

Valutazione dell'efficienza dei diaframmi di tenuta

TELLING R. M., MENZIES B. K., SIMONS N. E. - *Cut-off efficiency, performance and design*. Ground Engineering, January, 1978.

The effectiveness of jointed cut-off walls beneath dams on impervious soil foundation. Ground Engineering, May, 1978.

TELLING R. M., MENZIES B. K., COULTHARD J. M. - *A design method for assessing the effectiveness of partially penetrating cut-off walls*. Ground Engineering, November, 1978.

1. Premessa

L'introduzione del diaframma come dispositivo di tenuta in fondazione ha dato luogo ad una notevole evoluzione nel campo delle costruzioni idrauliche, permettendo la realizzazione di dighe in situazioni prima ritenute proibitive, se non dal punto di vista costruttivo, almeno da quello economico. Così, nel caso di potenti materassi alluvionali al tetto di formazioni impermeabili, le pressioni neutre e la velocità di filtrazione possono assumere valori non accettabili ai fini della stabilità e della funzionalità dello sbarramento; con la realizzazione di un diaframma di tenuta si provoca nella corrente una forte perdita di carico localizzata con cui si riduce il gradiente piezometrico a valori accettabili. È evidente l'importanza che assume per il progettista la possibilità di valutare l'efficienza di un tale manufatto e la distribuzione delle pressioni neutre che deriva dalla sua installazione.

Nel passato il problema è stato affrontato facendo riferimento allo schema di diaframma uniformemente permeabile; in tempi più recenti si è avvertita la necessità di approfondire gli studi sul comportamento dei diaframmi con giunti; in questi ultimi, nella zona interessata dalla presenza del diaframma, il moto di filtrazione avviene secondo vie preferenziali. I risultati ottenuti hanno ribadito l'importanza, tanto nella fase progettuale che nella realizzazione in cantiere, di curare nei particolari le modalità esecutive al fine di una « buona riuscita » dell'opera, bastando, infatti, imperfezioni di piccola entità per ridurre sensibilmente l'efficienza del manufatto.

L'apporto originale degli AA. sull'argomento è preceduto da una ricerca bibliografica. È parso utile segnalare sinteticamente ai lettori della Rivista i risultati degli studi presi in esame, raggruppandoli in base ai tipi costruttivi di diaframmi.

a) *Diaframmi continui*: si realizzano con cortine d'iniezione di cemento, paratie murarie o di malta cementizia, taglianti di terra costipata.

Se le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione sono favorevoli, questo tipo di diaframma risulta di notevole efficacia, che può ridursi, però, per effetto di cedimenti differenziali, che ne possono interrompere la continuità strutturale.

b) *Diaframmi ad elementi*: palancole di acciaio o con pali trivellati accostati. In questo caso gli elementi di cui si compone il diaframma sono praticamente impermeabili; i giunti costituiscono una possibile via d'acqua.

c) *Diaframmi di tipo misto*: si ottengono con una opportuna combinazione di diaframmi continui e ad elementi.

Diaframmi di questo tipo possono realizzarsi con pannelli di calcestruzzo fondati su una cortina di iniezioni di cemento, o con doppio muro a pannelli accostati che delimita uno scavo riempito con materiale di bassa permeabilità.

Un'ulteriore distinzione va fatta fra *diaframma totale e parziale*, a seconda se questi raggiunge o meno gli strati impermeabili di base. Questa distinzione è della massima importanza al fine di individuare il comportamento della struttura nei riguardi del moto di filtrazione e, quindi, il criterio di calcolo più opportuno.

Allo stato attuale delle conoscenze la previsione del comportamento dei diaframmi di tenuta non è del tutto priva di incertezze, anche se sono molti gli studiosi che si sono impegnati in questo campo della ricerca, affrontando il problema per via sperimentale, con studi su modelli idraulici ed analogici, o per via teorica, avvalendosi delle tecniche dell'analisi numerica.

La letteratura scientifica, rispecchiando chiare esigenze dei progettisti, si è particolarmente arricchita di studi che si basano sull'integrazione dell'equazione di Laplace, resa possibile dall'introduzione di ipotesi semplificative. Si ottengono così, come si vedrà meglio in seguito, soluzioni approssimate in forma chiusa, espresse per mezzo di parametri che tengono conto della geometria del sistema fondazione-terreno permeabile (B/D) e diaframma-terreno permeabile (d/D, t/D), del rapporto fra la permeabilità del complesso terreno permeabile-diaframma-materiale di riempimento dei giunti (k_2/k_1 , k'/k_1).

Il significato dei simboli si rileva in Fig. 1.

2. Efficienza di un diaframma di tenuta

Poiché nessun diaframma di tenuta è perfetto, cioè del tutto impermeabile all'acqua, è utile per il progettista potere valutare il grado di affidabilità della struttura nei riguardi della tenuta.

Nel caso di diaframmi continui il grado d'imperfezione può essere definito dal rapporto k_2/k_1 fra la permeabilità del diaframma e quella del terreno che esso attraversa.

