

**INTERVENTI RIFERITI A OPERE PUBBLICHE
MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO**

**COMUNE DI TRESANA
PROVINCIA DI MASSA CARRARA**



**MITIGAZIONE MOVIMENTO GRAVITATIVO
CON MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA
INTERNA AL CASTELLO DI TRESANA
CUP: F28H22000860001**

PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE:
Comune di Tresana
Piazzale 25 Aprile
54012 Tresana (MS)

R.U.P.:
Geom. Giulio Boni
Piazzale 25 Aprile
54012 Tresana (MS)

PROGETTISTA
L.A.B. INGEGNERIA
SOCIETA' COOPERATIVA
Ing. Marco Tabardi
Via Provinciale 66
54010 Podenzana (MS)

RELAZIONE GEOLOGICA
L.A.B. INGEGNERIA
SOCIETA' COOPERATIVA
Geol. Giusti Francesco
Via Provinciale 66
54010 Podenzana (MS)

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

Tav. N.09.1	Data: Febbraio 2024	Scala:	File: T.09.1_Relazione di calcolo strutturale
-------------	------------------------	--------	---



ELENCO DOCUMENTAZIONE PROGETTO STRUTTURALE

DOCUMENTI

- T.01 Relazione illustrativa di progetto**
- T.09.1 Relazione di calcolo strutturale (questo stesso documento)**
- T.09.2 Relazione geotecnica**
- T.09.3 Fascicolo dei calcoli**
- T.07 Piano di manutenzione**

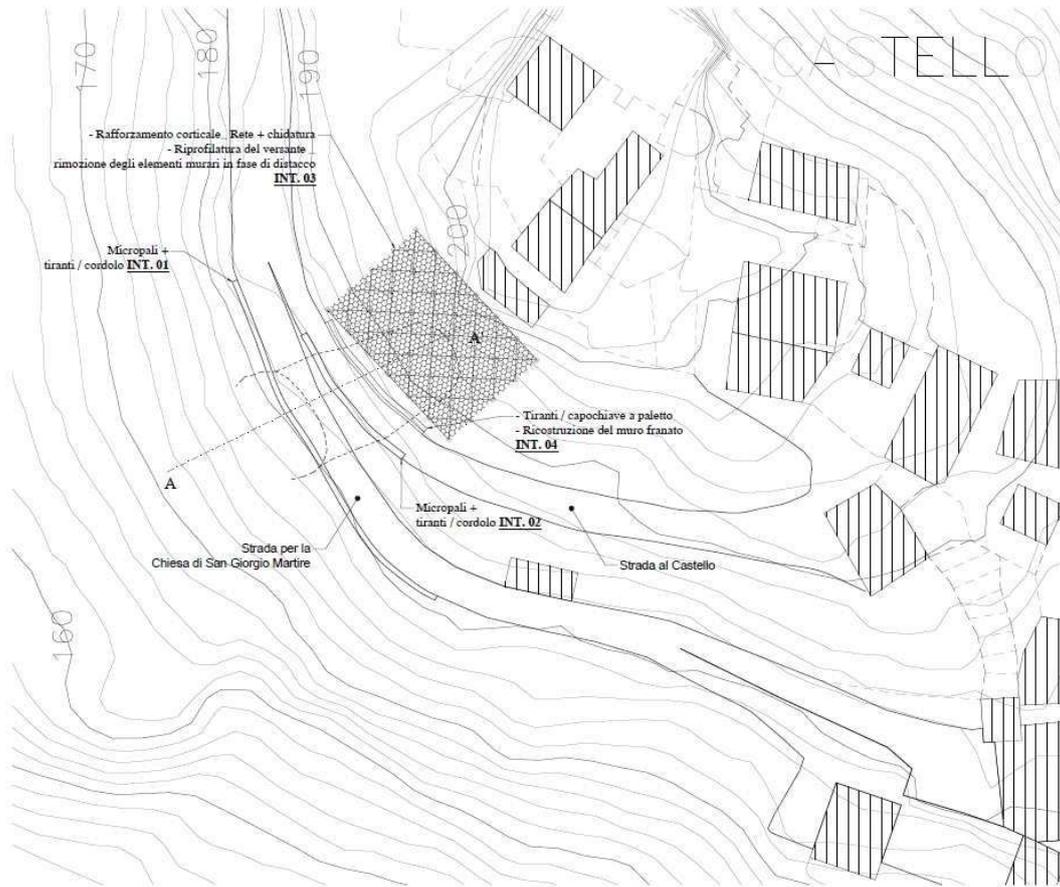
ELABORATI GRAFICI

- Tav. T.11.1_A01 Planimetria generale _ Stato attuale _ Stato di progetto _ Stato di raffronto**
- Tav. T.11.2_A02 Tavola degli interventi 1/2**
- Tav. T.11.3_A03 Tavola degli interventi 2/2**
- Tav. T.11.4_A04 Sezioni _ Stato attuale _ Stato di progetto _ Stato di raffronto**
- Tav. T.11.5_S01 Tavola Strutturale _ Micropali con tiranti**
- Tav. T.11.6_S02 Tavola Strutturale _ Rafforzamento corticale _ muro in pietra con tirante**

INDICE

1	UBICAZIONE DEGLI INTERVENTI.....	3
2	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE.....	11
2.1	Normative di riferimento	11
2.2	Valutazioni della sicurezza e delle prestazioni attese	11
2.3	Caratterizzazione sismica.....	12
2.4	Modello di calcolo strutturale.....	13
2.4.1	Caratteristiche del modello di calcolo	13
2.4.2	Azioni elementari di calcolo.....	14
2.4.3	Combinazioni di calcolo.....	15
2.5	Analisi e verifiche svolte con l’ausilio dell’elaboratore	18
2.5.1	Analisi svolte.....	18
2.5.2	Verifiche svolte	18
2.6	Sintesi ed attendibilità dei risultati.....	20
2.6.1	Micropali con tiranti _ Int. 01 - Int. 02.....	21
2.6.2	Muro in pietra con tirante _ INT. 05	29
2.6.3	Rafforzamento corticale _ Int. 04.....	28
3	RELAZIONE SUI MATERIALI	32
3.1	Caratteristiche, qualità e dosature dei materiali impiegati	32
3.1.1	Strutture in C.A. (Micropali (paratia))	32
3.2	Controlli di accettazione sui materiali impiegati	33
3.2.1	Strutture in C.A.	33
4	RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA “PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE” DEL SITO IN COSTRUZIONE	36

1 UBICAZIONE DEGLI INTERVENTI



Planimetria generale degli interventi

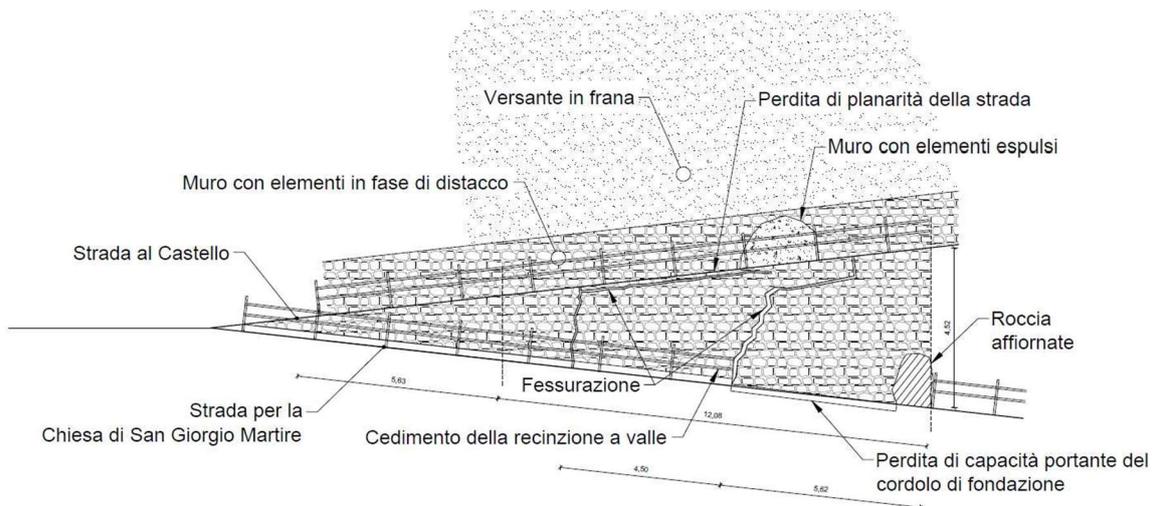


Tavola degli interventi _ Stato attuale

La presente relazione strutturale si riferisce al progetto esecutivo relativo alla realizzazione delle opere necessarie per la messa in sicurezza della “Strada per la Chiesa di San Giorgio Martire” e della “Strada al Castello”, Comune di Tresana (Provincia di Massa e Carrara).

È evidente la formazione di un movimento franoso appena dopo la deviazione delle strade.

Sulla “Strada al Castello” il muro a monte ha elementi distaccati ed in fase di distacco, perdita della planarità della strada stessa. A monte si evidenzia una successione di elementi murari in frana.

Sulla “Strada per la Chiesa di San Giorgio Martire” il muro laterale è caratterizzato da fessure sull’intera altezza, perdita di capacità portante del cordolo di fondazione e la recinzione di valle ha completamente ceduto a valle.

È prevista la messa in sicurezza delle strade, del versante ed il ripristino dei muri laterali. L’intervento comprende la realizzazione di un sistema di micropali con tiranti, di un rafforzamento corticale con riprofilatura delle parti di versante potenzialmente instabili, il ripristino dei muri in sasso a protezione delle sedi stradali.



“Strada al Castello” _ Muro in frana



“Strada al Castello” _ Versante in frana



“Strada per la Chiesa di San Giorgio” _ Muro a monte fessurato



“Strada per la Chiesa di San Giorgio” _ Cedimento strada

In particolare, allo stato attuale il muro Sulla “Strada al Castello” presenta aree caratterizzate da deformazioni secondo un processo di “spanciamento” lungo tutta la superficie, identificato da una mancanza di linearità e da pietre in fase di distacco. Oltre un certo limite di deformazione, si ha la perdita di stabilità in alcuni degli elementi impiegati nel paramento esterno e, dunque, la formazione di mancanze che possono mettere in crisi la stabilità complessiva del muro.

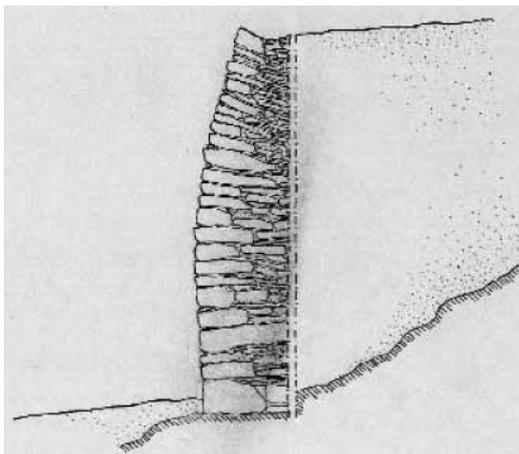
Si riportano di seguito immagini del 2022 e 2024. La spinta della parte di terreno a monte, generata dalla superficie di scivolamento del movimento franoso, e la perdita di capacità portante (evidenziata dalla non planarità della sede stradale), sono concause dello “spanciamento” del muro e la perdita di elementi lapidei.



