

PNC – PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009–2016, Sub–misura A4, "Investimenti sulla rete stradale statale"

Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni – 1° Stralcio lungo la S.S. n. 502 "Cingoli" – S.S. n. 78 "Picena" – Belforte del Chienti – Sarnano"

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Ing. Marco Salvi</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A30808		I PROGETTISTI SPECIALISTICI <i>Ing. Isidoro Guerrini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15764 <i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657 <i>Ing. Giovanni Alfredo Dalenz Guitero</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035 <i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629	PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)  <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i> (Mandante)  cooprogetti  engeko  Studio di Architettura e Ingegneria Modena (Mandante) IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035
IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541			
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Marco Mancina</i>			
PROTOCOLLO	DATA		

**OPERE D'ARTE MAGGIORI
GALLERIE ARTIFICIALI
Relazione di calcolo GALLERIE**

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV.PROG. ANNO <input type="text"/> <input type="text"/>		NOME FILE T01GA00STRRE01B		REVISIONE	SCALA
CODICE ELAB.		T 0 1 G A 0 0 S T R R E 0 1	B	-	
D					
C					
B	Rimissione a seguito di aggiornamento E.P. 2022/2	29/06/22	A.Dota	A.Dalenz	G.Guiducci
A	Emissione a seguito di CdS	Giugno '22	E.Risso	A.Dalenz	G.Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

PNC – PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009–2016, Sub–misura A4, "Investimenti sulla rete stradale statale"

Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni – 1° Stralcio lungo la S.S. n. 502 "Cingoli" – S.S. n. 78 "Picena" – Belforte del Chienti – Sarnano"

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Ing. Marco Salvi</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A30808		I PROGETTISTI SPECIALISTICI <i>Ing. Isidoro Guerrini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15764 <i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657 <i>Ing. Giovanni.C.Alfredo Dalenz Cultrera</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069 <i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629	PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)	 <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i>  cooprogetti   <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i>
IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541			(Mandante)	
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Marco Mancina</i>			(Mandante)	
PROTOCOLLO	DATA		IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) : <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035	

**OPERE D'ARTE MAGGIORI
GALLERIE ARTIFICIALI N.1 E N.2
RELAZIONE DI CALCOLO**

CODICE PROGETTO			NOME FILE			REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T01GA00STRRE01B				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	CODICE ELAB. <input type="text"/>			<input type="text"/>	<input type="text"/>
D							
C							
B	RIEMMISSIONE A SEGUITO DI AGGIORNAMENTO E.P. 2022/2	29/06/22	E. RISSO	A. DALENZ	G. GUIDUCCI		
A	EMISSIONE A SEGUITO DI CDS	GIUGNO '22	E. RISSO	A. DALENZ	G. GUIDUCCI		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO		

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	3
1.1. CARPENTERIA DELLE GALLERIE 1 E 2	5
2. <u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u>	10
3. <u>SOFTWARES UTILIZZATI</u>	11
4. <u>MATERIALI</u>	12
4.1. CALCESTRUZZI	12
4.1. ACCIAIO	13
5. <u>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA/SISMICA DEL TERRENO</u>	14
6. <u>VITA NOMINALE, CLESSE D'ISO E PERIODO DI RIFERIMENTO</u>	16
7. <u>LIVELLI PRESTAZIONALI</u>	17
7.1. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	17
7.2. VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU)	20
8. <u>AZIONI AGENTI</u>	24
8.1. PESO PROPRIO (PP)	24
8.2. PESO PROPRIO PORTATO (PP1)	24
8.3. AZIONE VARIABILE (Q)	25
8.4. AZIONE NEVE (QN)	25
8.5. AZIONE VENTO (QV)	26
8.6. AZIONI SISMICHE E SPETTRI DI PROGETTO (SLV, SLD, SLO)	27
8.7. SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE	30
8.8. SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE	32
9. <u>COMBINAZIONI DI CARICO</u>	34
10. <u>VERIFICA DELLE PARATIE DI PALI</u>	37
10.1. CODICE DI CALCOLO PARATIE 22	37
10.1.1. <i>Origine dei codici di calcolo</i>	37
10.1.2. <i>Giudizio affidabilità dei codici di calcolo</i>	37
10.1.3. <i>Modalità presentazione dei risultati</i>	38
10.1.4. <i>Configurazione hardware</i>	38
10.2. CRITERI DI VERIFICA SECONDO NTC2018	39
10.3. MODELLAZIONE DELLA GALLERIA	43
10.3.1. <i>SEZIONE TIPO A-A</i>	48
10.3.2. <i>SEZIONE TIPO C-C</i>	60
10.3.3. <i>SEZIONE TIPO F-F</i>	72

11. CONCLUSIONI	80
11.1. GENERALITÀ.....	80
11.2. ESITO DELLE VERIFICHE	80

1. PREMESSA

La presente relazione di calcolo accompagna il progetto preliminare del 1° Stralcio dei lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in T.S. e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. n. 502 "Cingoli" – S.S.n. 78 "Picena" – Belforte del Chienti – Sarnano (Lotto 1).

I lavori ricompresi nel 1^ stralcio fanno parte del quadro delle iniziative inquadrate nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

In particolare, la presente relazione riguarda la verifica delle GALLERIE ARTIFICIALI 1 E 2 DEL 1° LOTTO

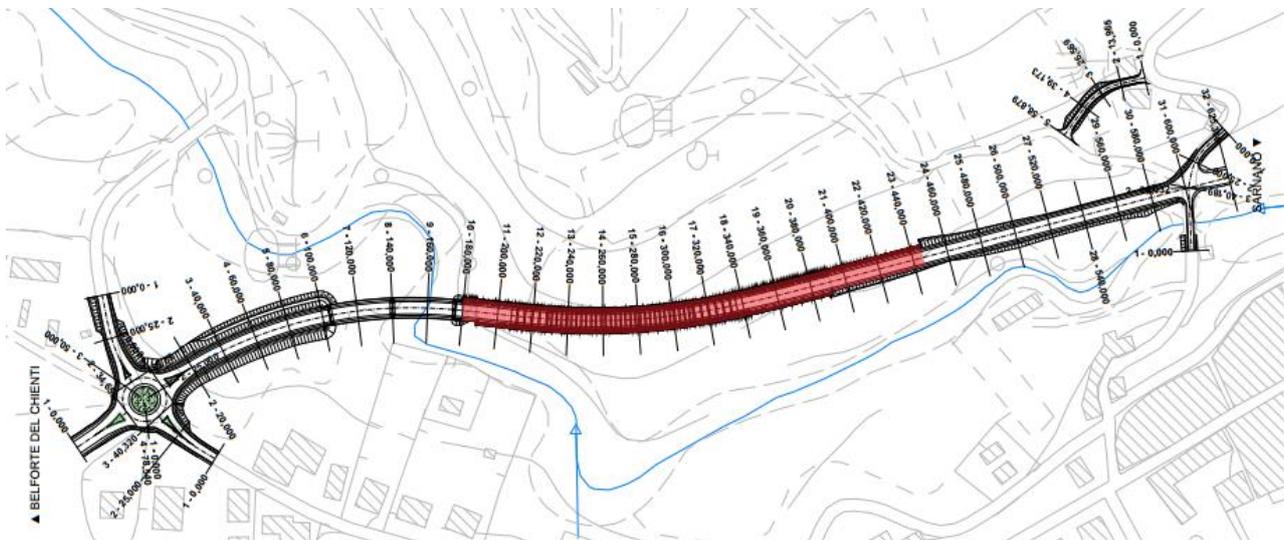


Figura 1.1 KEY PLAN GALLERIA 1



Figura 1.2 KEY PLAN GALLERIA 2

PROGETTAZIONE ATI:

Le gallerie artificiali ove possibile sono realizzate con la tecnica del TOP-DOWN.

Per sommi capi si ha la seguente fasistica:

- 1) Vengono realizzati i pali e i cordoli e la soletta.
- 2) Dopodiché si scava sotto copertura a realizzare la galleria vera e propria.
- 3) Ove l'altezza sia eccessiva viene realizzato un puntello intermedio e si prosegue con lo scavo
- 4) fino al raggiungimento della quota di fondo con realizzazione della soletta di contrasto e le fodere in risalita.

Entrambe le gallerie sono precedute da una serie di paratie a sbalzo.

Nel seguito illustriamo la carpenteria delle 2 gallerie e successivamente verrà riportata la verifica della galleria 1 in quanto più significativa anche dal punto di vista geo-litologico meno favorevole di quello sul tracciato della galleria 2 che invece interessa strati di migliori caratteristiche.

1.1. CARPENTERIA DELLE GALLERIE 1 E 2

Nel seguito viene riportata la carpenteria delle opere in oggetto cominciando dalla galleria 1

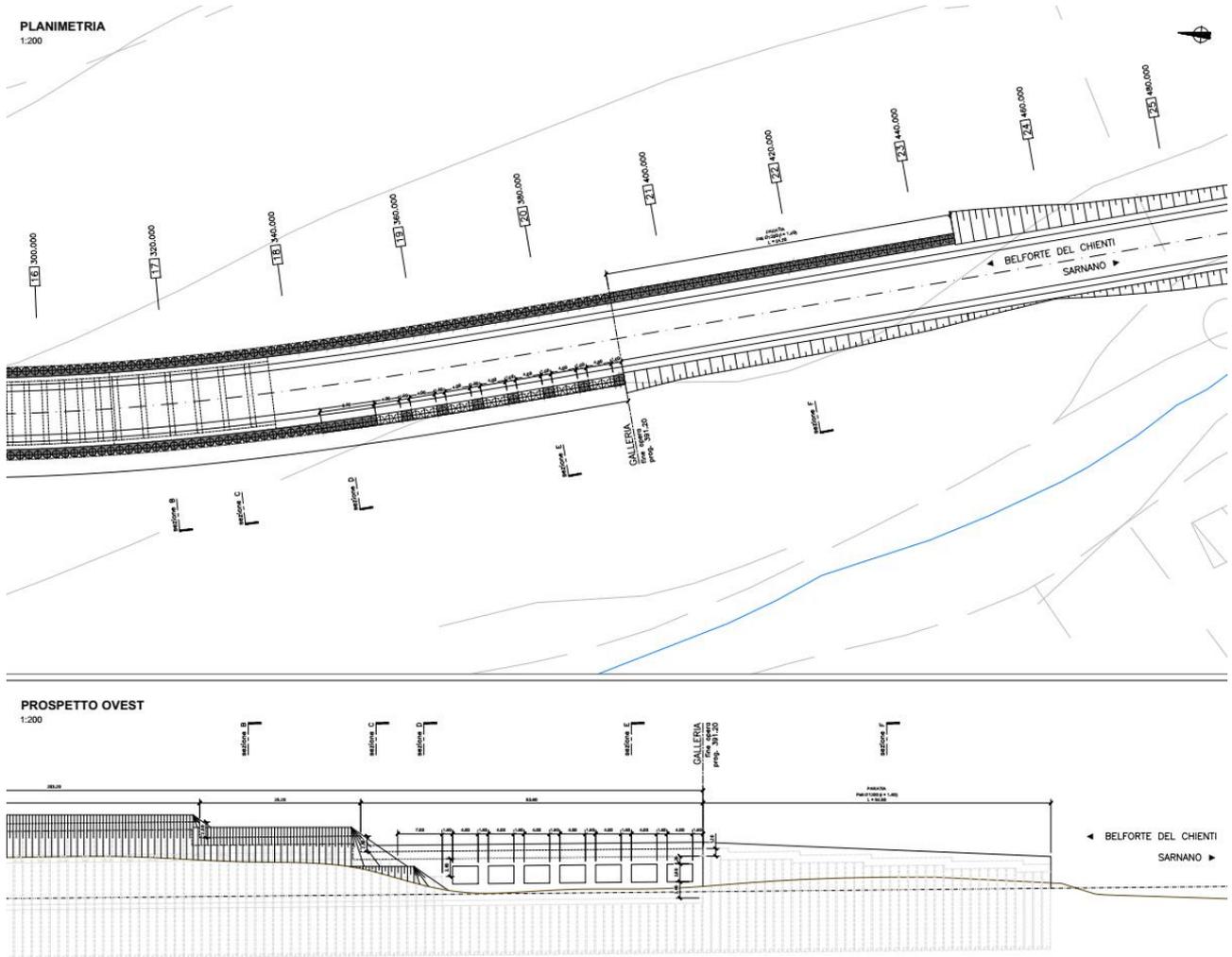


Figura 1.3 Planimetria e prospetto GALLERIA 1

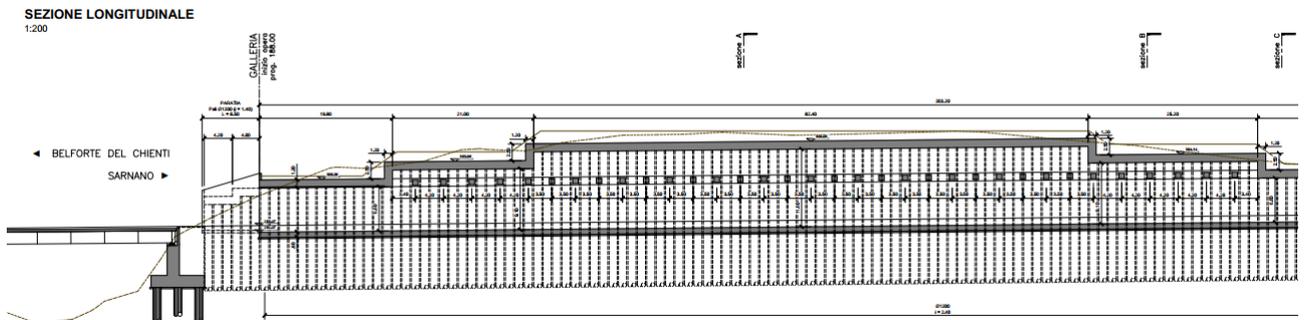


Figura 1.4 Sezione longitudinale GALLERIA 1

PROGETTAZIONE ATI:

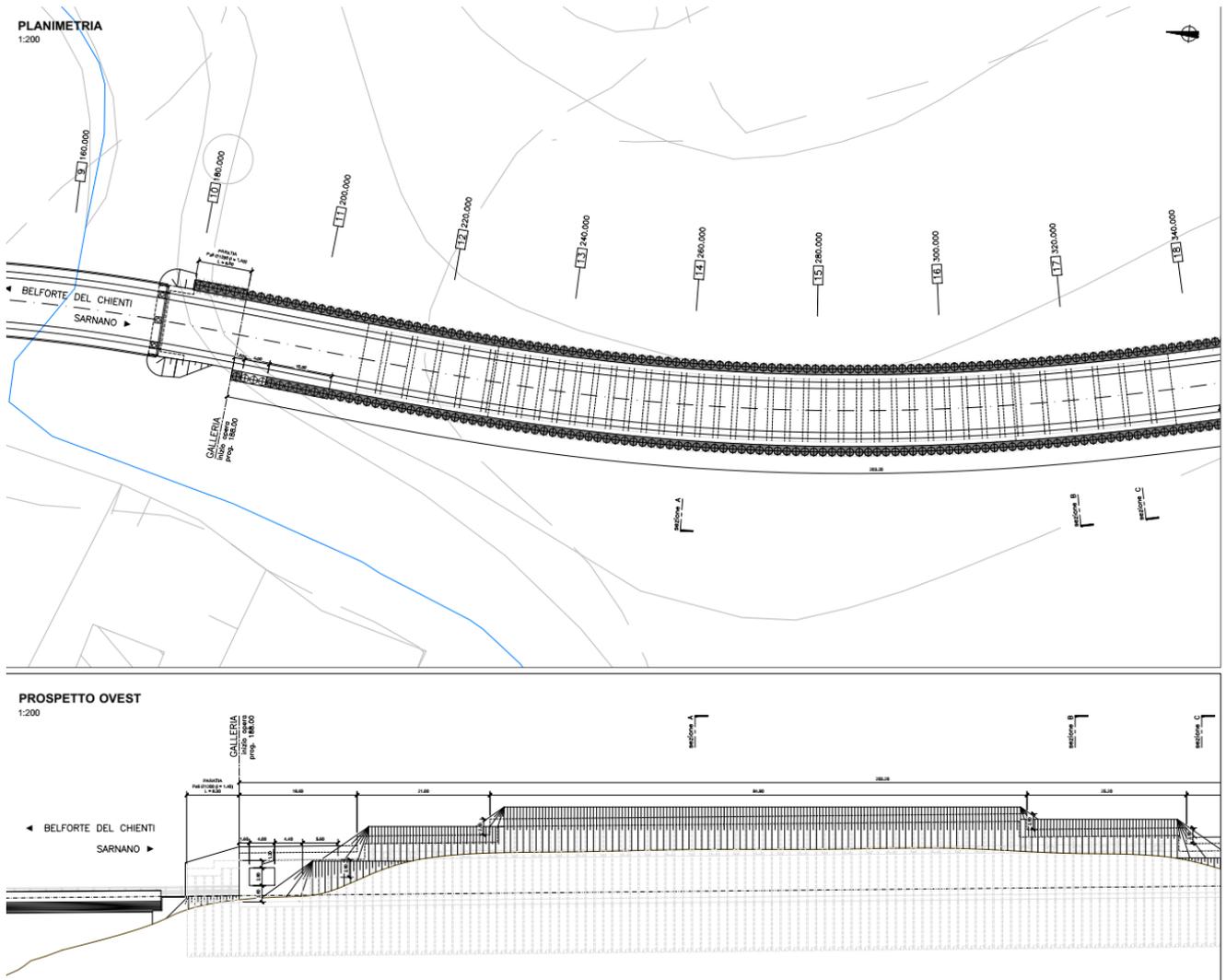


Figura 1.5 Planimetria e prospetto della GALLERIA 1

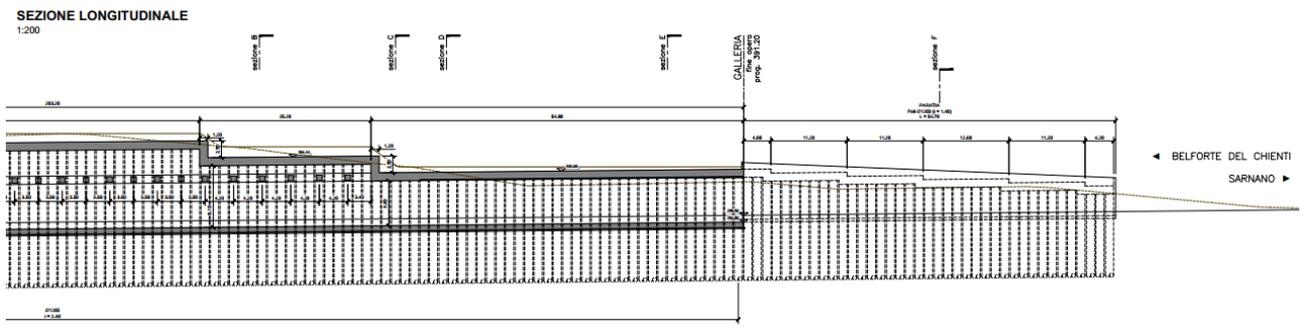


Figura 1.6 Sezione longitudinale della GALLERIA 1

PROGETTAZIONE ATI:

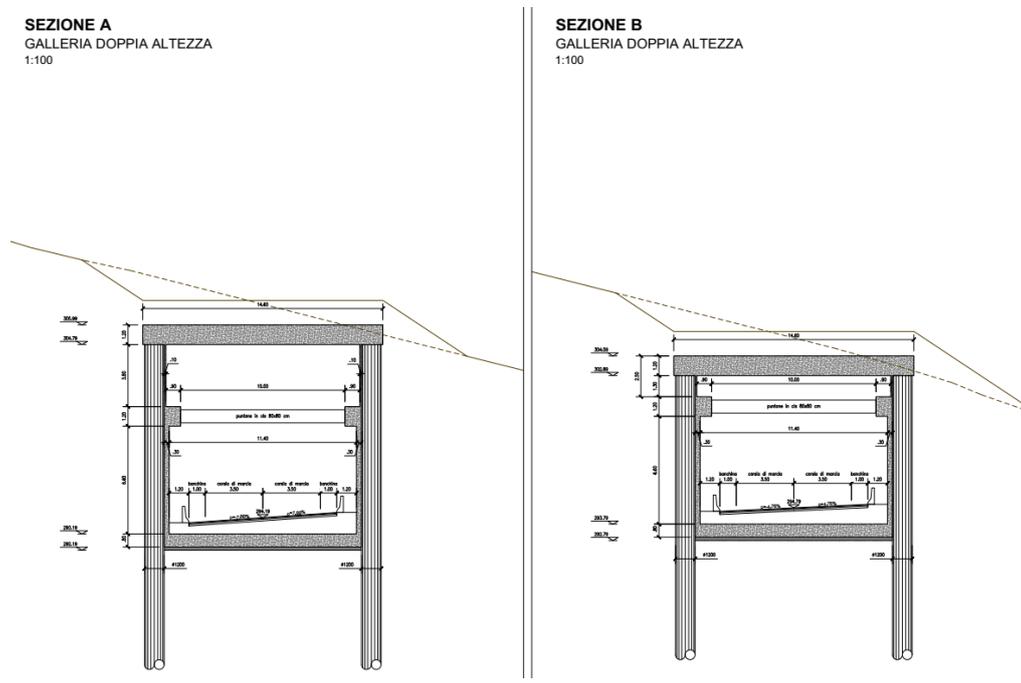


Figura 1.7 Sezioni tipo della GALLERIA 1

SEZIONE C
GALLERIA STANDARD
1:100

SEZIONE D
GALLERIA STANDARD
1:100

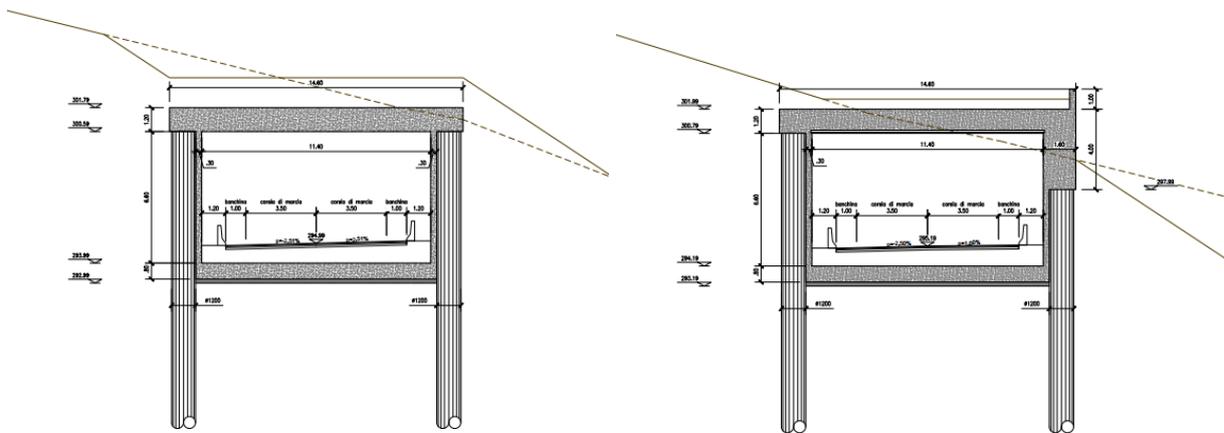
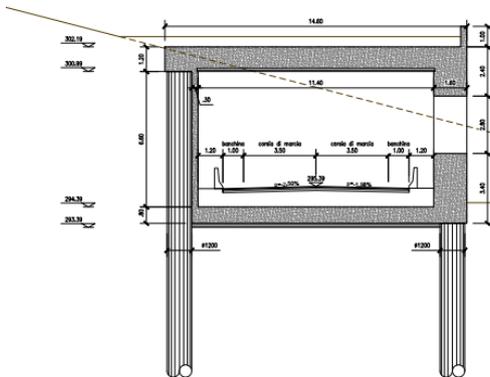


Figura 1.8 Sezioni tipo della GALLERIA 1

PROGETTAZIONE ATI:

SEZIONE E
GALLERIA FINESTRATA
1:100



SEZIONE F
PARATIA
1:100

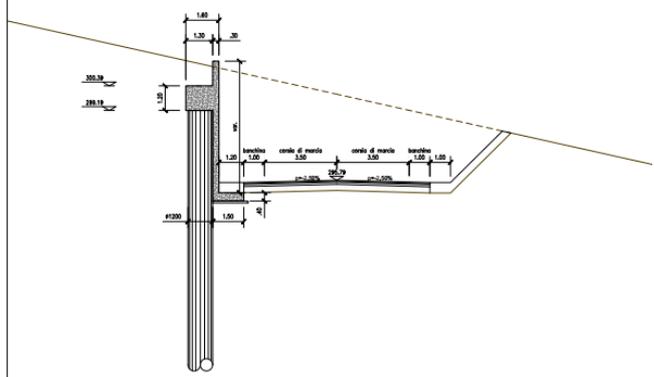


Figura 1.9 Sezioni tipo della GALLERIA 1

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici relativi.

