

APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO DE ALICURA ARGENTINA

Perforazioni ed iniezioni
Drilling and grouting

Diaframmi plastici
Cut-off walls

Ancoraggi - Anchors



UBICAZIONE E CARATTERISTICHE

La diga di Alicura è situata sul fiume Limay che limita le provincie del Río Negro e Neuquen. Alicura dista approssimativamente 340 km da Neuquen a 110 km da San Carlos de Bariloche.

La diga è realizzata in terra e rockfill con nucleo centrale in argilla. L'opera di presa è collegata tramite quattro condotte forzate del diametro di 6,50 metri alla centrale idroelettrica con un dislivello di circa 120 metri. Il gruppo della centrale è costituito da quattro turbine tipo Francis che sviluppano una potenza di 250 MW ciascuna.

LOCATION AND CHARACTERISTICS

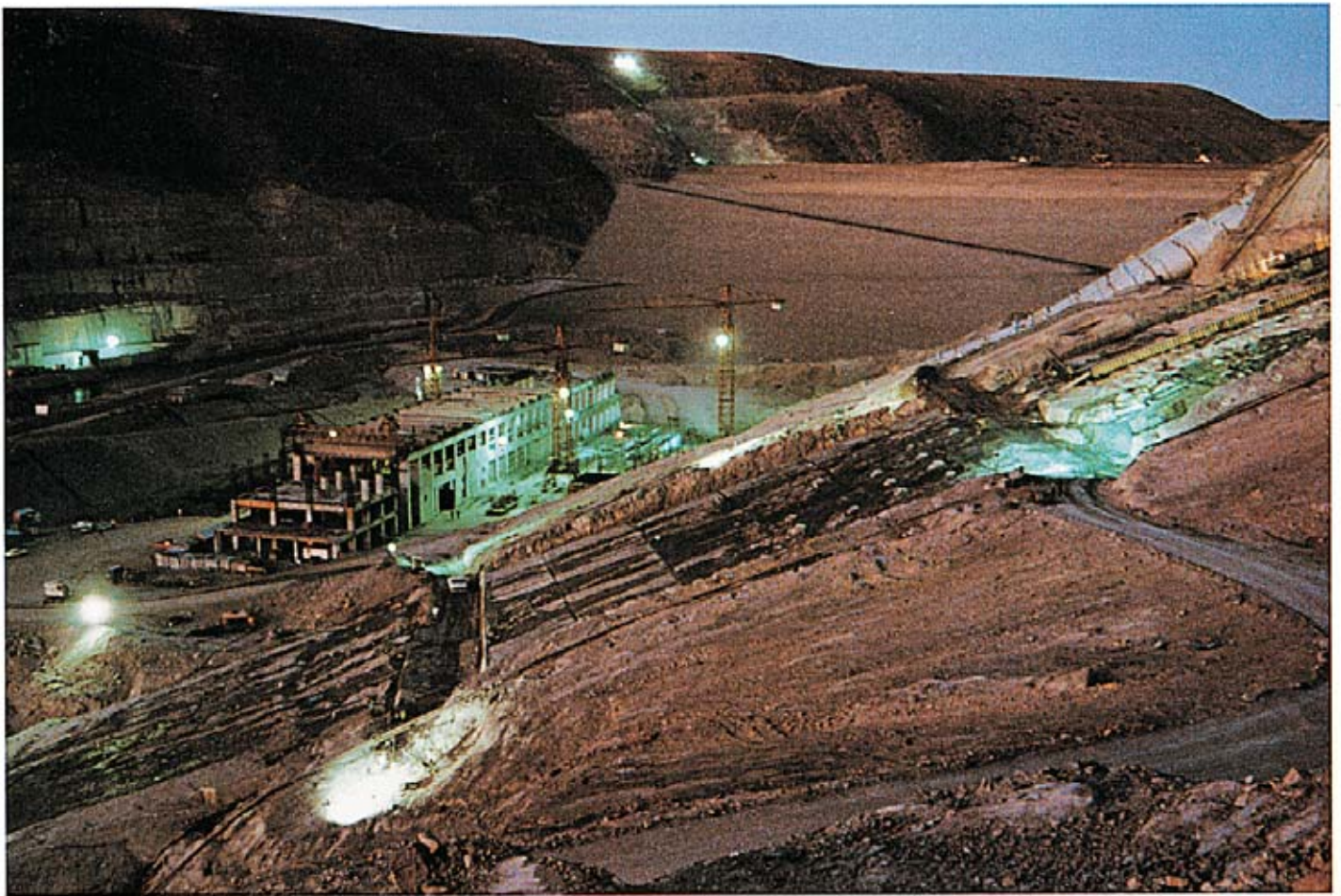
The Alicura dam is situated on the Limay river which borders the provinces of Río Negro and Neuquen. Alicura lies approximately 340 km from Neuquen and 110 km from San Carlos de Bariloche. The dam is an earth and rockfill construction with a central clay core. The intake structure is connected by four 6.5 m diameter penstocks to the hydroelectric power station, over a height difference of about 120 metres. The power plant consists of four Francis turbines, each developing an output of 250 MW.



