

La diga di OROVILLE, con i suoi 235 m di altezza e col volume del rilevato di 61,6 milioni di m³, rappresenta la più grande diga in terra finora costruita dall'uomo. Lo sbarramento, ubicato in California sul Feather River, creerà un invaso di 4300 milioni di m³, utilizzabili per il controllo delle piene, l'irrigazione e la produzione di energia elettrica.

Il rilevato è stato costruito negli anni dal 1963 al 1967 con una produzione media di 76.000 m³ di terra posta in opera per giornata lavorativa.

La diga è interamente fondata su roccia in posto; la formazione, di origine metamorfica, a grana fine e compatta, si presentava generalmente ricoperta da poco materiale sciolto o degradato, che è stato completamente asportato prima di iniziare la costruzione del rilevato.

Le considerazioni di carattere econo-

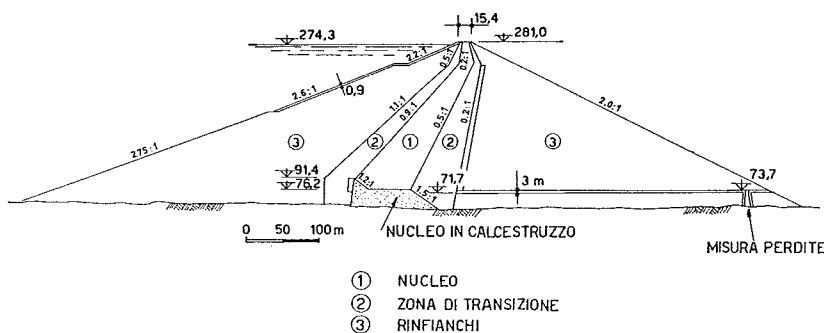
ni superiori ai 76 mm, è stato quello per il nucleo.

La sezione tipo mostra le caratteristiche fondamentali del rilevato.

Una particolarità dell'opera è costituita dal blocco in calcestruzzo sul quale appoggia la parte centrale del nucleo. Tale blocco colma una stretta ed incisa gola rocciosa messa in luce dagli scavi ed è stato costruito al fine di creare un appoggio uniforme al nucleo, in una zona nella quale sarebbe stato problematico il corretto costipamento delle terre.

La posizione inclinata del nucleo è stata preferita, per quanto più costosa di quella verticale, perché giudicata maggiormente favorevole nei riflessi dei cedimenti differenziali tra le diverse zone.

Il materiale da nucleo è stato compattato con rulli gommati zavorrati da 90 ton, a strati di 25 cm.



Sezione tipo della diga di Oroville.

mico poste alla base della scelta del tipo di struttura, sono state influenzate in maniera decisiva dall'abbondante disponibilità di materiali aventi elevata permeabilità (ghiaie con blocchi) presenti in ampie zone circa 18 km a valle dell'opera. Questi materiali, di origine artificiale poiché provenienti da imponenti dragaggi effettuati per la ricerca e la produzione dell'oro, si rinvenivano in banchi aventi altezza variabile dai 5 ai 15 m, a loro volta ricoperti da un secondo materiale di scarto della lavorazione mineraria (sabbia fine parzialmente lavata). A breve distanza dai depositi artificiali di cui sopra era presente un banco naturale di un materiale poco permeabile composto da una miscela bene assortita di argilla, limo, sabbia e ghiaia.

I tre materiali di cui si è ora detto sono stati in effetti utilizzati, nell'ordine, per i rinfianchi, le zone di transizione ed il nucleo della diga. L'unico materiale che abbia richiesto un trattamento preventivo, consistente nell'eliminazione degli elementi di dimensio-

Sia le zone di transizione che i rinfianchi sono stati invece compattati, per mezzo di rulli vibranti lisci, a strati aventi altezza pressapoco eguale alle dimensioni massime degli elementi, che erano 38 cm per le prime e 61 cm per i secondi.

