

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

1° LOTTO

Piovene Rocchette - Valle dell'Astico

PROGETTO DEFINITIVO

CUP	G21B1 30006 60005
WBS	B25.A31N.L1
COMMESSA	J16L1

COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
PER LA PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Gabriella Costantini

PRESTATORE DI SERVIZI:
CONSORZIO RAETIA



RAPPRESENTANTE: Dott. Ing. Alberto Scotti

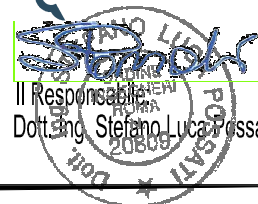
RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Technital S.p.A. - Dott. Ing. Andrea Renso



PROGETTAZIONE:



Il Responsabile
Dott. Ing. Stefano Luca Possati



ELABORATO: **OPERE D'ARTE MAGGIORI**
Opere d'arte: ponti e viadotti
Viadotto Settecà
Relazione di calcolo - Opere provvisionali

Progressivo Rev.
07 01 04 020 02

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA: --
02	LUGLIO 2017	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI	3TI PROGETTI - DI SANZO	M. SORGE	S.L.POSSATI	NOME FILE: J16L1_07_01_04_020_0101_OPD_02.dwg
						CM. PROGR. FG. LIV. REV.
						J16L1_07_01_04_020_0101_OPD_02

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO
PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL’ASTICO

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICA

INDICE

1. GENERALITÀ	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
Calcestruzzo	7
Acciaio d’armatura B450C	7
Acciaio da carpenteria (paratia di micropali)	7
Acciaio da precompressione in trefoli	7
4. TERRENI	9
5. GEOMETRIA PROFILO TERRENO	11
6. Geometria cordoli	12
7. STRATIGRAFIA	13
8. GEOMETRIA paratie	14
9. Descrizione tiranti di ancoraggio	16
10. METODI DI CALCOLO	17
CALCOLO DELLA PROFONDITA’ DI INFISSIONE	17
Calcolo della spinta	18
<i>Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)</i>	18
Spinta in presenza di falda	19
Spinta in presenza di sisma	20
Tiranti di ancoraggio	20
Calcolo della lunghezza di ancoraggio	21
Calcolo del fattore di sicurezza FS	22
Analisi ad elementi finiti	23
Schematizzazione del terreno	23
Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno	24
Analisi per fasi di scavo	25
Verifica alla stabilità globale	26
Verifica a sifonamento	27
Verifica a sollevamento del fondo scavo	28
11. Combinazioni di carico	30

12.	impostazioni di analisi	31
13.	Impostazioni analisi sismica	33
14.	TIPOLOGIA 1	34
15.	TIPOLOGIA 2	57
16.	VERIFICA PIASTRA DI ANCORAGGIO TIRANTE	77

1. GENERALITÀ

La presente relazione di calcolo riporta il dimensionamento e le verifiche delle opere di sostegno, che fa parte del progetto definitivo dell’Autostrada Valdastico A31 Nord, I Lotto “Piovene Rocchette - Valle dell’Astico”.

Premessa

Nel presente documento si analizzano strutturalmente le opere di sostegno. Le paratie berlinesi di micropali in esame nel presente documento compongono le opere di sostegno provvisorie del viadotto Settecà essa è composta da 1 tipologie di paratia.

Il calcolo è effettuato con il programma PAC 10, su un concio di paratia lungo 8.60 m.

La tipologia 1 di paratia si estende fino all’ altezza del paramento di 5.5 m.

La tipologia 2 di paratia si estende fino all’ altezza del paramento di 3 m.

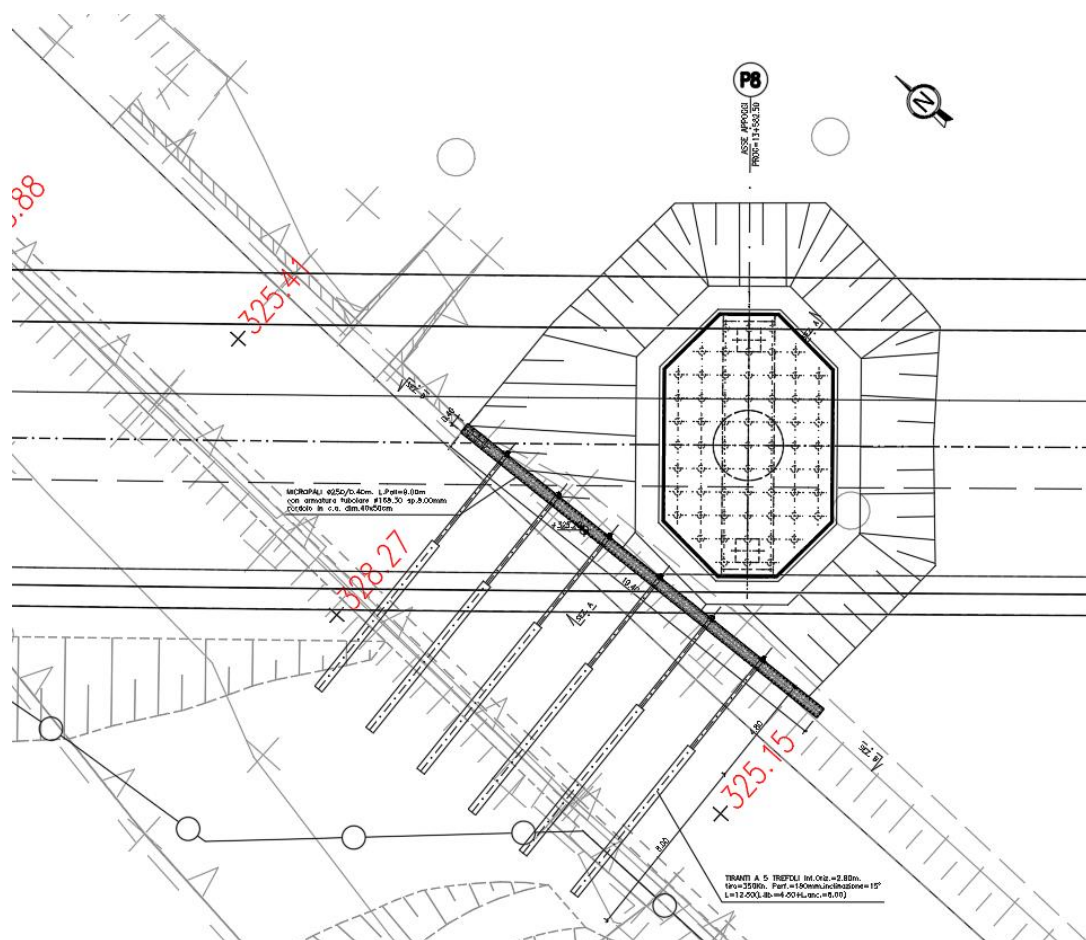


Figura 1 – Pianta Paratia berlinese provvisoria.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

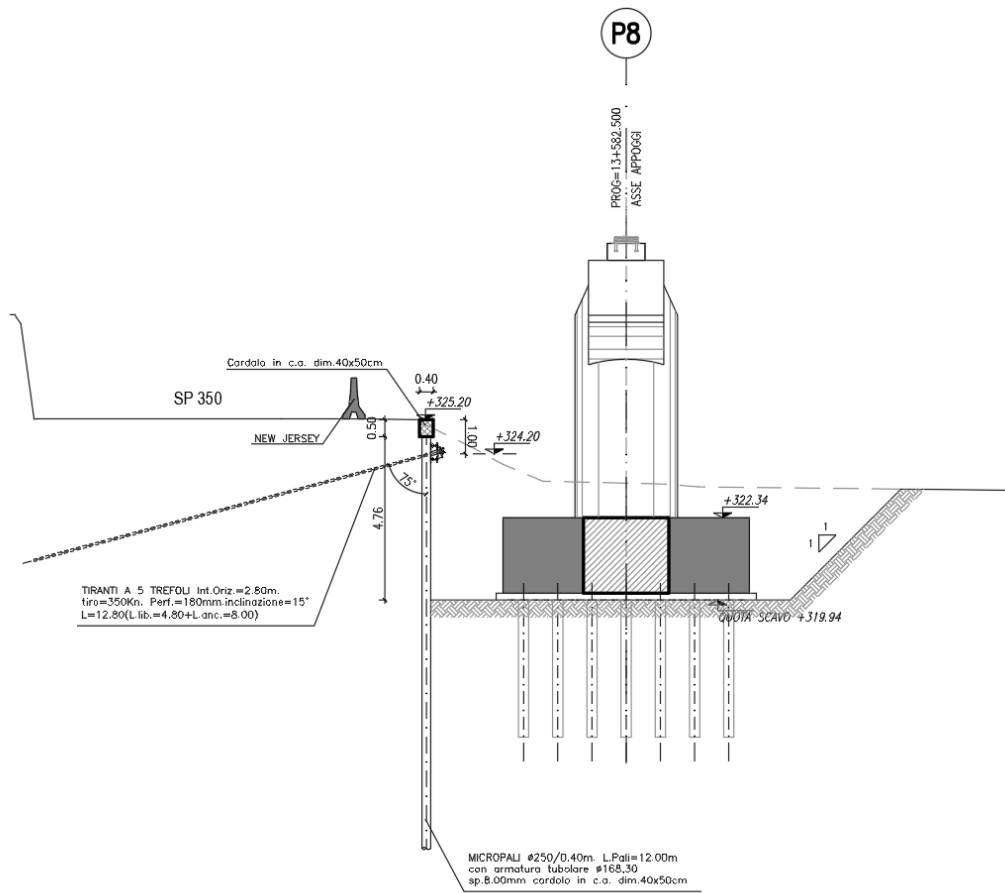


Figura 2 – Sezione Paratia berlinese provvisoria.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Le opere sono conformi alla normativa vigente, e in particolare:

- Legge 05.11.1971 n.1086: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- D.M. 14/01/2008: “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare 02/02/2009 n.617: “Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 (Suppl. Ordinario n.27)”;
- EN 1991-1-4:2005 “Eurocodice 1 - Parte 1-4: Azioni del vento”;
- EN 1992-1-1:2005 “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- EN 1993-1-5:2007 “Eurocodice 3 – Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra”;
- EN 1993-2:2007 “Eurocodice 3 – Parte 2: Ponti di acciaio”;
- UNI EN 1993-5:2007 “Eurocodice 3 – Parte 5: Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 5: Pali e palancole”;
- EN 1994-2:2006 “Eurocodice 4 – Parte 2: Regole generali e regole per i ponti”;
- UNI EN 1997-1:2005 “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- UNI EN 1998-5:2005 “Eurocodice 8 – Parte 5: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- “Raccomandazioni sui pali di fondazione”, AGI, 1984;
- EN 206 - 2013: “Concrete – Specification, performance, production and conformity”;
- UNI 11104-2016: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206”.

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nelle verifiche strutturali si fa riferimento ai seguenti materiali:

Calcestruzzo

- Classe di resistenza C28/35
- Classe di esposizione XC3
- Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica caratteristica a compressione $f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica di progetto a compressione $f_{cd} = 15,9 \text{ N/mm}^2$
- Copriferro minimo $c = 45 \text{ mm}$

Acciaio d'armatura B450C

- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di progetto $y_d = 391 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico $E = 200.000 \text{ N/mm}^2$

Acciaio da carpenteria (paratia di micropali)

- Classe acciaio S355
- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$
- Resistenza di progetto $f_{yd} = 338 \text{ MPa}$
- Modulo elastico $E_a = 200.000 \text{ MPa}$

Acciaio da precompressione in trefoli

- Tensione caratteristica di rottura:
 - Allo stato limite ultimo: $f_{ptk} \geq 1860 \text{ MPa}$
 - Tensione caratteristica all'1% di def.: $f_{p(1)k} \geq 1670 \text{ MPa}$
- Resistenza di calcolo $f_{p(1)d} = 1450 \text{ MPa}$

In accordo con le NTC, i coefficienti di sicurezza parziali dei materiali sono posti pari a:

- $\gamma_c = 1,50$ per il calcestruzzo
- $\gamma_s = 1,15$ per l'acciaio d'armatura in barre e in trefoli
- $\gamma_s = 1,05$ per l'acciaio da carpenteria

Malta utilizzata per i tiranti

Classe di Resistenza	C25/30	
Resistenza caratteristica a compressione R_{bk}	30.0	[N/mm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	0.600	[N/mm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}	1.829	[N/mm ²]

4. TERRENI

Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche dei terreni presenti in corrispondenza dell'opera :

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [N/mm ²]

n°	Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c
1	Depositi Alluvionali	20,0000	20,0000	42,00	28,00	0,0000

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

La realizzazione dei tiranti deve essere prevista attraverso la metodologia IRS (Iniezione Ripetuta Selettiva)

Simbologia adottata

C_{min} , C_{med} coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

α_{1-min} , α_{1-med} coeff. per il calcolo della tensione tangenziale lungo il fusto del tirante espresso in [N/mm²]

α_{2-min} , α_{2-med} coeff. per il calcolo della tensione tangenziale lungo il fusto del tirante che moltiplica la P_{lim}

$P_{lim-min}$, $P_{lim-med}$ pressione limite minima e media dello strato espresse in [N/mm²]

N°	Descrizione	C_{min}	α_{1-min}	α_{2-min}	$P_{lim-min}$	C_{med}	α_{1-med}	α_{2-med}	$P_{lim-med}$
1	Depositi Fluvioglaciali	1.50	0.00	1.00	0.260	1.50	0.00	1.00	0.260

5. GEOMETRIA PROFILO TERRENO

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N	X	Y	A
2	1,00	0,00	0,00
3	5,12	2,28	28,96
4	13,00	2,28	0,00

Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10,00	-3,00	0,00
2	0,00	-3,00	0,00

6. Geometria cordoli

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

- B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

- A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm³]

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
1	0,00	Calcestruzzo	110,00	60,00	--	--
2	1,00	Acciaio	--	--	156,20	1140,00

7. STRATIGRAFIA

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
 α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)
Terreno Terreno associato allo strato

n°	sp	α	kw	Terreno
1	0,50	0,00	0,16	Depositi Alluvionali
2	12,00	0,00	4,28	Depositi Alluvionali

FALDA

Hscavo 50.00 m

8. GEOMETRIA paratie

Tipologia 1 (5.5m)