Ente appaltante: Hidronor S.A. (Hidroelectrica Norpatagonia) Argentina
Ower:

Contrattista principale: Alicopa S.A. Argentina - Sponsor: Impregilo - Italia
Main contractor:

Durata dei lavori: Novembre 1979 - Dicembre 1984
Duration of project: November 1979 - December 1984



DESCRIZIONE DEI TERRENI

La roccia del luogo è attribuita al periodo Giurassico inferiore e consiste in una successione alternata di arenaria e argilliti-siltiti (pelite).

Le pelite presentano zone tagliate nei contatti con le arenarie dovute a movimenti tettonici antichi. Queste zone tagliate variano in spessore da pochi centimetri a più di 0,30 metri sebbene predominino spessori ridotti.

Esistono faglie di scarso spessore in genere ad inclinazione sub-orizzontale e quindi difficile da identificare e quindi difficili da ubicare con l'ausilio di sondaggi carotati a mezzo di sonde rotative. Una di queste, la faglia N. 1 molto importante per il progetto, si trova nella spalla sinistra, dividendo il massiccio roccioso in due blocchi, uno superiore con strati di inclinazione sub-orizzontale ed uno inferiore con strati di inclinazione verticale verso la valle del fiume. La faglia N. 1 attraversa anche le fondazioni della diga dove fu identificata durante lo scavo del nucleo e lo scavo della galleria di iniezione.

SOIL DESCRIPTION

The rock is attributed to the late Jurassic period and consists of an alternating sequence of sandstone and argillite-siltite (pelite).

The pelite presents sheared areas at the points of contact with the sandstone, due to ancient tectonic movements. These sheared areas vary in thickness from a few centimetres to more than 0.30 metres, though low densities predominate. The thin, generally sub-horizontal faults are hard to identify and therefore difficult to locate by means of core borings using rotary drill rigs. One of these, fault no. 1, of key importance for the project, is located on the left abutment, dividing the rock mass into two blocks, an upper block with subhorizontal sloping layers and a lower block with layers sloping vertically towards the river valley. Fault no. 1 also traverses the dam foundations, where it was identified during the excavation of the core and the grouting tunnel.



