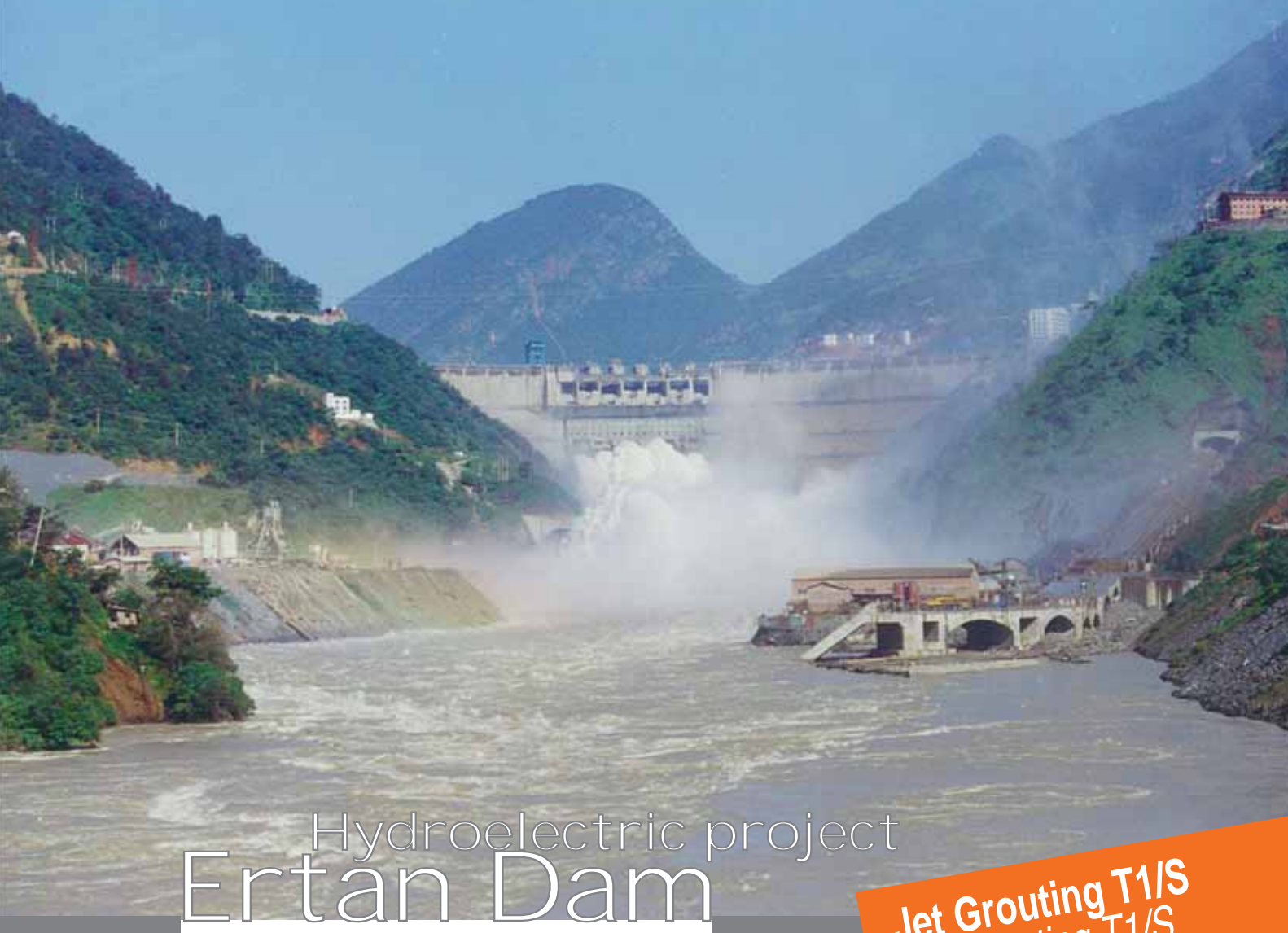


worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE



Hydroelectric project Ertan Dam

Sichuan Province - P.R.CHINA

Jet Grouting T1/S
Jet Grouting T1/S

Sondaggi
Soil investigation

Drilling & Grouting
Drilling e Grouting



Cliente:
Owner:

Ertan Hydroelectric Develop. Corp. (P.R.China)

Contrattista principale:
Main Contractor:

ERTAN JOINT VENTURE

Durata dei lavori:
Duration of work:

1993 - 1994 (Lot A)

1994 - 1998 (Lot B)

Introduzione

Il progetto Idroelettrico di Ertan e' uno dei piu' importanti progetti eseguiti dalla Trevi negli ultimi tempi ed e' situato sul fiume Yalong, nel sud della Cina (Provincia del Sichuan).

La centrale elettrica sotterranea ospita 6 generatori, in grado di produrre 3.300 MW di energia.

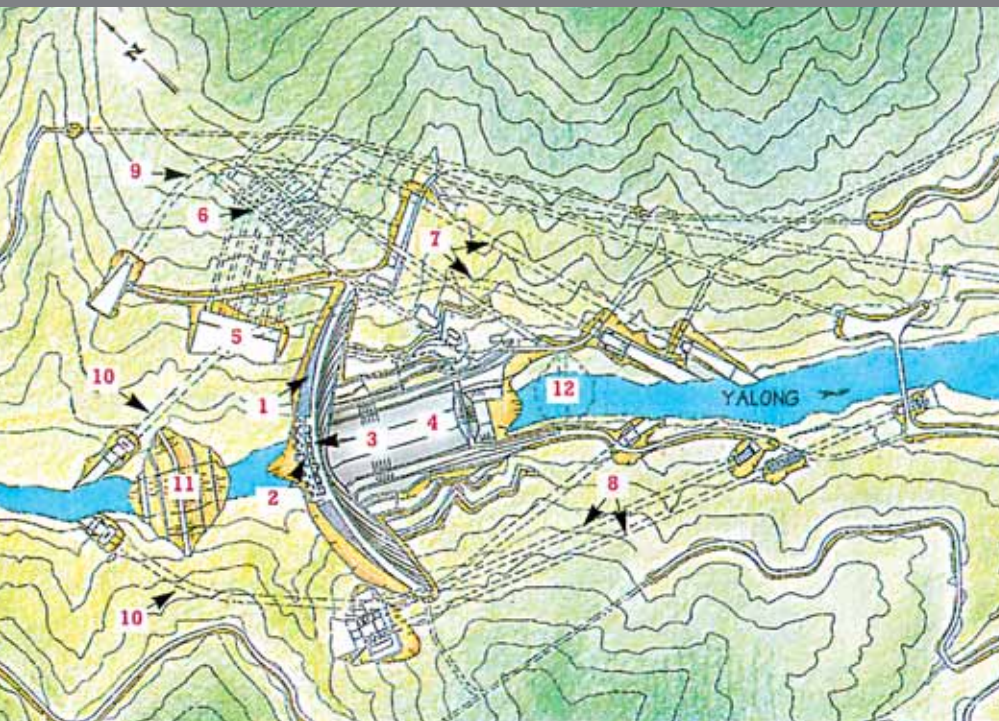
Trevi Construction Co. Ltd. di Hong Kong (Gruppo Trevi S.p.A.) si e' aggiudicata due contratti di subappalto. Il primo (Lotto A) consisteva nell'esecuzione di un diaframma impermeabile in terreno alluvionale per i "cofferdams" a monte ed a valle. Il secondo (Lotto B), oggetto della presente brochure, comprende il consolidamento, l'impermeabilizzazione ed il drenaggio della roccia di fondazione della diga. Per l'esecuzione dei lavori Trevi si e' avvalsa della collaborazione di una impresa specializzata cinese "The 8th Hydroelectric Engineering Bureau di Changsha" (Hunan Province).

Introduction

Ertan Hydroelectric Project is one of the most important hydropower projects carried out by Trevi, located on the Yalong River in the South of China (Sichuan Province).

The associated underground power station, where 6 generators are allocated, is able to produce energy of 3,300 MW.

