

worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE



Impermeabilizzazione super-profonda

Structural panels and super deep cut-offs

Gualdo di Roncofreddo, Italy

Diaframmi
Diaphragm walls



Cliente :
Owner: TREVI

Contrattista principale :
Main Contractor : TREVI

Durata dei lavori :
Duration of work : 2011 - 2012

Introduzione

Il Gruppo Trevi ancora una volta ha scritto una pagina importante nell'ingegneria del sottosuolo. Grazie infatti all'impiego di una idrofresa SOILMEC tipo Tiger di nuova concezione, nella seconda metà del 2012, presso il sito di Gualdo, il Gruppo, grazie alla collaborazione fra Trevi, divisione che opera nel settore servizi e Soilmec che progetta e produce macchinari per l'ingegneria del sottosuolo, ha acquisito la capacità di **realizzare diaframmi fino a 250 metri di profondità**: un traguardo mai toccato prima e fino ad oggi ritenuto impensabile dato che raddoppia le potenzialità fin'ora conosciute di questa tecnologia.

L'importante sperimentazione è stata sostenuta sul piano scientifico dal **Politecnico di Torino** (coordinatore), dalla **Università di Bologna** (geotecnica) e dalla **Università Politecnica delle Marche** (qualifica e controlli materiali).

Introduction

*Trevi Group has once again made a major breakthrough in the field of subsoil engineering. In the second half of 2012, thanks to the employment of an innovative SOILMEC hydromill (Tiger Type) and to the co-operation between Trevi (operating in the service sector) and Soilmec (designing and manufacturing machines for subsoil engineering), the Group succeeded in **performing cut-off walls down to 250 meters** at Gualdo Site: a goal never attained before and deemed inconceivable up to now, since it redoubles the currently-known potential of said technology.*

*This important experimental test was scientifically supported by **Politecnico di Torino** (coordinator) **Università di Bologna** (geotechnics), and **Università Politecnica delle Marche** (preliminary tests and quality control on materials).*

During the test, 150 and 250 mt deep panels with a size of 3,2 x 1,5m



Nella sperimentazione sono stati eseguiti pannelli da 150 e 250 m di profondità con dimensioni 3,2 x 1,5 m. La deviazione dalla verticale misurata a fondo scavo (250 m) è stata di 30 cm sull'asse longitudinale (0,12%) e 20 cm sull'asse trasversale (0,10%); la rotazione è stata sempre inferiore a 2°.

Il team di lavoro e le attrezzature

Attrezzature di scavo

Il nuovo record è stato possibile grazie ad un lungo studio coordinato fra Trevi e Soilmec, che ha poi sviluppato due attrezzature speciali, entrambe testate nel campo sperimentale, in grado di raggiungere rispettivamente la profondità di 150 m (SC-135) e 250 m (SC-200). La nuova idrofresa Tiger è derivata dalla gru Soilmec SC-200, la cui struttura è stata modificata per accogliere la centralina, così come gli avvolgitori di grandi dimensioni necessari a contenere il tubo di

were performed. Deviation from verticality measured at the bottom of excavation (250 m) was 30 cm along the longitudinal axis (0,12%) and 20 cm along the transverse axis (0,10%); rotation was always lower than 2°.

Working Team and Equipment

Excavation Equipment

The new record was achieved thanks to an extended study coordinated by Trevi and Soilmec; the latter eventually developed two special machines, both tested at Gualdo's test field, capable of reaching a depth of 150 m (SC-135) and 250 m (SC-200) respectively. The new Tiger Hydromill is derived from the Soilmec SC-200 crane, whose structure was modified to house the power unit, as well as the large-size reels containing the excavated material's suction hose and the

aspirazione del materiale scavato e quelli idraulici di alimentazione del modulo fresa. Quest'ultimo è stato anch'esso modificato per poter sostenere le enormi pressioni (circa 30 bar) cui sarebbe stato soggetto una volta giunto a fondo scavo. Per garantire la funzionalità ed affidabilità del modulo, i progettisti sono ricorsi all'adozione di soluzioni innovative, in grado di mantenere la tenuta idraulica dei raccordi e l'adeguata protezione dei componenti elettrici e quella dei sensori. **Un innovativo sistema di elaborazione dei dati, denominato DMS, ha provveduto a registrare, coordinare e gestire tutti i dati di funzionamento delle attrezzature.**

Il sistema DMS (Drilling Mate System) ha inoltre dato un contributo fondamentale per assicurare la perfetta riuscita della sperimentazione, perché ha permesso il monitoraggio dei principali parametri di scavo, consentendo in tempo reale il controllo e la correzione della verticalità.