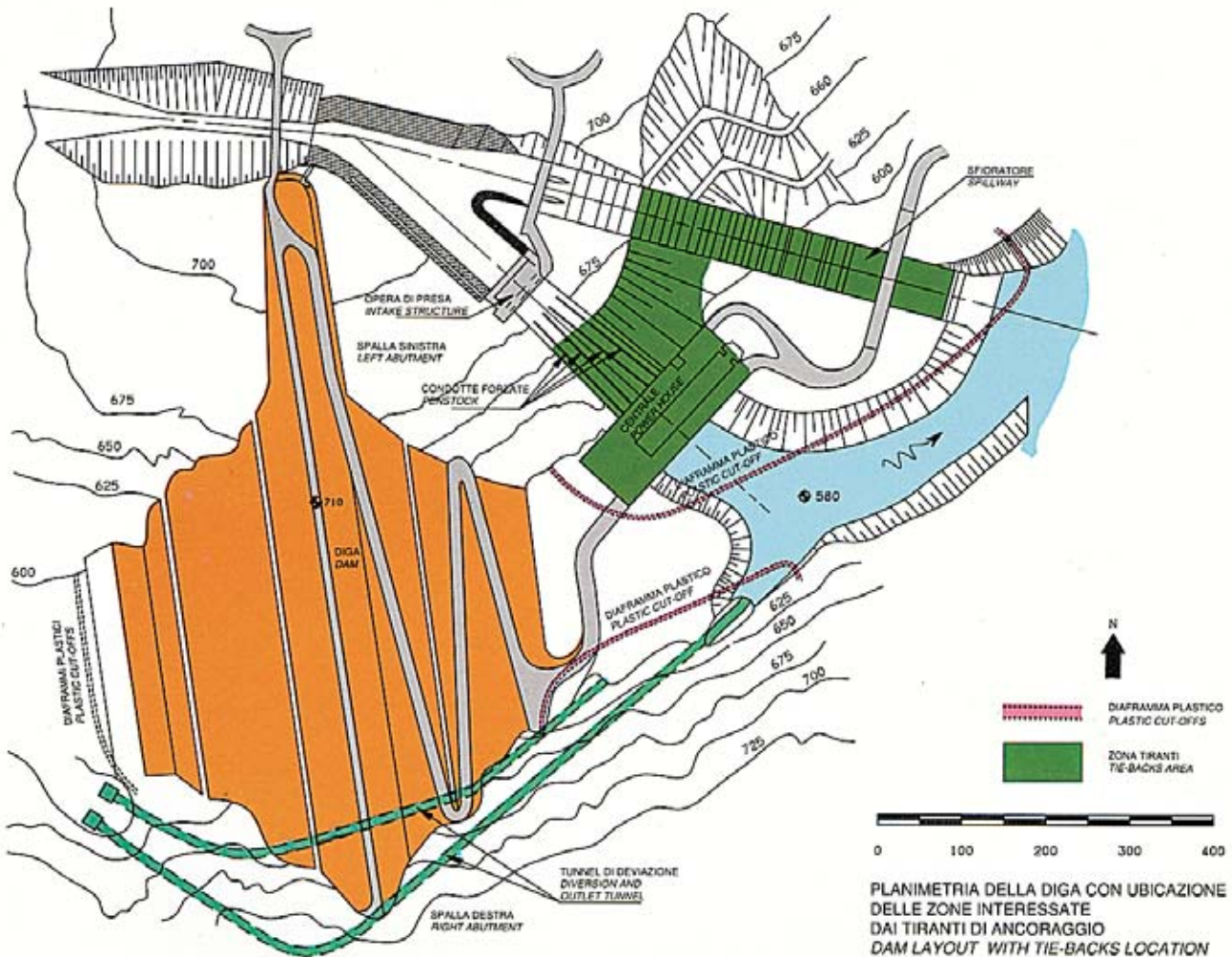


Fig. 1

CARATTERISTICHE TECNICHE

Diga

in terra con nucleo in argilla

Volume di terra	: m ³	12.500.000
Altezza massima	: m	120
Lunghezza al coronamento	: m	850

Sfioratore

Volume di calcestruzzo	: m ³	167.150
Lunghezza	: m	300
Larghezza	: m	39
Pendenza	: %	35%
Portata	: m ³ /s	3000

Opera di presa

Volume di calcestruzzo	: m ³	81.200
Altezza	: m	43
Lunghezza	: m	60

Condotte forzate N.4

Diametro	: m	6,50
Lunghezza condotta	: m	210
Pendenza	: %	33%

Centrale idroelettrica

Lunghezza	: m	158
Larghezza	: m	20
N. 4 gruppi turbine 250 MW	: MW	1000
portata max turbine	: m ³ /s	240

Elementi idrologici

Portata media Limay	: m ³ /s	261
Portata max	: m ³ /s	3000
Invaso (area inondata)	: km ²	6980

SPECIFICATIONS

Dam

earthfill, with clay core

Soil volume	: 12,500,000	cu m
Maximum height	: 120	m
Crest length	: 850	m

Spillway

Volume of concrete	: 167,150	cu m
Length	: 300	m
Width	: 39	m
Slope	: 35%	
Maximum flow	: 3000	cu m