Vista d'insieme dell'opera di sostegno allo Stato Attuale _ 2024



Vista d'insieme dell'opera di sostegno allo Stato Attuale _ 2022



Rappresentazione della deformazione

SINTESI DEGLI INTERVENTI

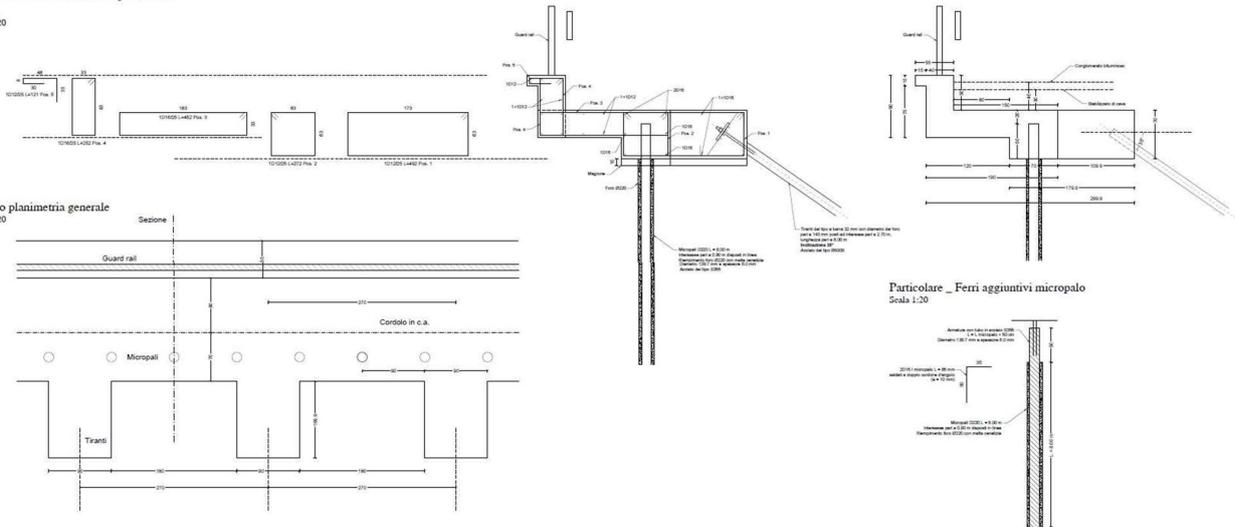
Micropali (paratia) + tiranti – INT.01 – INT.02

Realizzazione di micropali con tiranti e cordolo di sommità in c.a.

Lo sviluppo complessivo risulta pari a circa 47 m ed è suddiviso in INT.01 e INT.02 da eseguirsi rispettivamente sulla “Strada per la Chiesa di San Giorgio Martire” e sulla “Strada al Castello” (rispettivamente di circa 32 m e 15 m).

L’intervento 01 viene realizzato con micropali di diametro 220 mm e lunghezza 8.00 m disposti su un’unica fila (interasse longitudinale 0.90 m) armati con profili tubolari di diametro 139.7 mm e spessore 8.0 mm. Completano la struttura un sistema di tiranti passivi di diametro 140 mm, barra 32 mm e lunghezza 8.00 m posti ad un interasse di 2.70 m, ed un cordolo di sommità in C.A. di altezza 0.70 m. L’intervento 02 prevede micropali di diametro 180 mm e lunghezza 8.00 m disposti su una fila (interasse longitudinale 0.90 m) armati con profili tubolari di diametro 101.6 mm e spessore 8 mm e tiranti passivi di diametro 140 mm, barra 32 mm e lunghezza 8.00 m.

Sezione cordolo in c.a. / micropali / tirante
INT.01
Scala 1:20

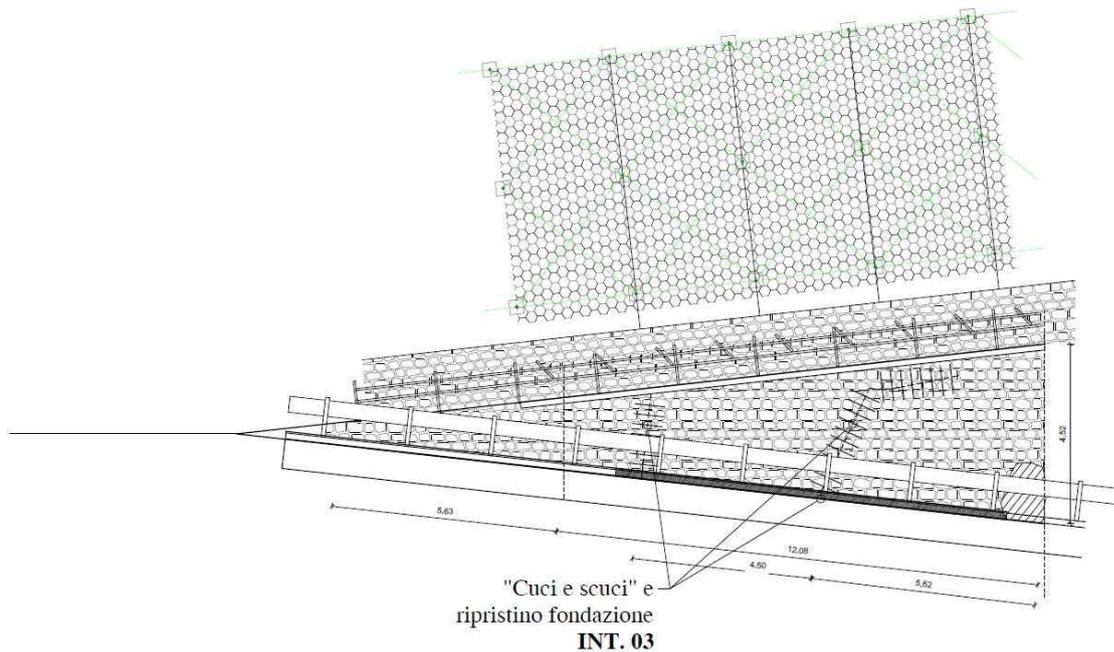


Sezione / Planimetria micropali con tiranti _ INT. 01 / INT.02

Muro a monte della “Strada per la Chiesa di San Giorgio Martire” – INT.03

L'intervento INT.03 riguarda il muro a monte della “Strada per la Chiesa di San Giorgio Martire”. Il paramento murario è caratterizzato da fessure trasversali e longitudinali che interessano l'intero spessore, misurato pari a circa 65 cm. È necessario un intervento di “cuci e scuci” ed il ripristino della sottostante fondazione.

Il lavoro di “cuci e scuci” è un intervento di tipo locale e prevede la regolarizzazione della tessitura muraria nel suo paramento, frontale o nel proprio spessore.



Intervento di “cuci e scuci” e ripristino fondazione _ INT. 03

Rafforzamento corticale e riprofilatura del versante instabile – INT.04

L'intervento INT.04 prevede l'impiego di barre di diametro 25 mm ancorate in perforazioni di diametro 90 mm per una lunghezza pari a 6.00 m. la distanza verticale ed orizzontale tra due ancoraggi pari a 3.00 m.

In dettaglio le lavorazioni in oggetto prevedono:

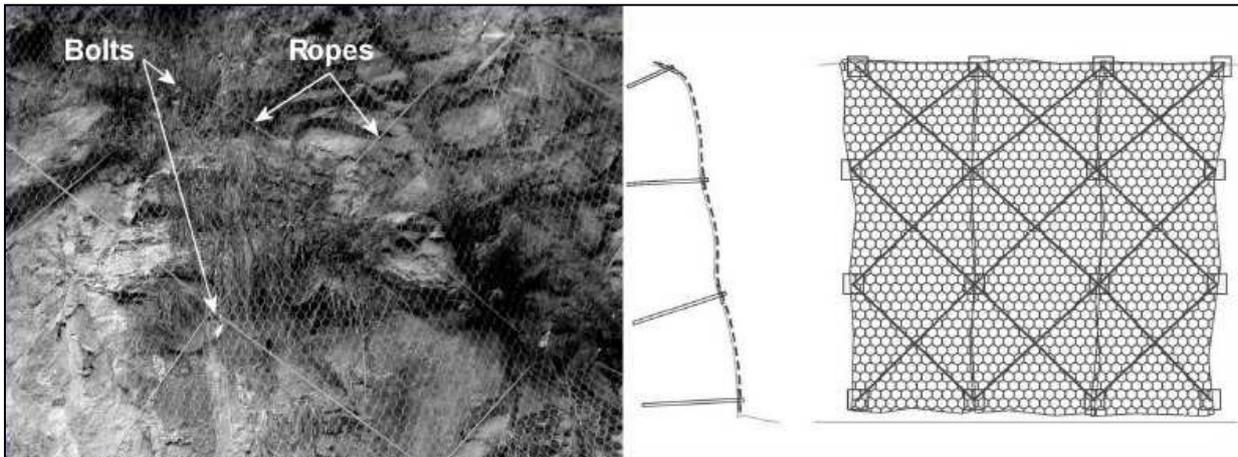
- il posizionamento di un rivestimento di tipo flessibile in rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale + biorete;
- la posa in opera, a cavallo del ciglio, di una fune di sostegno in sommità, di una fune di contenimento al piede.
- la realizzazione di chiodature con barre di diametro 25 mm e lunghezza pari a 6.00 metri, inserite in fori in roccia di diametro 90 mm e opportunamente cementate nei fori mediante iniezione con boiaccia cementizia di classe C25/30 o superiore.

Il rafforzamento corticale, costituito da reti abbinata alla chiodatura sistematica della parete con una maglia di ancoraggi, è un intervento che ha la funzione di:

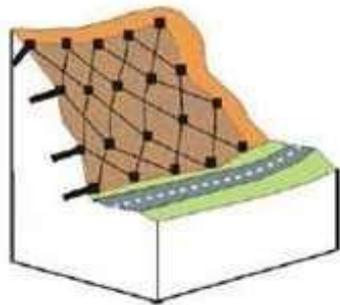
- evitare la genesi del distacco di parti del versante migliorando la stabilità superficiale della parete;
- consolidare e stabilizzare la parte corticale dell'ammasso roccioso / terreno instabile;
- proteggere strade (o centri abitati, ecc.) situate direttamente adiacenti al piede di scarpate di scavo o pendii naturali;
- contenere il distacco di grandi elementi rocciosi in pendii soggetti ad alterazione e degrado della roccia per azione delle piante, dilatazione termica, vento, gelo e disgelo, spinte idrostatiche, ecc.

L'utilizzo di una rete a doppia torsione evita la diffusione dei danni all'interno della struttura a causa di rotture locali dei fili di acciaio.

Gli ancoraggi in parete sono costituiti da barre di acciaio ancorate al terreno che entrano in carico a seguito dei movimenti dell'ammasso. La miscela impiegata in foro è una boiaccia cementizia additivata con prodotti antiritiro che viene iniettata nel foro prima di inserire la barra.



