

La diga in terra di Nurek oltre i 200 metri

P. SEMBENELLI *

SOMMARIO: Durante un recente viaggio nell'Unione Sovietica l'autore ha visitato vari cantieri del Centro Asia ove sono in costruzione alcune tra le più grandi dighe del momento. La visita, si è svolta nell'ambito degli accordi di collaborazione tecnica da anni operanti tra la società di engineering italiana ELC-Electroconsult e l'organismo sovietico per lo studio e lo sfruttamento delle risorse idroelettriche dell'Unione: Gjdproekt. Si riportano di seguito gli appunti raccolti durante la visita alla diga di Nurek che, una volta terminata, sarà alta 302 m.

Le grandi dighe in materiali sciolti

Le dighe in materiali sciolti hanno occupato nell'ultima decade posti fino a pochi anni fa impensabili nella graduatoria delle dighe di grande altezza: due tra le cinque più alte dighe costruite o in costruzione sono in materiali sciolti, come risulta dai dati appresso elencati.

Le 5 più Alte Dighe in Esercizio o in Costruzione nel 1975

1. NUREK	URSS	in c.	302 m	argilla-ghiaia-roccia
2. GR. DIXENCE	Svizzera	1962	284 m	calcestruzzo-gravità
3. INGURI	URSS	in c.	271 m	calcestruzzo-cupola
4. VAJONT	Italia	1961	262 m	calcestruzzo-arco
5. MICA	Canada	1971	244 m	argilla-morena-roccia

Dighe in materiali sciolti più alte di 200 m oggi in costruzione e in progetto sono numerose; pure in materiali sciolti sono le dighe destinate a stabilire records di altezza difficilmente superabili. Gli ingegneri sovietici hanno già portato ad una fase di avanzata progettazione la diga di rockfill di Rogun alta 350 m.

Pur essendo scontato il predominio delle dighe in materiali sciolti tra le opere di grande volume, la pratica progettuale e la tecnologia costruttiva moderna hanno permesso di raggiungere cubature fino a pochi anni fa impensabili.

Qualche dato sui volumi di rilevato e sui mezzi adottati per la costruzione è riportato nella tabella.

Le 5 più Grandi Dighe in Esercizio o in Costruzione nel 1975

1. TARBELA	Pakistan	1974	105.000.000 m ³	nastri
2. FORT PECK	USA	1940	93.000.000 m ³	fill-idraulico
3. OAHÉ	USA	1963	68.000.000 m ³	dumpers
4. GARDINER	Canada	1968	63.000.000 m ³	dumpers
5. MANGLA	Pakistan	1967	62.000.000 m ³	dumpers

* Dr. ing. Piero SEMBENELLI, ELC-Electroconsult, Milano.

Dighe in materiali sciolti con volume superiore ai 25 milioni di m³ in costruzione e in progetto sono ormai decine. L'Unione Sovietica raggiungerà limiti difficilmente superabili con la diga in rockfill di Kambaratinsk il cui volume previsto è 162 milioni di m³.

Come ultimo dato statistico val la pena di ricordare che oltre il 90 % delle dighe costruite negli ultimi 5 anni negli USA è costituito da dighe in materiali sciolti.

La diga di Nurek

I lavori per la diga di Nurek sono iniziati attorno al 1965 ed i primi getti nell'alveo sono stati fatti nel 1968. A 7 anni dall'inizio della costruzione è stato messo in opera circa il 50 % del volume totale.

La diga è alta 302 m ed ha un volume totale di 58 milioni di m³. Sbarra il fiume Vaksh affluente dell'Amu Daria, presso la città di Dushambe. La sezione della diga (Figura 1) risponde a criteri di linearità e sicurezza; Nurek è infatti in una delle aree di maggior sismicità del globo (la vicina diga di Toktogul è stata progettata con un coefficiente sismico di 0.45 g').