Intake structure

Volume of concrete	: 81,200	cu m
Height	: 43	m
Length	: 60	m

Penstock no.4

Pipe diameter	: 6.50	m
Pipe length	: 210	m
Slope	: 33%	

Hydroelectric power station

Length	: 158	m
Width	: 20	m
No. 4 250 MW turbines	: 1000	MW
Max. turbine flowrate	: 240	cu m

Hydrological data

Limay mean flowrate	: 261	cu m
Max flowrate	: 3000	cu m
Reservoir (flooded area)	: 6980	sq km

LAVORI ESEGUITI

I lavori eseguiti dalla Trevi per la diga di Alicura possono essere riassunti così:

- Diaframmi plastici 800 mm profondità massima 35 m	: m ²	16.400
- Perforazioni a rotazione con recupero di campioni	: m	1.340
- Tiranti di ancoraggio	: m	48.070
- Posa e tesatura tiranti di ancoraggio da 60 a 100 ton	: n.	1.560
- Pozzi di alivio (diam. 135 e 250 mm)	: m	4.890 (n. 281)
- Perforazioni per le iniezioni di consolidamento e cortina:		
- da galleria	: m	17.560
- da cielo aperto	: m	13.900
- Cemento per iniezioni di consolidamento e cortina	: ton	1.405
- Iniezioni di contatto	: ton	3.260
- Perforazione per dreni sub-orizzontali	: m	37.760
- Perforazione per posa strumentazioni e monitoraggio	: m	6.850


WORKS PERFORMED


The works undertaken by TREVI on the Alicura Dam project may be summarized as follows:

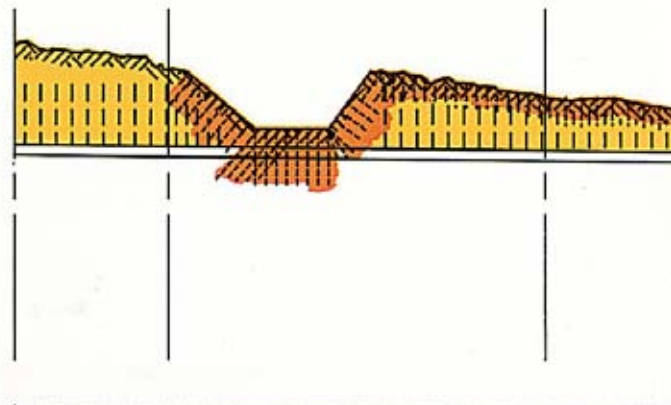
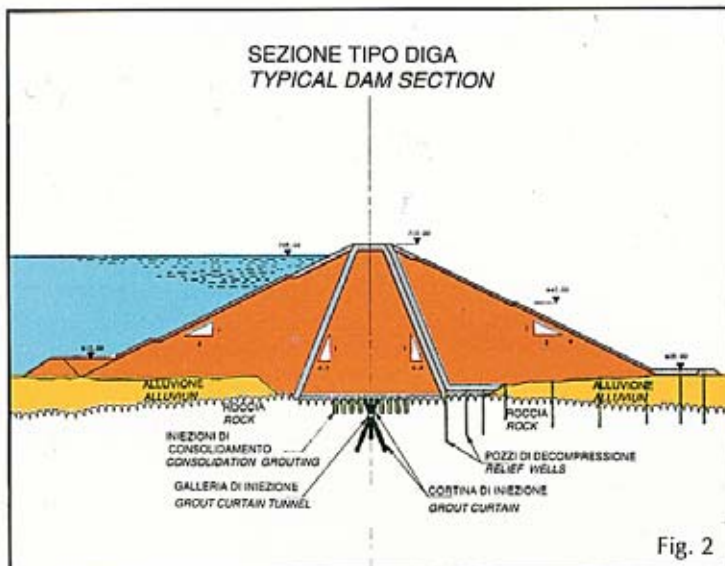
- Plastic cut-off, thickness 800 mm max depth 35 m	: 16,400	sq m
- Core sample drillings	: 1,340	m
- Anchoring tie-backs	: 48,070	m
- Laying and tensioning of 60 to 100 ton tie-backs	: no. 1,560	
- Relief wells (dia. 135 e 250 mm)	: 4,890 m (n. 281)	
- Drilling for consolidation grouting and grout curtain:		
- from tunnel	: 17,560	m
- from surface	: 13,900	m
- Cement grouting for consolidation and grout curtain	: 1,405	tons
- Contact grouting	: 3,260	tons
- Drilling for drainage holes	: 37,760	m
- Drilling for installation of instruments and various monitoring equipment	: 6,850	m



