

REGIONE PIEMONTE
CITTA' METROPOLITANA DI TORINO
COMUNE DI BALME



PROGETTO

Realizzazione paravalanga a protezione della viabilità di collegamento dell'abitato di Balme con il fondovalle - stralcio funzionale

Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica

ELABORATO

AII. 04

SCALA

-

OGGETTO

RELAZIONE TECNICA
Predimensionamento opere strutturali

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.
0	marzo 2026	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	L.R.	D.B.	D.B. - L.R.

IL PROGETTISTA



CONSULENZA SPECIALISTICA

Ing. Luca Rodolfo



marzo 2026

PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di verificare il sistema di fondazione e di ancoraggio delle reti fermaneve tipo DK3,5-N2,5 progettate per il cantiere «*Realizzazione paravalanga a protezione della viabilità di collegamento dell'abitato di Balme con il fondovalle – stralcio funzionale*».

L'intervento in esame prevede l'installazione di n. 1 filare con uno sviluppo planimetrico di 73,50 metri lineari. Le reti fermaneve in oggetto sono qualificate mediante marcatura CE ai sensi del D.M. 17 Gennaio 2018 in accordo al Documento di Valutazione Europeo EAD n. 340109-00-0106 "Flexible avalanche protection kit".

RETI FERMANEVE

I fermaneve a rete sono strutture flessibili e modulari, e sono composte dai seguenti elementi principali:

- pannelli di rete:** pannelli di forma triangolare di rete in funi d'acciaio. I pannelli di rete triangolare sono di due tipi: uno con base orizzontale al terreno e vertice in alto (pannello tipo A) e l'altro con vertice al terreno e base orizzontale in alto (pannello tipo B). Le dimensioni dei pannelli così come anche il diametro della fune di maglia e perimetrale variano per ciascun modello e dipendono dai valori di Dk.
- puntoni di sostegno:** puntoni tubolari in acciaio, vincolati alla base al terreno mediante un giunto sferico omnidirezionale ed in sommità mediante i pannelli di rete triangolare o con i controventi di monte e i controventi di valle che sono agganciati a idonei perni di acciaio.
- funi di collegamento:** funi d'acciaio aventi la funzione di ripartire i carichi trasmessi dalle reti fermaneve e trasferirli al terreno attraverso gli ancoraggi.
- fondazioni:** trasferiscono al terreno i carichi trasmessi dalle reti fermaneve, dai puntoni di sostegno e dalle funi di collegamento.

Nell'immagine successiva si mostra lo schema degli elementi componenti la sezione tipologica

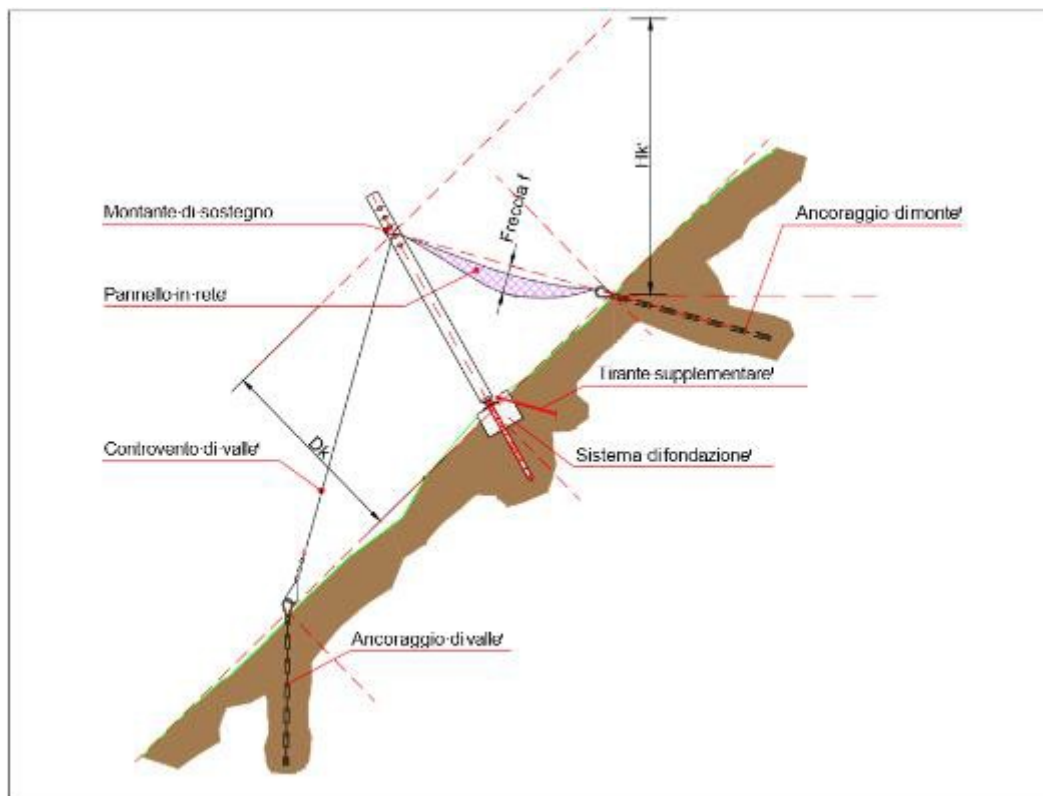


Figura 1 – Sezione schematica dell'opera

Vengono individuate inoltre tre tipi di sezioni in funzione della loro posizione in una fila: MF = intermedie, RF = intervallo, WF = estreme