Prospetto tipologico dell'intervento



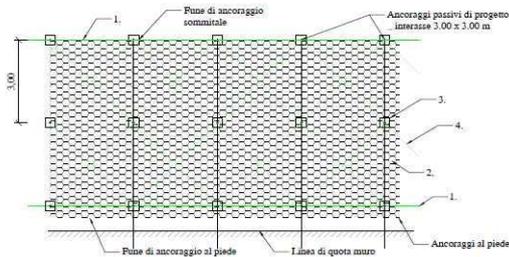
Vista 3D tipologica dell'intervento

NOTA:

Necessario un continuo monitoraggio delle reti, che a seguito di moti franosi non devono presentare eccessive deformazioni e formazioni di tasche di volume instabile.

Rafforzamento corticale rete + biostuoia con ancoraggi in maglia quadrata - INT. 04
Scala 1:100

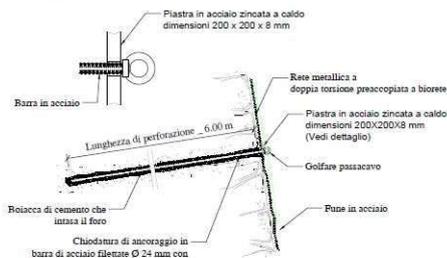
1. Fune di ancoraggio sommitale / al piede in acciaio diam. 16 mm
2. Rete metallica a doppia torsione tipo "geocomposito antierosivo ARCO FORT 700" a maglia esagonale tessuta con filo di acciaio diam. 3,40 mm rivestito con ZNAL lega eutettica Zn-Al. Test realizzati secondo la norma UNI-EN 10223-2. Test a punzonamento in accordo UNI-EN 11437. Filo di bordatura diam. 3,90 e filo di legatura diam. 2,20. Rete preaccoppiata ad una biorette in fibra naturale 100% cocco 700gr/mq
3. Piastre di ripartizione in acciaio zincate a caldo 200 x 200 x 8 mm
4. Posa in opera di reticolo di contenimento di 3,00 x 3,00 ml, costituito da orditura romboidale in fune metallica con diam. 12 mm



FASE ESECUTIVE:

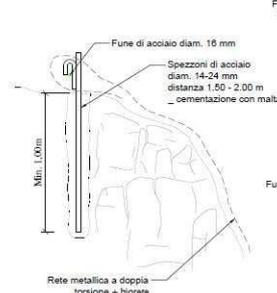
1. Riprofilatura del versante _ disaggancio di roccia pericolante e delle ceppaie
2. Realizzazione di ancoraggi di lunghezza 5,00 m e diametro di perforazione 90 mm utilizzando barre in acciaio di 24 mm;
3. Cementazione delle barre di ancoraggio con iniezione di boiaccia
4. Posa in opera di pannello di rete + biostuoia, piastre e funi di contenimento

Particolare tipo 1: Ancoraggio
Scala: F.S.

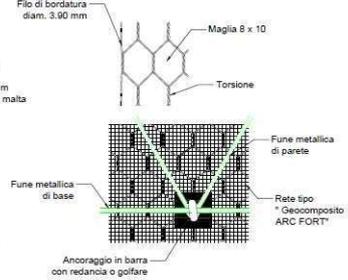


Nota
In fase di realizzazione l'interasse degli ancoraggi può ridursi in funzione della morfologia della parete da rafforzare

Particolare tipo 2: Sistema di ancoraggio in sommità
Scala: F.S.



Particolare tipo 3: Descrizione materiale / ancoraggio
Scala: F.S.



Muro in pietra con chiave e tirante – INT.05

Il tratto di muro da ripristinare ha uno sviluppo longitudinale pari a circa 15 m.

L'intervento INT.05 prevede la realizzazione di un muro in pietra di altezza pari a circa 1.60 m e fondazione in c.a. È necessario l'inserimento di un congruo numero di barre di ancoraggio al fine di contenere la spinta agente sul muro. I tiranti hanno lunghezza pari a 10.00 m, diametro 28 mm in fori D90 mm e sono organizzate su N° 1 fila alla quota -0.80 rispetto alla sommità del paramento disposte ad interasse 1.50 m.

Inoltre, è la realizzazione nuovi barbacani ad integrazione di quelli già esistenti al fine di eliminare le sovrappressioni esercitate dalle acque meteoriche che permeano a tergo dell'opera.

La sezione tipologica dell'opera è riportata nella successiva figura.

Anteriormente al muro è contestualmente previsto il ripristino della pavimentazione stradale.

Sezione muro in c.a. e pietra

INT. 05

Scala 1:20

NOTE MATERIALI

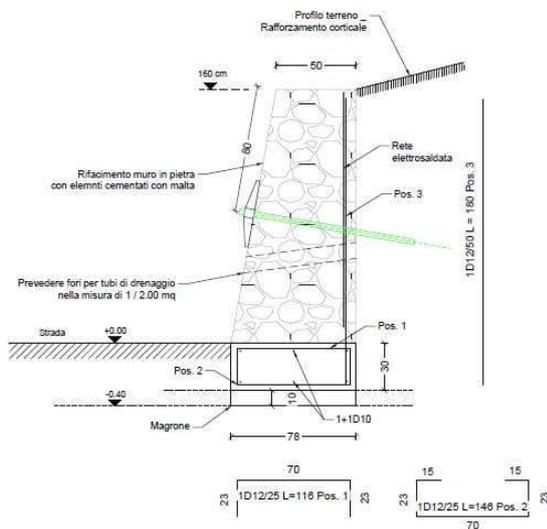
Calcestruzzo per opere di fondazione: C25/30 (Rck 300)

Consistenza: S4

Classe di esposizione: XC2

Copriferro minimo : 3.5 cm

Acciaio per barre da C.A. tipo B450C controllato in stabilimento
fyk=4500 daN/cm² fyd=3900 daN/cm²



Particolare chiave e tirante

INT. 05

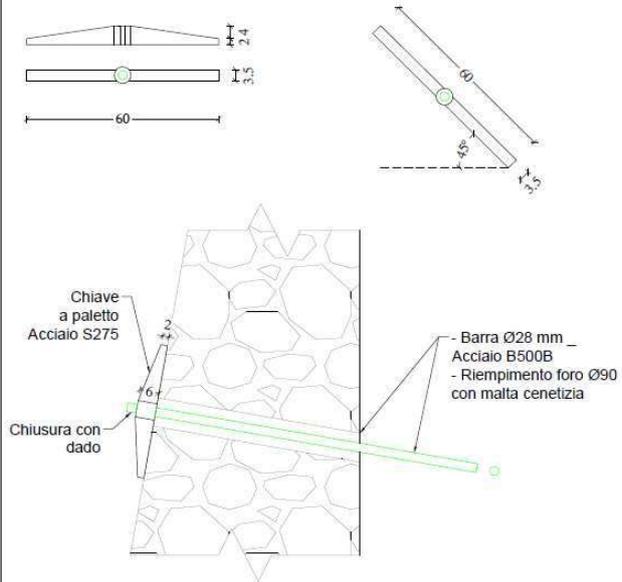
Scala 1:10

NOTE MATERIALI

Acciaio per capochiave S275 _ fyk = 2750 daN/cm²

Acciaio per tiranti B500B _ fyk: 500 MPa

I micropali ed i tiranti andranno gettati con malta cementizia confezionata con cemento Rck 425 dosato a 6 Q.li / mc.



Muro in pietra con chiave e tirante _ INT. 05

2 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

2.1 Normative di riferimento

Il dimensionamento è stato eseguito in conformità alle vigenti Norme Tecniche, tenendo presenti le caratteristiche, le qualità e le dosature dei materiali da impiegarsi nelle opere da costruire.

In particolare la valutazione dei carichi e dei sovraccarichi ed i calcoli degli elementi strutturali sono stati eseguiti secondo quanto indicato nel D.M. 17 gennaio 2018 riferito all'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

I calcoli sismici sono stati effettuati in osservanza alla Legge 2 febbraio 1974 n.64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche", al D.M. 17 gennaio 2018 riferito all'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare applicativa n. 7 del 21 gennaio 2019.

2.2 Valutazioni della sicurezza e delle prestazioni attese

Le opere in progetto si configurano come 'nuove costruzioni' ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018.

Complessivamente, ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018, la valutazione della sicurezza è stata condotta con riferimento ai seguenti stati limite:

Ambito statico

- Stato Limite Ultimo
- Stato Limite di Esercizio Raro
- Stato Limite di Esercizio Frequente
- Stato Limite di Esercizio Quasi Permanente

Ambito sismico

- Stato Limite di Salvaguardia della Vita
- Stato Limite di Danno

2.3 Caratterizzazione sismica

Ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 le strutture risultano classificate come costruzioni di tipo 2 (“opere infrastrutturali di importanza normale” – $V_N = 50$ anni) e Classe d’uso II (Opere infrastrutturali, reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso III o in Classe d’uso IV _ $C_u = 1.0$).

Si assume quindi come periodo di riferimento per l’azione sismica:

$$V_R = V_N \times C_u = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni}$$

Il sito di costruzione ricade in zona sismica 2, più in particolare le coordinate del sito (ED50) sono le seguenti:

Latitudine: 44.25508

Longitudine: 9.914604

Per quanto riguarda la caratterizzazione del suolo si è fatto riferimento alla Relazione geologica a cura del Dott. Geol. Francesco Giusti. In tale relazione il suolo, non suscettibile di liquefazione, è stato classificato come di “Categoria B”. Il valore del coefficiente di sottosuolo S_S verrà quindi valutato con riferimento ai diversi Stati Limite.

Sempre sulla base di quanto illustrato nella suddetta relazione, il sito può essere classificato come appartenente alla categoria topografica T3, in accordo con essa per il coefficiente topografico S_T si assume par a 1.200.

In accordo con quanto previsto dal DM Infrastrutture 17 gennaio 2018, la valutazione della sicurezza in ambito sismico è stata condotta adottando il metodo pseudostatico. Sono stati determinati i seguenti coefficienti inerziali k_h (orizzontale) e k_v (verticale) in funzione della categoria di sottosuolo e del tipo di opera per cui varia il coefficiente β_m .

$$k_h = (S_S \cdot S_T \cdot a_g/g) \cdot \beta_m; \text{SLV} _ K_{h \text{ mri di sost.}} = 0.096; K_{h \text{ paratie}} = 0.132; K_{h \text{ stab pendii}} = 0.061$$

dove:

$a_g = 0.165$ g accelerazione attesa al sito in esame in ambito SLV su suolo rigido

$S_S = 1.20 - \text{SLD} / 1.20 - \text{SLV}$ _ Suolo “Categoria B”

$S_T = 1.200$

$\beta_m = 0.380$ _ Muri di sostegno

$\beta_m = 0.520$ _ Paratie

$\beta_m = 0.240$ _ Stabilità dei pendii

In accordo con quanto indicato dal precedente par. 7.11.6.3 per le paratie si può porre $a_v = 0$

2.4 Modello di calcolo strutturale

2.4.1 Caratteristiche del modello di calcolo

Micropali con tiranti – INT.01 - INT.02

Il dimensionamento e la verifica strutturale / geotecnica sono state eseguite utilizzando il programma di calcolo “PAC 16” della società “Aztec Informatica S.r.L” di Casole Bruzio (CS).