Per i diaframmi ad elementi, una misura del grado d'imperfezione è data dal rapporto fra l'area dei giunti e l'area del diaframma, oppure, se il diaframma intercetta gli strati impermeabili di base, può essere indicativo il rapporto W/D, in cui W è l'area totale dei giunti e D è l'estensione in profondità del terreno permeabile.

L'efficienza di un diaframma di tenuta, indipendentemente da ogni differenza strutturale, può essere valutata in termini di perdita di carico $E_H = h/H$, essendo h la perdita di carico attraverso il diaframma, ed H la perdita di carico totale; oppure, si può valutare l'efficienza facendo riferimento al rapporto $E_Q = (Q_0 - Q)/Q_0$, essendo Q l'effettiva portata di filtrazione e Q_0 la portata che si sarebbe verificata in assenza del diaframma.

Fra i due criteri, il primo è di più facile applicazione, in quanto il valore di E_H è determinabile direttamente sulla base di misure di quote piezometriche; a parte, infatti, le incertezze che si avrebbero nella stima di Q_0 , è difficile effettuare una misura accurata delle portate filtranti.

3. Diaframma totale continuo

Il caso più semplice che può presentarsi è costituito dal diaframma di tenuta sottile, totale ($d = D$ v. fig. 1), continuo, uniformemente permeabile, interessato da un moto di filtrazione in regime laminare, per il quale può adottarsi la soluzione di Ambraseys, ottenuta schematizzando l'imperfezione del diaframma con fessure orizzontali uniformemente distribuite, il cui numero tende ad infinito, mentre l'ampiezza tende a zero [AMBRASEYS, 1963] (1):

$$E_Q = \frac{t (k_1/k_2 - 1) D}{B/D + t (k_1/k_2 - 1) D + 0,88} \quad (1)$$

Poiché E_H è legato ad E_Q dalla relazione $E_H/E_Q = k_1/(k_1 - k_2)$ si ottiene:

$$E_H = \frac{t D k_1/k_2}{B/D + t (k_1/k_2 - 1) D + 0,88} \quad (2)$$

Lo stesso caso è risolvibile con una semplice applicazione della soluzione di Muskat che, studiando il comportamento della diga priva di diaframma, fondata su terreno uniformemente permeabile, ha trovato la relazione riportata in tab. I [MUSKAT, 1937].

Con riferimento alla fig. 1, calcolando separatamente la perdita di carico nelle zone 1, 2 e 3 si ottiene:

(1) Nelle formule (1) e (2) le lunghezze vanno espresse in metri.

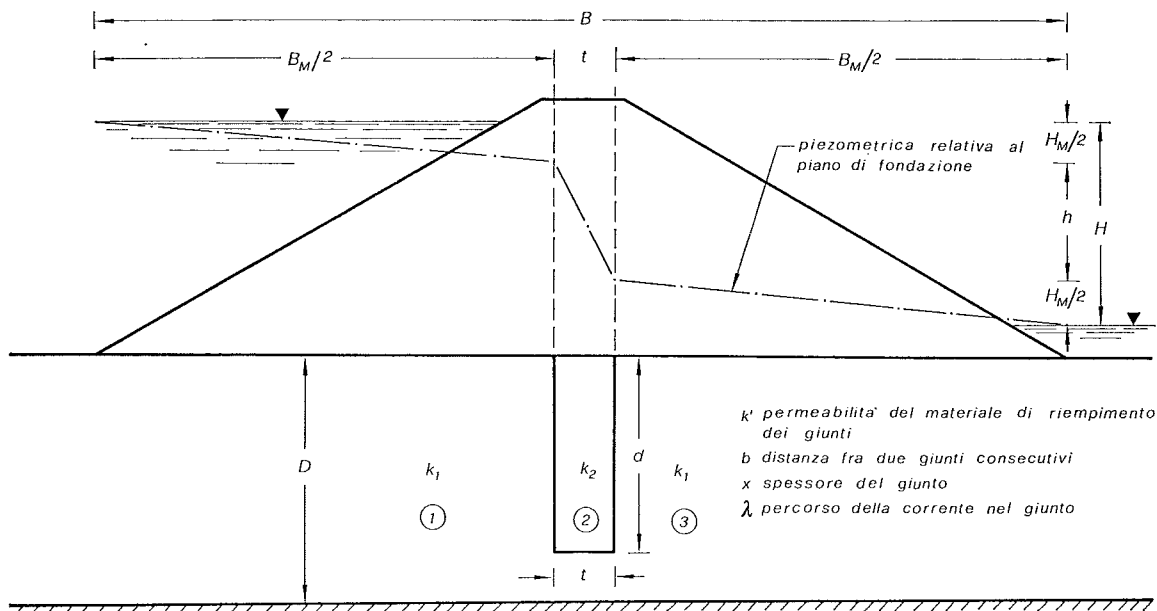


Fig. 1. - Schema di diga con diaframma di tenuta.

$$E_H = \frac{1}{1 + \left(\frac{k_2}{k_1} \right) \left(\frac{D}{t} \right) \left(\frac{1}{N} \right)}$$

TABELLA I
PARAMETRO DI MUSKAT

B_M/D	0.1	0.3	0.5	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
$N = Q/k_1 H_M$	1.4	0.96	0.75	0.52	0.35	0.20	0.14	0.11	0.10

essendo N il parametro di Muskat di tab. I.