FASISTICA REALIZZATIVA:

- 1) Realizzazione dei pali
- 2) Realizzazione della soletta di copertura
- 3) Scavo fino alla quota puntello
- 4) Messa in opera dei puntelli in cls
- 5) Scavo fino a fondo scavo
- 6) Realizzazione della soletta di fondo
- 7) Fodere in risalita.
- 8) Finiture

PROGETTAZIONE ATI:

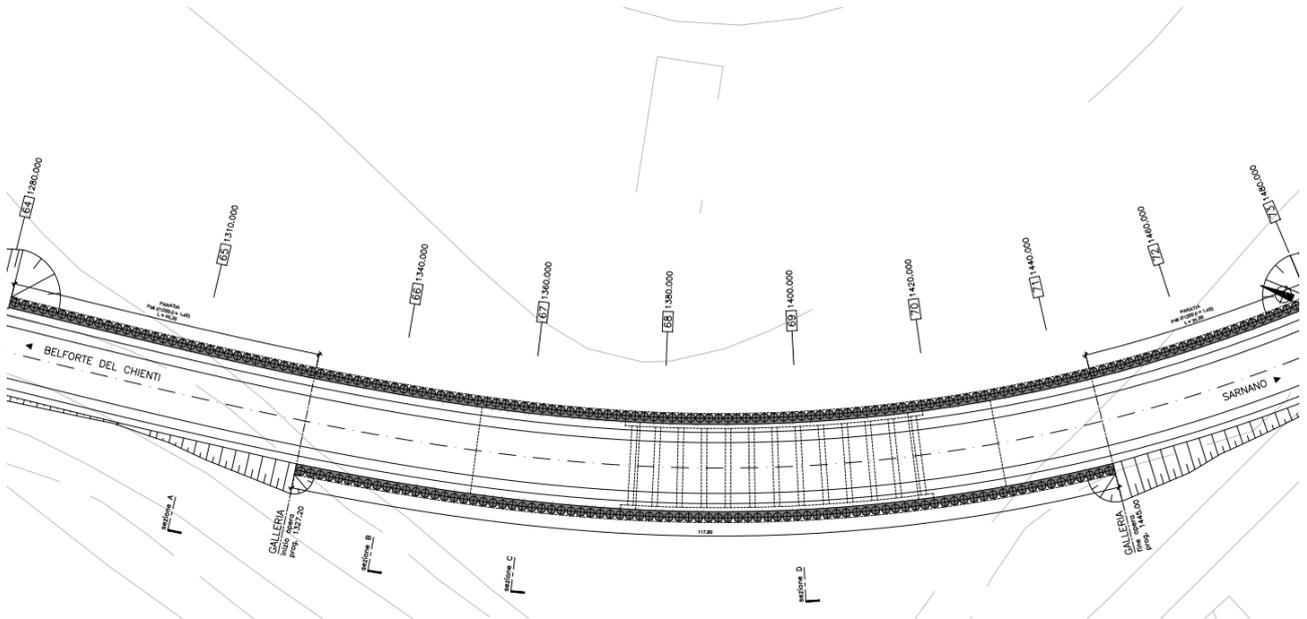


Figura 1.10 Planimetria GALLERIA 2

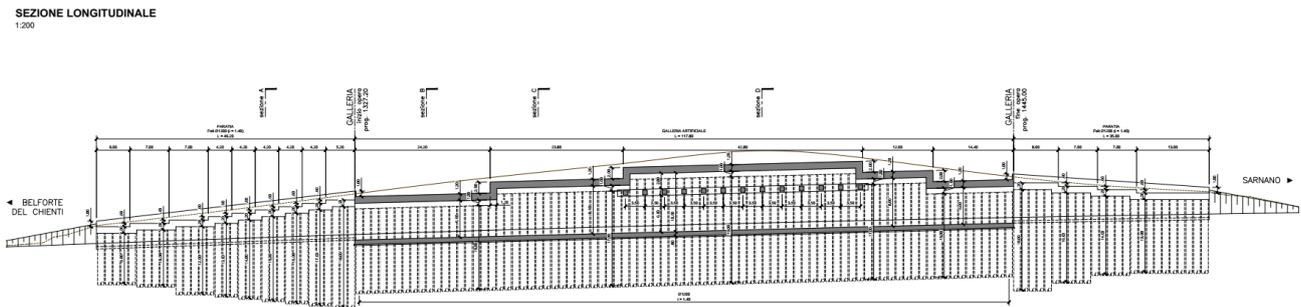


Figura 1.11 Sezione Longitudinale GALLERIA 2

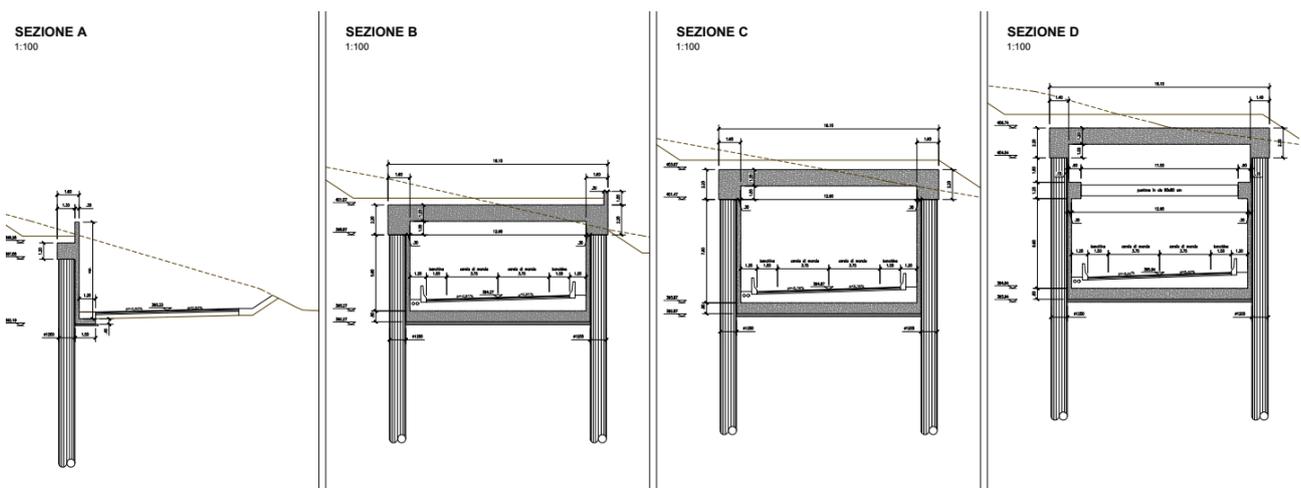


Figura 1.12 Sezione Longitudinale GALLERIA 2

NOTA: Nel prosieguo facciamo riferimento alla Galleria 1 che è la più rappresentativa e in condizioni geolitologiche meno favorevoli rispetto alla Galleria 2.

PROGETTAZIONE ATI:

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. LL.PP. 17/01/2018 pubblicato sul S.O. della G.U. n°42 del 20 Febbraio 2018 : "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare 02 Febbraio 2009 n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 Gennaio 2008"
- Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n.380. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia Circ. n.11651 del 14/02/1974.
- UNI 11104:2006 Calcestruzzo: Specificazione, prestazione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1. Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive (Febbraio 2008).
- UNI EN 1990 -Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 - Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in Generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici.
- UNI EN 1991-1-4 - Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in Generale – Azioni del Vento.
- UNI EN 1992-1-1 Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1 1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1993-1-1 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1998-1 - Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1 - Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione e conformità.

3. SOFTWARES UTILIZZATI

I principali software di calcolo utilizzati per redigere la presente relazione sono :

Software : Paratie Plus 22 con modulo VPS

SoftwareHouse : Harpaceas - Viale Richard 1 - 20143 - Milano

N° Licenza : 3D219F0A-C4B56925-79DF9089-95EE2632

in uso a Dalenz Ing. srl Via del Giuba 9/14

Software : SISMICAD – 12.16

SoftwareHouse : Concrete - Via della Pieve 19, 35121 Padova

N° Licenza : 8159017 in uso a Dalenz Ingegneria srl Via del Giuba 9/14

4. MATERIALI

I principali software di calcolo utilizzati per redigere la presente relazione sono :

- Riferimenti: D.M. 17.01.2018, par. 11.2;
- Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;
- UNI EN 206-1/2006;
- UNI 11104

4.1. CALCESTRUZZI

<i>MATERIALI</i>
<i>CALCESTRUZZO PALI CEMENTO CEM III-V CLASSE DI RESISTENZA C28/35 CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA S5 RAPPORTO A/C =0.50 CLASSE ESPOSIZIONE AMBIENTALE XC2 DIAMETRO MAX INERTI 30 mm CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO 280 Kg/mc COPRIFERRO NETTO s=5cm</i>
<i>CALCESTRUZZO CORDOLI, SOLETTE E MURI CEMENTO CEM III-V CLASSE DI RESISTENZA C32/40 CLASSE MINIMA DI CONSISTENZA S3-S4 RAPPORTO A/C =0.50 CLASSE ESPOSIZIONE AMBIENTALE XC2 DIAMETRO MAX INERTI 30 mm CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO 280 Kg/mc COPRIFERRO NETTO s=4cm</i>
<i>CALCESTRUZZO MAGRO GETTO DI LIVELLAMENTO CONFORME UNI-EN 206-1 CLASSE DI RESISTENZA MINIMA C12/15 CLASSE DI ESPOSIZIONE X0(I) DOSAGGIO 1.5 q cem. R325 / mc</i>

PROGETTAZIONE ATI:

4.1. ACCIAIO

(Rif. D.M. 17.01.2018, par. 11.3)

L'acciaio da adoperarsi dovrà essere conforme alle vigenti norme di cui al D.M. del 17/01/2018.

ACCIAIO PER C.A. B450C	
f_{yk} tensione caratteristica di snervamento:	$\geq 4580 \text{ kg/cm}^2 (\geq 450 \text{ N/mm}^2)$
f_{tk} tensione caratteristica di rottura:	$\geq 5500 \text{ kg/cm}^2 (\geq 540 \text{ N/mm}^2)$
f_{td} tensione di progetto:	$f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1.15 = 3980 \text{ kg/cm}^2 (= 391 \text{ N/mm}^2)$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.35 \quad f_t / f_y \geq 1.15$$

Diametro delle barre: $6 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri $\leq 16 \text{ mm}$.

Reti e tralici con elementi base di diametro $6 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralici: $\phi_{\min} / \phi_{\max} \geq 0.6$

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA/SISMICA DEL TERRENO

Per la definizione della categoria di sottosuolo si è fatto riferimento alla caratterizzazione geologica-geotecnica del sito in esame come riportato sulla relazione geologica che riguarda il presente intervento.

Si rimanda alle relazioni geologico e geotecnico del progetto.

Nelle calcolazioni faremo riferimento al seguente profilo geotecnico

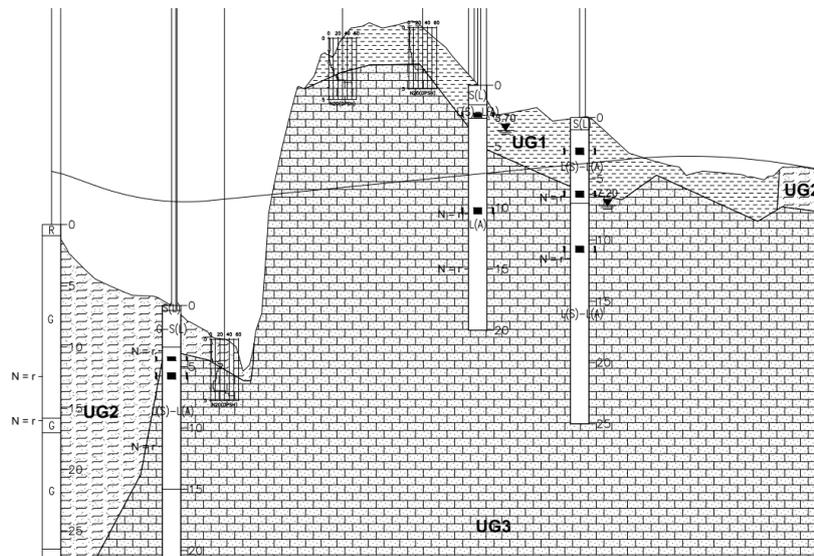


Figura 5.1 Profilo geotecnico

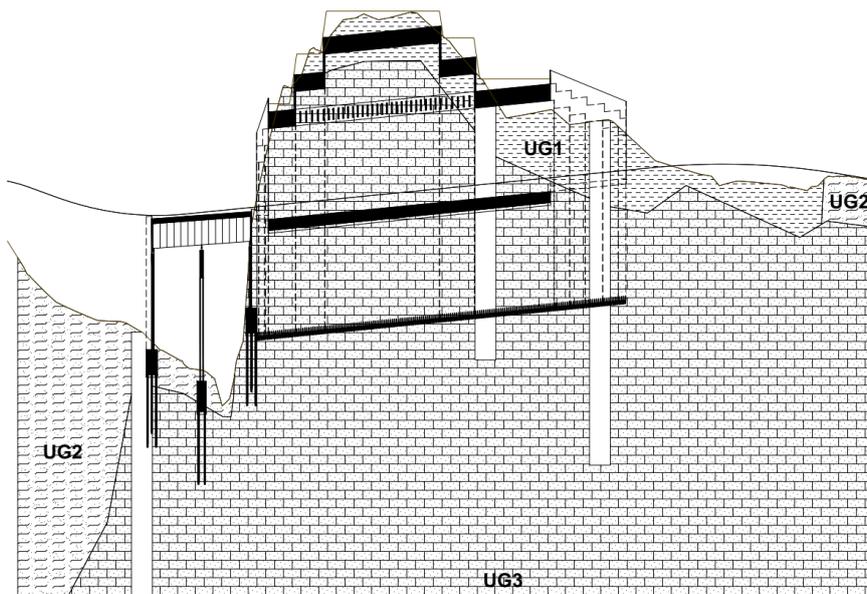


Figura 5.2 Profilo geotecnico con opera sovrapposta GALLERIA 1

PROGETTAZIONE ATI:

LEGENDA

	UG1 - LIMO CON ARGILLA (Depositi di frana con indizi di evoluzione - MUS _{g1}) $\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$, $c' = 5 \div 10 \text{ kPa}$, $\phi' = 20^\circ \div 23^\circ$, $E = 10 \text{ MPa}$ Solo per il tratto pk 300-400 cr=0 kPa $\phi_r = 18^\circ$
	UG2 - ARGILLA CON LIMO SABBIOSA (Depositi eluvio-colluviali e deposito alluvionali attuali e terrazzati - MUS _{g2} , MUS _{br} , MUS _{bnr} , MTT _{bnr}) $\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$, $c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$, $\phi' = 22^\circ \div 28^\circ$ $E = 15 \div 30 \text{ MPa}$
	UG3 - ARGILLA CON LIMO SABBIOSA (Formazione Gessoso-Solfifera - GS) $\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$, $c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$, $\phi' = 25^\circ \div 30^\circ$, $c_u = 100 \div 200 \text{ kPa}$ $E = 30 \div 40 \text{ MPa}$ ($z < 15\text{m}$); $50 \div 70 \text{ MPa}$ ($z > 15\text{m}$)
	UG4 - ARENARIA (Litofacies pelitico-arenacea - LAG _{1e}) $\gamma = 20 \div 22 \text{ kN/m}^3$, $c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$, $\phi' = 30^\circ \div 35^\circ$ $E = 10 \div 50 \text{ MPa}$ ($z < 10 \text{ m}$); $50 \div 80 \text{ MPa}$ ($z > 10 \text{ m}$);
	Falda di progetto

Figura 5.3 Parametri geotecnici proposti

Sulla base del profilo geotecnico che interagisce con l'opera si assumono i seguenti parametri medi di calcolo.

PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DI CALCOLO							
Unità UG1. LIMO CON ARGILLA							
Parametri				Parametri			
Parametro	Val.min	Val.MAX	Di Calcolo	Parametro	Val.min	Val.MAX	Di Calcolo
Y (kN/m ³)	19.00	20.00	19.50	c' (KPa)	5.00	10.00	7.50
Y _{sat} (kN/m ³)	20.00	21.00	20.50	cu (KPa)	-	-	-
φ (°)	20	23	21.5	E (MPa)	10	10	10
Unità UG2. ARGILLA CON LIMO SABBIOSA							
Parametri				Parametri			
Parametro	Val.min	Val.MAX	Di Calcolo	Parametro	Val.min	Val.MAX	Di Calcolo
Y (kN/m ³)	19.00	20.00	19.50	c' (KPa)	10.00	20.00	15.00
Y _{sat} (kN/m ³)	20.00	21.00	20.50	cu (KPa)	-	-	-
φ (°)	22	28	25	E (MPa)	15	30	22.5
Unità UG3. ARGILLA CON LIMO SABBIOSA							
Parametri				Parametri			
Parametro	Val.min	Val.MAX	Di Calcolo	Parametro	Val.min	Val.MAX	Di Calcolo
Y (kN/m ³)	19.00	20.00	19.50	c' (KPa)	10.00	20.00	15.00
Y _{sat} (kN/m ³)	20.00	21.00	20.50	cu (KPa)	100	200	150.00
φ (°)	25	30	27.5	E (MPa) Z<15m	30	40	35
				E (MPa) Z>15m	50	70	60
Unità UG4. ARENARIA							
Parametri				Parametri			
Parametro	Val.min	Val.MAX	Di Calcolo	Parametro	Val.min	Val.MAX	Di Calcolo
Y (kN/m ³)	20.00	22.00	21.00	c' (KPa)	10.00	20.00	15.00
Y _{sat} (kN/m ³)	21.00	23.00	22.00	cu (KPa)	-	-	-
φ (°)	30	35	32.5	E (MPa) Z<10m	10	50	30
				E (MPa) Z>10m	50	80	65
CAT. SUOLO C							
CAT. TOPOG T1							

PROGETTAZIONE ATI:

6. VITA NOMINALE, CLESSE D'ISO E PERIODO DI RIFERIMENTO

L'area sede delle opere in progetto è in zona sismica secondo NTC2018.

Inoltre, l'area in oggetto, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale delle Marche n. 1046 del 29.07.2003. è classificata come Zona 2

Zona sismica	2	
Vita nominale:	$V_N = 50$ anni	(Tab. 2.4.I)
Classe d'uso:	IV	(§ 2.4.2)
Coefficiente d'uso:	$C_U = 2.0$	(Tab. 2.4.II)
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	$V_R = 50 \times 2.0 = 100$ anni	(§ 2.4.3)

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Coord. 43.141599, 13.226641

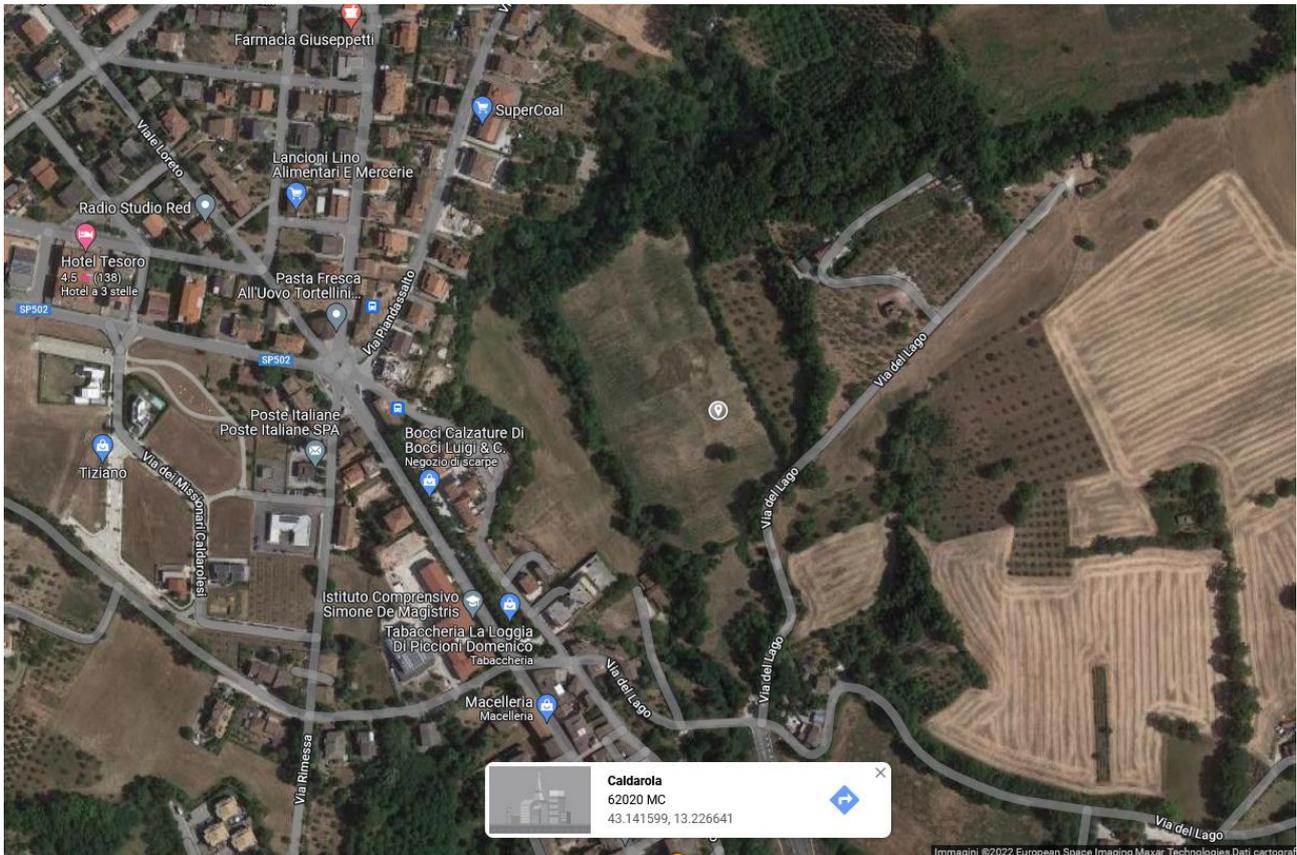


Figura 6.1 Localizzazione intervento

PROGETTAZIONE ATI:

7. LIVELLI PRESTAZIONALI

Le verifiche sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle norme.

In termini di deformabilità e contenimento delle tensioni in esercizio è stato verificato quanto previsto dalle normative tecniche, in particolare si è proceduto alle verifiche a SLE come da capitolo 4 delle NTC.

7.1. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

La verifica in esercizio delle sezioni nei vari elementi strutturali, come già evidenziato, si articola in tre principali categorie di seguito elencate. Anche in questo caso le verifiche vengono condotte tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico relative allo stato limite di esercizio considerato nelle verifiche stesse.

Verifiche di fessurazione

Per quanto riguarda i diaframmi e le solette, si valuterà lo stato limite di apertura delle fessure; per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

- $w_1 = 0,2 \text{ mm}$
- $w_2 = 0,3 \text{ mm}$
- $w_3 = 0,4 \text{ mm}$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

Per quanto riguarda i diaframmi e le solette, la condizione ambientale è quella ordinaria.

Di seguito si riporta la tabella del paragrafo 4.1.2.2.4.4 del DM 17/01/2018, con i limiti di fessure per lo stato limite di esercizio considerato,

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_2	Stato limite	w_2
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Le condizioni ambientali vengono scelte in funzione della classe di esposizione dell'elemento strutturale così come indicato nella tabella materiali.

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

Il valore di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non deve superare i valori nominali w_1 , w_2 , w_3 secondo quanto riportato nella Tab. 4.1.IV. Il valore di calcolo è dato da:

- $1,7 w_m$

dove w_m , rappresenta l'ampiezza media delle fessure, calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza media delle fessure Δs_m :

- $w_m = \epsilon_{sm} * \Delta s_m$
- ϵ_{sm} e Δs_m sono calcolati secondo le disposizioni della letteratura tecnica.

