si rileva che allo stato attuale si può ritenere che l'assestamento abbia raggiunto il 90% del totale finale.

Il controllo degli assestamenti propri del rilevato ha dimostrato che tale assestamento è nullo e ciò conferma che il grado di costipamento ottimo previsto in fase di progetto è stato regolarmente raggiunto in fase di costruzione.

SOMMAIRE: L'Auteur mentionne les points essentiels du projet et des contrôles nécessaires pour évaluer les tassements et les filtrations d'un barrage en terre et décrit le types des appareils de mesure placés dans le barrage de San Valentino dans l'Italie du nord.

Il rappelle les calculs développés et il met en comparaison les résultats théoriques avec les données obtenues pendant les premières années d'observation dans ce barrage.

SUMMARY: Author summarizes design criteria and control procedures to be adopted for estimating settlements and seepage in an earth dam. Seepage and settlements control apparatus at San Valentino dam in Northern Italy are described.

Settlements computation is briefly reported and results are related to those observed in the field.

La Fiera Internazionale di Lilla

La Fiera Internazionale di Lilla è una manifestazione tecnica ed economica aperta a tutte le industrie del mondo. Essa ha luogo nel cuore della Regione del Nord della Francia, dal 1° al 16 maggio 1954, uno dei centri agricoli ed industriali più importanti dei Paesi settentrionali. Ad un'ora di strada da Bruxelles, a meno di 250 km da Londra e dal Lussemburgo, a 300 km dall'Aja ed a 550 km da Francoforte, essa si rivela il centro ideale dei confronti e degli scambi fra le principali nazioni europee.

La Fiera Internazionale di Lilla occupa un'area di quasi 200.000 m², di cui 80.000 sono coperti da padiglioni di gigantesche dimensioni. Il « Grand Palais », la cui fama è praticamente mondiale, copre da solo una superficie di un ettaro, con una sola gittata e senza nessun

pilastro di sostegno intero. La sua facciata di 120 metri di lunghezza e 30 metri di altezza è interamente rivestita d'alluminio e figura fra le grandi realizzazioni dell'architettura moderna.

La Fiera di Lilla annovera circa 3.500 espositori ed accoglie annualmente le ditte di una quindicina di diverse nazionalità. E' annualmente visitata da 1.500.000 persone di cui 300.000 belgi, olandesi, lussemburghesi, inglesi e tedeschi. Per recarvisi, quindici paesi europei concedono riduzioni sulle proprie reti ferroviarie, nonché sui trasporti aerei e marittimi, su presentazione della carta di legittimazione rilasciata dai servizi della Fiera, dai consoli di Francia e dalle principali agenzie di viaggi nel mondo.