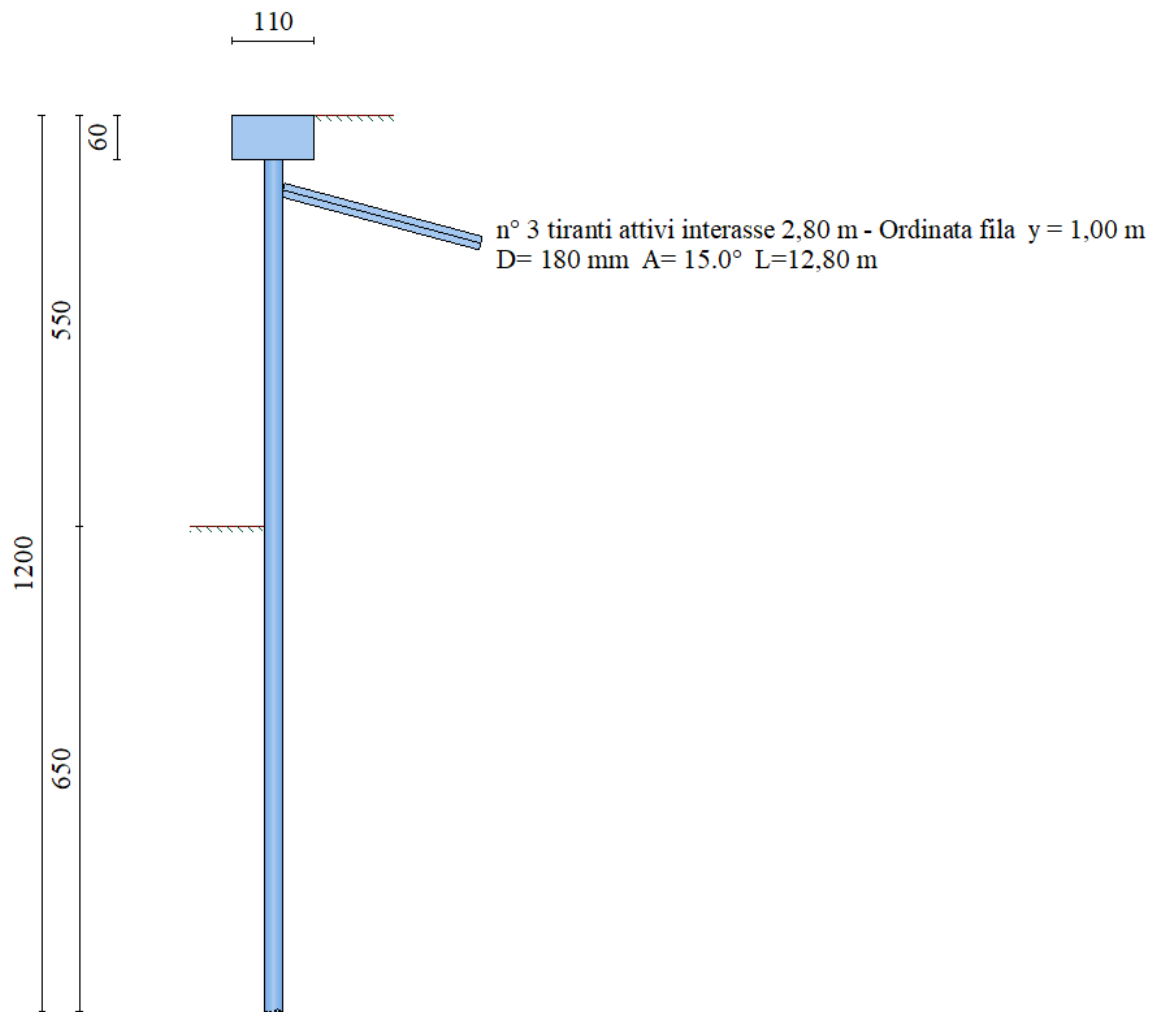


Figura 1: sezione trasversale

Tipologia 2 (3 m)

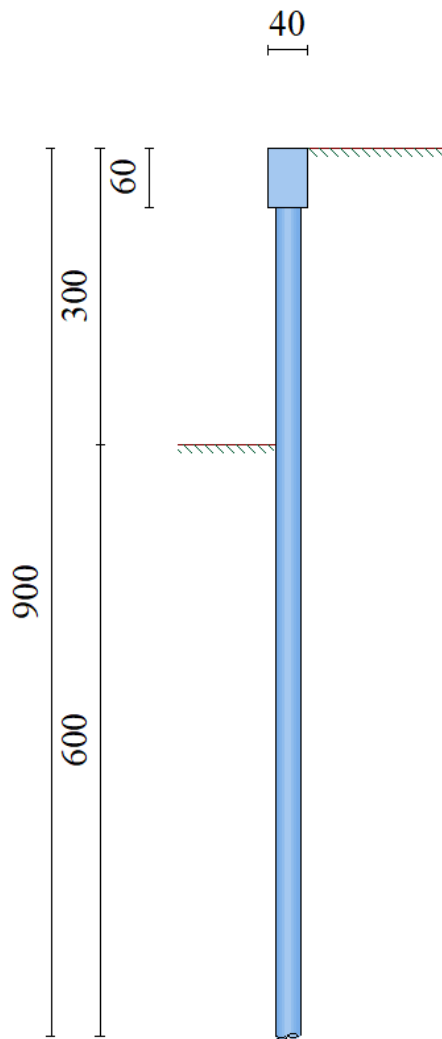


Figura 2: sezione trasversale

9. Descrizione tiranti di ancoraggio

Simbologia adottata - Caratteristiche geometriche

N	numero d'ordine della fila
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I	interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
alfa	inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
D	diametro della perforazione espresso in [cm]
Cesp	coeff. di espansione laterale
ALL	allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr	numero di tiranti della fila
Lt	lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf	lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]

Simbologia adottata - Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno

N	numero d'ordine della fila
At	area del singolo trefolo espressa in [cmq]
nt	numero di trefoli del tirante
T	tiro iniziale espresso in [kN]

Caratteristiche geometriche

N	Y	I	Alfa	D	Cesp	ALL	nr	Lt	Lf
1	1,00	2,80	15,00	18,00	1,20	Centrati	3	12,80	8,00

Caratteristiche armatura e di interazione con il terreno

N	At	nt	T
1	1,39	5	350,00

10. METODI DI CALCOLO

CALCOLO DELLA PROFONDITA' DI INFISSIONE

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la contropinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la contropinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, contropinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

- K_{am} diagramma della spinta attiva agente da monte
- K_{av} diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
- K_{pm} diagramma della spinta passiva agente da monte
- K_{pv} diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione

del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\phi)$ e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico o idrodinamico*.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota h al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

Nell'ipotesi di regime idrodinamico la falda viene considerata idrodinamica, la pressione in un punto a profondità h_m dalla linea freatica se calcolata da monte risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_m \times (1-i)$$

oppure, se calcolata da valle, la pressione in un punto a profondità h_v dalla linea freatica da valle risulterà pari a:

$$\gamma_w \times h_v \times (1+i).$$

Il valore della pressione al piede della paratia in regime idrodinamico coincide sia se calcolata da monte che da valle.

i rappresenta il gradiente idraulico nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con W il peso del cuneo e con C il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con S la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a $2/3$ dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in basso).

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.

I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari.

La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

- Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
- Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
- Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano **N** lo sforzo nel tirante, **δ** l'angolo d'attrito tirante-terreno, **c_a** l'adesione tirante-terreno, **γ** il peso di volume del terreno, **D** ed **L_f** il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed **H** la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f \gamma H K_s \operatorname{tg} \delta + \pi D L_f c_a$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio **L_f**

$$L_f = \frac{N}{\pi D \gamma H K_s \operatorname{tg} \delta + \pi D c_a}$$

K_s rappresenta il coefficiente di spinta che si assume pari al coefficiente di spinta a riposo

$$K_s = K_0 = 1 - \sin \phi$$

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove **d** è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli ($\omega = 1 - 0.075 [n \text{ trefoli} - 1]$).

Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare il valore τ_c ottenuto come media fra la τ_{c0} e la τ_{c1} della malta.

Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di L_f si deve aggiungere la lunghezza di franco **L** che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.

La lunghezza totale del tirante sarà quindi data da

$$L_t = L_f + L$$

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione, β , che rappresenta il rapporto fra lo sforzo N_0 al momento del tiro e lo sforzo **N** in esercizio

$$\beta = N_0 / N$$

Calcolo del fattore di sicurezza FS

Il fattore di sicurezza riportato nella tabella dei risultati “Risultati tiranti” è il rapporto tra lunghezza attiva definita e lunghezza L_f , calcolata come detto nel paragrafo precedente, moltiplicata per il coefficiente di sicurezza adottato (rappresenta il fattore di sicurezza ottenuto sul fattore di sicurezza richiesto). Questo fattore ci dice se la dimensione definita (lunghezza attiva) è quella strettamente necessaria ($fs=1$), non è sufficiente ($fs<1$) o è abbondante ($fs>1$).

$$FS = \frac{L_d}{L_f \times 1.2}$$

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L , area A_f , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k \Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente.

L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidità, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassettaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad

esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidità della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

Le modalità di analisi sono più complicate nel caso di tiranti attivi in quanto è importante conoscere la modalità di tiro: infatti il tirante può essere tesato prima dello scavo, oppure tesato alla fine della corrispondente fase di scavo, oppure al termine di tutto lo scavo. Nella fase in cui il tirante è tesato verrà inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente.

Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.

Nel caso di tiranti attivi, inoltre, è analizzata un fase ulteriore (a lungo termine) nella quale il tiro iniziale è depurato delle cadute di tensione.

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.3.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 6x6 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Verifiche idrauliche

Verifica a sifonamento

Per la verifica a sifonamento si utilizza il metodo del gradiente idraulico critico.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento è dato dal rapporto tra il gradiente critico i_C e il gradiente idraulico di efflusso i_E .

$$FS_{SIF} = i_C / i_E.$$

Il gradiente idraulico critico è dato dal rapporto tra il peso efficace medio γ_m del terreno interessato da filtrazione ed il peso dell'acqua γ_w .

$$i_c = \gamma_m / \gamma_w.$$

Il gradiente idraulico di efflusso è dato dal rapporto tra la differenza di carico ΔH e la lunghezza della linea di flusso L .

$$i_E = \Delta H / L.$$

Il moto di filtrazione è assunto essere monodimensionale.

Verifica a sollevamento del fondo scavo

Per la verifica a sollevamento si utilizza il metodo di Terzaghi.

Il coefficiente di sicurezza nei fenomeni di sollevamento del fondo scavo deriva da considerazioni di equilibrio verticale di una porzione di terreno a valle della paratia soggetta a tale fenomeno.

Secondo Terzaghi il volume interessato da sollevamento ha profondità D e larghezza $D/2$.

D rappresenta la profondità di infissione della paratia.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra il peso del volume di terreno sopra descritto W e la pressione idrica al piede della paratia U dovuta dalla presenza di una falda in moto idrodinamico.

$$FS_{\text{SCAVO}} = W / U.$$

La pressione idrodinamica è calcolata nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

F_x Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle

F_y Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso

M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante

Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]

V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle

R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo	$X_i = 1,00$	$X_f = 7,00$	$Q_i = 20,00$	$Q_f = 20,00$
--------------------------------	--------------	--------------	---------------	---------------

Condizione n° 2

Carico distribuito sul profilo	$X_i = 1,00$	$X_f = 7,00$	$Q_i = 10,00$	$Q_f = 10,00$
--------------------------------	--------------	--------------	---------------	---------------

11. Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Combinazione n° 2 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Combinazione n° 3 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Condizione 1 (Strada) x 1.00

Combinazione n° 4 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Condizione 1 (Strada) x 1.00

Combinazione n° 5 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Combinazione n° 6 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Combinazione n° 7 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Condizione 2 (Strada Sismica / sisma V-) x 0.20

Combinazione n° 8 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Condizione 2 (Strada Sismica / sisma V+) x 0.20

12. impostazioni di analisi

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace		$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata		γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale		γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume		γ_{γ}	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
------------------	--	--	-----------	-----------

Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		Tiranti
Laterale	γ_{st}	1.20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate	1	$\xi_3=1.80$	$\xi_4=1.80$
------------------------------	---	--------------	--------------

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50)

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva K_a e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Bishop

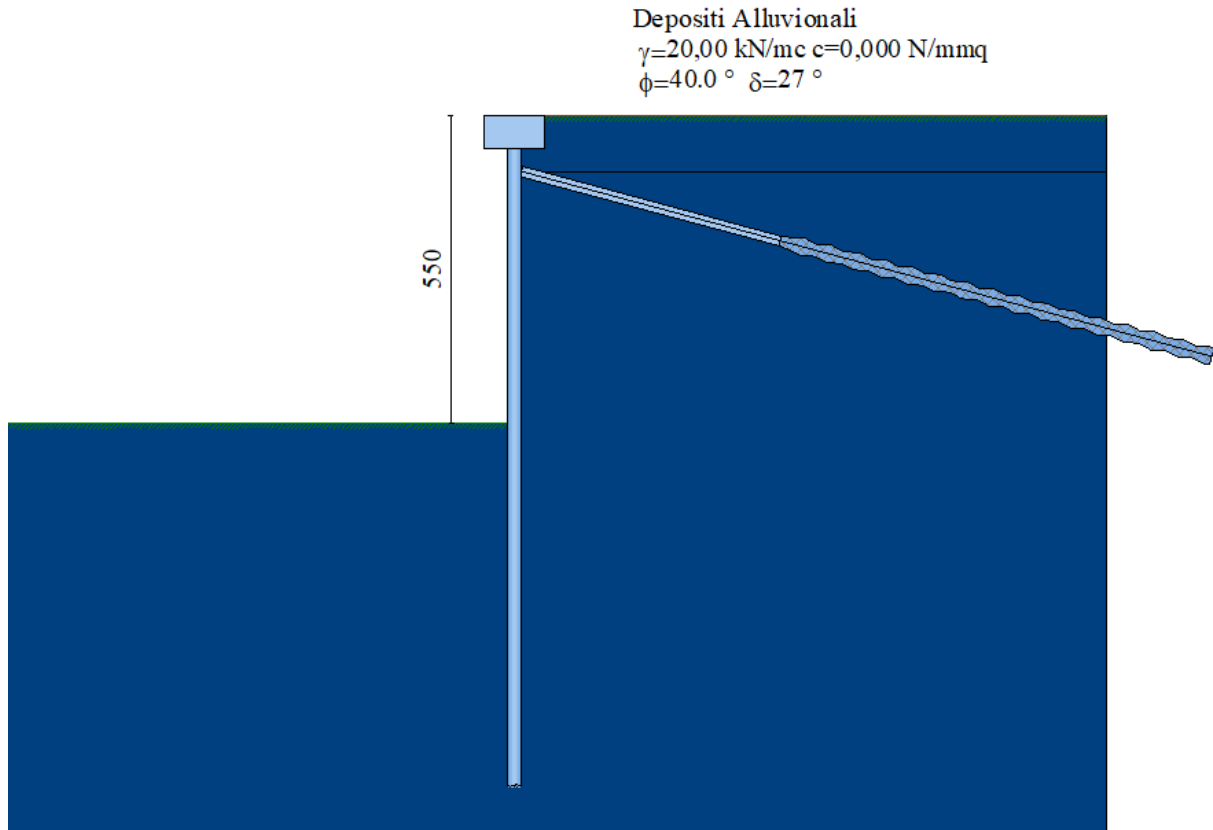
13. Impostazioni analisi sismica

Combinazioni/Fase	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s ²]	2.434	1.109
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.411	2.377
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.295	0.282
Coefficiente di amplificazione topografica (S_t)	1.000	1.000
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.161	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.032	0.032
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.542	0.542
Coefficiente di intensità sismica (percento)	13.104	6.172
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (k_v)	0.00	

Influenza sisma nelle spinte attiva e passiva

Forma diagramma incremento sismico : Triangolo con vertice in alto.