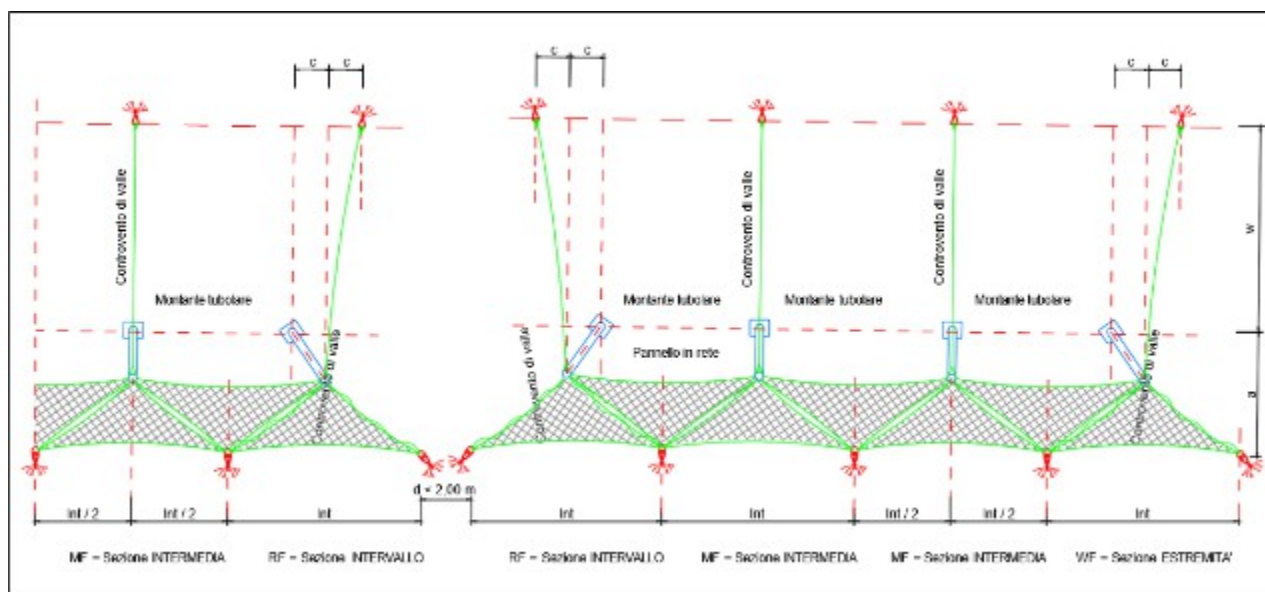


Figura 2 - Vista planimetrica tipologica

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il dimensionamento degli elementi resistenti si fa riferimento alla seguente normativa:

- **D.M. 17/01/2018** – “Norme tecniche per le costruzioni”
- **Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7** – “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018”

Si sono inoltre seguite le indicazioni fornite da test specializzati quali:

- **A.I.C.A.P. - Ancoraggi nei terreni e nelle rocce: raccomandazioni**

Il calcolo e la verifica degli elementi costruttivi sono stati condotti secondo gli usuali metodi della Scienza delle Costruzioni.

Tenuto conto delle caratteristiche prestazionali delle reti fermaneve, le verifiche sono eseguite allo stato limite ultimo.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali utilizzati devono soddisfare alle caratteristiche fisico-meccaniche impartite dalle normative vigenti ed indicate nei riferimenti del paragrafo precedente.

Si riportano in questa sede, per semplicità, le sole caratteristiche di resistenza dei materiali:

Acciaio per profilati, piastre del tipo S355 EN 10025 e tubi del tipo S355 EN 10219

Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio	$f_{tka} = 4700$ daN/cm ²
Tensione caratteristica a snervamento dell'acciaio	$f_{yka} = 3550$ daN/cm ²
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_M = 1,05$
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$= f_{yka} / \gamma_M = f_{yda} = 3381$ daN/cm ²
Resistenza di calcolo di taglio acciaio	$= f_{yka} / \sqrt{3} \gamma_M = f_{vda} = 1952$ daN/cm ²
Modulo elastico dell'acciaio	$E = 2,06 \cdot 10^6$ daN/cm ²

Acciaio per barre tipo Gewi (500/550 MPa)

Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio	$f_{tks} = 5500$ daN/cm ²
Tensione caratteristica a snervamento dell'acciaio	$f_{yks} = 5000$ daN/cm ²
coefficiente di sicurezza	$\gamma_s = 1,15$
resistenza di calcolo dell'acciaio	$= f_{yk} / \gamma_s = f_{yds} = 4347,0$ daN/cm ²
resistenza di calcolo di taglio acciaio	$= f_{yks} / \sqrt{3} \gamma_s = f_{vds} = 2509$ daN/cm ²

modulo elastico dell'acciaio

$$E = 2,06 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$$

Ancoraggio in doppia fune spiroidale (EN 12385-10) tipo C-FAST con elemento di rinforzo circolare di testa

Carico rottura minimo per diametro nominale Φ 14	$A_{\Phi 14} = 350,0 \text{ kN}$
Carico rottura minimo per diametro nominale Φ 18	$A_{\Phi 16} = 560,0 \text{ kN}$
Carico rottura minimo per diametro nominale Φ 24	$A_{\Phi 16} = 845,0 \text{ kN}$

Miscela cementizia per iniezioni Rck 30 MPa (Classe C25/30)

confezionata con cemento tipo 325 o superiore, utilizzo di additivo antiritiro, metodo iniezione IGU

Resistenza cubica a compressione caratteristica	$R_{ck} = 300,0 \text{ daN/cm}^2$
Resistenza monoassiale per carichi di breve durata	$f_{ck} = 249,0 \text{ daN/cm}^2 = 0,83 \cdot R_{ck}$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_m = 1,50$
Coefficiente di sicurezza per carico per lunga durata	$\alpha_{cc} = 0,85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 141,1 \text{ daN/cm}^2$
Resistenza caratteristica di aderenza	$f_{bk} = 40,3 \text{ daN/cm}^2$
Resistenza di calcolo di aderenza	$f_{bd} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$

Per quanto riguarda le caratteristiche dei terreni interessati dalle opere di fondazioni, si ipotizza la presenza di roccia fratturata caratterizzata da una tensione limite all'interfaccia malta-terreno pari a $12,00 \text{ daN/cm}^2$.

Si prevede, inoltre, che la miscela di iniezione, per la realizzazione degli elementi di trasmissione al terreno degli sforzi indotti nella struttura in elevazione, sia di tipo cementizio e sia posta in opera secondo il processo di iniezione di tipo globale e messa in pressione unica (modello IGU: Iniezione Globale Unica) ed abbia un Rck non inferiore a 300 daN/cm^2 .

VERIFICA E DIMENSIONAMENTO DEGLI ANCORAGGI

Secondo quanto previsto dalle Norme tecniche D.M. 17/01/2018 la verifica di sicurezza agli stati limite ultimi degli ancoraggi sono stati condotti utilizzando nel calcolo il set di coefficienti parziali (A1+M1+R3), tenuto conto che, in tale combinazione, il coefficiente parziale per la resistenza di ancoraggi di tipo permanente vale $\gamma_R = 1,20$ e si assume, a favore di sicurezza, il fattore di correlazione con il suo valore massimo $\xi_a = 1,80$.

Per quanto riguarda invece la verifica di sicurezza dei pali, secondo le Norme Tecniche D.M. 17/01/2018 (art. 6.4.3 e seguenti), si utilizzerà l'Approccio 2, con il set di coefficienti parziali (A1+M1+R3), tenuto conto che, in tale combinazione, il coefficiente parziale per la resistenza dei pali viene assunto pari a $\gamma_R = 1,15$ e si assume, a favore di sicurezza, il fattore di correlazione massimo $\xi_b = 1,70$.

Nel corso del calcolo, pertanto, saranno determinati dei coefficienti di sicurezza che andranno confrontati con quelli previsti dai suddetti approcci.

Il carico esercitato dalla neve, ai sensi delle NTC 2018, costituisce un carico variabile sfavorevole e dunque si adotta $\gamma_Q = 1,50$

Tab. 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLS

		Coefficiente	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_{2(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

CARICHI DI PROGETTO

I carichi di progetto relativi ai fermaneve sono contenuti nella relativa certificazione ETA di riferimento e vengono illustrati qui di seguito.