Trevi Construction Co. Ltd. Hong Kong (belonging to Trevi S.p.A. Group) has been awarded two sub-contracts. The first (Lot A) consists in the execution of an impermeable cut-off wall into alluvial soil for the upstream and downstream cofferdams. The second contract (Lot B), which is the subject of this brochure, comprises the consolidation, impermeabilisation and drainage of the rock for the dam foundation. For the execution of works, Trevi cooperated with a Chinese specialized contractor "The 8th Hydroelectric Engineering Bureau of Changsha" (Hunan Province).



- | | | |
|-------------------------|----------------------|--------------------------|
| 1. Arch dam | 5. Intake structures | 9. Log passing facility |
| 2. Spillway in crest | 6. Power station | 10. Diversion tunnel |
| 3. Medium level sluices | 7. Tailrace tunnel | 11. Upstream cofferdam |
| 4. Stilling basin | 8. Spillway tunnels | 12. Downstream cofferdam |



Il Progetto Idroelettrico di Ertan (Diga ad arco - Contratto No. ET/IC1 - Lotto 1) e' stato eseguito dalla Ertan Joint Venture composta da Impregilo Spa (Sponsor), una compagnia locale, the Eighth Hydroelectric Engineering Bureau, Dumez, G.T.M. e Torno SpA.

L'ente appaltante era Ertan Hydroelectric Development Corporation ed il progettista della diga Chengdu Hydroelectric Investigation and Design Institute, Ministero dell'Energia e Ministero delle Risorse Idriche della Repubblica Popolare Cinese.

Le principali caratteristiche della diga e dell'invaso sono le seguenti:

¥ Altezza:	240 m
¥ Volume del calcestruzzo:	5 milioni di m ³
¥ Sfiatore di piena:	20.000 m ³ /sec
¥ Capacita' totale dell'invaso:	5.8 miliardi di m ³
¥ Altezza massima dell'acqua:	189.2 m
¥ Produzione annuale d'energia:	17.000 GWh

Il Progetto comprende due "cofferdam" in terra e roccia attraverso

The Ertan Hydroelectric Project (Arch Dam Works-Contract No. ET/IC1- Lot 1) has been executed by the Ertan Joint Venture formed by Impregilo S.p.A. (Sponsor), a local company, the Eight Hydroelectric Engineering Bureau, Dumez, G.T.M. and Torno S.p.A.

The owner is Ertan Hydroelectric Development Corporation and the dam design has been worked out by Chengdu Hydroelectric Investigation and Design Institute, Ministry of Energy and Ministry of Water Resources, of People's Republic of China.

The main features of the structure and reservoir of the Arch Dam are:

Height:	240 m.
Volume of concrete:	5 millions cu.m.
Design flood discharge:	20,000 cu.m./sec.
Reservoir storage capacity:	5.8 billions cu.m.
Maximum head of water:	189.2 m.
Annual output:	17,000 GWh

The Project includes two earth and rock cofferdams across the

il fiume Yalong che hanno permesso lo scavo della fondazione per la diga in calcestruzzo.