La validità dell'eq. (3) è stata confermata da KING [1968]; questa è da preferirsi nel caso di taglione di terra di permeabilità uniforme, in quanto, ovviamente, non si rende necessaria, in questo caso, l'ipotesi di diaframma sottile; si ipotizza, invece, che la corrente sia orizzontale nell'interfaccia diaframma-terreno di fondazione.

Quando il rapporto B/D è sufficientemente grande ($B/D \geq 5$), gli AA. propongono di trascurare le perdite di carico associate all'ingresso ed all'uscita della corrente dal terreno sottostante la diga, considerando, così, una schematizzazione come in fig. 2.

Si perviene all'espressione semplificata:

$$E_H = \frac{1}{\left(\frac{k_2}{k_1} \right) \left(\frac{B}{t} - 1 \right) + 1} \quad (4)$$

che presenta il vantaggio di potere essere utilizzata direttamente.

L'efficacia di un taglione che attraversa un terreno la cui permeabilità in senso orizzontale (k_h) supera quella in senso verticale (k_v), si determina facendo ricorso al metodo della trasformazione delle scale.

Si ottiene l'espressione:

$$E_H = \frac{1}{\left(\frac{k_2}{\bar{k}} \right) \left(\frac{D}{t} \right) \left(\frac{1}{N'} \right) + 1} \quad (5)$$

essendo $k = \sqrt{k_h k_v}$, ed N' il parametro di Muskat corrispondente al valore di B'_M/D , con $B'_M = \sqrt{B_M k_v / k_h}$.

Gli altri simboli sono quelli riscontrabili in fig. 1.

Nella tab. II si riportano alcuni valori del fattore $E_H\%$ in funzione del rapporto k_v/k_h , per fissati $B/D = 5.0$ e $t/D = 0.10$.

TABELLA II
ANDAMENTO DEL FATTORE $E_H\%$
CON L'ANISOTROPIA

k_v/k_h	1	1/4	1/25	1/100
$E_H\%$	63	60	51	43

Si osserva che l'efficienza del diaframma diminuisce al crescere dell'anisotropia.

Se il moto di filtrazione sotto la diga non avviene secondo la legge di Darcy, si può fare ricorso all'espressione suggerita da Scheidegger, valida nelle condizioni limiti, indicate in fig. 2, di corrente orizzontale a monte ed a valle dello sbarramento [SCHEIDEGGER, 1957]:

$$(k_1/k) [t/(B-t)]^n = h/(H-h)^n \quad (6)$$

che permette di ricavare h per fissati parametri sperimentali k ed n con l'ausilio dell'equazione di Forchheimer $v = ki^n$.

Si noti che all'aumentare di H le perdite di carico nel terreno di fondazio-

ne aumentano più rapidamente di quelle che si verificano nel taglione.

4. Diaframma totale ad elementi

In questo caso l'andamento delle isopieziche sul piano di fondazione è quello riportato in fig. 3. Come si vede, il moto non è piano e non è possibile determinare h in maniera univoca.

L'indeterminazione si può evitare convenendo di definire l'efficienza del diaframma come $E'_H = h'/H$, dove h' è la perdita di carico che si ha nella zona influenzata dalla presenza del diaframma di tenuta, approssimativamente pari ad $S = b + t$, essendo b l'ampiezza del giunto e t lo spessore del diaframma.

Per la determinazione dell'efficienza è necessario distinguere, nel terreno di fondazione, cinque zone (fig. 4), per ognuna delle quali si procede al calcolo delle perdite di carico.

La geometria dello sbarramento e della fondazione, definita dal rapporto B/D , si suppone tale da potere considerare la velocità della corrente, attraverso il diaframma, praticamente costante al variare della profondità.

Nelle zone 2 e 4 la corrente ha andamento radiale.

Si assume che si abbia corrente lineare in tutte le cinque zone in cui si è diviso il terreno di fondazione; il calcolo del numero di Reynolds conferma la validità di questa ipotesi.

Per quanto riguarda le caratteristiche del moto di filtrazione attraverso i giunti è necessario distinguere due casi: a) se il giunto è intasato da materiale fino, si può fare ricorso alla legge di Darcy; l'efficienza, se $k' \gg k_2$, è valutabile con l'espressione:

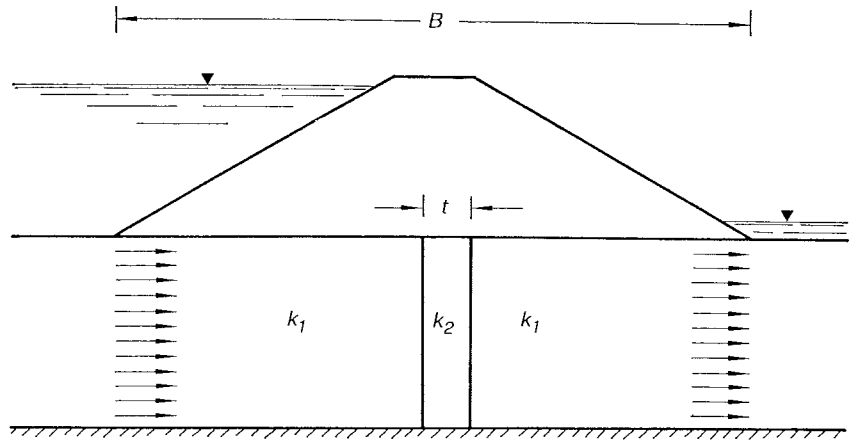


Fig. 2. - Corrente orizzontale nei terreni sottostanti la diga.