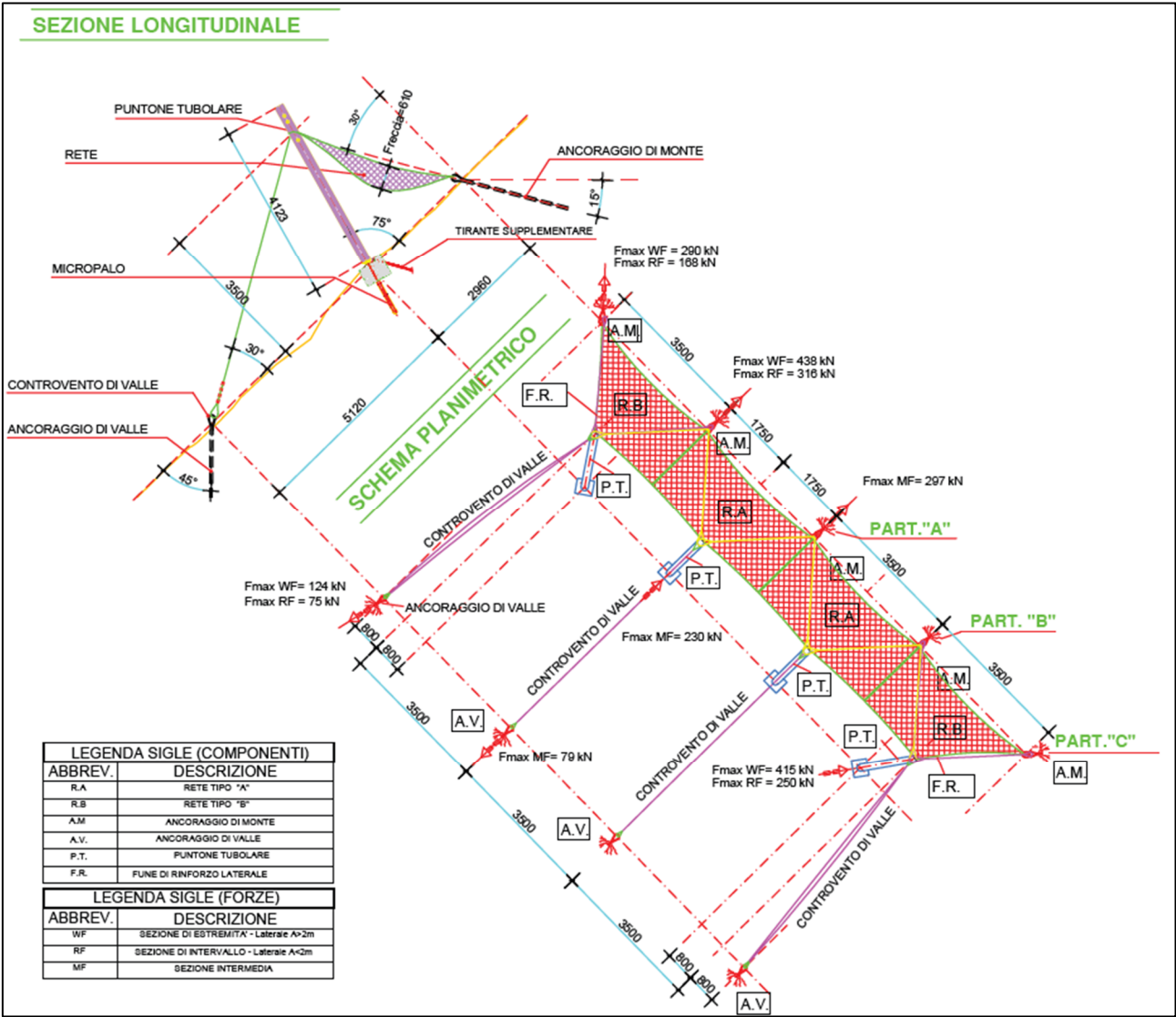


Figura 3 – Vista in sezione e in pianta delle reti fermaneve in progetto con i carichi agenti sugli ancoraggi

	Ancoraggi di monte					Ancoraggi di valle			Compressione montante		
	MF (int)	WF (int)	WF (ext)	RF (int)	RF ext	MF	WF	RF	MF	WF	RF
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
E	297	438	290	316	168	79	124	75	230	415	250
γ_d	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Ed	445.5	657.0	435.0	474.0	252.0	118.5	186.0	112.5	345.0	622.5	375.0

Tabella 1 – Carichi caratteristici e carichi di progetto agenti sugli ancoraggi

FONDAZIONI DEL PUNTONE

Le fondazioni dei puntoni verranno realizzate mediante una barra in acciaio tipo Gewi diam. 32 mm coassiale a un micropalo in acciaio S355 diam. est. 76,1 mm – spessore 8,0 mm, realizzati con la medesima inclinazione dei puntoni (che saranno installati con un'inclinazione di 75° rispetto al pendio).

