

# ZAMBANA ITALY

## DIHEDRAL CONSOLIDATION WORKS

## CONSOLIDAMENTO DEL DIEDRO

Micropali Micropiles  
Drilling & Grouting



### INTRODUZIONE

Il fianco occidentale della valle dell'Adige a nord di Trento, è costituito dal massiccio calcareo della Paganella, che si eleva sino ad oltre 2000 m s.l.m.

Il versante a monte del centro di Zambana Vecchia, è costituito da materiale sciolto quaternario fino alla quota di circa 500 m, al di sopra di esso si ergono le pareti rocciose subverticali, intagliate nelle dolomie Noriche al piede e nei calcarei grigi del Lias in sommità.

Le masse rocciose sono interessate da un sistema di fratture subverticali che definiscono un reticolo quasi ortogonale di grandi sconnesioni suddivise in due famiglie: una

### INTRODUCTION

*The Paganella calcareous massif, which is more than 2000 m high over the sea level, and its spurs, are the western side of the valley of the river Adige, north of Trento.*

*The upstream side in the north-west with regard to the centre of Zambana Vecchia, is composed of Quaternary loose material up to about 500 m. Above this level the sub-vertical rocky walls rise, engraved in the Noricum dolomites at their bottom and in the Lias grey limestone at their top. The rocky masses are crossed by a kind of network, almost orthogonal, of two big types of sub-vertical fractures: some are perpendicular to the wall, with an average space of 50-60m.,*



Ente Appaltante : Owner :	Provincia Autonoma di Trento
Progettazione e Dir. Lavori : Design and management:	Ing. A. Mammino
Contrattista Principale : Main Contractor :	TREVI S.p.A.
Durata dei lavori : Duration of work :	1994 - 1996 1994 - 1996

perpendicolare alla parete, con intervallo medio di 50-60 m., ed una parallela alla parete, con intervallo medio di 18-25 m.

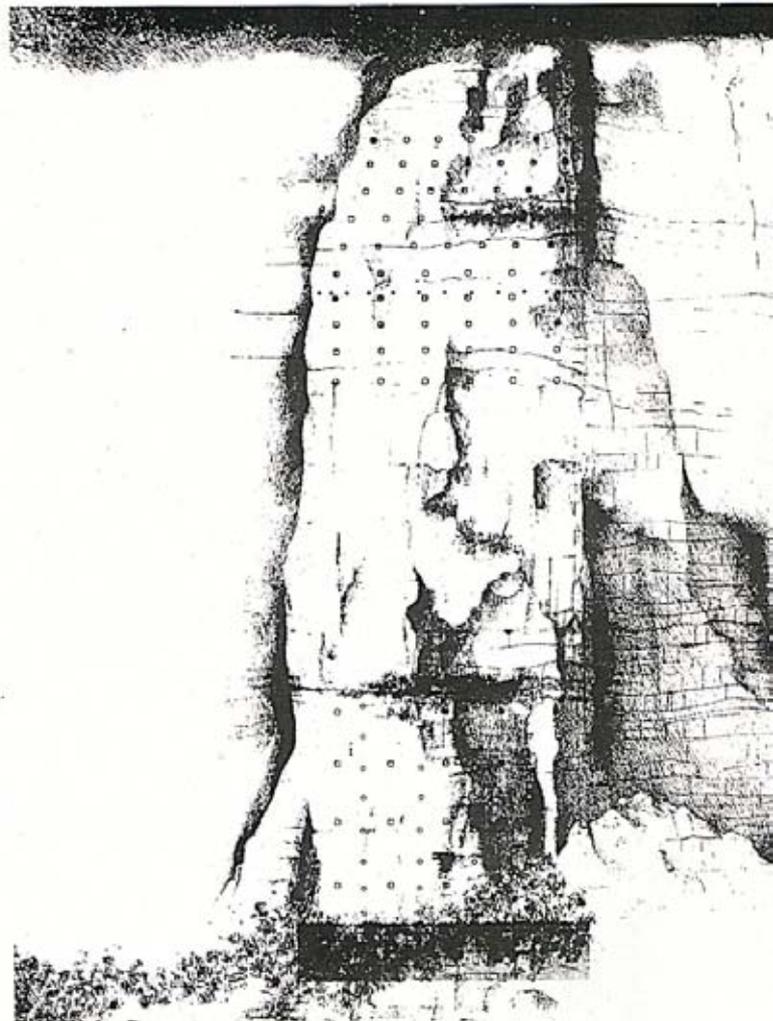
La presenza di questi due sistemi, unitamente ai giunti di stratificazione (circa suborizzontali) e ad altri sistemi di sconnessioni minori, ha determinato la formazione di numerosi blocchi isolati, collocati nella fascia altimetrica tra 500 m e 1500 m s.l.m..

