



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PALERMO



20 febbraio 2025
Seminario tecnico:

Soluzioni innovative per la difesa del suolo e la prevenzione del dissesto idrogeologico



Prof. Ing. M. Ponte
Università della Calabria
Consulente Tecnico-Scientifico Arrigo Gabbioni Italia



***Consolidamenti corticali mediante reti a doppia torsione:
percorsi progettuali e criticità***



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI PALERMO



Maurizio Ponte

Ingegnere Civile Geotecnico

Ricercatore Universitario in Geologia Applicata presso l'Università della Calabria



Docente di:

«Indagini Geognostiche e Geomeccanica» - CDL Magistrale in Sc. Geologiche

«Geologia Tecnica, Applicata e delle Risorse» - CDL Ingegneria Ambientale

Responsabile del Laboratorio di «Geotecnica e Geomeccanica» del DiBEST - Università della Calabria.

Dal 2007 al 2019 Consulente Tecnico Procure della Repubblica

Dal 2021 Consulente Tecnico Arrigo Gabbioni Italia

Prof. Ing. M. Ponte

Consolidamenti corticali mediante reti a doppia torsione: percorsi progettuali e criticità





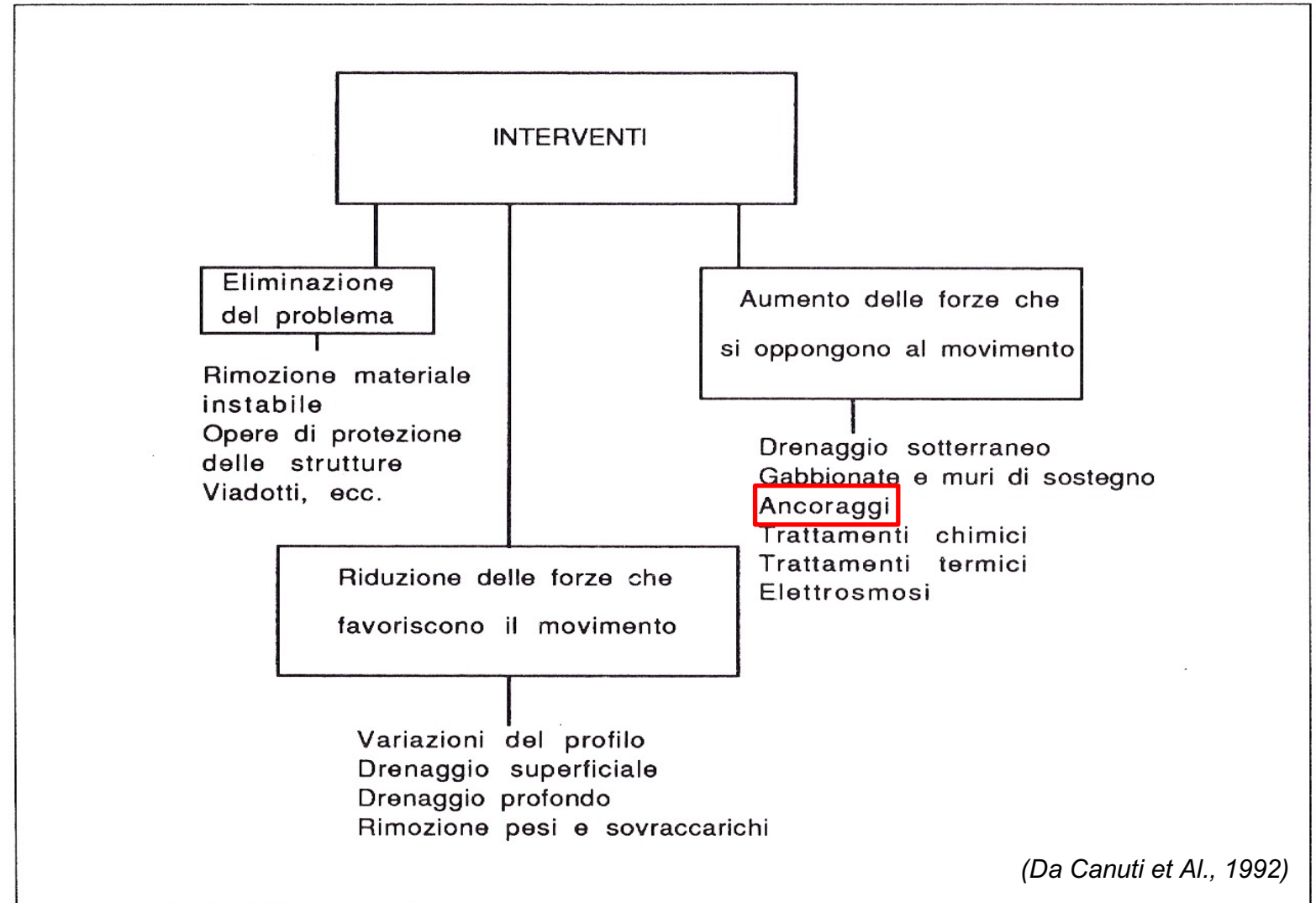
Struttura dell'intervento

- 1) *Generalità sui sistemi per il consolidamento corticale dei versanti*
- 2) *Percorso progettuale per il dimensionamento*
- 3) *SDS: un software per il dimensionamento di un sistema di consolidamento corticale*





Consolidamenti corticali



(Da Canuti et Al., 1992)

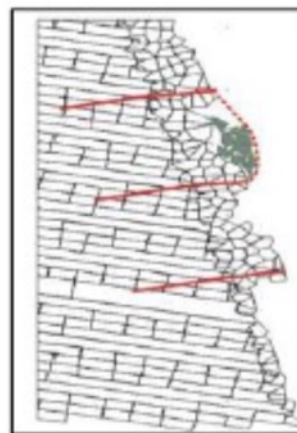
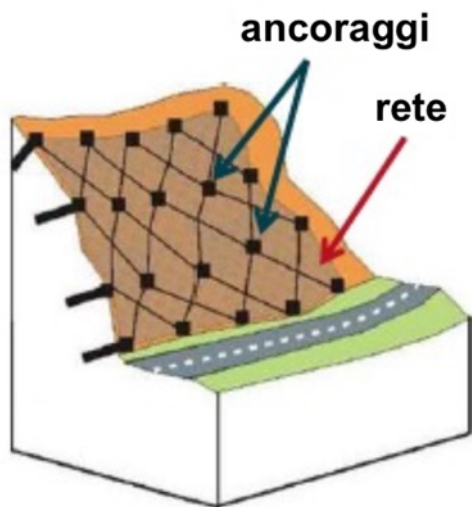