14. TIPOLOGIA 1



Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 110 elementi fuori terra e 130 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva oppure lo spostamento limite di 1.50 [cm] non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	5,50	[m]
Profondità di infissione	6,50	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kN]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc	Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
1	[A1-M1]	113,24	2,78	--	--	--	--	-56,52	6,57	14,08	9,08
2	[A2-M2]	113,09	2,90	--	--	--	--	-59,97	6,93	16,75	9,39
3	[A1-M1]	125,29	3,03	--	--	--	--	-72,28	6,68	19,14	9,16
4	[A2-M2]	128,88	3,20	--	--	--	--	-79,68	7,13	23,95	9,58
5	[A1-M1] S	115,52	2,90	--	--	--	--	-61,38	6,80	16,56	9,27
6	[A2-M2] S	130,22	3,30	--	--	--	--	-83,01	7,30	25,53	9,74
7	[A1-M1] S	116,75	2,92	--	--	--	--	-62,90	6,81	17,09	9,29
8	[A2-M2] S	132,29	3,33	--	--	--	--	-85,31	7,32	26,41	9,76

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y _{Rc}	Rt	Y _{Rt}	Rv	Y _{Rv}	Rp	Y _{Rp}
1	[A1-M1]	0,00	0,00	70,79	1,00	--	--	--	--
2	[A2-M2]	0,00	0,00	69,88	1,00	--	--	--	--
3	[A1-M1]	0,00	0,00	72,15	1,00	--	--	--	--
4	[A2-M2]	0,00	0,00	73,15	1,00	--	--	--	--
5	[A1-M1] S	0,00	0,00	70,70	1,00	--	--	--	--
6	[A2-M2] S	0,00	0,00	72,73	1,00	--	--	--	--
7	[A1-M1] S	0,00	0,00	70,93	1,00	--	--	--	--
8	[A2-M2] S	0,00	0,00	73,39	1,00	--	--	--	--

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{NUL}	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P _{INV}	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C _{ROT}	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R _{MAX}	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp	Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	5,72	6,30	7,72	12.21	1,53	533,22
2	[A2-M2]	5,90	6,85	8,07	20.61	2,99	233,92
3	[A1-M1]	5,77	6,50	7,81	15.27	2,00	533,22
4	[A2-M2]	5,99	7,15	8,27	25.95	4,12	233,92
5	[A1-M1] S	5,83	6,65	7,94	17.56	2,42	533,22
6	[A2-M2] S	6,09	7,40	8,45	29.01	4,82	233,92
7	[A1-M1] S	5,84	6,65	7,95	18.32	2,48	533,22
8	[A2-M2] S	6,10	7,40	8,47	29.77	5,01	233,92

Risultati tiranti

Caratteristiche dei tiranti utilizzati

Simbologia adottata

Y	ordinata della fila rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
nt	numero di tiranti della fila
N	sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kN]
L	lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
L _f	lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
L _d	lunghezza totale definita del tirante espressa in [m]
L _{d_f}	lunghezza di fondazione definita del tirante espressa in [m]
FS	Fattore di sicurezza. Rapporto tra lunghezza di fondazione di progetto e lunghezza di fondazione definita.
A _f	area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
Rt/ml	reazione a metro lineare del tirante della fila espresso in [kN]
σ _f	tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [N/mm ²]
u	spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

1 file di tiranti attivi armati con trefoli

n°	Y	nt	A _f	L	L _f	L _d	L _{d_f}	FS
1	1,00	3	6,95	7,20	2,40	12,80	8,00	3.33

Combinazione n° 1

N°	N	Rt/ml	σ _f	u
1	210,10	73,2900	302,299	-0,20216

Combinazione n° 2

N°	N	Rt/ml	σ _f	u
1	207,38	72,3422	298,390	-0,21162

Combinazione n° 3

N°	N	Rt/ml	σ _f	u
1	214,12	74,6941	308,091	-0,18816

Combinazione n° 4

N°	N	Rt/ml	σ _f	u
1	217,09	75,7293	312,360	-0,17783

Combinazione n° 5

N°	N	Rt/ml	σ _f	u

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

1	209,84	73,1987	301,923	-0,20308
---	--------	---------	---------	----------

Combinazione n° 6

N°	N	Rt/ml	σ_f	u
1	215,84	75,2925	310,559	-0,18219

Combinazione n° 7

N°	N	Rt/ml	σ_f	u
1	210,49	73,4279	302,868	-0,20079

Combinazione n° 8

N°	N	Rt/ml	σ_f	u
1	217,80	75,9776	313,385	-0,17536

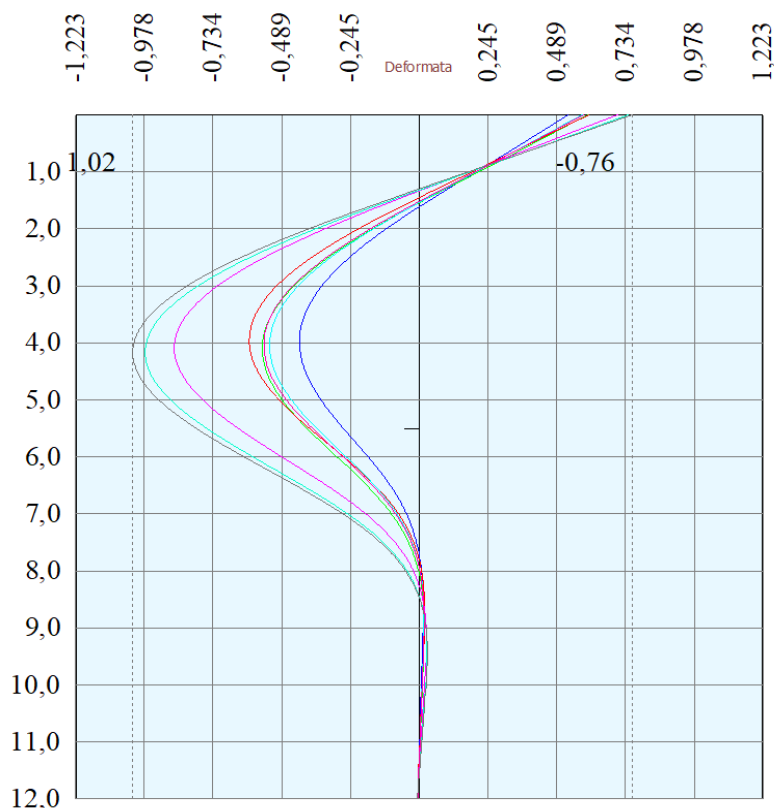
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[A1-M1]	25,11	6,75	42,45	5,70	53,22	12,00	MAX
--	--	-44,37	3,65	-57,59	1,00	0,00	0,00	MIN
2	[A2-M2]	30,09	7,10	43,21	5,85	52,97	12,00	MAX
--	--	-50,79	3,75	-56,45	1,00	0,00	0,00	MIN
3	[A1-M1]	34,18	6,85	53,14	5,75	53,58	12,00	MAX
--	--	-57,77	3,65	-58,42	1,00	0,00	0,00	MIN
4	[A2-M2]	43,33	7,30	55,73	5,95	53,85	12,00	MAX
--	--	-70,16	3,80	-59,48	1,00	0,00	0,00	MIN
5	[A1-M1] S	29,64	7,00	44,82	5,80	53,19	12,00	MAX
--	--	-50,28	3,70	-57,22	1,00	0,00	0,00	MIN
6	[A2-M2] S	46,63	7,50	57,49	6,05	53,73	12,00	MAX
--	--	-74,26	3,90	-58,13	1,00	0,00	0,00	MIN
7	[A1-M1] S	30,61	7,00	45,82	5,80	53,25	12,00	MAX
--	--	-51,69	3,70	-57,42	1,00	0,00	0,00	MIN
8	[A2-M2] S	48,28	7,55	58,90	6,10	53,91	12,00	MAX
--	--	-76,68	3,90	-58,83	1,00	0,00	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia



Spostamento massimo 1,02 cm

Simbologia adottata

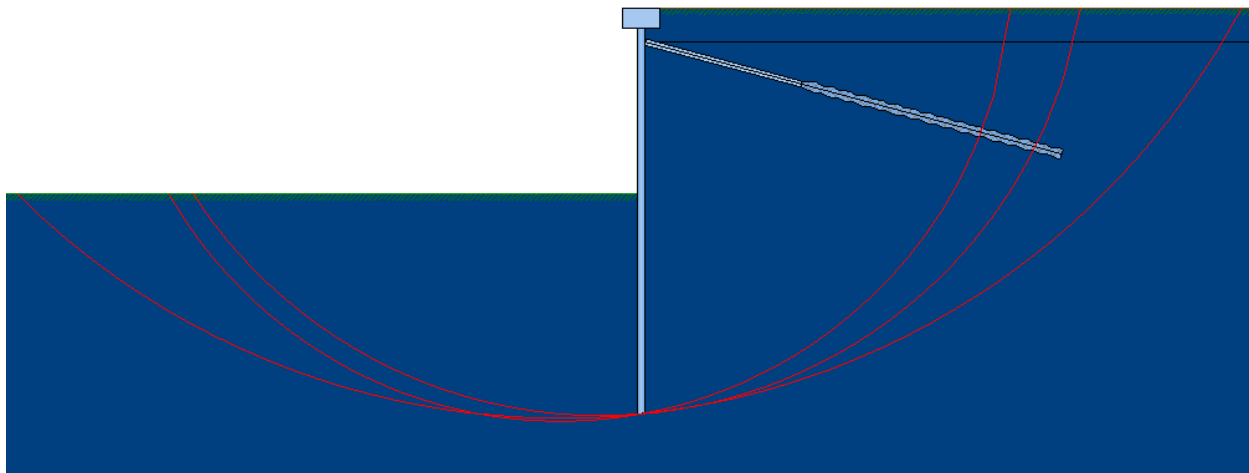
n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U	spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V	spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y _U	V	Y _V	
1	[A1-M1]	0,4260	4,00	0,0118	0,00	MAX
--	--	-0,5307	0,00	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	0,5582	4,10	0,0117	0,00	MAX
--	--	-0,5988	0,00	0,0000	0,00	MIN
3	[A1-M1]	0,6047	3,95	0,0119	0,00	MAX
--	--	-0,6026	0,00	0,0000	0,00	MIN
4	[A2-M2]	0,8712	4,10	0,0119	0,00	MAX
--	--	-0,7043	0,00	0,0000	0,00	MIN
5	[A1-M1] S	0,5325	4,05	0,0117	0,00	MAX

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

--	--	-0,5782	0,00	0,0000	0,00	MIN
6	[A2-M2] S	0,9744	4,15	0,0119	0,00	MAX
--	--	-0,7445	0,00	0,0000	0,00	MIN
7	[A1-M1] S	0,5531	4,05	0,0118	0,00	MAX
--	--	-0,5852	0,00	0,0000	0,00	MIN
8	[A2-M2] S	1,0191	4,15	0,0120	0,00	MAX
--	--	-0,7564	0,00	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale



Condizioni di verifica A2 M2

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(X _C ; Y _C)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X _V ; Y _V)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X _M ; Y _M)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X _C , Y _C)	R	(X _V , Y _V)	(X _M , Y _M)	FS
2	[A2-M2]	(-1,20; 2,40)	14,45	(-13,31; -5,48)	(13,05; 0,00)	4,00
4	[A2-M2]	(-2,40; 1,20)	13,42	(-14,03; -5,49)	(10,97; 0,00)	3,80
6	[A2-M2] S	(-2,40; 10,80)	22,93	(-18,53; -5,49)	(17,83; 0,00)	2,66
8	[A2-M2] S	(-2,40; 10,80)	22,93	(-18,53; -5,49)	(17,83; 0,00)	2,66

Combinazione n° 8

Numero di strisce 50

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] ($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mmq]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	5,0677	-43,44	-355,33	1,02	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
2	15,0370	-40,94	-1004,73	0,98	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
3	24,1780	-38,53	-1535,76	0,95	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
4	32,5739	-36,20	-1961,61	0,92	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
5	40,2914	-33,93	-2293,47	0,89	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
6	47,3851	-31,73	-2540,98	0,87	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
7	53,9000	-29,57	-2712,58	0,85	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
8	59,8737	-27,46	-2815,77	0,84	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
9	65,3379	-25,40	-2857,28	0,82	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
10	70,3194	-23,36	-2843,24	0,81	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
11	74,8410	-21,36	-2779,27	0,80	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
12	78,9223	-19,38	-2670,58	0,79	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
13	82,5799	-17,43	-2522,04	0,78	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
14	85,8279	-15,50	-2338,23	0,77	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
15	88,6786	-13,58	-2123,48	0,76	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
16	91,1421	-11,68	-1881,94	0,76	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
17	93,2269	-9,80	-1617,59	0,75	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
18	94,9402	-7,92	-1334,27	0,75	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
19	96,2876	-6,06	-1035,71	0,75	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
20	97,2734	-4,19	-725,57	0,74	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
21	97,9008	-2,34	-407,44	0,74	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
22	98,1718	-0,49	-84,87	0,74	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
23	98,0873	1,37	238,63	0,74	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
24	97,6469	3,22	559,53	0,74	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

25	96,8494	5,08	874,30	0,74	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
26	170,5611	6,91	2091,49	0,72	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
27	170,0188	8,71	2624,26	0,72	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
28	168,8692	10,51	3142,30	0,73	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
29	166,8127	12,33	3633,29	0,73	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
30	164,4165	14,16	4102,76	0,74	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
31	161,6728	16,01	4547,25	0,74	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
32	158,5724	17,88	4963,17	0,75	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
33	155,1044	19,76	5346,75	0,76	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
34	151,2563	21,66	5694,02	0,77	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
35	146,7486	23,60	5989,96	0,78	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
36	140,9321	25,56	6199,72	0,79	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
37	135,8456	27,55	6407,01	0,80	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
38	130,3042	29,58	6559,12	0,82	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
39	124,2806	31,65	6650,28	0,84	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
40	117,7427	33,77	6674,08	0,86	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
41	110,6524	35,94	6623,32	0,88	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
42	102,9636	38,18	6489,86	0,91	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
43	94,6208	40,49	6264,32	0,94	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
44	85,5554	42,87	5935,72	0,97	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
45	75,6815	45,36	5490,93	1,02	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
46	64,8890	47,96	4913,92	1,07	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
47	53,0333	50,70	4184,53	1,13	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
48	39,9177	53,61	3276,46	1,20	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
49	25,2625	56,73	2153,85	1,30	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
50	8,7543	59,84	771,82	1,42	33,87	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 4710,8089$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 803,7748$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 3162,2704$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 5.40$

Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione

Diametro del micropalo	25,00 cm
Area della sezione trasversale	490,87 cmq
Diametro esterno del tubolare	168,30 mm
Spessore del tubolare	8,00 mm
Area della sezione tubolare	40,29 cmq
Inerzia della sezione tubolare	1297,27 cm ⁴

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzamento normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzamento normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
Tr	taglio resistente espresso in [kN]
FS _r	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	3,65	-19,08	12,64	-83,70	55,44	4.39
2	[A2-M2]	3,75	-21,84	12,65	-83,68	48,48	3.83
3	[A1-M1]	3,65	-24,84	12,79	-83,66	43,08	3.37
4	[A2-M2]	3,80	-30,17	13,09	-83,64	36,29	2.77
5	[A1-M1] S	3,70	-21,62	12,69	-83,68	49,10	3.87
6	[A2-M2] S	3,90	-31,93	13,17	-83,64	34,48	2.62
7	[A1-M1] S	3,70	-22,23	12,71	-83,68	47,86	3.76
8	[A2-M2] S	3,90	-32,97	13,24	-83,63	33,59	2.54

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo, espressa in [m]
M	momento flettente, espresso in [kNm]
N	sforzso normale, espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento, espresso in [kNm]
Nu	sforzso normale ultimo di riferimento, espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00
6	[A2-M2] S	0,05	0,00	0,06	2,84	2045,313333333.39	
1	[A1-M1]	0,10	0,01	0,12	59,35	1116,72	9099.87
1	[A1-M1]	0,15	0,03	0,18	78,08	557,65	3029.43
3	[A1-M1]	0,20	0,06	0,25	83,59	326,92	1331.98
3	[A1-M1]	0,25	0,12	0,31	84,20	220,67	719.28
3	[A1-M1]	0,30	0,19	0,37	84,03	164,29	446.25
3	[A1-M1]	0,35	0,28	0,43	83,93	130,57	304.00
3	[A1-M1]	0,40	0,38	0,49	83,86	108,33	220.70
3	[A1-M1]	0,45	0,50	0,55	83,81	92,64	167.75
3	[A1-M1]	0,50	0,63	0,61	83,78	81,00	132.02
3	[A1-M1]	0,55	0,78	0,67	83,75	72,05	106.75
3	[A1-M1]	0,60	0,95	0,74	83,73	64,97	88.23
3	[A1-M1]	0,65	1,13	0,80	83,71	59,22	74.24
3	[A1-M1]	0,70	1,32	0,86	83,70	54,47	63.41
3	[A1-M1]	0,75	1,53	0,92	83,68	50,49	54.86
3	[A1-M1]	0,80	1,74	0,98	83,67	47,10	47.98
3	[A1-M1]	0,85	1,98	1,04	83,66	44,18	42.36
3	[A1-M1]	0,90	2,22	1,10	83,66	41,65	37.71
3	[A1-M1]	0,95	2,47	1,17	83,65	39,43	33.82
3	[A1-M1]	1,00	2,74	1,23	83,64	37,47	30.53
3	[A1-M1]	1,05	1,51	9,60	79,61	505,35	52.63
3	[A1-M1]	1,10	0,38	9,66	51,56	1310,49	135.62
4	[A2-M2]	1,15	-0,88	9,84	-70,74	790,70	80.36
4	[A2-M2]	1,20	-1,91	9,90	-81,96	424,44	42.87
4	[A2-M2]	1,25	-2,90	9,96	-84,16	289,47	29.06
4	[A2-M2]	1,30	-3,85	10,02	-84,20	219,38	21.89
4	[A2-M2]	1,35	-4,78	10,08	-84,07	177,47	17.60

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

4	[A2-M2]	1,40	-5,70	10,15	-83,99	149,59	14.74
4	[A2-M2]	1,45	-6,60	10,21	-83,93	129,72	12.71
8	[A2-M2] S	1,50	-7,51	10,30	-83,88	115,02	11.17
8	[A2-M2] S	1,55	-8,43	10,36	-83,84	103,07	9.95
8	[A2-M2] S	1,60	-9,33	10,42	-83,82	93,59	8.98
8	[A2-M2] S	1,65	-10,22	10,48	-83,79	85,89	8.19
8	[A2-M2] S	1,70	-11,11	10,54	-83,77	79,51	7.54
8	[A2-M2] S	1,75	-11,98	10,60	-83,76	74,15	6.99
8	[A2-M2] S	1,80	-12,83	10,66	-83,74	69,59	6.53
8	[A2-M2] S	1,85	-13,68	10,73	-83,73	65,66	6.12
8	[A2-M2] S	1,90	-14,51	10,79	-83,72	62,24	5.77
8	[A2-M2] S	1,95	-15,33	10,85	-83,71	59,25	5.46
8	[A2-M2] S	2,00	-16,13	10,91	-83,70	56,61	5.19
8	[A2-M2] S	2,05	-16,92	10,97	-83,70	54,27	4.95
8	[A2-M2] S	2,10	-17,69	11,03	-83,69	52,18	4.73
8	[A2-M2] S	2,15	-18,45	11,09	-83,68	50,31	4.53
8	[A2-M2] S	2,20	-19,20	11,16	-83,68	48,62	4.36
8	[A2-M2] S	2,25	-19,93	11,22	-83,67	47,10	4.20
8	[A2-M2] S	2,30	-20,64	11,28	-83,67	45,72	4.05
8	[A2-M2] S	2,35	-21,34	11,34	-83,67	44,47	3.92
8	[A2-M2] S	2,40	-22,02	11,40	-83,66	43,32	3.80
8	[A2-M2] S	2,45	-22,68	11,46	-83,66	42,28	3.69
8	[A2-M2] S	2,50	-23,32	11,52	-83,66	41,33	3.59
8	[A2-M2] S	2,55	-23,95	11,59	-83,65	40,46	3.49
8	[A2-M2] S	2,60	-24,56	11,65	-83,65	39,66	3.41
8	[A2-M2] S	2,65	-25,15	11,71	-83,65	38,93	3.33
8	[A2-M2] S	2,70	-25,73	11,77	-83,65	38,27	3.25
8	[A2-M2] S	2,75	-26,28	11,83	-83,64	37,65	3.18
8	[A2-M2] S	2,80	-26,81	11,89	-83,64	37,10	3.12
8	[A2-M2] S	2,85	-27,33	11,95	-83,64	36,58	3.06
8	[A2-M2] S	2,90	-27,82	12,01	-83,64	36,12	3.01
8	[A2-M2] S	2,95	-28,30	12,08	-83,64	35,69	2.96
8	[A2-M2] S	3,00	-28,75	12,14	-83,64	35,31	2.91
8	[A2-M2] S	3,05	-29,18	12,20	-83,64	34,96	2.87
8	[A2-M2] S	3,10	-29,59	12,26	-83,64	34,65	2.83
8	[A2-M2] S	3,15	-29,98	12,32	-83,63	34,37	2.79
8	[A2-M2] S	3,20	-30,35	12,38	-83,63	34,12	2.76
8	[A2-M2] S	3,25	-30,69	12,44	-83,63	33,91	2.72
8	[A2-M2] S	3,30	-31,02	12,51	-83,63	33,72	2.70
8	[A2-M2] S	3,35	-31,31	12,57	-83,63	33,56	2.67
8	[A2-M2] S	3,40	-31,59	12,63	-83,63	33,43	2.65
8	[A2-M2] S	3,45	-31,84	12,69	-83,63	33,33	2.63
8	[A2-M2] S	3,50	-32,07	12,75	-83,63	33,25	2.61
8	[A2-M2] S	3,55	-32,27	12,81	-83,63	33,20	2.59

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

8	[A2-M2] S	3,60	-32,45	12,87	-83,63	33,18	2.58
8	[A2-M2] S	3,65	-32,60	12,93	-83,63	33,18	2.57
8	[A2-M2] S	3,70	-32,73	13,00	-83,63	33,21	2.56
8	[A2-M2] S	3,75	-32,83	13,06	-83,63	33,27	2.55
8	[A2-M2] S	3,80	-32,90	13,12	-83,63	33,35	2.54
8	[A2-M2] S	3,85	-32,95	13,18	-83,63	33,45	2.54
8	[A2-M2] S	3,90	-32,97	13,24	-83,63	33,59	2.54
8	[A2-M2] S	3,95	-32,97	13,30	-83,63	33,75	2.54
8	[A2-M2] S	4,00	-32,93	13,36	-83,63	33,94	2.54
8	[A2-M2] S	4,05	-32,87	13,43	-83,63	34,16	2.54
8	[A2-M2] S	4,10	-32,78	13,49	-83,63	34,41	2.55
8	[A2-M2] S	4,15	-32,67	13,55	-83,64	34,69	2.56
8	[A2-M2] S	4,20	-32,52	13,61	-83,64	35,00	2.57
8	[A2-M2] S	4,25	-32,34	13,67	-83,64	35,35	2.59
8	[A2-M2] S	4,30	-32,14	13,73	-83,64	35,74	2.60
8	[A2-M2] S	4,35	-31,90	13,79	-83,64	36,17	2.62
8	[A2-M2] S	4,40	-31,64	13,86	-83,64	36,63	2.64
8	[A2-M2] S	4,45	-31,34	13,92	-83,64	37,14	2.67
8	[A2-M2] S	4,50	-31,01	13,98	-83,64	37,70	2.70
8	[A2-M2] S	4,55	-30,65	14,04	-83,65	38,31	2.73
8	[A2-M2] S	4,60	-30,26	14,10	-83,65	38,98	2.76
8	[A2-M2] S	4,65	-29,84	14,16	-83,65	39,70	2.80
8	[A2-M2] S	4,70	-29,38	14,22	-83,65	40,49	2.85
8	[A2-M2] S	4,75	-28,90	14,28	-83,66	41,35	2.89
8	[A2-M2] S	4,80	-28,38	14,35	-83,66	42,29	2.95
8	[A2-M2] S	4,85	-27,82	14,41	-83,66	43,32	3.01
8	[A2-M2] S	4,90	-27,24	14,47	-83,67	44,45	3.07
8	[A2-M2] S	4,95	-26,61	14,53	-83,67	45,68	3.14
8	[A2-M2] S	5,00	-25,96	14,59	-83,67	47,03	3.22
8	[A2-M2] S	5,05	-25,27	14,65	-83,68	48,53	3.31
8	[A2-M2] S	5,10	-24,54	14,71	-83,68	50,17	3.41
8	[A2-M2] S	5,15	-23,78	14,78	-83,69	52,00	3.52
8	[A2-M2] S	5,20	-22,98	14,84	-83,69	54,03	3.64
8	[A2-M2] S	5,25	-22,15	14,90	-83,70	56,29	3.78
8	[A2-M2] S	5,30	-21,28	14,96	-83,71	58,84	3.93
8	[A2-M2] S	5,35	-20,38	15,02	-83,72	61,71	4.11
8	[A2-M2] S	5,40	-19,43	15,08	-83,73	64,98	4.31
8	[A2-M2] S	5,45	-18,45	15,14	-83,74	68,72	4.54
8	[A2-M2] S	5,50	-17,43	15,21	-83,75	73,04	4.80
8	[A2-M2] S	5,55	-16,38	15,27	-83,77	78,08	5.11
8	[A2-M2] S	5,60	-15,29	15,33	-83,79	84,00	5.48
8	[A2-M2] S	5,65	-14,17	15,39	-83,81	91,04	5.92
8	[A2-M2] S	5,70	-13,02	15,45	-83,83	99,51	6.44
8	[A2-M2] S	5,75	-11,84	15,51	-83,86	109,87	7.08

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

8	[A2-M2] S	5,80	-10,64	15,57	-83,90	122,79	7.88
8	[A2-M2] S	5,85	-9,42	15,63	-83,95	139,28	8.91
8	[A2-M2] S	5,90	-8,19	15,70	-84,02	161,01	10.26
8	[A2-M2] S	5,95	-6,94	15,76	-84,11	190,86	12.11
8	[A2-M2] S	6,00	-5,69	15,82	-84,24	234,27	14.81
3	[A1-M1]	6,05	5,86	15,74	84,22	226,08	14.37
3	[A1-M1]	6,10	6,89	15,80	84,12	192,92	12.21
3	[A1-M1]	6,15	7,87	15,86	84,05	169,29	10.67
3	[A1-M1]	6,20	8,81	15,92	83,99	151,76	9.53
3	[A1-M1]	6,25	9,70	15,98	83,95	138,38	8.66
3	[A1-M1]	6,30	10,52	16,04	83,92	127,97	7.98
3	[A1-M1]	6,35	11,28	16,11	83,89	119,77	7.44
3	[A1-M1]	6,40	11,97	16,17	83,88	113,30	7.01
3	[A1-M1]	6,45	12,58	16,23	83,86	108,20	6.67
3	[A1-M1]	6,50	13,10	16,29	83,85	104,24	6.40
3	[A1-M1]	6,55	13,54	16,35	83,84	101,21	6.19
3	[A1-M1]	6,60	13,91	16,41	83,83	98,94	6.03
3	[A1-M1]	6,65	14,19	16,47	83,83	97,29	5.91
3	[A1-M1]	6,70	14,41	16,54	83,82	96,17	5.82
3	[A1-M1]	6,75	14,57	16,60	83,82	95,51	5.75
4	[A2-M2]	6,80	14,68	16,77	83,82	95,80	5.71
4	[A2-M2]	6,85	15,38	16,83	83,81	91,71	5.45
4	[A2-M2]	6,90	16,03	16,90	83,80	88,32	5.23
4	[A2-M2]	6,95	16,61	16,96	83,79	85,53	5.04
4	[A2-M2]	7,00	17,13	17,02	83,78	83,25	4.89
4	[A2-M2]	7,05	17,57	17,08	83,78	81,44	4.77
8	[A2-M2] S	7,10	17,97	17,17	83,77	80,04	4.66
8	[A2-M2] S	7,15	18,57	17,23	83,77	77,72	4.51
8	[A2-M2] S	7,20	19,11	17,29	83,76	75,80	4.38
8	[A2-M2] S	7,25	19,57	17,35	83,76	74,25	4.28
8	[A2-M2] S	7,30	19,97	17,41	83,75	73,04	4.19
8	[A2-M2] S	7,35	20,29	17,48	83,75	72,15	4.13
8	[A2-M2] S	7,40	20,53	17,54	83,75	71,55	4.08
8	[A2-M2] S	7,45	20,68	17,60	83,75	71,26	4.05
8	[A2-M2] S	7,50	20,76	17,66	83,75	71,25	4.03
8	[A2-M2] S	7,55	20,76	17,72	83,75	71,49	4.03
8	[A2-M2] S	7,60	20,70	17,78	83,75	71,96	4.05
8	[A2-M2] S	7,65	20,57	17,84	83,75	72,66	4.07
8	[A2-M2] S	7,70	20,38	17,91	83,75	73,58	4.11
8	[A2-M2] S	7,75	20,15	17,97	83,76	74,70	4.16
8	[A2-M2] S	7,80	19,86	18,03	83,76	76,03	4.22
8	[A2-M2] S	7,85	19,53	18,09	83,77	77,57	4.29
8	[A2-M2] S	7,90	19,17	18,15	83,77	79,32	4.37
8	[A2-M2] S	7,95	18,77	18,21	83,78	81,28	4.46