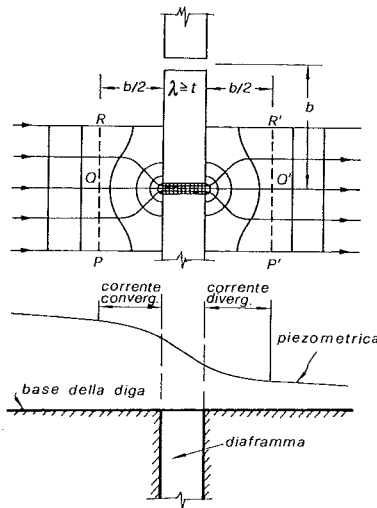


Fig. 3. - Andamento della corrente nella zona d'influenza dei giunti in un diaframma continuo ad elementi $k' \gg k_2$.

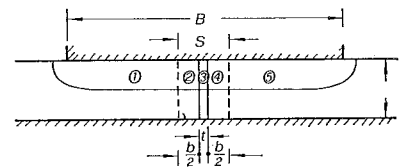


Fig. 4. - Schema di calcolo di un diaframma continuo ad elementi.

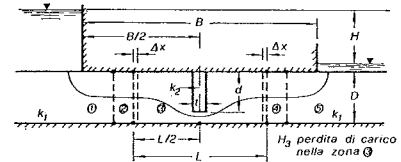


Fig. 5. - Schema di calcolo di un diaframma parziale ad elementi.

$$E'_H = \frac{\left(\frac{\lambda}{x} \right) + \left(\frac{k'}{k_1} \right) 1,46 \log_{10} \left(\frac{b}{x} \right)}{\left(\frac{k'}{k_1} \right) \left(\frac{1}{N} \right) \left(\frac{D}{b} \right) + \left(\frac{\lambda}{x} \right) + \left(\frac{k'}{k_1} \right) 1,46 \log_{10} \left(\frac{b}{x} \right)} \quad (7)$$

Il significato dei simboli si rileva in fig. 1.

Se $k' = k_2$ il diaframma si comporta come se fosse continuo; con le sostitu-

zioni del caso si ritrova l'eq. (3), che è valida nelle medesime ipotesi del caso precedentemente esaminato.

b) Nelle condizioni di giunti aperti,

cioè in assenza di materiale fino nei giunti, il moto è governato dalla legge di Hagen-Poiseuille, fra lastre piane e parallele; assunto, per l'acqua a 20°C, $\nu = \mu/\rho = 10^{-6}$ m/sec si ottiene:

$$E'_H = \frac{12 \left(\frac{\nu}{g} \right) \left(\frac{\lambda}{x^3} \right) + \frac{1,46}{k_1} \log_{10} \left(\frac{b}{x} \right)}{\left(\frac{1}{k_1} \right) \left(\frac{D}{b} \right) \left(\frac{1}{N} \right) + 12 \left(\frac{\nu}{g} \right) \left(\frac{\lambda}{x^3} \right) + \frac{1,46}{k_1} \log_{10} \left(\frac{b}{x} \right)} \quad (8)$$

5. Diaframma parziale

Il diaframma parziale trova un impiego vantaggioso quando la permeabilità del terreno di fondazione decresce con la profondità o quando il diaframma intercetta uno strato impermeabile a profondità intermedia fra il piano di fondazione e la formazione impermeabile di base.

La letteratura scientifica che tratta di diaframmi sottili e perfetti è notevole; si dispone, in questo caso, di soluzioni in forma chiusa ottenute per via teorica.

Meno studiato è il caso di diaframma parziale imperfetto.

KRIZEK e KARANDI hanno studiato, con l'ausilio di modelli elettrici, il caso di diaframma parziale imperfetto, esplorando il campo definito dalle condizioni $1/8 \leq B/D \leq 2$ e $d/D = 0.5; 1.0$, con un grado d'imperfezione minimo del 10% [KRIZEK, KARANDI, 1969].

WHITE ha compiuto uno studio analogo, ma con una maggiore ricchezza di casi sperimentali e per valori dell'imperfezione del 7% [WHITE, 1972].

Poiché per imperfezioni anche dell'1% il diaframma perde gran parte della sua utilità, i dati ottenibili da questi due studi sperimentali hanno scarsa applicabilità; inoltre, gli autori fanno riferimento a giunti orizzontali e riempiti con materiale avente la stessa permeabilità del terreno di fondazione, cosa che nella realtà non avviene.