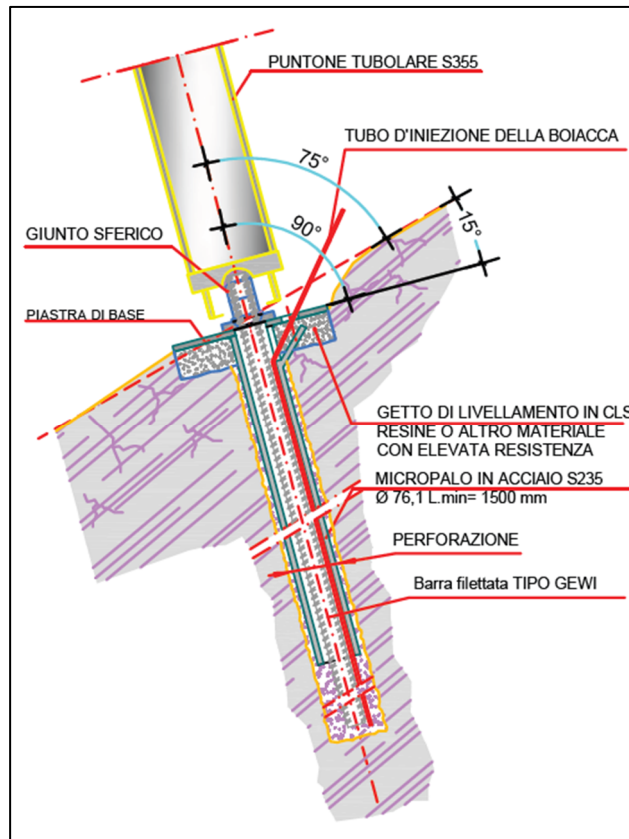


Figura 4 – Fondazione dei puntoni

VERIFICA FONDAZIONI DEL PUNTONE MF

Le fondazioni del puntone verranno realizzate mediante n.1 barra in acciaio tipo Gewi diam. 32 mm con una lunghezza pari a 2,0 m, coassiale a un micropalo in acciaio S355 diam. est. 76,1 mm – spessore 8,0 mm con una lunghezza pari a 1,5 m, inseriti in una perforazione con un diametro minimo pari a 114 mm.

La base del puntone è soggetta a un carico di compressione di progetto N pari a 345 kN, che saranno assorbiti dalla barra in acciaio tipo Gewi diam. 32 mm e dal micropalo.

VERIFICA FONDAZIONE (micropalo + barra Gewi diam. 32 mm)

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

Si determina la portata limite della fondazione così realizzata mediante la formula (Bustamante-Doix, 1985)

$$P_L = k \pi D \sum_i (\alpha_i L_i q_{si}) \quad \text{dove}$$

k coefficiente di maggiorazione che tiene conto nel calcolo della resistenza a compressione del contributo della resistenza di punta, assunto a favore di sicurezza pari a 1,0

- α coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione, posto nel caso in esame pari a 1,10
- i indice che identifica la stratigrafia e assunto nel caso in esame pari a 1 (uno strato)
- D diametro di perforazione pari a 11,4 cm
- L_i lunghezza utile di aderenza per lo strato omogeneo
- q_{si} tensione limite di aderenza che dipende oltre che dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio, pari a 12,0 daN/cm².

Da quanto sopra e dai coefficienti indicati si ottiene:

$$P_L = 94549,4 \text{ daN}$$

Per cui si ha un fattore di sicurezza pari a $P_L / N = 94549,4 / 34500 = 2,74 \geq 1,96$ (pari a $\gamma_R \xi_b$).

Verifica aderenza nucleo iniettato - acciaio

La resistenza allo scorrimento fra acciaio e miscela di iniezione è dovuta alle tensioni di aderenza e all'attrito all'interfaccia acciaio-miscela. A favore di sicurezza, si considera solo il contributo della barra in acciaio tipo Gewi diam. 32 mm. Nell'ambito del metodo di verifica agli stati limiti si può assumere una tensione tangenziale di progetto dovuta all'aderenza e all'attrito:

$$f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2, \text{ per sezioni con acciaio nervato}$$

$$\tau_{aderenza} = N / A_{aderenza} = 34500 / (3,20 \times \pi \times L) = 17,16 \text{ daN/cm}^2 < f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Verifica strutturale armatura in acciaio

Nell'ipotesi di affidare la resistenza a compressione alla sola armatura in acciaio si ha

Massimo sforzo Normale di compressione sul montante	N	kN	345.0
Tensione di snervamento di progetto dell'acciaio del micropalo	f_{yda}	Mpa	338.1
Diametro esterno del tubolare	D	mm	76.1
Spessore tubolare	S	mm	8
Area resistente armatura	A_{res}	mm ²	1711.54
Resistenza di progetto dell'armatura del micropalo		kN	578.7
Tensione di snervamento di progetto dell'acciaio della barra	f_{yds}	Mpa	434.8
Diametro barra	D	mm	32
Area resistente armatura	A_{res}	mm ²	804.2
Resistenza di progetto dell'acciaio della barra		kN	349.7
Resistenza di progetto del micropalo+barra		kN	928.4
VERIFICA ARMATURA A SFORZO NORMALE	FS	-	2.69

VERIFICA FONDAZIONI DEL PUNTONE WF

Le fondazioni del puntone verranno realizzate mediante n.1 barra in acciaio tipo Gewi diam. 32 mm con una lunghezza pari a 3,0 m, coassiale a un micropalo in acciaio S355 diam. est. 76,1 mm – spessore 8,0 mm con una lunghezza pari a 1,5 m, inseriti in una perforazione con un diametro minimo pari a 114 mm.

La base del puntone è soggetta a un carico di compressione di progetto N pari a 622,5 kN, che saranno assorbiti dalla barra in acciaio tipo Gewi diam. 32 mm e dal micropalo.