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

8	[A2-M2] S	8,00	18,34	18,27	83,78	83,46	4.57
8	[A2-M2] S	8,05	17,89	18,33	83,79	85,87	4.68
8	[A2-M2] S	8,10	17,41	18,40	83,80	88,52	4.81
8	[A2-M2] S	8,15	16,92	18,46	83,81	91,43	4.95
8	[A2-M2] S	8,20	16,41	18,52	83,82	94,60	5.11
8	[A2-M2] S	8,25	15,88	18,58	83,83	98,06	5.28
8	[A2-M2] S	8,30	15,35	18,64	83,84	101,82	5.46
8	[A2-M2] S	8,35	14,81	18,70	83,85	105,91	5.66
8	[A2-M2] S	8,40	14,26	18,76	83,87	110,35	5.88
8	[A2-M2] S	8,45	13,71	18,83	83,88	115,17	6.12
8	[A2-M2] S	8,50	13,16	18,89	83,90	120,41	6.38
8	[A2-M2] S	8,55	12,61	18,95	83,91	126,09	6.65
8	[A2-M2] S	8,60	12,06	19,01	83,93	132,27	6.96
8	[A2-M2] S	8,65	11,52	19,07	83,95	138,98	7.29
8	[A2-M2] S	8,70	10,98	19,13	83,98	146,28	7.65
8	[A2-M2] S	8,75	10,45	19,19	84,00	154,23	8.04
8	[A2-M2] S	8,80	9,93	19,25	84,03	162,89	8.46
8	[A2-M2] S	8,85	9,42	19,32	84,05	172,35	8.92
8	[A2-M2] S	8,90	8,92	19,38	84,09	182,68	9.43
8	[A2-M2] S	8,95	8,43	19,44	84,12	193,99	9.98
8	[A2-M2] S	9,00	7,95	19,50	84,16	206,38	10.58
8	[A2-M2] S	9,05	7,49	19,56	84,20	220,00	11.25
8	[A2-M2] S	9,10	7,04	19,62	84,25	234,98	11.97
8	[A2-M2] S	9,15	6,60	19,68	84,30	251,51	12.78
8	[A2-M2] S	9,20	6,17	19,75	84,35	269,79	13.66
8	[A2-M2] S	9,25	5,76	19,81	84,16	289,17	14.60
8	[A2-M2] S	9,30	5,37	19,87	83,84	310,18	15.61
8	[A2-M2] S	9,35	4,99	19,93	83,49	333,37	16.73
8	[A2-M2] S	9,40	4,63	19,99	83,10	359,03	17.96
8	[A2-M2] S	9,45	4,28	20,05	82,67	387,48	19.32
8	[A2-M2] S	9,50	3,94	20,11	82,12	418,73	20.82
8	[A2-M2] S	9,55	3,63	20,18	81,17	451,59	22.38
8	[A2-M2] S	9,60	3,32	20,24	80,12	487,91	24.11
8	[A2-M2] S	9,65	3,03	20,30	78,95	528,10	26.02
8	[A2-M2] S	9,70	2,76	20,36	77,63	572,42	28.12
8	[A2-M2] S	9,75	2,50	20,42	76,13	621,28	30.42
8	[A2-M2] S	9,80	2,26	20,48	74,46	675,50	32.98
8	[A2-M2] S	9,85	2,03	20,54	72,55	735,08	35.78
8	[A2-M2] S	9,90	1,81	20,60	70,40	800,98	38.87
8	[A2-M2] S	9,95	1,61	20,67	67,98	873,52	42.27
8	[A2-M2] S	10,00	1,42	20,73	65,26	953,54	46.00
8	[A2-M2] S	10,05	1,24	20,79	62,15	1040,36	50.04
8	[A2-M2] S	10,10	1,08	20,85	58,65	1134,67	54.42
8	[A2-M2] S	10,15	0,93	20,91	54,70	1235,81	59.10

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

8	[A2-M2] S	10,20	0,79	20,97	50,25	1341,73	63.97
8	[A2-M2] S	10,25	0,66	21,03	45,31	1451,56	69.01
8	[A2-M2] S	10,30	0,54	21,10	39,90	1562,93	74.09
8	[A2-M2] S	10,35	0,43	21,16	34,11	1673,40	79.09
3	[A1-M1]	10,40	-0,41	21,08	-32,85	1695,54	80.45
3	[A1-M1]	10,45	-0,41	21,14	-33,00	1692,78	80.09
3	[A1-M1]	10,50	-0,41	21,20	-32,98	1693,29	79.88
3	[A1-M1]	10,55	-0,41	21,26	-32,78	1696,79	79.81
3	[A1-M1]	10,60	-0,41	21,32	-32,42	1703,05	79.88
3	[A1-M1]	10,65	-0,40	21,38	-31,92	1711,87	80.06
3	[A1-M1]	10,70	-0,39	21,44	-31,28	1723,09	80.35
3	[A1-M1]	10,75	-0,38	21,51	-30,51	1736,53	80.75
3	[A1-M1]	10,80	-0,36	21,57	-29,62	1752,05	81.24
3	[A1-M1]	10,85	-0,35	21,63	-28,63	1769,52	81.82
3	[A1-M1]	10,90	-0,33	21,69	-27,53	1788,79	82.47
3	[A1-M1]	10,95	-0,32	21,75	-26,32	1808,81	83.16
3	[A1-M1]	11,00	-0,30	21,81	-25,03	1830,19	83.91
4	[A2-M2]	11,05	-0,28	21,99	-23,45	1856,10	84.41
4	[A2-M2]	11,10	-0,27	22,05	-22,61	1870,06	84.81
4	[A2-M2]	11,15	-0,25	22,11	-21,60	1886,77	85.33
4	[A2-M2]	11,20	-0,24	22,17	-20,43	1905,94	85.96
4	[A2-M2]	11,25	-0,22	22,23	-19,14	1927,29	86.68
4	[A2-M2]	11,30	-0,20	22,30	-17,62	1938,66	86.95
4	[A2-M2]	11,35	-0,18	22,36	-16,02	1950,22	87.23
4	[A2-M2]	11,40	-0,16	22,42	-14,36	1962,20	87.53
4	[A2-M2]	11,45	-0,14	22,48	-12,67	1974,41	87.83
4	[A2-M2]	11,50	-0,12	22,54	-10,97	1986,66	88.14
4	[A2-M2]	11,55	-0,11	22,60	-9,29	1998,75	88.43
8	[A2-M2] S	11,60	-0,08	22,69	-7,46	2011,99	88.67
8	[A2-M2] S	11,65	-0,07	22,75	-6,02	2022,36	88.89
8	[A2-M2] S	11,70	-0,05	22,81	-4,65	2032,22	89.08
8	[A2-M2] S	11,75	-0,04	22,88	-3,39	2041,32	89.24
8	[A2-M2] S	11,80	-0,03	22,94	-2,27	2049,38	89.35
8	[A2-M2] S	11,85	-0,01	23,00	-1,34	2056,12	89.40
8	[A2-M2] S	11,90	-0,01	23,06	-0,62	2061,28	89.39
8	[A2-M2] S	11,95	0,00	23,12	-0,16	2064,58	89.30

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	R _{bk} = 30,0 [N/mm ²]
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83xR _{bk})	R _{ck} = 254 (Kg/cm ²)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	ψ = 0.85
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	f _{yk} = 431,5 [N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza cls	γ _c = 1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	γ _s = 1.15
Resistenza di calcolo del cls (ψR _{ck} /γ _c)	R _c [*] = 144 (Kg/cm ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f _{yk} /γ _s)	R _s [*] = 3826 (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	E _s = 2100000 (Kg/cm ²)
Deformazione ultima del calcestruzzo	ε _{cu} = 0.0035(0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	ε _{ck} = 0.0020(0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	ε _{yu} = 0.0100(1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R _s [*] /E _s)	ε _{yk} = 0.0014(0.18%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico: 0 ≤ ε_c ≤ ε_{ck}

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\varepsilon_c \varepsilon_{ck} - \varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: ε_{ck} < ε_c ≤ ε_{cu}

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}$$

Tratto armatura 1

Nr	N_u	M_u
1	-1511,6658	0,0000
2	0,0000	83,5300
3	275,4352	84,3689
4	413,1528	82,2826
5	550,8705	78,2930
6	688,5881	74,0607
7	826,3057	69,5788
8	964,0233	64,9048
9	1101,7409	59,9320
10	1239,4585	54,5615
11	1377,1762	48,7504
12	1514,8938	42,3736
13	1652,6114	35,2949
14	1790,3290	27,4422
15	1928,0466	19,0929
16	2065,7642	0,0000
17	2065,7642	0,0000
18	1928,0466	-19,0929
19	1790,3290	-27,4422
20	1652,6114	-35,2949
21	1514,8938	-42,3736
22	1377,1762	-48,7504
23	1239,4585	-54,5615
24	1101,7409	-59,9320
25	964,0233	-64,9048
26	826,3057	-69,5788
27	688,5881	-74,0607
28	550,8705	-78,2930
29	413,1528	-82,2826
30	275,4352	-84,3689
31	0,0000	-83,5300
32	-1511,6658	0,0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h	momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h	taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v	momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v	taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

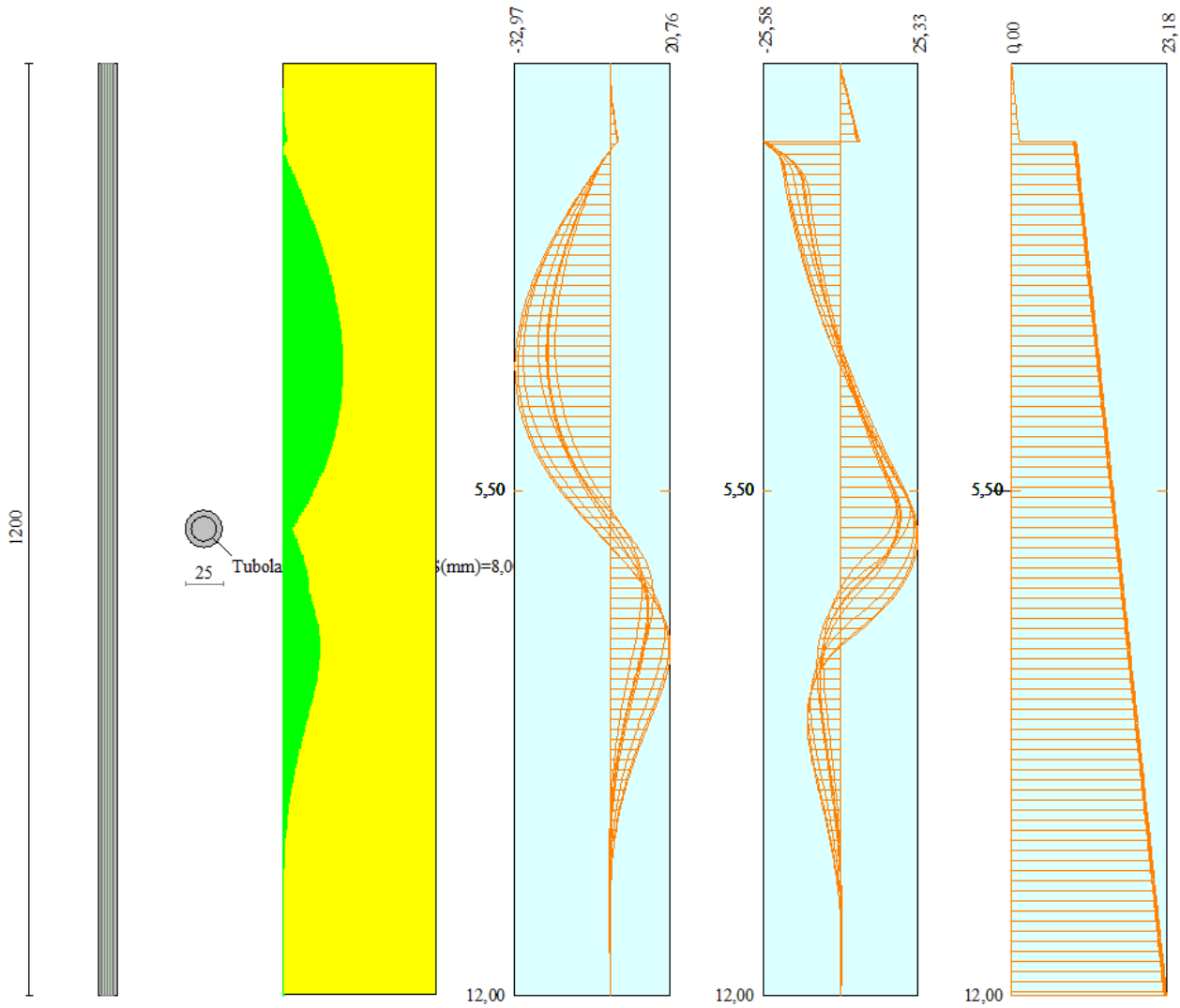
$B=110,00$ [cm]	$H=60,00$ [cm]		
$A_{fv}=22,12$ [cmq]	$A_{fh}=22,12$ [cmq]	Staffe $\phi 12/25$	$N_{bh}=4 - N_{bv}=4$
$M_h=10,58$ [kNm]	$M_{uh}=420,75$ [kNm]	$FS=39.76$	
$T_h=21,17$ [kN]	$T_{Rh}=1086,71$ [kN]	$FS_T=51.34$	
$M_v=1,29$ [kNm]	$M_{uv}=420,75$ [kNm]	$FS=325.03$	
$T_v=6,47$ [kN]	$T_R=759,48$ [kN]	$FS_{TV}=117.34$	

Cordolo N° 2 (X=1,00 m) (Cordolo in acciaio)

