

KHAO LAEM DAM

THAILAND



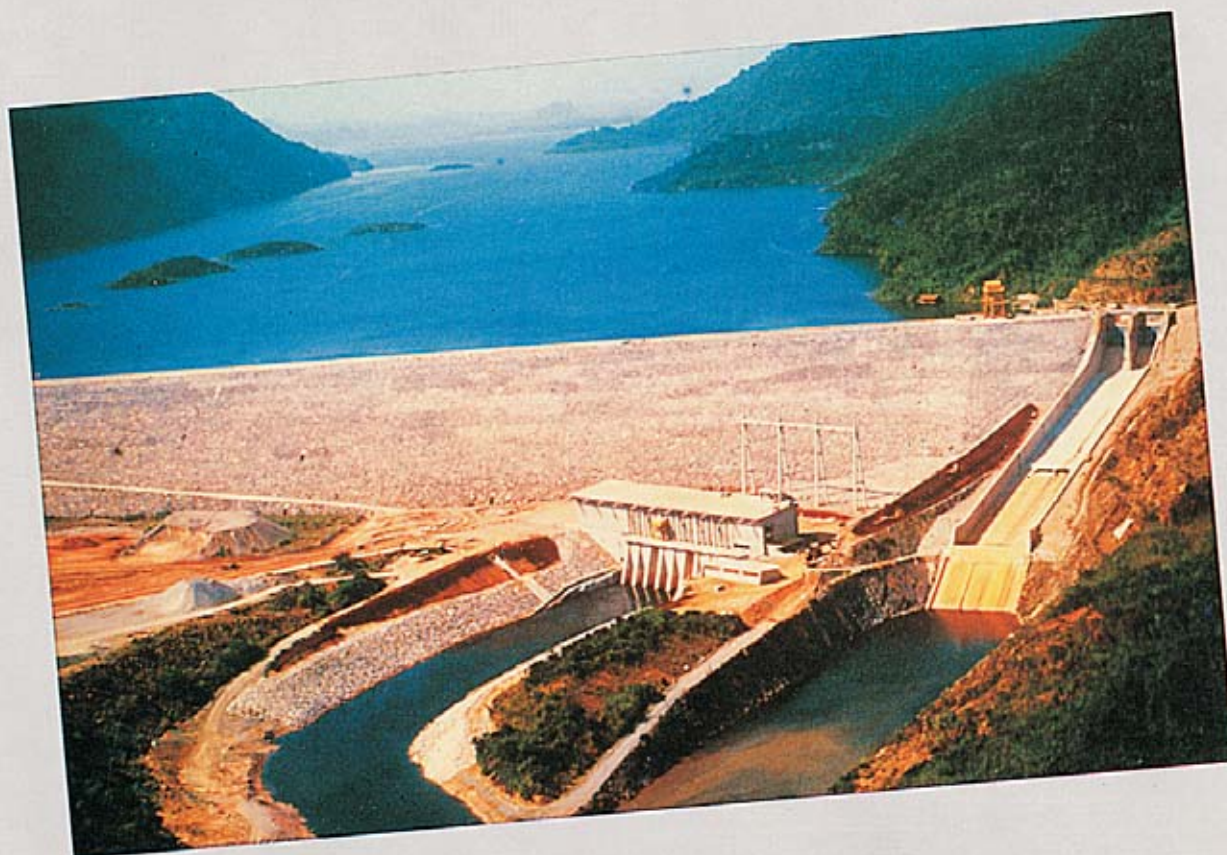
jet grouting



diaphragm walls



injections



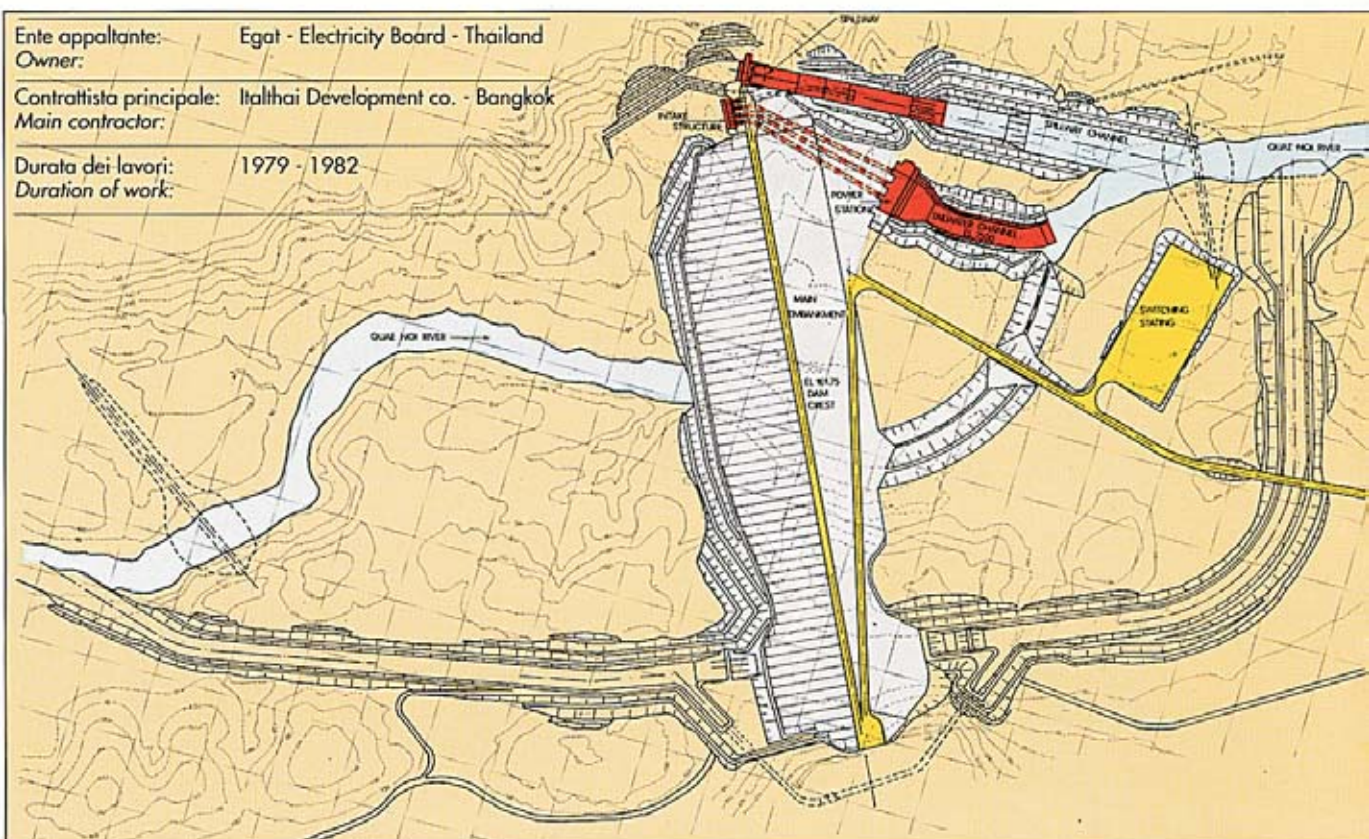
TREVII



TECHNICAL REFERENCES

KHAO LAEM DAM

Ente appaltante: Egat - Electricity Board - Thailand
Owner:
Contrattista principale: Italthai Development co. - Bangkok
Main contractor:
Durata dei lavori: 1979 - 1982
Duration of work:



UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA

Allo scopo di ridurre la sua dipendenza dall'importazione di petrolio, la Thailandia sta portando avanti un programma per un migliore sfruttamento delle sue risorse idriche. Fa parte di questo ambizioso programma la costruzione della diga di Khao-Laem. L'opera è situata sul fiume Quae Noi, approssimativamente a 290 km da Bangkok, nella Thailandia occidentale e nelle vicinanze del confine birmano. La diga del Khao-Laem è stata progettata e disegnata dalla «Snowy Mountains Engineering Corporation» (SMEC) australiana ed il progetto comprende la costruzione di una diga con rivestimento in calcestruzzo alta 90 m e lunga 1000 m alla sua sommità. L'energia elettrica verrà erogata da una centrale situata alla base della diga e composta di 3 unità da 1000 MW ciascuna.

