



REGIONE LAZIO

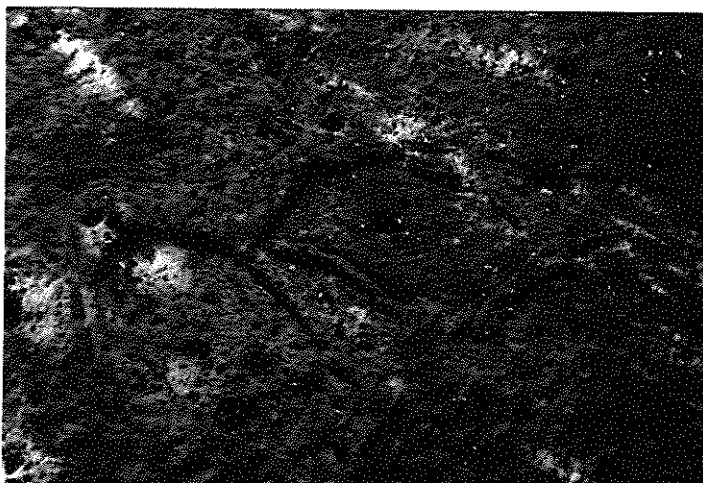
Dipartimento Territorio
Direzione Regionale Ambiente e
Cooperazione tra i Popoli

**SISTEMA REGIONALE DELLE
AREE NATURALI PROTETTE**



PARCO REGIONALE MARTURANUM

PROGRAMMAZIONE REGIONALE 2007-2013
PER IL SISTEMA REGIONALE DELLE AREE NATURALI PROTETTE

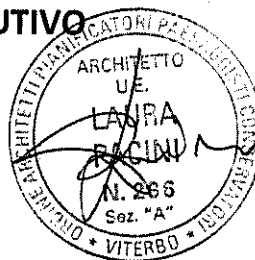
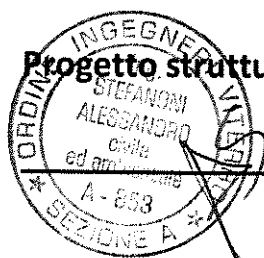


RETE SENTIERISTICA PER L'ACCESSIBILITA'
(CUP G72D08000240006)

PROGETTO ESECUTIVO

Progetto architettonico: arch. Laura Pacini

Progetto strutturale: Ing. Alessandro Stefanoni



RELAZIONE TECNICA - ILLUSTRATIVA
IL DIRETTORE DEL PARCO
(Dott. Stefano Cellati)



Indice

1. INTRODUZIONE	2
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3. BIBLIOGRAFIA	4
4. MATERIALI.....	5
4.1 Installazione ancoraggi.....	7
4.1.1 Ancoraggi iniettati con resina.....	8
5. ANALISI DEI CARICHI.....	9
5.1 Peso proprio	9
5.2 Spinta idraulica acqua nei giunti	9
5.3 Azione sismica	10
6. VERIFICHE	11
7. ALLEGATI.....	12

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

1. INTRODUZIONE

Il progetto in esame consiste nel consolidamento statico con messa in sicurezza e restauro conservativo dell'antica via Etrusca, denominata "Cava delle Quercete", nel comune di Barbarano Romano (VT).

