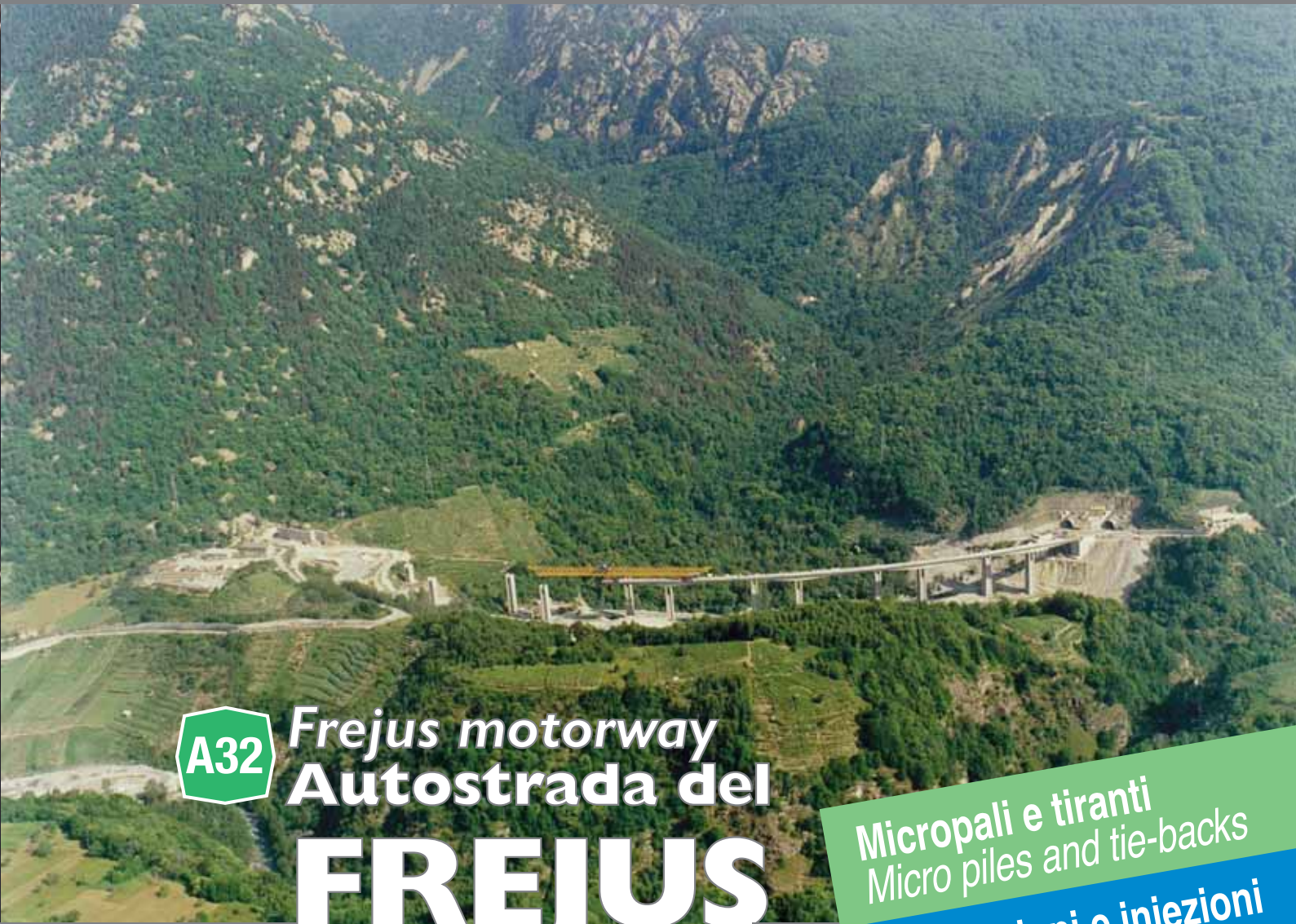


worldwide leader in the foundation engineering field



REFERENZA TECNICA - TECHNICAL REFERENCE



# Frejus motorway Autostrada del **FREJUS**

Turin - Bardonecchia  
Italy



Micropali e tiranti  
Micro piles and tie-backs

Perforazioni e iniezioni  
Drilling and grouting

Infilaggi  
Forepoling

Cliente:  
Owner:

SITAF - Turin (Italy)

Contrattista principale:  
Main Contractor:

CAF - Turin (Italy)

Durata dei lavori:  
Duration of work:

1985 - 1990



## Ubicazione

L'autostrada del Frejus fu progettata per dare finalmente un collegamento rapido fra Italia e Francia considerando l'elevato interscambio commerciale fra i due Paesi, e l'aumento previsto con l'apertura delle frontiere europee del 1992.

L'intera costruzione autostradale, limitatamente al tratto in territorio italiano, è stata gestita dalla S.I.T.A.F. (*Società Italiana per il Traforo Autostradale del Frejus*).

Alla TREVI sono state affidate dalla C.A.F. (*Costruzioni Autostradali e Ferroviarie*) tutti i lavori di fondazione e consolidamento relativi a gallerie e viadotti di numerosi lotti nei pressi della città di SUSA. Più precisamente i lotti e le opere principali di ciascun lotto, in cui la TREVI ha operato, sono stati i seguenti:

## Location

*The Frejus motorway was designed to provide a fast link between Italy and France, given the high level of commercial traffic between the two countries and the increase expected due to the opening of the European borders back in 1992. The construction of the whole motorway, limited to the section on the Italian territory, was managed by S.I.T.A.F. (Società Italiana per il Traforo Autostradale del Frejus).*

*TREVI was commissioned C.A.F. (Costruzioni Autostradali e Ferroviarie) to perform all the foundation and consolidation works for the tunnels and viaducts of a large number of allotments in the proximity of the town of SUSA. Specifically, the allotments in which TREVI worked, and the main works in each allotment, were as follows:*



LOTTO 1	<b>Viadotto CLAREA</b>
LOTTO 2	<b>Galleria GIAGLIONE</b>
LOTTO 3	<b>Viadotto GIAGLIONE</b>
LOTTO 4	<b>Viadotto VENAUS</b>
LOTTO 5	<b>Viadotto PASSEGGERI</b>
LOTTO 6	<b>Viadotto BRUNETTA</b>
LOTTO 7	<b>Viadotto PIETRASTRETTA</b>
LOTTO 10	<b>Galleria RAMAT</b>
LOTTO 13	<b>Galleria CELS IV</b>

ALLOTMENT 1	<b>CLAREA viaduct</b>
ALLOTMENT 2	<b>GIAGLIONE tunnel</b>
ALLOTMENT 3	<b>GIAGLIONE viaduct</b>
ALLOTMENT 4	<b>VENAUS viaduct</b>
ALLOTMENT 5	<b>PASSEGGERI viaduct</b>
ALLOTMENT 6	<b>BRUNETTA viaduct</b>
ALLOTMENT 7	<b>PIETRASTRETTA viaduct</b>
ALLOTMENT 10	<b>RAMAT tunnel</b>
ALLOTMENT 13	<b>CELS IV tunnel</b>

I lavori iniziarono nel settembre del 1985 dal lotto n° 3, per poi passare alle altre aree via via che i vari lotti venivano appaltati.

*Works started in September 1985 on Allotment no. 3, and moved on to the other structures as the allotments were contracted out.*



## Descrizione dei terreni

I terreni su cui sono state fondate le pile dei Viadotti GIAGLIONE, VENAUS e PASSEGGERI, dopo aver superato un primo strato superficiale limoso-sabbioso, erano composti prevalentemente da micascisti più o meno fratturati e decomposti con vene isolate di quarzo.