Prima del 1955 si individuavano due blocchi accostati emergenti dal piano medio verticale della parete, superstiti tra quelli che formavano un precedente fronte della parete rocciosa, entrambi isolati tutto intorno dalle fratture principali ed appoggiati su calcari fratturati Reziani.

Nel 1955 il blocco più a settentrione, della dimensione di circa 200.000 mc crollò disfacendosi lungo il versante; l'anno successivo il materiale crollato fu attivato dall'acqua e scese sommergendo parzialmente il paese con uno strato miscelaneo e caotico spesso 10-15 m.

Il diedro superstite, di altezza 180-200 m, larghezza 50-60 m e profondità della massa geostaticamente precaria di circa 20-50 m, per una massa volumetrica stimata in circa 300.000 mc, è attualmente in fase di messa in sicurezza attraverso un progetto di ristrutturazione geostatica che eviti:

- ▶ il superamento della resistenza al taglio della roccia in zona di "fondazione";
- ▶ la ulteriore divaricazione delle due fratture subverticali a tergo e laterale;
- ▶ la formazione di una superficie di taglio in zona di "fondazione";
- ▶ il crollo del diedro per collasso della base e per conseguente ribaltamento, visto il basso rapporto tra base ed altezza della sagoma.



## CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE

Nell'ammasso roccioso costituente la parete si legge la successione stratigrafica che si sviluppa, per circa 400 m. di altezza, attraverso i seguenti litotipi, dal basso verso l'alto:

- ▶ dolomie massicce (Dolomia principale del Norico) a stratificazione maldistinta, interessata da numerosi e profondi sgrottamenti;
- ▶ calcari fittamente fratturati del Reziano, con potenza al più di pochi metri, costituenti il substrato fondazionale su cui grava il diedro;
- ▶ calcari grigi di Noriglio risalenti al Giurassico, regolarmente stratificati costituenti il corpo vero e proprio del diedro.

and some are parallel to the wall, with an average space of 18-25m.

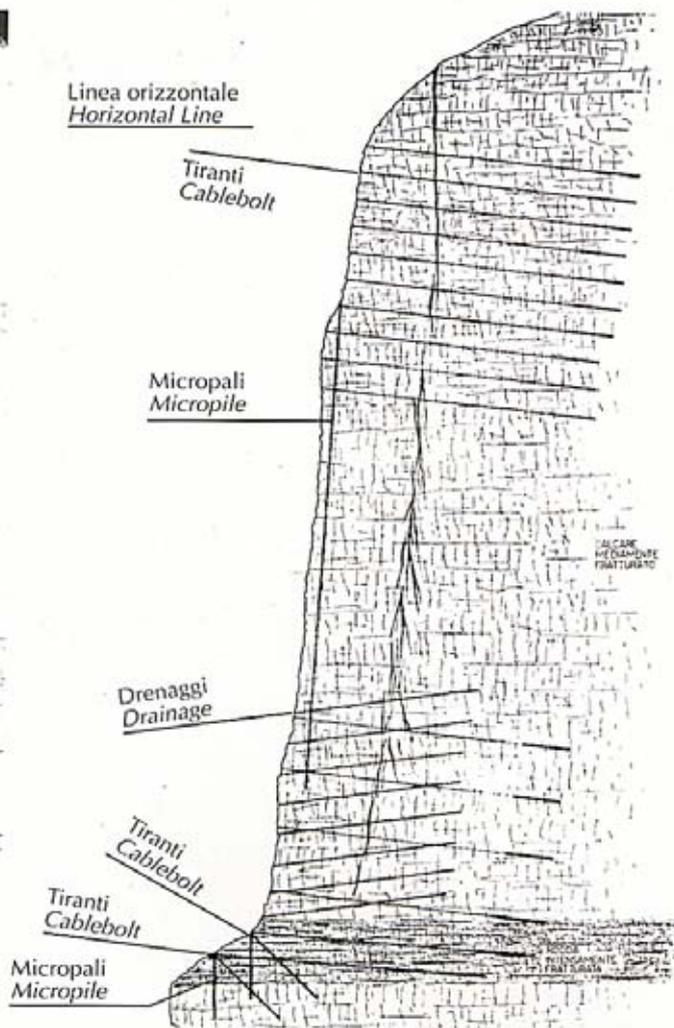
The existence of this two types of fractures, together with the stratification joints (quite sub-horizontal) and of other systems of smaller fractures, has led to the formation of many isolated blocks in the altimetric zone between 500-1500m over the sea level.