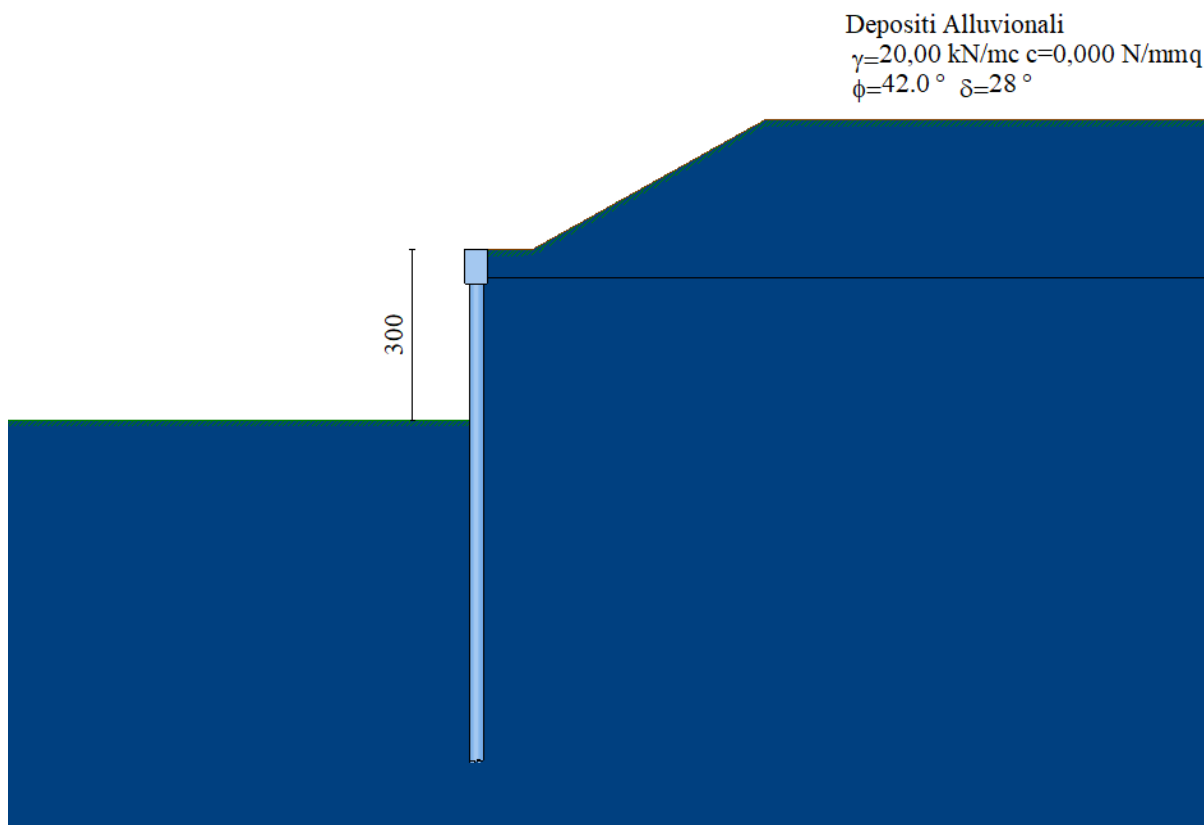
$A=156,20$ [cmq]	$W=1140,00$ [cm ³]		
$M_h=71,92$ [kNm]	$T_h=102,74$ [kN]	$M_v=22,80$ [kNm]	$T_v=45,18$ [kN]
$\sigma_f = 63,089$ [N/mmq]	$\tau_f = 6,578$ [N/mmq]	$\sigma_{id} = 64,109$ [N/mmq]	

INVILUPPO SOLLECITAZIONI

Nel diagramma seguente abbiamo da sinistra a destra l'andamento delle sollecitazioni massime (verde) rispetto al momento resistente della sezione (giallo) e gli involuipi delle sollecitazioni Momento Flettente, Taglio e Sforzo Normale :



15. TIPOLOGIA 2



Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 60 elementi fuori terra e 120 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva oppure lo spostamento limite di 1.50 [cm] non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	3,00	[m]
Profondità di infissione	6,00	[m]
Altezza totale della paratia	9,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kN]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kN]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kN]
Pc	Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
1	[A1-M1]	21,20	2,08	--	--	--	--	-37,51	3,85	16,31	6,15
2	[A2-M2]	25,02	2,16	--	--	--	--	-47,00	4,17	21,98	6,46
3	[A1-M1]	21,20	2,08	--	--	--	--	-37,51	3,85	16,31	6,15
4	[A2-M2]	25,02	2,16	--	--	--	--	-47,00	4,17	21,98	6,46
5	[A1-M1]	21,20	2,08	--	--	--	--	-37,51	3,85	16,31	6,15
6	[A2-M2]	25,02	2,16	--	--	--	--	-47,00	4,17	21,98	6,46
7	[A1-M1] S	31,04	2,19	--	--	--	--	-57,76	4,16	26,73	6,45
8	[A2-M2] S	50,03	2,21	--	--	--	--	-103,54	4,72	53,51	7,07
9	[A1-M1] S	31,04	2,19	--	--	--	--	-57,76	4,16	26,73	6,45
10	[A2-M2] S	50,12	2,21	--	--	--	--	-103,81	4,73	53,69	7,07

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y _{Rc}	Rt	Y _{Rt}	Rv	Y _{Rv}	Rp	Y _{Rp}
1	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
3	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
4	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
5	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
6	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

7	[A1-M1] S	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
8	[A2-M2] S	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
9	[A1-M1] S	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
10	[A2-M2] S	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{NUL}	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P _{INV}	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C _{ROT}	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R _{MAX}	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp	Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P _{NUL}	P _{INV}	C _{ROT}	MP	R/R _{MAX}	Pp
1	[A1-M1]	3,12	3,55	4,76	9.09	1,16	662,43
2	[A2-M2]	3,25	4,05	5,10	18.18	2,65	276,00
3	[A1-M1]	3,12	3,55	4,76	9.09	1,16	662,43
4	[A2-M2]	3,25	4,05	5,10	18.18	2,66	276,00
5	[A1-M1]	3,12	3,55	4,76	9.09	1,16	662,43
6	[A2-M2]	3,25	4,05	5,10	18.18	2,66	276,00
7	[A1-M1] S	3,25	4,05	5,09	17.36	2,64	662,43
8	[A2-M2] S	3,47	4,95	5,77	33.06	7,22	276,00
9	[A1-M1] S	3,25	4,05	5,09	17.36	2,64	662,43
10	[A2-M2] S	3,47	4,95	5,78	33.06	7,18	276,00

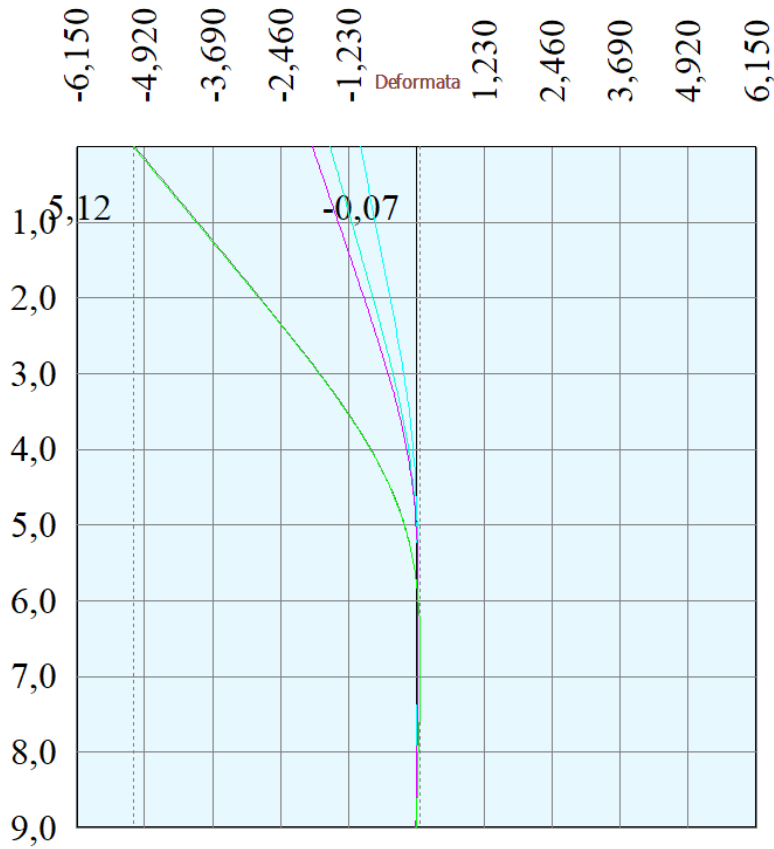
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[A1-M1]	30,44	3,75	21,20	3,10	25,69	9,00	MAX
--	--	-0,77	7,55	-15,53	4,75	0,00	0,00	MIN
2	[A2-M2]	41,47	4,10	25,02	3,25	25,69	9,00	MAX
--	--	-0,67	7,85	-21,13	5,05	0,00	0,00	MIN
3	[A1-M1]	30,44	3,75	21,20	3,10	25,69	9,00	MAX
--	--	-0,77	7,55	-15,53	4,75	0,00	0,00	MIN
4	[A2-M2]	41,47	4,10	25,02	3,25	25,69	9,00	MAX
--	--	-0,67	7,85	-21,13	5,05	0,00	0,00	MIN
5	[A1-M1]	30,44	3,75	21,20	3,10	25,69	9,00	MAX
--	--	-0,77	7,55	-15,53	4,75	0,00	0,00	MIN
6	[A2-M2]	41,47	4,10	25,02	3,25	25,69	9,00	MAX
--	--	-0,67	7,85	-21,13	5,05	0,00	0,00	MIN
7	[A1-M1] S	50,40	4,10	31,04	3,25	25,69	9,00	MAX
--	--	-0,83	7,80	-25,68	5,05	0,00	0,00	MIN
8	[A2-M2] S	105,22	4,75	50,03	3,45	25,69	9,00	MAX
--	--	-0,10	8,60	-53,15	5,75	0,00	0,00	MIN
9	[A1-M1] S	50,40	4,10	31,04	3,25	25,69	9,00	MAX
--	--	-0,83	7,80	-25,68	5,05	0,00	0,00	MIN
10	[A2-M2] S	105,63	4,75	50,12	3,45	25,69	9,00	MAX
--	--	-0,09	8,60	-53,34	5,75	0,00	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia



Spostamento massimo 5,12cm

Simbologia adottata

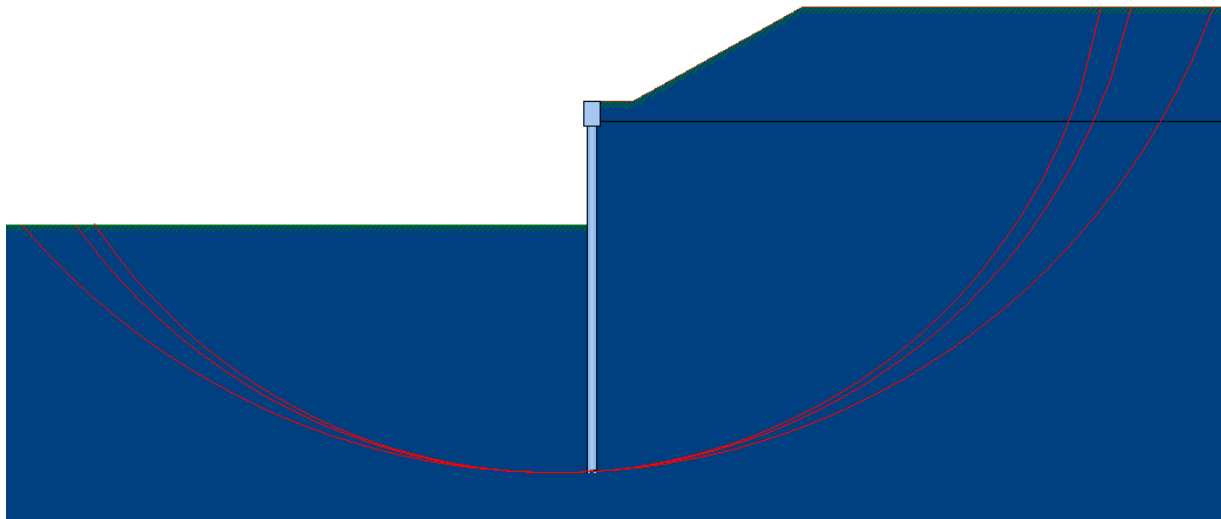
- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
- V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y _U	V	Y _V	
1	[A1-M1]	1,0178	0,00	0,0033	0,00	MAX
--	--	-0,0192	5,75	0,0000	0,00	MIN
2	[A2-M2]	1,5645	0,00	0,0033	0,00	MAX
--	--	-0,0265	6,10	0,0000	0,00	MIN
3	[A1-M1]	1,0178	0,00	0,0033	0,00	MAX
--	--	-0,0192	5,75	0,0000	0,00	MIN
4	[A2-M2]	1,5645	0,00	0,0033	0,00	MAX
--	--	-0,0265	6,10	0,0000	0,00	MIN

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

5	[A1-M1]	1,0178	0,00	0,0033	0,00	MAX
--	--	-0,0192	5,75	0,0000	0,00	MIN
6	[A2-M2]	1,5645	0,00	0,0033	0,00	MAX
--	--	-0,0265	6,10	0,0000	0,00	MIN
7	[A1-M1] S	1,8856	0,00	0,0033	0,00	MAX
--	--	-0,0321	6,10	0,0000	0,00	MIN
8	[A2-M2] S	5,0937	0,00	0,0033	0,00	MAX
--	--	-0,0678	6,80	0,0000	0,00	MIN
9	[A1-M1] S	1,8856	0,00	0,0033	0,00	MAX
--	--	-0,0321	6,10	0,0000	0,00	MIN
10	[A2-M2] S	5,1250	0,00	0,0033	0,00	MAX
--	--	-0,0681	6,80	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale



Combinazioni di verifica A2 M2

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(X _C ; Y _C)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X _V ; Y _V)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X _M ; Y _M)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X _C , Y _C)	R	(X _V , Y _V)	(X _M , Y _M)	FS
2	[A2-M2]	(-0,90; 5,40)	14,43	(-12,64; -2,99)	(13,19; 2,28)	4,19
4	[A2-M2]	(-0,90; 4,50)	13,53	(-12,17; -2,99)	(12,45; 2,28)	3,70
6	[A2-M2]	(-0,90; 4,50)	13,53	(-12,17; -2,99)	(12,45; 2,28)	3,83
8	[A2-M2] S	(-0,90; 8,10)	17,12	(-13,95; -2,99)	(15,21; 2,28)	2,66
10	[A2-M2] S	(-0,90; 8,10)	17,12	(-13,95; -2,99)	(15,21; 2,28)	2,64