Di tutt'altra natura erano invece i terreni della vallata CLAREA interessata sia dal viadotto omonimo, sia dalle imboccature della galleria GIAGLIONE OVEST e RAMAT EST: si trattava, infatti, di terreni morenici con caratteristiche assai eterogenee che andavano da una generale matrice di sabbia limosa, alle ghiaie con ciottoli, fino a trovanti di dimensioni notevoli, oltre 100 cm di diametro. Solo in corrispondenza delle pile di fondovalle la presenza

## Description of the soil

*The soil into which the piles were sunk for the GIAGLIONE, VENAUS and PASSEGGERI Viaducts – beneath a silty-sandy surface layer-mainly consisted in more or less fractured and decomposed mica-schist with isolated veins of quartz.*

*On the other hand, the soil in the CLAREA valley involving both the Viaduct having the same name and the mouths of the GIAGLIONE WEST and RAMAT EAST tunnels, was of an entirely different nature: morenic ground with relatively heterogeneous features ranging from the general silty sand matrix to gravel with fine pebbles and large erratic boulders more than 100 cm in diameter. Only around the piles on the floor of the valley, did the presence of the water table, just a few metres below the*



dell'acqua di falda, a pochi metri al di sotto del piano di lavoro, ha creato qualche problema anche di ordine tecnico.

La natura eterogenea dei terreni incontrati, dalle coperture alluvionali, ai terreni morenici e rocce più o meno degradate, ha reso necessario l'uso quasi esclusivo di metodi di perforazione a rotopercolazione DTH oppure ODEX. Quest'ultima tecnologia, seppure più lenta e dispendiosa di altre, permette di perforare terreni sciolti di qualsiasi natura, in quanto il particolare dispositivo applicato al martello di fondo trascina il rivestimento in acciaio contemporaneamente all'avanzamento della punta.

## Tipologie Di Intervento

Nelle opere oggetto dei lavori eseguiti dalla TREVI sono state applicate numerose e differenti tecnologie che si adattavano ad ogni singola necessità strutturale e al tipo di terreno incontrato.

*working level, create some problems and technical difficulties.*

*The heterogeneous nature of the soils encountered, ranging from alluvial cover to morenic soil and more or less degraded rocks, made it necessary to use almost exclusively DTH or ODEX rotopercolation and drilling methods. With the latter, although being more time-consuming and costly than others, any loose soils can be bored since the special device fitted to the down-the-hole hammer draws along the steel lining as the drill penetrates into the soil.*

## Types of work

*The works carried out by TREVI entailed the use of many, different technologies suited to any structural requirements and the type of soil encountered.*



Sono così stati adottati:

- MICROPALI
- TIRANTI
- PERFORAZIONI ED INIEZIONI DI CONSOLIDAMENTO
- INFILAGGI SUB-ORIZZONTALI IN GALLERIA
- TRATTAMENTI SPECIALI DI CONSOLIDAMENTO IN ZONE ARCHEOLOGICHE
- TRATTAMENTI COLONNARI JET GROUTING T1.

## Micropali

Questa particolare struttura è stata utilizzata sia per le fondazioni delle pile, che per le «berlinesi» a protezione delle imboccature

The following technologies were adopted:

- MICRO PILES
- TIE-BACKS
- DRILLING AND CONSOLIDATION GROUTING
- SUB-HORIZONTAL FOREPOLING IN TUNNELS
- SPECIAL CONSOLIDATION WORKS IN ARCHAEOLOGICAL SITES
- T1 JET-GROUTING COLUMNS.

## Micro piles

Micropiles were used both for the pile foundations and for the "Berlinese" type wall protecting the mouths of the tunnels



di gallerie.

Si sono utilizzati micropali con diametro 140-190 mm, armati con tubi valvolati del peso variabile da 20 a 32 kg/m e di lunghezza fino a 25 m per le fondazioni delle pile, per passare a diametri di 220 mm ed anche 330 mm nelle «berlinesi» ancorate a protezione delle imboccature delle gallerie.

## Tiranti

L'ancoraggio delle «berlinesi» alla roccia sottostante o in profondità nei terreni morenici si è ottenuto utilizzando dei tiranti a trefoli di lunghezza e numero variabile, in base alla funzione da compiere. Si sono pertanto messi in opera tiranti con un peso minimo di 45 t (tre trefoli da 06"), fino ad un peso massimo di 105 t di portata utile (7 trefoli da 06").

