



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Presidenza del Consiglio dei Ministri
IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ALLA RICOSTRUZIONE
NEI TERRITORI DELLE REGIONI EMILIA-ROMAGNA, TOSCANA E MARCHE



PROVINCIA
DI REGGIO EMILIA

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
SERVIZIO INFRASTRUTTURE, MOBILITA' SOSTENIBILE E PATRIMONIO

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLE SCARPATE DI MONTE DELLA S.P.57 AL KM 2+400 IN COMUNE DI VETTO

PROGETTO ESECUTIVO

2.1 ILLUSTRAZIONE SINTETICA ELEMENTI DEL PROGETTO STRUTTURALE

Dirigente del Servizio Infrastrutture,
Mobilità sostenibile e Patrimonio:

Ing. Valerio Bussei

Progettista e DL:

Ing. Giuseppe Herman

Responsabile Unico del Progetto:

Ing. Maurizio La macchia

REVISIONE			Redatto		Verificato o Validato	
Revis.	Data Revis.	Descrizione Modifiche	Data	Nome	Data	Nome

All. n°	Data Progetto	N° P.E.G.	Nome File
D1	Marzo 2025		All.D1_2.1 Illustrazione sintetica...

ELENCO DEGLI ELABORATI COSTITUTIVI DEL PROGETTO

1. **PROGETTO ARCHITETTONICO**
2. **RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE**
 - AII. 2.1 - ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE
 - AII. 2.2.1 - ELABORATI DI CALCOLO AUTOMATICO E VERIFICHE MANUALI PARATIA DI BASE
 - AII. 2.2.2 - ELABORATI DI CALCOLO AUTOMATICO E VERIFICHE MANUALI CHIODATURE E RETI
3. **RELAZIONE SUI MATERIALI**
4. **ELABORATI GRAFICI ESECUTIVI STRUTTURALI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI**
 - Tav. da C.1 a C.n
5. **PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA**
6. **RELAZIONI SPECIALISTICHE SUI RISULTATI SPERIMENTALI**
 - 6.1 Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito
(A firma Geologo Dott. Beretti)
 - 6.1.a Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica
 - 6.1.b Rapporto geologico, geomeccanico e strutturale
 - 6.2 Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno. Verifiche Geotecniche di Capacità Portante e scorrimento degli elementi di Fondazione
 - 6.3 Relazione sulla modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione;

All. 2.1

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

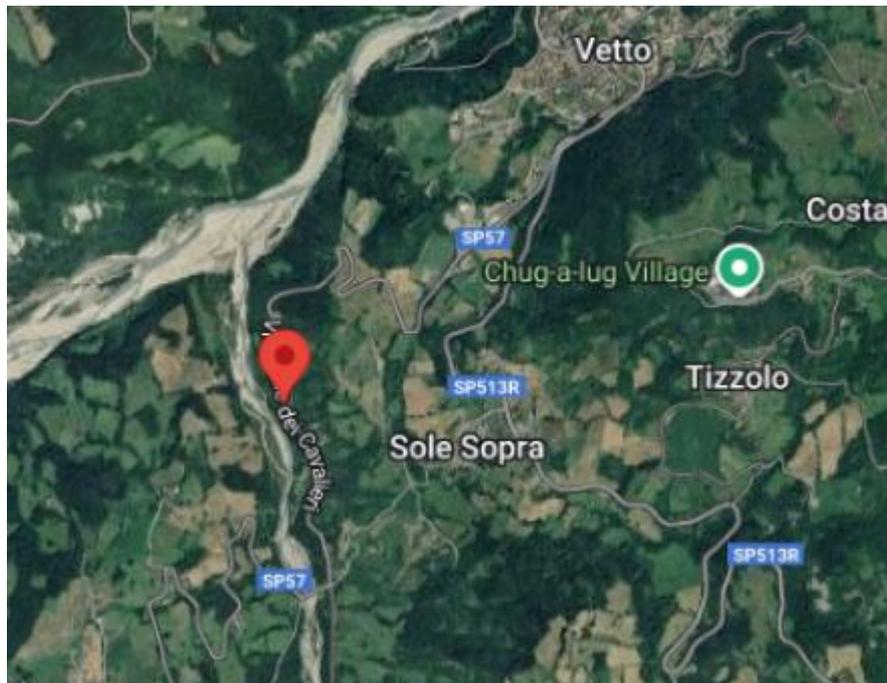
L'intervento, nel suo complesso, prevede la messa in sicurezza di alcuni tratti stradali Provinciali nel Comune di Vetto d'Enza (RE), finanziati dall'Unione Europea, Next Generation EU, con misura di finanziamento M2C4I2.1.A, Missione 2 – Rivoluzione verde e transizione ecologica, Componente 4 – Tutela del territorio e della risorsa idrica, Investimento 2.1A - Misure per la gestione del rischio alluvioni e la riduzione del rischio idrogeologico. Interventi in Emilia-Romagna, Toscana e Marche –Milestone/Target previste dalla CID (Council Implementing Decision).