Combinazione n° 10

Numero di strisce 50

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm ²]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] ($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm ²]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	3,6409	-48,18	-276,70	0,87	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
2	10,8353	-45,34	-785,92	0,83	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
3	17,3639	-42,64	-1199,32	0,79	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
4	23,3130	-40,05	-1529,48	0,76	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
5	28,7483	-37,55	-1786,53	0,73	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
6	33,7217	-35,13	-1978,82	0,71	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
7	38,2744	-32,79	-2113,46	0,69	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
8	42,4401	-30,50	-2196,55	0,67	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
9	46,2464	-28,27	-2233,45	0,66	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
10	49,7164	-26,08	-2228,91	0,65	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
11	52,8693	-23,94	-2187,24	0,64	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
12	55,7214	-21,82	-2112,34	0,63	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
13	58,2865	-19,74	-2007,81	0,62	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
14	60,5763	-17,69	-1876,99	0,61	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
15	62,6006	-15,66	-1723,02	0,60	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
16	64,3678	-13,65	-1548,85	0,60	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
17	65,8848	-11,66	-1357,29	0,59	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
18	67,1576	-9,68	-1151,04	0,59	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
19	68,1907	-7,71	-932,71	0,59	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
20	68,9881	-5,75	-704,81	0,58	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
21	69,5525	-3,80	-469,82	0,58	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
22	69,8859	-1,85	-230,17	0,58	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
23	69,9895	0,09	11,76	0,58	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

24	69,8636	2,04	253,57	0,58	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
25	105,0863	3,99	746,40	0,59	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
26	104,6503	5,96	1108,00	0,59	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
27	106,6529	7,93	1500,89	0,59	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
28	109,3668	9,91	1920,23	0,59	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
29	111,8358	11,91	2353,33	0,60	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
30	114,0548	13,92	2797,51	0,60	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
31	116,0176	15,95	3249,99	0,61	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
32	117,7169	17,99	3707,85	0,62	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
33	119,0255	20,06	4163,89	0,62	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
34	117,4461	22,16	4517,96	0,63	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
35	115,1389	24,29	4830,50	0,64	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
36	112,4262	26,46	5108,54	0,65	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
37	108,8496	28,67	5325,41	0,67	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
38	104,9257	30,93	5499,17	0,68	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
39	100,6302	33,24	5624,81	0,70	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
40	95,9335	35,62	5696,70	0,72	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
41	90,7996	38,06	5708,38	0,74	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
42	85,1842	40,60	5652,35	0,77	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
43	79,0314	43,23	5519,65	0,80	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
44	72,2696	45,98	5299,43	0,84	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
45	64,4683	48,88	4952,25	0,89	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
46	55,3362	51,96	4443,85	0,95	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
47	46,0225	55,26	3856,57	1,03	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
48	35,4137	58,88	3091,34	1,13	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
49	23,0459	62,92	2092,40	1,29	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)
50	8,1743	67,27	768,82	1,51	35,77	0,0000	0,0000	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 3517,7380$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 658,7264$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 2533,9084$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.44$

Descrizione armatura micropali e caratteristiche sezione

Diametro del micropalo	25,00 cm
Area della sezione trasversale	490,87 cmq
Diametro esterno del tubolare	168,30 mm
Spessore del tubolare	8,00 mm
Area della sezione tubolare	40,29 cmq
Inerzia della sezione tubolare	1297,27 cm ⁴

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kNm]
N	sforzio normale espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]
Nu	sforzio normale ultimo di riferimento espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
T	taglio espresso in [kN]
Tr	taglio resistente espresso in [kN]
FS _r	fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	3,75	13,09	4,60	83,62	29,40	6.39
2	[A2-M2]	4,10	17,83	5,03	83,60	23,59	4.69
3	[A1-M1]	3,75	13,09	4,60	83,62	29,40	6.39
4	[A2-M2]	4,10	17,83	5,03	83,60	23,59	4.69
5	[A1-M1]	3,75	13,09	4,60	83,62	29,40	6.39
6	[A2-M2]	4,10	17,83	5,03	83,60	23,59	4.69
7	[A1-M1] S	4,10	21,67	5,03	83,59	19,41	3.86
8	[A2-M2] S	4,75	45,25	5,83	83,56	10,77	1.85
9	[A1-M1] S	4,10	21,67	5,03	83,59	19,41	3.86
10	[A2-M2] S	4,75	45,42	5,83	83,56	10,72	1.84

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo, espressa in [m]
M	momento flettente, espresso in [kNm]
N	sforzamento normale, espresso in [kN] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento, espresso in [kNm]
Nu	sforzamento normale ultimo di riferimento, espresso in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
1	[A1-M1]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1000.00
8	[A2-M2] S	0,05	0,00	0,06	2,79	2045,67333339	18.18
8	[A2-M2] S	0,10	0,00	0,12	8,20	2006,62163514	2.42
8	[A2-M2] S	0,15	0,00	0,18	16,78	1944,76105648	6.86
10	[A2-M2] S	0,20	0,00	0,25	26,95	1798,50	7327.75
8	[A2-M2] S	0,25	0,01	0,31	37,34	1612,75	5256.73
10	[A2-M2] S	0,30	0,01	0,37	46,94	1416,26	3846.90
10	[A2-M2] S	0,35	0,02	0,43	55,09	1225,89	2854.12
10	[A2-M2] S	0,40	0,03	0,49	61,66	1053,75	2146.69
8	[A2-M2] S	0,45	0,04	0,55	66,89	905,66	1640.00
10	[A2-M2] S	0,50	0,06	0,61	71,04	781,49	1273.63
8	[A2-M2] S	0,55	0,07	0,67	74,40	677,58	1003.89
10	[A2-M2] S	0,60	0,10	0,74	77,09	590,05	801.36
8	[A2-M2] S	0,65	0,12	0,80	79,28	516,91	648.02
10	[A2-M2] S	0,70	0,15	0,86	81,05	455,56	530.32
10	[A2-M2] S	0,75	0,19	0,92	82,43	403,49	438.39
8	[A2-M2] S	0,80	0,23	0,98	83,12	357,57	364.22
8	[A2-M2] S	0,85	0,27	1,04	83,71	318,94	305.76
10	[A2-M2] S	0,90	0,33	1,10	84,21	286,16	259.09
8	[A2-M2] S	0,95	0,38	1,17	84,31	257,14	220.57
8	[A2-M2] S	1,00	0,45	1,23	84,24	231,85	188.93
8	[A2-M2] S	1,05	0,52	1,29	84,17	210,04	163.01
8	[A2-M2] S	1,10	0,59	1,35	84,11	190,94	141.45
10	[A2-M2] S	1,15	0,68	1,41	84,06	173,94	123.25
8	[A2-M2] S	1,20	0,78	1,47	84,01	158,59	107.69
10	[A2-M2] S	1,25	0,89	1,53	83,97	144,65	94.30
8	[A2-M2] S	1,30	1,01	1,60	83,93	131,98	82.73
10	[A2-M2] S	1,35	1,15	1,66	83,90	120,49	72.73

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

8	[A2-M2] S	1,40	1,31	1,72	83,87	110,12	64.10
8	[A2-M2] S	1,45	1,48	1,78	83,84	100,81	56.65
8	[A2-M2] S	1,50	1,67	1,84	83,81	92,47	50.23
8	[A2-M2] S	1,55	1,87	1,90	83,79	85,02	44.70
10	[A2-M2] S	1,60	2,10	1,96	83,77	78,38	39.92
8	[A2-M2] S	1,65	2,34	2,02	83,75	72,45	35.78
8	[A2-M2] S	1,70	2,60	2,09	83,73	67,15	32.19
10	[A2-M2] S	1,75	2,88	2,15	83,72	62,41	29.06
8	[A2-M2] S	1,80	3,18	2,21	83,71	58,15	26.32
10	[A2-M2] S	1,85	3,50	2,27	83,70	54,31	23.92
8	[A2-M2] S	1,90	3,84	2,33	83,68	50,84	21.80
8	[A2-M2] S	1,95	4,20	2,39	83,68	47,70	19.93
10	[A2-M2] S	2,00	4,58	2,45	83,67	44,84	18.27
10	[A2-M2] S	2,05	4,98	2,52	83,66	42,23	16.79
10	[A2-M2] S	2,10	5,41	2,58	83,65	39,85	15.46
8	[A2-M2] S	2,15	5,86	2,64	83,64	37,67	14.28
10	[A2-M2] S	2,20	6,33	2,70	83,64	35,66	13.21
8	[A2-M2] S	2,25	6,83	2,76	83,63	33,82	12.25
8	[A2-M2] S	2,30	7,35	2,82	83,63	32,11	11.38
8	[A2-M2] S	2,35	7,90	2,88	83,62	30,54	10.59
10	[A2-M2] S	2,40	8,47	2,95	83,62	29,08	9.87
8	[A2-M2] S	2,45	9,07	3,01	83,61	27,73	9.22
8	[A2-M2] S	2,50	9,69	3,07	83,61	26,47	8.63
10	[A2-M2] S	2,55	10,34	3,13	83,61	25,30	8.09
10	[A2-M2] S	2,60	11,02	3,19	83,60	24,21	7.59
8	[A2-M2] S	2,65	11,73	3,25	83,60	23,19	7.13
8	[A2-M2] S	2,70	12,46	3,31	83,60	22,23	6.71
10	[A2-M2] S	2,75	13,22	3,37	83,59	21,33	6.32
10	[A2-M2] S	2,80	14,02	3,44	83,59	20,49	5.96
8	[A2-M2] S	2,85	14,84	3,50	83,59	19,70	5.63
10	[A2-M2] S	2,90	15,69	3,56	83,59	18,96	5.33
8	[A2-M2] S	2,95	16,57	3,62	83,59	18,26	5.04
10	[A2-M2] S	3,00	17,48	3,68	83,58	17,60	4.78
10	[A2-M2] S	3,05	18,43	3,74	83,58	16,98	4.54
10	[A2-M2] S	3,10	19,40	3,80	83,58	16,39	4.31
10	[A2-M2] S	3,15	20,40	3,87	83,58	15,84	4.10
10	[A2-M2] S	3,20	21,42	3,93	83,58	15,33	3.90
10	[A2-M2] S	3,25	22,45	3,99	83,58	14,85	3.72
10	[A2-M2] S	3,30	23,50	4,05	83,57	14,40	3.56
10	[A2-M2] S	3,35	24,57	4,11	83,57	13,99	3.40
10	[A2-M2] S	3,40	25,64	4,17	83,57	13,60	3.26
10	[A2-M2] S	3,45	26,71	4,23	83,57	13,25	3.13
10	[A2-M2] S	3,50	27,79	4,30	83,57	12,92	3.01
10	[A2-M2] S	3,55	28,87	4,36	83,57	12,61	2.90

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

10	[A2-M2] S	3,60	29,94	4,42	83,57	12,33	2.79
10	[A2-M2] S	3,65	31,00	4,48	83,57	12,07	2.70
10	[A2-M2] S	3,70	32,05	4,54	83,57	11,84	2.61
10	[A2-M2] S	3,75	33,09	4,60	83,57	11,62	2.53
10	[A2-M2] S	3,80	34,10	4,66	83,56	11,43	2.45
10	[A2-M2] S	3,85	35,10	4,72	83,56	11,25	2.38
10	[A2-M2] S	3,90	36,07	4,79	83,56	11,09	2.32
10	[A2-M2] S	3,95	37,01	4,85	83,56	10,95	2.26
10	[A2-M2] S	4,00	37,92	4,91	83,56	10,82	2.20
10	[A2-M2] S	4,05	38,79	4,97	83,56	10,71	2.15
10	[A2-M2] S	4,10	39,62	5,03	83,56	10,61	2.11
10	[A2-M2] S	4,15	40,42	5,09	83,56	10,53	2.07
10	[A2-M2] S	4,20	41,16	5,15	83,56	10,46	2.03
10	[A2-M2] S	4,25	41,86	5,22	83,56	10,41	2.00
10	[A2-M2] S	4,30	42,51	5,28	83,56	10,37	1.97
10	[A2-M2] S	4,35	43,10	5,34	83,56	10,35	1.94
10	[A2-M2] S	4,40	43,63	5,40	83,56	10,34	1.92
10	[A2-M2] S	4,45	44,10	5,46	83,56	10,35	1.89
10	[A2-M2] S	4,50	44,51	5,52	83,56	10,37	1.88
10	[A2-M2] S	4,55	44,84	5,58	83,56	10,41	1.86
10	[A2-M2] S	4,60	45,10	5,65	83,56	10,46	1.85
10	[A2-M2] S	4,65	45,29	5,71	83,56	10,53	1.85
10	[A2-M2] S	4,70	45,40	5,77	83,56	10,62	1.84
10	[A2-M2] S	4,75	45,42	5,83	83,56	10,72	1.84
10	[A2-M2] S	4,80	45,36	5,89	83,56	10,85	1.84
10	[A2-M2] S	4,85	45,21	5,95	83,56	11,00	1.85
10	[A2-M2] S	4,90	44,96	6,01	83,56	11,18	1.86
10	[A2-M2] S	4,95	44,62	6,07	83,56	11,38	1.87
10	[A2-M2] S	5,00	44,18	6,14	83,57	11,60	1.89
10	[A2-M2] S	5,05	43,65	6,20	83,57	11,87	1.91
10	[A2-M2] S	5,10	43,02	6,26	83,57	12,16	1.94
10	[A2-M2] S	5,15	42,31	6,32	83,57	12,48	1.98
10	[A2-M2] S	5,20	41,52	6,38	83,57	12,84	2.01
10	[A2-M2] S	5,25	40,68	6,44	83,57	13,24	2.05
10	[A2-M2] S	5,30	39,77	6,50	83,57	13,67	2.10
10	[A2-M2] S	5,35	38,81	6,57	83,57	14,14	2.15
10	[A2-M2] S	5,40	37,81	6,63	83,57	14,65	2.21
10	[A2-M2] S	5,45	36,78	6,69	83,58	15,20	2.27
10	[A2-M2] S	5,50	35,71	6,75	83,58	15,80	2.34
10	[A2-M2] S	5,55	34,62	6,81	83,58	16,44	2.41
10	[A2-M2] S	5,60	33,51	6,87	83,58	17,14	2.49
10	[A2-M2] S	5,65	32,38	6,93	83,58	17,90	2.58
10	[A2-M2] S	5,70	31,24	6,99	83,59	18,72	2.68
10	[A2-M2] S	5,75	30,09	7,06	83,59	19,60	2.78