Per la verifica della sicurezza strutturale e geotecnica locale è stato messo a punto un modello di calcolo piano di tipo pseudo - statico, per le caratteristiche si rimanda alla “Relazione Geotecnica”, che costituisce parte integrante del presente progetto esecutivo.

Da un punto di vista strutturale, le verifiche di resistenza dei diversi elementi vengono svolte in automatico dal programma di calcolo.

Muro in pietra con chiave e tirante – INT.05

Il dimensionamento e la verifica strutturale / geotecnica è stata eseguita utilizzando il programma di calcolo “MAX 16” della società “Aztec Informatica S.r.L” di Casole Bruzio (CS) ed il programma “cdt _ Calcolo dei tiranti”.

Per la verifica della sicurezza strutturale e geotecnica locale è stato messo a punto un modello di calcolo piano di tipo pseudo - statico, per le caratteristiche si rimanda alla “Relazione Geotecnica”, che costituisce parte integrante del presente progetto esecutivo.

Da un punto di vista strutturale, le verifiche di resistenza dei diversi elementi (paramento, fondazione) vengono svolte in automatico dal programma di calcolo.

Rafforzamento corticale – INT.04

Il calcolo necessario al dimensionamento del sistema di rivestimento corticale del versante instabile è costituito da reti metalliche ed ancoraggi in barra. In riferimento alle vigenti NTC 2018, è stata condotta un’analisi di tipo pseudostatico, in cui gli effetti sismici vengono ricondotti ad un incremento di spinta attraverso i coefficienti inerziali orizzontale k_h e verticale k_v . L’intervento può essere considerato come “intervento di stabilizzazione” secondo quanto riportato al punto 6.3.5 della NTC 2018.

Per ulteriori dettagli si rimanda al documento: “Fascicolo dei calcoli _ Relazione geotecnica”.

2.4.2 Azioni elementari di calcolo

In accordo con quanto previsto dal Cap. 3 del D.M. 17 gennaio 2018 e la relativa Circolare Esplicativa, sono state prese in considerazione le condizioni elementari relative ai carichi permanenti strutturali (G1), non strutturali (G2), variabili di esercizio (Q) ed azione eccezionale (E).

- Carichi permanenti (pesi propri degli elementi strutturali) _ G1
 - Pesì propri degli elementi strutturali
 - Acciaio: 78.50 [kN/m³]
 - C.A.: 25.00 [kN/m³]
- Carichi permanenti (pesi) _ G1
 - Pesì dei terreni
 - Strato 01: 19.00 [kN/m³]
 - Strato 02: 22.00 [kN/m³]
 - Strato 03: 24.00 [kN/m³]
- Carico permanente non strutturale _ G2
 - Carico parapetto: 0.50 [kN/m]
 - Sovraccarico pavimentazione stradale: 3.00 [kN/m²]
 - Pav. stradale _ congl. bituminoso: 20.00 [kN/m³]
 - Sottofondo stabilizzato a cava : 18.00 [kN/m³]
- Sovraccarico accidentale _ strada _ Q
 - Sovraccarico distribuito traffico veicolare: 20.00 [kN/m²]
- Azione eccezionale
 - Automobile su barriera di sicurezza (par. 3.6.3.3.2): 100.00 [kN]

2.4.3 Combinazioni di calcolo

Le combinazioni di calcolo sono state sviluppate in accordo a quanto prescritto ai par. 2.5.2 – 2.5.3 – 6.5.3.1.1 del D.M. 17 gennaio 2018, tenendo conto dei coefficienti parziali indicati nelle tabelle 2.5.I – 6.2.I – 6.2.II (“Approccio 2”), partendo dai seguenti ambienti di combinazione.

Micropali (paratia) + tiranti – INT.01

- Ambiente 1 (ambiente statico) _ Ambiente 2 (ambiente sismico)

Combinazioni di carico

Combinazioni di base definite/generate (3)

Combinazione	Sismica
Combinazione 1 / 3	<input type="checkbox"/>
Combinazione 2 / 3	<input type="checkbox"/>
Combinazione 3 / 3	<input checked="" type="checkbox"/>

Aggiungi
Elimina
Genera
Elimina tutte

Condizioni definite

Traffico veicolare (Vtf)
Pavimentazione stradale (Pns)
Urto da traffico (A)
Pav. + guar rail (Pns)
Carico soletta + veletta (P)
Carico variabile da traffico (Vtf)

Condizioni della combinazione 1/3

n°	Condizione	C.P.
1	Spinta terreno	1.00
2	Pavimentazione stradale (Pns)	1.00
3	Pav. + guar rail (Pns)	1.00
4	Carico soletta + veletta (P)	1.00
5	Traffico veicolare (Vtf) [D]	1.00
6	Carico variabile da traffico (Vtf)	0.70

Genera combinazioni di calcolo Chiudi Help

Combinazioni di carico

Combinazioni di base definite/generate (3)

Combinazione	Sismica
Combinazione 1 / 3	<input type="checkbox"/>
Combinazione 2 / 3	<input type="checkbox"/>
Combinazione 3 / 3	<input checked="" type="checkbox"/>

Aggiungi
Elimina
Genera
Elimina tutte

Condizioni definite

Traffico veicolare (Vtf)
Pavimentazione stradale (Pns)
Urto da traffico (A)
Pav. + guar rail (Pns)
Carico soletta + veletta (P)
Carico variabile da traffico (Vtf)

Condizioni della combinazione 2/3

n°	Condizione	C.P.
1	Spinta terreno	1.00
2	Pavimentazione stradale (Pns)	1.00
3	Pav. + guar rail (Pns)	1.00
4	Carico soletta + veletta (P)	1.00
5	Traffico veicolare (Vtf)	0.70
6	Carico variabile da traffico (Vtf) [D]	1.00

Genera combinazioni di calcolo Chiudi Help

Combinazioni di carico

Combinazioni di base definite/generate (3)

Combinazione	Sismica
Combinazione 1 / 3	<input type="checkbox"/>
Combinazione 2 / 3	<input type="checkbox"/>
Combinazione 3 / 3	<input checked="" type="checkbox"/>

Aggiungi
Elimina
Genera
Elimina tutte

Condizioni definite

Traffico veicolare (Vtf)
Pavimentazione stradale (Pns)
Urto da traffico (A)
Pav. + guar rail (Pns)
Carico soletta + veletta (P)
Carico variabile da traffico (Vtf)

Condizioni della combinazione 3/3

n°	Condizione	C.P.
1	Spinta terreno	1.00
2	Traffico veicolare (Vtf)	0.60
3	Pavimentazione stradale (Pns)	1.00
4	Pav. + guar rail (Pns)	1.00
5	Carico soletta + veletta (P)	1.00
6	Carico variabile da traffico (Vtf)	0.60

Genera combinazioni di calcolo Chiudi Help

Comune di Tresana (MS)

Mitigazione movimento gravitativo con messa in sicurezza della strada interna al castello di Tresana
CUP: F28H22000860001

Micropali (paratia) + tiranti – INT.02

– Ambiente 1 (ambiente statico) _ Ambiente 2 (ambiente sismico)

Combinazioni di carico

Combinazioni di base definite/generate (2)

Combinazione	Sismica
Combinazione 1 / 2	<input type="checkbox"/>
Combinazione 2 / 2	<input checked="" type="checkbox"/>

Aggiungi
Elimina
Genera
Elimina tutte

Condizioni definite

Traffico veicolare (Vtf)
Pavimentazione stradale (Pns)

>>
<<

Condizioni della combinazione 1/2

n°	Condizione	C.P.
1	Spinta terreno	1.00
2	Pavimentazione stradale (Pns)	1.00
3	Traffico veicolare (Vtf) [D]	1.00

Genera combinazioni di calcolo Chiudi Help

Combinazioni di carico

Combinazioni di base definite/generate (2)

Combinazione	Sismica
Combinazione 1 / 2	<input type="checkbox"/>
Combinazione 2 / 2	<input checked="" type="checkbox"/>

Aggiungi
Elimina
Genera
Elimina tutte

Condizioni definite

Traffico veicolare (Vtf)
Pavimentazione stradale (Pns)

>>
<<

Condizioni della combinazione 2/2

n°	Condizione	C.P.
1	Spinta terreno	1.00
2	Traffico veicolare (Vtf)	0.60
3	Pavimentazione stradale (Pns)	1.00

Genera combinazioni di calcolo Chiudi Help

Comune di Tresana (MS)

Mitigazione movimento gravitativo con messa in sicurezza della strada interna al castello di Tresana
CUP: F28H22000860001

Muro in pietra con chiave e tirante – INT.05

– Ambiente 1 (ambiente statico) _ Ambiente 2 (ambiente sismico)

Combinazioni di carico

Combinazioni di base definite/generate (2)

Combinazione	Sismica
Combinazione 1 / 2	<input type="checkbox"/>
Combinazione 2 / 2	<input checked="" type="checkbox"/>

Aggiungi
Elimina
Genera
Elimina tutte

Condizioni definite

Carico veicolo (V)

Condizioni della combinazione 1/2

n°	Condizione	C.P.
1	Peso proprio	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Carico veicolo (V) [D]	1.00

Genera combinazioni di calcolo Chiudi Help

Combinazioni di carico

Combinazioni di base definite/generate (2)

Combinazione	Sismica
Combinazione 1 / 2	<input type="checkbox"/>
Combinazione 2 / 2	<input checked="" type="checkbox"/>

Aggiungi
Elimina
Genera
Elimina tutte

Condizioni definite

Carico veicolo (V)

Condizioni della combinazione 2/2

n°	Condizione	C.P.
1	Peso proprio	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Carico veicolo (V)	0.00

Genera combinazioni di calcolo Chiudi Help

2.5 Analisi e verifiche svolte con l'ausilio dell'elaboratore

2.5.1 Analisi svolte

Micropali con tiranti

E' stata condotta un'analisi lineare di tipo pseudostatico, in cui gli effetti sismici vengono ricondotti ad un incremento di spinta attraverso i coefficienti inerziali orizzontale k_h e verticale k_v così come definiti al precedente paragrafo. L'incremento di spinta è stato assunto con andamento rettangolare lungo l'altezza.

Muro in pietra con chiave e tirante

Sulla modello di calcolo piano del muro è stata condotta un'analisi lineare di tipo pseudostatico, in cui gli effetti sismici vengono ricondotti ad un incremento di spinta attraverso i coefficienti inerziali orizzontale k_h e verticale k_v così come definiti al precedente paragrafo. L'incremento di spinta è stato assunto con andamento rettangolare lungo l'altezza. In ambito statico la spinta è stata assunta in condizioni attive e valutata utilizzando il metodo di Cullmann.

Per ulteriori dettagli si rimanda al documento: "Fascicolo dei calcoli" _ "Relazione geotecnica".