In particolare a seguito dell'insorgere di movimenti franosi si sono creati smottamenti localizzati nelle scarpate e nei pendii attraversati dalla SP 57.

Oggetto della presente relazione sono in particolare gli interventi al Km 2+400 della SP 57.

1) Km 2+400

In corrispondenza del Km 2+450 della strada provinciale n. 57 che collega Vetto con Ramiseto si è in presenza di una scarpata interessata da fenomeni di alterazione e processi gravitativi con componenti di crollo e distacchi di detriti di falda, che necessita conseguentemente di opere di contenimento e mitigazione del rischio caduta massi.





Vista aerea da Ovest



Vista da Sud



Vista da Sud-Ovest

Nel complesso l'intervento è finalizzato ad annullare gli effetti causati dall'infiltrazione superficiale degli agenti meteorici, che provocano erosioni sia di tipo superficiale che di tipo crioclastica, oltre a trattenere dal crollo eventuali blocchi che possano distaccarsi per proprie discontinuità tettoniche.

L'intervento di protezione superficiale risulta quindi estremamente importante in relazione all'esigenza di impedire il possibile crollo di blocchi dalle pareti che alimentano l'accumulo di detrito nella porzione basali occupata dal tracciato stradale.

Le opere di contenimento prevedono una protezione corticale sul versante mediante chiodature e posa di reti metalliche organizzate in modo da contenere e raccogliere periodicamente le risultanze dell'erosione fine superficiale del pendio.

a) descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del sito oggetto di intervento e con l'indicazione, per entrambe le tematiche, di eventuali problematiche riscontrate e delle soluzioni ipotizzate, tenuto conto anche delle indicazioni degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica;

Il rapporto Geologico, Geomeccanico e Strutturale redatto dal Geologo Dott. Paolo Beretti nel gennaio del 2025 contiene la classificazione dell'ammasso roccioso con determinazione della resistenza delle pareti, delle condizioni di discontinuità e dei parametri geomeccanici relativi sia dell'ammasso sia alle discontinuità; sono inoltre presenti le analisi cinematiche dei blocchi rocciosi, al fine di determinare le possibili rotture incidenti sul piano del pendio.

Per la verifica delle condizioni dell'ammasso roccioso in parete, l'indagine è stata eseguita dal geologo attraverso l'esame di documentazione cartografica geologica, geomorfologica e idrogeologica di dettaglio

affiancata da indagini approfondite, quali il rilevamento geostrutturale e geomeccanico dell'ammasso roccioso in parete (tramite l'esecuzione di calate e cordate con tecniche alpinistiche), il rilevamento dei pilastri di roccia cinematicamente instabili (e valutazione delle volumetrie potenzialmente distaccabili, ed infine un'analisi qualitativa e quantitativa dei possibili cinematismi di distacco dal fronte.

TECNICA DI RILEVAMENTO DEI DATI STRUTTURALI E GEOMECCANICI

Le operazioni di rilevamento sono avvenute sul versante lungo la Sp. 57, al Km 2 +400.

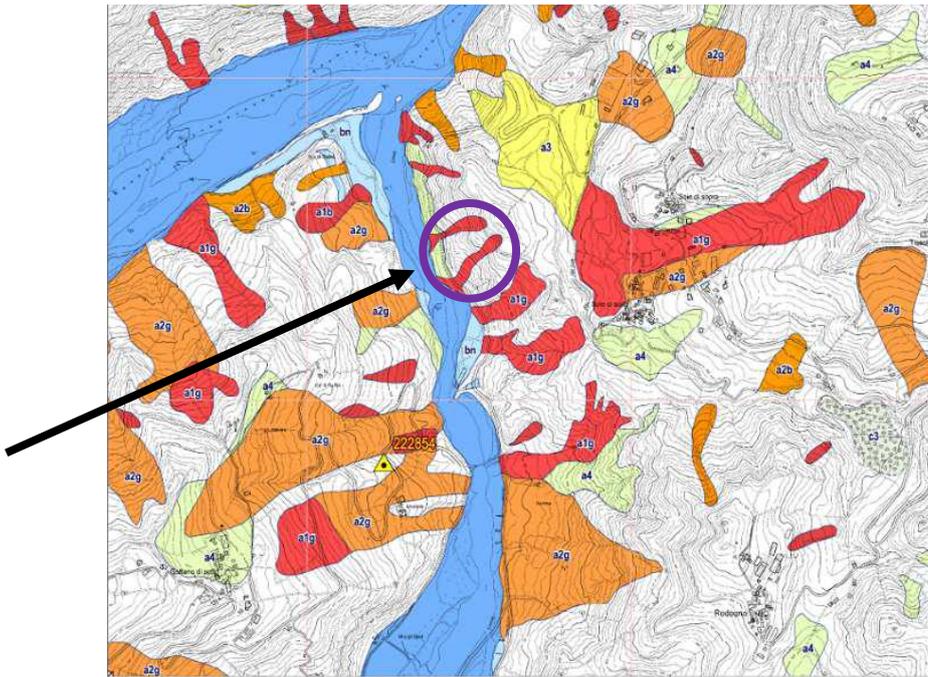


Suddivisione in finestre dell'affioramento.