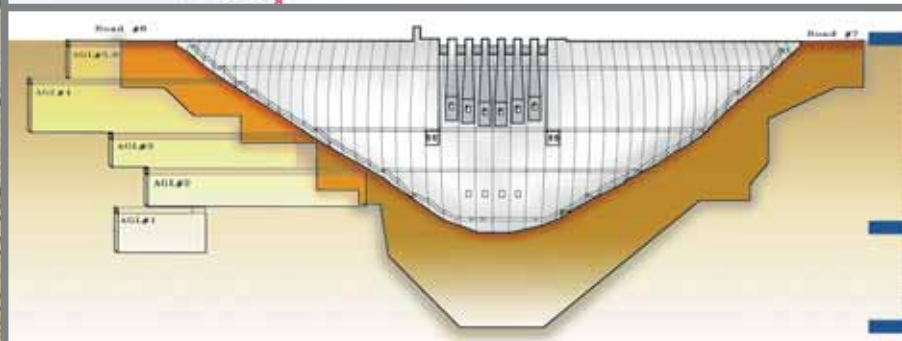
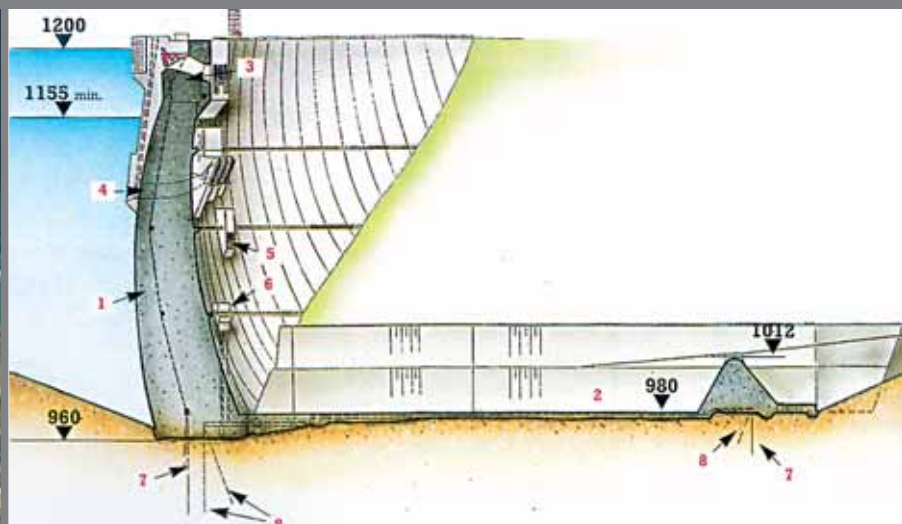
I due "cofferdam", progettati da Ertan Joint Venture, hanno altezze di 62 m a monte e 30 m a valle e rispettano il progetto tradizionale delle dighe in terra con un nucleo centrale in argilla confinato da materiali di cava grossolani (rip-rap). Peculiarità dei due "cofferdam" è di essere uno dei primi progetti nel mondo ad avere un diaframma impermeabile formato da colonne di Jet Grouting eseguite con metodo bi-fluido (Lotto A).

L'importanza del Progetto Idroelettrico di Ertan è data anche dall'imponente cortina d'impermeabilizzazione e drenaggio della roccia di fondazione della diga eseguita principalmente da un complesso sistema di gallerie.

Yalong River, which allowed the excavation of the concrete Arch Dam foundation.

The two cofferdams, designed by the Ertan Joint Venture, are 62 m (upstream cofferdam) and 30 m heights (downstream cofferdam) and comply with the traditional design for earthfill dam with a central core in clay interned by coarse quarry materials (rip-rap). Peculiarity of the two cofferdams is that it is one of the first projects in the world having an impermeable cut-off made of Jet Grouting columns executed with the bi-fluidw method (Lot A).

A further feature which makes the Ertan Hydroelectric Project such an important work is the impressive impermeable curtain grouting and drainage curtain of the rock of the arch dam foundation executed on the basis of avarious and complex galleries pattern.



Lavori eseguiti

Il Lotto B comprendeva principalmente:

- ✘ Iniezioni di consolidamento.
- ✘ Cortina d'impermeabilizzazione.
- ✘ Cortina di drenaggio.
- ✘ Fori per strumentazione.
- ✘ Iniezione dei giunti di contrazione

Iniezioni di consolidamento

La roccia di fondazione dei 39 blocchi della diga e' stata consolidata con iniezioni cementizie eseguite in tre fasi: dalla roccia; da tubi lasciati nel calcestruzzo per consentire il consolidamento della parte piu' superficiale della roccia utilizzando pressioni maggiori; dal Fillet.

In totale sono stati iniettati circa 130.000 m di perforazione con stages d'iniezione prevalentemente di 5 m.

Work executed

Lot B - Drilling and Grouting Works mainly include:

- ✘ Consolidation grouting.
- ✘ Curtain grouting.
- ✘ Drainage curtain.
- ✘ Instrumentation holes.
- ✘ Contraction joints grouting.