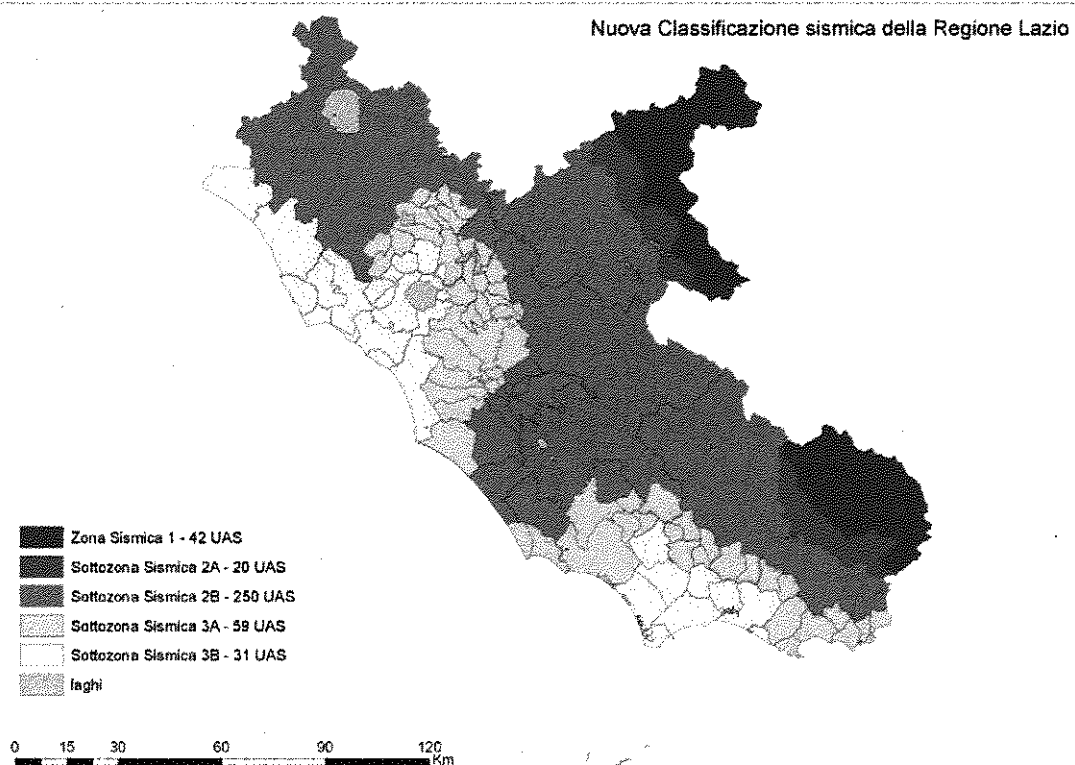
L'intervento consiste nell'applicazione di dispositivi di protezione e supporto di ammassi rocciosi tufacei con conseguente stabilizzazione del fronte.

Il rinforzo ed il supporto della roccia comprende l'impiego di ancoraggi in acciaio zincato messi in tensione ed iniettati su tutta la lunghezza con resina.

Un ancoraggio in roccia è una barra di rinforzo in acciaio che viene inserita all'interno di un foro di perforazione, ancorato alla roccia all'estremità e messa in carico mediante l'applicazione di una forza assiale di trazione attraverso un dado e una piastra in acciaio contro la superficie della roccia.

I giunti a tergo degli ammassi rocciosi vengono riempiti con pietrame di dimensione variabile, in funzione dello spessore del giunto stesso, e con legante costituito da malta cementizia con additivi anti-ritiro.

Il progetto è stato svolto in ottemperanza alle nuove norme tecniche per le costruzioni "D.M. 14 gennaio 2008". Il sito oggetto dell'intervento è classificato in zona 3A, secondo la nuova classificazione sismica della Regione Lazio riportata di seguito:



2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- **D.M. 14 gennaio 2008**
Nuove norme tecniche per le costruzioni
- **Circolare 2 febbraio 2009 n.617**
Nuova circolare delle norme tecniche per le costruzioni
- **Eurocodice 7**
Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

3. BIBLIOGRAFIA

- **Meccanica delle Rocce**
- **Elementi di geotecnica** – Pietro Colombo
- **Fondazioni** – Carlo Viggiani

4. MATERIALI

- Ancoraggio in acciaio B450C;
- Bulloneria;
- Piastra in acciaio S355;
- Fune in acciaio;
- Resine in cartucce;
- Malta cementizia;
- Muratura in blocchi di tufo.