Oltre all'elettricità è assicurata, ad una vasta area del Paese, la fornitura di acqua per irrigazione. Esecutivamente l'opera è stata divisa in due contratti principali: il primo (C2) per le costruzioni delle gallerie di spalla destra ed il secondo (C3), per la costruzione della diga stessa, della centrale elettrica ed opere complementari. Per le opere specializzate, il contratto per i lavori di perforazione ed iniezione relativi al C2 è stato appaltato alla TREVI, mentre i lavori di costruzione del diaframma e perforazioni ed iniezioni relativi al C3 sono stati appaltati alla TREVI-RODIO J.V.

LOCATION AND CHARACTERISTICS

In order to reduce its dependence on oil importation, Thailand is carrying on a program to better exploit its water resources. Part of this ambitious program is the construction of Khao-Laem Dam which is located on the Quae Noi River, approximately 290 Km from Bangkok, in western Thailand, close to the Burmese border. The Khao-Laem Dam has been planned and designed by the Snowy Mountains Engineering Corporation of Australia (SMEC) and the project involves the construction of a 90 m high concrete faced dam, 1000 m long at its crest. Electric power will be supplied by a generating station consisting of three 1000 MW units located at the base of the dam.

In addition to generation of electricity, supply of water for irrigation is assured for a vast area of the country.

The project was divided into two main Contracts: the first (C2) consisted in the construction of tunnels in the right abutment of the dam and the second (C3) in the construction of the dam itself, the generation station and associated works. As for specialised works, the contract for the execution of drilling and grouting works relative to C2 were awarded to TREVI, while the construction of the diaphragm wall and drillings and grouting works relative to C3 were assigned to the TREVI-RODIO Joint Venture.



DESCRIZIONE DEI TERRENI

La difficoltà principale nella costruzione della diga del Khao-Laem era dovuta al tipo di roccia calcarea con caratteristiche carsiche, risultato di un naturale processo di scioglimento che causa la formazione di cavità profonde e fessurazioni. La durezza della roccia esaminata, ha mostrato, nella maggior parte delle prove, una resistenza alla compressione laterale libera superiore ai 1000 Kg/cm², con un limite massimo di 1600 Kg/cm².

I sondaggi preliminari eseguiti al Khao-Laem hanno mostrato condizioni rocciose accettabili nella spalla sinistra, mentre le aree centrali riguardanti il corpo principale della diga e la spalla destra sono risultate composte da rocce che mostrano i difetti delle formazioni carsiche e quindi con innumerevoli cavità profonde fino a 50 m dal letto del fiume.

SOIL DESCRIPTION

The main difficulty in building Khao-Laem Dam was due to the type of rock - i.e. calcareous limestone with karst characteristics - due to a natural solvent process which causes the formation of deep cavities and fissures.

The hardness of the examined rock showed, in most of the tests, an uniaxial compression strength greater than 1000 Kg/cm², with a maximum limit of 1600 Kg/cm².