Nel procedimento generale sono stati esaminati:

- caratteri litostratigrafici del litotipo;
- geometria e resistenza dei giunti e dei giunti parietali ("faccette" di maggiore lunghezza);
- caratteri dell'ammasso continuo (giunti implicitamente trattati);
- caratteri dell'ammasso discontinuo (giunti esplicitamente trattati);
- caratteristiche geotecniche e di potenziale distacco cinematico dei principali diedri e/o pilastri di roccia aggettanti.

Le perimetrazioni della "Carta Inventario del dissesto (PAI-PTCP) e degli abitati da consolidare e trasferire (L445/1908), allegato P6 – sez. 217120", collocano il sito in analisi in corrispondenza della porzione medio – basale di un versante mediamente acclive, lungo sul quale insistono movimenti franosi, attualmente classificati in stato di attività (a1), confermate dalla Carta inventario delle frane dell'Emilia Romagna.



LEGENDA

Depositi di frana	
	a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato
	a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
	a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
	a1g - Deposito di frana attiva complessa
	a1h - Deposito di frana attiva per scivolamento in blocco o DGPV
	Area di possibile evoluzione delle frane attive (tipo di operazione 5.1.01-PSR)
	a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
	a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
	a2g - Deposito di frana quiescente complessa
	a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV

Lo spessore della coltre rocciosa alterata da stabilizzare risulta compreso tra 80 e 120 cm.
 Il volume dei blocchi da stabilizzare si attesta tra 0,3 e 0,8 mc.

b) descrizione generale della struttura ⁴, sia in elevazione che in fondazione, e della tipologia di intervento, con indicazione delle destinazioni d'uso previste per la costruzione, dettagliate per ogni livello entro e fuori terra, e dei vincoli imposti dal progetto architettonico;

(4) Costruzioni in calcestruzzo in opera o prefabbricate, acciaio, composte, muratura ordinaria, muratura armata, costruzioni in legno, strutture isolate e strutture con altri materiali innovativi.

L'intervento di protezione corticale, una volta regolarizzato ed asportato eventuali accumuli di materiali detritici e terrigeni smossi, rilassati e intensamente fratturati, viene attuato attraverso:

la riprofilatura del pendio in corrispondenza della frana di crollo con modellazione della nicchia di distacco;