Verifiche delle tensioni di esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio :

- Combinazione rara $\sigma_{c,ad} < 0.60f_{ck}$
- Combinazione quasi permanente $\sigma_{c,ad} < 0.45f_{ck}$

Tensione massima di trazione nell'acciaio nelle condizioni di esercizio :

- Combinazione rara $\sigma_{a,ad} < 0.80f_{yk}$

La verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

Per le opere in oggetto avremo in funzione delle classi di esposizione :

PALI (C28/35)

Classe di esposizione : XC2 (Classe minima calcestruzzo C25/30) → condizioni ordinarie

Comb. Freq. $w_k < w_3 = 0.4\text{mm}$

Comb q.perm. $w_k < w_2 = 0.3\text{mm}$

FONDAZIONE MURO (C32/40)

Classe di esposizione : XC2 (Classe minima calcestruzzo C25/30) → condizioni ordinarie

Comb. Freq. $w_k < w_3 = 0.4\text{mm}$

Comb q.perm. $w_k < w_2 = 0.3\text{mm}$

ELEVAZIONE MURO / CORDOLO (C32/40)

Classe di esposizione : XC4/XF1 (Classe minima calcestruzzo C32/40) → condizioni aggressive

Comb. Freq. $w_k < w_2 = 0.3\text{mm}$

Comb q.perm. $w_k < w_2 = 0.2\text{mm}$

Per quanto riguarda le tensioni di esercizio :

C28/35

- Combinazione rara $\sigma_{c,ad} < 0.60f_{ck} = 17.43 \text{ MPa}$
- Combinazione quasi permanente $\sigma_{c,ad} < 0.45f_{ck} = 13.07 \text{ MPa}$

C32/40

- Combinazione rara $\sigma_{c,ad} < 0.60f_{ck} = 19.92 \text{ MPa}$
- Combinazione quasi permanente $\sigma_{c,ad} < 0.45f_{ck} = 14.94 \text{ MPa}$

Tensione massima di trazione nell'acciaio nelle condizioni di esercizio :

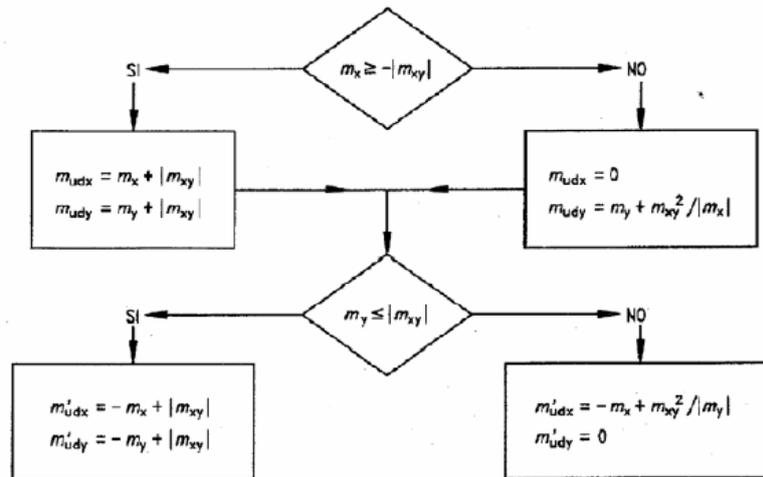
B450C

- Combinazione rara $\sigma_{a,ad} < 0.80f_{yk} = 360 \text{ Mpa}$

7.2. VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

Verifica a presso-flessione

I momenti di calcolo nelle due direzioni, tra loro ortogonali, si determinano in base alle formule fornite dal flow chart dell'EC2:

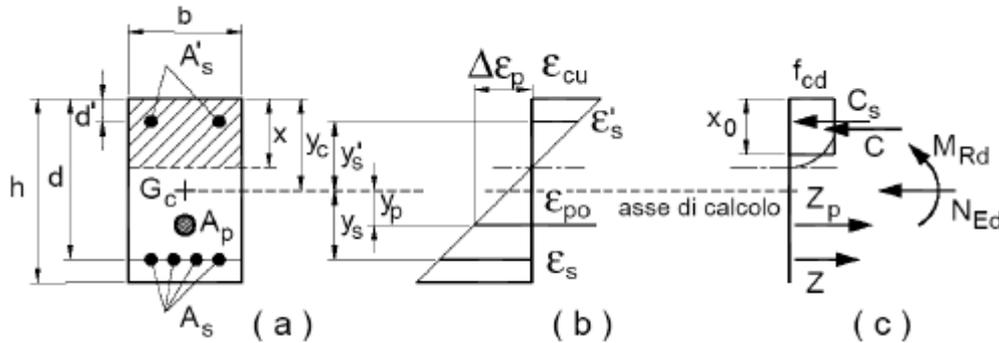


Il programma F.E.M. ha implementato al suo interno tale diagramma di flusso ed è in grado di restituire i momenti sollecitanti tenendo conto dei momenti torcenti (momenti di Wood-Armer).

La verifica sugli elementi verticali (diaframmi) e orizzontali (solette) viene condotta calcolando il momento resistente massimo della sezione in presenza o meno di sforzo assiale di compressione. Il calcolo si basa sull'assunzione dei diagrammi di calcolo a tensione-deformazione del calcestruzzo e dell'acciaio previsti dalla normativa.

Con riferimento alla sezione pressoinflessa, sotto rappresentata assieme ai diagrammi di deformazione e di sforzo così come dedotti dalle ipotesi e dai modelli $\sigma - \epsilon$ di definiti ai paragrafi 4.1.2.1.2.1 e 4.1.2.1.2.2 del D.M.17/01/18, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

- $MRd = MRd (NEd) \geq MEd$



Sezione pressoinflessa

dove:

- NEd è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;
- MRd è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a NEd;
- ME_d è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta per gli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio mediante l'espressione fornita dalla normativa:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

dove:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

d altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (bwd)$ rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w larghezza minima della sezione (in mm).

Nel caso in cui tale verifica non sia soddisfatta, occorre procedere alla seconda verifica, quella prevista per gli elementi con armatura trasversali resistenti a taglio.

In tal caso la resistenza a taglio ultima è fornita dal valore minore delle due resistenze secondo il meccanismo taglio-trazione o taglio-compressione forniti da normativa. Più precisamente:

per la resistenza a "taglio trazione":

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)) \cdot \sin(\alpha)$$

per la resistenza a "taglio compressione":

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)) / (1 + \text{ctg}^2(\theta))$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

PROGETTAZIONE ATI:

- $V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$

dove d, bw e σ_{cp} hanno il significato già visto e inoltre si è posto:

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

f'_{cd} resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 f_{cd}$);

α_c coefficiente maggiorativo pari a:

- per membrane non compresse
- $1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$ per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
- 1,25 per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
- $2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$ per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti: $1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5$.

Verifica a punzonamento

La verifica a punzonamento viene condotta secondo quanto specificato nell'Eurocodice 2 al paragrafo 6.4.

Il procedimento di calcolo per il taglio-punzonamento si fonda sulle verifiche alla faccia del pilastro e al perimetro di verifica di base u_1 . Nel caso di fondazioni, rispetto a quello delle piastre dove si assume che il perimetro di verifica di base sia posto a distanza $2d$, a causa della presenza della pressione verticale di contatto col terreno, l'inclinazione del cono di punzonamento è molto maggiore che nelle piastre e pertanto come riportato in letteratura viene assunto pari a 45° .

Nel calcolo della forza normale sollecitante si è utilizzata l'espressione:

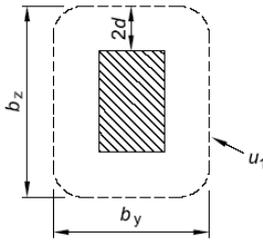
- $V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$

dove V_{Ed} è la forza tagliante applicata (uguale allo sforzo normale trasmesso dal pilastro) e ΔV_{Ed} è la forza netta rivolta verso l'alto all'interno del perimetro di verifica considerato, pari alla risultante della pressione di contatto del terreno.

Se lo sforzo normale trasmesso dal pilastro è accompagnato anche da sollecitazioni flettenti, si introduce il fattore β che amplifica lo sforzo normale. Tale fattore, per pilastri rettangolari interni, se il carico è eccentrico in entrambe le direzioni, può essere valutato con la seguente espressione:

- $$\beta = 1 + 1,8 \sqrt{\left(\frac{e_y}{b_z}\right)^2 + \left(\frac{e_z}{b_y}\right)^2}$$

dove e_y e e_z sono le eccentricità M_{Ed}/V_{Ed} secondo gli assi y e z rispettivamente; b_y e b_z sono le dimensioni del perimetro di verifica u_1 :



Prima di tutto si verifica la necessità di una armatura a punzonamento, confrontando la tensione di taglio-punzonamento con la resistenza di progetto v_{Rd} di fondazioni prive di armatura a taglio:

$$v_{Rd} = C_{Rd,c} k (100 \rho f_{ck})^{1/3} \cdot 2d / a \geq v_{min} \cdot \frac{2d}{a}$$

dove:

- $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,50 = 0,12$;
- $K = 1 + \sqrt{(200/d)}$;
- $\rho = \sqrt{(\rho_y \cdot \rho_z)} \leq 0,02$, con ρ_y , ρ_z rapporti geometrici delle armature tese nelle direzioni y e z; tali valori sono valori medi presi considerando una larghezza di fondazione pari alla larghezza del pilastro più 3 volte d su ciascun lato;
- v_{min} è dato dalla relazione:
 - $v_{min} = 0,035 k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$
- f_{ck} è espresso in Megapascal.

Nel caso in cui sia richiesta armatura a taglio, questa verrà calcolata con l'espressione:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$$

dove:

- A_{sw} è l'area di armatura a taglio a punzonamento situata su di un perimetro intorno al pilastro [mm²];
- $f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 \cdot d \leq f_{ywd}$ [MPa] è la resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento;
- d è la media delle altezze utili nelle due direzioni ortogonali [mm];
- α è l'angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra;

Inoltre dovrà essere verificata in adiacenza ai pilastri la relazione secondo la quale la resistenza a taglio-punzonamento è limitata al valore massimo di:

$$v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} \leq v_{Rd,max}$$

dove u_0 è pari allo sviluppo del perimetro del pilastro [mm] trattandosi di pilastri interni [mm], $v_{Rd,max}$ è pari a $0,50 \cdot v \cdot f_{cd}$ in cui $v = 0,40$.

8. AZIONI AGENTI

Gli stati limite considerati per l'analisi delle azioni e dei carichi agenti sulla struttura si basa sulla teoria dei coefficienti parziali di sicurezza.

Le azioni di progetto sono state valutate a partire da quelle caratteristiche applicando successivamente il corrispondente coefficiente parziale; in modo analogo la resistenza dei materiali e del terreno è stata valutata a partire da quella caratteristica applicando successivamente il corrispondente coefficiente parziale.

Si sottolinea come la presente Relazione viene redatta in base alle indicazioni fornite dalle Norme Tecniche DM 17/1/2018.

Si passa ora alla definizione in generale dei carichi di progetto per la struttura che sono:

- 1) Carichi permanenti (p) e permanente portato ($pp1$)
- 2) Carico variabile (q)
- 3) Azione del vento (qv)
- 4) Azione della neve (qn)
- 5) Azione del sisma.
- 6) Spinta del terreno in condizioni statiche
- 7) Spinta del terreno in condizioni sismiche

Nel seguito verranno riportate le combinazioni di carico adottate e i coefficienti parziali di sicurezza.

8.1. PESO PROPRIO (PP)

Il peso proprio delle strutture viene definito in funzione della geometria degli elementi che compongono le sezioni e viene computato direttamente sulla base del peso specifico dei materiali.

I pesi specifici dei materiali utilizzati sono i seguenti:

- $\gamma_{cls} = 25.0 \text{ kN/m}^3$;
- $\gamma_{terreno} = 20.0 \text{ kN/m}^3$ (Se non diversamente specificato)
- $\gamma_{h20} = 10.0 \text{ kN/m}^3$ (Se presente)

Sulla base di quanto appena detto si hanno i pesi propri dei singoli elementi facendo riferimento alla geometria originale di questi (spessore, sezione) che vengono computati dal programma.

Il peso del terreno e dell'acqua per il calcolo delle spinte sono considerati come azioni permanenti. (Tab.6.2.I Cap.6 NTC2018)

8.2. PESO PROPRIO PORTATO (PP1)

Il peso portato dalle opere, quando presente, è rappresentato in massima parte dal terreno di riempimento posto davanti o a tergo dell'opera.

Il valore del carico sarà computato in funzione dello spessore (h) considerando :

- $\gamma_{terreno} = 20.0 \text{ kN/m}^3$ (Se non diversamente specificato)

PROGETTAZIONE ATI:

Assumiamo quindi per le porzioni di opera interessate che il portato vale :

- $pp1 = \gamma_{\text{terreno}} \times h \text{ kN/m}^2$

8.3. AZIONE VARIABILE (Q)

L'azione variabile è rappresentata dall'azione del traffico che si considera per il calcolo delle spinte pari a un carico uniformemente ripartito posto a tergo dell'opera (se presente):

- $q = 20.00 \text{ kN/m}^2$

8.4. AZIONE NEVE (QN)

D.M. 17-01-18 (N.T.C.)

Generali | Tipologia | Analisi | Suolo | Torsione accidentale | Analisi elastica | Spettri | Statica non lineare (pushover) | Verifiche geotecniche | Vento | **Neve**

Zona
 Zona valutata automaticamente in base alla località

Zona II

Coefficienti di forma per il carico neve

2
1.5
1
0.5
0

28.65 57.3
α [deg]

Classe topografica
 Ce
 Ct
 Tr
 qsk
 Carichi da neve

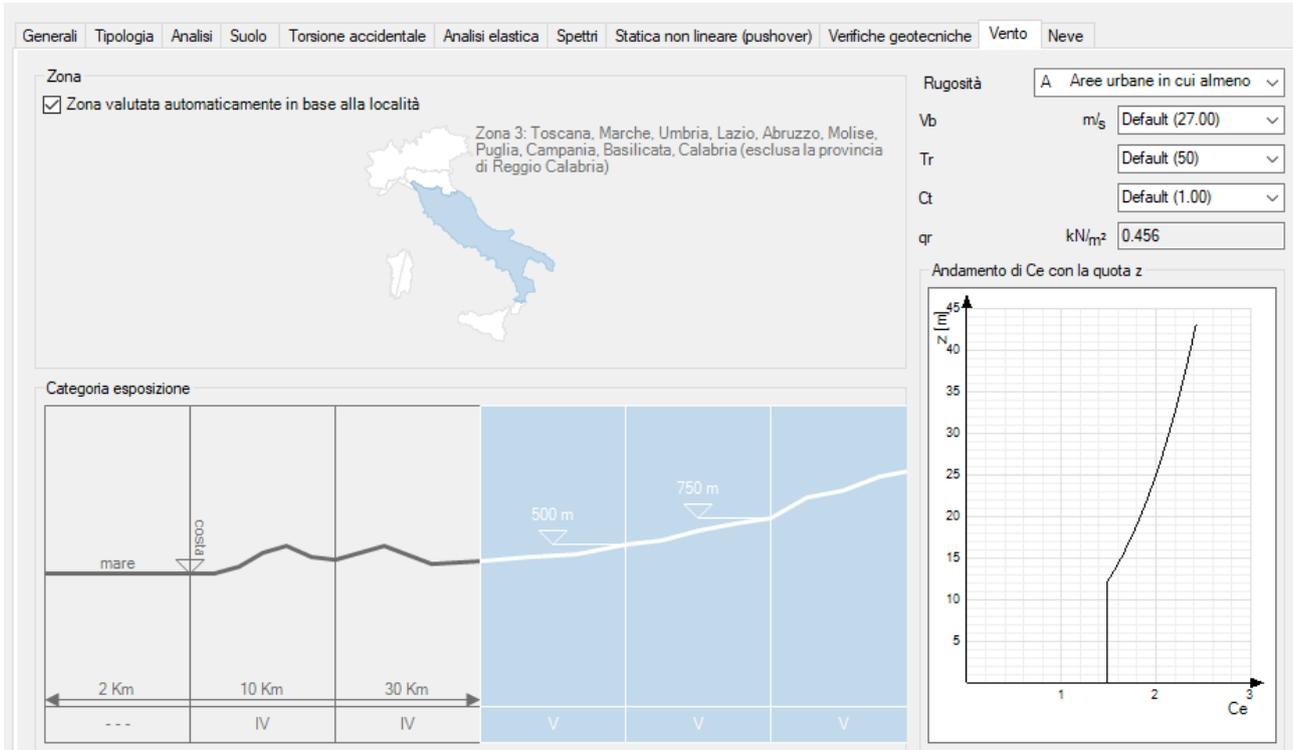
Normale Aree in cui non è presente u
 Default (1.00)
 Default (1.00)
 Default (50.00)
 kN/m² Default (1.19)
 Dettagli...

$qsk = 1.20 \text{ KN/mq}$

NOTA : Ai fini delle strutture oggetto della presente il carico della neve è irrilevante.

8.5. AZIONE VENTO (QV)

D.M. 17-01-18 (N.T.C.)



$$q_r = 0.456 \text{ kN/mq}$$

NOTA : Ai fini delle strutture oggetto della presente il carico del vento è irrilevante.

PROGETTAZIONE ATI:

8.6. AZIONI SISMICHE E SPETTRI DI PROGETTO (SLV, SLD, SLO)

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;

Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c*: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_t$ (3.2.5 DM'08)

Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale.

Le coordinate precise dell'area, sono le seguenti:

- Latitudine ED50 : 43.141599;
- Longitudine ED50 : 13.226641;

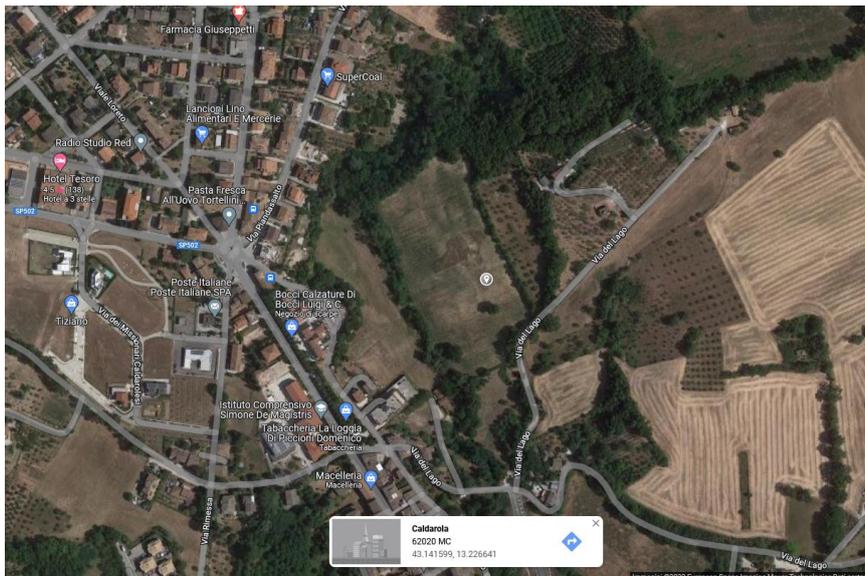


Figura 8.1 Localizzazione intervento

Si assume classe d'uso IV.

Si è assunta come vita nominale 50 anni.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

media ponderata

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="60"/>	
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="101"/>	
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="949"/>	
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1950"/>	

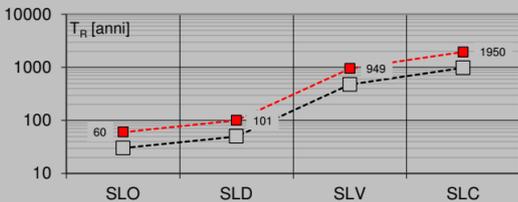
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

...■... Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

PROGETTAZIONE ATI:

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo **C** info $S_s = 1.353$ $C_c = 1.494$ info
 Categoria topografica **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_o **1** Regol. in altezza **no** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q **1** $\eta = 1.000$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0.081	2.470	0.295
SLD	101	0.099	2.475	0.312
SLV	949	0.229	2.531	0.343
SLC	1950	0.290	2.558	0.353

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Quindi risulta :

$$a_{max} = a_g \times S_t \times S_s = 0.229 \times 1.35 \times 1.00 = 0.309g$$

8.7. SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE

In fase statica, la teoria geotecnica definisce la spinta del terreno, in condizioni di rottura, funzione di tre coefficienti fondamentali: il coefficiente di spinta a riposo, di spinta attiva e di spinta passiva. In particolare, il coefficiente di spinta attiva può essere calcolato con la teoria di Coulomb, ipotizzando superfici di rottura lineari, mentre il coefficiente di spinta passiva può essere calcolato con la teoria di Caquot – Kereisel, ipotizzando superfici di rottura curvilinee.

In condizioni di equilibrio a riposo si definisce :

- Coefficiente di spinta a riposo K_o :

$$k_o = (1 - \text{sen } \varphi) \cdot OCR^{0.5}$$

Mentre in condizioni di equilibrio limite plastico, la spinta viene definita mediante due coefficienti fondamentali: il coefficiente di spinta attiva e quello di spinta passiva. In particolare, il coefficiente di spinta attiva può essere calcolato con la teoria di Coulomb, ipotizzando superfici di rottura piane, mentre il coefficiente di spinta passiva può essere calcolato con la teoria di Caquot – Kereisel, ipotizzando superfici di rottura curvilinee.

- Coefficiente di spinta attiva K_a (Teoria di Coulomb) :

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

dove:

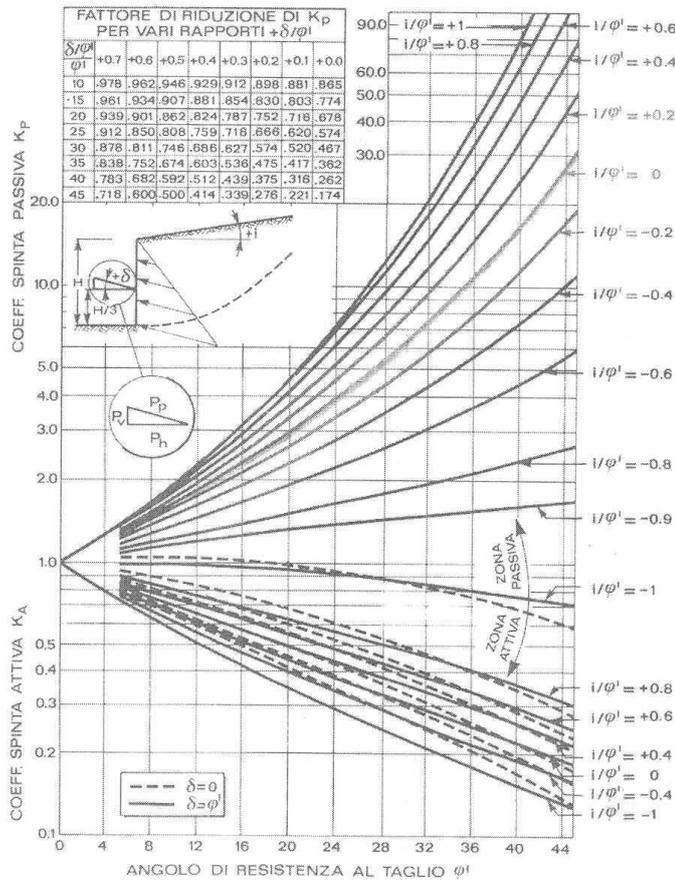
φ' è l'angolo di attrito del terreno;

β è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto all'asse verticale;

δ è l'angolo di attrito "paratia-terreno";

i è l'angolo d'inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'asse orizzontale;

- Coefficiente di spinta passiva K_p (Teoria di Caquot – Kereisel):



Visto che la paratia è realizzata in calcestruzzo armato, si impone un angolo di attrito "paratia-terreno" pari a $\delta/\phi = 0.6$; ciò significa che in corrispondenza della superficie di contatto tra paratia e terreno, la spinta agente presenta una componente verticale funzione dell'angolo δ .

Le spinte laterali causate dalle terre (ricordando di considerare l'attrito paratia-terreno), in fase statica, pertanto valgono:

$$s = \gamma \times K \times z \quad (\text{spinte per unità di lunghezza}),$$

dove:

z = profondità dal piano campagna;

γ = peso del terreno;

K = coefficiente di spinta attiva, a riposo o passiva.

Di volta in volta verrà indicato il tipo di spinta considerata.

8.8. SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE

Le azioni in fase sismica sono costituite dalla sovraspinta del terreno, dalla sovraspinta dell'eventuale presenza di edifici o altri carichi permanenti, dalla sovraspinta idrodinamica e dalle azioni inerziali delle strutture.