2.5.2 Verifiche svolte

Micropali con tiranti - Muro di sostegno in pietra

Le opere in C.A. sono state verificate ai sensi di quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 ai par. 4.1 (ambito statico) e 7.11.6.2.2 (ambito sismico). Sono state svolte le seguenti verifiche:

- Stato Limite Ultimo (SLU-SLV)
 - Verifica di resistenza a pressoflessione
 - Verifica di resistenza a taglio
- Stato Limite di esercizio (SLE)
 - Verifica delle tensioni di esercizio (combinazione rara, frequente e quasi permanente)
 - Verifica a fessurazione

Rafforzamento corticale (chiodatura + rete)

Le verifiche strutturali in oggetto sono state effettuate utilizzando l'Approccio 2 che prevede la combinazione (A1-M1-R3).

Da un punto di vista strutturale le opere in acciaio (Tiranti di ancoraggio e rete) sono state verificate ai sensi di quanto previsto dal DM Infrastrutture 17 gennaio 2018.

Con riferimento allo Stato Limite Ultimo (SLU-SLV), sono state svolte le seguenti verifiche:

- Verifica di *resistenza dell'elemento* in acciaio barra / fune, controllando la condizione:

$F_S = R_f / E_d$ _ dove $R_f = (A_s \cdot f_{yk}) / g_s$, essendo $g_s = 1.15$ il coefficiente di sicurezza dell'acciaio di cui sono costituite le barre di ancoraggio

- Verifica di resistenza a *sfilamento acciaio – malta*, controllando la seguente condizione:

$F_S = R_{bm} / E_d$ _ dove $R_{bm} = [(\pi \cdot \phi_b \cdot L) \cdot (f_{bk} / 1.50)] / g_C$, con:

- f_{bk} tensione tangenziale caratteristica di aderenza della malta secondo la formula 4.1.7 del DM Infrastrutture 17 gennaio 2018 (equiparata ad un calcestruzzo di classe C25/30). Tale valore viene ridotto secondo il fattore 1.50 per tener conto dello stato di sollecitazione a trazione che impegna l'ancoraggio)
- ϕ_b è il diametro della barra di ancoraggio;
- $g_C = 1.50$ è il coefficiente di sicurezza del calcestruzzo.
- Verifica di resistenza a *sfilamento bulbo / substrato*, controllando la seguente condizione:
 $F_S = R_{bulb} / E_d$ _ dove $R_{bulb} = L_{bulb} \cdot (2 \cdot \pi \cdot r) \cdot \tau_{bulb} / \xi_{a4} / g_{rap}$, con:
 - τ_{bulb} aderenza media bulbo terreno
 - ξ_{a4} coeff. riduttivo verticali indagate
 - g_{rap} coeff. riduttivo ancoraggi permanenti
- Verifica di resistenza a trazione della rete:
 $F_S = R_{tr_rete} / E_d$ _ dove $R_{tr_rete} = R_{tr_u_rete} \cdot I_x$, con:
 - $R_{tr_u_rete}$ resistenza a trazione unitaria della rete
 - I_x interasse chiodatura

Per ulteriori dettagli si rimanda al "Fascicolo dei calcoli".

2.6 Sintesi ed attendibilità dei risultati

La valutazione della sicurezza delle opere in progetto è stata condotta in ambito statico e in ambito sismico con riferimento sia allo Stato Limite Ultimo sia allo Stato Limite di Esercizio.

Micropali (paratia) - Muro in pietra

(rif. "Fascicolo dei calcoli")

Si rimanda a quanto illustrato ai precedenti paragrafi "Caratteristiche modello" e "Analisi svolta"

Affidabilità dei codici di calcolo:

L'affidabilità dei programmi impiegati è comprovata dal fatto che essi sono in commercio da molti anni e sono stati fino ad oggi utilizzati per la progettazione e verifiche di strutture da molti tecnici. Il sottoscritto ha inoltre provveduto ad esaminare la documentazione sulla validazione dei codici di calcolo resa disponibile dai produttori del software ed a modellare ed analizzare con i suddetti software i file di esempio forniti dai produttori.

Validazione dei codici di calcolo:

Non è stata richiesta dal Committente calcoli a cura di altro tecnico con altri programmi di calcolo.

Modalità di presentazione dei risultati:

Si riportano nei paragrafi a seguire alcune informazioni di sintesi desunte dai tabulati di calcolo contenuti nel "Fascicolo dei calcoli", parti integranti del presente progetto esecutivo.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati:

Nell'ottica di accettare consapevolmente i risultati ottenuti e validare quanto assunto in sede di progetto, lo scrivente progettista ha provveduto sia a verificare per via grafica sia manuale le sollecitazioni ottenute mediante calcolo automatico sia a controllare le più significative verifiche di resistenza e deformabilità.

Si rimanda alla "Relazione geotecnica" per la validazione delle verifiche svolte in ambito geotecnico.

2.6.1 Micropali con tiranti _ INT.01 - INT.02

2.6.1.1 Sintesi dei risultati

Si riportano qui di seguito le massime sollecitazioni che impegnano la fila di tiranti nelle diverse combinazioni di carico in sequenza per i tre interventi INT.01, INT.02. Si rimanda ai tabulati di calcolo per i risultati completi sul sistema micropali e tiranti.

Y [m]	nt	N [kN]	R [kN]	L [m]	Lf [m]	sf [kg/cmq]	Fs
0.35	15	206.35	210.82	8.00	7.00	2616.24	1.49

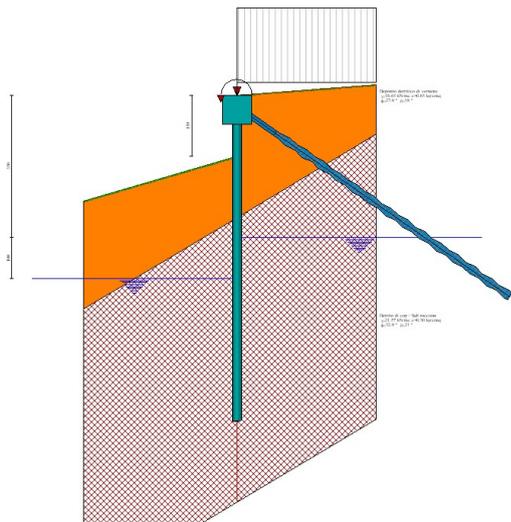
Comb n°	h [m]	N [kN]	u [cm]	L [m]	Lf [m]	N/ml [kN]
1 * SLU - STR (A1-M1-R3)	1.50	104.17	0.1101	5.60	4.60	33.25 * 23.28
2 * SLU - STR (A1-M1-R3)	1.50	108.65	0.1176	5.70	4.70	34.68 * 24.28
3 * SLV - GEO (A2-M2-R1)	1.50	91.83	0.0959	4.80	3.80	29.31 * 20.52
4 * SLV - GEO (A2-M2-R1)	1.50	94.41	0.1013	4.90	3.90	30.13 * 21.10
5 * SLV - GEO (A2-M2-R1)	1.50	95.59	0.0963	4.90	3.90	30.51 * 21.36
6 * Eccezionale	1.50	206.35	0.1881	5.60	4.60	65.86 * 46.11
7 * SLE - Rara	1.50	74.02	0.0794	3.50	2.50	23.62 * 16.54
8 * SLE - Frequente	1.50	67.96	0.0734	3.40	2.40	21.69 * 15.19
9 * SLE - Quasi permanente	1.50	66.55	0.0722	3.40	2.40	21.24 * 14.87
10 * SLE - Rara	1.50	77.44	0.0850	3.60	2.60	24.72 * 17.31
11 * SLE - Frequente	1.50	68.91	0.0751	3.40	2.40	21.99 * 15.40
12 * SLD	1.50	69.89	0.0750	3.50	2.50	22.31 * 15.62

Micropali + paratia _ INT.01

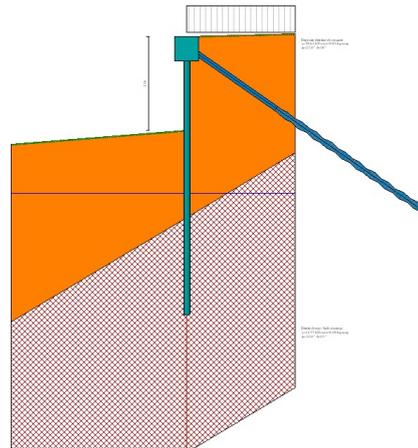
Y [m]	nt	N [kN]	R [kN]	L [m]	Lf [m]	sf [kg/cmq]	Fs
0.35	5	86.18	176.91	8.00	5.00	1092.68	1.79

Comb n°	h [m]	N [kN]	u [cm]	L [m]	Lf [m]	N/ml [kN]
1 * SLU - STR (A1-M1-R3)	2.70	50.47	0.1194	5.30	2.30	13.78 * 9.65
2 * SLU - GEO (A2-M2-R1)	2.70	55.89	0.1320	5.20	2.20	15.26 * 10.69
3 * SLV - GEO (A2-M2-R1)	2.70	86.18	0.2026	5.80	2.80	23.53 * 16.48
4 * SLE - Rara	2.70	32.16	0.0767	4.10	1.10	8.78 * 6.15
5 * SLE - Frequente	2.70	30.66	0.0732	4.00	1.00	8.37 * 5.86
6 * SLE - Quasi permanente	2.70	30.20	0.0722	4.00	1.00	8.25 * 5.77
7 * SLD	2.70	37.60	0.0894	4.20	1.20	10.27 * 7.19

Micropali + paratia _ INT.02



Micropali + paratia _ INT.01



Micropali + paratia _ INT.02

2.6.1.2 Verifica a trazione dei tiranti

Si riporta la verifica a trazione del tirante adottando come sollecitazioni di calcolo quelle derivanti dal modello di calcolo, si considera il caso “Eccezionale” Int. 01 in quanto maggiormente significativo.

Lo sforzo di progetto del tirante risulta pari a $N_{Ed} = 206.35$ [kN].

Il tirante è costituito da una barra con diametro pari 32 mm in acciaio B500B, inseriti in una perforazione di diametro 140 mm.

Si rimanda alla “Relazione geotecnica e delle fondazioni” per le verifiche di carattere geotecnico (sfilamento della fondazione del tirante).