Before 1955, two adjacent blocks could be noticed rising from the middle vertical area of the wall. They were the last remaining blocks among those which formerly made the face of the rocky wall. Because of all the main surrounding fractures, they stood isolated and laid on the fractured limestone of the Retiaurius.

In 1955, the northern block of about 200.000m<sup>3</sup> collapsed and broke into pieces along the slope. Next year the collapsed material was put into motion by water and fell down partially submerging the village with a miscellaneous and chaotic layer of 10-15 m thickness.

At present, the remaining dihedral, 180-200m high, 50-60m large and with a depth of the unstable geostatic mass of about 20-50m, for a volumetric mass of about 300.000m<sup>3</sup>, is undergoing some safety measures by means of a design which aims at restoring all the geostatic forces in order to avoid:

- ▶ exceeding the rock cutting resistance in the "foundation" area;
- ▶ the further opening of the two sub-vertical fractures laterally and in the rear;
- ▶ the formation of a cutting surface in the "foundation" area;
- ▶ the collapse of the dihedral due to the collapse of the base and the consequent turning over, taken into consideration the small ratio between the base and the height of the shape.



## STRATIGRAPHICAL CHARACTERISTICS

In the rocky mass forming the wall, the stratigraphical succession which develops for about 400m height, can be read through the presence of the following types of stones, starting from the bottom:

- ▶ massive dolomites (main Dolomite of the Noricum) characterised by a chaotic stratification composed of many deep caves;
- ▶ thickly fractured limestone of the Retiaurius with a thickness of few meters which form the foundation sub-layer where the dihedral weighs upon;
- ▶ Noriglio grey limestone of the Jurassic, regularly stratified which form the real body of the dihedral.

## DESCRIZIONE PROGETTO

Il progetto, redatto dall' Ing. Armando Mammino e promosso dall'Ufficio Pubbliche Calamità della Provincia autonoma di Trento, prevede:

- ▶ Tiranti in acciaio armonico con carico nominale 900 KN, inclinati sull'orizzontale di 7-10° per una lunghezza complessiva di 60-70 m ancorati in zone di roccia integra a monte delle fratture che isolano il diedro; la lunghezza di ancoraggio è 10-15 m;
- ▶ micropali di media lunghezza (20-40 m) disposti a coppie (uno verticale, l'altro inclinato di 45°) eseguiti al piede del diedro destinati ad armare i calcari fratturati Reziani e ad aumentare la resistenza al taglio dell'ammasso;
- ▶ micropali corticali di grande lunghezza (100-150 m), subverticali, subparalleli, prossimi alla superficie esterna del diedro, operanti, nei confronti della roccia, come armatura resistente a trazione;
- ▶ drenaggi lunghi 40 m, introdotti nella zona basale del diedro per abbattere le pressioni idriche nelle macrofratture isolanti quest'ultimo;
- ▶ iniezioni al piede del diedro, omogeneamente distribuite nei calcari fratturati Reziani in posizione di fondazione per consolidamento e riqualificazione meccanica.

I tiranti, preassemblati con 6 trefoli sono protetti da tubo in PVC nel tratto libero; quelli della zona basale sono attivi, cioè pre-tesi sino al carico nominale di 900 KN; quelli della zona sommitale sono semipassivi, cioè pre-tesi sino ad una frazione del carico nominale che decresce dal basso verso l'alto.

Tutti i micropali sono di diametro 150 mm, armati con tubo di diametro esterno 88,9 mm e spessore 20 mm (acciaio Fe 510) ed iniettati con malta cementizia per tutta la lunghezza.