CALCESTRUZZO PER MAGRONE C16/20

ANCORAGGIO IN ACCIAIO (zincato elettroliticamente secondo UNI EN 1461:2009):

Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C controllato in stabilimento

- Tensione di rottura $f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
- Tensione di snervamento $f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$

ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA (zincato elettroliticamente secondo UNI EN 1461:2009):

- Qualità dell'acciaio S355
- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
- Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$
- Modulo elastico $E = 210.000 \text{ MPa}$
- Coefficiente di Poisson $\nu = 0.3$
- Coefficiente di dilatazione termica $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Peso specifico $\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$

BULLONERIA AD ALTA RESISTENZA CLASSE 8.8/6S zincata elettroliticamente (secondo UNI EN 1461:2009) e composta da

- Dadi 6S UNI 3740 e 5713
- Rosette acciaio C50 UNI 7845

FUNE IN ACCIAIO INOX:

Formazione 6x(9+9+1) + IWRC

- Tensione caratteristica di rottura $f_{pk} \geq 1.770 \text{ MPa}$
- Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale $f_{p(1)k} \geq 1.570 \text{ MPa}$

RESINE IN CARTUCCE:

- Resina poliestere bi componente composta da una resina sintetica ed un catalizzatore.
- L'iniezione e la miscela deve essere in accordo con le raccomandazioni del produttore.

MALTA CEMENTIZIA

- Malta pre-miscelata tixotropica a ritiro compensato;
- Resistenza minima a compressione (24 h) $R_{ck} > 10 \text{ MPa}$
- Resistenza minima a compressione (28 gg) $R_{ck} > 40 \text{ MPa}$
- Rapporto acqua – cemento $0,33 < a/c < 0,35$
- La miscela deve essere utilizzata entro un ora dall'inizio del mix dei componenti

MURATURA IN BLOCCHI DI TUFO

- resistenza media a compressione della muratura $f_m = 18 \text{ kg/cm}^2$
- resistenza media a taglio della muratura $f_{vk0} = 0,35 \text{ kg/cm}^2$
- modulo di elasticità normale medio $E = 11.500 \text{ kg/cm}^2$
- modulo di elasticità tangenziale medio $E = 3.600 \text{ kg/cm}^2$
- peso specifico medio della muratura $\rho = 1.600 \text{ kg/m}^3$

In allegato si riportano a titolo informativo le schede tecniche dei bulloni da roccia presenti in commercio.

4.1 Installazione ancoraggi

Viene proposta la seguente procedura di installazione degli ancoraggi:

- i. Gli ancoraggi devono essere forniti completi di tutti gli accessori ed altri materiali pertinenti alla loro installazione, come ad esempio per l'iniezione;
- ii. Prima di installare un ancoraggio, il foro deve essere verificato per eventuali ostruzioni e la profondità;
- iii. Il foro deve essere accuratamente pulito (dal basso verso l'esterno) con aria compressa prima di inserire l'ancoraggio o la resina o la malta cementizia;
- iv. La superficie della roccia intorno il foro per ricevere la piastra di fissaggio dovrà essere levigata o livellata con malta a presa rapida;
- v. La piastra d'ancoraggio, la rondella semisferica, la rondella ed il dado dovranno essere installati sulla barra. La piastra dovrà essere posizionata in modo tale da trasmettere una pressione uniforme sulla roccia. La rondella tra la piastra ed il dado dovrà essere in polietilene del tipo antisvitamento. I dadi e le rondelle devono essere ben lubrificati.

4.1.1 Ancoraggi iniettati con resina

- a. Le cartucce utilizzate per ancorare dovranno essere di composizione chimica e prodotte per raggiungere le forze specifiche d'ancoraggio;
- b. Per ancorare i bulloni da roccia con resine, dovranno essere inserite nel foro singole cartucce, prima di installare la barra e miscelare, in conformità alle raccomandazioni del produttore. Le cartucce dovranno essere spinte in posizione con delle aste. Deve essere posta particolare attenzione per non rompere le cartucce. Per assicurare una corretta incapsulazione dell'ancoraggio devono essere inserite in ciascun foro un numero sufficiente di cartucce. Il numero di cartucce utilizzato deve essere indicato dalle raccomandazioni del produttore e dai risultati di prove effettuate in sito per la lunghezza e la dimensione dell'ancoraggio e del foro di perforazione previsto, in modo tale che la resina riempi completamente lo spazio tra la barra ed il foro;
- c. Una volta che tutte le cartucce sono installate all'interno del foro, va inserita la barra in acciaio ruotandola attraverso le cartucce. La velocità di rotazione ed il tempo di miscelazione deve essere indicato dal produttore per assicurare una corretta miscelazione dei componenti. Particolare attenzione va posta per assicurare che la filettatura d'estremità delle barre non venga danneggiata durante la procedura d'installazione;
- d. Se l'ancoraggio viene inghisato in due riprese, ossia utilizzando una resina a indurimento rapido nella parte fondo foro e la rimanente parte con resina di media velocità, la messa in tensione della barra avviene prima dell'impiego della seconda resina.