Verifica di resistenza delle barre

L’ancoraggio è caratterizzato da una resistenza di calcolo N_{Rd} pari a:

$$\begin{aligned} N_{Rd} &= (A_s \cdot f_{yk}) / g_s = \\ &= (804 \cdot 500) / 1.15 = \\ &= 349.57 \text{ kN} > N_{Ed} = 206.35 \text{ [kN]} \quad \rightarrow \text{VERIFICATO} \end{aligned}$$

Verifica di aderenza barra – malta

Ai fini del calcolo si assumono le seguenti ipotesi:

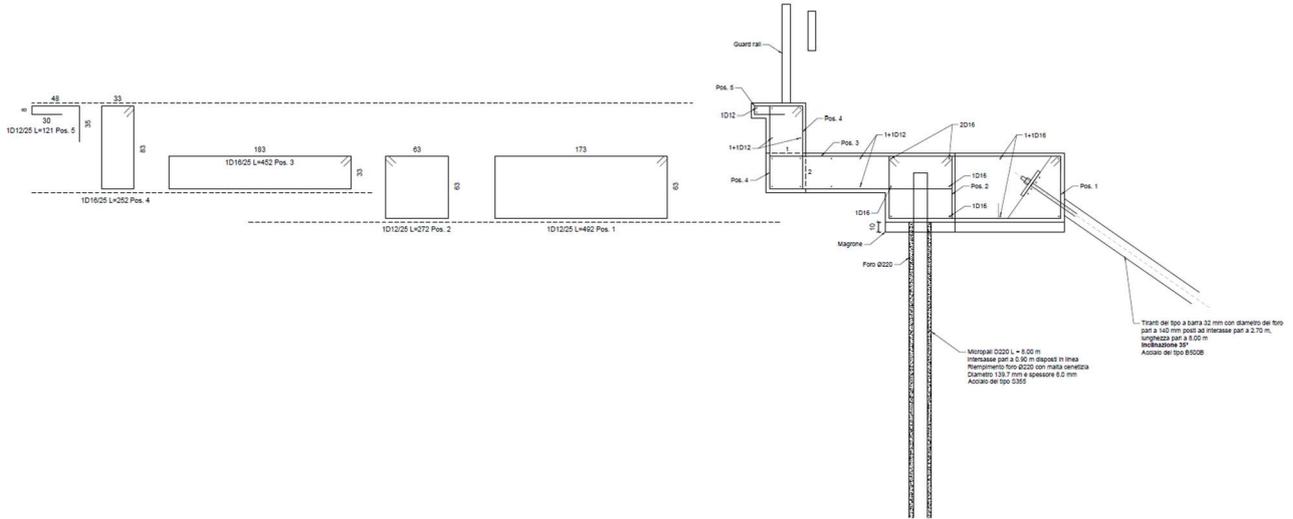
- Classe di resistenza malta: assimilata a C25/30 ($f_{bk} = 4.05$ MPa)
- Lunghezza di ancoraggio (tratto iniettato): 7 m
- Diametro barra: 32 mm

Alla luce di quanto sopra si ha:

$$\begin{aligned} N_{Rd} &= (f_{bk} / 1.50) / g_C \cdot A_{lat} = \\ &= (4.05/1.50) / 1.50 \cdot (7000 \cdot \pi \cdot 32) = \\ &= 1266.69 \text{ kN} > N_{Ed} = 206.35 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{VERIFICATO} \end{aligned}$$

2.6.1.3 Verifica locale del cordolo

Sul cordolo verrà posizionata una barriera di sicurezza stradale. L'ancoraggio al cordolo viene realizzato con 4 barre filettate. Il cordolo è realizzato con calcestruzzo C25/30 ed ha le dimensioni riportate di seguito.



In corrispondenza della sezione 1 il momento flettente e taglio valgono:

$$M = 100 \text{ KN} \times 0.665 \text{ m} + 100 \text{ KN} \times 0.50 \text{ m} = 116.5 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$T = 100 \text{ KN}$$

La sezione viene verificata supponendo che le sollecitazioni si distribuiscono a 45° dalla piastra di base del montante alla quota della sezione. Si ottiene una sezione di dimensioni pari a 120 cm x 40 cm armata in funzione del passo delle staffe 1 φ 16/25.

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The title is 'Sez_1_1'. The section is defined as a rectangular section with width b=120 cm and height h=40 cm. The reinforcement consists of 2 bars with area As=10.05 cm² and diameter d=4.3 cm. The material is concrete C25/30 and steel B450C. The applied load is N=0 kN and M=116.5 kNm. The software calculates the design moment M_{Ed}=137.5 kNm and the design stress σ_c=-14.17 N/mm². The design stress ratio is x/d=0.1034. The software also shows the design stress ratio for steel σ_s/f_{cd}=0.8 and the design stress ratio for concrete σ_c/f_{cd}=0.6.

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	120	40	1	10.05	4.3
			2	10.05	35.7

Materiali	C25/30	B450C
ε _{su}	2.0 ‰	67.5 ‰
f _{yd}	3.5 N/mm²	391.3 N/mm²
E _s	14.17 N/mm²	200.000 N/mm²
ε _s /ε _c	0.8	15
ε _{syd}	9.75 ‰	1.957 ‰
σ _{s,adm}	0.6 N/mm²	255 N/mm²
τ _{c1}	1.829	

Comune di Tresana (MS)

Mitigazione movimento gravitativo con messa in sicurezza della strada interna al castello di Tresana
CUP: F28H22000860001

Verifica a TAGLIO allo SLU - elementi privi di staffe

Normativa di riferimento:

NTC2018 - D.M. 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni
Circolare n.7 del 21/1/2019 - Istruzioni per l'applicazione delle NTC

Dati geometrici

b =	120.00	cm	Base della sezione (larghezza minima della sezione)
h =	40.00	cm	Altezza della sezione
d' =	3.50	cm	Copriferro

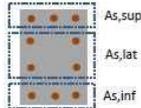
Materiali

Cl: C25/30
Acciaio: B450C
Strutture nuove o esistenti:
Nuova costruzione

Armatura longitudinale tesa

Inserire solo i ferri di armatura in trazione

	n	φ	A _s [mm ²]
A _{s, sup}	5	16	1005
A _{s, inf}	5	16	1005
A _{s, lat}	0	16	0



Sollecitazioni

V _{Ed,z} =	100.00	kN	Taglio sollecitante direz. Z
N _{Ed} =	0.00	kN	Sforzo normale (solo per i pilastri)

Tagli resistenti in direzione Z

V _{Rd,z} =	206.31	kN	
V _{Rd,z} =	175.96	kN	
V _{Rd,z} =	206.31	kN	Resistenza a taglio di progetto - max(V _{Rd,z1} ; V _{Rd,z2})

Verifica di resistenza a taglio				Ed/Rd	Esito		
V _{Ed,z} =	100.00	≤	V _{Rd,z} =	206.31	kN	0.48	Positivo

In corrispondenza della sezione 2 il momento flettente e taglio valgono:

$$M = 100 \text{ KN} \times 0.665 \text{ m} + 100 \text{ KN} \times 0.70 \text{ m} = 136.5 \text{ KNm}$$

$$T = 100 \text{ KN}$$

La sezione viene verificata a tensoflessione supponendo che le sollecitazioni si distribuiscano a 45° dalla piastra di base del montante alla quota della sezione. Considerando 70 cm la distanza tra la piastra ed il punto medio della sezione di verifica della soletta, si ottiene una sezione di dimensioni pari a 300 cm x 40 cm armata in funzione del passo delle staffe 1 φ 16/25.

2.6.1.4 Verifica a flessione, taglio e torsione del cordolo

L'elemento in questo caso può essere schematizzato come una trave vincolata ai tiranti, supposta in semplice appoggio, sollecitata da un'azione orizzontale distribuita agente in direzione orizzontale. A favore di sicurezza non si considera l'influenza dei micropali.

La luce di calcolo è 2.70 m (interasse tra i tiranti), mentre l'azione agente risulta essere:

$$M = 100 \text{ KN} \times 0.665 \text{ m} + 100 \text{ KN} \times 0.70 \text{ m} = 136.5 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$T = 100 \text{ KN}$$

Siccome le azioni causate dall'urto del veicolo in svio, come mostrato al paragrafo precedente, possono essere assorbite dalla soletta in c.a., di conseguenza le verifiche globali del cordolo possono essere eseguite considerando l'azione dell'urto agente su due montanti consecutivi della barriera di sicurezza stradale, distanti 2.00 m.

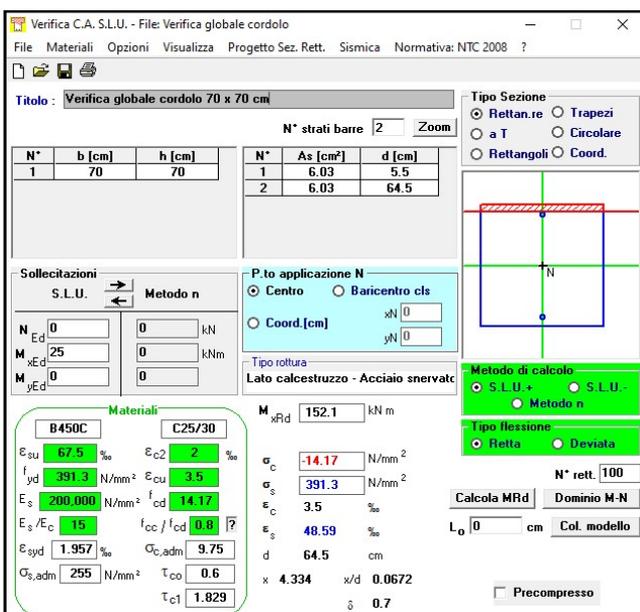
$$T = \frac{100 \text{ KN}}{2.00 \text{ m}} = 50 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$M = \frac{136.5 \text{ KN} \cdot \text{m}}{2.00 \text{ m}} = 68.25 \frac{\text{KN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

Il momento flettente massimo agente risulta:

$$M = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 50 \cdot 2^2 = 25 \text{ KN m}$$

La sezione del cordolo è 70 x 70 cm. Ruotata la sezione risulta armata con 3+3 φ 16 con staffe 1φ12/25.



Comune di Tresana (MS)

Mitigazione movimento gravitativo con messa in sicurezza della strada interna al castello di Tresana
CUP: F28H22000860001

Verifica a TORSIONE allo SLU

Normativa di riferimento:

NTC2018 - D.M. 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare n.7 del 21/1/2019 - Istruzioni per l'applicazione delle NTC

Dati geometrici

h =	70.00	cm	Altezza della sezione
b =	70.00	cm	Base della sezione
d' =	3.50	cm	Copriferro

Inclinazione bielle compresse di cls

Metodo: Automatico $\cotg(\theta) = 1.13$

Clc: C25/30

Acciaio: B450C

Strutture nuove o esistenti:

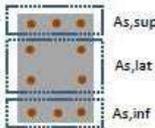
Nuova costruzione

Armatura a torsione

Φ_{st} =	12	mm	Diametro delle staffe o dei ferri piegati
n_b =	1		Numero di bracci delle staffe
A_{sw} =	1.13	cm ²	Area di armatura trasversale (staffe o ferri piegati)
p_{st} =	25.00	cm	Passo delle staffe

Armatura longitudinale

	n	ϕ	A_s [mm ²]
$A_{s,sup}$	3	16	603
$A_{s,inf}$	3	16	603
$A_{s,lat}$	0	16	0



Sollecitazioni

$T_{Ed} = 68.25$ kNm Momento torcente sollecitante

Momento torcente resistente

T_{Rcd} =	339.24	kNm	Resistenza a torsione lato calcestruzzo
T_{Rsd} =	109.96	kNm	Resistenza a torsione con riferimento alle staffe trasversali
T_{Rld} =	109.96	kNm	Resistenza a torsione con riferimento alle armature long.
T_{Rd} =	109.96	kNm	Resistenza a torsione, $\min(T_{Rcd}, T_{Rsd}, T_{Rld})$