Opere di rinforzo corticale: generalità

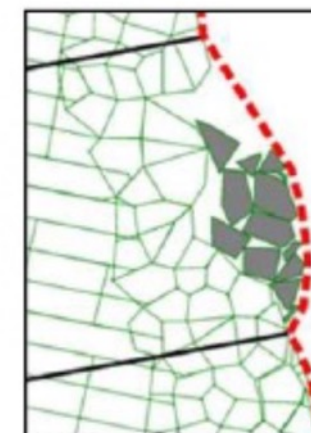
I **consolidamenti corticali** rientrano tra gli interventi «attivi» e consentono, tramite un sistema di ancoraggi, funi e reti, di:

- Migliorare la stabilità della coltre superficiale alterata/fratturata
- Trattenere i detriti e/o i blocchi tra gli ancoraggi



Ancoraggi

Migliorare la stabilità della coltre superficiale alterata/fratturata



Rivestimento

Trattenere il detrito e/o i blocchi tra gli ancoraggi

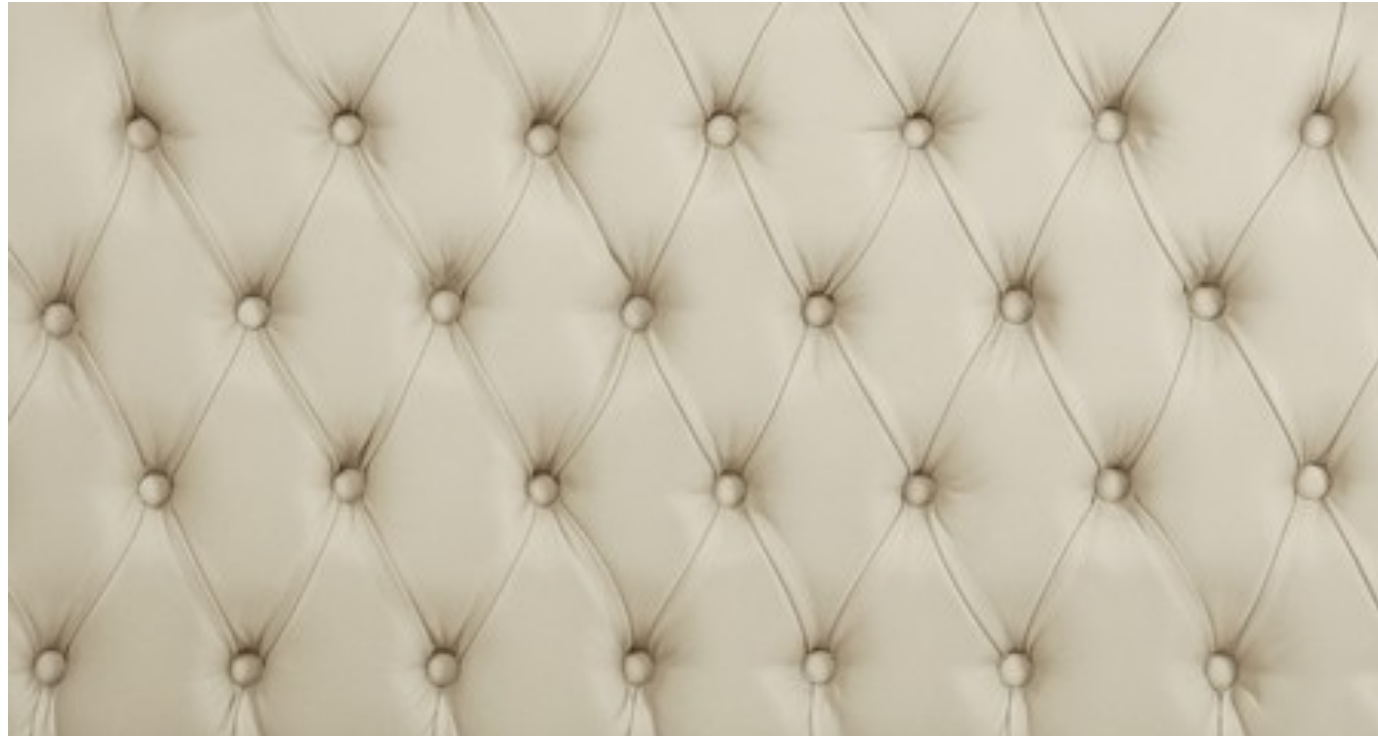




Opere di rinforzo corticale: generalità

I **consolidamenti corticali** rientrano tra gli interventi «attivi»; consentono, tramite un sistema di ancoraggi, funi e reti, di:

- Migliorare la stabilità della coltre superficiale alterata/fratturata
- Trattenere i detriti e/o i blocchi tra gli ancoraggi



Opere di rinforzo corticale: generalità

I **consolidamenti corticali** rientrano tra gli interventi «attivi» e consentono, tramite un sistema di ancoraggi, funi e reti, di:

- Migliorare la stabilità della coltre superficiale alterata/fratturata
- Trattenere i detriti e/o i blocchi tra gli ancoraggi





Opere di rinforzo corticale: generalità

I **consolidamenti corticali** rientrano tra gli interventi «attivi» e consentono, tramite un sistema di ancoraggi, funi e reti, di:

- Migliorare la stabilità della coltre superficiale alterata/fratturata
- Trattenere i detriti e/o i blocchi tra gli ancoraggi





Opere di rinforzo corticale: tipologie di reti

La scelta della tipologia di **rete** da impiegare nei consolidamenti corticali dipende, oltre che dai volumi da consolidare, dalla natura del versante:

- Versanti in terreni sciolti
- Versanti in rocce alterate
- Versanti in matrici miste litoidi-terrose
- Rilevati arginali





Opere di rinforzo corticale: tipologie di reti

In presenza di versanti suscettibili di fenomeni erosivi, è opportuno prevedere, contestualmente alla posa delle reti, rivestimenti flessibili combinati, costituiti da rete metallica esagonale a doppia torsione e bioreti o georeti.

