

S.S. 554 "Cagliaritana"

Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000

Ex S.S.125 Orientale Sarda – Connessione tra la S.S.554 e la nuova S.S.554

PROGETTO DEFINITIVO

cod. CA352

PROGETTAZIONE: ATI VIA - LOTTI - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Francesco Nicchiarelli (Ord. Ing. Prov. Roma 14711)

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: Dott. Ing. Massimo Capasso
(Ord. Ing. Prov. Roma 26031)
Responsabile Strutture: Dott. Ing. Giovanni Piazza
(Ord. Ing. Prov. Roma 27296)
Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: Dott. Ing. Sergio Di Maio
(Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)
Responsabile Ambiente: Dott. Ing. Francesco Ventura
(Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Francesco Corrias

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



MANDANTI:



OPERE D'ARTE MINORI

OPERE DI SOSTEGNO

PA01 – PARATIA

Relazione di calcolo



CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

D P C A 0 3 5 2 D 1 9

NOME FILE

CA352_PO00S01STRRE01_A

CODICE ELAB.

P 0 0 O S 0 1 S T R R E 0 1

REVISIONE

SCALA:

A

-

D

-

-

-

-

C

-

-

-

-

B

-

-

-

-

A

EMISSIONE

FEB.2020

F.SALUTE

G.PIAZZA

F.NICCHIARELLI

REV.


DESCRIZIONE

DATA

REDATTO


VERIFICATO

APPROVATO


S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

INDICE

1	GENERALITA'	3
1.1	OGGETTO.....	3
1.2	VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'OPERA.....	3
1.2.1	<i>Vita Nominale V_n</i>	3
1.2.2	<i>Classi d'Uso</i>	3
1.2.3	<i>Periodo di Riferimento per l'azione sismica</i>	4
1.3	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	4
2	NORMATIVE E RIFERIMENTI	8
3	NORME TECNICHE	9
4	PARAMETRI GEOTECNICI	10
4.1	STRATIGRAFIA DI PROGETTO.....	10
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO	11
5.1	CALCESTRUZZI	11
5.1.1	<i>Caratteristiche ai fini della durabilità</i>	11
5.1.2	<i>Copriferri nominali</i>	13
5.1.3	<i>Resistenze di progetto</i>	15
5.1.4	<i>Verifiche a fessurazione</i>	15
5.2	ACCIAIO IN BARRE PER CEMENTO ARMATO E RETI ELETTRISALDATE	17
5.2.1	<i>Qualità dell'acciaio</i>	17
5.2.2	<i>Resistenze di progetto</i>	18
6	CRITERI DI VERIFICA DELLE PARATIE	19
6.1	MODELLO DI CALCOLO	19
6.2	COEFFICIENTI DI SPINTA	20
6.3	STORIE DI CARICO	22
7	ANALISI DEI CARICHI	24
7.1	ANALISI ESEGUITE	24
7.2	AZIONE SISMICA	24

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50</i>	

7.3	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI	25
7.4	SPINTA DELLE TERRE	25
7.5	CARICHI ACCIDENTALI	25
7.6	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	25
8	RISULTATI DELL'ANALISI	27
8.1	RIEPILOGO DEI RISULTATI	27
8.2	SPOSTAMENTI IN ESERCIZIO	31
8.3	VERIFICA DEL GRADO DI MOBILITAZIONE DELLA SPINTA PASSIVA.....	32
8.4	VERIFICHE STRUTTURALI.....	32
8.5	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	35
9	DICHIARAZIONE DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI.....	36
9.1	TIPO DI ANALISI SVOLTE.....	36
9.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	36
9.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO	36
9.4	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	36
9.5	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	37
9.6	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	37
10	ALLEGATO.....	38

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

1 GENERALITA'

1.1 Oggetto

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche relative alla [paratia di pali dalla progressiva km 1+481 alla progressiva km 1+556 dell'asse principale](#), prevista nell'ambito dei lavori di realizzazione della "S.S. 554 – "Cagliariatana" - Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)".

La paratia è composta da [pali](#) trivellati di diametro Φ 1000 mm lunghi 16 m.

Le analisi e le verifiche statiche sono condotte conformemente al livello di Progettazione Definitiva di cui trattasi e mirano al dimensionamento degli elementi principali per consentirne una piena definizione dal punto di vista prestazionale ed economico.

Le analisi e le verifiche degli aspetti di dettaglio, saranno sviluppate nella successiva fase di Progettazione Esecutiva.

1.2 Vita Nominale di progetto, Classe d'uso e Periodo di Riferimento dell'opera

1.2.1 Vita Nominale V_n

La vita nominale di progetto V_n di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_n da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. (§ 2.4.1 NTC2018). Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_n di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_n (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 1.1 – Valori minimi della Vita nominale V_n di progetto per i diversi tipi di costruzioni


In accordo con la Committenza Anas è stato assunto:

- Vita Nominale di progetto: $V_n = 100$ anni (costruzioni con livelli di prestazione elevati).

1.2.2 Classi d'Uso

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite (§2.4.2 NTC2018):

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Relativamente alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, delle opere di cui trattasi, vi si attribuisce:

- Classe d'Uso: **IV**;
- Coefficiente d'Uso: $C_U = 2.0$.

1.2.3 Periodo di Riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento, impiegato nella valutazione delle azioni sismiche risulta pari a:

- Periodo di Riferimento: $V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2.0 = 200$ anni.


1.3 Descrizione delle opere

L'opera consiste in una paratia a sbalzo di pali trivellati di diametro $\varnothing 1000$ armati longitudinalmente con 24 barre $\varnothing 26$ e staffe $\varnothing 12$ poste ad interasse 0.20 m, i pali hanno una lunghezza pari a 16 m. In testa alla paratia è previsto un cordolo di coronamento in c.a. di dimensioni 1.40 m x 1.00 m.

Nella presente relazione sono riportati i calcoli relativi alla sezione di scavo massima che risulta essere pari a circa 6.65 m (quota della posa della tubazione di raccolta delle acque di piattaforma rispetto alla testa della paratia). L'altezza della paratia, compreso il cordolo è pari a 17 m.

I calcoli e le verifiche di resistenza sono stati elaborati utilizzando lo schema statico bidimensionale nel rispetto del metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Per ogni altro riferimento e per indicazioni più dettagliate si rimanda agli elaborati grafici di cui la presente è parte integrante nonché agli allegati della presente relazione.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Di seguito si riportano alcune immagini dell'opera provvisionale.