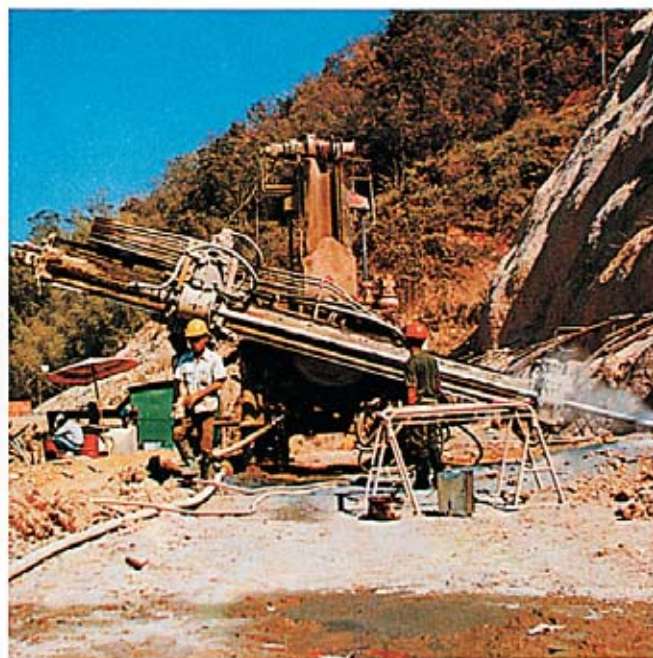
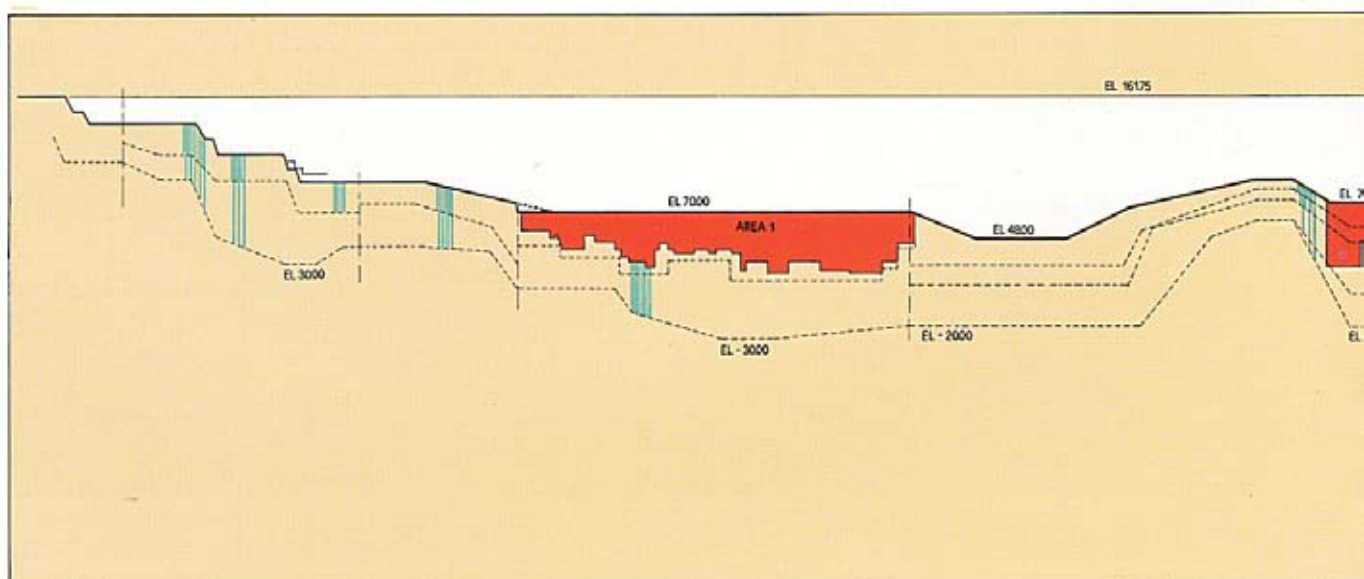
Preliminary rock investigations at Khao-Laem showed acceptable rock conditions in the left abutment, while central areas of the foundation for the main body of the dam and the right abutment resulted to be composed of rock exhibiting the faults of karst formations, with cavities reaching up to 50 m depth from the riverbed.

METODOLOGIE DI CONSOLIDAMENTO E IMPERMEABILIZZAZIONE

Sono state previste due metodologie per assicurare che i materiali di fondazione sotto la diga, divenissero impermeabili: dove erano presenti cavità in profondità veniva costruito un diaframma in roccia usando il metodo dei pali sovrapposti; mentre in altre aree dove la roccia presentava fessurazioni, sono state impiegate le tecniche convenzionali di perforazione ed iniezione allo scopo di ottenere uno schermo impermeabile per una profondità di circa 100 metri al di sotto della fondazione della diga. La spalla destra è un muro di roccia, quasi verticale, con cavità carsiche. Il progetto prevedeva lo scavo di sei tunnel di 3 m di diametro, addentrati nella roccia della spalla destra. Questi tunnel sono stati tutti scavati sullo stesso asse verticale e i lavori di perforazione ed iniezione sono stati eseguiti sia fra tunnel e tunnel, sia al di sotto del tunnel più profondo al fine di garantire l'impermeabilità della spalla.

CONSOLIDATION AND IMPERMEABILIZATION METHODS

Two methods were used to ensure the impermeableness of the foundation materials below the dam: where cavities were present, a diaphragm wall in rock was constructed, by means of the overlapping pile method; where, in other areas, rock formations presented fissures, conventional techniques of drilling and grouting were used in order to obtain an impermeable shield up to a depth of 100 m below the dam foundation. The right abutment is an almost vertical rock wall with karst cavities. The project required the excavation of six tunnels, 3 m diameter each, penetrating the rock of the right abutment. These tunnels were all excavated on the same vertical axis, and drilling and grouting works were carried out between tunnels and beneath the lowest tunnel, to ensure the impermeableness of the abutment.