Le rocce nelle quali è tagliata la valle della Vaksh sono costituite da calcari e argilloscisti alternati in pacchi potenti varie decine di metri che immergono verso monte circa a 45°. Le argilliti si degradano rapidamente al contatto con l'atmosfera. Sono necessari accorgimenti speciali per mantenere intatta le superfici degli scavi. La parte più alta della diga è fondata su un pacco di argilliti potente oltre 130 m.

Alla base del nucleo è stato posto uno zoccolo di calcestruzzo (lo stesso dispositivo adottato per la diga di Oroville negli USA) lungo circa 170 m e spesso oltre 20 m, fondato direttamente sulla roccia dell'alveo messo a nudo con lo scavo di circa 20 m di alluvioni. Nello zoccolo corrono 3

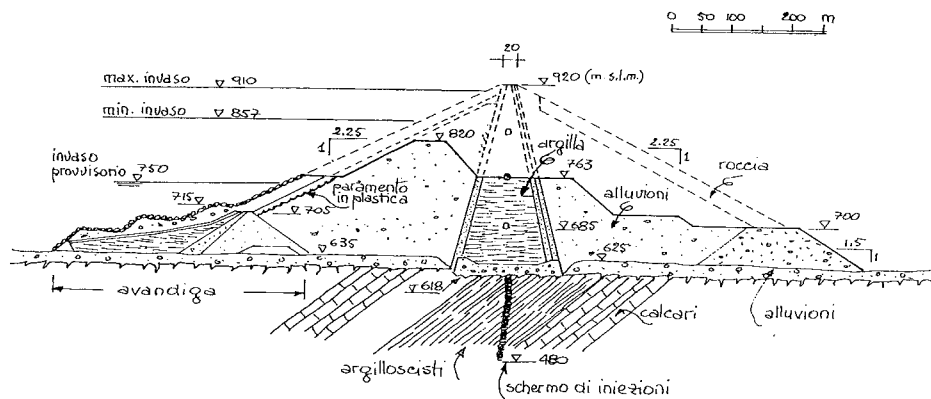


Fig. 1 - Diga di Nurek - Sezione tipo e stato di avanzamento della costruzione al febbraio 1975.

gallerie, circa parallele, distanti tra loro 40 m. La galleria centrale contorna tutto il nucleo e giunge fino in cresta mentre le due laterali non salgono oltre la quota 125. Lo schermo di iniezione viene eseguito dalla galleria centrale ed è profondo 140 m.

Il nucleo è simmetrico e in posizione centrale con pendenza dei parametri 0.25/1 e spessore superiore al 50 % del carico idraulico. Il materiale usato per il nucleo è detrito di falda formato da un 25 ÷ 30 % di pietrame misto ad argilla sabbiosa. Il pietrame contiene blocchi fino a 30 cm, e per la loro eliminazione è stato messo a punto un procedimento semplice ma molto efficace. Il materiale proveniente dalla cava in dumpers da 27 t viene scaricato in 4 punti alla sommità di una parete rocciosa quasi verticale alta 50 m. Si formano così 4 coni nei quali il materiale fino forma la parte più alta ed il pietrame il piede. Periodicamente lo scarico in testa a uno dei coni viene sospeso e il materiale del cono viene caricato selettivamente: prima il pietrame, che viene portato nei contronuclei, e poi la parte più fina che viene utilizzata nel nucleo. Nella parte più alta del cono il pietrame è meno del 10 % ed il diametro massimo delle pietre non supera i 15 cm. I coni vengono irrorati continuamente con un sistema di irrigatori sospesi, per portare il contenuto di acqua dell'argilla al livello voluto. Tra la bagnatura e l'utilizzo del nucleo, intercorre un utile periodo di stagionatura.

Con 4 coni da 2.500 m³ l'uno si riescono a produrre 5.000 m³/giorno di argilla per il nucleo.

L'argilla del nucleo contiene un 40 % di elementi inferiori ai 5 mm ed un 20 % di argilla (inferiore a 0.002 mm), ha un indice di plasticità PI = 13%, è messa in opera con contenuto d'acqua w = 9 ÷ 10 % e compattata in strati di 25 cm con 6 passate di rullo gommato da 75 t. Le densità ottenute nel nucleo variano tra 2.15 e 2.20

t/m³ ed il coefficiente di permeabilità è $K = 10^{-5} \div 10^{-6}$ cm/s.