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

10	[A2-M2] S	5,80	28,95	7,12	83,59	20,55	2.89
10	[A2-M2] S	5,85	27,80	7,18	83,60	21,59	3.01
10	[A2-M2] S	5,90	26,66	7,24	83,60	22,70	3.14
10	[A2-M2] S	5,95	25,53	7,30	83,60	23,91	3.27
10	[A2-M2] S	6,00	24,41	7,36	83,61	25,22	3.43
10	[A2-M2] S	6,05	23,30	7,42	83,61	26,64	3.59
10	[A2-M2] S	6,10	22,21	7,49	83,62	28,18	3.76
10	[A2-M2] S	6,15	21,14	7,55	83,62	29,86	3.96
10	[A2-M2] S	6,20	20,09	7,61	83,63	31,68	4.16
10	[A2-M2] S	6,25	19,06	7,67	83,63	33,66	4.39
10	[A2-M2] S	6,30	18,05	7,73	83,64	35,82	4.63
10	[A2-M2] S	6,35	17,07	7,79	83,65	38,19	4.90
10	[A2-M2] S	6,40	16,11	7,85	83,65	40,77	5.19
10	[A2-M2] S	6,45	15,19	7,92	83,66	43,60	5.51
10	[A2-M2] S	6,50	14,29	7,98	83,67	46,71	5.86
10	[A2-M2] S	6,55	13,42	8,04	83,68	50,13	6.24
10	[A2-M2] S	6,60	12,58	8,10	83,69	53,90	6.65
10	[A2-M2] S	6,65	11,77	8,16	83,71	58,06	7.11
10	[A2-M2] S	6,70	10,99	8,22	83,72	62,66	7.62
10	[A2-M2] S	6,75	10,24	8,28	83,74	67,76	8.18
10	[A2-M2] S	6,80	9,52	8,34	83,75	73,43	8.80
10	[A2-M2] S	6,85	8,83	8,41	83,77	79,76	9.49
10	[A2-M2] S	6,90	8,17	8,47	83,79	86,83	10.25
10	[A2-M2] S	6,95	7,54	8,53	83,82	94,75	11.11
10	[A2-M2] S	7,00	6,95	8,59	83,85	103,67	12.07
10	[A2-M2] S	7,05	6,38	8,65	83,88	113,72	13.14
10	[A2-M2] S	7,10	5,84	8,71	83,91	125,11	14.36
10	[A2-M2] S	7,15	5,34	8,77	83,95	138,06	15.73
10	[A2-M2] S	7,20	4,86	8,84	84,00	152,83	17.30
10	[A2-M2] S	7,25	4,40	8,90	84,05	169,78	19.08
10	[A2-M2] S	7,30	3,98	8,96	84,11	189,30	21.13
10	[A2-M2] S	7,35	3,58	9,02	84,18	211,90	23.49
10	[A2-M2] S	7,40	3,21	9,08	84,26	238,23	26.23
10	[A2-M2] S	7,45	2,87	9,14	84,35	269,08	29.43
10	[A2-M2] S	7,50	2,54	9,20	83,94	303,60	32.99
10	[A2-M2] S	7,55	2,25	9,27	83,34	343,57	37.08
10	[A2-M2] S	7,60	1,97	9,33	82,62	390,56	41.88
10	[A2-M2] S	7,65	1,72	9,39	81,39	443,97	47.29
10	[A2-M2] S	7,70	1,49	9,45	79,63	504,88	53.43
10	[A2-M2] S	7,75	1,28	9,51	77,52	575,98	60.56
10	[A2-M2] S	7,80	1,09	9,57	74,98	658,76	68.82
10	[A2-M2] S	7,85	0,92	9,63	71,90	754,89	78.36
10	[A2-M2] S	7,90	0,76	9,69	68,22	866,25	89.35
10	[A2-M2] S	7,95	0,63	9,76	63,82	994,01	101.89

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

10	[A2-M2] S	8,00	0,51	9,82	58,54	1137,43	115.86
10	[A2-M2] S	8,05	0,40	9,88	52,28	1293,61	130.95
10	[A2-M2] S	8,10	0,31	9,94	45,05	1457,13	146.59
7	[A1-M1] S	8,15	-0,29	10,00	-43,12	1498,71	149.85
7	[A1-M1] S	8,20	-0,27	10,06	-41,09	1539,84	153.02
7	[A1-M1] S	8,25	-0,25	10,12	-38,80	1584,34	156.49
7	[A1-M1] S	8,30	-0,23	10,19	-36,30	1633,07	160.33
7	[A1-M1] S	8,35	-0,20	10,25	-33,54	1683,37	164.28
7	[A1-M1] S	8,40	-0,18	10,31	-30,57	1735,44	168.35
7	[A1-M1] S	8,45	-0,16	10,37	-27,45	1790,21	172.64
7	[A1-M1] S	8,50	-0,14	10,43	-24,17	1844,31	176.81
7	[A1-M1] S	8,55	-0,12	10,49	-20,82	1899,51	181.04
7	[A1-M1] S	8,60	-0,09	10,55	-17,34	1940,71	183.89
7	[A1-M1] S	8,65	-0,07	10,62	-13,85	1965,85	185.19
7	[A1-M1] S	8,70	-0,06	10,68	-10,60	1989,32	186.33
7	[A1-M1] S	8,75	-0,04	10,74	-7,65	2010,59	187.24
7	[A1-M1] S	8,80	-0,03	10,80	-5,08	2029,14	187.90
7	[A1-M1] S	8,85	-0,02	10,86	-2,96	2044,43	188.24
7	[A1-M1] S	8,90	-0,01	10,92	-1,36	2055,95	188.24
8	[A2-M2] S	8,95	0,00	10,98	-0,36	2063,18	187.85

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30,0$ [N/mm ²]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm ²)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 431,5$ [N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck} / \gamma_c$)	$R_c^* = 144$ (Kg/cm ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R_s^* = 3826$ (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm ²)
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^* / E_s)	$\epsilon_{yk} = 0.0014$ (0.18%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico: $0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\epsilon_{ck} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su}$$

Tratto armatura 1

Nr	N_u	M_u
1	-1511,6658	0,0000
2	0,0000	83,5300
3	275,4352	84,3689
4	413,1528	82,2826
5	550,8705	78,2930
6	688,5881	74,0607
7	826,3057	69,5788
8	964,0233	64,9048
9	1101,7409	59,9320
10	1239,4585	54,5615
11	1377,1762	48,7504
12	1514,8938	42,3736
13	1652,6114	35,2949
14	1790,3290	27,4422
15	1928,0466	19,0929
16	2065,7642	0,0000
17	2065,7642	0,0000
18	1928,0466	-19,0929
19	1790,3290	-27,4422
20	1652,6114	-35,2949
21	1514,8938	-42,3736
22	1377,1762	-48,7504
23	1239,4585	-54,5615
24	1101,7409	-59,9320
25	964,0233	-64,9048
26	826,3057	-69,5788
27	688,5881	-74,0607
28	550,8705	-78,2930
29	413,1528	-82,2826
30	275,4352	-84,3689
31	0,0000	-83,5300
32	-1511,6658	0,0000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

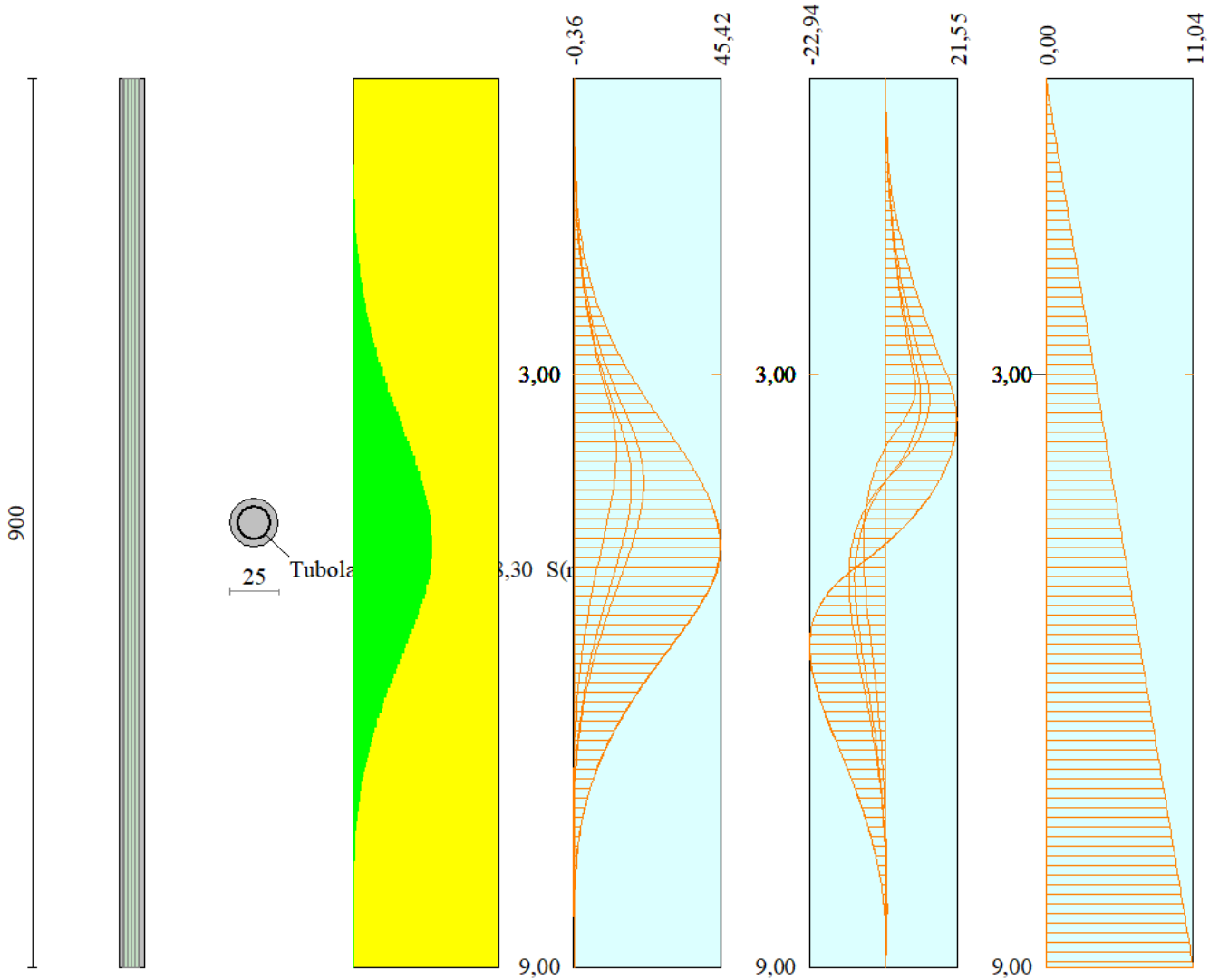
M_h	momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
T_h	taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
M_v	momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
T_v	taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

$B=40,00$ [cm]	$H=60,00$ [cm]		
$A_{fv}=8,04$ [cmq]	$A_{fh}=8,04$ [cmq]	Staffe $\phi 12/25$	$N_{bh}=4 - N_{bv}=4$
$M_h=4,01$ [kNm]	$M_{uh}=153,00$ [kNm]	FS=38.16	
$T_h=8,02$ [kN]	$T_{Rh}=355,27$ [kN]	FS _T =44.30	
$M_v=0,47$ [kNm]	$M_{uv}=153,00$ [kNm]	FS=325.03	
$T_v=2,35$ [kN]	$T_R=486,16$ [kN]	FS _{TV} =206.56	

INVILUPPO SOLLECITAZIONI

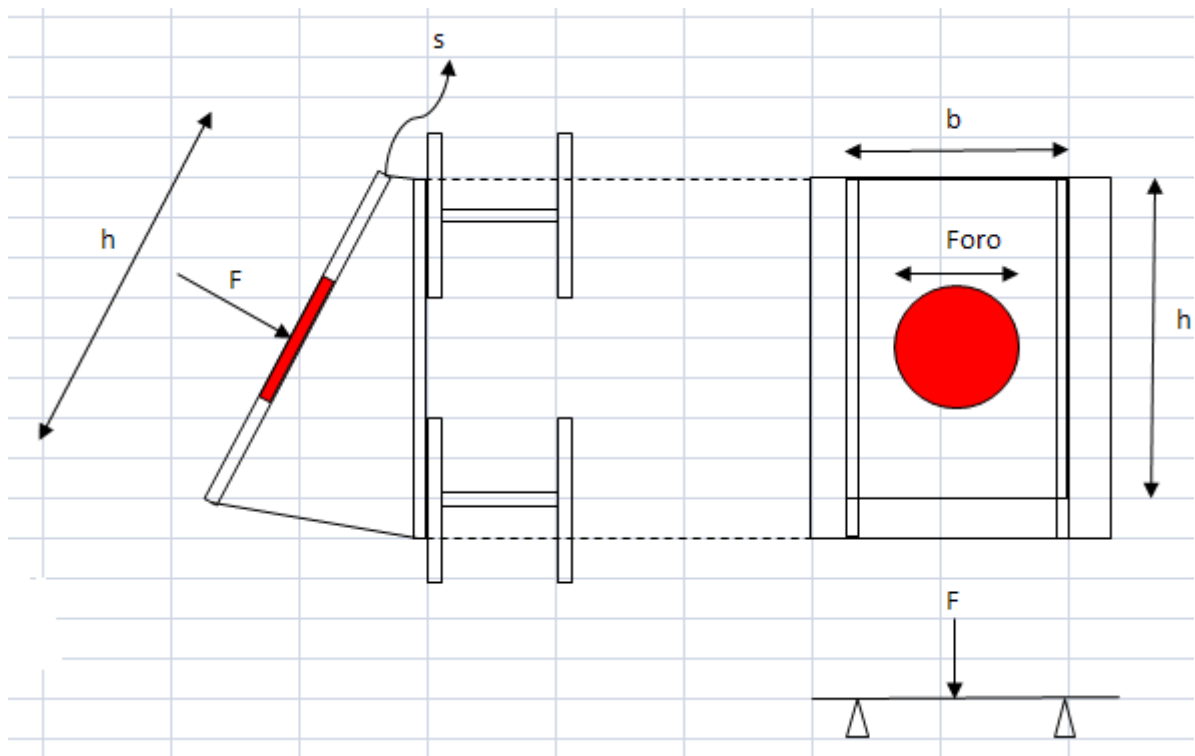
Nel diagramma seguente abbiamo da sinistra a destra l'andamento delle sollecitazioni massime (verde) rispetto al momento resistente della sezione (giallo) e gli involuipi delle sollecitazioni Momento Flettente, Taglio e Sforzo Normale :



16. VERIFICA PIASTRA DI ANCORAGGIO TIRANTE

Il tirante di ancoraggio trasmette alla piastra una forza concentrata. Il modello di calcolo adottato per la verifica della piastra è quello di una trave appoggiata con carico concentrato in mezzeria. Attraverso il calcolo delle sollecitazioni agenti a seguito di detta forza, si sono fatte le dovute verifiche di resistenza.

Si è presa in esame il valore di reazione maggiormente sollecitante.



Dati Geometrici

Materiale	Tipo =	S 355	
	f_{yk} =	510 [Mpa]	510000 [kN/m ²]
	γ_{M0} =	1.05	
	b =	0.4 [m]	
	h =	0.51 [m]	
	s =	0.05 [m]	
	foro =	0.16 [m]	
	W =	0.000146 [m ³]	
	A =	0.0175 [m ²]	

Sollecitazioni

M =	36.62 [kNm]	(trave appoggiata con carico concentrato)
T =	192.64 [kN]	(trave appoggiata con carico concentrato)

Verifiche

$M_{c,Rd}$ =	70.83 [Mpa]
$V_{c,Rd}$ =	2750.34 [Mpa]

Flessione retta = ok

Taglio = ok