Consolidation grouting

The foundation rock of the 39 blocks of the Arch Dam has been consolidated by means of grouting executed in three different phases: from the rock; from pipes embedded in concrete to allow grouting of the upper part of the rock utilizing higher pressures; from the Fillet.

Totally about 130,000 meters of drilling have been grouted by grouting stages of 5 meters.

Cortina d impermeabilizzazione

Per impermeabilizzare la roccia di fondazione della diga principale e della diga accessoria della Plunge Pool, e' stata eseguita, attraverso un fitto sistema di gallerie, una doppia cortina d'iniezione. Si e' raggiunta una profondita' massima di 145 metri con pressioni d'iniezione fino a 65 bar.

La quantita di perforazione relativa alla sola cortina d iniezione e stata di circa 178.000 m ai quali si aggiungono circa 20.000 m di Check Holes con recupero di campioni.

Cortina di drenaggio

A valle della cortina d'iniezione e' stata eseguita, pure da gallerie, un' imponente cortina di drenaggio ascendente e/o discendente con profondita' fino ad 80 m.

Curtain grouting

A double curtain grouting has been executed from a thick system of galleries in order to keep impermeable the Arch Dam and the Plunge Pool Dam foundation rock.

A maximum depth of 145 meters with grouting pressure up to 65 bar has been reached.

The quantity of drilling related to the curtain grouting alone has been of about 178,000 meters and 20,000 meters of Check Holes with core recovery.

Drainage curtain

Downstream of the curtain grouting, an impressive drainage curtain ascending and descending with depth up to 80 meters has been executed.



Sono stati eseguiti in totale circa 50,000 m. di drenaggi di diametro variabile fra 100 e 140 mm.

Fori per strumentazione

Il lavoro piu' interessante è rappresentato dall'esecuzione dei fori per l'installazione dei pendoli rovesci: perforazioni a carotaggio continuo con diametro di 219-276 mm. e profondita' fino ad 80 m., a cui è seguita la messa in opera dei tubi di protezione. Nonostante i requisiti di verticalita' richiesti dalle specifiche tecniche fossero molto severi, i risultati ottenuti sono stati veramente notevoli sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

Sono state inoltre eseguiti oltre 2.000 m di perforazione per piezometri e Rockmeters.

Iniezione dei giunti di contrazione

Sono stati iniettati circa 400 giunti di contrazione della diga. Il lavoro, particolarmente delicato, e' stato portato a termine con risultati

Totally, about 50,000 meters of drainage works with diameters from 100 to 140 mm have been carried out.

Instrumentation Holes

The most interesting work is represented by the drilling of the holes for the Inverted Plumb Lines: 219-276 mm. diameter drilling with core recovery and depth to 80 meters followed by the installation of the protection pipes.

Although the technical specifications required a very strict verticality control, the results obtained were remarkable both for quality and quantity.

Furthermore over 2,000 meters of drilling for Piezometers and Rockmeters have been executed.

Contraction joints grouting

400 Contraction Joints of the Arch Dam have been grouted. The work were performed with quality results appreciated by the Engineer

qualitativi molto apprezzati dalla direzione lavori e testimoniati dai carotaggi di controllo eseguiti.

In totale sono state iniettate 4,000 ton. di cemento.

Altre 2,700 ton. di cemento sono state utilizzate per il riempimento dei cooling pipes.

and witnessed by check holes'cores.

Totally, 4,000 tons of cement have been grouted.

Others 2,700 tons of cement have been used for the filling of the Cooling pipes.

Metodologie (Lot.A)

Jet grouting

La caratteristica che rende il Progetto Idroelettrico di Ertan una opera così importante è il fatto di essere uno dei primi progetti nel mondo ad avere un diaframma impermeabile eseguito con il metodo jet grouting. Il diaframma impermeabile è stato eseguito con colonne di jet grouting dal piano del nucleo attraverso il deposito del fiume

Methodology (Lot.A)

Jet grouting

The feature which makes the Ertan Hydroelectric Project such an important work is that it is one of the first projects in the world having an impermeable cut-off made of jet grouting method.