A Gualdo è stato anche impiegato il nuovo sistema di trattamento dei

*hydraulic reels feeding the milling unit. The latter was also modified in order to withstand the high pressures (approx. 30 bar) to which it would be subjected once it reached the bottom of excavation. In order to guarantee the milling unit's functionality and reliability, designers adopted innovative solutions capable of ensuring the connectors' watertightness as well as an adequate protection of sensors and electric components. **An innovative data processing system, called DMS, was used to record, coordinate and manage all the operational data of the equipment.***

Moreover, the DMS (Drilling Mate System) proved to be very useful in ensuring the experimental test's successfulness, since it allowed the monitoring of the main excavation parameters and the real-time check and correction of verticality.

*The new Drilling Mud System devised by Soilmecc (**SMT-500**) and successfully employed in Copenhagen Underground's jobsites was*



fanghi di perforazione realizzato da **Soilmecc (SMT-500)** che opera già con successo nei cantieri Trevi della metropolitana di Copenhagen. Durante la sperimentazione l'impianto ha nuovamente messo in luce i suoi punti di forza ed in particolare la possibilità di scaricare direttamente su autocarro il solido che deve essere conferito in discarica e la capacità di separare ed addensare in linea anche rilevanti volumi delle frazioni più fini presenti nel fango quali ad esempio le sabbie fini ed i limi, solitamente di difficile smaltimento.

Attrezzature e materiali per il getto di calcestruzzo

Anche per queste fasi di lavoro è stato necessario un lungo studio condotto dal Servizio Tecnologico Trevi per la messa a punto:

- delle **attrezzature speciali** e delle procedure per realizzare la posa del calcestruzzo a 250 m con **tubi getto di nuovo design**;
- dei **calcestruzzi da utilizzare per il getto**. In particolare il getto (volume teorico 1171 mc) è stato diviso in due parti. Per la parte inferiore si è utilizzato un calcestruzzo plastico preconfezionato di alta qualità

used in Gualdo as well.

During the experimental test, the system once again highlighted its strong points, in particular the possibility of directly discharging onto a truck the solid material that still has to be conveyed to the dump and the capability to separate and thicken even considerable volumes of the finest fractions encountered in the mud such as, for instance, fine sands and silts, which are usually difficult to dispose of.

Equipment and material for concrete casting

These working stages required a long study too, carried out by Trevi's Technological Dept. for the set-up of :

- **special equipment** and procedures to cast concrete down to 250 m with **newly designed casting pipes**
- **concretes to be used for casting operations**. In particular, concreting was performed in two phases (theoretical volume 1171 mc). The lower part of the panel was concreted with a high-quality ready-mixed plastic concrete with special binder ; In the upper part a "conventional" concrete



Il team di lavoro e le attrezzature

Attrezzature di scavo

Caratteristiche dei terreni interessati dallo scavo

L'area di prova è stata indagata con sondaggi a carotaggio continuo per l'intera profondità. **Lo studio Enser e l'Università di Bologna hanno poi redatto un accurato studio geologico, geotecnico ed idrogeologico.** In estrema sintesi, al di sotto dei primi 6 metri di terreni alluvionali è presente fino a 129 m un ammasso A costituito da rocce tenere (*argilliti con vene di gesso e materiale caotico*) e da 129 a 250 m un ammasso B costituito da rocce litoidi (*marne ed arenarie*) con resistenze UCS da 10 a 60 Mpa. E' presente nei primi metri una falda sospesa (*nelle vicinanze fiume Savio*); le formazioni sottostanti invece possono essere considerate praticamente impermeabili ($k \leq 10^{-6}$ cm/sec).

Trevi Group has once again made a major breakthrough in the field of subsoil engineering. In the second half of 2012, thanks to the employment of an innovative SOILMEC hydromill (Tiger Type) and to the co-operation between Trevi (operating in the service sector) and Soilmec (designing and manufacturing machines for subsoil engineering), the Group succeeded in **performing cut-off walls down to 250 meters** at Gualdo Site: a goal never attained before and deemed inconceivable up to now, since it redoubles the currently-known potential of said technology.

This important experimental test was scientifically supported by **Politecnico di Torino** (coordinator) **Università di Bologna** (geotechnics), and **Università Politecnica delle Marche** (preliminary tests and quality control on materials).