VERIFICA FONDAZIONE (micropalo + barra Gewi diam. 32 mm)**Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno**

Si determina la portata limite della fondazione così realizzata mediante la formula (Bustamante-Doix, 1985)

$$P_L = k \pi D \sum_i (\alpha_i L_i q_{si}) \quad \text{dove}$$

- k coefficiente di maggiorazione che tiene conto nel calcolo della resistenza a compressione del contributo della resistenza di punta, assunto a favore di sicurezza pari a 1,0
- α coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione, posto nel caso in esame pari a 1,10
- i indice che identifica la stratigrafia e assunto nel caso in esame pari a 1 (uno strato)
- D diametro di perforazione pari a 11,4 cm
- L_i lunghezza utile di aderenza per lo strato omogeneo
- q_{si} tensione limite di aderenza che dipende oltre che dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio, pari a 12,0 daN/cm².

Da quanto sopra e dai coefficienti indicati si ottiene:

$$P_L = 141824,1 \text{ daN}$$

Per cui si ha un fattore di sicurezza pari a $P_L / N = 141824,1 / 62250 = 2,28 \geq 1,96$ (pari a $\gamma_R \xi_b$).

Verifica aderenza nucleo iniettato - acciaio

La resistenza allo scorrimento fra acciaio e miscela di iniezione è dovuta alle tensioni di aderenza e all'attrito all'interfaccia acciaio-miscela. A favore di sicurezza, si considera solo il contributo della barra in acciaio tipo Gewi diam. 32 mm. Nell'ambito del metodo di verifica agli stati limiti si può assumere una tensione tangenziale di progetto dovuta all'aderenza e all'attrito:

$$f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2, \text{ per sezioni con acciaio nervato}$$

$$\tau_{aderenza} = N / A_{aderenza} = 62250 / (3,20 \times \pi \times L) = 20,64 \text{ daN/cm}^2 < f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Verifica strutturale armatura in acciaio

Nell'ipotesi di affidare la resistenza a compressione alla sola armatura in acciaio si ha

Massimo sforzo Normale di compressione sul montante	N	kN	622.5
Tensione di snervamento di progetto dell'acciaio del micropalo	f_{yda}	Mpa	338.1
Diametro esterno del tubolare	D	mm	76.1
Spessore tubolare	S	mm	8

Area resistente armatura	A_{res}	mm ²	1711.54
Resistenza di progetto dell'armatura del micropalo		kN	578.7
Tensione di snervamento di progetto dell'acciaio della barra	f_{yds}	Mpa	434.8
Diametro barra	D	mm	32
Area resistente armatura	A_{res}	mm ²	804.2
Resistenza di progetto dell'acciaio della barra		kN	349.7
Resistenza di progetto del micropalo+barra		kN	928.4
VERIFICA ARMATURA A SFORZO NORMALE	FS	-	1.49

VERIFICA FONDAZIONI DEL PUNTONE RF

Non sono previste in progetto sezioni di intervallo "RF", dunque il dimensionamento in oggetto non sarà trattato.

VERIFICA ANCORAGGIO DI MONTE MF

Noto il carico di progetto $T = 445,5 \text{ kN}$, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi verranno realizzati con degli ancoraggi in doppia fune spiroidale $\Phi 18$ tipo C-FAST inseriti in perforazioni del diametro minimo pari a $D = 89 \text{ mm}$ e lunghezza $L = 3,0 \text{ m}$.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu \delta A_{\text{lat}}) = 44550 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 1,80 \times 300) = 18,17 \text{ daN/cm}^2 < f_{\text{bd}} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

avendo indicato con

μ = coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso = 0,85

δ = coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a 0,85 (caso di due trefoli)

A_{lat} = area laterale dei due trefoli pari a $2 \pi \Phi L$

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

La resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio all'interfaccia malta – terreno vale:

$$R = \pi D \sum_i (\alpha_i L_i q_{\text{si}}) = 1107,2 \text{ kN}$$

avendo indicato con

α coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione, posto nel caso in esame pari a 1,10

i indice che identifica la stratigrafia e assunto nel caso in esame pari a 1 (uno strato)

D diametro di perforazione pari a 8,9 cm

L_i lunghezza utile di aderenza per lo strato omogeneo

q_{si} tensione limite di aderenza che dipende oltre che dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio, pari a 12,0 daN/cm².

Per cui si ottiene un fattore di sicurezza $\theta = R / T = 2,49 \geq 2,16$ (pari a $\gamma_R \xi_a$).

Verifica resistenza ancoraggio in doppia fune

$Q_c = 560,0 \text{ kN}$ = Carico minimo di rottura ancoraggio in doppia fune spiroidale $\Phi 18$

$Q_d = Q_c / 1,15 = 487,0 \text{ kN}$ = carico di rottura di progetto ancoraggio in doppia fune spiroidale

$T = 445,5 \text{ kN}$ = Carico massimo applicato all'ancoraggio

$\eta = Q_d / T = 1,09$ = fattore di sicurezza residuo

VERIFICA ANCORAGGIO DI MONTE WF (int)

Noto il carico di progetto $T = 657 \text{ kN}$, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi verranno realizzati con degli ancoraggi in doppia fune spiroidale $\Phi 24$ tipo C-FAST inseriti in perforazioni del diametro minimo pari a $D = 89 \text{ mm}$ e lunghezza $L = 4,0 \text{ m}$.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu \delta A_{\text{lat}}) = 65700 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 2,40 \times 400) = 15,1 \text{ daN/cm}^2 < f_{\text{bd}} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

avendo indicato con

μ = coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso = 0,85

δ = coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a 0,85 (caso di due trefoli)