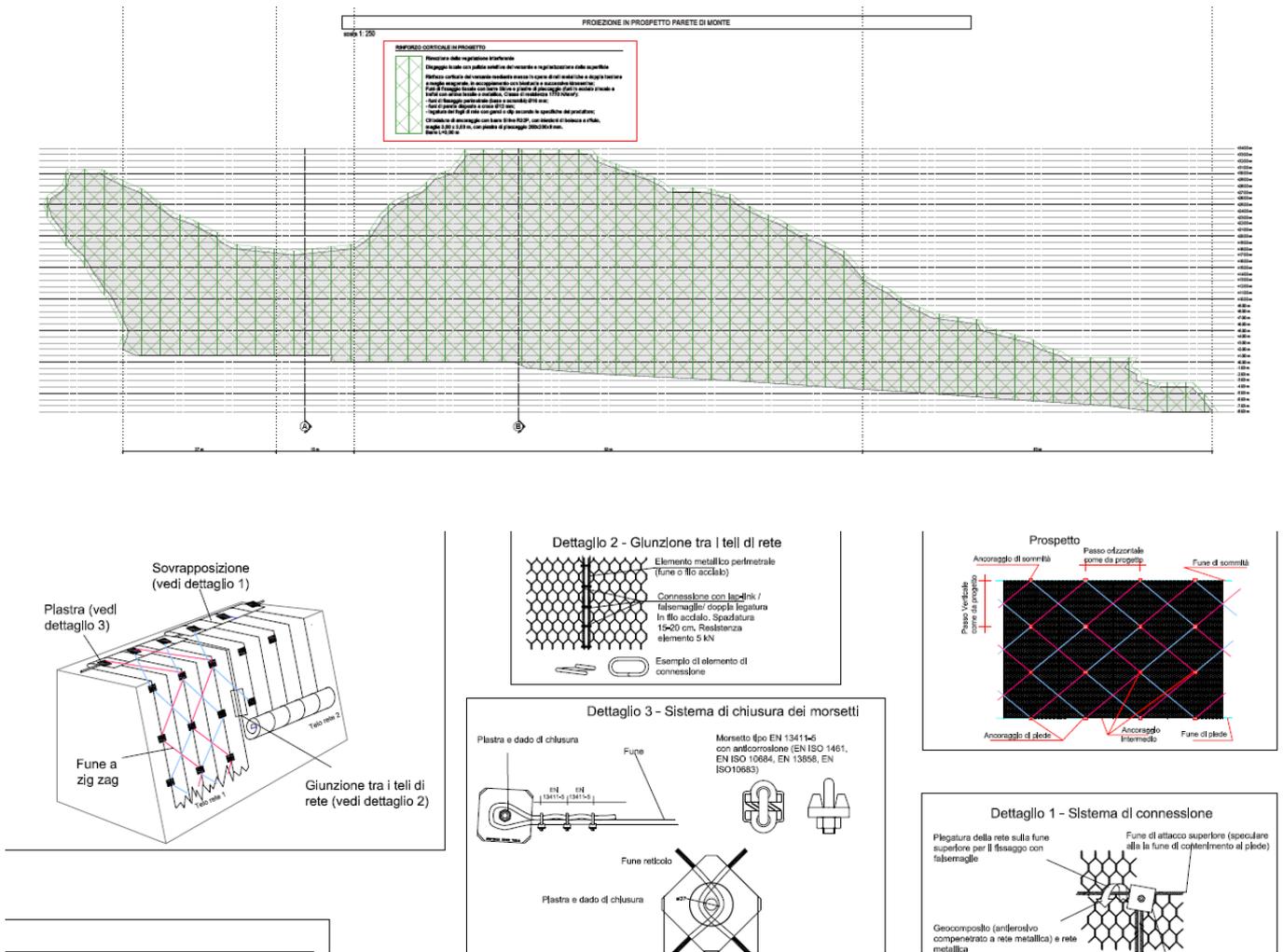
l'esecuzione di chiodature a maglia a quinconce 3x3 metri (da realizzare con barre tipo Sirive di diametro 32 mm, lunghezza pari a 3,00m tali da garantire alle barre un ancoraggio nella roccia sana per una profondità di ca. 2,00/2,50 m, alloggiare in fori eseguiti nella roccia a roto percussione di diametro opportunamente cementate per iniezione in pressione (p_{min}= 4.0 bar) con boiaccia di cemento di classe minima C25/30);

il posizionamento di un rivestimento di tipo flessibile in teli di rete in filo con nodi a doppia torsione, maglia del reticolo di forma esagonale, con altezza pari a 3,00 metri e con fune in acciaio perimetrale;

la posa in opera, a cavallo del ciglio, di una fune di sostegno in sommità, di una fune di contenimento al piede ed in testa di diametro 16 mm e di funi d'orditura disposte incrociate di diametro 12 mm, atte a creare un reticolo di contenimento di maglia 3,0 x 3,0m, con la funzione di rinforzare il rivestimento e di realizzare un collegamento fra il rivestimento e le chiodature della parete;

la posa di geostuoia, sotto la rete, per la protezione superficiale.

Lo scopo è il miglioramento della stabilità superficiale del pendio e di contenere in loco le tasche detritiche che dovessero formarsi.



In considerazione dell'orografia dell'area interessata e delle risultanze delle indagini geologico-geotecniche espletate dal geologo dott. Paolo Beretti, si è inoltre ipotizzato di eseguire interventi di messa in sicurezza su blocchi isolati o con particolari caratterizzazioni geometriche, mediante ancoraggi localizzati con barre autoperforanti e malta cementizia; vengono inoltre previsti interventi localizzati di disaggio, al fine di annullare situazioni di strapiombo.

Dal punto di vista geomeccanico si tratta di interventi di tipo passivo perché generano forze di reazione solo dopo che il potenziale dissesto ha cominciato a manifestare qualche movimento.

Si rimanda alle successive relazioni ed agli elaborati grafici allegati per una maggiore definizione delle caratteristiche architettoniche e strutturali adottate.

c) normativa tecnica e riferimenti tecnici utilizzati, tra cui le eventuali prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica;

Il Comune di Vetto d'Enza risulta classificato a media sismicità (ex Zona 2), il progetto e la verifica delle opere verrà eseguito utilizzando le "Norme tecniche per le costruzioni" ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 "N.T.C." e la Circolare del 21 febbraio 2019 n.7/C.S.LL.PP, che fornirà i valori delle azioni statiche e sismiche, con i livelli di accelerazione al suolo attesi per i vari stati limite, considerati nelle successive analisi e verifiche.