Costruzione diaframma plastico
Construction of plastic cut-off

 CORTINA DI INIEZIONE
DA CIELO APERTO
GROUT CURTAIN FROM SURFACE

 CORTINA DI INIEZIONE
DA GALLERIA
GROUT CURTAIN FROM TUNNEL





Costruzione pozzi di alivio
Construction of relief wells

DIAFRAMMA PLASTICO

Si sono costruiti tre diaframmi plastici per impermeabilizzare varie zone di lavoro. Nella figura 1 illustrata è indicata l'ubicazione dei diaframmi.

I diaframmi plastici si sono eseguiti a pannelli di spessore 80 cm e larghi da 2,55 a 2,65 m per una profondità massima di 35 metri. Lo scavo dei diaframmi è avvenuto mediante l'uso di kelly Soilmec BPH/N e BPH/S applicati a gru cingolate.

PLASTIC CUT-OFF

Three plastic cut-offs were installed to seal off various work areas. Figure 1 shows the location of the cut-offs. The plastic cut-offs consist of panels measuring 80 cm in thickness and 2.55 - 2.65 m in width, reaching a maximum depth of 35 metres.

The excavation of the diaphragm walls was performed by Soilmec BPH/N and BPH/S kellys mounted on crawler cranes.

POZZI DI ALIVIO

Per abbattere le sovrappressioni nella fondazione della diga, si è eseguita una serie di pozzi di alivio.

Nella figura 2 è illustrata una sezione tipica del sistema drenante. Le perforazioni sono state eseguite con rotopercussione con martello fondo foro nei diametri compresi fra 135 e 250 mm. Nei pozzi sono stati installati tubi fessurati in pvc del diametro di 90 mm protetti con geotessili.

Le perforazioni sono state eseguite mediante una Soilmec EC30 con due rotary idrauliche HY21 (per movimentare le aste) e HY41 (per movimentare il rivestimento), montata su gru cingolata.

RELIEF WELLS

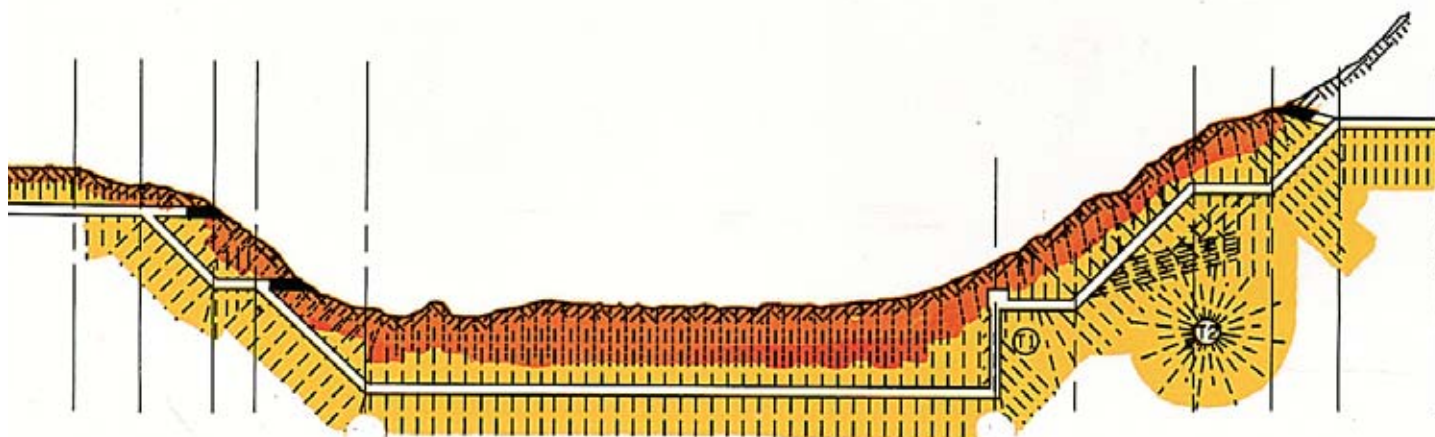
To eliminate excess pressure in the dam foundations, a series of relief wells was installed.