## DESIGN DESCRIPTION

The design, drawn up by Eng.Armando Mammino and promoted by the Disaster Public Office of the autonomous Province of Trento, foresees that:

- ▶ Spring steel tie rods with nominal load of 900 KN, sloping on the horizontal line for 7-10° for a total length of 60-70 m, anchored in intact rock areas above the fractures which isolate the dihedral. The anchorage length is of 10-15 m;
- ▶ micropiles of average length (20-40 m) placed in couples (one vertical and the other sloped of 45°) executed at the bottom of the dihedral to reinforce the fractured limestone of the Retiaurus and to increase the cutting resistance of the mass;
- ▶ sub-vertical and sub-parallel micropiles of big length (100-150 m) near the external surface of the dihedral which are a reinforcement resistant to the tensile stress of the rocks;
- ▶ drainage of 40m long, introduced at the basis of the dihedral to avoid water pressure in the macro-fractures which isolate it;
- ▶ grouting at the bottom of the dihedral, distributed in a homogeneous way in the fractured limestone of the Retiaurus for the consolidation and the mechanical re-classification.

The tie rods are pre-assembled with 6 strands and they are protected by a PVC pipe in the free section. Those at the basis are active, that is pre-stretched up to the nominal load of 900 KN. Those at the top are semi-passive, that is pre-stretched up to a fraction of the nominal load which decreases upwards.

All micropiles have a diameter of 150 mm and are reinforced with a pipe with an external diameter of 88,9 mm and thickness of 20 mm (iron steel 510) and grouted with cement mortar for the whole length.



## DESCRIZIONE DEL CANTIERE

La peculiarità dell'intervento progettuale e la impossibilità di accedere da valle alle due zone di lavoro (basale e sommitale del diedro) hanno comportato la necessità di utilizzare dei ponteggi ancorati alla parete rocciosa dai quali eseguire le opere di fondazione e consolidamento. La costruzione del ponteggio sommitale ha comportato l'uso di circa 30 km di tubi da impalcato ed un tempo di installazione di quattro mesi, operando con personale altamente specializzato.

Un campo base è stato allestito nel pianoro che si interpone tra il ciglio del diedro e l'erta boschiva risalente più a monte; è stata predisposta inoltre una teleferica per l'alimentazione dei materiali alle zone di lavoro e per la movimentazione delle attrezzature di perforazione.

Queste ultime sono state appositamente studiate sdoppiando il corpo della perforatrice dalla centralina idraulica di alimentazione per contenere i pesi nei limiti di capacità del ponteggio e la movimentazione sulle piattaforme di lavoro avviene mediante rotaie.

Tutte le perforazioni sono eseguite mediante la tecnica della roto-percussione fondo foro.

Ad intervento ultimato sono stati eseguiti:

**60 km. di ponteggio provvisorio**

**2200 m. di micropali**

**7100 m. di tiranti**

**1350 m. di drenaggi**

L'intervento, per la cui esecuzione si può fruire ogni anno dei soli mesi da maggio a novembre data la notevole altezza ed il ricorrente abbondante innevamento, è iniziato nel 1994 e se ne prevede l'ultimazione entro il 1996.



## DESCRIPTION OF THE SITE

*The peculiarity of the design intervention and the impossibility to approach from the valley the two working areas (the basis and the top of the dihedral) have brought about the necessity to use stages anchored to the rocky wall from where the foundation and consolidation works can be carried out.*

*The construction of the top stage involved the use of about 30 Km of pipes for scaffolding and an installation period of four months, working with highly qualified personnel.*

*A main camp has been mobilised in the upland plain between the edge of the dihedral and the woodland slope. Moreover, a cableway to supply the materials of the working areas and to move the drilling equipment has been set.*

*As to the drilling equipment, the drilling unit has been separated from the supply hydraulic gearcase in order to limit the weights within the capacity of the scaffold and the movement on the working platforms has taken place by means of rails.*

*All drilling works have been carried out by means of the roto-percussion bottom hole technique.*