Per quando concerne le reti si sono adottati i coefficienti sismici orizzontali derivanti dalle analisi geotecniche e geofisiche del suolo congruamente alle indicazioni dei piani territoriali.

Per la verifica dell'ancoraggio delle barre longitudinali nei nodi in c.a. (o generalmente all'aderenza nei risvolti delle armature) si è fatto riferimento all'EC8 UNI EN 1998-1: 2005 p.t. 5.6.2 e alla pubblicazione Progettare in cls armato di Renè Walther e Manfred Miehlsbradt.

d) definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito (vita nominale - V_N , classe d'uso, periodo di riferimento - V_R , categoria del sottosuolo, categoria topografica, amplificazione topografica, zona sismica del sito, coordinate geografiche del sito), delle azioni considerate sulla costruzione e degli eventuali scenari di azioni eccezionali;

Il quadro normativo di riferimento per la definizione dell'azione sismica di base del sito è corrispondente con gli spettri di risposta definiti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17/01/2018 NTC, che fornirà i parametri di definizione in base alla distanza tra il sito di costruzione ed i vertici del reticolo di geo-riferimento.

Dal punto di vista sismico il Comune è appartenente alla **2° categoria**, secondo l'O.P.C.M. 3274 del 2003, mentre i parametri richiesti dal D.M. 17/01/18 per quanto riguarda la definizione degli spettri di risposta, per i vari stati limite considerati nelle verifiche del fabbricato sono:

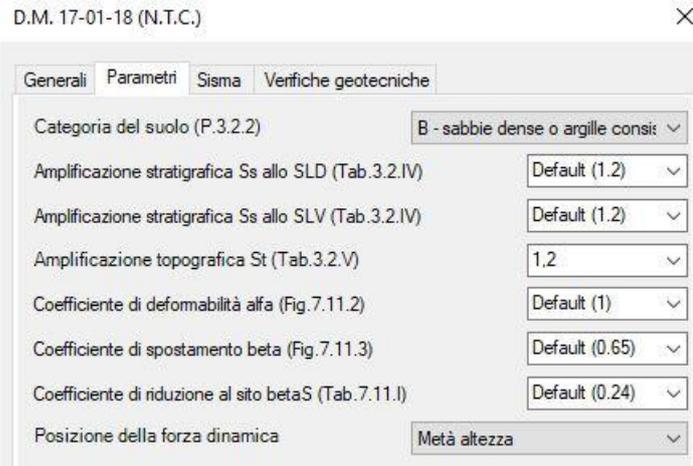
- $V_N = 50$ anni = Vita nominale.
- $C_U =$ classe III = Classe d'uso.
- $V_R = V_N * C_U = 75$ anni = Periodo di Riferimento.



Latitudine (WGS84)	44.47290539	Longitudine (WGS84)	10.32447943
Latitudine (ED50)	44.474671	Longitudine (ED50)	10.325574
Altitudine (mt)			369
Classe dell'edificio	III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti signific		
Vita Nominale Struttura			50
Periodo di Riferimento per l'azione sismica			75

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	45	0.068	2.477	0.256
Danno	75	0.084	2.476	0.265
Salvaguardia Vita	712	0.186	2.527	0.296
Prevenzione Collasso	1462	0.230	2.541	0.309

Per la caratterizzazione sismica si è fatto riferimento alle indagini e alle prove allegate alla relazione geologica dalle quali è emersa una **Categoria di Sottosuolo di tipo B**. Non vengono denunciati altri possibili effetti amplificativi dell'azione sismica in quanto, dalle caratteristiche tipiche dei suoli della zona, sono esclusi fenomeni di liquefazione o presenza di cavità, pertanto i valori di amplificazione topografica S_T , stratigrafica S_S assumono i seguenti valori per i vari stati limite indagati, congruentemente con le indicazioni della relazione geotecnica-geofisica:



e) **descrizione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale, dei requisiti di resistenza meccanica e di**

Tiranti passivi:

- barre cave autop perforanti in acciaio S460J0 tipo SIRIVE R32P (Tensione di snervamento 460 MPa)
- Boiaccia per iniezione: cemento tipo 425, rapporto A/C 0,5 (dosaggio indicativo 1000-1100 kg/mc) (in alternativa betoncino premiscelato tipo "Fassa Bortolo" RS 40 o prodotto analogo): Resistenza minima a compressione 25 N/mm².
- Acciaio per carpenteria (piastre): S275 fyk = 275 [N/mm²] ftk = 430 [N/mm²] o superiore.
- Rete: rete a doppia torsione a maglia 8x10 cm, filo 3,00/3,40 mm (Resistenza nominale a trazione 82 kN/ml), in rotoli di altezza pari a 3.00 metri, con fune in acciaio perimetrale.
- Funi in acciaio: funi in acciaio zincato a trefoli con anima tessile o metallica, Classe di resistenza 1770 N/mm². Zincatura certificata classe A o B secondo la normativa UNI EN 10264-2:2004.