The impermeable cut-off is being executed by means of jet grouting columns from the clay core surface level throughout the river deposit



fino alla roccia; la cortina di iniezione in roccia è stata eseguita con il metodo convenzionale di iniezione a pressione.

Il programma dei lavori di jet grouting era estremamente limitato, dato che la costruzione dei "cofferdam" doveva essere completata entro la stagione secca (11/1993 - 04/1994), così che il tempo disponibile per il jet grouting andava da Gennaio a Marzo 94 (entro questo periodo Trevi ha eseguito 17.500 ml di jet grouting e 12.000 ml di cortina di iniezione in roccia). Il diametro medio delle colonne di j.g. è risultato di 1500 mm, con interasse 1 m (comprovati durante il test eseguito nel Luglio 93 prima di cominciare il lavoro) e la massima profondità raggiunta nel "cofferdam" di monte è stata 50 m.

Trevi ha usato il sistema bi-fluido (Trevijet T1/S) con getto combinato di miscela ad alta pressione (420 bar) e aria in modo da ottenere colonne secanti di materiale impermeabile. Il sistema bi-fluido è basato sulla rottura simultanea, rimozione parziale e miscelazione del terreno in-situ con un getto combinato di acqua, cemento e aria. I trovanti presenti nel deposito alluvionale sono incorporati nelle colonne di j.g.

to the bedrock, where the grout curtain with conventional pressure grouting method is applied.

The construction schedule for the jet grouting works was quite restricted because the cofferdam construction had to be performed during the dry season (11/19-04/1994), so that the time available for the jet grouting went from January to March 94 (by this time Trevi carried out 17,500 f.m. of jet grouting and 12,000 f.m. of grout curtain in rocks). The average diameter of the j.g. columns is 1,500 m spacing 1 m (tested during the trial test carried out in July 93 before starting the work) and the maximum depth reached in the upstream cofferdam is 50 m.

Trevi used the two-fluid system (Trevijet T1/5) with combined jet of grout at high pressure (420 bar) and air in order to achieve an interlocking column of impermeable material. The two-fluid system is based on the simultaneous break-up, partial removal and mixing of soil in-situ by a combined jet of water-cement and air. The boulders present into the alluvial deposit are incorporated in the jet grouting columns.

Per eseguire il jet grouting in un terreno dalle condizioni così problematiche, Trevi ha organizzato il lavoro in tre fasi:

- Pre-foro con rivestimento temporaneo (50 m) eseguito con metodo telescopico "Tubex" 115-165. Questo metodo permette di perforare in terreno alluvionale con uno speciale dispositivo montato sul martello fondo foro che trascina il rivestimento simultaneamente alla punta pilota con perforatrici, SOILMEC SM-305/ SM-505 (n.6 unità).
- Inserimento di un tubo di PVC perforato, per supportare le pareti del foro.
- Inserimento delle aste di iniezione mediante gru cingolate, equipaggiate con una torre guida Soilmec EC-30 (n.2 unità) seguito dalla fase di trattamento jet grouting (Trevijet T1/S).
L' impianto di jet grouting era composto da 2 unità di miscelazione GM-7/GM-14 e 3 pompe ad alta pressione 5T-302.

In order to execute the jet grouting in such a difficult ground condition, Trevi organised the work in three stages:

- ¥ *Pre-hole drilling with temporary casing at remarkable depth (50 m) carried out by telescopic method by □Tubex□ 115-165 (this method allows to drill in overburden soil with a special device mounted on the down the hole hammer which brings the casing down simultaneous l y with the pilot bit) whit SOILMEC SM-305/SM-505 drilling Rig (6 units).*
- ¥ *Insertion of a perforated PVC pipe, to support the hole walls.*
- ¥ *Insertion of the jetting rods by means of 2 crawler cranes equipped with leader Soilmec EC-30 followed by the jet grouting treatment phase (Trevijet T1/S).
The jet grouting plant was composed by mixing grouting plant GM-7/GM-14 and High Pressure Pump SOILMEC 5T-302 (3 units).*



Metodologie (Lot.B)

Perforazione

La perforazione e' stata eseguita a rotazione con carotaggio continuo per i fori di cortina e per i Check holes, mentre si e' utilizzata la roto-percussione con martello fondo foro (D.T.H.) per i fori di drenaggio.