Figure 2 shows a typical section of the drainage system. The holes were made by means of rotopercussion with down-the-hole hammer, ranging from 135 to 250 mm in diameter. Perforated PVC pipes measuring 90 mm in diameter and protected by geotextiles were installed in the wells.

The holes were made by a crawler crane fitted with a Soilmec EC30 leader and two hydraulic rotary tables, the HY21 to manoeuvre kelly and the HY41 to manoeuvre the casing.

SEZIONE LONGITUDINALE CORTINA DI INIEZIONE
LONGITUDINAL SECTION ALONG THE GROUT CURTAIN TUNNEL

Fig. 3



INIEZIONI DI CONSOLIDAMENTO E CORTINA

Al di sotto del nucleo di argilla della diga, si è realizzata la cortina di consolidamento ed impermeabilizzazione tramite perforazioni a rotopercolazione del diam. 85 cm eseguite da cielo aperto e da galleria.

Nella figura 3 è illustrata la sezione longitudinale della cortina di iniezione.

La profondità delle perforazioni della galleria sotto la diga è stata di 36 metri.

La cortina è costituita da 3 linee di fori (una verso valle, la seconda al centro e l'ultima verso monte).

Attrezzature di perforazione SM 305, sono state impegnate con successo in tutte le fasi di perforazione, mentre per le operazioni di iniezione sono stati utilizzati impianti automatici sia centralizzati che mobili.