La rete metallica, solidarizzata al substrato mediante gli ancoraggi, ha la funzione di garantire il consolidamento corticale, mentre la biorete (o georete) svolge un'azione antierosiva e, dove consentito, favorisce la rinaturazione del versante.

Naturalmente, la scelta del corretto tipo di antierosivo nei preaccoppiati è fondamentale e dipende dalle caratteristiche del substrato.

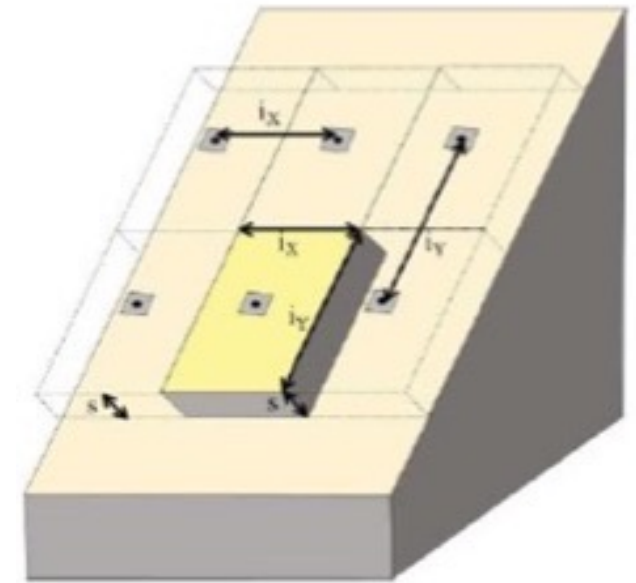




Consolidamenti corticali: progettazione del sistema

Percorso progettuale:

- 1) Determinazione dello **spessore** di coltre da consolidare e dei parametri geomeccanici della coltre e del substrato
- 2) Determinazione dell'**aderenza** bulbo di fondazione/substrato
- 3) Definizione del «raster» (interasse x e y), lunghezza e tipologia ancoraggi
 - 1) Verifica a trazione dell'ancoraggio;
 - 2) Verifica a taglio (in caso di barre);
 - 3) Verifica a sfilamento ancoraggio/malta;
 - 4) Verifica a sfilamento fondazione/terreno;
 - 5) Verifica a punzonamento della rete;
 - 6) Verifica a trazione della rete.
- 4) Verifica dei possibili meccanismi di rottura

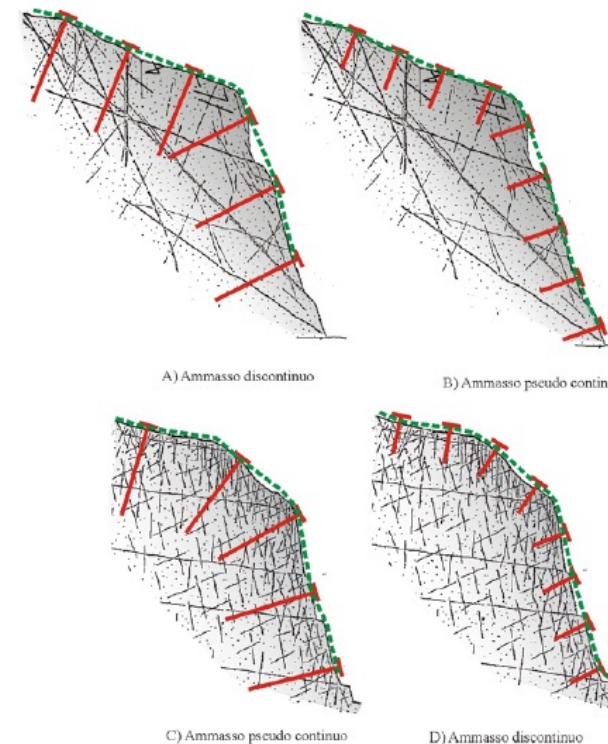
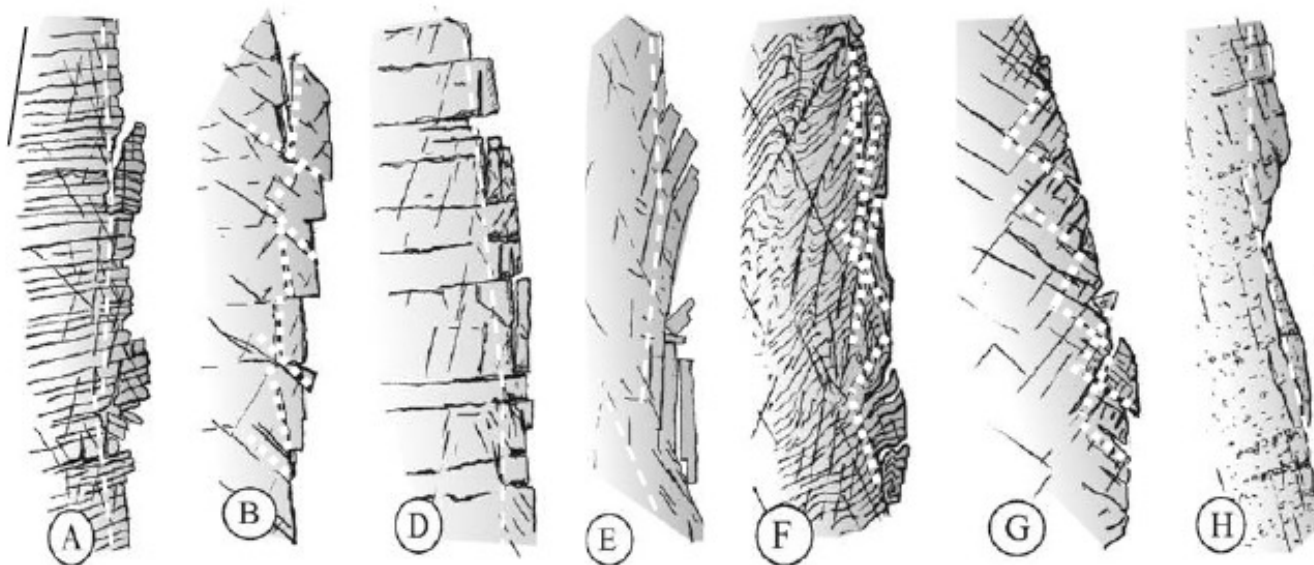




Consolidamenti corticali: progettazione del sistema

1) Determinazione dello spessore di coltre da consolidare

Bisogna definire lo spessore di roccia instabile caratterizzato da giunti di discontinuità che definiscono i blocchi instabili.