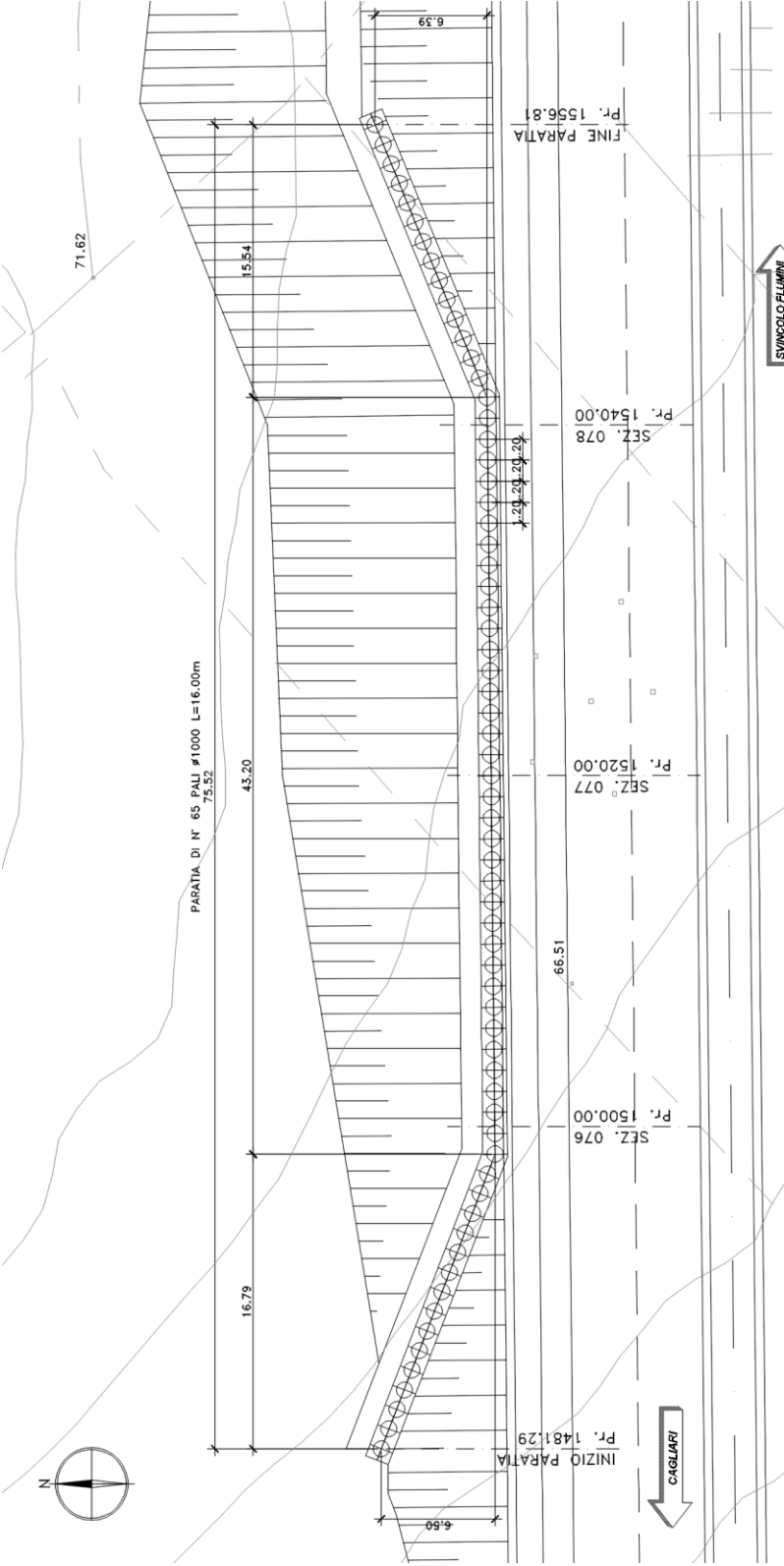


Figura 1.1 – Pianta

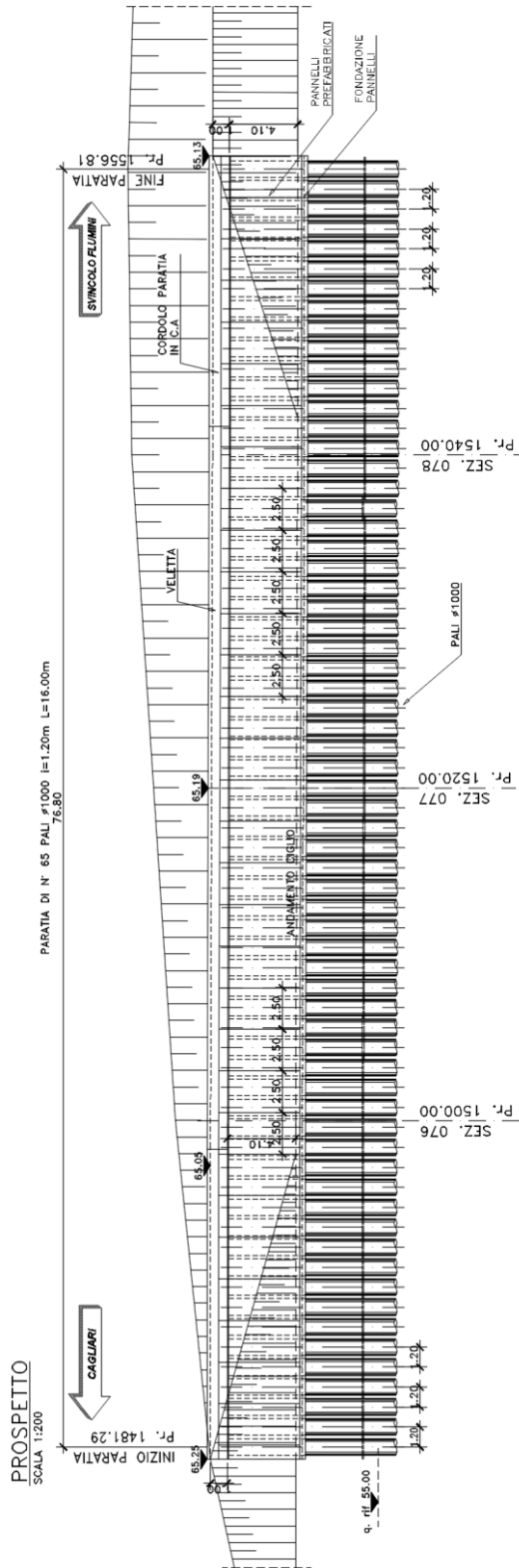



Figura 1.2 – Prospetto

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

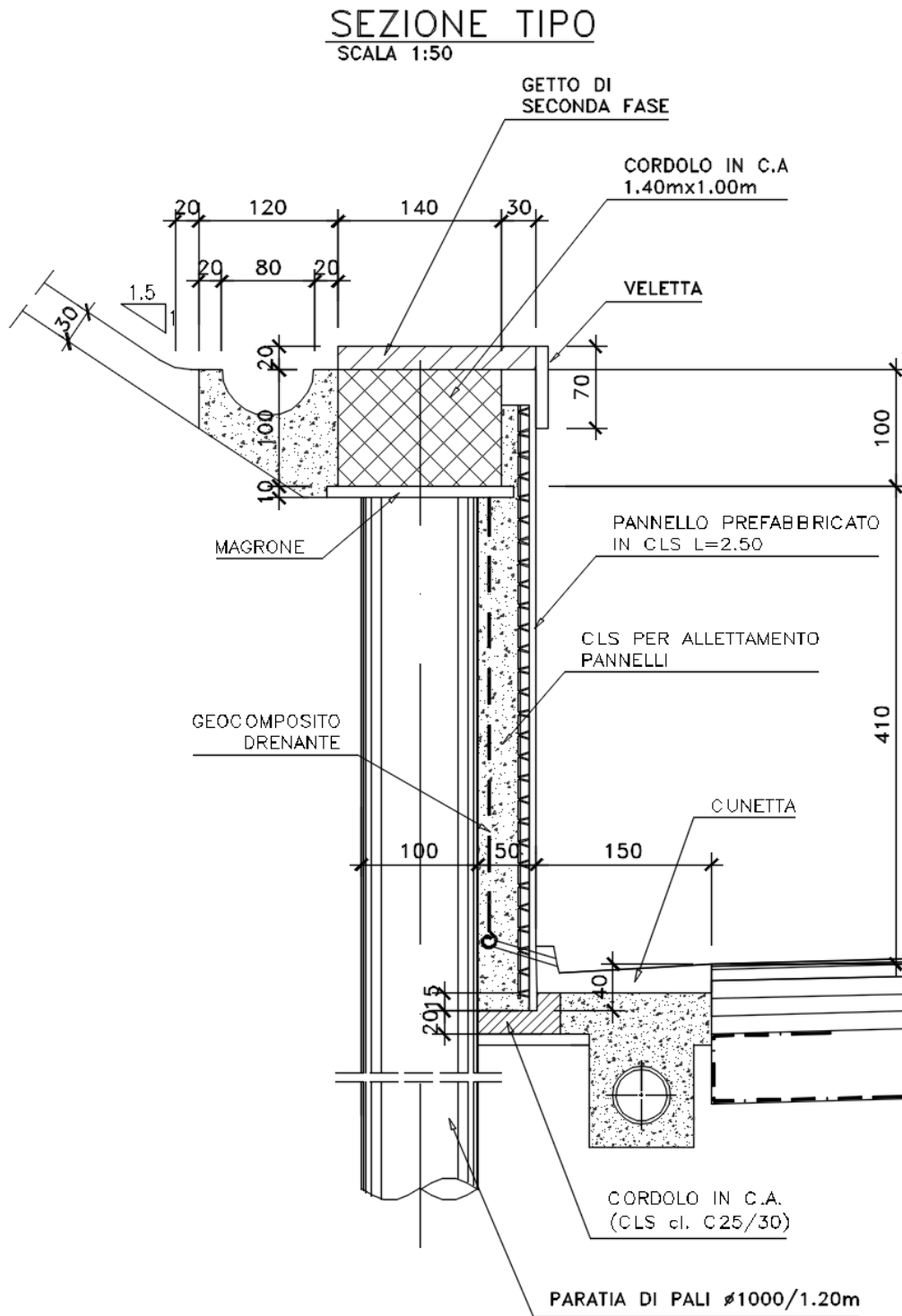




Figura 1.3 – Sezione tipo della paratia

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50</i>	

2 NORMATIVE E RIFERIMENTI


Le analisi e le verifiche delle strutture sono state effettuate nel rispetto della seguente normativa vigente:

- [D_1]. DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle <<Norme tecniche per le costruzioni>> (nel seguito indicate come NTC18).
- [D_2]. Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018, supplemento ordinario n° 5 alla G. U. n° 35 del 11/02/2019 (nel seguito indicate come CNTC18).
- [D_3]. Norma Europea UNI EN 206: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità (Dicembre 2016).
- [D_4]. Norma Italiana UNI 11104: Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 (luglio 2016).

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50</i>	

3 NORME TECNICHE

Il metodo di calcolo adottato è quello semiprobabilistico agli stati limite, con applicazione di coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni, variabili in ragione dello stato limite indagato.

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

4 PARAMETRI GEOTECNICI

4.1 Stratigrafia di progetto

Nella tabella seguente è riportata la stratigrafia di progetto considerata per il calcolo della struttura in oggetto. I valori indicati si riferiscono alla profondità stimata a partire dalla testa della paratia.

SS554

PARATIE **pk = 1 + 520 km**


STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Strato n.	Da [m]	A [m]	Unità	Descrizione	PARAMETRI DI RESISTENZA VALORI MEDI			PARAMETRI DI DEFORMABILITA'				
					γ_{med} [kPa]	$N_{SPT\ med}^*$ [-]	$c_{u\ med}$ [kPa]	c'_{med} [kPa]	ϕ'_{med} [°]	G0 [MPa]	Eed [MPa]	Eoperativo [MPa]
1	0.00	-6.00	Ma	Argilla limosa marnosa alterata	18.0			14.5	28.1	137	343	68.5
2	-6.00	30.00	M	Argilla Marnosa	17.6			10.0	32.8	610	1525	305.0
3	30.00											

* Per unità a comportamento incoerente

Cautelativamente ed a favore di sicurezza, tenuto conto del peso della coesione nei problemi geotecnici di scarico tensionale, e per tenere conto di una possibile riduzione di questo parametro a lungo termine, sono stati adottati valori di c' dimezzati rispetto a quelli indicati nella Relazione Geotecnica

La falda non è presente.

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RESISTENZE DI PROGETTO

5.1 Calcestruzzi

5.1.1 Caratteristiche ai fini della durabilità

Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alle norme [D_3] e [D_4] .

Relativamente alla scelta delle classi di esposizione tenuto conto che il tracciato si sviluppa oltre 2 km dalla linea di costa è stata esclusa l'applicazione della classe XS (Corrosione indotta dai cloruri contenuti nell'acqua di mare).

Analogamente, in accordo alla "Classificazione del livello di rischio di attacco del gelo per aree climatiche del territorio italiano" contenuta nell'appendice A alla norma [D_4], che attribuisce alla **Sardegna** un livello di rischio **Nullo**, è stata esclusa l'applicazione della classe XF (Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti), e conseguentemente della classe XD (corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare).

Relativamente all'applicazione della classe XA (Attacco chimico da parte del terreno naturale e delle acque contenute nel terreno), le analisi chimiche eseguite su campioni di terreno e su acqua di falda ai sensi della norma UNI EN 206, hanno evidenziato concentrazioni di solfati (SO_4^{2-}) nelle acque di falda, tali da rientrare nei range illustrati nel prospetto 2 della norma [D_3].


Di seguito il prospetto di sintesi riportato nel report "Documentazione indagini ambientali", prodotto da TECNOIN (§4.4 – Attacco chimico del calcestruzzo).

Classe di esposizione per le acque

Denominazione		Acqua				Classi di esposizione		
		S01D-PZ	S08-PZ	S07-PZ	S09D-PZ	XA1	XA2	XA3
PARAMETRO	U. M.							
pH	unità pH	7,12	7,65	7,51	7,34	5,5-6,5	4,5-5,5	4,0-4,5
Magnesio	mg/L	66	66,00	67	59	300-1000	1000-3000	>3000
Ammoniaca (ione ammonio)	mg/L	2,25	2,76	3,21	2,49	15-30	30-60	60-100
Solfati (ione solfato)	mg/L	461	498	477	537	200-600	600-3000	3000-6000
Anidride carbonica (CO2)	mg/L	10	11,00	11	9	15-40	40-100	>100

Le concentrazioni di solfati rilevate in larga prevalenza permettono di definire per le membrature di fondazione una classe di esposizione XA1.

Di seguito, per ciascun elemento viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, i range previsti per le dimensioni massime degli aggregati, la classe di consistenza, il valore massimo del rapporto acqua/cemento, il tipo di cemento da impiegare in funzione della parte d'opera e il contenuto minimo di cemento:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

CARATTERISTICHE DEI CALCESTRUZZI (UNI EN 206-1 / UNI 11104)			
CALCESTRUZZO PER	Magrone	Sottofondazioni Pali trivellati	Cordoli di coronamento
Classe di resistenza (fck/Rck) (Mpa)	C12/15	C32/40	C32/40
Classe di esposizione ambientale	-	XC2 – XA1	XC2 – XA1
φ max inerti (mm)	Dupper	32	32
	Dlower	20	20
Classe di consistenza	-	S5	S4
Rapporto max acqua/cemento	-	0.50	0.50
Tipo di cemento (secondo UNI EN 197-1)	-	CEM IV	CEM IV
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	150	340***	340***

Tabella 5.1 – Caratteristiche dei Calcestruzzi

*** cemento tipo SR resistente ai solfati secondo EN 197/1.

In ogni caso, dovrà essere garantito il rispetto delle classi di esposizione e resistenza sopra indicate.