Micro piles with diameters ranging from 140 to 190 mm, reinforced with tubes fitted with check valves weighing between 20 and 32 kg/m and up to 25m in length, were used for the pile foundations, while diameters of 220 mm and even 330 mm were realized in the anchored "Berlinese" type wall to protect the mouths of the tunnels.

## Tie-backs

The anchoring of the "Berlinese" wall to the underlying rock or at depth in the morenic soil was achieved using stranded tie-backs of varying diameter and number according to their function. Accordingly, Trevi installed tie-backs with a minimum load capacity of 45 t (3 x 06"-strand) and max load capacity of 105 t (7 x 06"-strand).



## Perforazioni e iniezioni di consolidamento

E' stato necessario un trattamento di consolidamento preventivo del terreno prima di dar corso all'esecuzione dei micropali nei pozzi 5 e 11 del Viadotto CLAREA, in quanto questi, trovandosi esattamente nel centro del fondovalle, erano attraversati da correnti di acque sotterranee che avrebbero certamente dilavato i micropali fin alla fase esecutiva. Per fare fronte a questo rilevante problema si è creata, attorno ad ogni pozzo, una barriera impermeabile di terreno consolidato, iniettando particolari miscele autoindurenti attraverso canne di iniezione tipo «manchettes».

In questo modo la successiva esecuzione dei micropali è avvenuta in assoluta tranquillità.

## Drilling and consolidation grouting

*A preventive soil consolidation treatment was required before executing the micro piles in shafts 5 and 11 of the CLAREA Viaduct since, the same being situated right in the middle of the valley floor, they were crossed by underwater streams that would have undoubtedly started leaching the micro piles as soon as they were executed.*

*To tackle this major problem, a waterproof barrier of consolidated soil was realized around each shaft, by injecting special self-hardening mixtures through sleeve pipes.*

*This resulted in the smooth execution of the micro piles.*



## Infilaggi sub-orizzontali in galleria

Le imboccature delle gallerie GIAGLIONE OVEST e RAMAT EST ed OVEST, giacciono in terreno morenico che interessa le stesse gallerie per oltre 350 metri. Per poter procedere allo scavo in avanzamento delle suddette gallerie si è reso necessario pre-consolidare le volte iniettando ed inserendo nel terreno tubi di armatura in acciaio ad «INFILAGGIO».

Portando la pressione di iniezione della miscela di consolidamento fino a 30 Bar e utilizzando le valvole di non ritorno poste nei tubi di armatura, sono state ottenute le condizioni necessarie ad uno scavo in assoluta sicurezza.

## Sub-horizontal forepoling in tunnels

*The mouths of the GIAGLIONE WEST and RAMAT EAST and WEST tunnels are situated in morenic ground which extends more than 350 metres along the tunnels themselves.*

*For the tunnel advance excavation, it was necessary to pre-consolidate the vaults by forepoling steel reinforcement pipes and injecting cement grout.*

*With a consolidation mixture injection pressure up to 30 bar and by using the non-return valves on the reinforcement pipes, the conditions required for safe excavation were met.*



## Trattamenti colonnari T1

I trattamenti colonnari con il sistema jet-grouting T1 si sono resi necessari per il consolidamento anulare preventivo allo scavo dei pozzi per le fondazioni delle pile dei viadotti BRUNETTA e PIETRASTRETTA.

Le colonne con un interasse di 60 cm sono state costruite fino alla profondità di 25 m, attraverso stratificazioni di terreni alluvionali grossolani e rocce fratturate.

Il diametro teorico delle colonne è risultato essere fra i 50 e 80 cm, mentre la resistenza del terreno trattato ha raggiunto il valore di 120 kg/cm<sup>2</sup> nelle prove a compressione non confinata, attestandosi ad una media compresa fra i 60 e gli 80 kg/cm<sup>2</sup>.