Verifica			Ed/Rd	Esito
Verifica a Torsione	$T_{Ed} =$	68.25 ≤	$T_{Rd} =$ 109.96 kNm	0.62 ✔ Positivo

Comune di Tresana (MS)

Mitigazione movimento gravitativo con messa in sicurezza della strada interna al castello di Tresana
CUP: F28H22000860001

Verifica a TAGLIO - travi e pilastri allo SLU

Normativa di riferimento:

NTC2018 - D.M. 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare n.7 del 21/1/2019 - Istruzioni per l'applicazione delle NTC

Dati geometrici

$h =$	70.00	cm	Altezza della sezione
$b =$	70.00	cm	Base della sezione (larghezza minima della sezione)
$d' =$	3.50	cm	Copriferro
$\alpha =$	90.00	°	Angolo di inclinazione delle staffe rispetto all'asse della trave

Inclinazione bielle compresse di cls

Metodo: Automatico $\cotg(\theta_x) = 2.50$ $\cotg(\theta_y) = 2.50$

Cl: C25/30

Acciaio: B450C

Strutture nuove o esistenti:
Nuova costruzione

Armatura a taglio

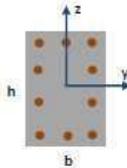
$\Phi_{st} =$	12	mm	Diametro delle staffe o dei ferri piegati
$n_b =$	2		Numero di bracci delle staffe
$A_{st} =$	2.26	cm ²	Area di armatura trasversale (staffe o ferri piegati)
$p_{st} =$	25.00	cm	Passo delle staffe

Dati per la verifica sui dettagli costruttivi:

$\Phi_{Lmin} =$	16.00	mm	Diametro minimo delle barre longitudinali
$\Phi_{Lmax} =$	16.00	mm	Diametro massimo delle barre longitudinali

Sollecitazioni

$V_{Ed,z} =$	50.00	kN	Taglio sollecitante direz. Z
$V_{Ed,y} =$	0.00	kN	Taglio sollecitante direz. Y
$N_{Ed} =$	0.00	kN	Sforzo normale (solo per i pilastri)



Tagli resistenti in direzione Z

$V_{Rd,z} =$	1023.30	kN	Resistenza lato calcestruzzo ("Taglio compressione")
$V_{Rd,z} =$	529.74	kN	Resistenza dell'armatura trasversale ("Taglio trazione")
$V_{Rd,z} =$	529.74	kN	$\min(V_{Rd,z}; V_{Rd,z})$

Tagli resistenti in direzione Y

$V_{Rd,y} =$	1023.30	kN	Resistenza lato calcestruzzo ("Taglio compressione")
$V_{Rd,y} =$	529.74	kN	Resistenza dell'armatura trasversale ("Taglio trazione")
$V_{Rd,y} =$	529.74	kN	$\min(V_{Rd,z}; V_{Rd,z})$

Verifica di resistenza a taglio				Ed/Rd	Esito
Verifica a taglio direz. Z	$V_{Ed,z} =$	$50 \leq$	$V_{Rd,z} =$ 529.74 kN	0.09	Positivo
Verifica a taglio direz. Y	$V_{Ed,y} =$	$0 \leq$	$V_{Rd,y} =$ 529.74 kN	0.00	Positivo

2.6.2 Rafforzamento corticale _ INT.04

Si riportano di seguito i principali risultati delle verifiche condotte in ambito strutturale statico sismico / secondo i criteri esposti precedentemente, rimandando all'elaborato "Relazione geotecnica" e ai relativi allegati per maggiori dettagli.

R_d _ Trazione barra

T_d _ Taglio barra

R_{bm} _ Sfilamento barra/malta

R_{bulbo} _ Sfilamento bulbo/substrato

R_{punz} _ Punzonamento rete

R_{tr_rete} _ Trazione rete

Statica

Verifiche			
R.2	Trazione barra	$(R_d > E_d)$	FS = 13.55 (-) OK
R.3	Taglio barra	$(T_d > T_t)$	FS = 1.20 (-) OK
R.4	Sfilamento barra/malta	$(R_{bm} > E_d)$	FS = 49.81 (-) OK
R.5	Sfilamento bulbo/substrato	$(R_{bulbo} > E_d)$	FS = 16.14 (-) OK
R.6	Punzonamento rete	$(R_{punz} > E_d)$	FS = 5.84 (-) OK
R.7	Trazione rete	$(R_{tr_rete} > T_d)$	FS = 2.19 (-) OK

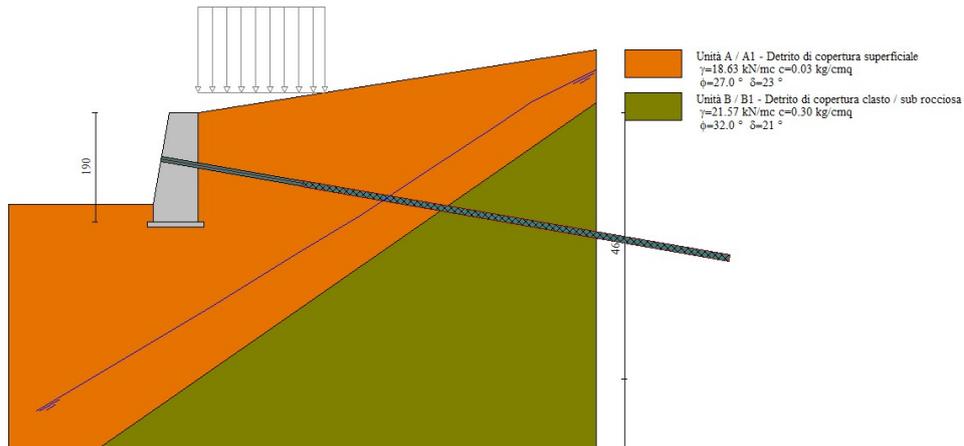
Sismica

Verifiche			
R.2	Trazione barra	$(R_d > E_d)$	FS = 6.15 (-) OK
R.3	Taglio barra	$(T_d > T_t)$	FS = 1.62 (-) OK
R.4	Sfilamento barra/malta	$(R_{bm} > E_d)$	FS = 22.63 (-) OK
R.5	Sfilamento bulbo/substrato	$(R_{bulbo} > E_d)$	FS = 7.33 (-) OK
R.6	Punzonamento rete	$(R_{punz} > E_d)$	FS = 2.65 (-) OK
R.7	Trazione rete	$(R_{tr_rete} > T_d)$	FS = 2.97 (-) OK

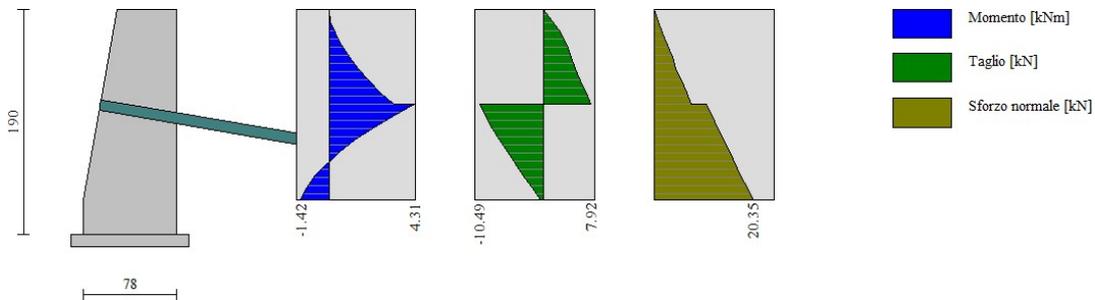
2.6.3 Muro in pietra con tirante _ INT. 05

2.6.3.1 Sintesi dei risultati

Si riportano qui di seguito l'involuppo delle sollecitazioni. Per ulteriori dettagli si rimanda al "Fascicolo dei calcoli".



Muro in pietra con tirante _ INT.05



S [m]	nt	N [kN]	L [m]	Lf [m]	sf [kg/cmq]	Fs
0,80 [P]	6	38,43	10,00	7,50	636,43	1,27

Comb n°	N [kN]	R [kN]	L [m]	Lf [m]	N x/ml [kN]	N y/ml [kN]	R x/ml [kN]	R y/ml [kN]	E
1 - STR (A1-M1-R3)	20,99	53,65	6,30	3,80	12,40	2,19	31,70	5,59	SI
2 - STR (A1-M1-R3)	33,19	53,65	7,80	5,30	19,61	3,46	31,70	5,59	SI
3 - STR (A1-M1-R3)	31,16	53,65	7,60	5,10	18,41	3,25	31,70	5,59	SI
4 - GEO (A2-M2-R2)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5 - GEO (A2-M2-R2)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6 - GEO (A2-M2-R2)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7 - EDU (A1-M1-R3)	20,99	53,65	6,30	3,80	12,40	2,19	31,70	5,59	SI
8 - EDU (A1-M1-R3)	38,43	53,65	8,40	5,90	22,71	4,00	31,70	5,59	SI
9 - EDU (A1-M1-R3)	36,55	53,65	8,20	5,70	21,60	3,81	31,70	5,59	SI
10 - SLEF	13,55	64,38	5,20	2,70	8,01	1,41	38,04	6,71	SI
11 - SLEF	12,76	64,38	5,10	2,60	7,54	1,33	38,04	6,71	SI
12 - SLEQ	12,76	64,38	5,10	2,60	7,54	1,33	38,04	6,71	SI
13 - SLEQ H + V	19,88	64,38	5,80	3,30	11,75	2,07	38,04	6,71	SI
14 - SLEQ H - V	19,02	64,38	5,70	3,20	11,24	1,98	38,04	6,71	SI
15 - HYD	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16 - UPL	--	--	--	--	--	--	--	--	--

2.6.3.2 Verifica a trazione dei tiranti

Si riporta la verifica a trazione del tirante adottando come sollecitazioni di calcolo quelle derivanti dal modello di calcolo.

Lo sforzo di progetto del tirante risulta pari a $N_{Ed} = 33.19$ [kN].

Il tirante è costituito da una barra con diametro pari 28 mm in acciaio B500, inseriti in una perforazione di diametro 90 mm.

Si rimanda alla “Relazione geotecnica e delle fondazioni” per le verifiche di carattere geotecnico (sfilamento della fondazione del tirante).