Una errata (o mancante) valutazione dell'effettivo spessore della coltre da consolidare potrebbe portare alla totale inefficacia dell'intervento, dando, tuttavia, luogo ad una percezione di «falsa sicurezza»

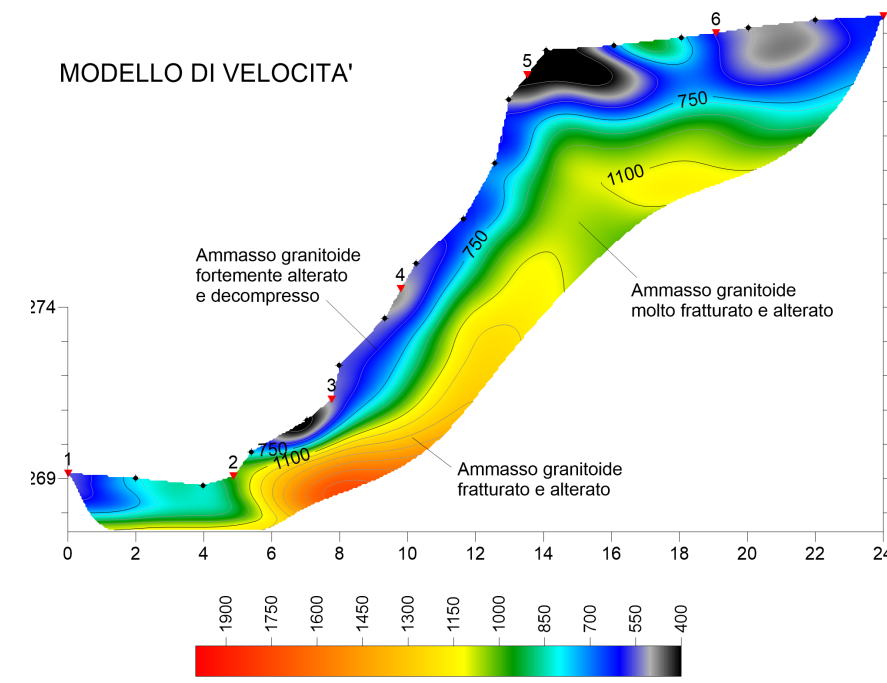
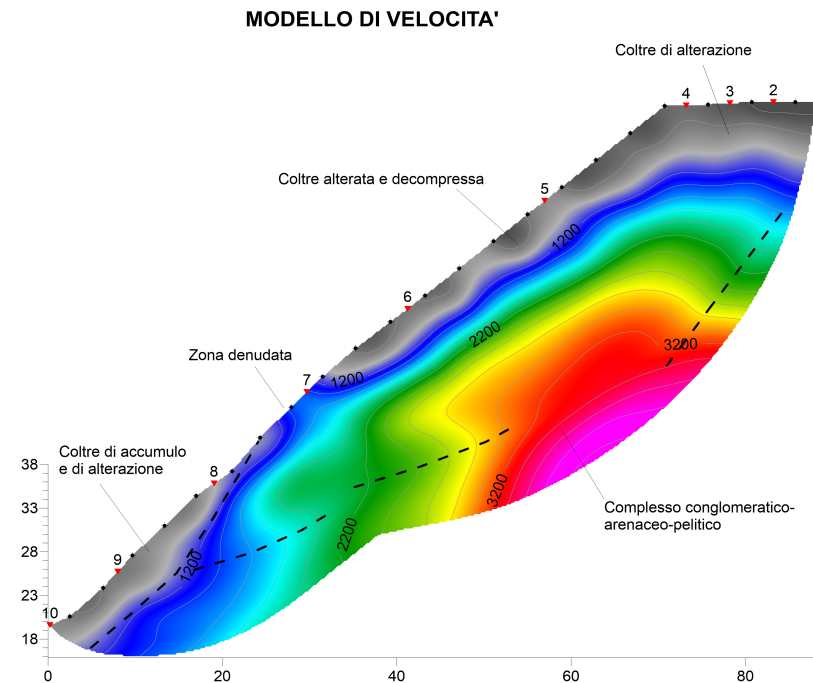
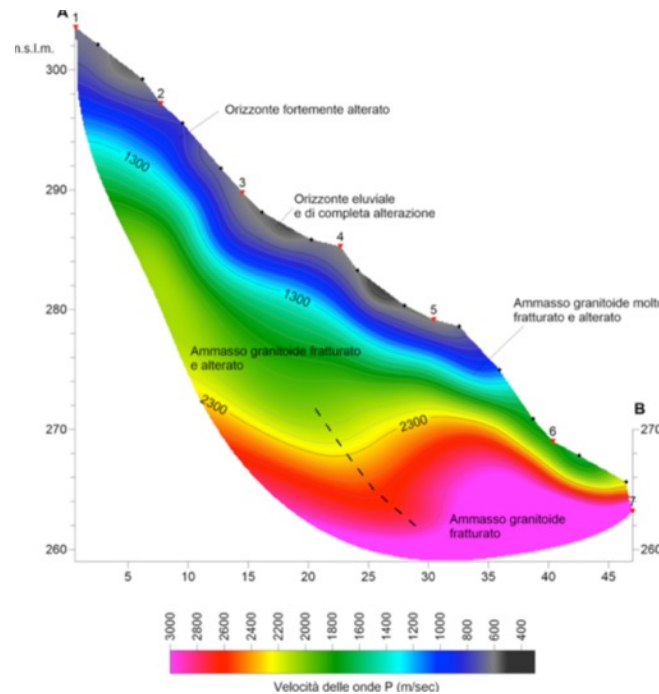




Consolidamenti corticali: progettazione del sistema

1) Determinazione dello spessore di coltre da consolidare

Lo spessore della coltre da consolidare può essere determinato attraverso l'esecuzione di prospezioni sismiche in parete