In fase sismica, i coefficienti di spinta attiva e passiva subiscono relativamente un aumento e una diminuzione, funzione del grado di sismicità della zona oggetto di studio. In particolare, la teoria di cui ci si avvale è quella di Mononobe – Okabe, secondo la quale i coefficienti di spinta sono espressi nel seguente modo:

$$\bullet \quad k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2(\psi) \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}}\right)^2} \Rightarrow \text{se } \beta \leq \varphi' - \theta$$

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta)} \Rightarrow \text{altrimenti}$$

$$\bullet \quad k_p = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi + \theta) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\text{sen}\varphi' \cdot \text{sen}(\varphi' + \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi + \beta) \cdot \text{sen}(\psi + \theta)}}\right)^2}$$

dove:

β è l'angolo di inclinazione rispetto all'asse orizzontale della superficie del terrapieno;

δ è il valore dell'angolo di attrito "paratia-terreno";

φ' è l'angolo d'attrito del terreno;

ψ è l'angolo di inclinazione rispetto all'asse orizzontale della superficie di monte della paratia;

θ è l'angolo che tiene conto dell'azione sismica.

Le spinte laterali provocate dai carichi permanenti o variabili a quota p.c., vengono valutate in maniera analoga a quanto detto sopra, per cui:

$$s_2 = p \times K \quad (\text{spinte per unità di lunghezza}),$$

dove:

p = carico permanente o variabile;

K = coefficiente di spinta attiva, a riposo o passiva.

Nel caso in cui la struttura sia rigida, tale da non mobilitare uno stato di spinta attiva a monte (quale è il caso delle opere con diaframmi puntellati, delle strutture scatolari, dei pozzi, etc), facciamo riferimento alla **teoria di Wood**.

La sovraspinta sismica del terreno a tergo dell'opera è modellata con il metodo di Wood (1973). Tale metodo si basa sull'ipotesi che la parete interrata sia soggetta a deformazioni limitate, tali da poter assumere che il terreno si trovi in fase elastica sia in condizioni statiche che durante il sisma.

La spinta totale di progetto E_d esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno, è data da:

$$E_d = \frac{a_g}{g} \cdot S\gamma^* \cdot H^2$$

dove:

a_g/g è l'accelerazione di progetto attesa al sito;

S è il coefficiente di sottosuolo;

γ^* è il peso specifico del terreno (definito di seguito);

H è l'altezza del muro.

La spinta ha punto di applicazione a metà dell'altezza H del muro, il che equivale ad applicare una pressione uniforme:

$$p = \frac{a_g}{g} \cdot S\gamma^* \cdot H$$

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h \cdot W$$

dove W è il peso degli elementi e dei sovraccarichi permanenti portati e va applicata nel baricentro dei pesi.

Nota : Caso per caso è specificato il tipo di spinta che sarà adottato.

9. COMBINAZIONI DI CARICO

Sono state analizzate le combinazioni di carico agli stati limite ultimi distinguendo lo stato limite di resistenza della struttura (STR), facente riferimento ai coefficienti parziali A1 e del sistema struttura terreno (GEO) facendo riferimento ai coefficienti A2.

Le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1" per le paratie, utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle seguenti per i parametri geotecnici e le azioni.

Combinazione 1 → (A1+M1+R1) STR
 Combinazione 2 → (A2+M2+R2) GEO

o secondo l'approccio progettuale "Approccio 2" per i muri di sostegno, utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle seguenti per i parametri geotecnici e le azioni.

Combinazione 1 → (A1+M1+R3) STR/GEO

Coefficienti parziali delle azioni :

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Coefficienti parziali delle resistenze :

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Coeff. parziali per le verifiche di sollevamento :

Tab. 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Coeff. parziali per i muri di sostegno

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

Per le paratie le verifiche saranno eseguite seguendo l'Approccio 1 attraverso le 2 combinazioni sopra citate per le verifiche strutturali che geotecniche.

Per i muro di sostegno si segue l'Approccio 2.

In linea generale per quanto concerne le combinazioni:

La norma al §2.5.3 definisce le combinazioni delle azioni in funzione dello stato limite considerato e i coefficienti ψ_{ij} di combinazione delle azioni:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]

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

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

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \cdot \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo "+" vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono dati nel § 2.6.1.

Dove:

- G_1, G_2 = carichi permanenti al loro valore caratteristico
- Q_{kj} = carichi variabili al loro valore caratteristico
- ψ_{2j} = coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile Q_i .

10. VERIFICA DELLE PARATIE DI PALI

La modellazione è eseguita in conformità con il CAP. 10 delle NTC2018

10.1. CODICE DI CALCOLO PARATIE 22

10.1.1. ORIGINE DEL CODICI DI CALCOLO

L'analisi strutturale e geotecnica della paratia è eseguita con il software di calcolo "PARATIE 22." di HarpaCeas s.r.l.

PARATIE 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.

Il problema è ricondotto ad un problema 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.

La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie, eventualmente tirantate, viene seguita in tutte le varie fasi attraverso due tipi di analisi :

- 1) Analisi classica tramite metodi all' equilibrio limite
- 2) Analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati. Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elastoplastico, 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.

10.1.2. GIUDIZIO AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO

A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni anormali. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. 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.

10.1.3. MODALITÀ PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

La Relazione Tecnica, per chiarire ulteriormente i valori numerici di ogni elaborazione, riporta disegni, tabelle e schemi grafici rappresentativi delle parti più sollecitate della struttura e delle principali caratteristiche della sollecitazione, nonché i diagrammi di involuppo associati alle combinazioni di carichi considerate, le configurazioni deformate e gli schemi grafici con la rappresentazione delle azioni applicate. Si riporta nel seguito una breve descrizione delle convenzioni sui segni e delle simbologie adottate da **PARATIE 2017**, distribuito da HarpaCeas.

Modalità di presentazione dei risultati.

La presente relazione, oltre a illustrare in modo esaustivo i dati in ingresso e i risultati delle analisi in forma tabellare, riporta una serie di immagini: per i dati in ingresso:

- modello solido della struttura
- numerazione di nodi e ed elementi
- configurazioni di carico statiche
- configurazioni di carico sismiche con baricentri delle masse e eccentricità per le combinazioni più significative (statisticamente più gravose per la struttura)
- configurazioni deformate
- diagrammi e involuppi delle azioni interne
- mappe delle tensioni per il progetto-verifica degli elementi
- mappe delle verifiche più significative per i vari stati limite

- **Convenzioni di Output e convenzioni :**

Le coordinate, i carichi, i cedimenti, le reazioni vincolari e gli spostamenti dei NODI sono riferiti ad una terna destra cartesiana globale con l'asse Z verticale rivolto verso l'alto e l'asse Y verso destra.

I dati di "input" del modello sono:

1. Proprietà geotecniche del terreno;
2. Carichi agenti a monte e a valle delle paratie;
3. Vincoli (soletta);
4. Quote di scavo.

Per simulare l'incastro parziale che la soletta offre ai pali, può essere inserita una molla rotazionale in testa ai pali oppure inserire la soletta con la sua sezione in termini di rigidezza flessionale (EJ) ed assiale (EA).

I valori delle sollecitazioni saranno a metro di profondità di struttura.

10.1.4. CONFIGURAZIONE HARDWARE

I programmi sono fatti girare su workstation avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Tipo Pentium i-7 3770Mhz
- Memoria centrale 16Gb;
- Lunghezza in bit della parola 64 bit;
- Memoria di massa 1 Hard disk da 2 Tb.

10.2. CRITERI DI VERIFICA SECONDO NTC2018

ANALISI IN CONDIZIONI STATICHE PER PARATIE (par.6.5.3.1.2)

Secondo le NTC2018 in linea generale per le paratie come opere di sostegno:

“Per le paratie si devono considerare almeno i seguenti stati limite ultimi, accertando che la condizione [6.2.1.NTC2018] sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)*
 - collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
 - collasso per carico limite verticale;
 - sfilamento di uno o più ancoraggi;
 - instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
 - instabilità del fondo scavo per sollevamento;
 - sifonamento del fondo scavo;
 - instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
 - raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
 - raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

Verifiche di sicurezza:

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la **Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1**, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II.NTC2018 e 6.8.I.NTC2018

Le verifiche nei riguardi degli stati limite idraulici (*UPL* e *HYD*) devono essere eseguite come descritto nel § 6.2.4.2.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1 considerando le due combinazioni di coefficienti:

- **Combinazione 1: (A1+M1+R1)**
- **Combinazione 2: (A2+M2+R1)**

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I.NTC2018 e 6.2.II.NTC2018, con i coefficienti γ_R del gruppo **R1 pari all'unità**.

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli eventuali ancoraggi, puntoni o strutture di controventamento.

Fermo restando quanto specificato nel § 6.5.3.1.1 NTC2018 per il calcolo delle spinte, per valori dell'angolo d'attrito tra terreno e parete $\delta > \phi'/2$, ai fini della valutazione della resistenza passiva è necessario tener conto della non planarità delle superfici di scorrimento.

ANALISI IN CONDIZIONI SISMICHE PER PARATIE (par.7.11.6.3)

L'analisi delle paratie in condizioni sismiche può essere eseguita con specifici metodi di analisi dinamica o mediante metodi pseudo-statici.

Nei metodi pseudo-statici l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente, costante nello spazio e nel tempo.

PROGETTAZIONE ATI:

Le componenti orizzontale e verticale a_h e a_v dell'accelerazione equivalente devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto sismico atteso nel volume di terreno significativo per l'opera e della capacità dell'opera di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, a_h può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad [7.11.9]$$

dove g è l'accelerazione di gravità, k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale, $\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera e $\beta \leq 1$ è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza.

Per le paratie si può porre $\alpha = 0$.

L'accelerazione di picco a_{max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, oppure come :

$$a_{max} = S \cdot a_g = (S_S \cdot S_T) \cdot a_g \quad [7.11.10]$$

dove S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al §3.2.3.2NTC2018, ed a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Il valore del coefficiente α può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma di Fig. 7.11.2.NTC2018

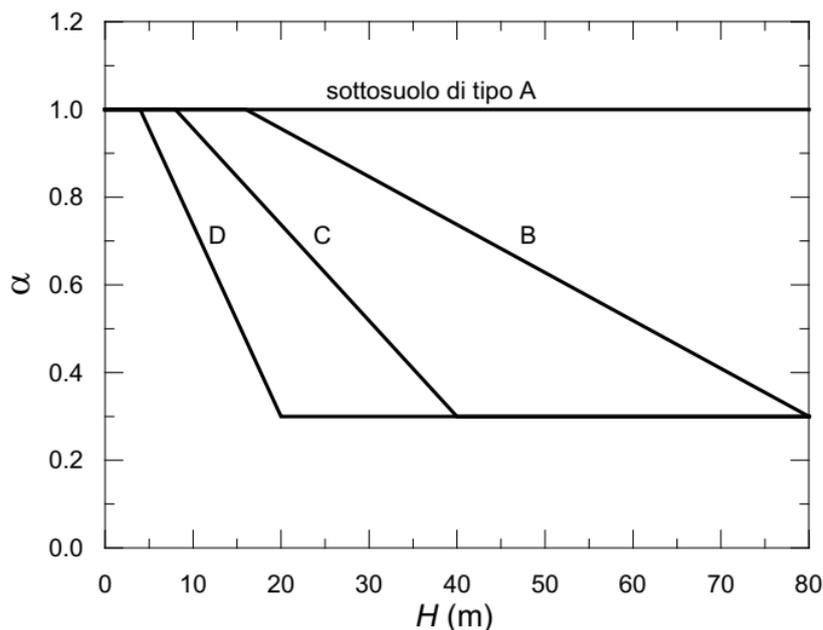


Fig. 7.11.2 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente V_s .

Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

PROGETTAZIONE ATI:

Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma di Fig. 7.11.3.NTC2018, in funzione del massimo spostamento permanente u_s che l'opera può tollerare, verificando l'effettivo sviluppo di meccanismi duttili nel sistema. In assenza di tale verifica, il coefficiente β vale 1.

Per $u_s = 0$ è $\beta = 1$. Deve comunque risultare:

$$u_s \leq 0,005 \cdot H \quad [7.11.11]$$

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0,2$ deve assumersi $kh = 0,2 \cdot a_{max} / g$.

Possono inoltre essere trascurati gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la paratia. Per valori dell'angolo di resistenza al taglio tra terreno e parete $\delta > \phi'/2$, ai fini della valutazione della resistenza passiva è necessario tener conto della non planarità delle superfici di scorrimento.

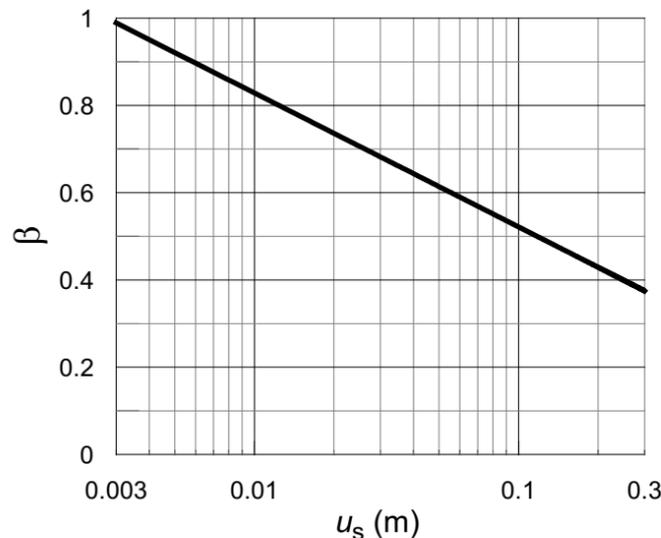


Fig. 7.11.3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

Verifiche di sicurezza :

Per paratie realizzate in corrispondenza di versanti o in prossimità di pendii naturali devono essere soddisfatte le condizioni di stabilità del pendio, in presenza della nuova opera, con i metodi di analisi di cui al § 7.11.3.5 NTC2018. Deve inoltre essere soddisfatta la verifica di stabilità del complesso paratia-terreno con i criteri indicati al § 7.11.4.

Per le paratie devono essere soddisfatte le condizioni di sicurezza nei confronti dei possibili stati limite ultimi (SLV) verificando il rispetto della condizione [6.2.1 NTC2018] con i coefficienti di sicurezza parziali prescritti al § 7.11.1. NTC2018.

Nelle verifiche, per azioni s'intendono le risultanti delle spinte a tergo della paratia e per resistenze s'intendono le risultanti delle spinte a valle della paratia e le reazioni dei sistemi di vincolo.

La paratia è multi vincolata è quindi da considerarsi come opera rigida. La spinta è determinata dal programma Paratie2022 con il metodo di wood.

Per l'opera in esame si assumono i seguenti parametri:

Opzioni Sisma (attive solo nell'ultima fase)

Opzioni

Includi Azione Sismica

1. Definizione accelerazione

Coefficiente accel. base a_g / g

Fattore importanza I

Coefficiente S_s

Coefficiente S_T

$a_{max} / g =$

2. Accelerazione di calcolo

Eurocodice

Calcolo coefficiente di risposta R

Input diretto

Da formule

U_s m T_c s

V_{max} m/s V_{max}/a_{max}

R=

NTC

$U_s =$ m

$\beta =$

$\alpha =$

$k_h = \alpha \beta a_{max}$

3. Definizione calcolo

Modalità spinta Paratia fuori terra
 Paratia intera

Comportamento idraulico Terreno pervio
 Terreno impervio

k_{vu} (% k_h)

k_{vd} (% k_h)

R_u

Includi inerzia paratia

4. Metodo di calcolo

Procedura Automatica (Paratie)

Pressione di Wood [0-1]

Valore Applicato

Manuale (Carichi Esterni)

Comportamento Paratia Flessibile (usa k_h)
 Rigido (usa a_{max})

Metodo Wood
 Mononobe-Okabe
 Semirigido

B= $\alpha_1 =$ $\alpha_2 =$

Correlazione $\alpha_1 - \alpha_2$

a_{max} / g (without ductility) = k_h / g (including ductility) = (NTC)

10.3. MODELLAZIONE DELLA GALLERIA

La modellazione dell'opera è fatta con paratie 22, nel rispetto della normativa vigente.

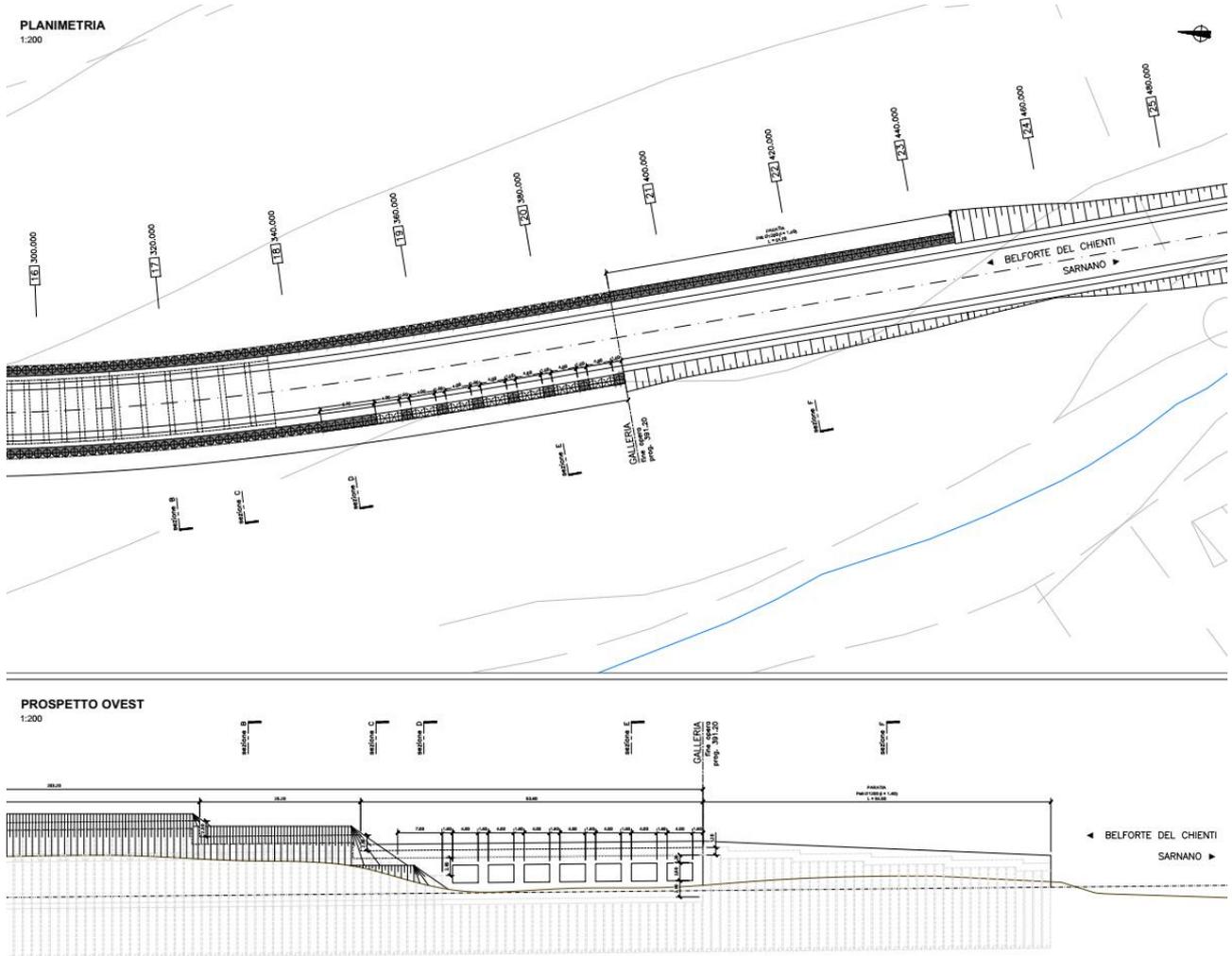


Figura 10.1 Planimetria e prospetto

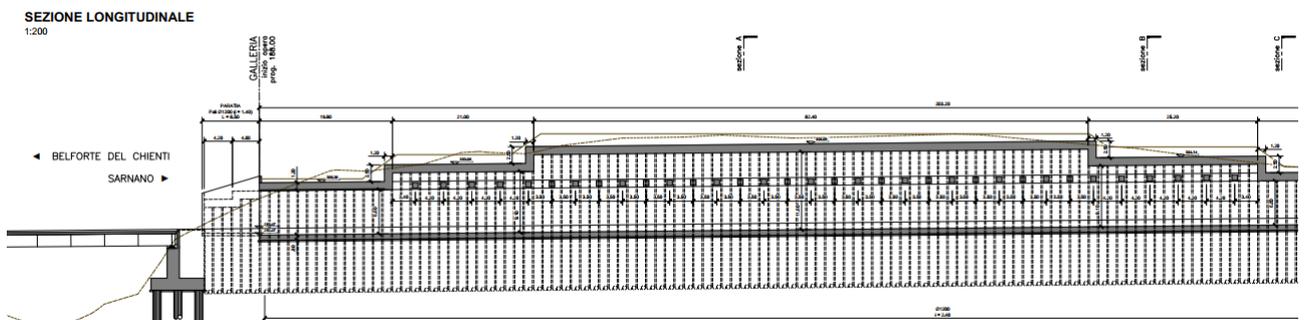


Figura 10.2 Sezione longitudinale

PROGETTAZIONE ATI:

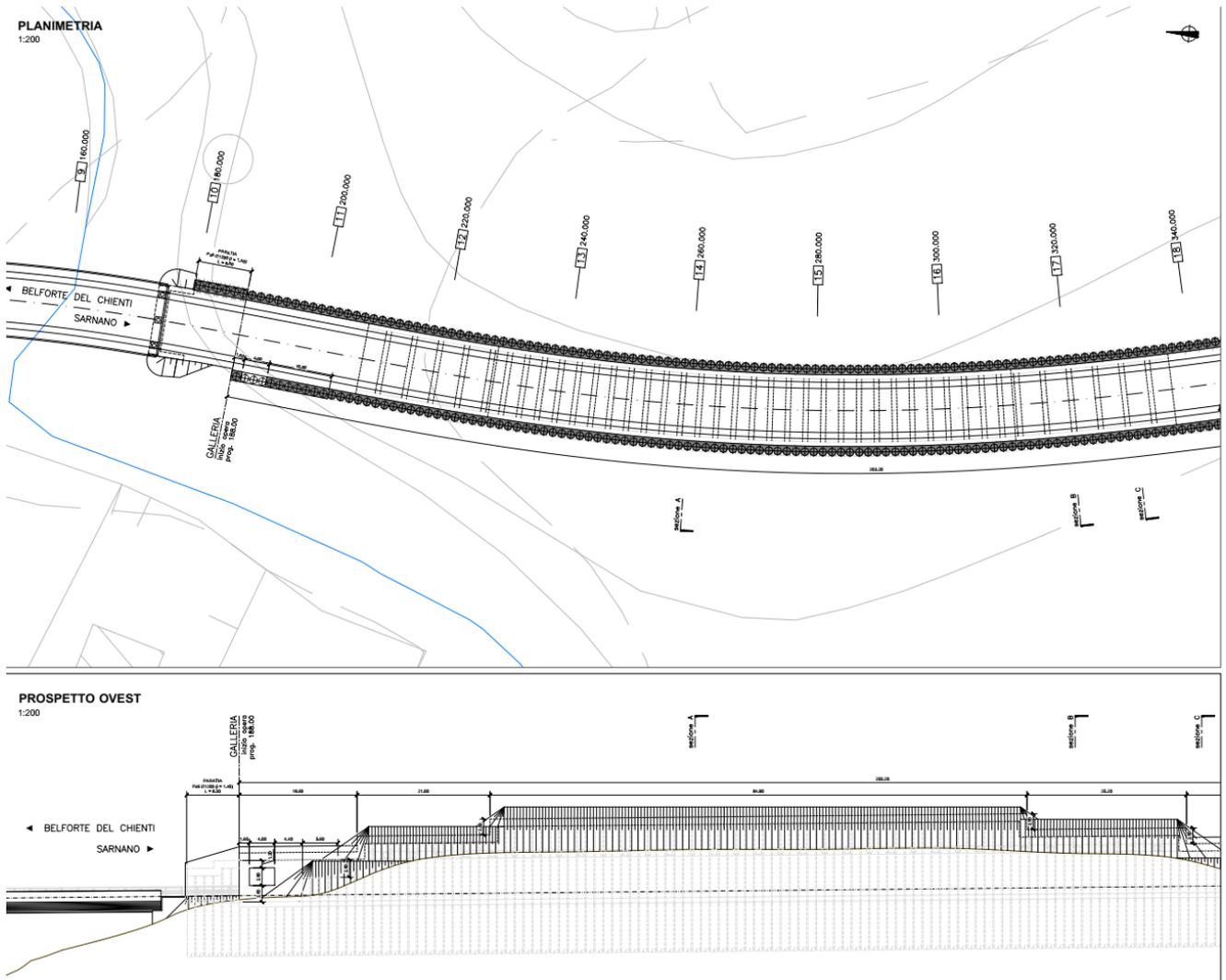


Figura 10.3 Planimetria e prospetto

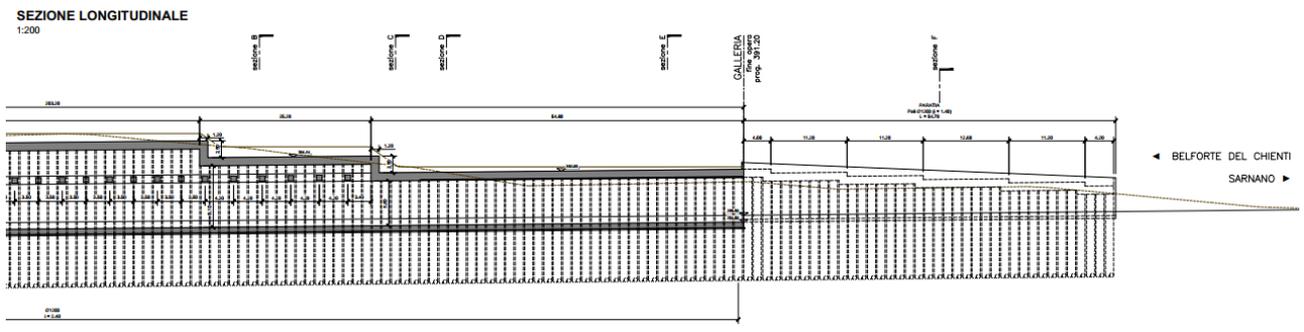


Figura 10.4 Sezione longitudinale

PROGETTAZIONE ATI:

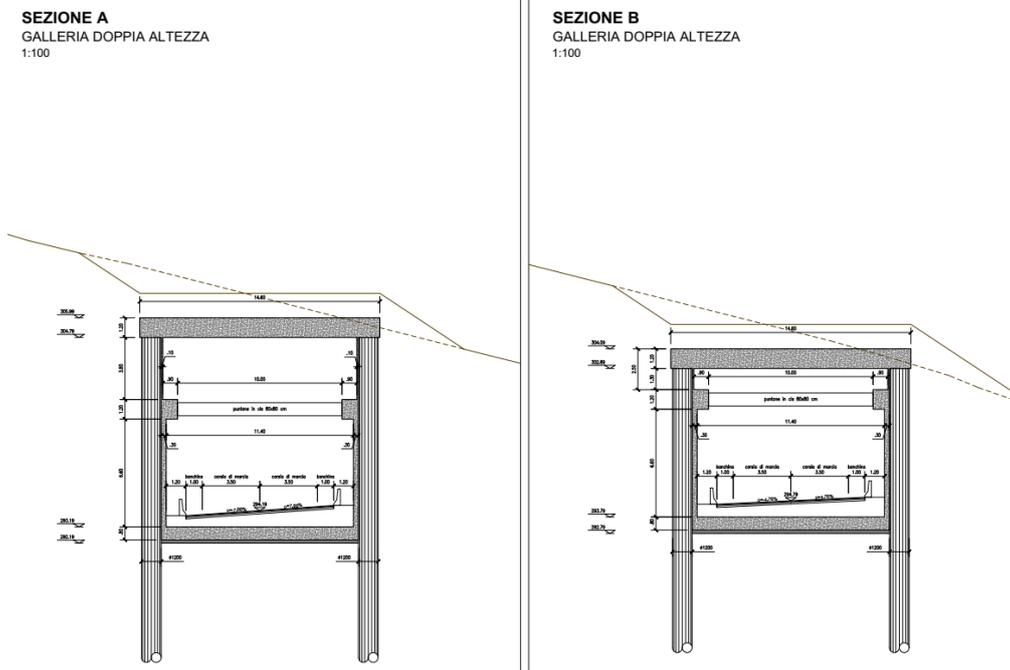


Figura 10.5 Sezioni tipo

SEZIONE C
GALLERIA STANDARD
1:100

SEZIONE D
GALLERIA STANDARD
1:100

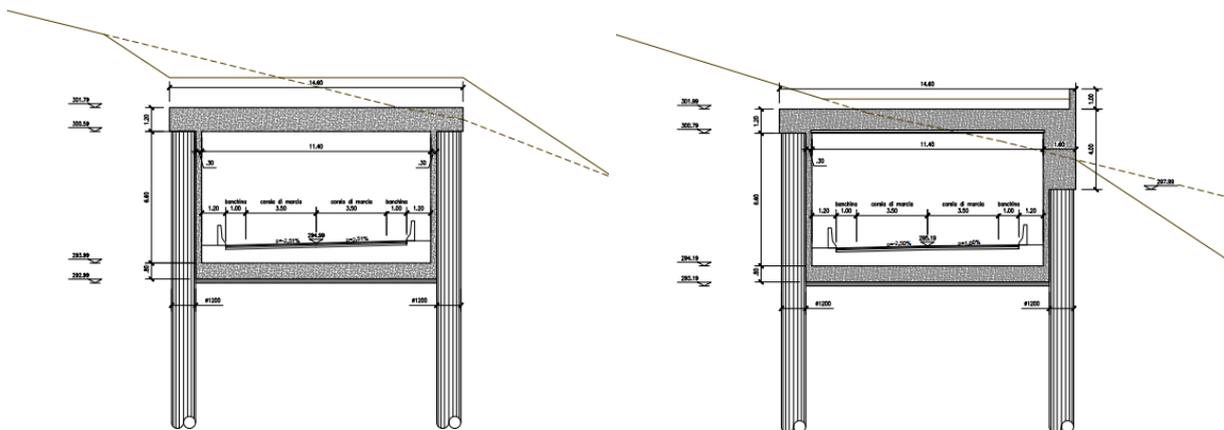
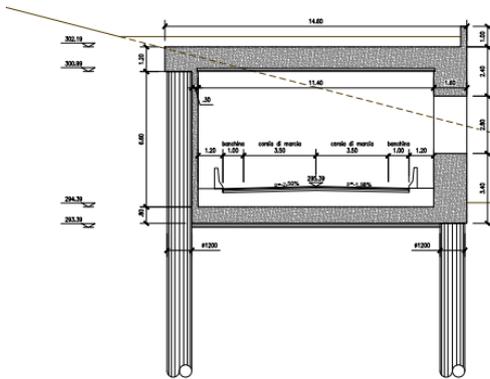


Figura 10.6 Sezioni tipo

PROGETTAZIONE ATI:

SEZIONE E
GALLERIA FINESTRATA
1:100



SEZIONE F
PARATIA
1:100

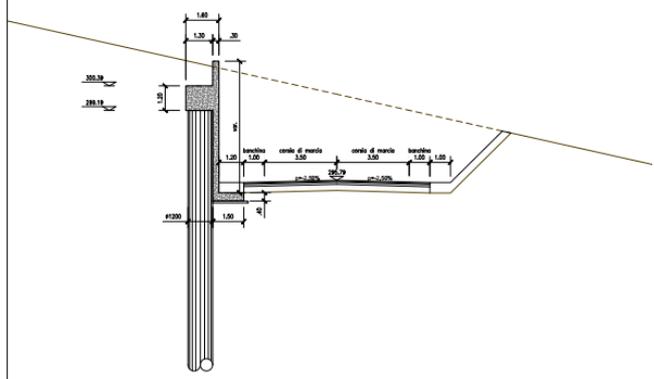


Figura 10.7 Sezioni tipo

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici relativi.

FASISTICA REALIZZATIVA:

- 1) Realizzazione dei pali
- 2) Realizzazione della soletta di copertura
- 3) Scavo fino alla quota puntello
- 4) Messa in opera dei puntelli in cls
- 5) Scavo fino a fondo scavo
- 6) Realizzazione della soletta di fondo
- 7) Fodere in risalita.
- 8) Finiture

Nel seguito si verificano le 3 sezioni tipo più significative: TIPO A – TIPO C - TIPO F

PROGETTAZIONE ATI:

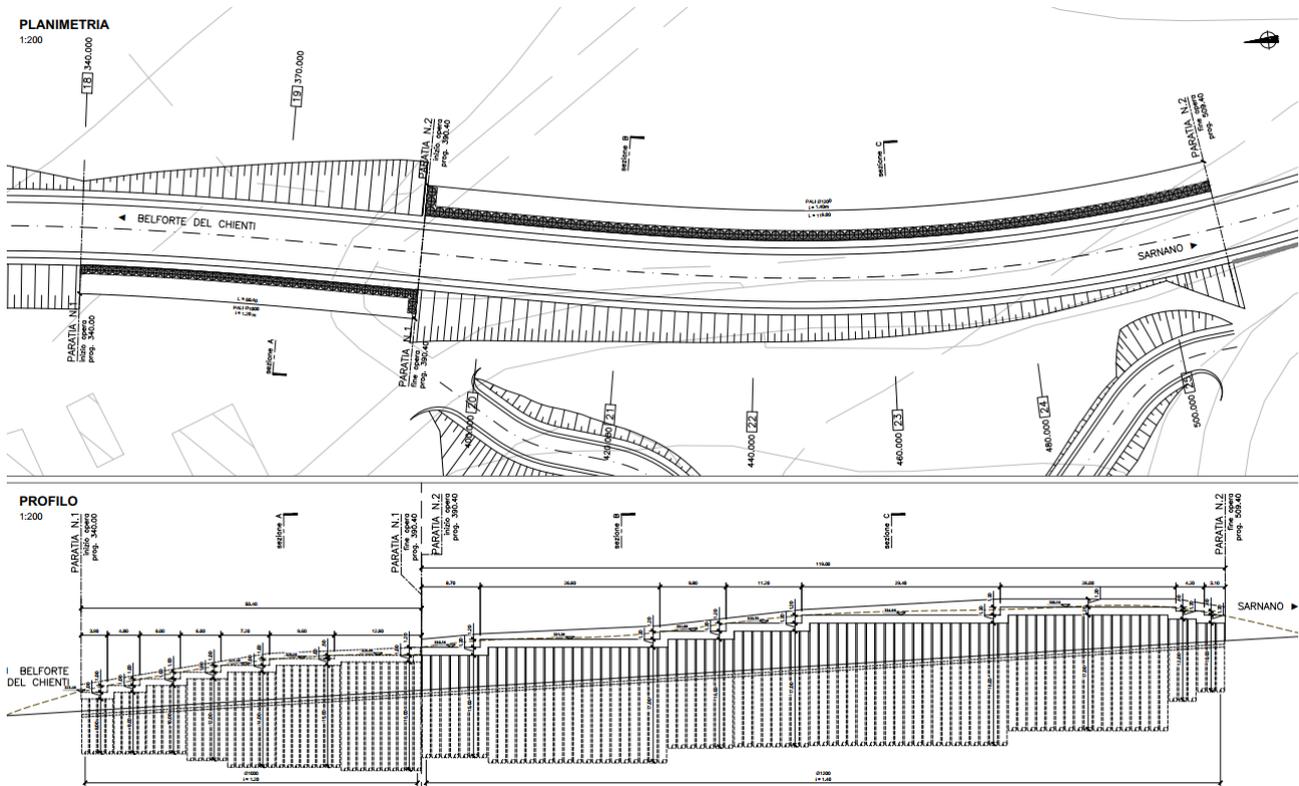


Figura 10.8 Planimetria e profilo

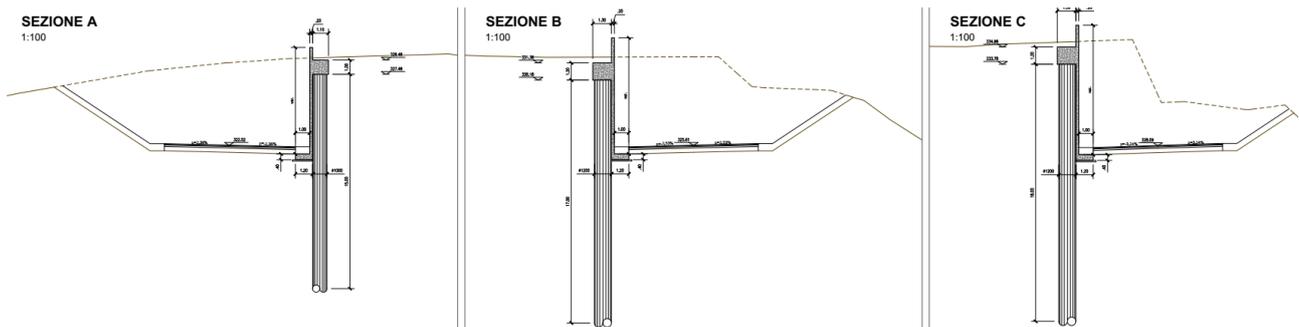
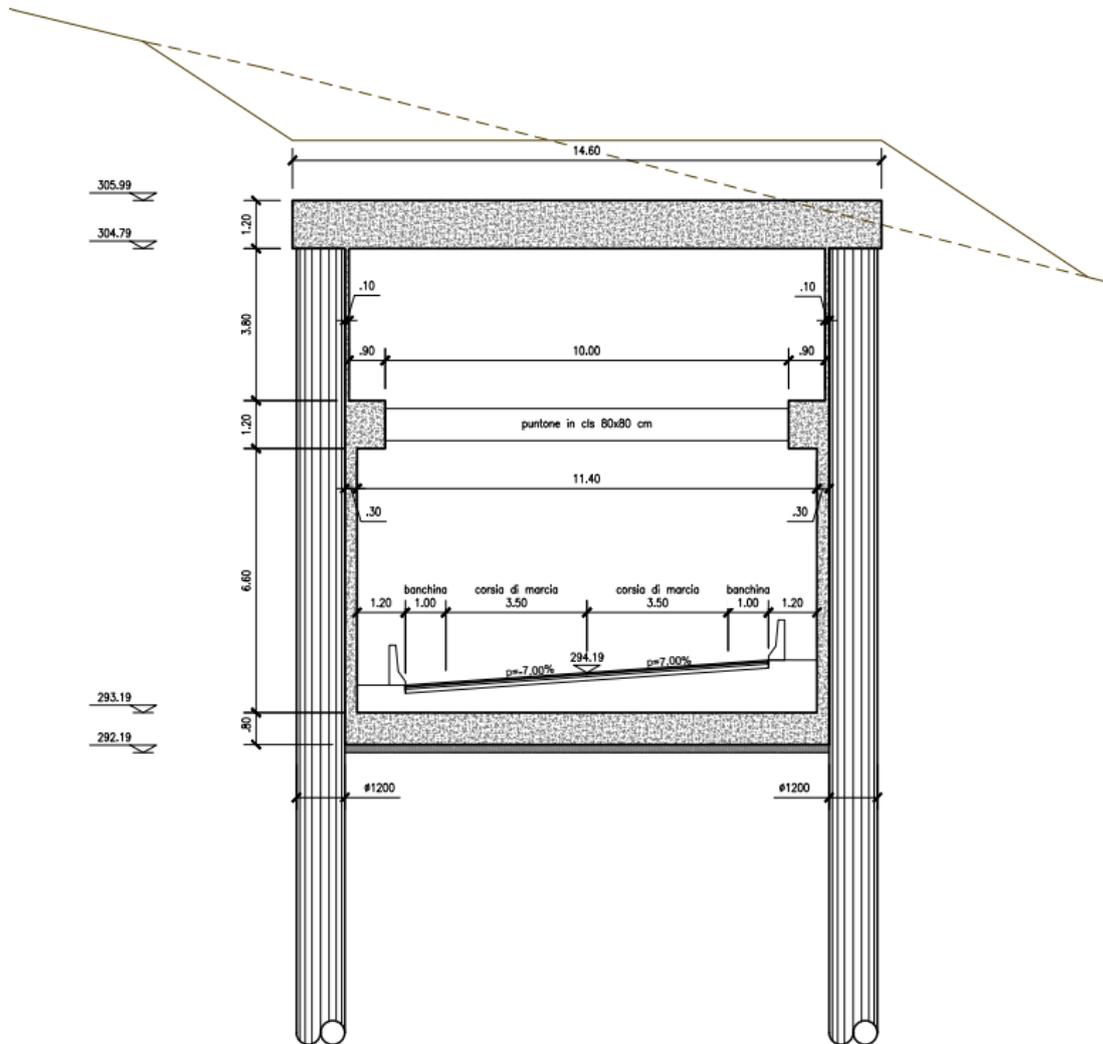


Figura 10.9 Sezioni tipo

PROGETTAZIONE ATI:

10.3.1. SEZIONE TIPO A-A

10.3.1.1 Geometria



La sezione è caratterizzata da:

- Ricoprimento finale in terreno H=1.50m
- Paratie di pali $\phi 1200$ i=1.40m L=20.00m
- Soletta di fondo sp. 0.80m
- Soletta di copertura sp.1.20m
- Fodere sp. 30cm
- Puntelli in c.a. presenti in FC e FF sezione 80x80 i=3.50m

PROGETTAZIONE ATI:

- ANALISI : Statica elastoplastica incrementale. Azione sismica pseudo-statica (wood).

- GEOMETRIA DELLA PARATIA :

SEZIONE A: Pali $\phi 1200$ interasse $i=1.40m$ in calcestruzzo C28/35 per tutto lo sviluppo di sez. A

- STAGE CONSIDERATI

STAGE 1 – Profilo terreno naturale (come da rilievo in sito)

STAGE 2 – Esecuzione della paratia di pali

STAGE 3/4 – Scavo a -1.20m ed esecuzione soletta di copertura sp.1.20m

STAGE 5 – Scavo alla quota di realizzazione puntelli 80x80 $i=3.5m$ (-6.5m)

STAGE 6 – Realizzazione puntelli e scavo a quota realizzazione soletta di fondo (-14m)

STAGE 7/8 – Applicazione azione terreno di ricoprimento $q=1.5 \times 20=30kN/mq$

STAGE 9 – Applicazione spinta a riposo k_0

STAGE 10/11 – Applicazione dell'azione sismica pseudo statica WOOD

- COMBINAZIONI DI CARICO e FATTORI PARZIALI

Il programma considera i seguenti fattori parziali per ogni combinazione:

Nome	Stato Limite	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)
		A	A	A	A	A
		γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}
Nominal	UNDEFINED	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>
SLE (Rara)	SERVICE	1	1	1	1	<input type="checkbox"/>
A1+M1+R1	ULTIMATE	1.3	1	1.5	1	<input type="checkbox"/>
A2+M2+R1	ULTIMATE	1	1	1.3	1	<input type="checkbox"/>
SISMICA STR	ULTIMATE	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>
SISMICA GEO	ULTIMATE	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>

Parziale su $\tan(\phi)$ (F_Fr)	Parziale su c (F_eff_cohes)	Parziale su S_u (F_Su)
M	M	M
γ_{ϕ}	γ_c	γ_{cu}
1	1	1
1	1	1
1	1	1
1.25	1.25	1.4
1	1	1
1.25	1.25	1.4

10.3.1.2 Modellazione

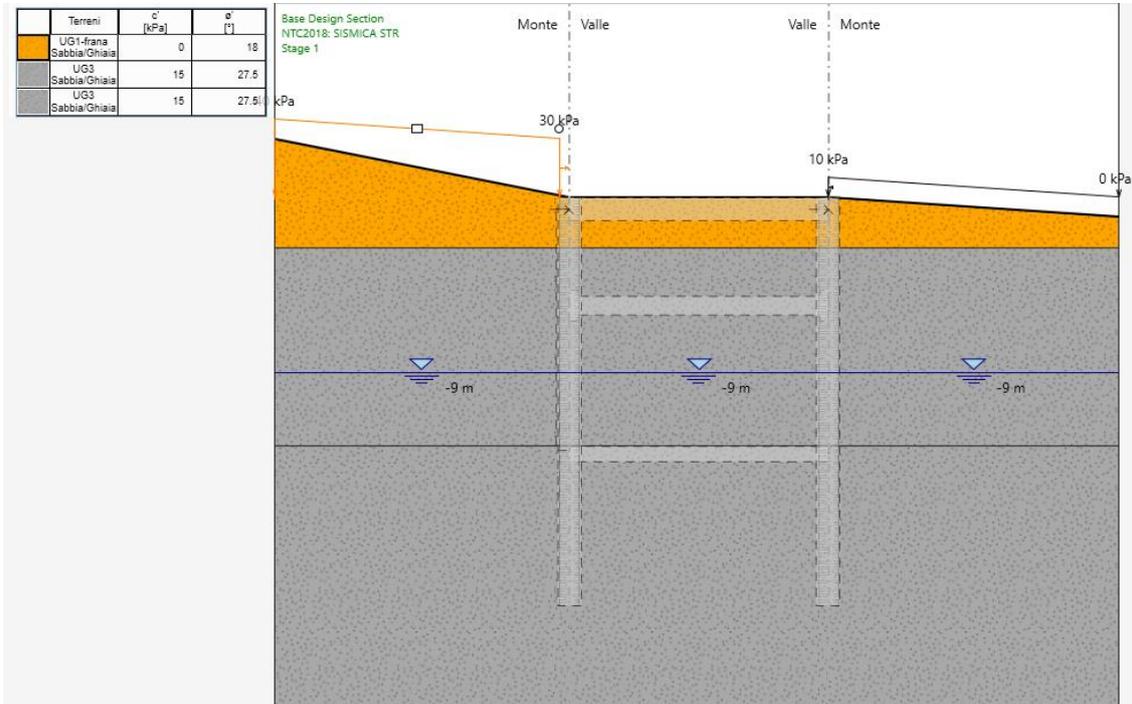


Figura 10: Sezione – STAGE 1

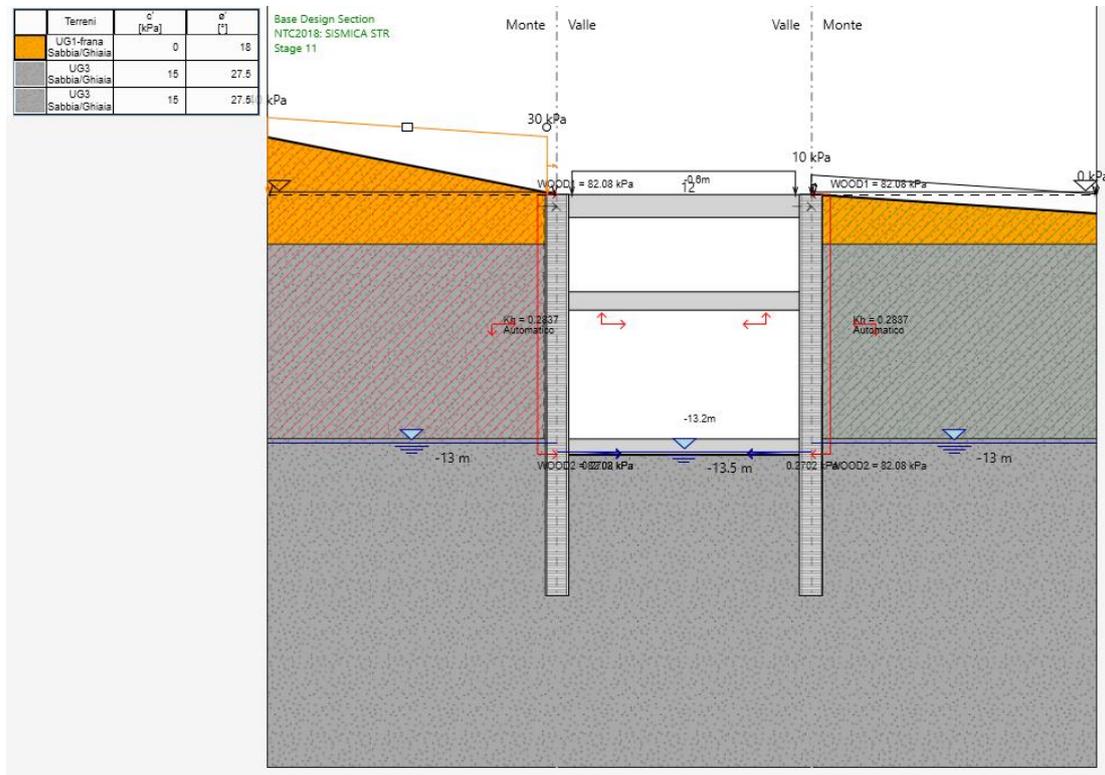


Figura 11: Sezione – STAGE 11

PROGETTAZIONE ATI:

IPOSTESI DI MODELLAZIONE

Lo schema di calcolo della paratia è a paratia multi vincolata nel terreno modellato come una serie di molle elastoplastiche dal programma PARATIE22.