Alla base del nucleo sono state effettuate, da apposita galleria, iniezioni cementizie approfondite in roccia sino a 60 m.

Il problema fondamentale da risolvere per la costruzione dell'opera era quello di assicurare il rifornimento continuo di materiali alla prevista cadenza di circa 400.000 m³ per settimana.

Il problema è stato affrontato servendosi di un limitato numero di mezzi di scavo di eccezionale potenza, fra i quali un escavatore elettrico da 600 ton costruito appositamente, e consistente in una ruota del diametro di 9 m recante sulla periferia 8 benne da 1,4 m³. La macchina, funzionando come un'enorme fresa, ha consentito produzioni orarie di 2000 m³ ed ha da

sola prodotti circa i 2/3 del materiale per i rinfianchi, mentre i restanti sono stati prelevati con 2 draglines da 8,5 m³.

Le terre da nucleo sono state estratte con scrapers aventi cassone da 38 m³.

Tutto il trasporto dei materiali dai luoghi di estrazione alla diga, distante ca. 18 km, è stato effettuato servendosi di una ferrovia a scartamento normale appositamente costruita. La stazione di carico in prossimità della cava è stata creata in galleria artificiale, talché potessero venire caricati dall'alto 10 vagoni per volta. Ciascun convoglio, formato da 40 vagoni ribaltabili da 42 m³, veniva così caricato in soli 9 minuti. Tre di tali convogli erano costantemente in marcia o sotto carico mentre il quarto era allo scarico in prossimità della diga.

Il trasporto dai mezzi di scavo alla stazione di carico e dalla stazione di scarico alla diga è stato effettuato servendosi di due sistemi, lunghi diversi chilometri, di nastri trasportatori.

Autocarri da 90 ton e bull-dozers erano presenti solo sul piano di lavoro della diga per la distribuzione e la stesa del materiale.

La diga è stata munita di un'estesa rete di strumenti di misura, atti a misurare le pressioni neutre all'interno del nucleo, i movimenti verticali ed orizzontali nonché gli sforzi statici e dinamici nel rilevato, le temperature, l'accelerazione sismica e le portate filtranti.

(Antonio Chiari)

Problemi di progetto e costruzione delle dighe di materiali sciolti.

Committee on Earth and Rockfill Dams of A.S.C.E. - *Problems in design and construction of earth and rockfill dams. Progress Report* - Proc. A.S.C.E. SM 3, vol. 93, maggio 1967.

La Commissione per le dighe di materiali sciolti dell'A.S.C.E., della quale fa parte il Prof. A. CASAGRANDE, segnala in questo rapporto gli argomenti sui quali, secondo il parere di vari esperti, dovrebbero di preferenza convergere le future ricerche nel settore.

Finora la Commissione ha preso in esame solo problemi che riguardano i rilevati; essa si propone, tuttavia, di estendere le sue considerazioni ai terreni di fondazione e di imposta.

Gli argomenti sono divisi, con un tipico criterio americano, in tre classi, secondo l'ordine di precedenza o di im-

portanza (H massima, M media, L minima) assegnata a ciascuno di essi dagli esperti. In parentesi è riportato anche il numero degli esperti, su un totale di quattordici, che hanno attribuito all'argomento la precedenza indicata.

Massima precedenza

1. Resistenza e deformabilità di materiali a grana grossa sotto pressioni elevate (11H, 3M);
2. Lesionamento dei rilevati (9H, 5M);
3. Metodi di costipamento di materiali a grana grossa (11H, 3M).

Media precedenza

4. Resistenza allo scorrimento di materiali tipo *rockfill* al contatto dei terreni di fondazione (12M, 2L);
5. Previsione delle pressioni neutre in materiali a grana fina costipati (9M, 4L, 1H);
6. Comportamento dinamico di rilevati in zone sismiche e relative disposizioni sul fianco di ritenuta (10M, 4H);
7. Misure di tensioni e deformazioni nei rilevati (9M, 3H, 2L).