MCLEAN e KRIZEK hanno condotto un'analisi agli elementi finiti esplorando il campo di valori $10^{-6} \leq k_2/k_1 \leq 10^{-2}$, $0 \leq B/D \leq 2$, $t/D = 0.002$, ipotizzando il diaframma uniformemente permeabile [MCLEAN, KRIZEK, 1971].

Altra ipotesi su cui si regge la trattazione è che il rapporto B/D sia grande quanto basta perché si formi, a monte ed a valle del diaframma, una zona in cui il moto di filtrazione sia praticamente orizzontale (da prove su modello: $B/D \geq 5$).

L'efficienza in termini di perdita di carico è valutabile prendendo in esame separatamente le cinque zone in cui è stato diviso il piano di fondazione della diga, fig. 5.

Si ottiene:

$$E_H = \frac{E_H^*}{\left[\frac{\alpha}{\beta} \right] \left[\frac{1}{N} \right] + 1} \quad (9)$$

ed

$$E_Q = 1 - \frac{1}{N_0 \left[\frac{1}{N} + \frac{\beta}{\alpha} \right]} \quad (10)$$

essendo:

$$N = 1/(0.88 + (B - L)/D)$$

[DACHLER, 1936]

e con:

$$N_0 = 1/(0.88 + B/D); E_H^* = h/H_3; \\ \alpha = \Delta H/H_3; \beta = \Delta x/D$$

L'analisi alle differenze finite è stata condotta supponendo per la zona 3 un'ampiezza $L = 3D$, scelta tenendo conto dei risultati di prove condotte su modelli analogici.

Poiché l'elaborazione è stata effettuata sulla base di una rete a maglia di ampiezza $\Delta x = D/10$, resta fissato $\beta = 0.10$.

I risultati dell'analisi alle differenze finite sono sintetizzati nei grafici di fig. 6, per il diaframma perfetto, e fig. 7 per il diaframma imperfetto; si possono dunque determinare E_H ed α una volta fissati i valori di d/D e k_1/k_2 .

Nell'uso delle formule qui suggerite è da considerare l'esistenza di alcuni fattori che riducono il grado di approssimazione ottenibile dai calcoli. Infatti, solo raramente lo spessore della fondazione è costante; inoltre, se il terreno di fondazione è costituito da ghiaie, può non aversi corrente lineare; infine, è difficile valutare l'entità delle imperfezioni del diaframma se non si dispone di dati sperimentali (2).

Nel caso di diaframma ad elementi un ulteriore fattore di incertezza è costituito dalla difficoltà di prevedere le caratteristiche di tenuta del giunto. Nel diaframma a pannelli di calcestruzzo, ad esempio, il fango di bentonite con cui si stabilizza lo scavo può insinuarsi fra i giunti, che ne risultano intasati; ne segue che, se il giunto ha la stessa permeabilità del muro ($k' = k_2$), si ha un comportamento tipo diaframma continuo e l'efficienza andrà calcolata con

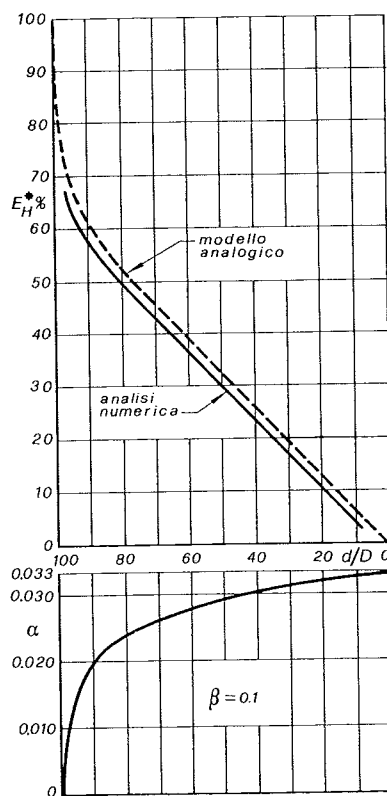


Fig. 6. - Diaframma sottile, perfetto.

l'eq. (3); mentre se $k' \gg k_2$ è preferibile adottare l'eq. (7).

Se non vi è infiltrazione di materiale fino nel giunto si ha un contatto diretto fra due facce di calcestruzzo ed è opportuno fare ricorso all'eq. (8), relativa al caso di giunto aperto.

Un problema analogo si presenta qualora si tenti di schematizzare il comportamento del giunto di una palanco-lata.

Ai fini del calcolo è consigliabile considerare il giunto di spessore costante ed effettuare il calcolo nelle due ipotesi limiti di giunto aperto, eq. (8), e di giunto completamente intasato, eq. (7).

Ipotizzata una configurazione tipo, nei grafici di fig. 8 sono sintetizzati i risultati che si ottengono dall'applicazione delle equazioni (7), (3) ed (8).

6. Osservazioni

Dall'esame del comportamento di parecchie grandi dighe dotate di diaframma, gli AA. sono pervenuti ad alcune considerazioni sul comportamento di ciascun tipo di manufatto; qui di seguito sono riportate quelle ritenute più significative.