*Once completed the intervention the following works have been carried out:*

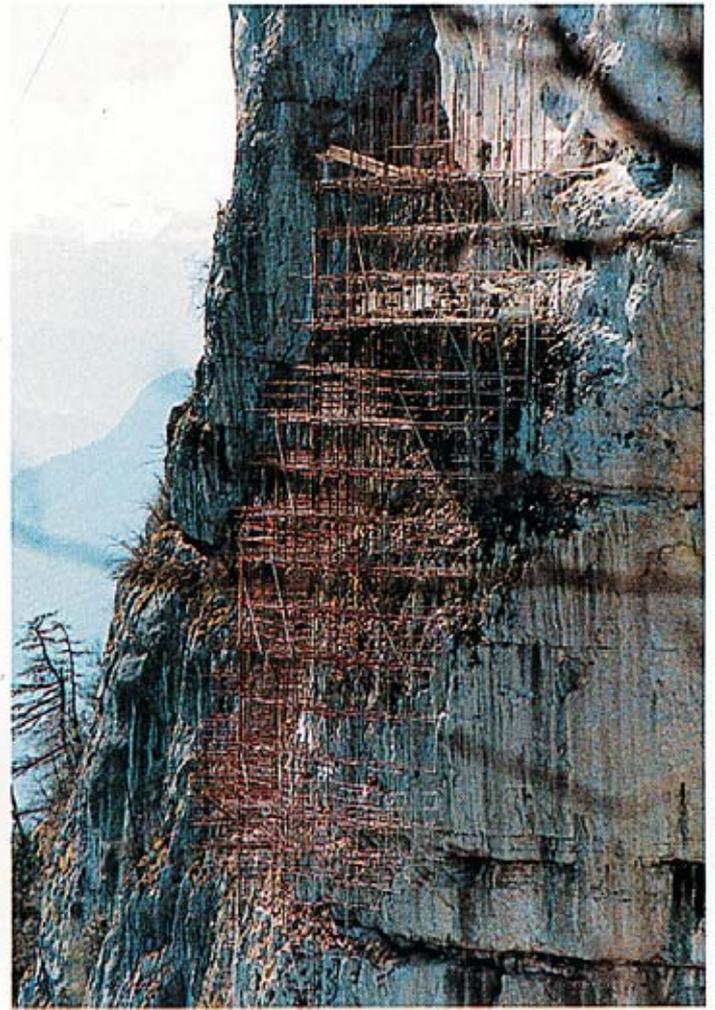
**60 Km. of temporary scaffold;**

**2200 m. of micropiles;**

**7100 m. of tie rods;**

**1350 m. of drainage.**

*The intervention can be carried out only from May to November because of the remarkable height and the recurrent heavy snowfall. It began in 1994 and its completion is foreseen within 1996.*





## CONCLUSIONI

L'intervento di consolidamento del diedro di Zambana ha esaltato le problematiche tecniche, legate sia alla realizzazione di micropali e tiranti di lunghezza superiori agli standard usuali, sia alle necessità logistiche di operare su ponteggi posti a sbalzo su di una parete ad oltre 1500 m di quota con uno strapiombo di circa 1000 m.

Uomini e mezzi si sono dovuti adattare ad un ambiente tipicamente alpino oltre che cantieristico; ogni operazione ha comportato uno studio preliminare che tenesse conto dei ridotti spazi a disposizione, dei pesi e delle dimensioni di ogni componente da movimentare, della sicurezza legata al muoversi e ad operare sul vuoto.

La capacità organizzativa della TREVI S.p.A e l'alta qualificazione dei suoi tecnici sta consentendo di portare a termine un'opera che, oltre ad essere in assoluto tra le più significative della storia delle fondazioni speciali, promuove anche una nuova filosofia della gestione del territorio, nel senso di una inedita sensibilità per la conservazione geostatica geomorfologica. Tutto questo impegno sta con certezza giungendo a buon fine sebbene si tratti di un ambiente alpino impervio, tale da implicare eccezionali difficoltà di approccio operativo e di pensiero ingegneristico.

## CONCLUSIONS

*The technical problems for the consolidation of the Zambana dihedral were particularly serious both as to the execution of micropiles and tie rods with length higher than the standard ones, and the logistic need to work on scaffolds overhanging on a wall beyond 1500 m height and with a projection of about 1000m.*

*Men and equipment had to adapt to an environment typically Alpine beside than that of a job site. Every operation had to undergo a preliminary study which considered the small space available, the weights and dimensions of every element to move, the safety linked to the fact that the workers had to move and operate in the air.*

*The organising capability of Trevi S.p.A. and the high qualification of its technicians will allow to complete a work that besides being one of the most significant in the history of special foundations, also promotes a new philosophy for the management of the soil, that is a new sensibility for the geostatic and geomorphological preservation. This commitment will definitely achieve a good result, even if the inaccessible alpine environment entailed exceptional difficulties as to the operational approach and the engineering solutions.*



TREVI S.P.A.

Cesena - Italy 48019, via Dismano  
Tel. 0547 - 319311  
Fax 0547 - 319313 / 318542  
eMail: trevi@linknet.it