During the test, 150 and 250 mt deep panels with a size of 3,2 x1,5m were performed. Deviation from verticality measured at the bottom of excavation (250 m) was 30 cm along the longitudinal axis (0,12%) and



Rock Type	σ_{ci} [MPa]	m_i [-]	GSI [-]
Claystone	20	7	50
Sandstone	15	12	65



Controlli in fase di scavo

La verticalità dello scavo è stata costantemente verificata e corretta durante lo scavo elaborando i dati rilevati dagli strumenti (*due inclinometri ed un giroscopio*) a bordo del modulo fresante gestiti dal DMS e rappresentati sullo schermo dell'operatore come scostamenti ed angoli rispetto ai dati teorici.

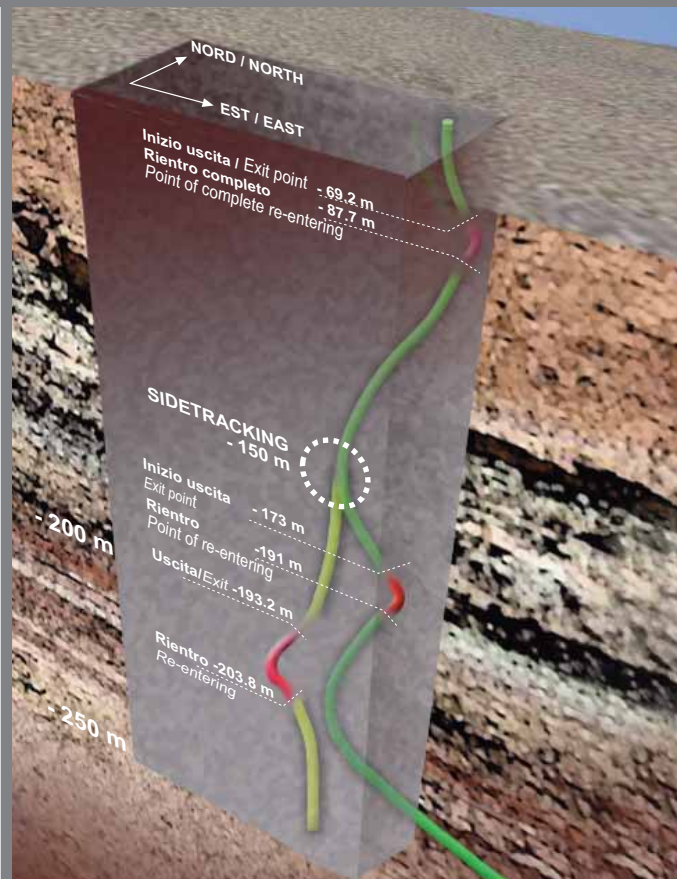
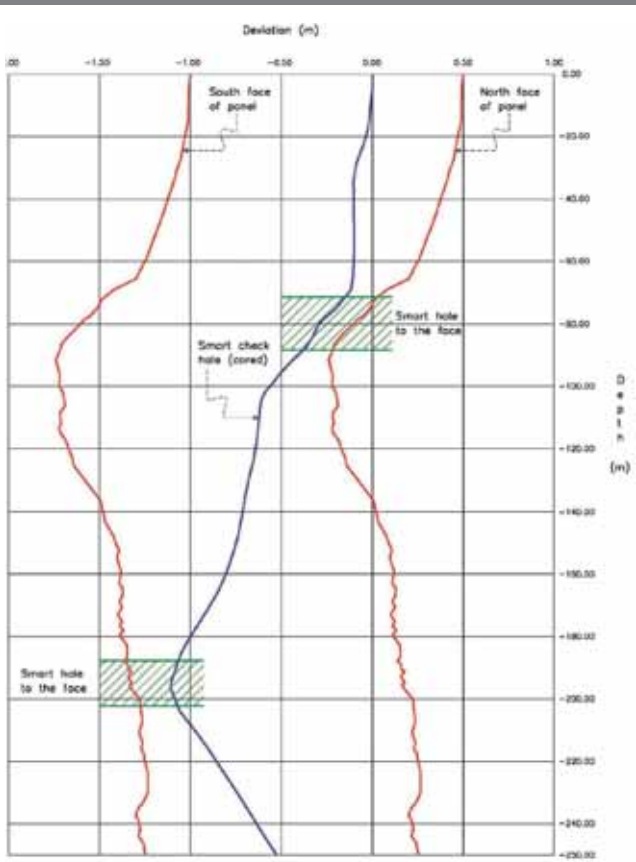
Ad integrazione/verifica dei dati ricavati dalla strumentazione principale, è stato utilizzato, fino a 100 m di profondità, il Koden ecosounder. Inoltre tutti i dati sono stati confrontati con le misure topografiche della deviazione delle funi di sospensione del modulo fresante.