Di seguito, per ciascun elemento viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, la classe di contenuto in cloruri, la dimensione massima degli aggregati, la classe di consistenza ed il copriferro nominale delle armature:

- **Cordoli di testa paratia**

Classe di esposizione	XC2 – XA1
Classe di resistenza caratteristica a compressione	C32/40
Dimensione aggregati (Dupper)	32 mm
Classe di consistenza	S4
Copriferro nominale	50 mm

- **Pali trivellati**

Classe di esposizione	XC2 – XA1
Classe di resistenza caratteristica a compressione	C32/40
Dimensione aggregati (Dupper)	32 mm
Classe di consistenza	S5

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Copriferro nominale

75 mm

5.1.2 Copriferri nominali

I valori minimi dello spessore dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro), ai fini della protezione delle armature dalla corrosione, sono riportati nella Tab. C4.1.IV delle circolari applicative §[D_2], nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tab. 4.1.IV delle NTC:


Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

C _{min}	C _o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

I valori della tabella C4.1.IV si riferiscono a costruzioni con Vita Nominale di 5 anni (tipo 2 della Tab. 2.4.1 delle NTC). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (tipo 3 della citata Tab. 2.4.1), i valori della Tab. C4.1.IV vanno aumentati di 10 mm.

Per la definizione del calcestruzzo nominale, ai valori minimi di copriferro vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

La tabella seguente illustra, i valori del calcestruzzo nominale, richiesti in base all'applicazione dei criteri sopra esposti e specializzati al caso in esame:

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

DETERMINAZIONE DEI COPRIFERRI NOMINALI SECONDO NTC2018

Dati generali relativi all'opera

Tipo di costruzione (1=temp. o provvisoria; 2 = prestazioni ordinarie; 3=prestazioni elevate)

Vita nominale dell'opera

Tabella C4.1.IV Copriferrini minimi in mm


ambiente	R_{ckmin}	R_{ck0}	barre da c.a.			
			elementi a piastra		altri elementi	
			$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} \leq R_{ck0}$	$R_{ck} \geq R_{ck0}$	$R_{ckmin} \leq R_{ck} \leq R_{ck0}$
ordinario	30	45	15	20	20	25
aggressivo	37	50	25	30	30	35
molto ag.	45	55	35	40	40	45

Elemento		sottofondazioni - pali trivellati	cordoli di coronamento
Tipo di armatura (1=barre da c.a.; 2=cavi da c.a.p.)		1	1
Elemento a piastra		NO	SI
Classe di esposizione		XC2 - XA1	XC2 - XA1
Ambiente		aggressivo	aggressivo
Rck	Mpa	40	40
Check Rck min		OK	OK
copriferrino minimo (Tab. C4.1.IV NTC)	mm	35	30
incremento Per $V_n=100$ (tipo di costruzione 3)	mm	10	10
elem. prefabbricato con ver. Copriferrini*		NO	NO
riduzione per produzioni con ver. Copriferrini		0	0
Tolleranza di posa		10	10
copriferrino nominale	mm	55	50
copriferrino nominale di progetto	mm	75	50

* Elemento prefabbricato prodotto con sistema sottoposto a controllo di qualità che comprenda la verifica dei copriferrini

Tabella 5.2 – Valori dei copriferrini nominali in base alle NTC2018

I valori effettivamente adottati per i copriferrini nominali di progetto tengono conto anche di criteri di uniformità e della volontà di garantire valori maggiori dei minimi di norma per superfici contro-terra e particolarmente per le opere di sottofondazione. In questo caso, si è fatto riferimento alla indicazione dell'EC2 (EN 1992-1-1), che fissa a 75 mm il valore da garantire per il copriferrino di opere gettate direttamente contro il terreno.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

5.1.3 Resistenze di progetto

Calcestruzzo C32/40:

Caratteristiche Calcestruzzo	Var	C32/40
Resistenza a compressione caratteristica cubica	R_{ck}	40
Resistenza a compressione caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	32
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	40.00
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	3.02
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk5\%} = 0.7 f_{ctm}$	2.12
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk95\%} = 1.3 f_{ctm}$	3.93
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.63
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	33346

STATI LIMITE ULTIMI	Var	
coefficiente γ_c	γ_c	1.50
coefficiente α_{cc}	α_{cc}	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	18.13
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	1.41

STATI LIMITE DI ESERCIZIO	Var	
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{c, max} = 0.60 f_{ck}$	19.20
$\sigma_{c, max}$ - combinazione di carico quasi permanente	$\sigma_{c, max} = 0.45 f_{ck}$	14.40
σ_t - stato limite di formazione delle fessure	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2$	2.52

ANCORAGGIO DELLE BARRE	Var	
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 1.0 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	3.18
Tensione tan. ultima di ad. $\phi \leq 32$ mm - non buona ad.	$f_{bd} = 2.25 \times 0.7 \times 1.0 \times f_{ctk} / g_c$	2.22

5.1.4 Verifiche a fessurazione


Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2018:

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nel caso in esame si considerano:

- Condizioni aggressive: per le verifiche a fessurazione dei pali (classe di esposizione XC2 – XA1);

S.S. 554 "Cagliariatana"		 GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

La Tab. 4.1.IV stabilisce i criteri per la scelta degli stati limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali e del tipo di armatura:

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Pertanto, nel caso in esame si ha:

- Verifiche a fessurazione dei pali – condizioni ambientali aggressive – Armatura poco sensibile:
 - o Combinazione di azioni frequente: $w_k \leq w_3 = 0.3$ mm
 - o Combinazione di azioni quasi permanente: $w_k \leq w_2 = 0.2$ mm


In diversi casi, in accordo al par. §4.1.2.2.4.5, le verifiche allo stato limite di apertura delle fessure sono state condotte senza calcolo diretto, verificando che la tensione di trazione dell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, sia contenuta entro i valori limite specificati nelle seguenti tabelle:

Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio σ_s [MPa]	Diametro massimo ϕ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

Tabella C4.1.III - Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio σ_s [MPa]	Spaziatura massima s delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

In rapporto a quanto specificato nelle precedenti tabelle è possibile individuare le tensioni limite dell'acciaio per ciascun diametro delle barre:


Tensioni limite in funzione diametro barre			
Diametro barre ϕ [mm]	Tensione max acciaio		
	σ_s [Mpa]		
	$w_3=0.4\text{mm}$	$w_2=0.3\text{mm}$	$w_1=0.2\text{mm}$
40	160	114	93
36	180	137	111
32	200	160	129
30	207	171	138
28	213	183	147
26	220	194	156
24	227	204	164
22	233	213	173
20	240	222	182
18	260	231	191
16	280	240	200
14	300	260	220
12	320	280	240
10	360	320	260
8	360	360	280
6	360	360	320

5.2 Acciaio in barre per cemento armato e Reti Elettrosaldate

5.2.1 Qualità dell'acciaio


Acciaio in barre B450C in accordo a DM 17/01/2018 (Capitolo 11).

Le Reti Elettrosaldate (RES), potranno essere realizzate impiegando acciaio B450A con le limitazioni all'impiego previste nel capitolo 11 delle NTC2018.

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

5.2.2 Resistenze di progetto

Caratteristiche Acciaio per Calcestruzzo armato	Var	unità	
Qualità dell'acciaio		B450C	B450A
Tensione caratteristica di snervamento nominale	f_{yk}	Mpa	450 450
Tensione caratteristica a carico ultimo nominale	f_{tk}	Mpa	540 450
Modulo elastico	Es	Mpa	210000 210000
diametro minimo della barra impiegabile	ϕ_{min}	mm	6 5
diametro massimo della barra impiegabile	ϕ_{max}	mm	40 10
STATI LIMITE ULTIMI			
	Var	unità	
coefficiente γ_s	γ_s		1.15 1.15
Resistenza di calcolo	$f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$	Mpa	391.3 391.3
STATI LIMITE DI ESERCIZIO			
	Var	unità	
$\sigma_{s,max}$ - combinazione di carico caratteristica	$\sigma_{s,max}=0.8 f_{yk}$	Mpa	360.0 360.0

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

6 CRITERI DI VERIFICA DELLE PARATIE

6.1 Modello di calcolo

Le analisi di stabilità locale delle opere di sostegno e quelle per la valutazione delle sollecitazioni negli elementi resistenti (micropali e tiranti) sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo Pratie Plus prodotto da CeAS.

In tale codice la schematizzazione dell'interazione tra paratia e terreno avviene considerando:

- la paratia come una serie di elementi il cui comportamento è caratterizzato dalla rigidità flessionale EJ;
- il terreno come una serie di molle di tipo elasto-plastico connesse ai nodi della paratia.

Il problema è risolto con una schematizzazione a modello piano in cui viene analizzata una "fetta" di parete di larghezza unitaria.


La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "trave su suolo elastico": le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale EJ, mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie: ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno.

Il limite di questo schema sta nell'ammettere che ogni porzione di terreno, schematizzata da una "molla", abbia comportamento del tutto indipendente dalle porzioni adiacenti; l'interazione fra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidità flessionale della parete.

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie puntonate/tirantate viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un insieme di puntoni/tiranti applicati, da una precisa disposizione di carichi.

Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elasto-plastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson.

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di deformazioni laterali subite dalla parete durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle pressioni orizzontali nel terreno. Per far questo, in corrispondenza di ogni nodo è necessario

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

definire due soli gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

In questa impostazione particolare, inoltre, gli sforzi verticali nel terreno non sono per ipotesi influenzati dal comportamento deformativo orizzontale, ma sono una variabile del tutto indipendente, legata ad un calcolo basato sulle classiche ipotesi di distribuzione geostatica.

Nei modelli di calcolo implementati, l'esecuzione dello scavo è schematizzata mediante una successione di step. Il calcolo della pressione dell'acqua nei pori è, per ipotesi, del tutto indipendente da qualsiasi deformazione e conseguente stato di sforzo nello scheletro solido del terreno.

La legge costitutiva, rappresentativa del comportamento elasto-plastico del terreno, è identificata dai parametri di spinta e di deformabilità del terreno.

6.2 Coefficienti di spinta

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo Paratie Plus, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra terreno e la struttura deformabile a partire da uno stato di spinta del terreno sulla paratia.

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo K_0 , il coefficiente di spinta attiva K_a ed il coefficiente di spinta passiva K_p .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace σ'_h a quella verticale σ'_v attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

K_0 dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace ϕ' e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K_0^{NC} \cdot (OCR)^m$$

Dove

$$K_0^{NC} = 1 - \tan \phi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ($OCR=1$). OCR è il grado di sovraconsolidazione e m è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

Per tener conto dell'angolo di attrito δ tra paratia e terreno il software PARATIE impiega per K_a e K_p la formulazione rispettivamente di Coulomb e Caquot – Kerisel.