f) **illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione**

RETI E CHIODATURE

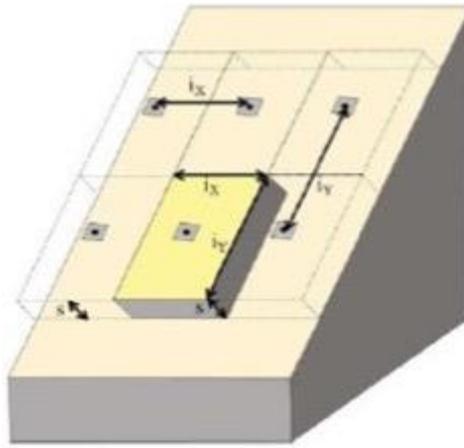
L'analisi viene effettuata mediante **SRS**: è un software di calcolo per il dimensionamento, in ossequio alle vigenti NTC 2018, di un sistema di rivestimento corticale di coltri instabili, costituito da reti metalliche solidarizzate al terreno mediante ancoraggi in barra.

In **SRS**, invertendo l'usuale approccio progettuale, il Progettista fissa il valore del coefficiente di sicurezza di progetto (FS_{des}) e il software consente di determinare lo sforzo (di trazione) nel singolo ancoraggio necessario per raggiungerlo.

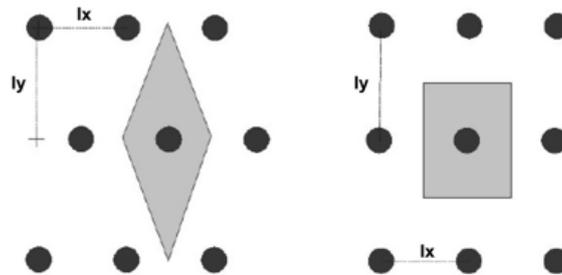
Poiché viene quantificato l'incremento del coefficiente di sicurezza conseguito in seguito alla realizzazione del sistema di consolidamento, questo può essere considerato come "intervento di stabilizzazione" secondo quanto prescritto al punto 6.3.5 della NTC 2018.

Lo schema adottato in **SRS** prevede l'analisi di stabilità rispetto a un cinematiso di tipo traslazionale del volume di terreno rappresentato planimetricamente dall'area di influenza del singolo ancoraggio e avente spessore pari allo spessore, misurato perpendicolarmente alla superficie di scorrimento, della coltre da stabilizzare (**S**).

Viene ipotizzato che lo scorrimento possa avvenire sulla superficie di contatto tra la coltre e il sottostante substrato, che può essere costituito da terreno oppure da roccia, avente lo stesso angolo di inclinazione α rispetto all'orizzontale della superficie topografica



L'analisi viene condotta anche in condizioni sismiche secondo l'approccio pseudostatico, così come previsto al punto 7.11.3.5.2 delle NTC 2018, considerando tali azioni secondo le condizioni più sfavorevoli. Per la definizione del volume di terreno, può farsi riferimento ai seguenti schemi di disposizione degli ancoraggi (*raster* rettangolare o romboidale).

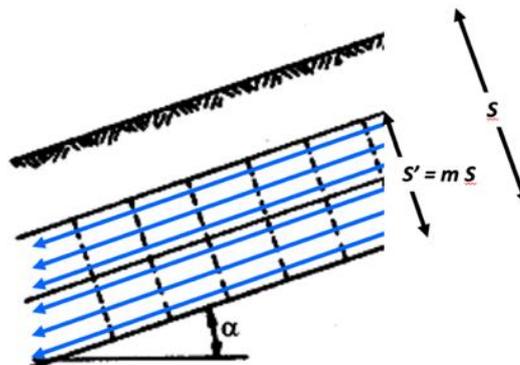


Il volume, sia in caso di *raster* romboidale che rettangolare, sarà dato da:

$$V = l_x l_y S \text{ (m}^3\text{)}$$

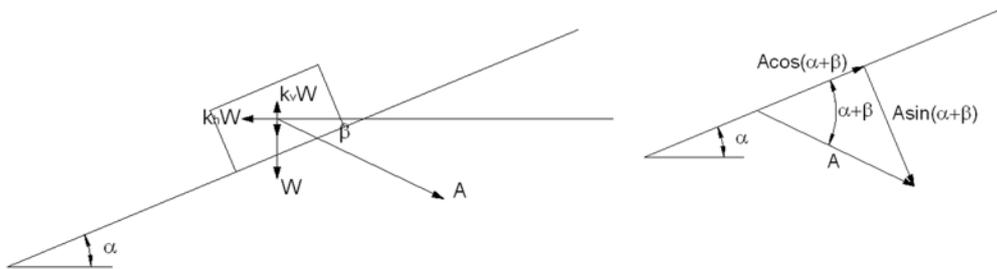
L'analisi di stabilità può essere condotta considerando, oltre alle azioni sismiche, anche la presenza di un moto di filtrazione con linee di flusso parallele al pendio che interessi la coltre per uno spessore:

$$S' = m S$$



In caso di assenza di falda: $m = 0$; per falda a p.c.: $m = 1$

Lo sforzo (di trazione) A da trasferire al singolo ancoraggio per ottenere il valore del coefficiente di sicurezza di progetto (FS_{des}) è ottenuto risolvendo la seguente espressione:



$$FS_{des} = \frac{[(W \pm F_v) \cos \alpha - F_h \sin \alpha + A \sin(\alpha + \beta)] \tan \varphi}{(W \pm F_v) \sin \alpha + F_h \cos \alpha - A \cos(\alpha + \beta)}$$

Noto lo sforzo di trazione agente sull'ancoraggio per il raggiungimento di FS_{des} , vengono effettuate, applicando gli opportuni coefficienti parziali previsti dalle NTC 2018, le seguenti verifiche:

- 1) Verifica a trazione della barra;
- 2) Verifica a taglio della barra;
- 3) Verifica a sfilamento barra/malta;
- 4) Verifica a sfilamento fondazione/terreno;
- 5) Verifica a punzonamento della rete;
- 6) Verifica a trazione della rete.

Le verifiche si ritengono soddisfatte se le sollecitazioni E_d risultano inferiori alle resistenze R_d :

$$E_d < R_d$$

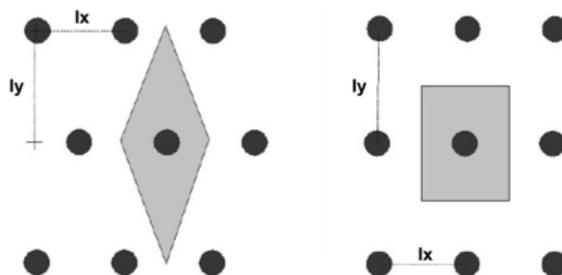
L'approccio di calcolo utilizzato, secondo le NTC 2018, è l'Approccio 2, che prevede l'unica combinazione (A1 + M1 + R3).

g) indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli SLU e SLE indagati: coefficienti parziali per le azioni, coefficienti di combinazione

i) criteri di verifica agli stati limite indagati, in presenza di azione sismica

L'analisi viene condotta anche in condizioni sismiche secondo l'approccio pseudostatico, così come previsto al punto 7.11.3.5.2 delle NTC 2018, considerando tali azioni secondo le condizioni più sfavorevoli.

Per la definizione del volume di terreno, può farsi riferimento ai seguenti schemi di disposizione degli ancoraggi (*raster* rettangolare o romboidale).

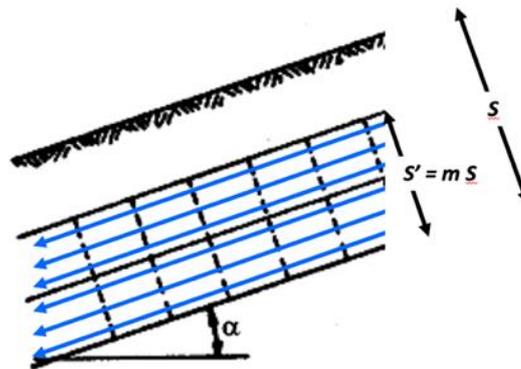


Il volume, sia in caso di *raster* romboidale che rettangolare, sarà dato da:

$$V = l_x l_y S (m^3)$$

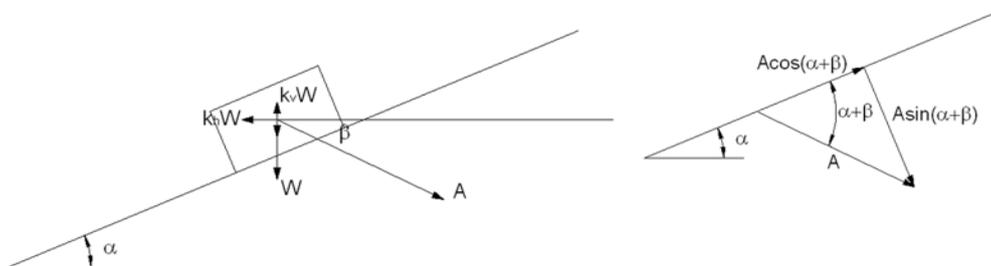
L'analisi di stabilità può essere condotta considerando, oltre alle azioni sismiche, anche la presenza di un moto di filtrazione con linee di flusso parallele al pendio che interessi la coltre per uno spessore:

$$S' = m S$$



In caso di assenza di falda: $m = 0$; per falda a p.c.: $m = 1$

Lo sforzo (di trazione) A da trasferire al singolo ancoraggio per ottenere il valore del coefficiente di sicurezza di progetto (FS_{des}) è ottenuto risolvendo la seguente espressione:



$$FS_{des} = \frac{[(W \pm F_v) \cos \alpha - F_h \sin \alpha + A \sin(\alpha + \beta)] \tan \varphi}{(W \pm F_v) \sin \alpha + F_h \cos \alpha - A \cos(\alpha + \beta)}$$