Consolidamenti corticali: progettazione del sistema

SS 106 - Capo Bruzzano (RC)





Consolidamenti corticali: progettazione del sistema

SS 106 - Capo Bruzzano (RC)



ARGILLE VARIEGATE

FLYSCH CAPO D'ORLANDO





Consolidamenti corticali: progettazione del sistema

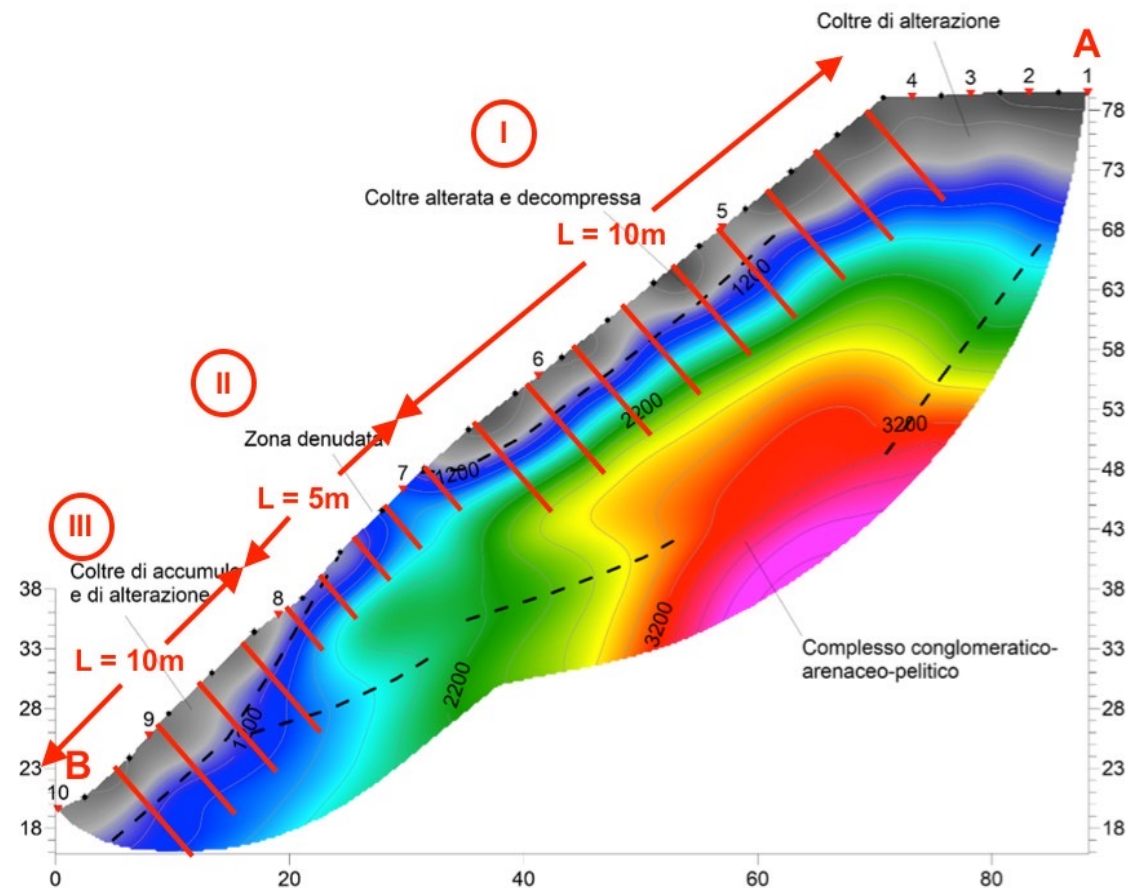
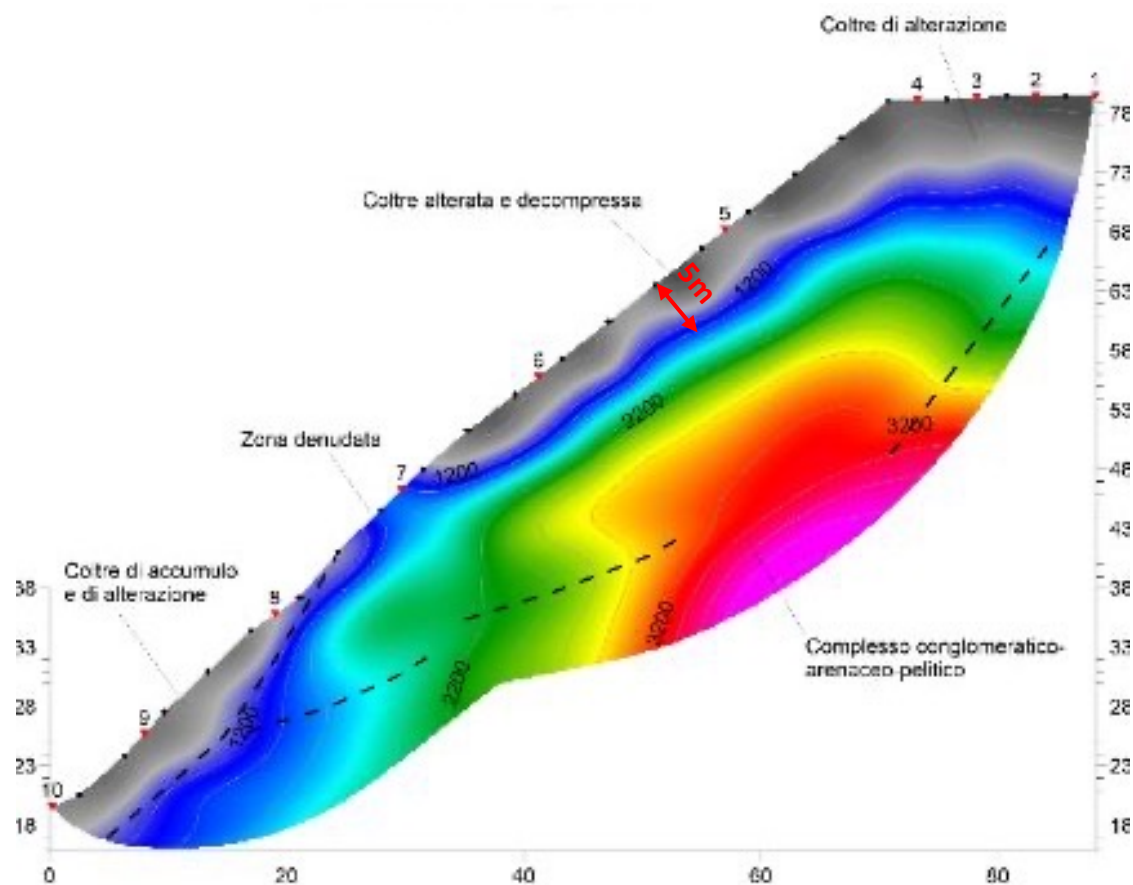
SS 106 - Capo Bruzzano (RC)