C-3 DIAFRAMMA IN ROCCIA

Per l'esecuzione del diaframma in roccia, TREVI ha utilizzato il metodo dei pali sovrapposti eseguiti alla profondità max. di 55 m impiegando una macchina di nuova concezione chiamata SUPERDRILL.

Il diaframma a pali sovrapposti per la diga di Khao-Laem, è stato eseguito perforando prima i pali primari, diametro 760 mm, e ponendoli ad un interasse di 1.230 mm; dopo che i pali primari erano stati perforati e gettati con calcestruzzo, i pali secondari potevano essere perforati sovrapponendoli parzialmente ai precedenti, così da formare una parte continua con uno spessore massimo di 800 mm ed uno spessore minimo di circa 480 mm. In caso si fossero incontrate delle cavità durante la perforazione, questa doveva immediatamente essere sospesa e le aste di perforazione estratte per consentire la pulizia della cavità e il successivo riempimento con calcestruzzo. Sono state impiegate con successo diverse tecnologie per la pulizia e svuotamenti delle cavità presenti nel calcare carsico; è bene considerare che il volume delle cavità era estremamente variabile (da 1,5 a 800 m³), e quindi anche le tecnologie di pulizia variavano considerevolmente.

C3- DIAPHRAGM WALL IN ROCK

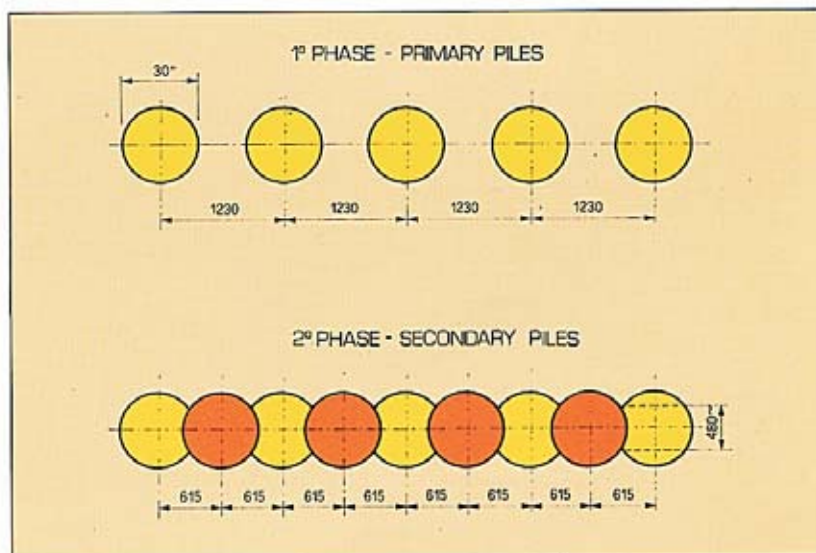
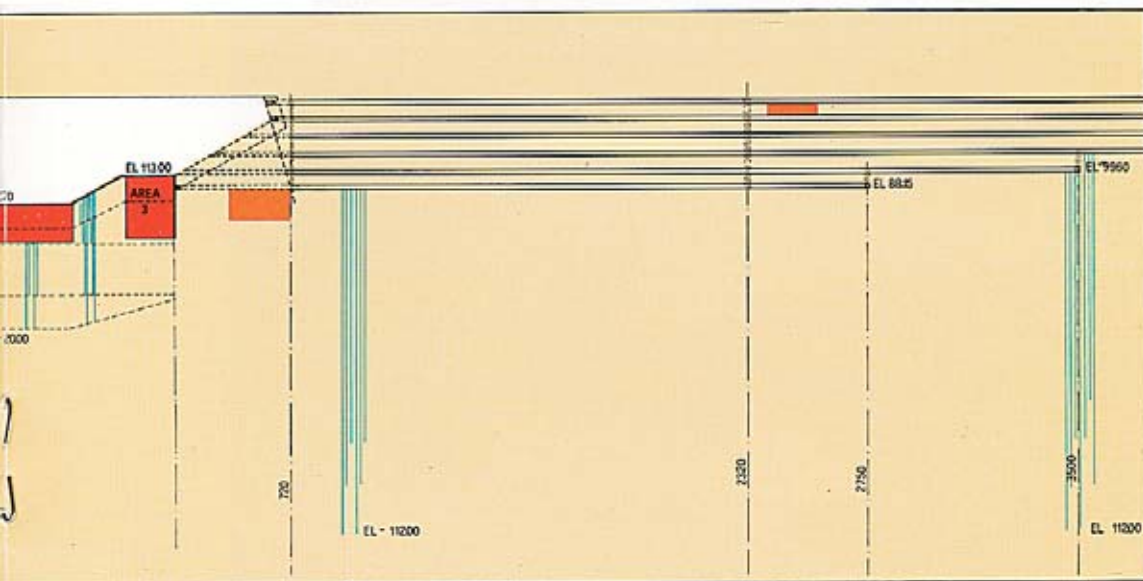
To execute the diaphragm wall in rock TREVI used the overlapping pile method, performed at a max. depth of 55 m, employing a newly developed machine called SUPERDRILL.