Noto lo sforzo di trazione agente sull'ancoraggio per il raggiungimento di FS_{des} , vengono effettuate, applicando gli opportuni coefficienti parziali previsti dalle NTC 2018, le seguenti verifiche:

- 1) Verifica a trazione della barra;
- 2) Verifica a taglio della barra;
- 3) Verifica a sfilamento barra/malta;
- 4) Verifica a sfilamento fondazione/terreno;
- 5) Verifica a punzonamento della rete;
- 6) Verifica a trazione della rete.

Le verifiche si ritengono soddisfatte se le sollecitazioni E_d risultano inferiori alle resistenze R_d :

$$E_d < R_d$$

L'approccio di calcolo utilizzato, secondo le NTC 2018, è l'Approccio 2, che prevede l'unica combinazione (A1 + M1 + R3).

E' stato poi fornito anche un secondo calcolo di verifica secondo il programma MACRO Studio 2024 della Maccaferri, introducendo i valori della rugosità, della resistenza a compressione del giunto critico e della lunghezza di plasticizzazione nell'ammasso roccioso stabile definiti dal geologo dott. Beretti nel suo rapporto strutturale; in particolare, in questo calcolo, è stato introdotto nell'input un forza esterna applicata all'ancoraggio pari a 22,11 kN, equivalente al più grande masso instabile. I rapporti di verifica risultano equivalenti al calcolo precedente.

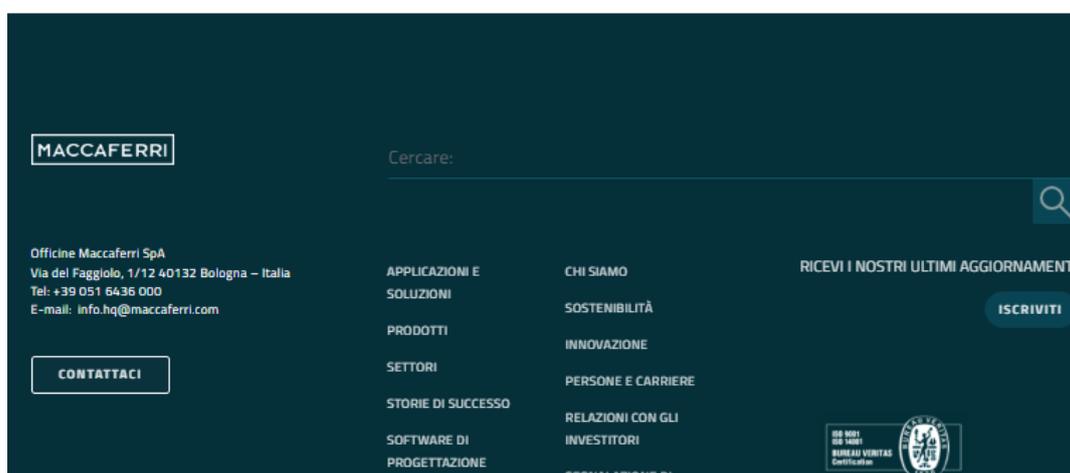
- h) **Indicazione motivata del metodo di analisi eseguito**
- j) **rappresentazione delle configurazioni deformate e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative, così come emergenti dai risultati dell'analisi, sintesi delle verifiche di sicurezza, e giudizio motivato di accettabilità dei risultati;**

k) caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo;

L'analisi della paratia è stata mediante un programma di calcolo automatico MacRo Studio della Maccaferri SpA. e fogli di calcolo manuali di tipo Excel. L'analisi preliminare della documentazione a corredo dei software ed i continui e proficui contatti avuti con la casa da oltre 10 anni hanno consentito di valutarne l'affidabilità e l'idoneità al caso in oggetto. Si rimanda al sito per le informazioni in merito alla "validazione dei codici" in cui sono presenti numerosi benchmark.

Software MacRo Studio

SCARICAMENTO



Si rimanda comunque alle considerazioni ed ai calcoli manuali riportati ai punti precedenti al fine di validare le risultanze del programma di calcolo.

Si rimanda alle successive relazioni ed agli elaborati grafici allegati per una maggiore definizione delle caratteristiche architettoniche e strutturali adottate.

Il progettista strutturale
Ing. Giuseppe Herman