Per i carotaggi si sono impiegate fino a 20 perforatrici fra le quali due Atlas Copco Diamec 262, mentre 6 perforatrici, due delle quali SOILMEC SM-305, sono state utilizzate per i fori di drenaggio.

Iniezione

L' iniezione avveniva principalmente in stages ascendenti con l'ausilio di Packers pneumatici.

Gli impianti principali di miscelazione erano SOILMEC GM-7/GM-14 (n.2 unità) e SOILMEC GS-1 dotati di pompa supplementare Peroni DE/OL 80 (n. 3 unità).

Methodology (Lot.B)

Drilling

Drilling was performed with rotation and core recovery for Curtain Grouting holes and for check holes; with roto-percussion using down the hole hammer (D.T.H.) for drainage holes. For the coring, 20 drill rigs were employed, including two Atlas Copco Diamec 262, while for drainage holes 6 drill rigs, two of which SOILMEC SM-305, were employed.

Grouting

The grouting was mainly carried out with ascending stages utilizing pneumatic Packers.

Mixing plants were SOILMEC GM-7/GM-14 (2 units) and SOILMEC GS-1 with additional Peroni pump DE/OL 80 (3 units).

The grout mix was sent to 15 relay station units located close to the working fronts in gallery. Jean Lutz VOPI equipment have been

La miscela era poi inviata a circa 15 unità di rilancio (relay station) ubicate in prossimità dei fronti di lavoro in galleria. Attrezzature Jean Lutz VOPI sono state impiegate per la registrazione dei parametri d'iniezione (volumi e pressioni).

employed for the recording of the grouting parameters (volumes and pressures).

Principali Q.tà / Main quantity (Lot A)		Upstream Cofferdam	Downstream	Total
JET GROUTING				
Number of columns	n°	370	280	650
Total drilling	lm	10300	7100	17400
Jet grouting treatment	lm	7300	4700	12000
Cement for jet grouting	ton	5500	3800	9300
GROUT CURTAIN IN ROCK				
Number of holes	n°	131	144	275
LUGEON water test	hrs	83	55	138
Drilling	lm	5500	5800	11300
Grouting	ton	570	740	1310
GROUT CURTAIN IN ROCK				
Number of holes	n°	34	20	54
Drilling	lm	1100	990	2090
Permeability tests	n°	40	70	1100

Principali Q.tà / Main quantity (Lot B)	Perforazioni / Drilling		Iniezioni / Grouting	
Cortina di impermeabilizzazione - Curtain Grouting	lm.	178,000	tons	4,500
Fori di controllo con recuperi di campione - Check Holes with Core Recovery	lm.	23,000	tons	500
Cortina di drenaggio - Drainage Curtain	lm.	50,000		-
Strumentazione e fori per pendoli rovesci - Instrumentation & Pendulum Holes	lm.	2,500	tons	220
Varie - Miscellaneous	lm.	5,000	tons	130
Iniezione di consolidamento - Consolidation Grouting	lm.	130,000*	tons	3,000
Iniezione dei giunti di contrazione - Contaction Joints Grouting	-	-	tons	4,000
Tubi di raffreddamento - Cooling Pipes	-	-	tons	2,700

* Drilling performed by ERTAN J.V.

Controlli qualit

E' stato effettuato un sistematico controllo della qualità durante i lavori, consistente principalmente in check holes con carotaggio, in controlli di verticalità dei fori ed in prove di permeabilità di tipo Lugeon (5,000 ore).

La deviazione di verticalità media e' risultata dell'1%, anche per i fori piu' profondi. Il risultato qualitativo ottenuto puo' essere considerato di ottimo livello.