Secondo la formulazione di Coulomb il coefficiente di spinta attiva K_a vale:

$$k_a = \frac{\cos^2(\varphi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\delta + \varphi') \cdot \sin(\varphi' - i)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - i)} \right]^2}$$

dove:

- φ' è l'angolo di attrito del terreno
- β è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto alla verticale
- δ è l'angolo di attrito paratia-terreno posto pari a $2/3 \varphi'$.
- i è l'angolo d'inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'orizzontale

Secondo la formulazione di Caquot – Kerisel il coefficiente di spinta passiva K_p viene calcolato secondo la seguente figura:

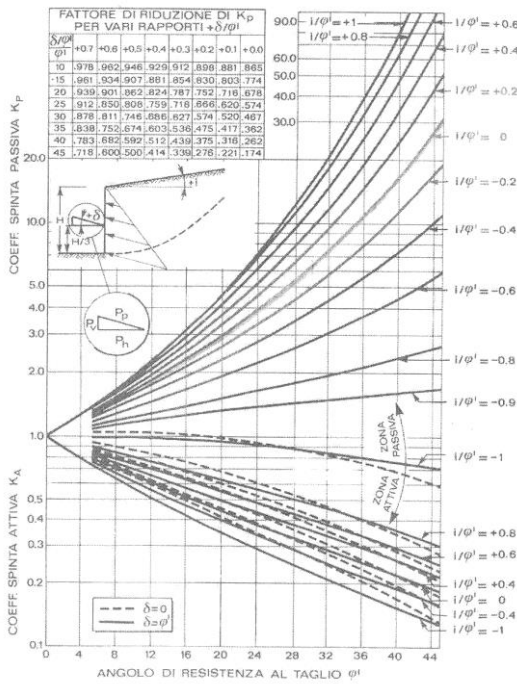



Figura 5.1: Formulazione di Caquot – Kerisel per K_p che considera superfici di rottura curvilinee

Il valore limite della tensione orizzontale sarà dato da:

$$\sigma'_h = K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_a}$$

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50</i>	

$$\sigma'_h = K_p \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot \sqrt{K_p}$$

a seconda che il collasso avvenga in spinta attiva o passiva rispettivamente.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidità delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidità di ciascuna di esse, k , è data da:

$$K = E / L$$

ove E è un modulo di rigidità del terreno mentre L è una grandezza geometrica caratteristica.

Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite Δ , la rigidità di ogni molla è:

$$K = (E \cdot \Delta) / L$$

Il valore di Δ è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti. Il valore di L è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva.

in zona attiva (uphill) $L_A = 2/3 \cdot l_a \cdot \tan(45^\circ - \phi'/2)$

in zona Passiva (downhill) $L_P = 2/3 \cdot l_p \cdot \tan(45^\circ + \phi'/2)$

con l_a e l_p rispettivamente:

$$l_a = \min (l, 2H)$$

$$l_p = \min (l - H, H)$$


dove l = altezza totale della paratia e H = altezza corrente dello scavo

Per i coefficienti di spinta attiva e passiva, tenuto conto che le corrispondenti forze risultano inclinate sul piano orizzontale, si considerano le componenti in direzione orizzontale.

6.3 Storie di carico


Tenendo conto delle verifiche da effettuare agli SLE ed agli SLU sono state considerate le seguenti storie di carico:

- **Configurazione A1+M1 (STATICA):** Una prima storia di carico in cui i parametri del terreno sono considerati con riferimento ai loro valori caratteristici ed le azioni sono considerate con fattore parziale unitario. Questa storia fornisce le sollecitazioni sugli elementi strutturali e gli spostamenti orizzontali delle paratie per le successive verifiche agli SLE. Inoltre, le sollecitazioni per la verifica SLU

S.S. 554 "Cagliaritana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

combinazione A1 + M1, sono ottenute da questa storia di carico applicando il fattore moltiplicativo γ_F .

- **Configurazione A1+M1 (SISMICA):** Una seconda storia di carico anch'essa con parametri del terreno caratteristici ed le azioni sono considerate con fattore parziale unitario in cui è presente l'azione sismica. Questa storia fornisce le sollecitazioni sugli elementi strutturali per le successive verifiche agli SLU-SLV. In questo caso, le sollecitazioni per la verifica SLU combinazione A1 + M1, sono ottenute da questa storia di carico applicando il fattore moltiplicativo γ_F pari ad 1.0.
- **Configurazione A2+M2 (STATICA):** Una terza storia di carico in cui i parametri del terreno sono considerati con riferimento ai coefficienti parziali M2, e le azioni sono considerate con i fattori parziali A2. Questa storia permette di valutare le condizioni di stabilità geotecnica della paratia.
- **Configurazione A2+M2 (SISMICA):** Una quarta storia di carico anch'essa con i parametri del terreno considerati con riferimento ai coefficienti parziali M2, e le azioni sono considerate con i fattori parziali A2. In questo caso è presente l'azione sismica. Questa storia permette di valutare le condizioni di stabilità geotecnica della paratia.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50</i>	

7 ANALISI DEI CARICHI

Si descrivono nel seguito le verifiche eseguite per le tipologie di opere in oggetto.

7.1 Analisi eseguite

Sono stati analizzati tutti i casi di verifica, secondo i criteri precedentemente esposti come segue:

SLE	STR
SLU (A1+M1)	STR
SLU (A2+M2)	GEO
SLV	STR
SLV	GEO

7.2 Azione sismica

Per le opere si tiene conto della seguente azione sismica:

Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLV	1898	0.073	3.076	0.404

Tabella 5.3: Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per suolo rigido

L'accelerazione massima attesa al sito a_{max} è definita attraverso la seguente relazione:

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui:


$a_g = 0.073$ g accelerazione massima su sito rigido;

$S_S = 1.20$ coefficiente d'amplificazione stratigrafica;

$S_T = 1.0$ coefficiente d'amplificazione topografica.

L'analisi della spinta del terreno in condizioni sismiche è stato eseguita secondo la teoria di Mononobe-Okabe. Le componenti dell'accelerazione equivalente a_h (orizzontale) e a_v (verticale), sono valutate come

$$a_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

$$a_v = 0$$

essendo

α = coefficiente di deformabilità

β = coefficiente di spostamento

7.3 Carichi permanenti strutturali

Per quanto riguarda la struttura il peso proprio degli elementi strutturali é automaticamente valutato dal programma di calcolo utilizzato per l'analisi. Esso é calcolato considerando per il calcestruzzo un peso per unità di volume pari a 25 kN/m³.

7.4 Spinta delle terre

Il peso del terreno a tergo della paratia determina una spinta laterale sulla stessa avente distribuzione triangolare.

7.5 Carichi accidentali

A tergo della paratia è stato considerato un carico accidentale distribuito pari a 10 kPa.

7.6 Combinazioni delle azioni

In accordo al par. 2.5.3 delle NTC2018 ai fini delle verifiche degli stati limite sono state considerate le seguenti combinazioni delle azioni:

- *Combinazione fondamentale*, impiegata per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- *Combinazione frequente*, impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:


$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- *Combinazione quasi permanente*, impiegata per le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- *Combinazione sismica*, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Di seguito si riportano le tabelle che esplicitano i coefficienti parziali sopra illustrati:

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	---	0,75	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	---	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

8 RISULTATI DELL'ANALISI

8.1 Riepilogo dei risultati

Il report esteso dell'analisi della paratia, comprensivo delle verifiche strutturali è riportato in allegato.

Di seguito le sollecitazioni sulla palificata espressi al m.l..