Consolidamenti corticali: progettazione del sistema

SS 106 - Capo Bruzzano (RC)





Consolidamenti corticali: progettazione del sistema

2) Determinazione dell'aderenza bulbo di fondazione/substrato



Sia le **NTC 2018 (§6.6.1)** che le **Raccomandazioni AICAP (§6.6.3)**, prevedono che tale valore sia determinato tramite **prove di estrazione** su tiranti di prova, indicando anche il numero di prove da eseguire:

6.6. TIRANTI DI ANCORAGGIO

NTC

I tiranti di ancoraggio sono elementi strutturali opportunamente collegati al terreno, in grado di sostenere forze di trazione.

6.6.1. CRITERI DI PROGETTO

(...)

Per la valutazione della resistenza a sfilamento di un ancoraggio si può procedere in prima approssimazione con formule teoriche o con correlazioni empiriche. La conferma sperimentale con prove di trazione in sito nelle fasi di progetto e in corso d'opera è sempre necessaria.

Il numero di prove di progetto non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero degli ancoraggi è inferiore a 30,
- 2 se il numero degli ancoraggi è compreso tra 31 e 50,
- 3 se il numero degli ancoraggi è compreso tra 51 e 100,
- 7 se il numero degli ancoraggi è compreso tra 101 e 200,
- 8 se il numero degli ancoraggi è compreso tra 201 e 500,
- 10 se il numero degli ancoraggi è superiore a 500.

6.6.3 Ancoraggi preliminari di prova

AICAP

La fase di progetto comprende l'esecuzione di prove preliminari (cap. 7) su ancoraggi dello stesso tipo di quelli definitivi, in base alle quali vengono stabilite tutte le caratteristiche degli ancoraggi.

Quando non è possibile realizzare ancoraggi preliminari di prova in fase di progetto, si esegue un primo dimensionamento del dispositivo sulla base di valutazioni tecnicamente motivate da verificare successivamente, dopo l'esecuzione delle prove preliminari, che vanno comunque effettuate prima dell'esecuzione degli ancoraggi definitivi.





Consolidamenti corticali: progettazione del sistema

2) Determinazione dell'aderenza bulbo di fondazione/substrato





Consolidamenti corticali: progettazione del sistema

2) Determinazione dell'aderenza bulbo di fondazione/substrato

In assenza di determinazioni dirette, si potrà, solo in prima approssimazione, fare riferimento a valori di letteratura o a formulazioni empiriche che correlano l'aderenza alla resistenza a compressione σ_u , che comunque dovranno essere validati da prove di estrazione:

$$\tau = \frac{\sigma_u}{30} \quad (\text{Littlejohn \& Bruce, 1975})$$

		Tensione di aderenza unitaria [Mpa]		
		min	med	max
✓	Basalto compatto		5.73	
✓	Granito alterato	1.5		2.5
✓	Basalto		3.86	
✓	Granito		4.83	
✓	Serpentino		1.55	
✓	Granito e basalto	1.72		3.10
✓	Scisto		2.80	
✓	Ardesia e argilla scistosa	0.83		1.38
✓	Calcere		2.83	
✓	Creta (Chalk)	0.22		1.07
✓	Calcere argilloso		2.75	
✓	Calcere tenero	1.03		1.52
✓	Calcere dolomitico	1.38		2.07
✓	Arenaria alterata	0.69		0.85
✓	Limo ben cementato		0.69	
✓	Arenaria compatta		2.24	
✓	Arenaria	0.83		1.73
✓	Marna del Keuper	0.17		0.25
✓	Argilla scistosa tenera		0.35	
✓	Argilla tenera e scistosa	0.21		0.83

G. S. Littlejohn, D.A. Bruce "Rock anchors – Design and quality control" (1975)





Consolidamenti corticali: **criticità**





Consolidamenti corticali: **criticità**





Consolidamenti corticali: **criticità**



Incendi

Nel caso in cui l'area su cui si è realizzato un consolidamento corticale sia interessata da un incendio, occorre valutare se vi sia stato un decadimento delle caratteristiche meccaniche della rete metallica. Inoltre, anche la durabilità potrebbe essere compromessa.



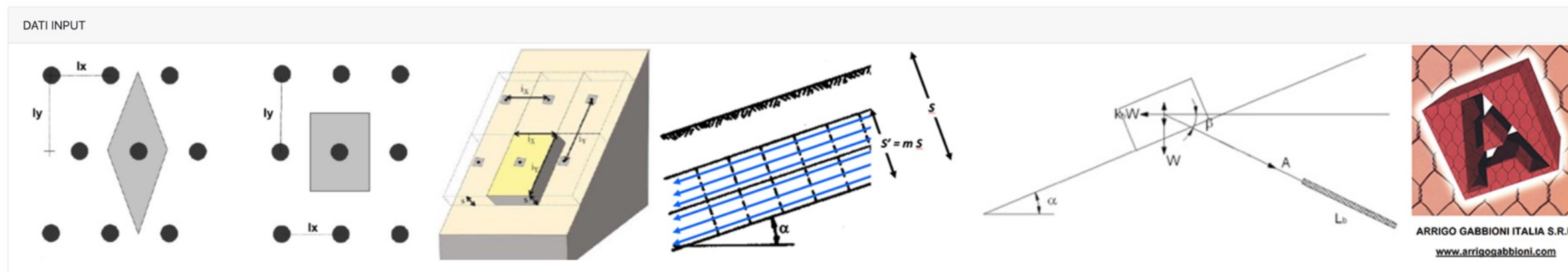


Consolidamenti corticali: software di calcolo

Il software *SRS* (Soil Reinforcement System)



GeoStru Nuovo Apri Salva Relazione Help About



SRS è un software di calcolo (sviluppato da Geostru) per il dimensionamento di un sistema di rivestimento corticale di coltri instabili costituito da reti metalliche, prodotte dalla Arrigo Gabbioni Italia S.r.l., solidarizzate al terreno mediante ancoraggi, in ossequio alle vigenti Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC 2018).