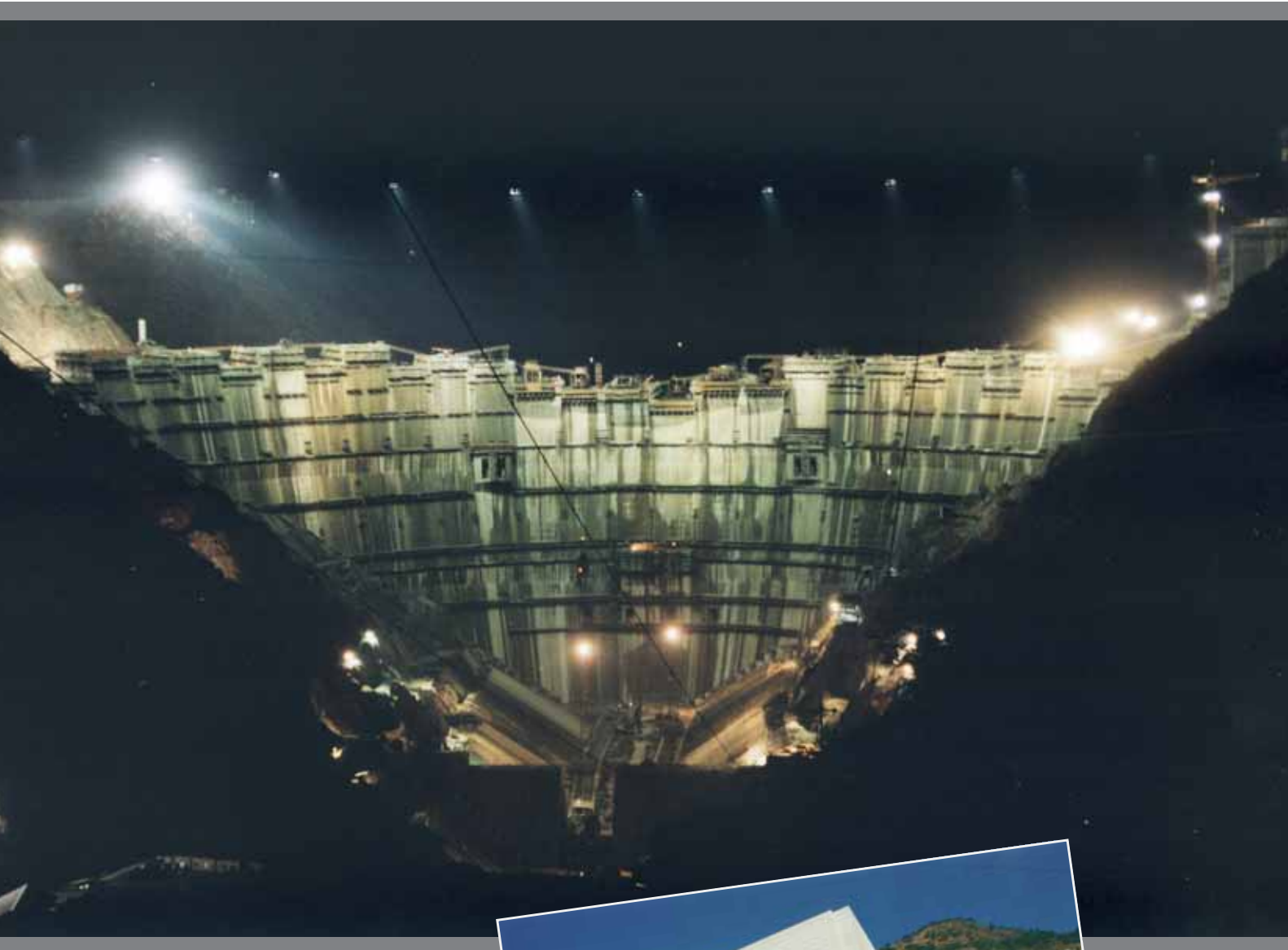
Quality control

A systematic Quality control during the works, mainly consisting in check holes with core recovery, verticality testing and Lugeon water pressure testing (5,000 hours) has been carried out.

The average verticality deviation test result were 1%, even for the deepest holes.

The quality level obtained can be considered excellent.





5819, via Dismano - 47522 Cesena (FC) - Italy
Tel. +39.0547.319311 - Fax +39.0547.318542
e-mail: intdept@trevispa.com
www.trevispa.com