5. Analisi dei carichi

Le azioni di calcolo considerate sono le seguenti:

1. permanenti:
 - peso proprio ammasso roccioso
2. variabili:
 - spinta idraulica acqua nei giunti
 - azione sismica

5.1 *Peso proprio*

- Si riportano le caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso:

Peso specifico	1600 kg/m ³
Angolo d'attrito	45°
Angolo d'attrito ridotto (2/3 – verifica a scorrimento)	30°
Coesione	0 kg/cm ²
• Peso specifico muratura in blocchi di tufo:	1600 kg/m ³

5.2 *Spinta idraulica acqua nei giunti*

Si è ipotizzato a favore di sicurezza, che l'acqua si incanala all'interno delle fratture a tergo del cuneo roccioso per un'altezza pari a quella del fronte roccioso.

Peso specifico	1000 kg/m ³
----------------	------------------------

5.3 Azione sismica

In riferimento al *D.M. 14 gennaio 2008 - "Nuove norme tecniche per le costruzioni"*, in particolare rispetto alla nuova zonazione della Regione Lazio, il sito oggetto dell'intervento è collocato in zona 3A.

In particolare individuata la posizione del sito oggetto di studio (lat. 42.252500 e long. 12.066940), si sono ricavati i valori di:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

referiti ad una probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R del 10% (SLV), come riportato al punto 3.2.1 del *D.M. 14 gennaio 2008*. La vita nominale dell'intervento, V_N , è di 50 anni. Appartenendo l'intervento alla III classe d'uso ($C_U = 1.5$), il periodo di riferimento, V_R , è pari a 75 anni. La categoria del sottosuolo considerata, a favore di sicurezza, è la D.

Quindi i coefficienti considerati sono:

$$a_g = 0.1198;$$

$$F_0 = 2.45;$$

$$T_C^* = 0.2872.$$

L'accelerazione totale massima attesa al sito vale:

$$a_{max} = a_g S_S S_T = 0.3024$$

dove:

$$S_S = 1.8;$$

$$S_T = 1.4.$$

La massa dell'ammasso roccioso è stata moltiplicata per l'accelerazione totale massima, ricavando quindi l'azione sismica.

6. Verifiche

Sono state effettuate sia le verifiche geotecniche che strutturali per i cunei rocciosi maggiormente critici che sono stati rilevati in sito.

Dal punto di vista geotecnico, è stata eseguita un'analisi delle condizioni di stabilità, per una striscia di larghezza unitaria, ricercando le condizioni di equilibrio delle sole forze agenti, sia allo stato attuale che post - operam (intervento con bulloni da roccia), nella condizione statica e sismica (v. *Relazione Geotecnica*).

Dal punto di vista strutturale, è stato verificato il sistema d'ancoraggio adottato; in particolare, la lunghezza d'ancoraggio, la pressione di contatto all'interfaccia piastra - superficie rocciosa e la piastra d'ancoraggio (v. *Relazione di Calcolo*).

Le verifiche sono state svolte implementando un foglio elettronico di calcolo.

7. Allegati

Si riportano le schede tecniche dei bulloni da roccia con gli accessori, i sistemi di iniezione e le funi:

- Bulloni da roccia;
- Piastre d'ancoraggio;
- Dadi sferici;
- Malte cementizie;
- Resine;
- Funi.