È una *webapp*, accessibile da qualunque dispositivo connesso a internet con qualsiasi browser.



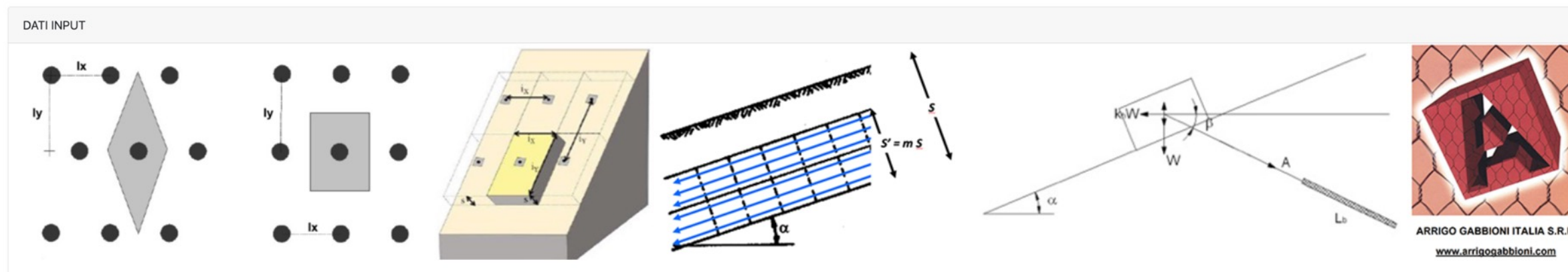


Consolidamenti corticali: software di calcolo

Il software SRS (Soil Reinforcement System)



GeoStru Nuovo Apri Salva Relazione Help About



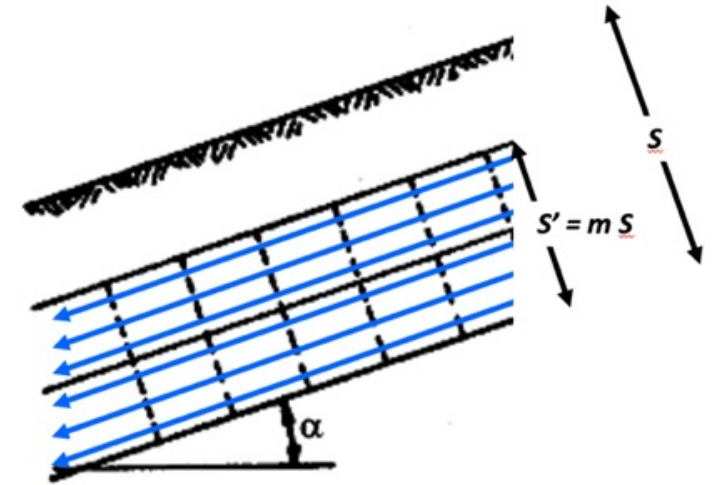
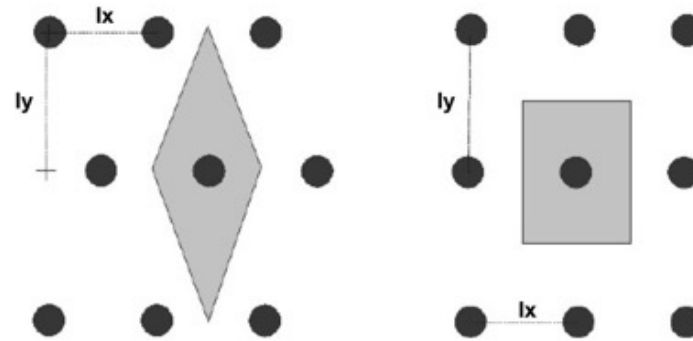
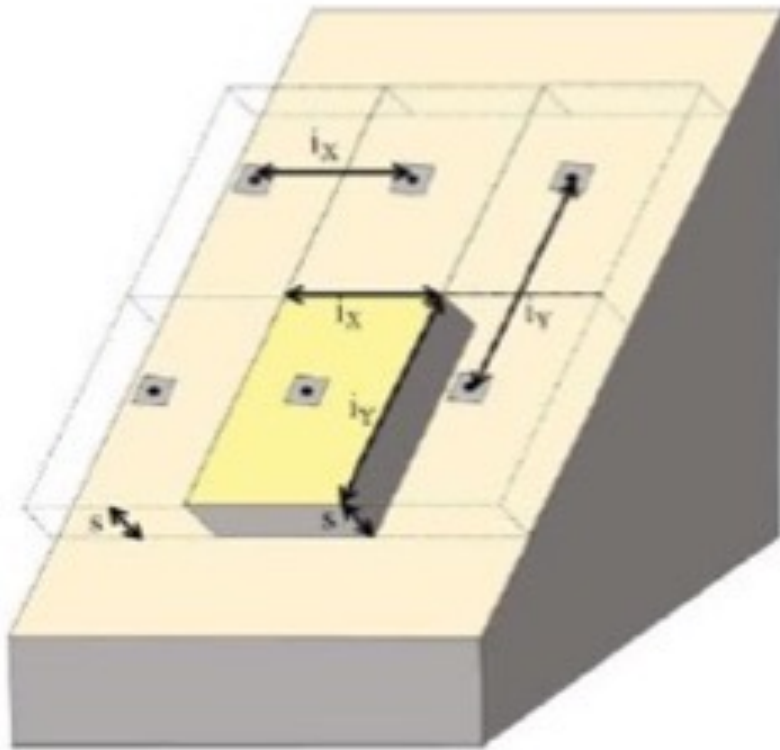
In SRS, invertendo l'usuale approccio progettuale, il Progettista fissa il valore del coefficiente di sicurezza di progetto (FS_{des}) e il software consente di determinare lo sforzo (di trazione) nel singolo ancoraggio necessario per raggiungerlo. Poiché viene quantificato l'incremento del coefficiente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