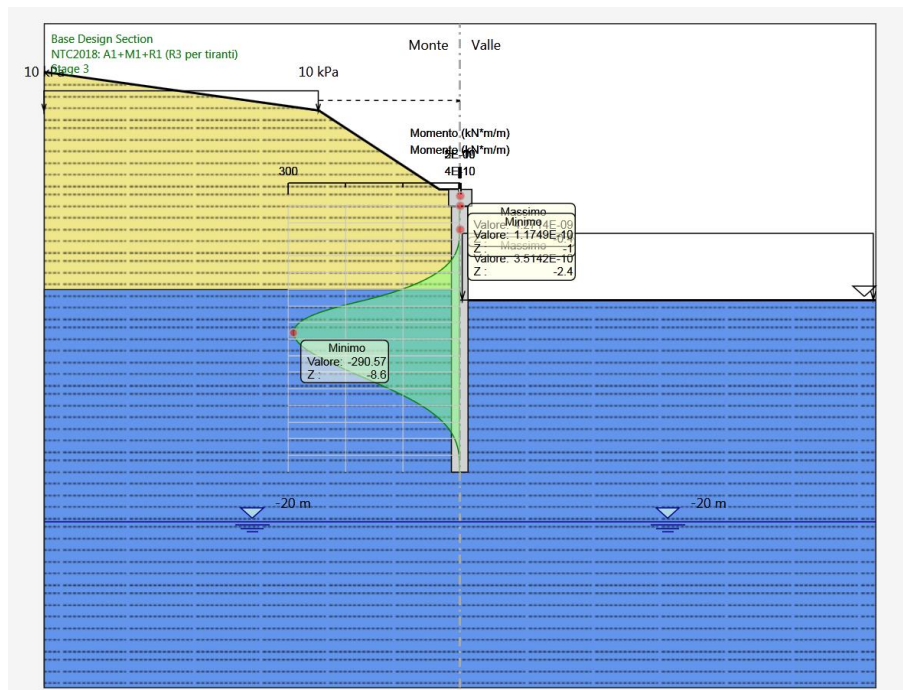


Figura 8.1 Momento flettente SLU

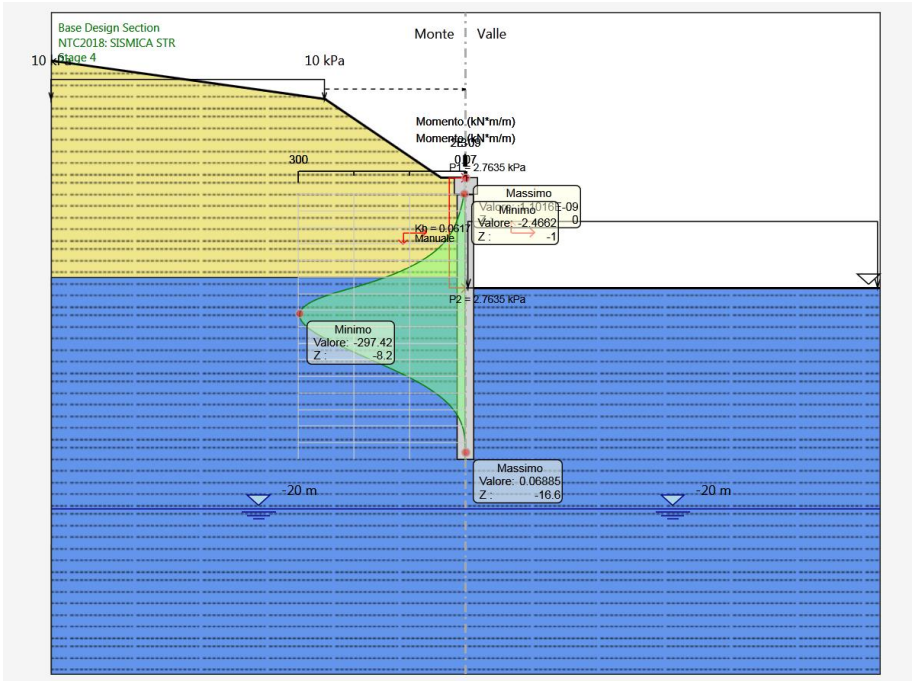


Figura 8.2 Momento flettente SLV

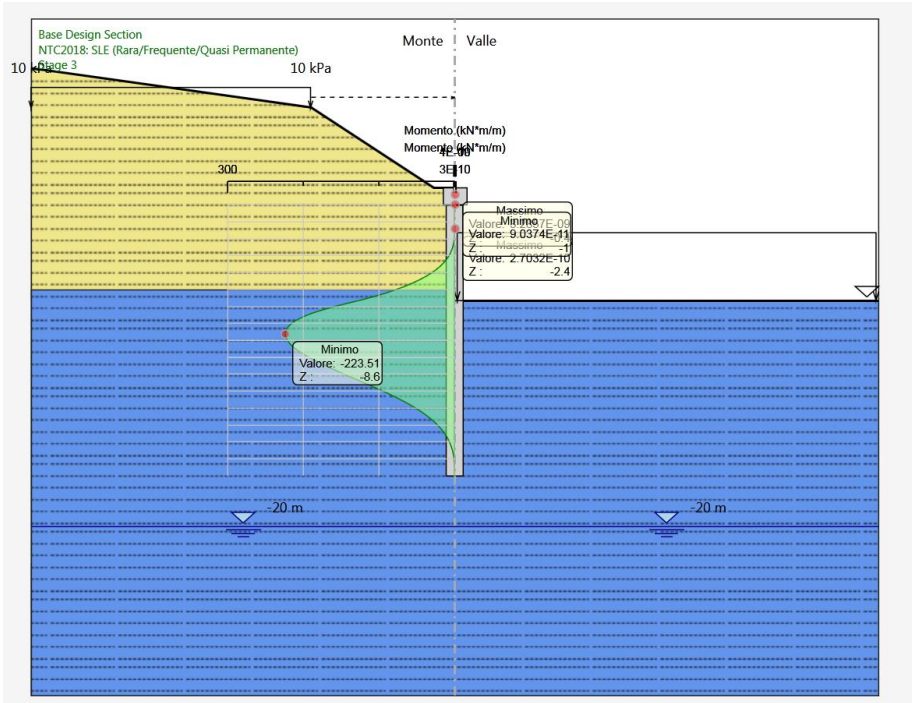


Figura 8.3 Momento flettente SLE

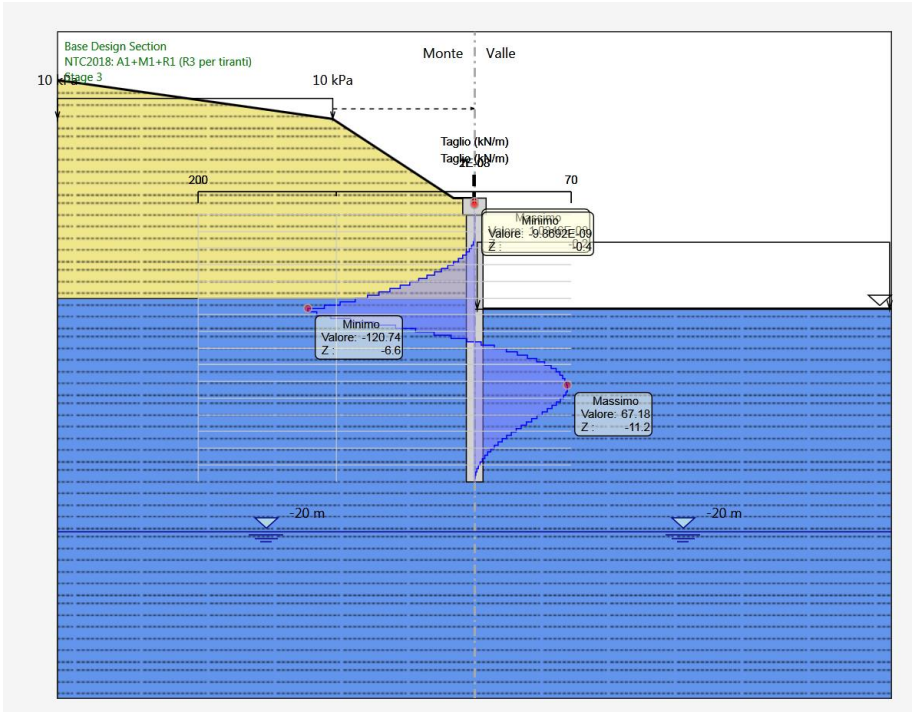


Figura 8.4 Taglio SLU

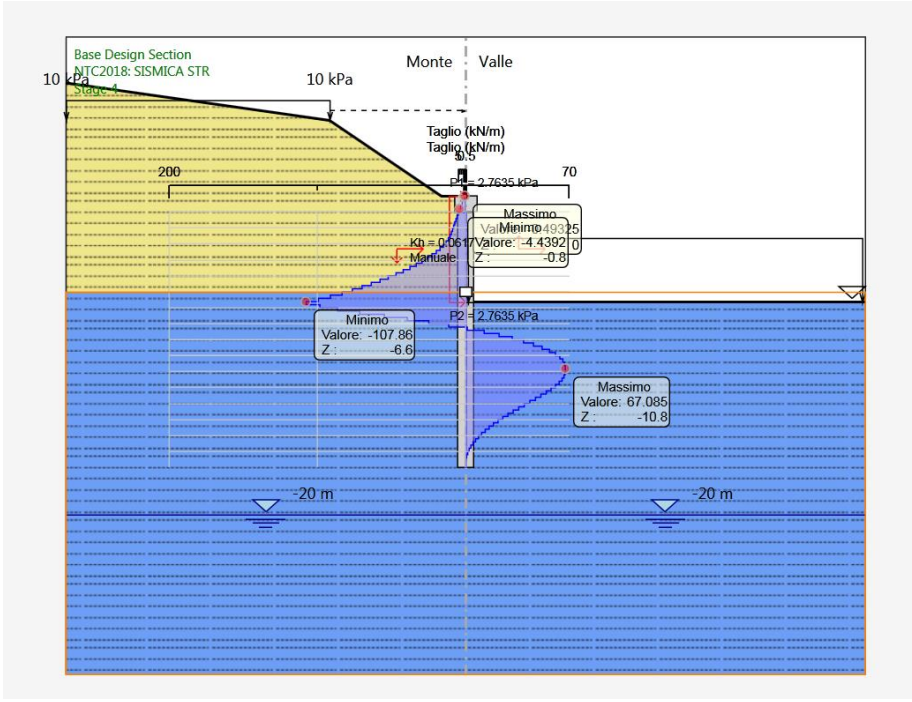



Figura 8.5 Taglio SLV

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

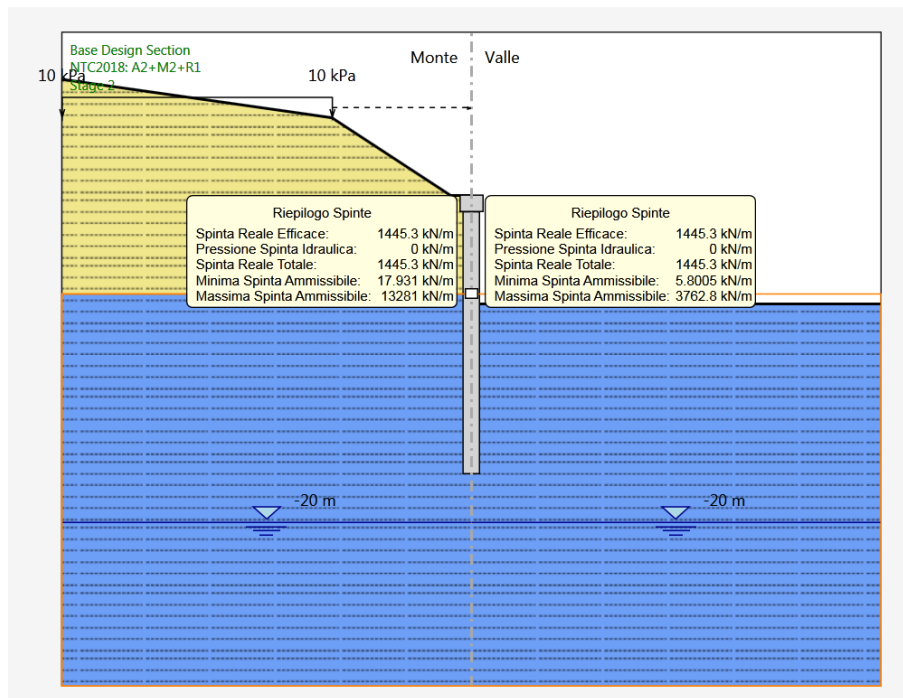


Figura 8.6 Spinta ammissibile mobilitata agli SLU GEO

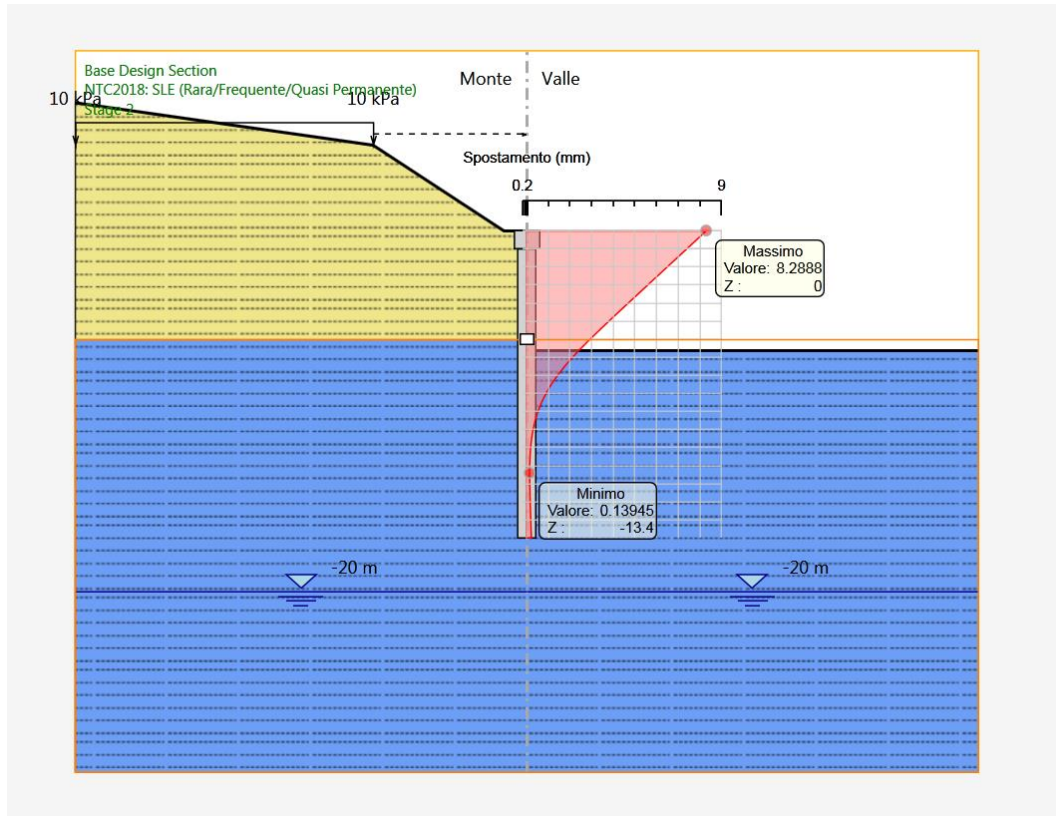
In sintesi le sollecitazioni di calcolo sui pali sono:

OPERA : SS554 Paratia di Linea pk = 1+ 518			<i>PARATIA</i>
spinta massima efficace	S'h	kN/m	1450
	Med SLE +	kNm/m	0
	Med SLE -	kNm/m	-225
	Med SLU +	kNm/m	0
	Med SLU-	kNm/m	-290
	Med SLV +	kNm/m	0
	Med SLV-	kNm/m	-300
	Ved SLU	kN/m	120
	Ved SLV	kN/m	110
	$M_{ed}^{SLU/SLV \max}$	kNm	0
	$M_{ed}^{SLU/SLV \min}$	kNm	-420
	$M_{ed}^{SLE \max}$	kNm	0
	$M_{ed}^{SLE \min}$	kNm	-315
	$V_{ed}^{SLU/SLV}$	kN	168

I valori iniziali al metro lineare sono quelli ricavati dal programma "PARATIEPLUS" che, moltiplicati per l'interasse dei pali pari a 1.20 m, forniscono i valori di progetto.