A consolidamento effettuato si è potuto procedere allo scavo

## T1 jet-grouting columns

Columns were realized using the T1 jet-grouting system for the consolidation of the annular space before shaft excavation for the pile foundations of BRUNETTA and PIETRA STRETTA viaducts.

The columns with 60cm-centre distance, were sunk to a depth of 25 m, crossing coarse alluvial soil and fractured rock.

The theoretical diameter of the columns was between 50 and 80 cm, while soil strength reached 120 Kg/cm<sup>2</sup> in the U.C.S. tests, with an average strength between 60 and 80 kg/cm<sup>2</sup>.

Upon completion of consolidation, the safe and rapid excavation inside the confined area was realized.

Coordinating the works on various allotments, while meeting its own planning needs, using different technologies or the same



all'interno della zona circoscritta con assoluta sicurezza e rapidità. Il coordinamento dei lavori su diversi lotti parallelamente alle proprie esigenze programmatiche, le numerose tecnologie applicate talvolta in maniera diversa sullo stesso fronte di lavoro, l'elevato numero di attrezzature e personale, hanno costituito un interessante capitolo per TREVI nel campo dei consolidamenti per opere autostradali.

L'efficienza e versatilità dimostrata dall'organizzazione TREVI dal punto di vista tecnologico, qualitativo e soprattutto organizzativo, hanno consentito l'assegnazione di un crescente numero di lotti e il raggiungimento di nuovi traguardi.

technologies applied differently in the same areas, relying on a high number of equipment and people represented a great challenge for TREVI in the field of consolidation works for motorway construction.

The efficiency and versatility shown by TREVI both from a technological, qualitative and mostly organisational viewpoint resulted in the commissioning of an increasing number of allotments and achieving of new goals.



## Trattamenti in zona archeologica

L'innesto del viadotto CLAREA con la galleria RAMAT EST si è venuto causalmente a trovare in corrispondenza di un insediamento primitivo di interesse archeologico.

Mantenere inalterate le condizioni superficiali di tutta la zona ha richiesto particolari accorgimenti, il più interessante dei quali è stato il preconsolidamento con iniezione di miscele cementizie e chimiche autoindurenti.

Terminate le perforazioni ed iniezioni di consolidamento, si è potuto passare alla fase successiva di scavo della galleria protetta dagli infilaggi sub-orizzontali, con ottimi risultati.

## Treatment in archaeological sites

At the point where the CLAREA viaduct engages the RAMAT EAST tunnel, a primitive settlement of archaeological interest was discovered.

In order to keep the surface conditions of the whole area unaltered, special measures were taken, including most interestingly pre-consolidation by injecting self-hardening chemical and cement mixtures.

Once drilling and consolidation grouting were completed, it was possible to start the excavation of the tunnel protected by sub-horizontal forepoling – see description at page 6 – with excellent results.



		Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4	Lot 5	Lot 6	Lot 7	Lot 10	Lot 13
<b>Micropali / Micro piles</b>	m	38215	9050	18100	19300	14300	8110	4010	17200	13080
<b>Tiranti / Tie-backs</b>	m	990	415	9600	2100	2520	300	-	3104	4200
<b>Perforazioni e iniezioni</b> <i>Drilling and grouting</i>	m	3600	8405	-	408	-	-	-	5105	5080
<b>Infilaggi sub-orizzontali</b> <i>Sub-horizontal forepoling</i>	m	-	29600	-	-	-	-	-	20400	30120
<b>ZONA ARCHEOLOGICA / ARCHAEOLOGICAL AREA</b>										
<b>Iniezioni (tubi a "manchettes")</b> <i>Grouting (sleeved grouting pipes)</i>	m	-	-	-	-	-	-	-	6105	-
<b>Jet Grouting / Jet Grouting (T1)</b>	m	-	-	-	-	-	16210	7950	-	-
<b>Sondaggi geognostici</b> <i>Exploratory holes</i>	n°	4	-	8	2	15	3	5	3	3



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



TREVIS.p.A.  
Divisione RODIO