A_{lat} = area laterale dei due trefoli pari a $2 \pi \Phi L$

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

La resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio all'interfaccia malta – terreno vale:

$$R = \pi D \sum_i (\alpha_i L_i q_{\text{si}}) = 1476,3 \text{ kN}$$

avendo indicato con

α coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione, posto nel caso in esame pari a 1,10

i indice che identifica la stratigrafia e assunto nel caso in esame pari a 1 (uno strato)

D diametro di perforazione pari a 8,9 cm

L_i lunghezza utile di aderenza per lo strato omogeneo

q_{si} tensione limite di aderenza che dipende oltre che dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio, pari a 12,0 daN/cm².

Per cui si ottiene un fattore di sicurezza $\theta = R / T = 2,25 \geq 2,16$ (pari a $\gamma_R \xi_a$).

Verifica resistenza ancoraggio in doppia fune

$Q_c = 845,0 \text{ kN}$ = Carico minimo di rottura ancoraggio in doppia fune spiroidale $\Phi 24$

$Q_d = Q_c / 1,15 = 734,8 \text{ kN}$ = carico di rottura di progetto ancoraggio in doppia fune spiroidale

$T = 657 \text{ kN}$ = Carico massimo applicato all'ancoraggio

$\eta = Q_d / T = 1,12$ = fattore di sicurezza residuo

VERIFICA ANCORAGGIO DI MONTE WF (ext)

Noto il carico di progetto $T = 435 \text{ kN}$, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi verranno realizzati con degli ancoraggi in doppia fune spiroidale $\Phi 18$ tipo C-FAST inseriti in perforazioni del diametro minimo pari a $D = 89 \text{ mm}$ e lunghezza $L = 3,0 \text{ m}$.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu \delta A_{\text{lat}}) = 43500 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 1,80 \times 300) = 17,8 \text{ daN/cm}^2 < f_{\text{bd}} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

avendo indicato con

μ = coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso = 0,85

δ = coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a 0,85 (caso di due trefoli)

A_{lat} = area laterale dei due trefoli pari a $2 \pi \Phi L$

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

La resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio all'interfaccia malta – terreno vale:

$$R = \pi D \sum_i (\alpha_i L_i q_{\text{si}}) = 1107,2 \text{ kN}$$

avendo indicato con

α coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione, posto nel caso in esame pari a 1,10

i indice che identifica la stratigrafia e assunto nel caso in esame pari a 1 (uno strato)

D diametro di perforazione pari a 8,9 cm

L_i lunghezza utile di aderenza per lo strato omogeneo

q_{si} tensione limite di aderenza che dipende oltre che dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio, pari a $12,0 \text{ daN/cm}^2$.

Per cui si ottiene un fattore di sicurezza $\theta = R / T = 2,55 \geq 2,16$ (pari a $\gamma_R \xi_a$).

Verifica resistenza ancoraggio in doppia fune

$Q_c = 560,0 \text{ kN}$ = Carico minimo di rottura ancoraggio in doppia fune spiroidale $\Phi 18$

$Q_d = Q_c / 1,15 = 487,0 \text{ kN}$ = carico di rottura di progetto ancoraggio in doppia fune spiroidale

$T = 435 \text{ kN}$ = Carico massimo applicato all'ancoraggio

$\eta = Q_d / T = 1,12$ = fattore di sicurezza residuo

VERIFICA ANCORAGGIO DI MONTE RF (int)

Non sono previste in progetto sezioni di intervallo "RF", dunque il dimensionamento in oggetto non sarà trattato.

VERIFICA ANCORAGGIO DI MONTE RF (ext)

Non sono previste in progetto sezioni di intervallo "RF", dunque il dimensionamento in oggetto non sarà trattato.

VERIFICA ANCORAGGIO DI VALLE MF

Noto il carico di progetto $T = 118,5 \text{ kN}$, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi verranno realizzati con degli ancoraggi in doppia fune spiroidale $\Phi 14$ tipo C-FAST inseriti in perforazioni del diametro minimo pari a $D = 64 \text{ mm}$ e lunghezza $L = 1,50 \text{ m}$.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu \delta A_{\text{lat}}) = 11850 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 1,40 \times 150) = 12,4 \text{ daN/cm}^2 < f_{\text{bd}} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

avendo indicato con

μ = coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso = 0,85

δ = coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a 0,85 (caso di due trefoli)

A_{lat} = area laterale dei due trefoli pari a $2 \pi \Phi L$

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

La resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio all'interfaccia malta – terreno vale:

$$R = \pi D \sum_i (\alpha_i L_i q_{\text{si}}) = 398,1 \text{ kN}$$

avendo indicato con

α coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione, posto nel caso in esame pari a 1,10

i indice che identifica la stratigrafia e assunto nel caso in esame pari a 1 (uno strato)

D diametro di perforazione pari a 6,4 cm

L_i lunghezza utile di aderenza per lo strato omogeneo

q_{si} tensione limite di aderenza che dipende oltre che dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio, pari a 12,0 daN/cm².