8.2 Spostamenti in esercizio

Nel seguito si riporta la valutazione delle deformazioni della paratia in condizioni allo stato limite di esercizio nelle condizioni di scavo massimo.



Di seguito si riporta il rapporto tra lo spostamento massimo in testa alla paratia agli SLE e l'altezza di scavo, tale valore, largamente inferiore all' 1%, si può considerare, tenuto conto della assenza di strutture a tergo delle opere, ampiamente compatibile con i requisiti prestazionali in termini di deformabilità.

OPERA : SS554 Paratia di Linea pk = 1+ 518			PARATIA
altezza totale paratia	Hparatia	m	17
altezza totale palo	Hpalo	m	16
altezza fuori terra tot	Hf	m	6.65
altezza fuori terra palo	Hf palo	m	5.65
	d _{SLE}	mm	8.3
	d _{SLE} /H _{scavo}		0.12%

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

8.3 Verifica del grado di mobilitazione della spinta passiva

Tale verifica consiste nel valutare la spinta passiva mobilitata ovvero la percentuale della massima spinta passiva possibile durante la fase finale di scavo; è indicato il relativo fattore di sicurezza, che deve risultare maggiore o uguale all'unità.

Di seguito il confronto tra azione e resistenza di progetto geotecnica per la combinazione A2+M2+R1:

OPERA : SS554 Paratia di Linea pk = 1+ 518			
			<i>PARATIA</i>
spinta massima efficace	S'h	kN/m	1450
spinta massima ammissibile	S'rd	kN/m	3760
C.S. geotecnico	C.S. GEO		2.59

Le verifiche sono soddisfatte.

8.4 VERIFICHE STRUTTURALI

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: verifica_pali_paratia_pk-1+520_02

(Percorso File: U:\ANAS\AQ 2018-2022\DG 26 - SARDEGNA\3 - CA352_SS125-SS554\07-Rel\STR\OPERE D'ARTE MINORI\PARATIA - pk.1+520\RcSec\verifica_pali_paratia_pk-1+520_02.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C32/40

Raggio circ.:	50.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm


DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	40.0	24	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12 mm
Passo staffe:	20.0 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	420.00	0.00	170.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	315.00 (467.39)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8	cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.5	cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE


Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata									
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)									
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia									
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia									
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)									
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia									
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia									
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000									
As Tesa	Area armature [cm ²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa									
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa	
1	S	0.00	420.00	0.00	0.00	1756.46	0.00	4.182	79.6(15.9)	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione									
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace									
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)									
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)									
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)									
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)									
N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00231	0.0	50.0	0.00214	0.0	40.0	-0.00870	0.0	-40.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				C.Rid.
N°Comb	a	b	c	x/d	
1	0.000000000	0.000135540	-0.003277000	0.287	0.799

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorato della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	170.00	1860.96	789.06	77.4	85.5	21.80°	1.000	2.5	11.6(0.0)

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2


N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.93	0.0	0.0	-100.0	0.0	-40.0	1801	37.2	10.4	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm

Ver. Esito della verifica
 S1 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
 S2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
 k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica
 Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 Psi = 1-Beta12*(Ssr/Ss)² = 1-Beta12*(fctm/S2)² = 1-Beta12*(Mfess/M)² [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = 0.4*Ss/Es è tra parentesi
 srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = 1.7 * e sm * srm . Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

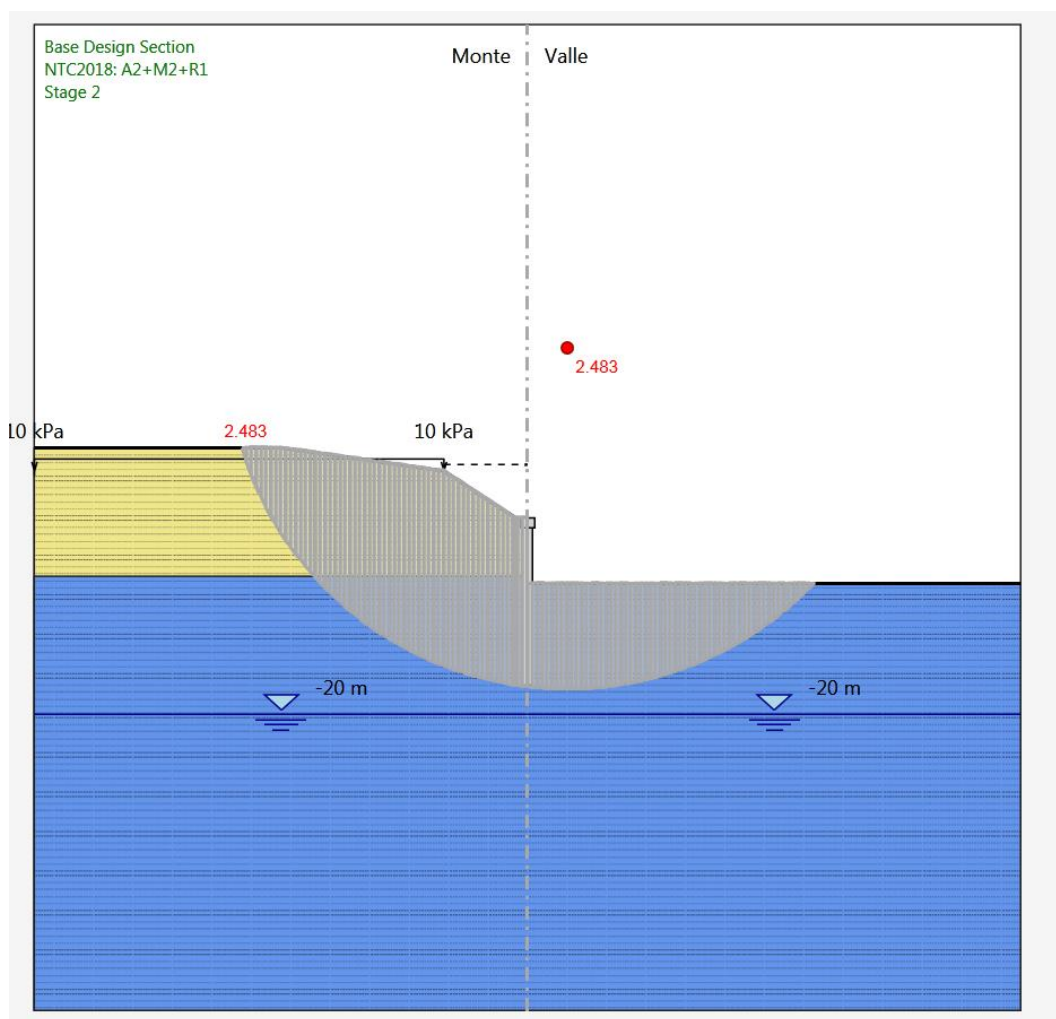
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.4	0	0.125	26	87.0	-0.101	0.00020 (0.00020)	258	0.088 (0.20)	467.39	0.00

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	


Le verifiche a flessione e a taglio risultano soddisfatte.

8.5 Verifica di stabilità globale

Di seguito si riporta il risultato in forma grafica della verifica di stabilità globale.



La verifica ha dato esito positivo in quanto il coefficiente di sicurezza è superiore a $\gamma_R = 1.1$.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50</i>	

9 DICHIARAZIONE DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

9.1 Tipo di analisi svolte

Le analisi strutturali e le verifiche per il dimensionamento delle strutture sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato ricorrendo a modelli piani in cui gli elementi strutturali sono stati schematizzati come elementi monodimensionali.

Le sollecitazioni sismiche sono calcolate attraverso analisi statica lineare.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui le opere saranno soggette.

9.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Di seguito vengono riportati programmi di calcolo automatico utilizzati:

ANALISI DELLA PARATIA

Software: "Paratie Plus-Version 19.0.1"

Produttore: CEAS

Licenza: Via Ingegneria srl - numero 1259316E

VERIFICHE DI ELEMENTI IN C.A.

Software: RC-SEC

Produttore: GeoStru


Licenza: Via Ingegneria srl – numero 6VJOK-MNXPY-ZPAS2-REJKU.

9.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori del software contiene esaurienti descrizioni delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati con l'individuazione dei campi d'impiego.