Una deviazione di 75 cm normale all'asse longitudinale del pannello è stata deliberatamente provocata tra 85 e 115 m di profondità e poi recuperata nei 30 metri successivi. Questo al fine di verifica dei dispositivi di correzione.

Checks during excavation

The verticality of excavation was continuously checked and corrected during excavation by processing the data registered by the equipment (*two inclinometers and a gyroscope*) onboard the milling unit. Said data were managed by the DMS and visually displayed by the operator as displacements and angles compared to theoretical data. In order to integrate/check the data gathered by the main equipment, the Koden ecosounder was employed down to a depth of 100 m. Moreover, all data were compared with the topographic measures of the deviation of the milling unit's suspension ropes.

A standard 75 cm deviation from the panel's longitudinal axis was purposely triggered down to a depth ranging from 85 and 115 m and eventually recovered in the following 30 meters. That was necessary in order to check correction devices.



Controlli post getto calcestruzzo

Nei primi mesi del 2013 è stata condotta una perforazione a carotaggio continuo direzionata per l'intera lunghezza (250 m) utilizzando tecnologie brevettate **TDDT (Trevi Directional Drilling Technology)**.

La perforazione è stata condotta in modo da intersecare il lato lungo del pannello in due posizioni (a circa 80 e 190 m); la perforazione è stata successivamente cementata negli ultimi 100 metri e ripresa e guidata in modo da intersecare in tre posizioni il lato corto (175, 190 e 225 m).

Per la verifica della qualità ed omogeneità del calcestruzzo, la perforazione è stata analizzata con video ispezione (rilievo OPTV) e log sonico per rilevare velocità e modalità di propagazione delle onde elastiche. Lo schema riporta il rilievo video a circa 80 metri di profondità che evidenzia l'intersezione calcestruzzo-roccie. Anche il log sonico ben evidenzia la stessa situazione.

Check after concrete casting

In the first months of 2013, continuous directional core drilling was performed along the whole length (250 m) by resorting to patented technologies such as **TDDT (Trevi Directional Drilling Technology)**.

Drilling was carried out in such a way as to intersect the panel's long side in two positions (at approx. 80 and 190 m); the bore-hole was subsequently grouted in the last 100 meters, recovered and directionally-controlled so as to intersect the short side in three positions (175, 190 and 225 m).

In order to assess the quality and homogeneity of the concrete, the borehole have been surveyed using an Optical borehole camera (OPTV survey), and a sonic log to measure the speed and propagation pattern of the elastic waves. The sketch shows the video inspection at approximately 80 m depth, at the interface concrete-rock. The sonic log clearly shows the same boundary condition .

I campioni provenienti da questo carotaggio sono stati testati dalla Università di Ancona. I valori medi ottenuti sono così sintetizzabili:

Peso di volume (g/cm ³)	: 1,91 - 2,04
Strength UNC (MPa)	: 2,38 - 6,37
E50 (MPa)	: 594 - 794
K Permeabilità (cm/sec)	: 2*10 ⁻⁷ - 5*10 ⁻⁹

Nuovi orizzonti applicativi

Il risultato raggiunto, oltre a dare ulteriore conferma della grande sinergia fra le varie divisioni del Gruppo, apre altresì nuove possibilità per la partecipazione alle più complesse commesse internazionali.

In particolare la nuova tecnologia messa a punto dal Gruppo Trevi permette ai progettisti di affrontare e risolvere problematiche geotecniche complesse, legate ad infrastrutture sotterranee ed alle opere idrauliche