CONSOLIDATION GROUTING AND GROUT CURTAIN

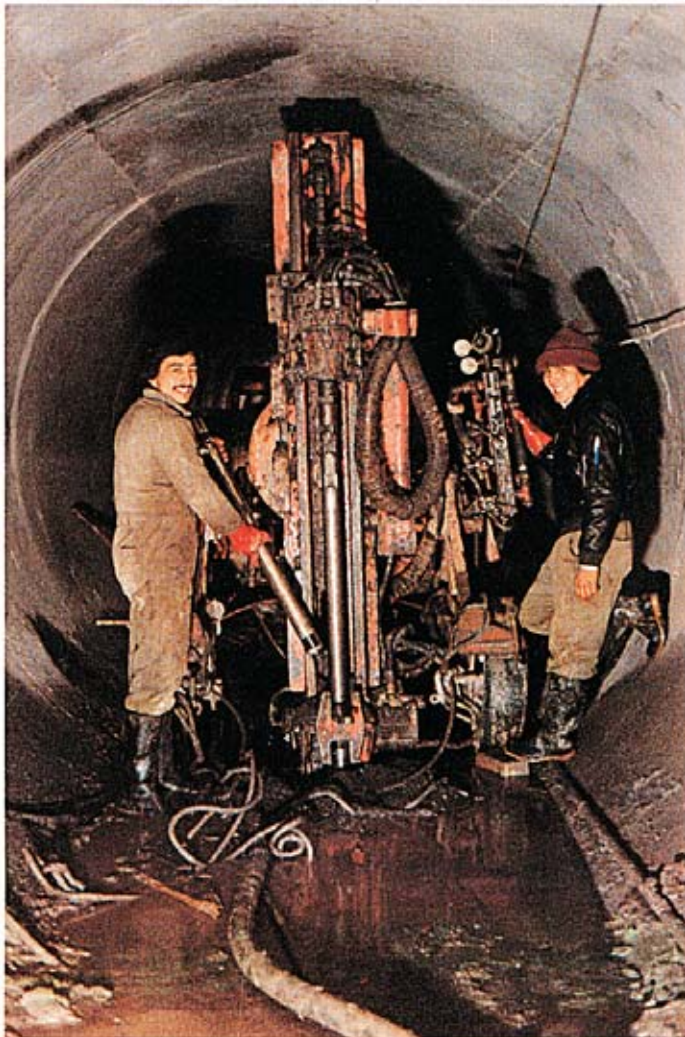
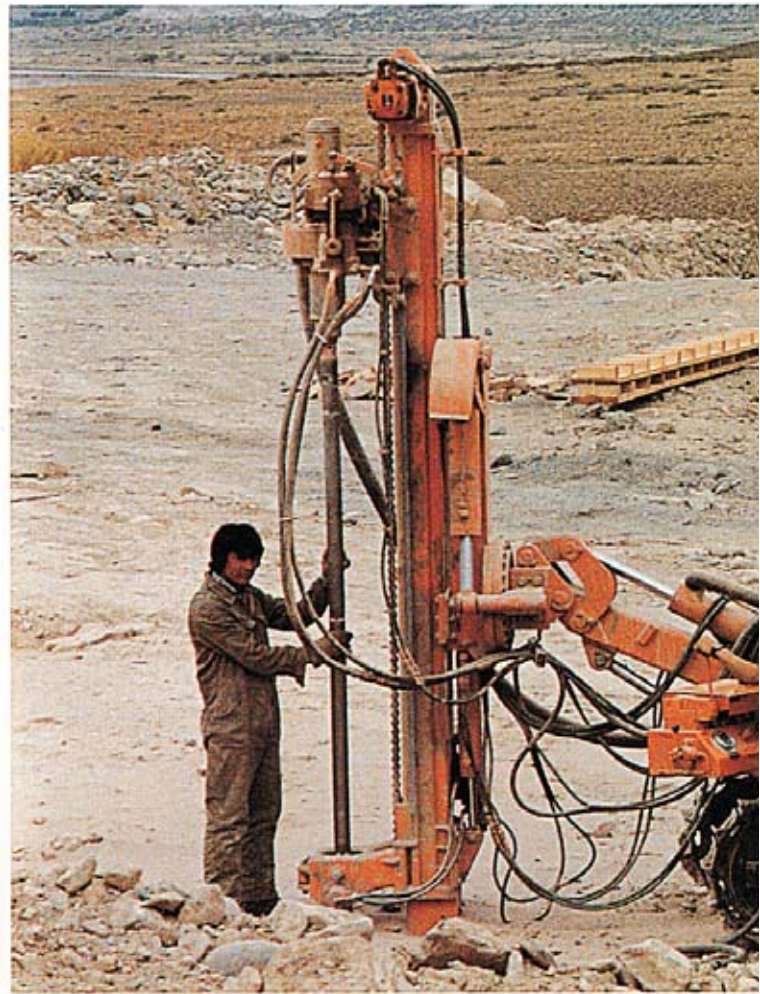
An impervious consolidation grout curtain was installed beneath the clay core of the dam by means of 85 cm dia holes performed both at ground level and from the tunnel.

Figure 3 shows the longitudinal section of the grout curtain.

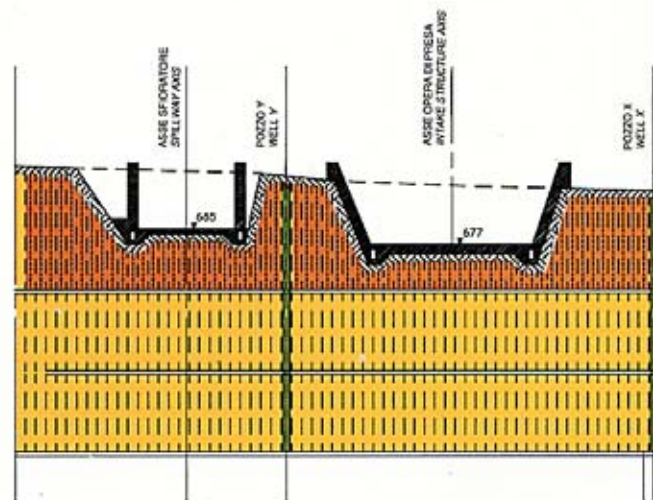
The depth of the holes drilled from the tunnel below the dam was 36 metres.

The grout curtain consisted of 3 lines of holes (one downstream, one the centre and the third upstream).

SM 305 drills have been successfully upstream used for all drilling operations together with automatic, centralized and mobile grout units for grouting operations.