The overlapping pile diaphragm wall for Khao-Laem Dam performed by drilling, first, the primary piles, 760 mm in diameter, and at 1230 mm centre to centre distance.

Once the two adjacent primary piles were drilled and concreted, the overlapping secondary piles were drilled and driven so that, when the whole area was completed, the diaphragm wall was thick about 800 mm maximum and 480 mm minimum.

Should a cavity be encountered during drilling, working was stopped immediately and the drill rods were pulled out to allow the cleaning of the cavity and its following filling with concrete.

Several technologies have been successfully applied in order to clean and to remove the earth from the cavities in the calcareous limestone. It must be considered that the cavities volume was extremely variable (from 1.5 to 800 m³) and, consequently, cleaning technologies varied considerably.



C3 - INIEZIONI

Contemporaneamente all'esecuzione dei diaframmi, è stato eseguito un trattamento esteso di perforazione ed iniezioni dalla spalla sinistra al fondo della spalla destra. Il trattamento ha interessato tutta la linea del plinto, le strutture poggianti sulla roccia e la base dello schermo di calcestruzzo.

Sono stati impiegati diversi metodi di perforazione a causa delle particolari condizioni della roccia. In rocce tenere, friabili ed in aree di cavità, sono stati infissi dei tubi-forma temporanei per sorreggere le pareti dei fori e la perforazione è stata eseguita con una attrezzatura equipaggiata con un top-hammer.

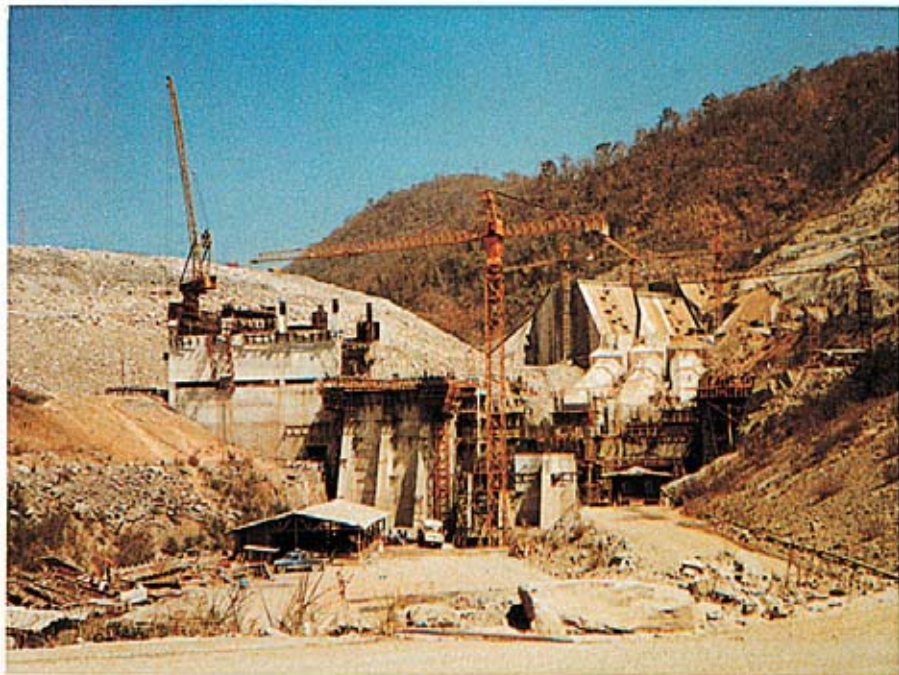
In fori più profondi, sia verticali che inclinati, la perforazione è stata eseguita per mezzo di un martello fondo foro fino alla profondità di 100 m. L'ammontare totale di perforazione ha raggiunto i 170.000 m; ogni foro è stato iniettato con miscele binarie, ternarie e/o silicati dipendentemente dalle caratteristiche del terreno da trattare. Il trattamento completo di consolidamento e schermo impermeabile ha comportato altri 300.000 m di perforazione e successiva iniezione.