L'efficienza di ogni tipo di diaframma, a parte i fattori già presi in esame, dipende in buona parte dalla geometria della sezione di sbarramento e dalla configurazione dei terreni attraversati; l'estensione in lunghezza del diaframma ha un'importanza non trascurabile. Si è rilevato anche che nelle dighe in cui il diaframma di tenuta è realizzato con palanco-late d'acciaio, al trascorrere del tempo, in genere, si ha un aumento dell'efficienza (3).

Il fenomeno è dovuto al progressivo deposito di materiale fino nei giunti.

L'efficienza può ridursi sensibilmente a causa di fenomeni di corrosione, nei manufatti in acciaio, o a causa del progressivo deterioramento dei giunti, soprattutto nei diaframmi a pannelli di calcestruzzo.

Per i diaframmi continui di buona esecuzione si possono ottenere valori dell'efficienza anche del 90%. In effetti, un'imperfezione dell'1%, anche se ben distribuita, riduce di molto l'efficienza di ogni tipo di diaframma, sia esso totale o parziale.

Quando le imperfezioni sono concentrate ad una certa altezza del diaframma, ai fini della valutazione dell'efficienza è opportuno effettuare il calcolo come se si trattasse di un diaframma parziale che si estende in profondità fino alla zona in cui sono concentrate le imperfezioni, anche se dell'ordine dell'1%.

(2) Si segnalano al lettore i seguenti studi sperimentali:

- Palanco-late in acciaio: JASPAR e RINGHEIN [1953];

- Diaframma murario: TERZAGHI e PECK [1967]; JONES [1967]; LONDE [1970].

(3) Diga di Fort Peck: l'efficienza è aumentata dal 12% al 30% in 17 anni.

Diga di Garrison: l'efficienza è aumentata dal 18% al 38% in 5 anni.

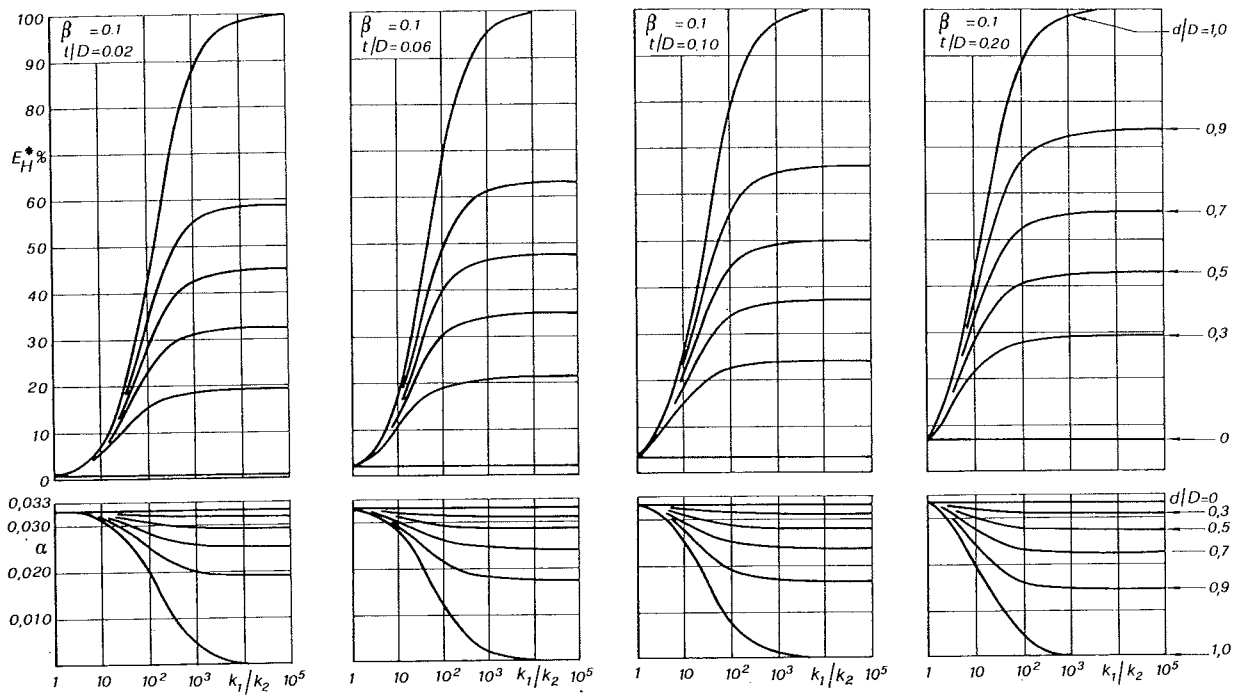


Fig. 7. - Grafici per il calcolo di un diaframma perfetto per differenti valori del rapporto t/D .