Consolidamenti corticali: software di calcolo

Il software SRS (Soil Reinforcement System)





Consolidamenti corticali: software di calcolo

Il software SRS (Soil Reinforcement System)



Dati professionista

Anagrafica

Nome

Cognome

Indirizzo

P. IVA

C.FISCALE

Telefono

Fax

Web

Email

Dati Progetto

Titolo

Data

Committente

Nome progettista

Cognome progettista





Consolidamenti corticali: software di calcolo

Il software *SRS* (Soil Reinforcement System)



Parametri del terreno e del substrato

Coltre

I.1	Inclinazione versante	(α)	<input type="text" value="35,00"/>	(°)
I.2	Spessore	(S)	<input type="text" value="1,60"/>	m
I.3	Peso unità di volume	(γ_{col})	<input type="text" value="20,00"/>	kN/m ³
I.4	Angolo di attrito	(Φ_{col})	<input type="text" value="35,00"/>	(°)
I.5	Coesione drenata	(c'_{col})	<input type="text" value="0"/>	kPa
I.6	Spessore adim. moto di filtrazione (m=0 falda assente; m=1 falda a p.c.)	m	<input type="text" value="1"/>	--

Substrato

Terreno Roccia

Terreno

I.8	Tensione di aderenza del terreno	(ad_{soil})	<input type="text" value="0,30"/>	MPa Tabella
I.9	Coefficiente modalità iniezione	(α_{iniezz})	<input type="text" value="1,4"/>	(--) Tabella





Consolidamenti corticali: software di calcolo

Il software *SRS* (Soil Reinforcement System)



TERRENO	Tensione di aderenza unitaria malta-terreno [Mpa]	
	min	max
ROCCIA		
✓ Basalto	5.50	6.00
✓ Calcere	2.80	4.80
✓ Arenaria	1.50	1.70
✓ Dolomite	1.70	1.90
✓ Scisti	0.50	0.70
✓ Scisti alterati	0.30	0.50
✓ Gesso	0.60	0.80
✓ Ardesia	1.60	1.80
SCIOLTO		
✓ Limi argillosi	0.06	0.09
✓ Argilla satura	0.05	0.08
✓ Argilla sabbiosa compatta	0.20	0.40
✓ Sabbia medio fine compatta	0.20	0.60
✓ Argilla medio plastica dura	0.20	0.50
✓ Argilla medio plastica media	0.16	0.29
✓ Sabbia grossa e ghiaia compatta	0.29	0.60

E. Segre, "Proposta di metodo di prove semplici per tiranti di ancoraggio"
(Industria Italiana del Cemento 6/88)





Consolidamenti corticali: software di calcolo

Il software *SRS* (Soil Reinforcement System)



Parametri sismici

I.16 Coeff. sismico orizzontale

(K_h)

0,07

(--) [Calcola con Geostru PS](#)

Parametri di progetto

E.8

Coefficiente di sicurezza F_{S0} pre-intervento

 **Calcola**

(F_{S0})

0,68

(--)

I.17

Coefficiente di sicurezza di progetto

($F_{S_{des}}$)

1,05

--





Consolidamenti corticali: software di calcolo

Il software *SRS* (Soil Reinforcement System)



Parametri del sistema

Ancoraggi

I.18	Dim Y raster	(i_y)	<input type="text" value="3"/>	m
I.19	Dim X raster	(i_x)	<input type="text" value="3"/>	m
I.20	Lunghezza ancoraggi	(L_a)	<input type="text" value="6"/>	m
I.21	Inclinazione ancoraggi	(β)	<input type="text" value="0"/>	(°)
I.22	Diametro perforazione	(D_f)	<input type="text" value="90,00"/>	mm
I.23	Diametro barra	(Φ_b)	<input type="text" value="25"/>	mm
I.24	Tensione snervamento barra	(f_{yk})	<input type="text" value="500"/>	N/mm ² Barra GEWI
I.25	Resistenza cubica a compressione malta	(R_{ck})	<input type="text" value="25,00"/>	N/mm ²
I.26	Coefficiente aderenza	(η_1)	<input type="text" value="1.00 = Buona aderenza"/>	(--) NTC 4.1.2.1.1.4
I.27	N. profili di indagine per la definizione dei parametri geotecnici	(N_{prof})	<input type="text" value="3"/>	(--) NTC 6.6.2

Rete

I.28	Resistenza a trazione unitaria rete	($R_{tr_u_rete}$)	<input type="text" value="75"/>	kN/m
I.29	Resistenza a punzonamento rete	(R_{punz})	<input type="text" value="92"/>	kN





Consolidamenti corticali: software di calcolo

Il software *SRS* (Soil Reinforcement System)



RISULTATI

Coefficiente di sicurezza pre-intervento	(F_{S0})	0,5	(--)
Coefficiente di sicurezza di progetto	(F_{Sdes})	1,05	(--)
R.1 Incremento di FS	(Δ_{FS})	0,55	(--)

Verifiche

R.2 Trazione barra	$(R_d > E_d)$	FS = 4.71	(--)	OK
R.3 Taglio barra	$(T_d > T_f)$	FS = 1.27	(--)	OK
R.4 Sfilamento barra/malta	$(R_{bm} > E_d)$	FS = 10.83	(--)	OK
R.5 Sfilamento bulbo/substrato	$(R_{bulbo} > E_d)$	FS = 2.17	(--)	OK
R.6 Punzonamento rete	$(R_{punz} > E_d)$	FS = 2.59	(--)	OK
R.7 Trazione rete	$(R_{tr_rete} > T_d)$	FS = 1.33	(--)	OK

Ancoraggi per ogni 100 m² di rete

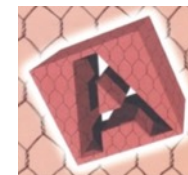
R.8 Numero	(N_{tot})	44	(--)
R.9 Lunghezza totale perforazioni	(L_{tot})	132	(m)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



MAURIZIO PONTE
Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra
Università della Calabria.
E-mail: maurizio.ponte@unical.it



ARRIGO GABBIONI ITALIA S.R.L.
<https://www.arrigogabbioni.com>
E-mail: arrigogabbioni@gmail.com