SEZIONE LONGITUDINALE DELLA CORTINA
LONGITUDINAL SECTION OF DRAINAGE CURTAIN





TIRANTI DI ANCORAGGIO

In spalla sinistra, zona della faglia 1 (entro la diga e lo sfioratore), per stabilizzare la fondazione si sono installati 1560 tiranti da 60 e 100 ton di capacità suddivisi nelle varie opere:

- centrale
- condotta forzata
- sfioratore
- scarpata fra le condotte e lo sfioratore

Nella figura 1 sono illustrate le varie zone interessate all'ancoraggio tramite tiranti. Le perforazioni si sono eseguite a rotopercussione con martello fondo foro di vari diametri (106, 120, 135 mm) a secondo del tipo di tirante, fino ad una profondità massima di 50 metri.

ANCHORING TIE-BACKS

On the left abutment, in the fault no. 1 area (between the dam and the spillway), 1560 tie backs of 60 and 100 ton capacity were installed in order to stabilize the foundations. The anchors were distributed among the various structures, namely:

- generating plant
- penstock
- spillway
- embankment between penstocks and spillway

Figure 1 shows the various areas involved in the tie-back anchoring system. The holes were made by means of rotopercussion with down-the-hole hammer of various diameters (106, 120, 135 mm) according to the type of tie-back, to a maximum depth of 50 metres.

GA DI DRENAGGIO IN SPALLA SINISTRA
CURTAIN IN LEFT ABUTMENT

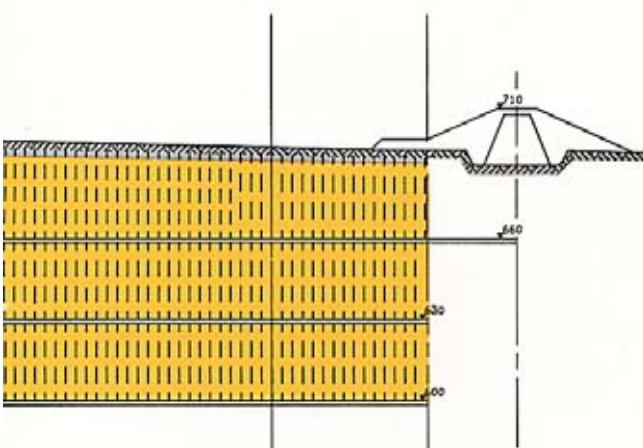


Fig. 4



DRENI

Per stabilizzare le spalle sinistre e le strutture ubicate in esse, è stato eseguito un sistema di galleria come è illustrato nella figura 4.

La lunghezza totale delle gallerie di drenaggio è di circa 5.500 metri. Fra le varie gallerie si è realizzata una vera e propria cortina di drenaggio mediante fori eseguiti a rotopercussione con diametri variabili fra 85 e 106 mm, ed una profondità di 90 metri (vedi figura 5).

DRAINS

In order to stabilize the left abutments and the structures located on them, a tunnel system was created, as shown in Figure 4.

The tunnels extend over a total length of approximately 5,500 metres.

Between the various tunnels an actual drainage curtain was installed by means of holes made by rotopercussion, ranging in diameter from 85 to 106 mm and reaching a maximum depth of 90 metres (see Figure 5).

STRUMENTAZIONI

È stata installata una quantità rilevante di strumenti per le misure e il controllo del comportamento della diga durante la costruzione e dopo.

La maggior parte degli strumenti necessita una perforazione eseguita con molta accuratezza e precisione.

Le perforazioni sono state eseguite a rotopercolazione con martello fondo foro con diametri variabili da 85 a 135 cm.

Alcuni tipi di strumenti posizionati sono:

- piezometri elettrici e pneumatici
- estensimetri
- inclinometri

INSTRUMENTS

A number of instruments were installed to measure and check the behaviour of the dam during and after construction.

Most of the instruments demanded the meticulous execution of holes to a high degree of precision.

Rotopercolation with down-the-hole hammer was used for this purpose, with diameters ranging from 85 to 135 cm.

The instruments installed included:

- electric and pneumatic piezometers
- strain gauges
- inclinometers.