Per cui si ottiene un fattore di sicurezza $\theta = R / T = 3,36 \geq 2,16$ (pari a $\gamma_R \xi_a$).

Verifica resistenza ancoraggio in doppia fune

$Q_c = 350,0 \text{ kN}$ = Carico minimo di rottura ancoraggio in doppia fune spiroidale $\Phi 14$

$Q_d = Q_c / 1,15 = 304,3 \text{ kN}$ = carico di rottura di progetto ancoraggio in doppia fune spiroidale

$T = 118,5 \text{ kN}$ = Carico massimo applicato all'ancoraggio

$\eta = Q_d / T = 2,57$ = fattore di sicurezza residuo

VERIFICA ANCORAGGIO DI VALLE WF

Noto il carico di progetto $T = 186 \text{ kN}$, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi verranno realizzati con degli ancoraggi in doppia fune spiroidale $\Phi 14$ tipo C-FAST inseriti in perforazioni del diametro minimo pari a $D = 64 \text{ mm}$ e lunghezza $L = 2,0 \text{ m}$.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu \delta A_{\text{lat}}) = 18600 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 1,40 \times 200) = 14,6 \text{ daN/cm}^2 < f_{\text{bd}} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

avendo indicato con

μ = coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso = 0,85

δ = coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a 0,85 (caso di due trefoli)

A_{lat} = area laterale dei due trefoli pari a $2 \pi \Phi L$

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

La resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio all'interfaccia malta – terreno vale:

$$R = \pi D \sum_i (\alpha_i L_i q_{\text{si}}) = 530,8 \text{ kN}$$

avendo indicato con

α coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione, posto nel caso in esame pari a 1,10

i indice che identifica la stratigrafia e assunto nel caso in esame pari a 1 (uno strato)

D diametro di perforazione pari a 6,4 cm

L_i lunghezza utile di aderenza per lo strato omogeneo

q_{si} tensione limite di aderenza che dipende oltre che dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio, pari a 12,0 daN/cm².

Per cui si ottiene un fattore di sicurezza $\theta = R / T = 2,85 \geq 2,16$ (pari a $\gamma_R \xi_a$).

Verifica resistenza ancoraggio in doppia fune

$Q_c = 350,0 \text{ kN}$ = Carico minimo di rottura ancoraggio in doppia fune spiroidale $\Phi 14$

$Q_d = Q_c / 1,15 = 304,3 \text{ kN}$ = carico di rottura di progetto ancoraggio in doppia fune spiroidale

$T = 186 \text{ kN}$ = Carico massimo applicato all'ancoraggio

$\eta = Q_d / T = 1,64$ = fattore di sicurezza residuo

VERIFICA ANCORAGGIO DI VALLE RF

Non sono previste in progetto sezioni di intervallo "RF", dunque il dimensionamento in oggetto non sarà trattato.

CONCLUSIONI

Nelle seguenti tabelle si riportano le dimensioni degli ancoraggi da utilizzare per la realizzazione delle reti fermaneve in progetto.

	Ancoraggi di monte			Ancoraggi di valle		Montante	
	MF (A)	WF (B) (int)	WF (C) (ext)	MF	WF	MF	WF
diam. perf.	89 mm	89 mm	89 mm	64 mm	64 mm	114 mm	114 mm
L	3,0 m	4,0 m	3,0 m	1,5 m	2,0 m	2,0 m	3,0 m
Arm.	C-FAST	C-FAST	C-FAST	C-FAST	C-FAST	Gewi 32	Gewi 32
	18	24	18	14	14	MP 76,1-8,0 L=1,5 m	MP 76,1-8,0 L=1,5 m

Nel dimensionamento e verifica oggetto della presente relazione sono state definite alcune ipotesi progettuali, prima tra tutte l'assunzione di ben specifici carichi di progetto e tipologie di terreni. Si fa presente che comunque, nell'eventualità di ricoprimenti di terreno avente caratteristiche diverse da quelle di progetto la lunghezza di infissione dovrà essere convenientemente aumentata in modo da mantenere la stessa superficie laterale di ancoraggio immersa nello strato di terreno aventi le caratteristiche ipotizzate. Dovrà comunque essere in ogni caso verificata l'aderenza delle presenti ipotesi progettuali alle effettive caratteristiche del terreno rinvenuto in sito.

Tutte le eventuali variazioni delle ipotesi al contorno che non rispettassero quanto qui previsto nonché tutte le eventuali variazioni non presunte, comporteranno evidentemente la necessità di procedere alla verifica della validità dei risultati ottenuti nella presente relazione. Dovrà essere pertanto cura della Direzione dei Lavori nonché dell'impresa esecutrice, verificare la corrispondenza delle ipotesi assunte a base dei calcoli alle reali condizioni d'impiego degli elementi preventivamente all'effettivo utilizzo degli stessi.