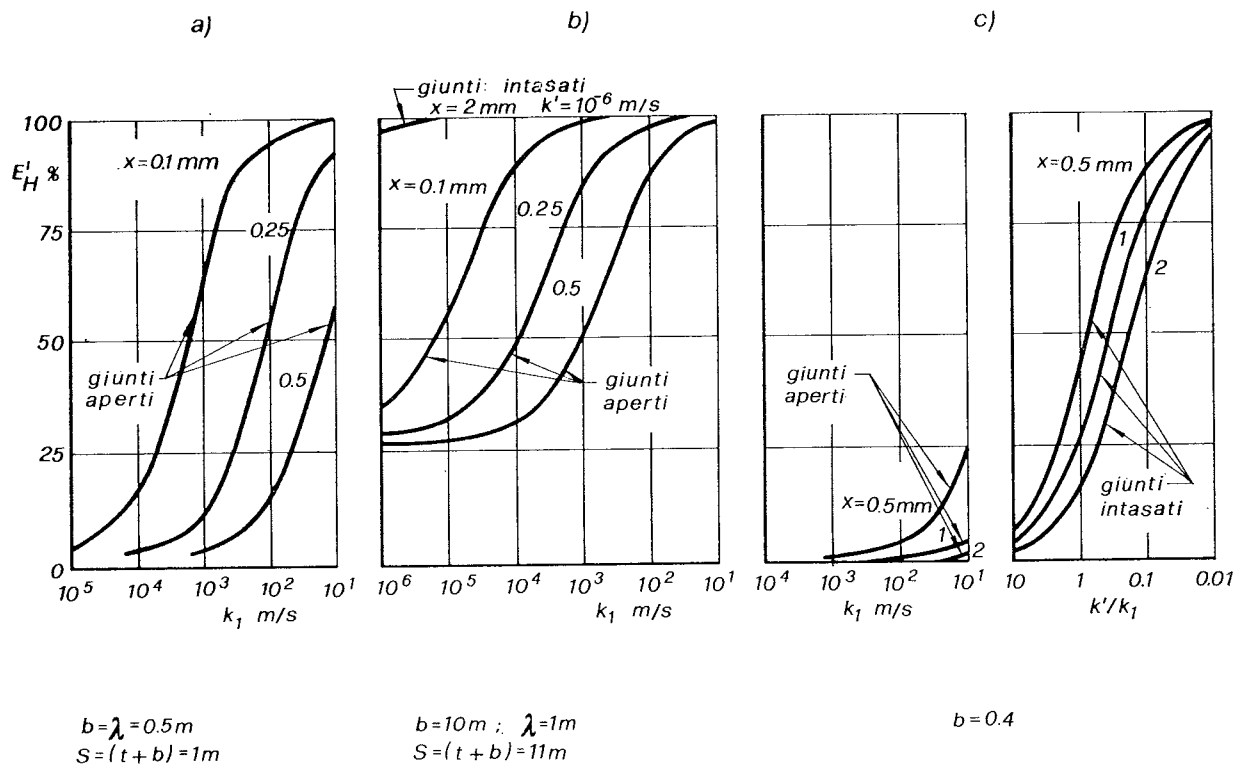


Fig. 8. - Efficienza di un diaframma realizzato con a) pali trivellati accostati b) pannelli di calcestruzzo; c) palificate d'acciaio.

Si è visto, inoltre, che una sola linea d'iniezioni di cemento è di utilità discutibile, anche se questa costituisce l'appoggio di un diaframma continuo di calcestruzzo.

7. Conclusioni

Nei tre articoli recensiti, gli AA. presentano al lettore una sintesi dei criteri utilizzati per la valutazione dell'efficienza dei diaframmi di tenuta, che più frequentemente si riscontrano nella pratica professionale.

Per quanto riguarda i diaframmi parziali, i risultati delle elaborazioni delle differenze finite, condotte dagli AA. a completamento degli studi preesistenti sull'argomento, sono riportati in grafici di cui si apprezza la semplicità e la rapidità d'uso (figg. 6, 7).

I risultati ottenuti per via teorica sono convalidati dai dati sperimentali cui si è fatto cenno e che, tuttavia, sono ancora insufficienti al fine di potere valutare correttamente l'aderenza alla realtà dei criteri proposti.

(Sebastiano Barresi)

BIBLIOGRAFIA

- AMBRASEYS N. (1963) - *Cut-off efficiency of grout curtains and slurry trenches*. Proc. Sym. on Grouts and Drilling Muds, in Eng. Pract., London: Butterworths.
- DACHLER R. (1936) - *The flow of water in ground*. Springer. Vienna.
- JASPAR J. L., RINGHEIM A. S. (1953) - *Steel sheet piling studies*. Proc. 3rd Int. Conf. Soil Mech. and Found. Eng., Zurich.
- JONES J. (1967) - *Deep cut-offs in pervious alluvium combining slurry trenches and grouting*. Trans. 9th Int. Cong. Large Dams. Istanbul.
- KING G. J. W. (1968) - *Discussion: « Seepage under a rectangular dam »*. Jour. Soil Mech. and Found. Div., Proc. ASCE Vol. 94 SM3.
- KRIZEK R. J., KARANDI G. M. (1969) - *Effectiveness of leaky sheet piles*. Highway Research Record. N. 282.
- LONDE P. (1970) - *Recent developments in the design and construction of dams and reservoirs on deep alluvium, karstic and other unfavourable foundations*. Trans. 10th Int. Cong. on Large Dams, Montreal.
- MCLEAN F. G., KRIZEK R. J. (1971) - *Seepage characteristics of imperfect cut-offs*. Jour. Soil Mech. and Found. Div.; Proc. ASCE, Vol. 97, SM9.
- MUSKAT M. (1937) - *The flow of homogeneous fluids through porous media*. New York, McGraw-Hill.
- SCHEIDEGGER A. (1957) - *The physics of flow through porous media*. University of Toronto Press.
- TERZAGHI K., PECK R. S. (1967) - *Soil mechanics in engineering practice*. 2nd Ed. New York, John Wiley.
- WHITE D. A. (1972) - *The performance of cut-off walls*. Project Report. Kingston Polytechnic.