C3 - GROUTING

Contemporaneamente con l'esecuzione di diaphragm walls, an extensive treatment of drilling and grouting was carried out from the left abutment to the bottom of the right abutment. This treatment covered the plinth line, the structure lying on the rock and the base of the concrete shield.

Due to the particular geological configuration, different drilling methods have been employed. In soft, friable rocks and in cavity areas temporary casing were driven to support the walls of the holes and drilling was carried out by a top-hammer equipped rig.

In deeper holes, both vertical and inclined, drilling was performed by means of a down-the-hole hammer to a 100 m depth. The total quantity of executed drilling amounted to 170.000 m; each hole was grouted with water-cement or water-cement-bentonite mixtures and/or silicates according to the kind of soil to be drilled. The complete consolidation treatment and the impermeable shield have involved other 300.000 m drilling and subsequent grouting.



C2 - GALLERIE

Durante il Marzo 1980 sono iniziati gli scavi delle sei gallerie, nella spalla destra della diga, per permettere l'esecuzione delle perforazioni ed iniezioni di impermeabilizzazione.

La lunghezza massima di una galleria è di 3.900 m e la lunghezza totale di scavo per le 6 gallerie raggiunge i 22 km.

La distanza delle gallerie lungo l'asse verticale è di 10 m.

La necessità di scavare le gallerie derivava dal fatto che la roccia aveva caratteristiche carsiche, quindi con cavità e strati estremamente fessurati e permeabili.

Durante lo scavo delle gallerie e le seguenti perforazioni, venivano localizzate le cavità e gli strati fessurati allo scopo di permettere un adeguato riempimento e trattamento.

Originalmente le perforazioni e le iniezioni erano previste tutto attorno all'arco delle gallerie, con fori radiali di collegamento fra le gallerie e fino a 100 m di profondità sotto la galleria «F». Il cantiere era dotato di unità di perforazione SOILMEC equipaggiate con diversi sistemi.

Dove si sono riscontrate rocce altamente frantumate e vaste cavità con argilla e detriti rocciosi, invece di singoli fori, è stato eseguito un «mini» diaframma, avente le stesse caratteristiche esecutive di quello previsto per il contratto C3.

In questo caso il diametro dei fori era di 300 mm mentre la profondità massima era di 15 m; anche qui, prima di porre in opera il calcestruzzo, i fori venivano lavati con getti d'acqua ad alta pressione. In queste condizioni sono stati perforati circa 6.000 m lineari di roccia, impiegando una speciale attrezzatura SM-305, attrezzata con un martello fondo foro e bit da 12".



C2 - TUNNELS

During March 1980, the excavation of six grouting tunnels in the right abutment of the dam began, in order to allow the execution of drillings and groutings.

The max. length of a tunnel is 3.9 Km and the total excavated length of the six tunnels reaches 22 Km.

The distance between the galleries along the vertical axis is 10 m.

During excavation and subsequent drilling of tunnels, cavities had to be detected in order to allow proper filling and treatment.

Originally drilling and grouting were foreseen all around the arch of the tunnels, with radial holes connecting the tunnels, reaching 100 m depth below tunnel «F».

The job-site had been provided with SOILMEC drilling rigs equipped with several systems.

Where highly fractured rock and large cavities with clay and rock debris were discovered, a «mini» cut-off wall was performed instead of single holes, having the same executive features as those foreseen for C3.

In this case the diameter of the holes was 300 mm, while the max. depth reached was 15 m; prior to the concreting, the holes were washed with water jets.

Approximately 6,000 lm holes were drilled, using a special rig SM-305 equipped with a down-the-hole hammer and a 12" bit.