Minima precedenza

8. Controlli del costipamento di materiali a grana grossa (11L, 2M, 1H);
9. Protezione dei paramenti delle dighe di terra (12L, 2M);
10. Realizzazione di miscele di tipo economico per migliorare le caratteristiche delle terre (12L, 2M).

A commento di questa classifica osserveremo che essa ha evidentemente un valore solo orientativo, per due motivi. In primo luogo è facile rendersi conto che sul piano logico gli argomenti non sono fra loro *omogenei*, nè tanto meno indipendenti: ad esempio, le caratteristiche meccaniche dei mate-

riali (argomento 1) dipendono strettamente dai metodi adottati per la posa in opera (argomento 3). In secondo luogo l'importanza relativa dei vari argomenti potrà variare largamente in dipendenza delle condizioni locali — tra le quali la sismicità della zona —, dei criteri di progetto e della destinazione dell'opera. Un'analoga classifica, proposta oggi in Italia, dove nel futuro molti serbatoi avranno probabilmente la funzione di accumulazione giornaliera (impianti di ripompaggio), vedrebbe ad uno dei primi posti il problema della previsione delle pressioni neutre nei materiali del fianco di monte dopo un rapido abbassamento del livello esterno; né sembrerebbero così immediati, d'altro canto, i problemi di resistenza e deformabilità sotto alte pressioni, problemi che si presentano solo per dighe di un'altezza, che da noi può considerarsi eccezionale.

Più interessante ci sembra, perciò, ricordare il parere della Commissione sulla metodologia, che dovrà seguirsi per migliorare le nostre conoscenze intorno ai problemi innanzi elencati. La *classifica* di questi metodi ha un valore più universale e comprende:

- a) raccolta ed interpretazione di dati esistenti;
- b) analisi teoriche e ricerche di laboratorio;
- c) analisi dei fenomeni in scala naturale.

Per ciascuno dei dieci argomenti segnalati la Commissione fornisce il proprio parere sull'applicabilità e sulle prospettive di successo dei precedenti metodi.

In attesa degli sviluppi di tali ricerche, la Commissione raccomanda l'adozione di specifici criteri di sicurezza nei progetti.

Ad esempio, in relazione alle incertezze che sussistono sul comportamento di materiali a grana grossa sottoposti a pressioni elevate (argomento 1), si raccomanda per le dighe alte una certa prudenza nella adozione dei parametri di resistenza al taglio e di permeabilità, che tra l'altro potrebbero subire variazioni nel tempo per effetto di una progressiva rottura dei singoli grani [CASAGRANDE, 1965].

Al pericolo del lesionamento dei rilevati (argomento 2) ci si opporrà con l'introduzione di ampie zone di transizione e di opportuni filtri; con trattamenti speciali dei terreni di fondazione e d'imposta per ridurre i cedimenti differenziali; con l'adattamento del programma dei lavori alle diverse condizioni d'appoggio del manufatto; curando in modo particolare il costipamento dei materiali a grana grossa dei fianchi per evitare l'insorgere di sforzi di trazione nel nucleo.

Per ridurre le pressioni neutre nel nucleo (argomento 5) si suggerisce di assegnare dimensioni relativamente ridotte al nucleo medesimo, di inserire sempre adeguate opere di drenaggio e di adottare valori del contenuto d'acqua di costipamento il più possibile ridotti, ma pur sempre tanti alti da eliminare i pericoli che deriverebbero da un'eccessiva suscettibilità del materiale al lesionamento.

(Ruggiero Jappelli)

BIBLIOGRAFIA

- CASAGRANDE A. (1965) - *Hohe Staudämme*. Mitteilungen des Institutes für Grundbau und Bodenmechanik, Technische Hochschule Wien, H. 16 (cfr. anche recensione di R. JAPPELLI in *Geotecnica*, 3, 1966).