Sezione della paratia:

Htot = 21.2m – Hpali = 20.00m con profilo terreno (vedi cap.5)

Coeff. di spinta del terreno in fase 11

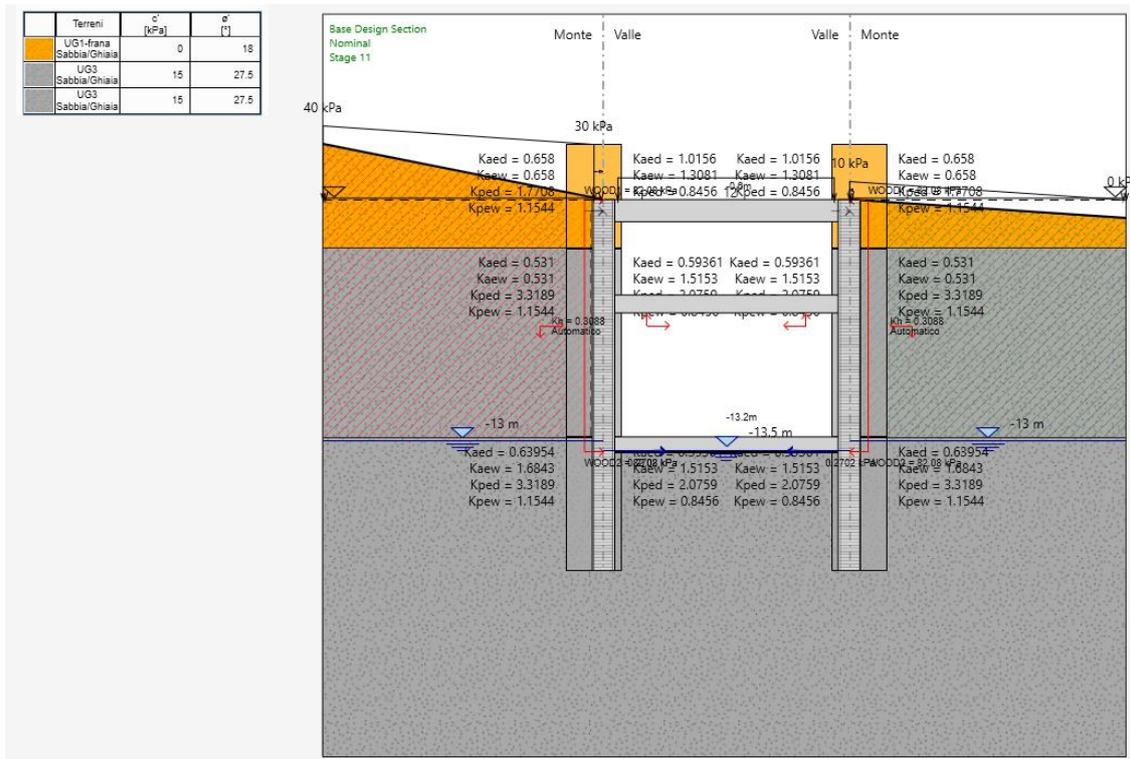


Figura 12: Ipotesi di modellazione

La falda interna ed esterna si considera a fondo scavo.

Sovraccarico a tergo della paratia simula la presenza di terreno del pendio.

Si trascura la presenza della fodera in FF che si farà comunque carico dell'eventuale spinta idrostatica (infatti la paratia di pali non può farsene carico per sua natura).

ARMATURA DEL PALO L=20.00 m

Armatura longitudinale del palo : 48φ30 (massima 64φ30)

Armatura trasversale del palo : φ14 / 10

Lo schema di calcolo della paratia è multi vincolata immersa nel terreno modellato come una serie di molle elastoplastiche.

10.3.1.3 Risultati e verifiche della modellazione

Si riporta il rapporto del programma di verifica

```
DESIGN SECTION <Base Design Section>
Summary will be issued for the following Design assumptions
<Nominal>
<NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>
<NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)>
<NTC2018: A2+M2+R1>
<NTC2018: SISMICA STR>
<NTC2018: SISMICA GEO>
TYPE: <n.a>
TYPE: <SERVICE>
TYPE: <ULTIMATE>
TYPE: <ULTIMATE>
TYPE: <ULTIMATE>
TYPE: <ULTIMATE>
```

Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

(Stage 4)	Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -7.1 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)
	Max. spostamento laterale [mm]	40.03	Z = 0 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
	Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.13		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 1)
	Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.65		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)

Risultati Elementi parete (Beam)

(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)	WallElement_New_Max. momento (assoluto) [kNm/m]	1131.61	Z = -9.9 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)	Max. taglio [kN/m]	672.33	Z = -5.7 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.451	Z = -9.9 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.451	Z = -9.9 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.247	Z = -9.9 m	D.A. NTC2018: SLE

Parete <Right wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

(Stage 10)	Min. spostamento laterale [mm]	-12.29	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)
	Max. spostamento laterale [mm]	38.43	Z = 0 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
	Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.61		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)
	Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.17		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)

Risultati Elementi parete (Beam)

(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)	WallElement_New_Max. momento (assoluto) [kNm/m]	2095.93	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)	Max. taglio [kN/m]	841.54	Z = -5.7 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.835	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.835	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.5	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SLE

Risultati puntoni (truss)

Strut (1 / 3.5 m)	Max. forza [kN]	0	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 5)
	Min. forza [kN]	-3758.91	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)

Risultati elementi soletta (Slab)

Slab_New	Max. forza assiale [kN/m]	81.31	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)
	Min. forza assiale [kN/m]	-558.65	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	0.96	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
Slab	Max. forza assiale [kN/m]	0	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 3)
	Min. forza assiale [kN/m]	-300.74	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	2093.99	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)>

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

	Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.13	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 1)
	Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.65	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 6)

Risultati Elementi parete (Beam)

tiranti) (Stage 10)	WallElement_New_Max. momento (assoluto) [kNm/m]	1474.69	Z = -9.9 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
(Stage 10)	Max. taglio [kN/m]	873.27	Z = -5.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)
tiranti) (Stage 10)	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.394	Z = -9.9 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

PROGETTAZIONE ATI:

OPERE D'ARTE MAGGIORI – GALLERIE ARTIFICIALI 1 E 2– RELAZIONE DI CALCOLO

tiranti) (Stage 10)	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.545	Z = -5.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
tiranti) (Stage 11)	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
tiranti) (Stage 11)	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
(Stage 11)	Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Parete <Right wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.61	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 6)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.17	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New_New (R3 per tiranti) (Stage 10)	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	2782.02	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1
tiranti) (Stage 10)	Max. taglio [kN/m]	1093.19	Z = -5.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
(R3 per tiranti) (Stage 10)	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.743	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1	
(R3 per tiranti) (Stage 10)	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.682	Z = -5.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1	
(R3 per tiranti) (Stage 11)	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1	
(R3 per tiranti) (Stage 11)	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1	
tiranti) (Stage 11)	Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per	

Risultati puntoni (truss)

Strut (1 / 3.5 m)	Max. forza [kN]	0	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 5)
	Min. forza [kN]	-4838.49	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)

Risultati elementi soletta (Slab)

Slab_New	Max. forza assiale [kN/m]	105.72	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 7)
	Min. forza assiale [kN/m]	-726.82	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	1.25	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
Slab	Max. forza assiale [kN/m]	0	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 3)
	Min. forza assiale [kN/m]	-403.94	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	2779.51	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.17	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.98	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New_Max	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	1234.16	Z = -5.6 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 8)
	Max. taglio [kN/m]	813.71	Z = -5.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.329	Z = -5.6 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 8)	
	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.508	Z = -5.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)	
	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)	
	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)	
	Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)	

Parete <Right wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.89	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.24	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New_Max (Stage 10)	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	2144.93	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1
(Stage 10)	Max. taglio [kN/m]	970.32	Z = -5.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
(Stage 10)	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.573	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1	
(Stage 10)	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.605	Z = -5.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1	
(Stage 11)	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1	
(Stage 11)	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1	
(Stage 11)	Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)	

Risultati puntoni (truss)

Strut (1 / 3.5 m)	Max. forza [kN]	0	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 5)
	Min. forza [kN]	-4640.74	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)

Risultati elementi soletta (Slab)

Slab_New	Max. forza assiale [kN/m]	81.46	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)
	Min. forza assiale [kN/m]	-528.92	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	1.03	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
Slab	Max. forza assiale [kN/m]	46.8	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 8)
	Min. forza assiale [kN/m]	-255.16	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 5)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	2143.29	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)

Riepilogo per la DA <NTC2018: SISMICA STR>

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.24	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
--------------------------------------------------------	--------------------------------------

PROGETTAZIONE ATI:

OPERE D'ARTE MAGGIORI – GALLERIE ARTIFICIALI 1 E 2– RELAZIONE DI CALCOLO

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.99 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)

Risultati Elementi parete (Beam)

11)	WallElement_New_New	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	4571.58	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
		Max. taglio [kN/m]	1416.62	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
11)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.951	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
11)		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.884	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
11)		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
11)		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
11)		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)

Parete <Right wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.92 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.27 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)

Risultati Elementi parete (Beam)

(Stage 11)	WallElement_New_New_New	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	4085.33	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
11)		Max. taglio [kN/m]	1487.9	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
(Stage 11)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.85	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
(Stage 11)		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.928	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
(Stage 11)		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
(Stage 11)		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
11)		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)

Risultati puntoni (truss)

Strut (1 / 3.5 m) Max. forza [kN] 0 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 5)
Min. forza [kN] -3758.91 D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 10)

Risultati elementi soletta (Slab)

Slab_New	Max. forza assiale [kN/m]	81.31	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 7)
	Min. forza assiale [kN/m]	-2590.21	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	1.22	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
Slab	Max. forza assiale [kN/m]	0	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 3)
	Min. forza assiale [kN/m]	-471.47	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	2093.99	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 10)

Riepilogo per la DA <NTC2018: SISMICA GEO>

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.24 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.99 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)

Risultati Elementi parete (Beam)

11)	WallElement_New_New	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	4571.58	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
		Max. taglio [kN/m]	1416.62	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
11)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.951	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
11)		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.884	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
11)		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
11)		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
11)		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)

Parete <Right wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.92 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.27 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)

Risultati Elementi parete (Beam)

(Stage 11)	WallElement_New_New_New	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	4085.33	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
11)		Max. taglio [kN/m]	1487.9	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
(Stage 11)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.85	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
(Stage 11)		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.928	Z = -13.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
(Stage 11)		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
(Stage 11)		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
11)		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -21 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)

Risultati puntoni (truss)

Strut (1 / 3.5 m) Max. forza [kN] 0 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 5)
Min. forza [kN] -3758.91 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 10)

PROGETTAZIONE ATI:

Risultati elementi soletta (Slab)

Slab_New	Max. forza assiale [kN/m]	81.31	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 7)
	Min. forza assiale [kN/m]	-2590.21	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
Slab	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	1.22	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
	Max. forza assiale [kN/m]	0	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 3)
	Min. forza assiale [kN/m]	-471.47	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	2093.99	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 10)

Si riportano i risultati della modellazione in inviluppo

Design Section: Base Design Section



Design Assumption	Stage 1 (1)	Stage 2 (2)	Stage 3 (3)	Stage 4 (4)	Stage 5 (5)	Stage 6 (6)	Stage 7 (7)	Stage 8 (8)	Stage 9 (9)	Stage 10 (10)	Stage 11 (11)
Nominal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: A2+M2+R1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: SISMICA STR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: SISMICA GEO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 13: Verifiche del programma per le diverse combinazioni e stage

VERIFICHE SLU PARATIA – PRESSO FLESSIONE

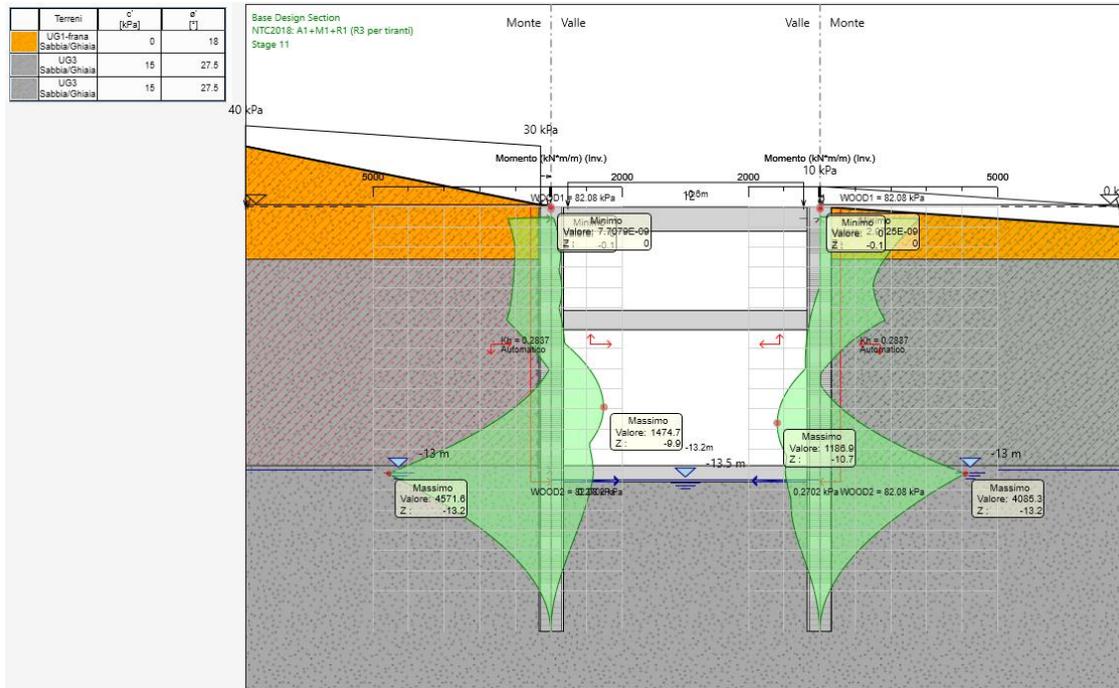


Figura 14: Involuppo sollecitazioni flettenti SLU-SISMA

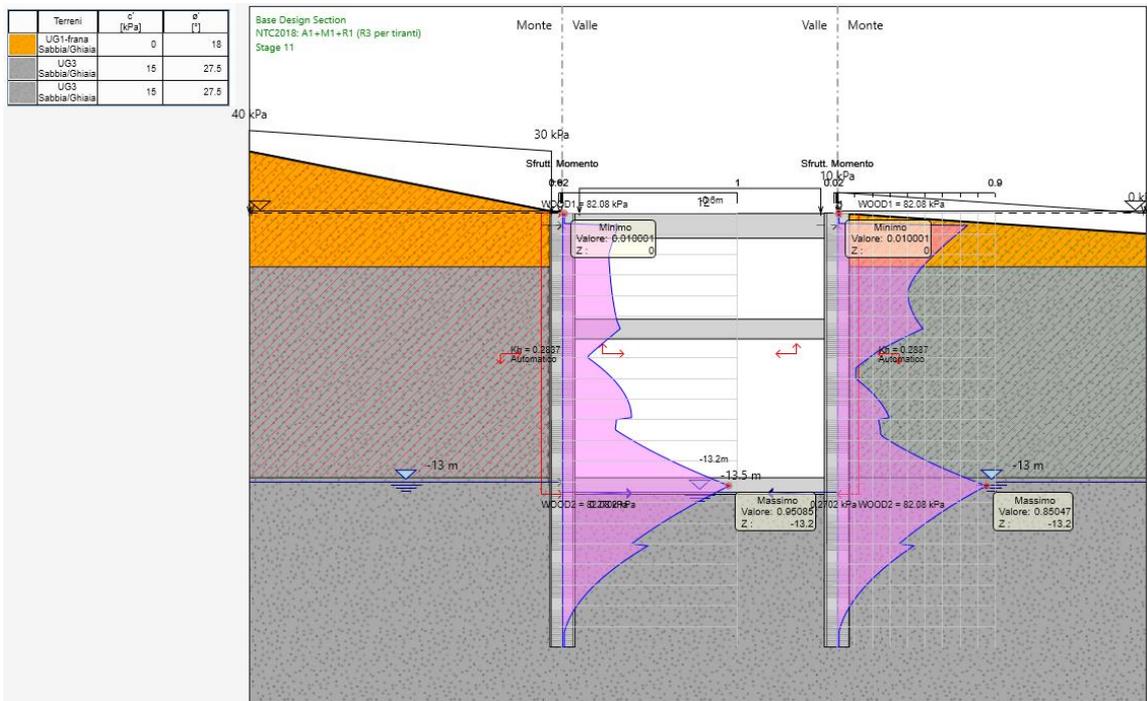


Figura 15: Involuppo sollecitazioni flettenti – coeff. di sfruttamento

Risulta per tutte le sezioni che il coeff. di sfruttamento:
 $\eta = M_{Ed}/M_{Rd} \leq 1.00 \rightarrow$ Verifica soddisfatta

VERIFICHE SLU PARATIA – TAGLIO

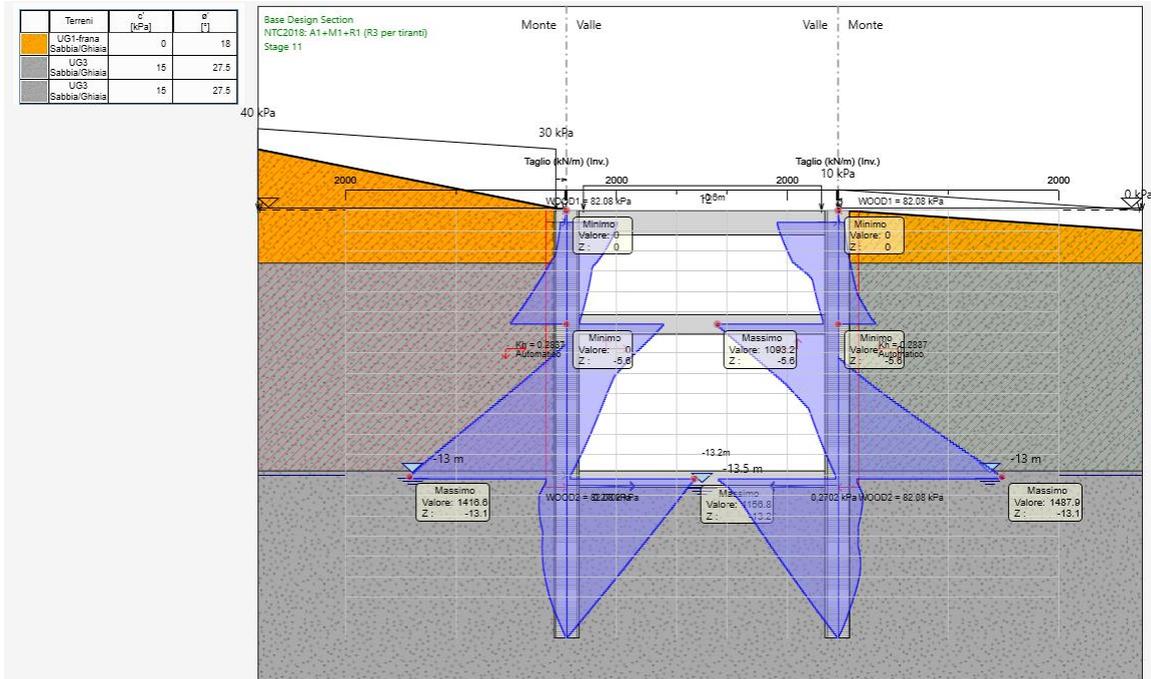


Figura 16: Involuppo sollecitazioni taglianti SLU-SISMA

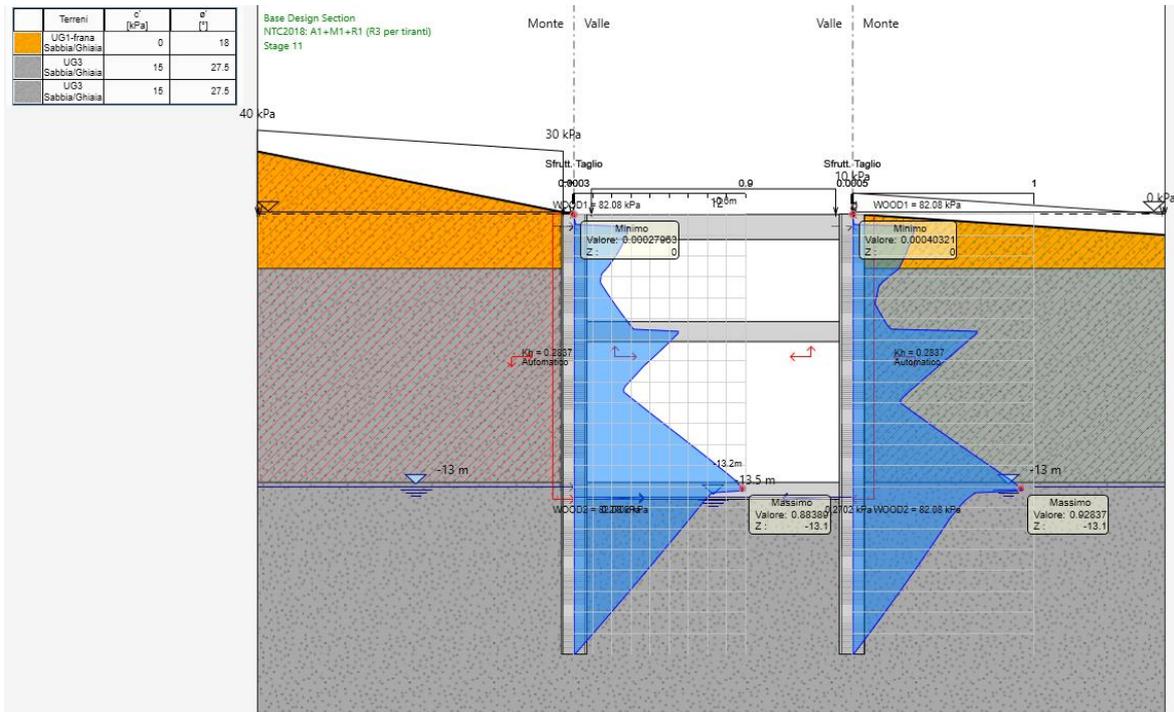
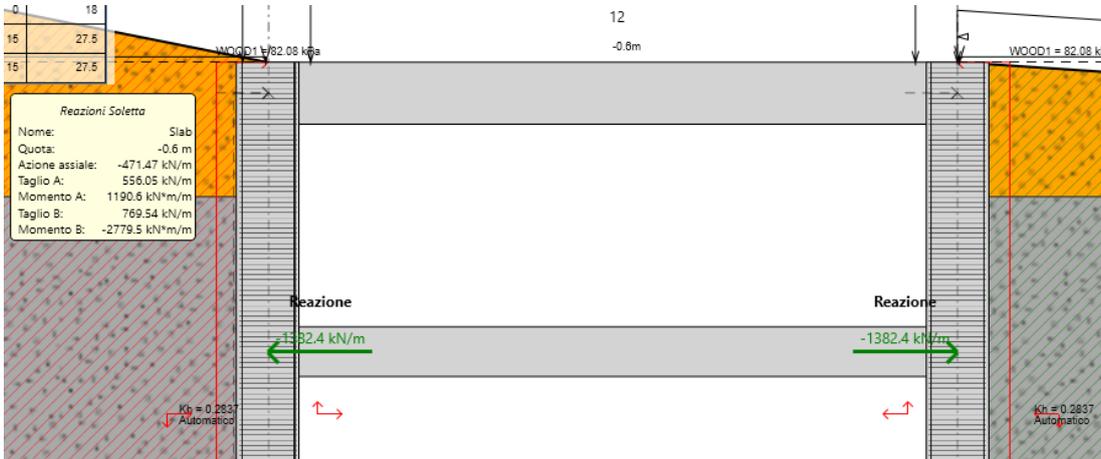


Figura 17: Involuppo sollecitazioni taglianti – coeff. di sfruttamento

Risulta per tutte le sezioni che il coeff. di sfruttamento:
 $\eta = VEd/VRd \leq 1.00 \rightarrow$ Verifica soddisfatta

VERIFICHE SLU PUNTELLI – PRESSO FLESSIONE



$P_p \text{ puntelli} = 0.8 \times 0.8 \times 25 = 16 \text{ kN/ml}$
 $M_{ppslu} = 1.3 \times 16 \times 12^2 / 8 = 374 \text{ kNm}$

E' soggetto ad una azione barre massima di compressione SLU pari a $N = 1382 \times 3.5 = 4837 \text{ kN/puntello}$

Considerando che il getto del puntello avverrà durante la fase di scavo, cautelativamente il collegamento con le paratie si considera sia del tipo cerniera e quindi si ha che la lunghezza libera d'inflessione è pari alla luce netta tra le paratie $L = 12.00 \text{ m}$.