Verifica di resistenza delle barre

L'ancoraggio è caratterizzato da una resistenza di calcolo N_{Rd} pari a:

$$\begin{aligned} N_{Rd} &= (A_s \cdot f_{yk}) / g_s = \\ &= (615.75 \cdot 500) / 1.15 = \\ &= 267.72 \text{ kN} > N_{Ed} = 33.19 \text{ [kN]} \quad \rightarrow \text{VERIFICATO} \end{aligned}$$

Verifica di aderenza barra – malta

Ai fini del calcolo si assumono le seguenti ipotesi:

- Classe di resistenza malta: assimilata a C25/30 ($f_{bk} = 4.05$ MPa)
- Lunghezza di ancoraggio (tratto iniettato): 7.5 m
- Diametro barra: 32 mm

Alla luce di quanto sopra si ha:

$$\begin{aligned} N_{Rd} &= (f_{bk} / 1.50) / g_C \cdot A_{lat} = \\ &= (4.05/1.50) / 1.50 \cdot (7500 \cdot \pi \cdot 32) = \\ &= 1357.17 \text{ kN} > N_{Ed} = 33.19 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{VERIFICATO} \end{aligned}$$

2.6.3.3 Verifica della chiave / muratura / tirante

Dati geometrici e carichi del sistema tirante

Cavo
 Tipo sezione: Circolare
 Lunghezza cavo (l): 1000 cm
 Diametro cavo (d): 28 mm

Capochiave
 Tipo capochiave: Paletto
 Lato lungo (a2): 60 cm
 Lato corto (b2): 3.5 cm
 Altezza del paletto (hn): 60 mm
 angolo: 45°

Muratura
 Spessore muratura (t): 50.0 cm
 Tensione media (σ_0): 0.0 daN/cm²

Materiali
 Muratura: Materiale muratura
 Chiave: Materiale chiave
 Cavo: Materiale cavo

Risultati di calcolo

Resistenza
 Resistenza del cavo: 30788 daN
 Resistenza della muratura: 13080 daN = 6581 daN
 Resistenza della chiave: 6581 daN
 Elemento con resistenza minore

Deformazione
 Deformazione del tirante (Δl): 0.509 cm
 Tirante in fase elastica (verde)
 Tirante in fase plastica (rosso)

La resistenza della chiave risulta essere la minore “Elemento con minore resistenza” con valore pari a 6581 daN > 3385 Kg (massimo carico “Tiro singolo tirante”) → VERIFICATO

Caratteristiche della muratura

f resistenza media a compressione: 50 daN/m²

r_0 resistenza media a taglio: 0.8 daN/m²

E modulo di elasticità: 26250 daN/m²

G modulo di elasticità a taglio: 8750 daN/m²

W peso specifico: 1900 daN/m³

3 RELAZIONE SUI MATERIALI

3.1 Caratteristiche, qualità e dosature dei materiali impiegati

3.1.1 Strutture in C.A. (Micropali (paratia))

3.1.1.1 Calcestruzzo

Cordolo in c.a. (micropali) / Muro di contenimento

C25/30

Resistenza caratteristica	: $R_{ck} = 30$ [MPa]
Resistenza di calcolo a compressione	: $f_{cd} = 14.11$ [MPa]
Resistenza di calcolo a trazione	: $f_{ctd} = 1.19$ [MPa]
Dimensione massima degli inerti	: $D_{MAX} = 32$ [mm]
Consistenza	: S4
Classe di esposizione	: XC2

3.1.1.2 Acciaio per barre da c.a.

Tipo

B450C

Tensione caratteristica di snervamento	: $f_{y\ nom} = 450$ [MPa]
Resistenza di calcolo	: $f_{yd} = 390$ [MPa]
	$1.15 < f_t / f_y < 1.35$
	$f_{y,eff} / f_{y,nom} < 1.25$

3.1.1.3 Armatura Micropali (paratia)

L'armatura dei micropali della paratia devono essere di materiale avente caratteristiche uguali o superiori a quanto segue:

Qualità	: S355JR
	Acciaio per carpenteria metallica _ laminato a caldo (UNI EN 10025-1/2:2005)
Tensione caratteristica di snervamento	: $f_{yk} = 355$ [MPa]
Tensione caratteristica di rottura	: $f_{tk} = 510$ [MPa]
	$f_{tk} \text{ (nomin)} / f_{yk} \text{ (nomin)} >$
	$f_{y,MAX} < 1.20 \cdot f_{yk}$

3.1.1.4 Malta da iniezione

<u>Classe di resistenza</u>	: conforme a C25/30
Legante da impiegarsi	: R42.5
Dosaggio minimo legante	: 600 [kg/m ³]

3.1.1.5 Acciaio per barre di ancoraggio

<u>Tipo</u>	: B500
Tensione caratteristica di snervamento	: $f_{y\text{ nom}} = 500$ [MPa]
Tensione caratteristica di rottura	: $f_{t\text{ nom}} = 550$ [MPa]
Allungamento a rottura	: $A_{gt} = 10$ [%]

3.2 Controlli di accettazione sui materiali impiegati

Vale quanto previsto dal Regolamento EU 305/11 entrato in vigore il 1° Luglio 2013.

3.2.1 Strutture in C.A.

3.2.1.1 Calcestruzzo

In accordo alle Norme Tecniche delle Costruzioni D.M. 17 gennaio 2018 il calcestruzzo dovrà essere prodotto in impianto dotato di un Sistema di Controllo della Produzione (FPC) effettuata in accordo a quanto contenuto nelle Linee guida sul Calcestruzzo Preconfezionato (2003) certificato da un organismo terzo indipendente autorizzato.

Alla fornitura dei materiali devono essere allegati e forniti alla Direzione dei Lavori i seguenti documenti:

- Certificato di Conformità (CE)
- Dichiarazione di Conformità (CE)
- Certificato di controllo del processo di fabbrica del Produttore (FPC)
- Documento di Trasporto con la data di spedizione e il riferimento alla quantità, al tipo di calcestruzzo, al destinatario

Il processo di maturazione e posa in opera dovrà avvenire in accordo con le disposizioni della norma UNI vigente ed alle "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo" pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale dei Lavori Pubblici.

Se non diversamente specificato, la casseratura o il sistema per la maturazione umida del nuovo getto di CLS (da effettuarsi mediante ricoprimento della superficie non casserata con geotessile bagnato in modo da mantenere costantemente umida la superficie o con metodo di protezione equivalente) deve rimanere in opera per un periodo minimo di 7 giorni (28 giorni per le strutture orizzontali).

Dovranno essere sottoposti a prova almeno **n. 3 prelievi** (ciascuno costituito da n. 2 provini) per il materiale di classe C25/30 di fondazione.

3.2.1.2 Acciaio da C.A.

Per quanto riguarda l'acciaio da C.A. è ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati se e controllati in riferimento al p.to 11.3 del D.M. 17 gennaio 2018. Per ciascuna fornitura, copia dell'attestato di qualificazione dovrà essere fornita al Direttore dei Lavori.

Alla fornitura dei materiali devono essere allegati e forniti alla Direzione dei Lavori i seguenti documenti:

- Certificato di Conformità (CE)
- Dichiarazione di Conformità (CE)
- Certificato di controllo del processo di fabbrica sia del Produttore che del Centro di Trasformazione.
- Attestato di denuncia inizio attività dell'Officina o Centro di Trasformazione
- Certificato ISO 9001 sia del Produttore che del Centro di Trasformazione
- Documento di Trasporto con la data di spedizione e il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, al destinatario.

In aggiunta dovranno essere effettuati controlli di accettazione in cantiere, entro 30 giorni dalla data della consegna del materiale, in ragione di **n. 3 spezzoni per ciascun diametro significativo** e per ciascun lotto di materiale proveniente da uno stesso stabilimento. Procedure da seguire per il prelievo dei campioni e l'esecuzione delle prove sugli stessi sono indicate al p.to 11.3 del D.M. 17 gennaio 2018.

3.2.1.3 Strutture in carpenteria metallica

Per l'acciaio da carpenteria metallica è ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati e, per ciascuna fornitura, copia dell'attestato di qualificazione dovrà essere fornita al Direttore dei Lavori.

Alla fornitura dei materiali devono essere allegati e forniti alla Direzione dei Lavori i seguenti documenti:

- Certificato di Conformità (CE)
- Dichiarazione di Conformità (CE)
- Certificato di controllo del processo di fabbrica sia del Produttore che del Centro di Trasformazione.
- Attestato di denuncia inizio attività dell'Officina o Centro di Trasformazione
- Certificato ISO 9001 sia del Produttore che del Centro di Trasformazione
- Documento di Trasporto con la data di spedizione e il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, al destinatario.

In aggiunta dovranno essere effettuati controlli di accettazione in cantiere, entro 30 giorni dalla data della consegna del materiale, in ragione di n. 3 saggi per ciascun lotto di spedizione, non superiore a 30 t. Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:1999, UNI 552:1986, EN 10002-1:2004, UNI EN 10045-1:1992. Dovranno essere eseguite prove di resistenza, resilienza e composizione chimica. Per elementi lavorati provenienti da un centro di trasformazione in possesso dei requisiti previsti al paragrafo 11.3.1.7 del D.M. 17/01/2018 è ammesso sostituire i prelievi di campioni in cantiere con prelievi effettuati direttamente presso il centro di trasformazione, secondo le procedure di cui al p.to 11.3.4.11.3 del D.M. 17/01/2018.

4 RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA “PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE” DEL SITO IN COSTRUZIONE

Ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 le strutture risultano classificate come costruzioni di tipo 2 (“opere infrastrutturali di importanza normale” – $V_N = 50$ anni) e Classe d’uso II (Opere infrastrutturali, reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso III o in Classe d’uso IV _ $C_u = 1.0$).

Si assume quindi come periodo di riferimento per l’azione sismica:

$$V_R = V_N \times C_u = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni}$$

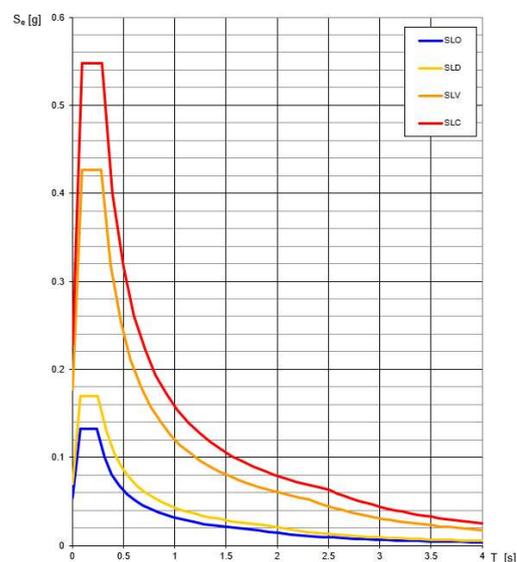
Il sito di costruzione ricade in zona sismica 2, più in particolare le coordinate del sito (ED50) sono le seguenti:

Latitudine: 44.25508

Longitudine: 9.914604

Con questi dati di input, la pericolosità sismica di base del sito in termini di accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido e con superficie topografica orizzontale, calcolata mediante il foglio di calcolo SPETTRI – NTC ver. 1.0.3 reso disponibile dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e liberamente scaricabile dal sito internet dello stesso (www.cslp.it), risulta:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.054	2.432	0.237
SLD	50	0.070	2.438	0.253
SLV	475	0.177	2.407	0.283
SLC	975	0.228	2.404	0.289



In tabella sono riportati anche i valori dei parametri F_0 e T_C^* che, insieme ai corrispondenti valori di a_g , permettono di determinare le ordinate dello spettro di risposta elastico per assegnati tempi di ritorno. I grafici degli spettri di risposta elastici sono realizzati con l’ausilio dello stesso foglio di calcolo.

Comune di Tresana (MS)

Mitigazione movimento gravitativo con messa in sicurezza della strada interna al castello di Tresana

CUP: F28H22000860001

Tresana, febbraio 2024

Il Progettista

Ing. Marco Tabardi