Un metodo numerico per la ricerca del coefficiente di consolidazione dai risultati di prove di compressione edometrica

SIVIRAM B., PRABHATA K. - *A computational method for consolidation coefficient*. Soils and Foundations, vol. 17, n. 2, 1977.

Come è noto, il processo di consolidazione monodimensionale di un banco di terreno è regolato dal coefficiente

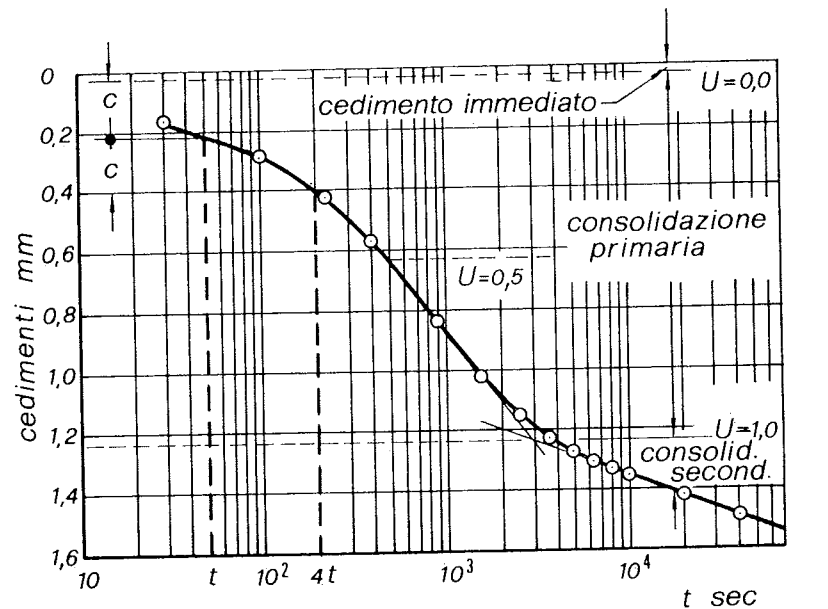
$$c_v = \frac{k E'}{\gamma_w}$$

al cui valore numerico

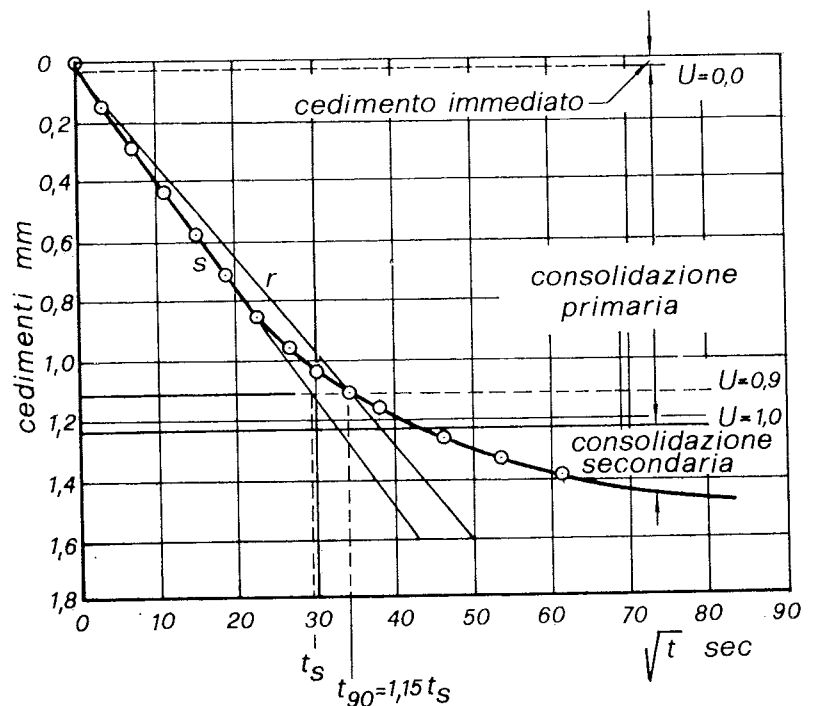
è legato con proporzionalità inversa il tempo necessario perché si raggiunga un prefissato grado di consolidazione U.

La determinazione di c_v avviene sulla base dei risultati di prove di laboratorio, con le quali si simulano le condizioni di sollecitazione e di deformazione che possono verificarsi in sito.

Per il calcolo di c_v , sono generalmen-



a)



b)

Fig. 1. - Metodi grafici per l'interpretazione delle curve cedimenti-tempo: a) Casa grande; b) Taylor; c) Cour.