Il momento resistente offerto dalla sezione vale :

$M_{res} = 1074 \text{ kNm}$
 $M_y = 374 \text{ kNm}$
 $M_{l,y,res} = 700 \text{ kNm}$

La verifica è soddisfatta.

PROGETTAZIONE ATI:

VERIFICHE SLU SOLETTA COP. – PRESSO FLESSIONE

Si arma la soletta cop. sp.120 con 15+15 ϕ 26/m B450C

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: _____

N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	79.64	7
			2	79.64	113

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 2780 kNm
M_{yEd} 0 kNm

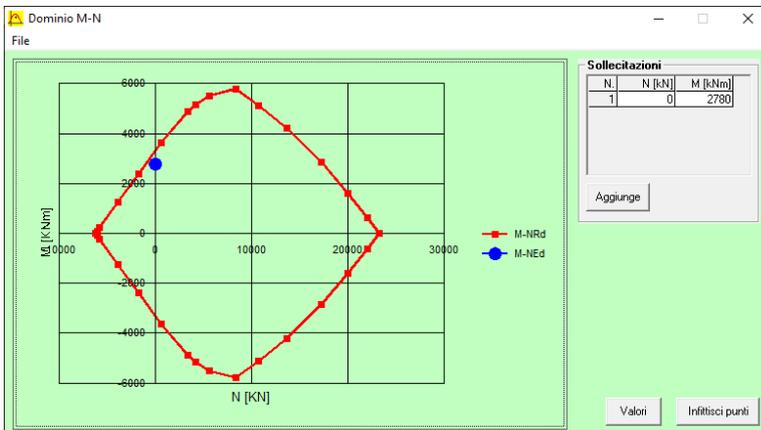
P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali: B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5% ϵ_{c2} 2%
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5%
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957% $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 3,335 kNm
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5%
 ϵ_s 33.78%
d 113 cm
x 10.61 x/d 0.09389
 δ 0.7

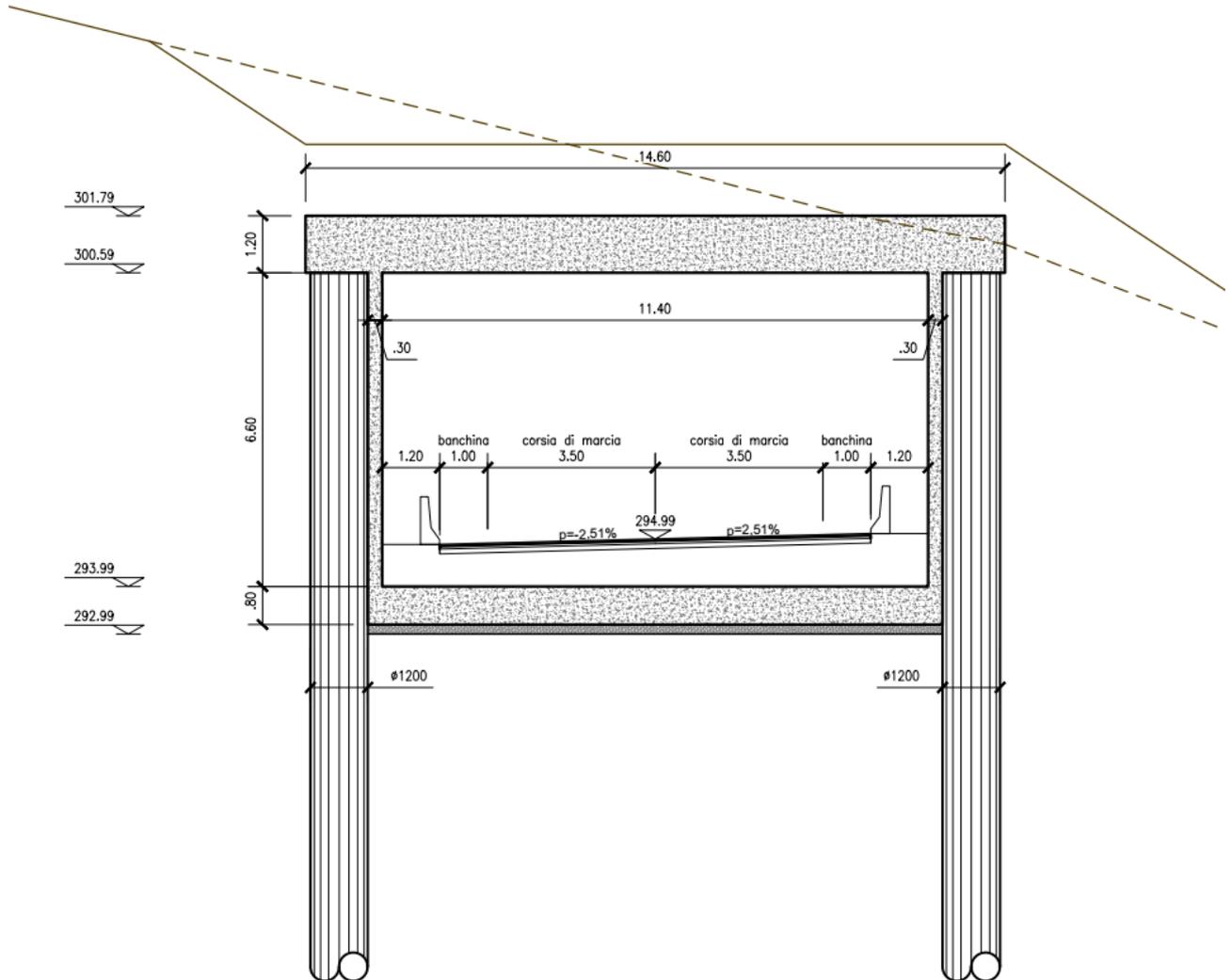
Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. - Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 1200 cm Col. modello
M-curvatura
Precompresso



→ Verifiche soddisfatte.

10.3.2. SEZIONE TIPO C-C

10.3.2.1 Geometria



La sezione è caratterizzata da:

Ricoprimento finale in terreno H=1.50m
 Paratie di pali $\phi 1200$ i=1.40m L=15.00m
 Soletta di fondo sp. 0.80m
 Soletta di copertura sp.1.20m
 Fodere sp. 30cm

- ANALISI : Statica elastoplastica incrementale. Azione sismica pseudo-statica (wood).

GEOMETRIA DELLA PARATIA :
SEZIONE C: Pali $\phi 1200$ interasse $i=1.40m$ in calcestruzzo C28/35 per tutto lo sviluppo di sez. C

- STAGE CONSIDERATI

STAGE 1 – Profilo terreno naturale (come da rilievo in sito)
STAGE 2 – Esecuzione della paratia di pali
STAGE 3/4 – Scavo a -1.20m ed esecuzione soletta di copertura sp.1.20m
STAGE 5 – Scavo alla quota (-6.5m)
STAGE 6 – Scavo a quota realizzazione soletta di fondo (-8.8m)
STAGE 7/8 – Applicazione azione terreno di ricoprimento $q=1.5 \times 20=30kN/mq$
STAGE 9 – Applicazione spinta a riposo k_0
STAGE 10/11 – Applicazione dell'azione sismica pseudo statica WOOD

- COMBINAZIONI DI CARICO e FATTORI PARZIALI

Il programma considera i seguenti fattori parziali per ogni combinazione:

Nome	Stato Limite	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)
		A	A	A	A	A
		YG	YG	YQ	YQ	YQE
Nominal	UNDEFINED	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>
SLE (Rara)	SERVICE	1	1	1	1	<input type="checkbox"/>
A1+M1+R1	ULTIMATE	1.3	1	1.5	1	<input type="checkbox"/>
A2+M2+R1	ULTIMATE	1	1	1.3	1	<input type="checkbox"/>
SISMICA STR	ULTIMATE	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>
SISMICA GEO	ULTIMATE	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>

Parziale su $\tan(\phi)$ (F_Fr)	Parziale su c (F_eff_cohes)	Parziale su S_u (F_Su)
M	M	M
γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}
1	1	1
1	1	1
1	1	1
1.25	1.25	1.4
1	1	1
1.25	1.25	1.4

10.3.2.2 Modellazione

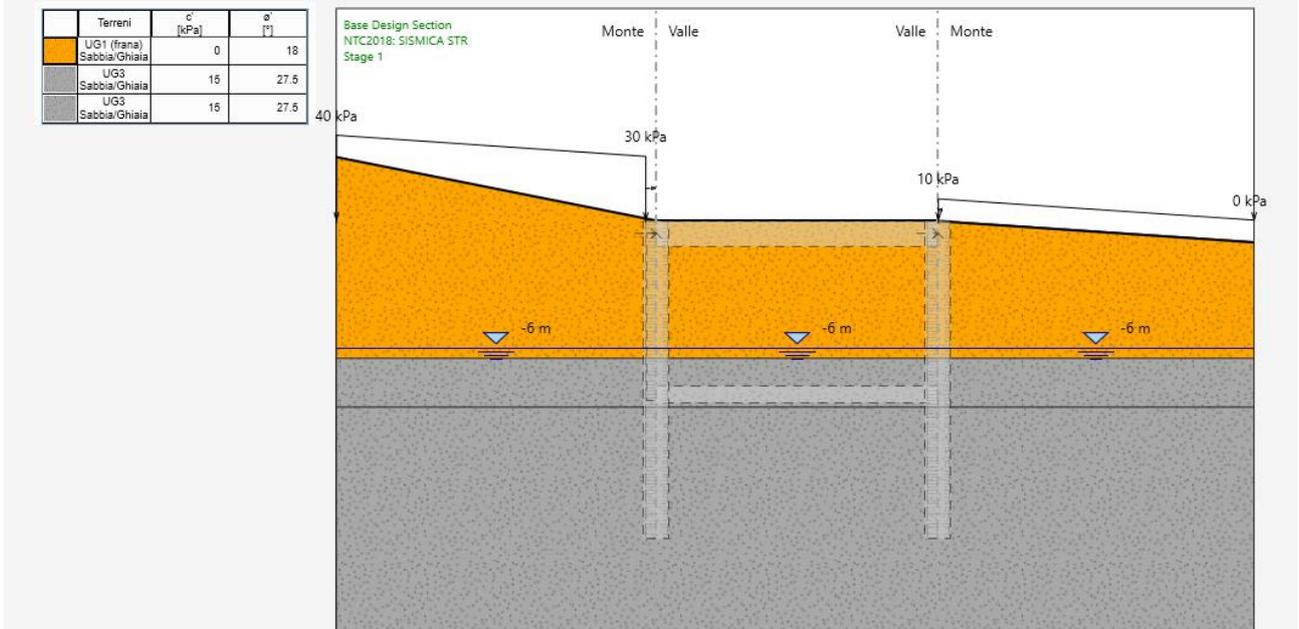


Figura 18: Sezione – STAGE 1

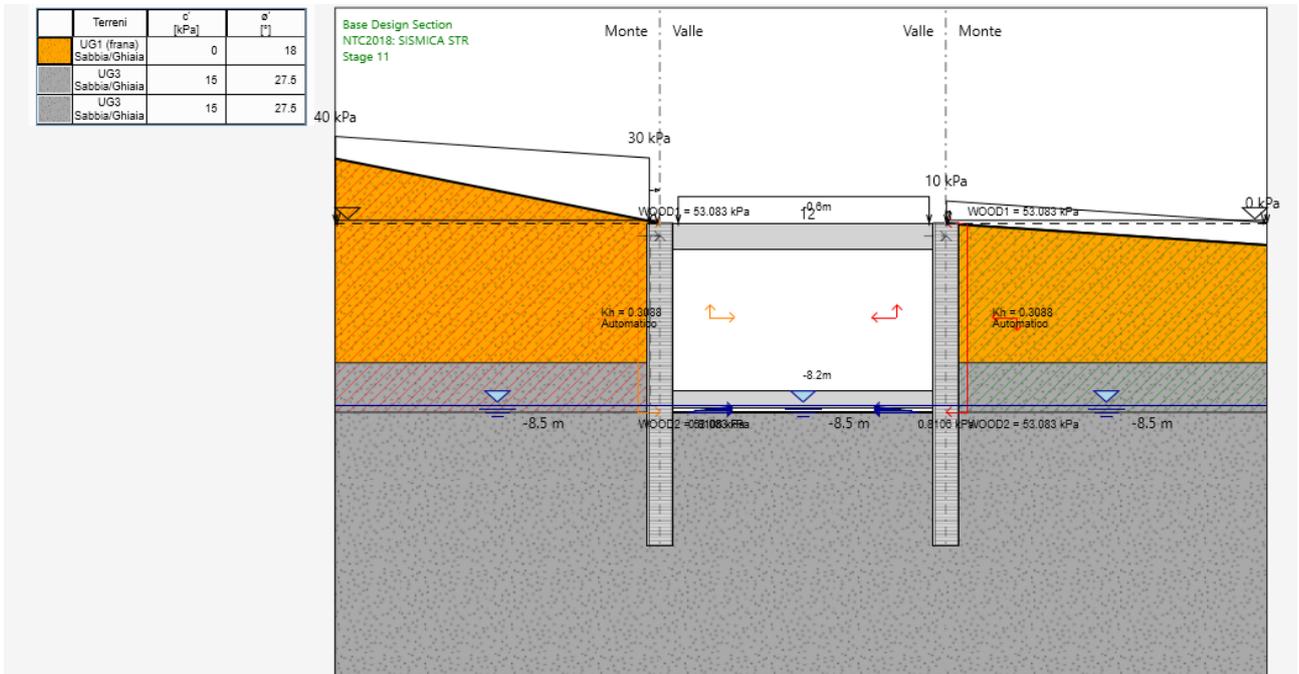


Figura 19: Sezione – STAGE 11

IPOSTESI DI MODELLAZIONE

Lo schema di calcolo della paratia è a paratia multi vincolata nel terreno modellato come una serie di molle elastoplastiche dal programma PARATIE22.

Sezione della paratia:

Htot = 16.2m – Hpali = 15.00m con profilo terreno (vedi cap.5)

Coeff. di spinta del terreno in fase 11

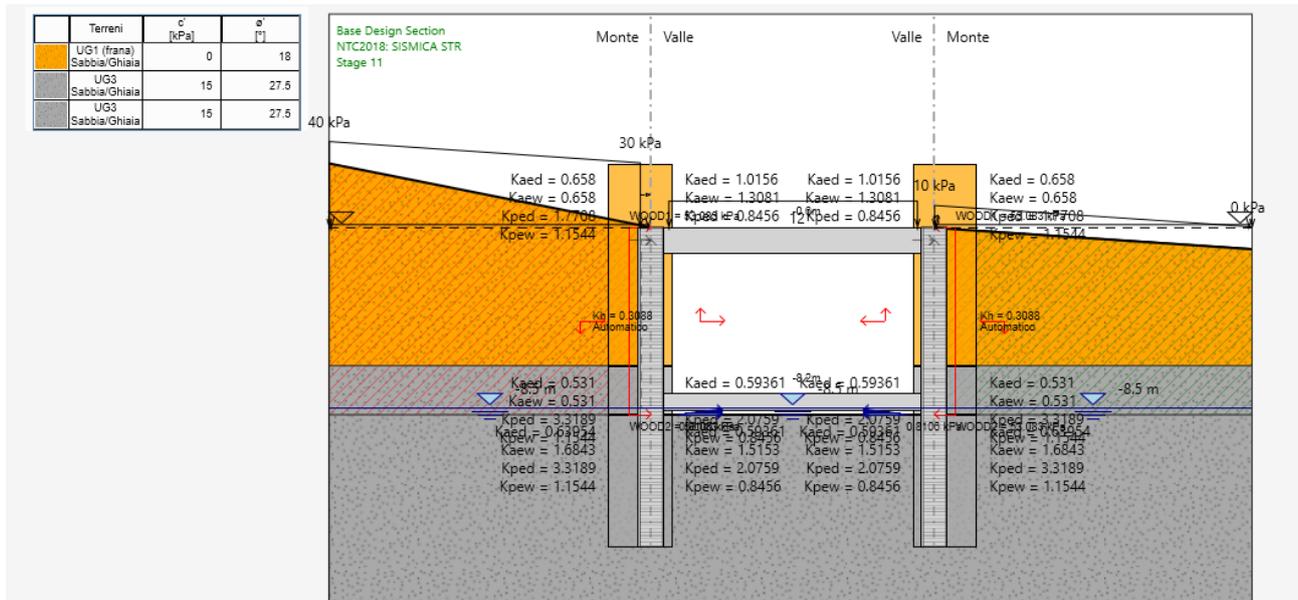


Figura 20: Ipotesi di modellazione

La falda interna ed esterna si considera a fondo scavo.

Sovraccarico a tergo della paratia simula la presenza di terreno del pendio.

Si trascura la presenza della fodera in FF che si farà comunque carico dell'eventuale spinta idrostatica (infatti la paratia di pali non può farsene carico per sua natura).

ARMATURA DEL PALO L=15.00 m

Armatura longitudinale del palo : 52φ30

Armatura trasversale del palo : φ12 / 10

Lo schema di calcolo della paratia è multi vincolata immersa nel terreno modellato come una serie di molle elastoplastiche.

10.3.2.3 Risultati e verifiche della modellazione

Si riporta il rapporto del programma di verifica

```
DESIGN SECTION <Base Design Section>
Summary will be issued for the following Design assumptions
<NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)> TYPE: <SERVICE>
<NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R1> TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: SISMICA STR> TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: SISMICA GEO> TYPE: <ULTIMATE>
```

Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	-0.94	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)
(Stage 10)			
Max. spostamento laterale [mm]	35.28	Z = 0 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.16		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.54		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New Max. momento (assoluto) [kNm/m]	1158.43	Z = -4.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)			
Max. taglio [kN/m]	477.42	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)			
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)			
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.439	Z = -4.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)			
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.429	Z = -4.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)			
Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.233	Z = -4.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)			

Parete <Right wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	-10.86	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)
(Stage 10)			
Max. spostamento laterale [mm]	33.16	Z = 0 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.43		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.19		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New Max. momento (assoluto) [kNm/m]	2553.97	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)			
Max. taglio [kN/m]	640.96	Z = -0.7 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)			
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)			
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 11)			
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.968	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)			
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.945	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)			
Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.571	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)			

Risultati elementi soletta (Slab)

Slab_New Max. forza assiale [kN/m]	84.76	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)
Min. forza assiale [kN/m]	-368.02	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	1.03	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
Slab Max. forza assiale [kN/m]	0	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 3)
Min. forza assiale [kN/m]	-531.6	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	2552.03	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)>

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.15	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.54	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New Max. momento (assoluto) [kNm/m]	1518.61	Z = -4.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
Max. taglio [kN/m]	624.14	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.378	Z = -4.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.472	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)

PROGETTAZIONE ATI:

OPERE D'ARTE MAGGIORI – GALLERIE ARTIFICIALI 1 E 2– RELAZIONE DI CALCOLO

tiranti) (Stage 11)	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
tiranti) (Stage 11)	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
(Stage 11)	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Parete <Right wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.43	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 7)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.19	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New_New (R3 per tiranti) (Stage 10)	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	3410.94	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1
tiranti) (Stage 10)	Max. taglio [kN/m]	848.35	Z = -0.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per
(R3 per tiranti) (Stage 10)	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.85	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1
(R3 per tiranti) (Stage 10)	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.642	Z = -0.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1
(R3 per tiranti) (Stage 11)	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1
(R3 per tiranti) (Stage 11)	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1
tiranti) (Stage 11)	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per

Risultati elementi soletta (Slab)

Slab_New	Max. forza assiale [kN/m]	127.83	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 7)
	Min. forza assiale [kN/m]	-481.19	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	1.35	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
Slab	Max. forza assiale [kN/m]	0	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 3)
	Min. forza assiale [kN/m]	-706.18	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	3408.43	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.2	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 1)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.76	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New_Max.	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	1271.26	Z = -4.8 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
	Max. taglio [kN/m]	479.49	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.317	Z = -4.8 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.363	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)
	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)

Parete <Right wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.62	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.26	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New_New (Stage 10)	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	2906.55	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1
(Stage 10)	Max. taglio [kN/m]	675.4	Z = -0.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
(Stage 10)	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.724	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1
(Stage 10)	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.511	Z = -0.7 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1
(Stage 11)	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1
(Stage 11)	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1
	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 11)

Risultati elementi soletta (Slab)

Slab_New	Max. forza assiale [kN/m]	109.32	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)
	Min. forza assiale [kN/m]	-428.21	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	1.19	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
Slab	Max. forza assiale [kN/m]	0	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 3)
	Min. forza assiale [kN/m]	-564.42	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	2904.91	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 10)

Riepilogo per la DA <NTC2018: SISMICA STR>

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.29	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.93	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New_Max. (11)	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	2951.71	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
	Max. taglio [kN/m]	905.26	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)

PROGETTAZIONE ATI:

OPERE D'ARTE MAGGIORI – GALLERIE ARTIFICIALI 1 E 2– RELAZIONE DI CALCOLO

10)	Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.289	Z = -4.6 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage
10)	Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.361	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage
11)	SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage
11)	SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage
	Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)

Parete <Right wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.73	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.33	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)

Risultati Elementi parete (Beam)

(Stage 11)	WallElement_New_New_New	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	2733.51	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR
11)		Max. taglio [kN/m]	886.8	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage
(Stage 10)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.636	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR
(Stage 10)		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.485	Z = -0.7 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR
(Stage 11)		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR
(Stage 11)		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR
11)		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage

Risultati elementi soletta (Slab)

Slab_New	Max. forza assiale [kN/m]	84.76	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 7)
	Min. forza assiale [kN/m]	-1712.13	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 11)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	1.03	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 10)
Slab	Max. forza assiale [kN/m]	0	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 3)
	Min. forza assiale [kN/m]	-531.6	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 10)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	2552.03	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 10)

Riepilogo per la DA <NTC2018: SISMICA GEO>

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.29	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.93	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)

Risultati Elementi parete (Beam)

11)	WallElement_New_New_Max	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	2951.71	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage
		Max. taglio [kN/m]	905.26	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
10)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.289	Z = -4.6 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage
10)		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.361	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage
11)		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage
11)		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage
11)		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)

Parete <Right wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.73	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.33	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)

Risultati Elementi parete (Beam)

(Stage 11)	WallElement_New_New_New	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	2733.51	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO
11)		Max. taglio [kN/m]	886.8	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage
(Stage 10)		Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.636	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO
(Stage 10)		Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.485	Z = -0.7 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO
(Stage 11)		SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO
(Stage 11)		SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO
11)		Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage

Risultati elementi soletta (Slab)

Slab_New	Max. forza assiale [kN/m]	84.76	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 7)
	Min. forza assiale [kN/m]	-1712.13	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	1.03	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 10)
Slab	Max. forza assiale [kN/m]	0	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 3)
	Min. forza assiale [kN/m]	-531.6	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 10)
	Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	2552.03	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 10)

Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive

PROGETTAZIONE ATI:

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	-0.94	Z = -15 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)
(Stage 10)			
Max. spostamento laterale [mm]	54.3	Z = -15 m	D.A. Nominal (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.29		D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.93		D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New Max. momento (assoluto) [kNm/m]	2951.71	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
Max. taglio [kN/m]	905.26	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.378	Z = -4.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.472	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.439	Z = -4.6 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.429	Z = -4.6 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.233	Z = -4.6 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)

Parete <Right wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	-23.86	Z = -15 m	D.A. Nominal (Stage 11)
Max. spostamento laterale [mm]	33.16	Z = 0 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.73		D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.33		D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New Max. momento (assoluto) [kNm/m]	3410.94	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
Max. taglio [kN/m]	886.8	Z = -8.2 m	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.85	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.642	Z = -0.7 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.968	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.945	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)
Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.571	Z = -0.6 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 10)

Risultati elementi soletta (Slab)