9.4 Modalità di presentazione dei risultati

Le relazioni di calcolo strutturale presentano i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. Le relazioni di calcolo illustrano in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		
CA352	<i>Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50</i>	


9.5 Informazioni generali sull'elaborazione

Il codici di calcolo utilizzati consentono di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

9.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

S.S. 554 "Cagliariatana"		 anas GRUPPO FS ITALIANE
Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554)		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

10 ALLEGATO

PARATIE *plus*TM

Report di Calcolo

Nome Progetto: New Project
 Autore: Ingegnere
 Jobname: U:\ANAS\AQ 2018-2022\DG 26 - SARDEGNA\3 - CA352_SS125-SS554\07-Rel\STR\OPERE D'ARTE MINORI\PARATIA - pk.1+520\Paratia_pk.1+520_01.pplus
 Data: 07/02/2020 17:39:02
 Design Section: Base Design Section

Descrizione del Software

ParatiePlus è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL
 Quota : 8 m
 OCR : 1


Tipo : HORIZONTAL
 Quota : -6 m
 OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	c'	c	Su	Modulo Elastic	E	Evc	Eur	Ah	Ahv	ex	Pa	Rur/Rv	Rv	Ku	Kvc	Kur		
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	kPa	kPa				kPa	kPa				kPa			kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³	
1	Ma	18	18	28		14.5		Constan			68000	10880											
2	M	17.6	17.6	32.8		10		Constan			30500	48800											

Descrizione Pareti

X : 0 m
 Quota in alto : -1 m
 Quota di fondo : -17 m
 Muro di sinistra

Sezione : PALI D.1000_p1.20m
 Area equivalente : 0.654498469497874 m

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Inerzia equivalente : 0.0409 m⁴/m
 Materiale calcestruzzo : C32/40
 Tipo sezione : Tangent
 Spaziatura : 1.2 m
 Diametro : 1 m
 Efficacia : 1

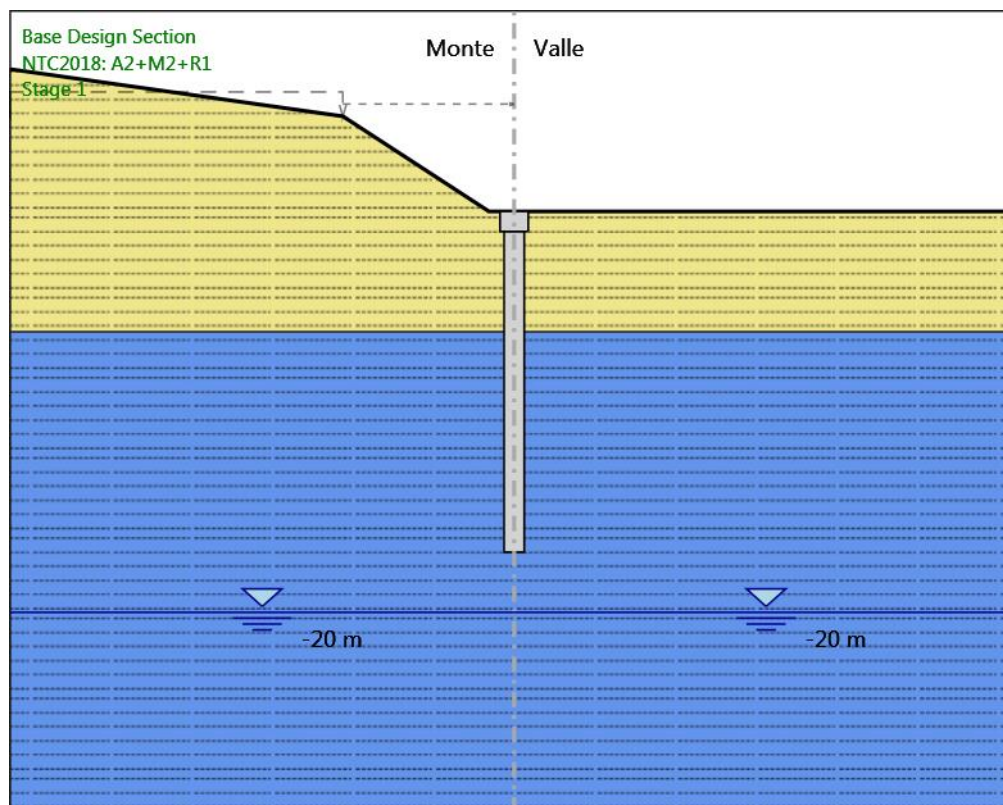
X : 0 m
 Quota in alto : 0 m
 Quota di fondo : -1 m
 Muro di sinistra

Sezione : PALI D.1000_pl.20m
 Area equivalente : 0.654498469497874 m
 Inerzia equivalente : 0.0409 m⁴/m
 Materiale calcestruzzo : C25/30
 Tipo sezione : Tangent
 Spaziatura : 1.2 m
 Diametro : 1 m
 Efficacia : 1


Sezione : cordolo
 Area equivalente : 1.4 m
 Inerzia equivalente : 0.2287 m⁴/m
 Materiale calcestruzzo : C32/40
 Tipo sezione : Solid
 Spessore : 1.4 m
 Efficacia : 1

Fasi di Calcolo

Stage 1



Stage 1

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Scavo

Muro di sinistra
 Lato monte : 0 m
 Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)
 (-25;7.1)
 (-8.5;4.75)
 (-1.25;0)
 (0;0)

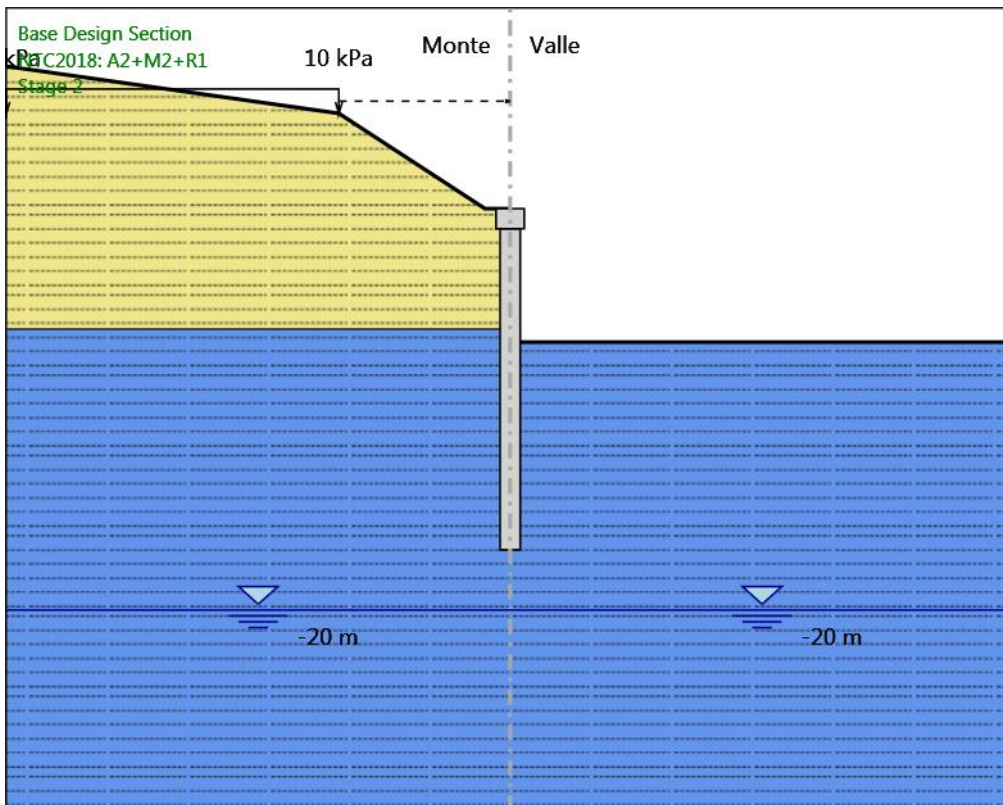
Linea di scavo di destra (Orizzontale)
 0 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement
 X : 0 m
 Quota in alto : -1 m
 Quota di fondo : -17 m
 Sezione : PALI D.1000_p1.20m

Paratia : WallElement_New
 X : 0 m
 Quota in alto : 0 m
 Quota di fondo : -1 m
 Sezione : cordolo


Stage 2



Stage 2

Scavo

Muro di sinistra
 Lato monte : 0 m
 Lato valle : -6.65 m

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)
 (-25;7.1)
 (-8.5;4.75)
 (-1.25;0)
 (0;0)
 Linea di scavo di destra (Orizzontale)
 -6.65 m

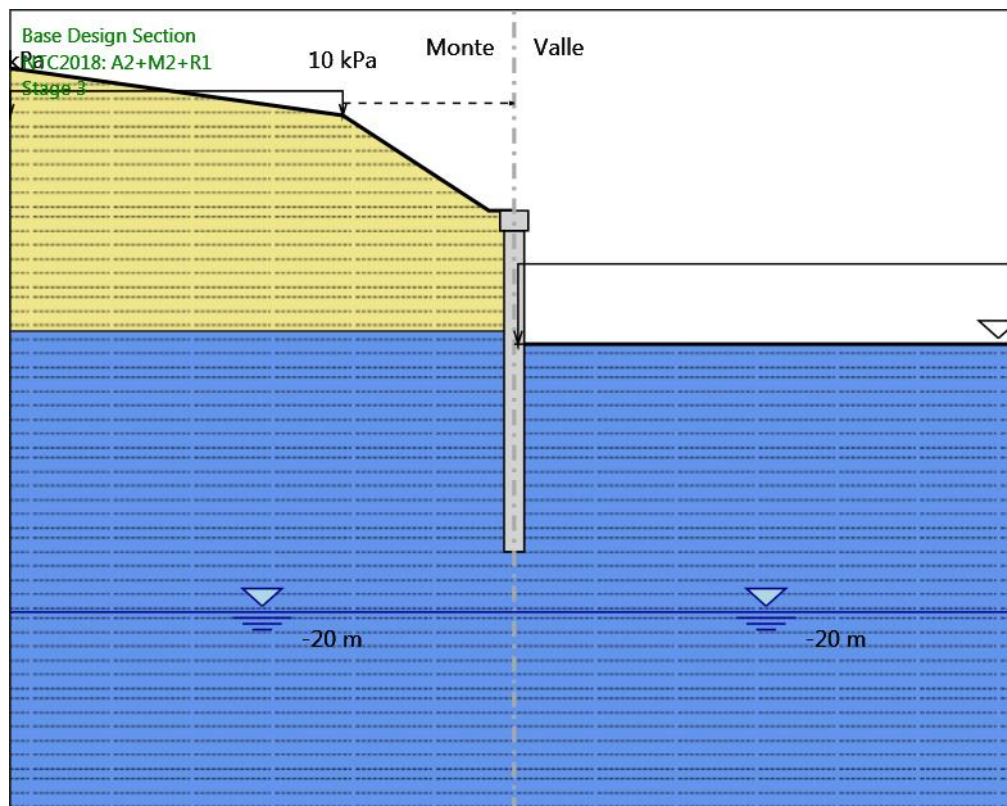
Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge
 X iniziale : -25 m
 X finale : -8.5 m
 Pressione iniziale : 10 kPa
 Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali


Paratia : WallElement
 X : 0 m
 Quota in alto : -1 m
 Quota di fondo : -17 m
 Sezione : PALI D.1000_p1.20m
 Paratia : WallElement_New
 X : 0 m
 Quota in alto : 0 m
 Quota di fondo : -1 m
 Sezione : cordolo

Stage 3



Stage 3
 Scavo

Muro di sinistra
 Lato monte : 0 m

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Lato valle : -6.65 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)
 (-25;7.1)
 (-8.5;4.75)
 (-1.25;0)
 (0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)
 -6.65 m