Il nucleo è protetto sulla faccia di valle da due filtri successivi. Il primo filtro è formato da materiale di frantoio compreso tra 0 e 5 mm ed ha uno spessore di 6 m. Il secondo è formato da materiale di frantoio compreso tra 0 e 40 mm ed ha uno spessore variabile tra 6 e 10 m.

La faccia di monte del nucleo è protetta da un filtro formato di ghiaia e sabbia naturali comprese tra 0 e 40 mm ed ha spessore variabile tra 6 e 10 m. Nel tratto compreso tra gli invasi minimo e massimo, il filtro di monte è sdoppiato e identico ai filtri di valle.

I contronuclei, il cui volume somma a 38 milioni di m³, sono ottenuti con ghiaie e sabbie prelevate da terrazze alluvionali della Vaksh, a valle della diga. I materiali dei contronuclei sono scavati con 5 escavatori elettrici con benna da 4.6 m³ e trasportati con 180 dumpers da 17 t. La distanza di trasporto è di 7 km e la massima produzione raggiunta è stata di 30.000 m³/giorno. Le alluvioni dei contronuclei vengono poste in opera in strati di 1 m stesi con buldozer della classe D9 e compattati con 4 ÷ 6 passate di rullo pneumatico da 75 t.

I paramenti verranno protetti con uno strato di roccia spesso 10 m sul paramento di valle e 20 m sul paramento di monte. La roccia, per ora, è posta in opera solo al piede di valle, in strati di 1 m stesi con bulldozer, bagnati dopo la stesa con getti d'acqua e compattati con rulli vibranti da circa 9 t di peso statico.

La diga è tenuta sotto controllo con celle piezometriche a corda vibrante di progetto e produzione russa e con inclinometri pure di progetto e produzione russa provvisti di tubi guida metallici di diametro 300 mm.

Per il controllo degli assestamenti, e probabilmente per poter controllare il nucleo ed eventual-



Fig. 2 - Il rilevato diga in costruzione, visto da valle (febbraio 1975). Altezza del contronucleo \sim 205 m.

mente intervenire con iniezioni durante l'esercizio, vengono predisposte 3 gallerie in calcestruzzo armato che attraversano tutto il nucleo da spalla a spalla alle quote 685, 765 e 840 (la stessa soluzione adottata nella diga di Assuan in Egitto). Lungo queste gallerie è previsto di eseguire misure di assestamenti e spostamenti orizzontali con procedimenti e apparecchi topografici normali.

Un elemento di particolare interesse nella diga di Nurek è il cofferdam di monte alto 70 m. Esso è stato realizzato proiettando nel fiume una parte del materiale con uno sparo di 265 t di esplosivo che ha chiuso l'alveo con circa 250.000 m³ di alluvioni e argilla preventivamente accumulate sulla

riva destra. In una fase successiva il cofferdam è stato rialzato fino ad una altezza totale di 140 m prolungando il nucleo di argilla cui è affidata la tenuta fino alla quota 705, con una membrana plastica.

Nel febbraio 1975 la diga di Nurek ha raggiunto (Figura 2) quota 820 nel contro nucleo di monte, 765 nel nucleo, 725 nel contronucleo e 700 al piede di valle superando i 200 m di altezza. La parte di diga già costruita è stata parzialmente invasata fino a quota 750 ciò che ha permesso di iniziare a produrre energia sotto a un salto dell'ordine di 100 m. Saranno necessari ancora 4 o 5 anni di lavoro per terminare la più alta diga del mondo.

SUMMARY

Nurek earth dam above 200 m.

After some statistical data about the largest and highest dams existing or under construction in the world, Author reports some elements of Nurek, the highest dam in the world, actually under construction in USSR.

When completed, the earth dam will have a height of 302 m and a volume of 58 millions cubic meters. At the time of Author's visit (february 1975) the dam had reached 200 m and nearly half of the embankment volume.