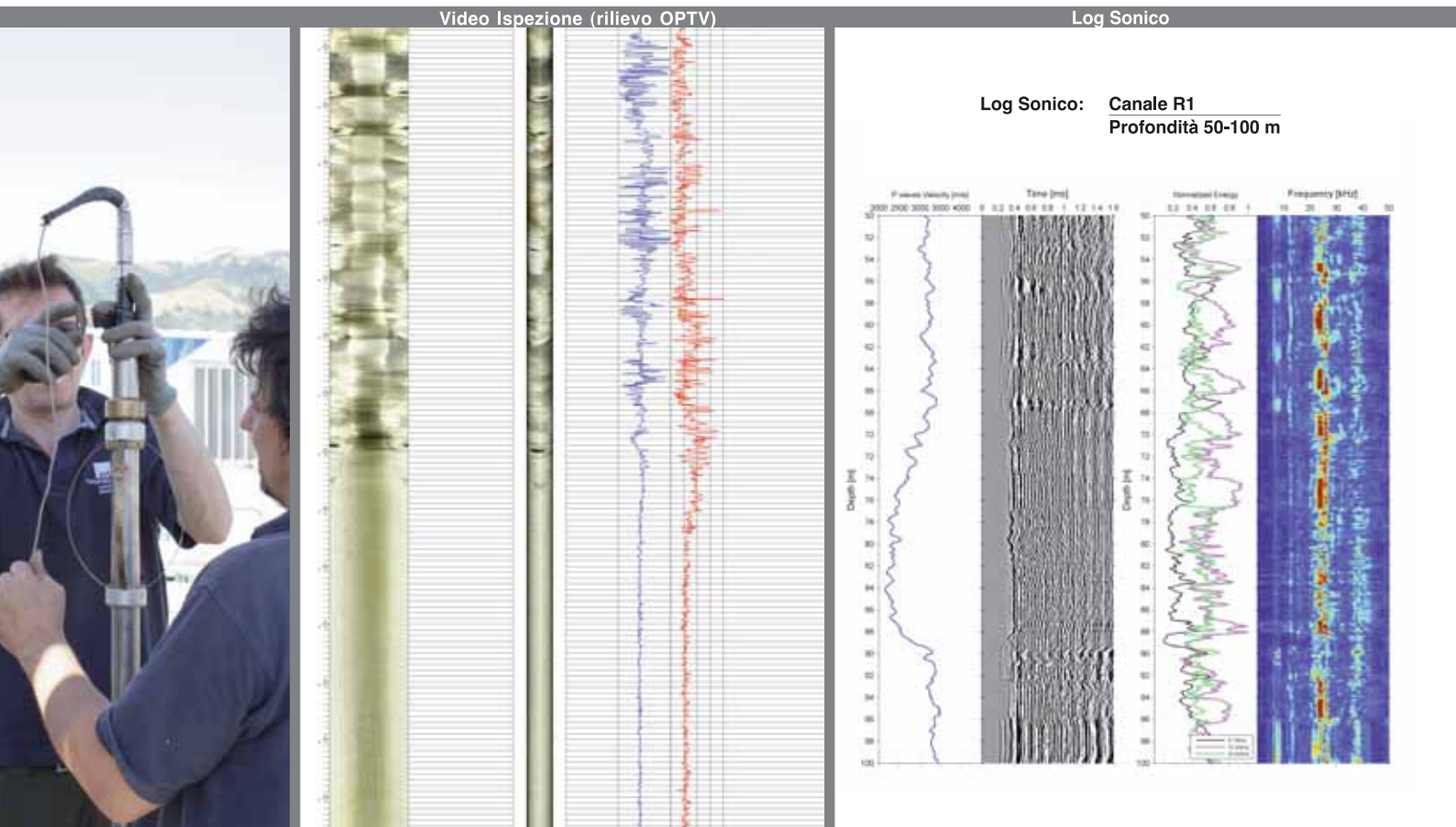
The samples obtained through this coring were tested by University of Ancona. The resulting average values are the following ones:

Volume weight (g/cm ³)	: 1,91 - 2,04
Strength UNC (MPa)	: 2,38 - 6,37
E50 (MPa)	: 594 - 794
K Permeability (cm/sec)	: 2*10 ⁻⁷ - 5*10 ⁻⁹

New applications

The results achieved, besides further confirming the great synergy between the Group's Divisions, also provide chance to participate in the most complex International job orders.

In particular, the new technology devised by Trevi Group allows designers to face and solve complex geotechnical problems concerning underground infrastructures and hydraulic works that require the



in cui è necessaria la realizzazione di diaframmi di impermeabilizzazione profondi.

Sono interessati in particolare i settori:

- delle dighe;
- delle opere di contenimento idraulico di siti contaminati;
- delle infrastrutture di sostegno per pozzi, stazioni sotterranee, spinte di versante.



construction of deep cut-off walls.

The following sectors are mainly involved :

- dams;
- hydraulic confinement of polluted sites;
- support infrastructures for shafts, underground stations, toe-of-slope thrusts.



A depth of 250 m (new world record)
has been reached at Gualdo's test field in Roncofreddo.



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