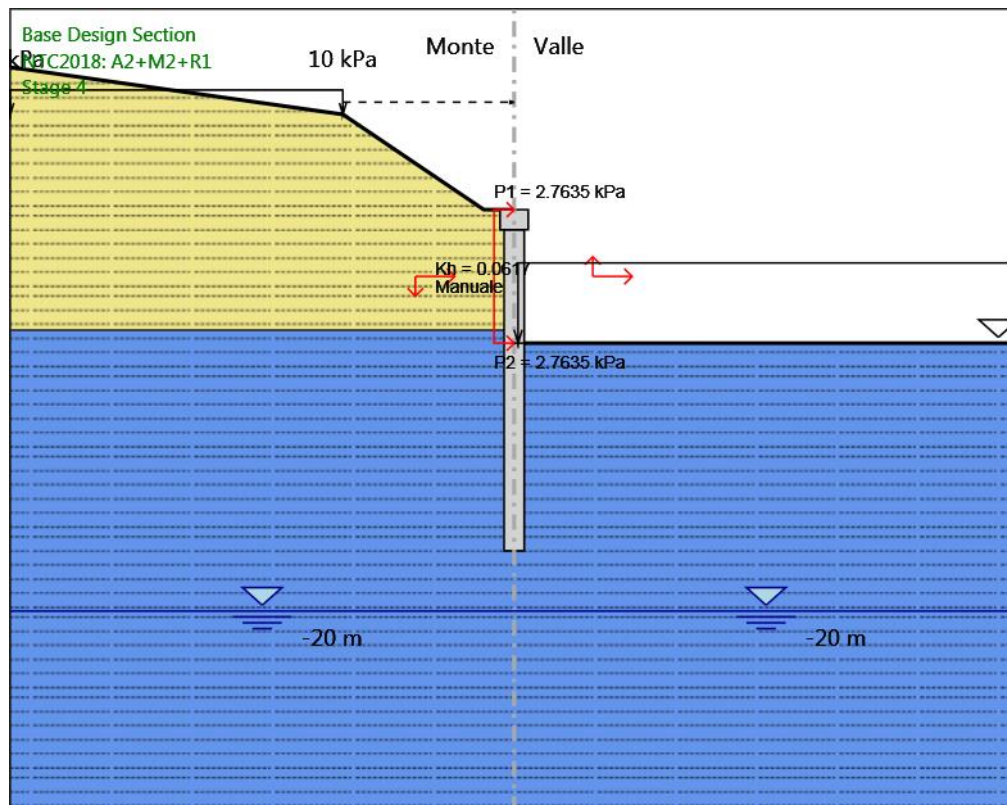
Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge
 X iniziale : -25 m
 X finale : -8.5 m
 Pressione iniziale : 10 kPa
 Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement
 X : 0 m
 Quota in alto : -1 m
 Quota di fondo : -17 m
 Sezione : PALI D.1000_p1.20m
 Paratia : WallElement_New
 X : 0 m
 Quota in alto : 0 m
 Quota di fondo : -1 m
 Sezione : cordolo


Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Lato monte : 0 m
Lato valle : -6.65 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)
(-25;7.1)
(-8.5;4.75)
(-1.5;0)
(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)
-6.65 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge
X iniziale : -25 m
X finale : -8.5 m
Pressione iniziale : 10 kPa
Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement
X : 0 m
Quota in alto : -1 m
Quota di fondo : -17 m
Sezione : PALI D.1000_p1.20m


Paratia : WallElement_New
X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -1 m
Sezione : cordolo

Descrizione Coefficienti Design Assumption


Nome	Carichi Permanenti	Carichi Permanenti	Carichi Variabili	Carichi Variabili	Carichi Sismici	Pres Acqu	Pres Acqu	Carichi Permanenti	Carichi Permanenti	Carichi Variabili	Carichi Permanenti	Carichi Permanenti	Carichi Variabili
	(F _{dead} load _{unfav})	(F _{dead} load _{fav})	(F _{live} load _{unfav})	(F _{live} load _{fav})	(F _{se} oad)	Lato Monte	Lato Vall	Destab nti	Stabi nti	Destab nti	Destab nti	Stabi nti	Destab nti
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Fr equente/ Quasi Permanen te)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

Tabella Inviluppi Spostamento Left Wall

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	


Design Assumption: Nominal Inviluppi: Spostamento			Muro: LEFT
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)	
0	0	8.339	
-0.2	0	8.155	
-0.4	0	7.972	
-0.6	0	7.788	
-0.8	0	7.604	
-1	0	7.42	
-1.2	0	7.236	
-1.4	0	7.053	
-1.6	0	6.869	
-1.8	0	6.685	
-2	0	6.501	
-2.2	0	6.317	
-2.4	0	6.133	
-2.6	0	5.95	
-2.8	0	5.766	
-3	0	5.586	
-3.2	0	5.406	
-3.4	0	5.226	
-3.6	0	5.046	
-3.8	0	4.866	
-4	0	4.686	
-4.2	0	4.507	
-4.4	0	4.328	
-4.6	0	4.149	
-4.8	0	3.971	
-5	0	3.793	
-5.2	0	3.617	
-5.4	0	3.441	
-5.6	0	3.267	
-5.8	0	3.095	
-6	0	2.925	
-6.2	0	2.757	
-6.4	0	2.592	
-6.6	0	2.43	
-6.8	0	2.271	
-7	0	2.117	
-7.2	0	1.968	
-7.4	0	1.824	
-7.6	0	1.685	
-7.8	0	1.553	
-8	0	1.427	
-8.2	0	1.307	
-8.4	0	1.193	
-8.6	0	1.087	
-8.8	0	0.987	
-9	0	0.893	
-9.2	0	0.807	
-9.4	0	0.727	
-9.6	0	0.653	
-9.8	0	0.585	
-10	0	0.524	
-10.2	0	0.468	
-10.4	0	0.418	
-10.6	0	0.373	
-10.8	0	0.333	
-11	0	0.298	
-11.2	0	0.267	
-11.4	0	0.241	
-11.6	0	0.218	
-11.8	0	0.199	
-12	0	0.183	
-12.2	0	0.171	
-12.4	0	0.16	
-12.6	0	0.152	
-12.8	0	0.147	
-13	0	0.143	
-13.2	0	0.14	
-13.4	0	0.139	

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Spostamento	Muro: LEFT
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-13.6	0	0.14
-13.8	0	0.141
-14	0	0.143
-14.2	0	0.146
-14.4	0	0.15
-14.6	0	0.154
-14.8	0	0.158
-15	0	0.163
-15.2	0	0.168
-15.4	0	0.173
-15.6	0	0.178
-15.8	0	0.184
-16	0	0.189
-16.2	0	0.194
-16.4	0	0.2
-16.6	0	0.205
-16.8	0	0.211
-17	0	0.216

Tabella Inviluppi Momento WallElement

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-1	2.466	0
-1.2	3.528	0
-1.4	4.742	0
-1.6	6.108	0
-1.8	7.624	0
-2	9.293	0
-2.2	11.113	0
-2.4	13.084	0
-2.6	15.228	0
-2.8	17.612	0
-3	20.303	0
-3.2	23.368	0
-3.4	26.874	0
-3.6	30.889	0
-3.8	35.479	0
-4	40.712	0
-4.2	46.655	0
-4.4	53.375	0
-4.6	60.939	0
-4.8	69.414	0
-5	78.867	0
-5.2	92.389	0
-5.4	108.718	0
-5.6	126.866	0
-5.8	146.932	0
-6	169.009	0
-6.2	193.194	0
-6.4	219.91	0
-6.6	249.256	0
-6.8	281.332	0
-7	313.937	0
-7.2	346.812	0
-7.4	379.706	0
-7.6	412.211	0
-7.8	443.918	0
-8	474.414	0
-8.2	503.288	0
-8.4	530.123	0
-8.6	554.508	0
-8.8	576.023	0
-9	594.251	0
-9.2	608.771	0
-9.4	619.163	0
-9.6	625.006	0
-9.8	625.874	0
-10	622.291	0

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	


Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-10.2	614.759	0
-10.4	603.748	0
-10.6	589.692	0
-10.8	572.997	0
-11	554.036	0
-11.2	533.153	0
-11.4	510.664	0
-11.6	486.853	0
-11.8	461.98	0
-12	436.287	0
-12.2	410.026	0
-12.4	383.42	0
-12.6	356.666	0
-12.8	329.937	0
-13	303.386	0
-13.2	277.661	0
-13.4	252.309	0
-13.6	227.467	0
-13.8	203.276	0
-14	179.946	0
-14.2	157.652	0
-14.4	136.539	0
-14.6	116.727	0
-14.8	98.312	0
-15	81.368	0
-15.2	65.958	0
-15.4	52.126	0
-15.6	39.905	0
-15.8	29.308	0
-16	20.342	0
-16.2	13.011	0
-16.4	7.313	0.068
-16.6	3.248	0.069
-16.8	0.811	0.03
-17	0	0

Tabella Inviluppi Momento WallElement_New

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement New
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.099	0
-0.4	0.395	0
-0.6	0.888	0
-0.8	1.578	0
-1	2.466	0

Tabella Inviluppi Taglio WallElement


Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-1	5.311	0
-1.2	6.069	0
-1.4	6.826	0
-1.6	7.584	0
-1.8	8.342	0
-2	9.099	0
-2.2	9.857	0
-2.4	10.72	0
-2.6	11.92	0
-2.8	13.455	0
-3	15.325	0
-3.2	17.532	0
-3.4	21.397	0
-3.6	26.165	0
-3.8	31.415	0
-4	37.146	0
-4.2	43.359	0
-4.4	50.054	0
-4.6	57.23	0

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-4.8	64.887	0
-5	73.025	0
-5.2	81.645	0
-5.4	90.745	0
-5.6	100.326	0
-5.8	110.387	0
-6	120.928	0
-6.2	133.576	0
-6.4	146.734	0
-6.6	160.388	0
-6.8	163.032	0
-7	164.384	0
-7.2	164.477	0
-7.4	164.477	0
-7.6	162.534	0
-7.8	158.541	0
-8	152.489	0
-8.2	144.372	0.895
-8.4	134.415	12.296
-8.6	122.381	22.341
-8.8	108.221	31.153
-9	91.935	38.851
-9.2	73.523	45.545
-9.4	52.992	51.353
-9.6	30.333	56.379
-9.8	5.549	60.392
-10	0	63.373
-10.2	0	65.376
-10.4	0	70.279
-10.6	0	83.475
-10.8	0	94.805
-11	0	104.419
-11.2	0	112.455
-11.4	0	119.062
-11.6	0	124.372
-11.8	0	128.474
-12	0	131.318
-12.2	0	133.039
-12.4	0	133.78
-12.6	0	133.78
-12.8	0	133.65
-13	0	132.89
-13.2	0	131.594
-13.4	0	129.671
-13.6	0	126.842
-13.8	0	123.099
-14	0	118.118
-14.2	0	112.102
-14.4	0	105.562
-14.6	0	99.06
-14.8	0	92.079
-15	0	84.717
-15.2	0	77.053
-15.4	0	69.159
-15.6	0	61.105
-15.8	0	52.987
-16	0	44.828
-16.2	0	36.657
-16.4	0	28.487
-16.6	0.196	20.327
-16.8	0.196	12.184
-17	0.149	4.055

Tabella Inviluppi Taglio WallElement_New

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0.493	0

S.S. 554 "Cagliariatana" Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex SS125 "Orientale Sarda" - Connessione tra la SS554 e la nuova SS554		
CA352	Relazione tecnica e di calcolo OS01 - PARATIA Pr. 1+518,50	

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: Wall	Element_New
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)	
-0.2	1.48	0	
-0.4	2.466	0	
-0.6	3.453	0	
-0.8	4.439	0	
-1	4.439	0	

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo	Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
					%
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 4	Left Wall	LEFT		11.47
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 2	Left Wall	RIGHT		38.41

Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo	Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva
					%
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 2	Left Wall	LEFT		8060.43
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Stage 3	Left Wall	RIGHT		20084.95