Slab_New Max. forza assiale [kN/m]	127.83	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 7)
Min. forza assiale [kN/m]	-1712.13	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 11)
Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	1.35	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
Slab Max. forza assiale [kN/m]	0	D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 3)
Min. forza assiale [kN/m]	-706.18	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)
Max. Momento. (Ass.) [kNm/m]	3408.43	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 10)

Si riportano i risultati della modellazione in inviluppo

Design Section: Base Design Section



Design Assumption	Stage 1 (1)	Stage 2 (2)	Stage 3 (3)	Stage 4 (4)	Stage 5 (5)	Stage 6 (6)	Stage 7 (7)	Stage 8 (8)	Stage 9 (9)	Stage 10 (10)	Stage 11 (11)
Nominal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: A2+M2+R1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: SISMICA STR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: SISMICA GEO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 21: Verifiche del programma per le diverse combinazioni e stage

VERIFICHE SLU PARATIA – PRESSO FLESSIONE

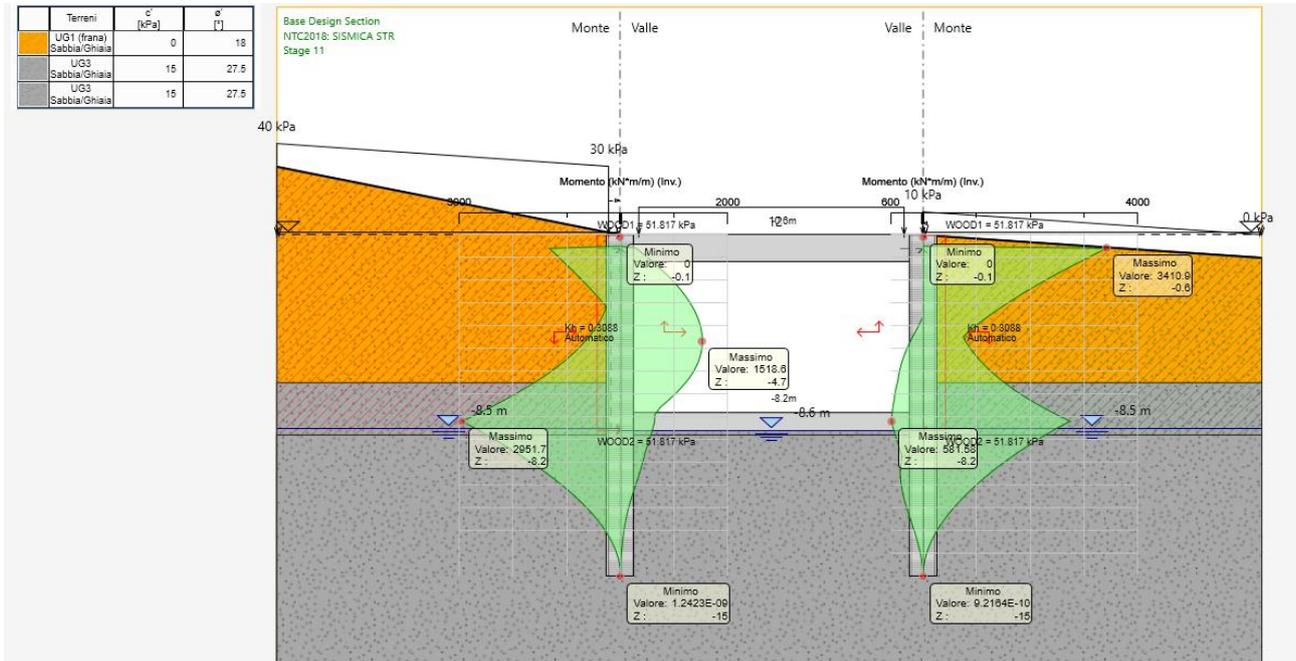


Figura 22: Involuppo sollecitazioni flettenti SLU-SISMA

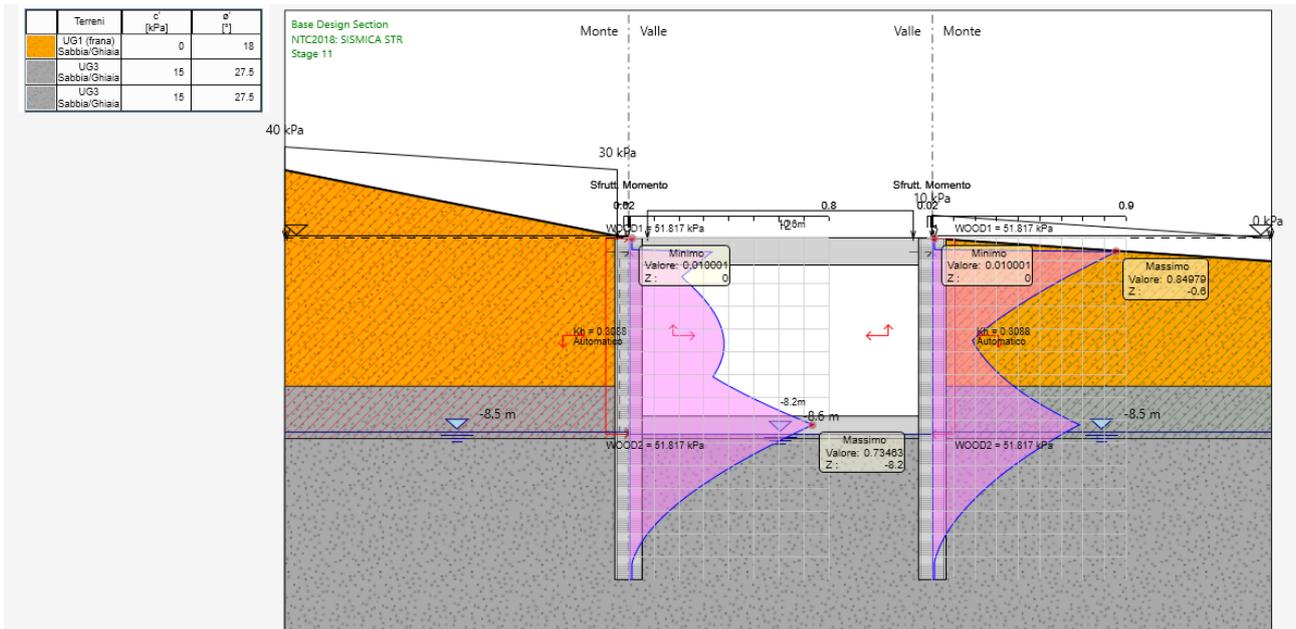


Figura 23: Involuppo sollecitazioni flettenti – coeff. di sfruttamento

Risulta per tutte le sezioni che il coeff. di sfruttamento:
 $\eta = M_{Ed}/M_{Rd} \leq 1.00 \rightarrow$ Verifica soddisfatta

VERIFICHE SLU PARATIA – TAGLIO

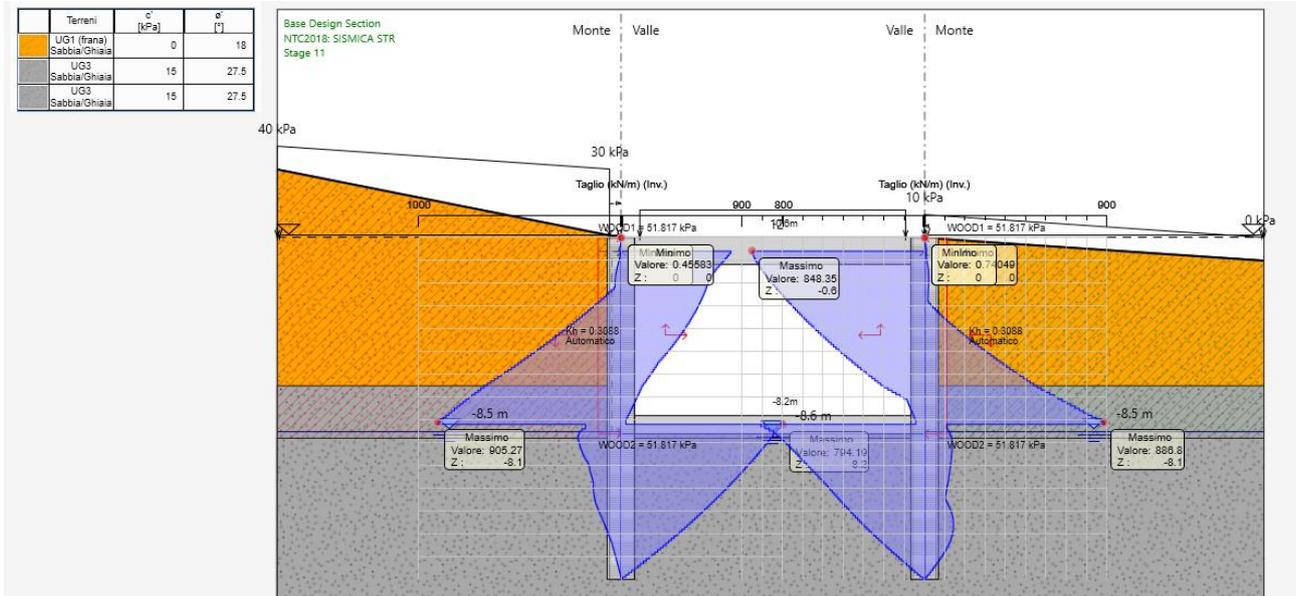


Figura 24: Involuppo sollecitazioni taglianti SLU-SISMA

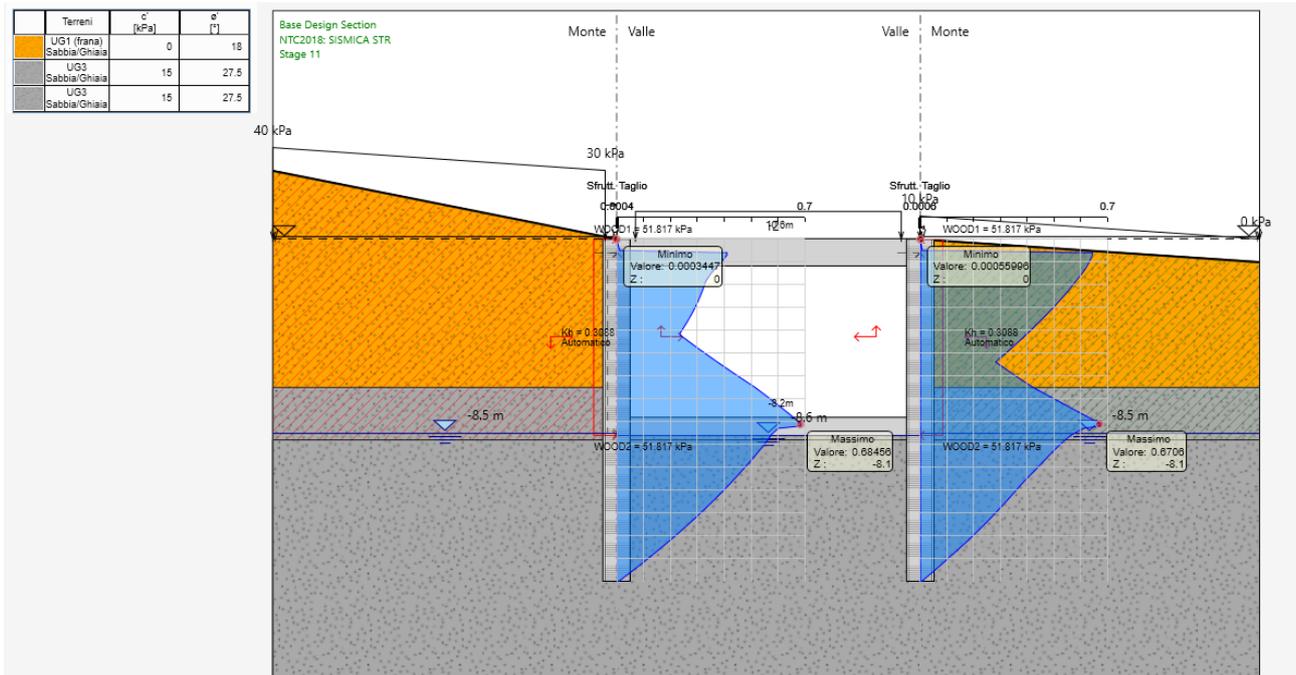


Figura 25: Involuppo sollecitazioni taglianti – coeff. di sfruttamento

Risulta per tutte le sezioni che il coeff. di sfruttamento:
 $\eta = V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1.00 \rightarrow$ Verifica soddisfatta

VERIFICHE SLU SOLETTA COP. – PRESSO FLESSIONE

Si arma la soletta cop. sp.120 con 20 ϕ 26/m inf. e sup. B450C

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: _____

N° figure elementari N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	120

N°	As [cm²]	d [cm]
1	106.19	7
2	106.19	113

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.
 DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
 B450C C25/30

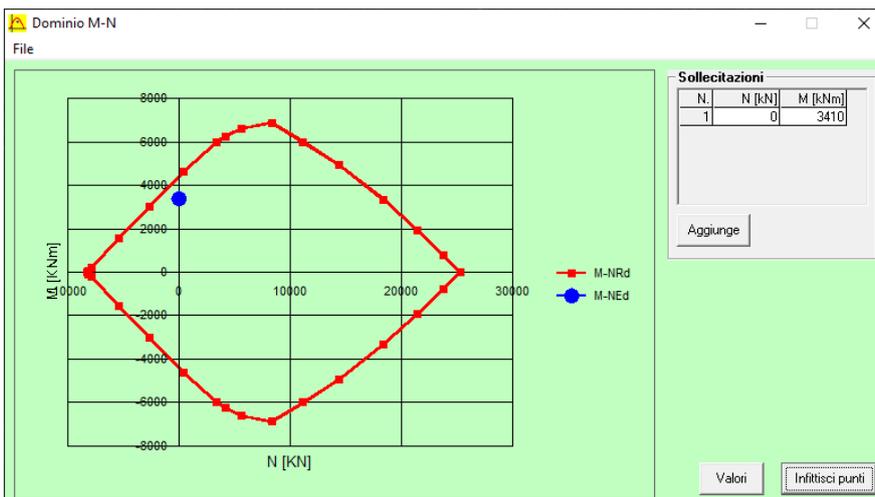
ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 14.17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 4,434 kN m
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 31.33 ‰
 d 113 cm
 x 11.35 x/d 0.1005
 δ 0.7

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

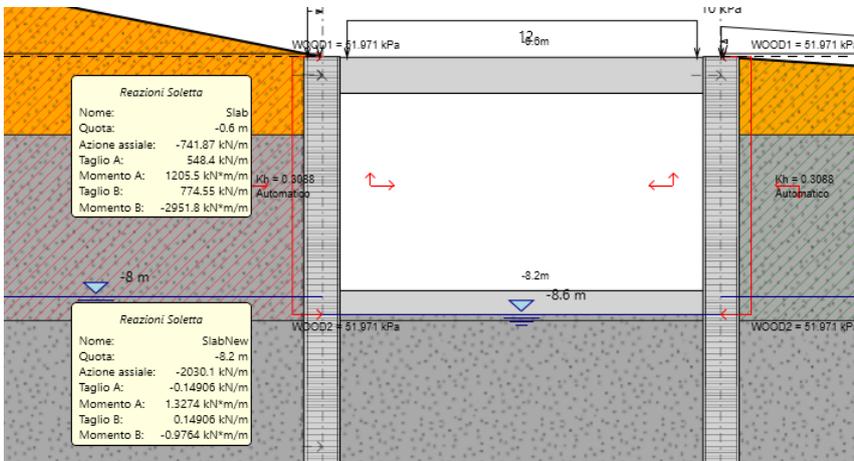
Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L_0 1200 cm Col. modello
 M-curvatura
 Precompresso

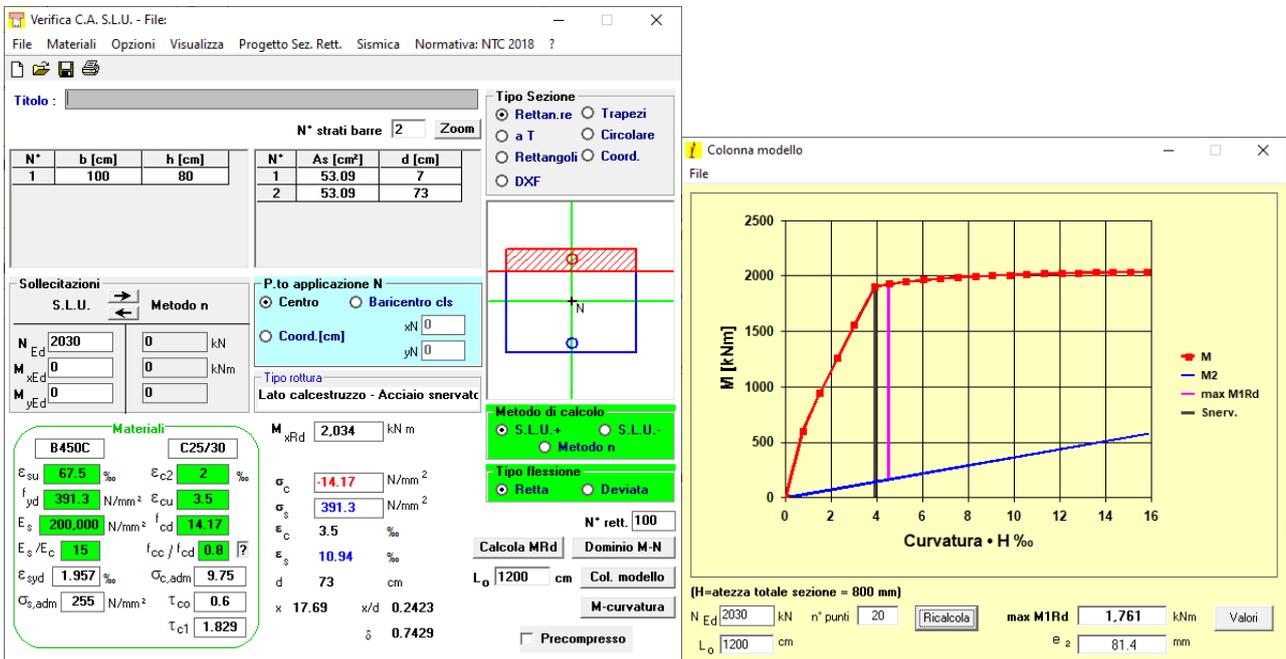


→ Verifiche soddisfatte.

VERIFICHE SLU FONDAZIONE – PRESSO FLESSIONE



La soletta di fondazione è soggetta alla possibile sotto spinta idraulica ed all'azione assiale. Dal profilo geotecnico risulta che indicativamente $\Delta H_w \sim 5m$
 Il carico SLU di sotto spinta idraulica vale quindi $p_u = 25 \times 0.8 \times 0.9 - 1.3 \times 10 \times 5 = -50 \text{ kN/mq}$
 $M_u = 50 \times 12^2 / 8 = 900 \text{ kNm/m}$
 La soletta è soggetta ad una azione massima di compressione SLU pari a $N = 2030 \text{ kN/m}$
 Assumendo schema incernierato la luce libera di inflessione è $L = 12.00m$.



Il momento resistente offerto dalla sezione vale :

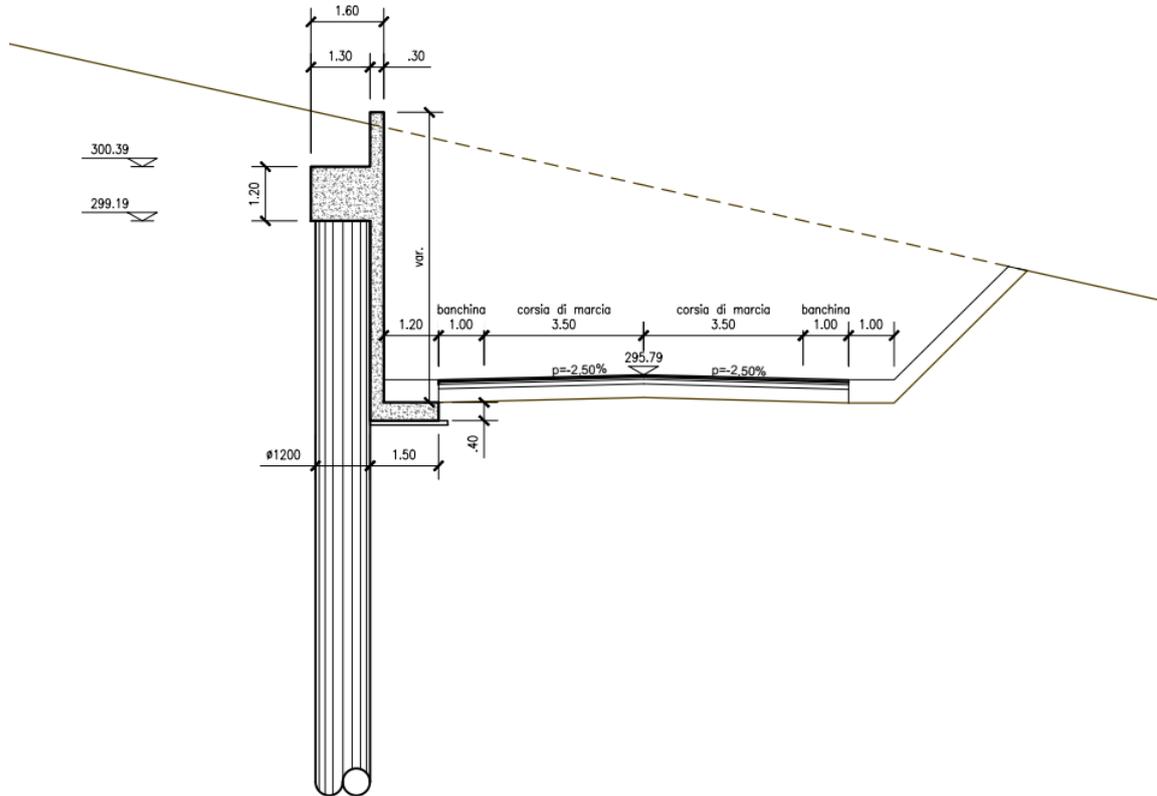
$M_{res} = 2030 \text{ kNm/m}$ (1404 kNm/m per $N=0$)
 $M_y = 400 \text{ kNm/m}$
 $M_{l,y,res} = 1761 \text{ kNm/m}$

La verifica è soddisfatta.

PROGETTAZIONE ATI:

10.3.3. SEZIONE TIPO F-F

10.3.3.1 Geometria



La sezione è caratterizzata da:

Paratia di pali $\phi 1200$ a sbalzo $i=1.40m$ $L=16.00m$
Fodere sp. 30cm

OPERE D'ARTE MAGGIORI – GALLERIE ARTIFICIALI 1 E 2– RELAZIONE DI CALCOLO

- ANALISI : Statica elastoplastica incrementale. Azione sismica pseudo-statica (Monobe-Okabe).

- GEOMETRIA DELLA PARATIA :

SEZIONE F: Pali $\phi 1200$ interasse $i=1.40m$ in calcestruzzo C28/35 per tutto lo sviluppo di sez. F

- STAGE CONSIDERATI

STAGE 1 – Profilo terreno naturale (come da rilievo in sito)

STAGE 2 – Esecuzione della paratia di pali

STAGE 3 – Scavo a -1.20m

STAGE 4 – Scavo alla quota (-8m)

STAGE 5 – Esecuzione fodere e pavimentazione (-7.5m)

STAGE 6 – Applicazione dell'azione sismica pseudo statica Monobe-Okabe

- COMBINAZIONI DI CARICO e FATTORI PARZIALI

Il programma considera i seguenti fattori parziali per ogni combinazione:

Nome	Stato Limite	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)
		A	A	A	A	A
		γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}
Nominal	UNDEFINED	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>
SLE (Rara)	SERVICE	1	1	1	1	<input type="checkbox"/>
A1+M1+R1	ULTIMATE	1.3	1	1.5	1	<input type="checkbox"/>
A2+M2+R1	ULTIMATE	1	1	1.3	1	<input type="checkbox"/>
SISMICA STR	ULTIMATE	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>
SISMICA GEO	ULTIMATE	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>

Parziale su $\tan(\phi)$ (F_Fr)	Parziale su c (F_eff_cohes)	Parziale su Su (F_Su)
M	M	M
$\gamma_{\phi'}$	γ_c	γ_{Su}
1	1	1
1	1	1
1	1	1
1.25	1.25	1.4
1	1	1
1.25	1.25	1.4

PROGETTAZIONE ATI:

10.3.3.2 Modellazione

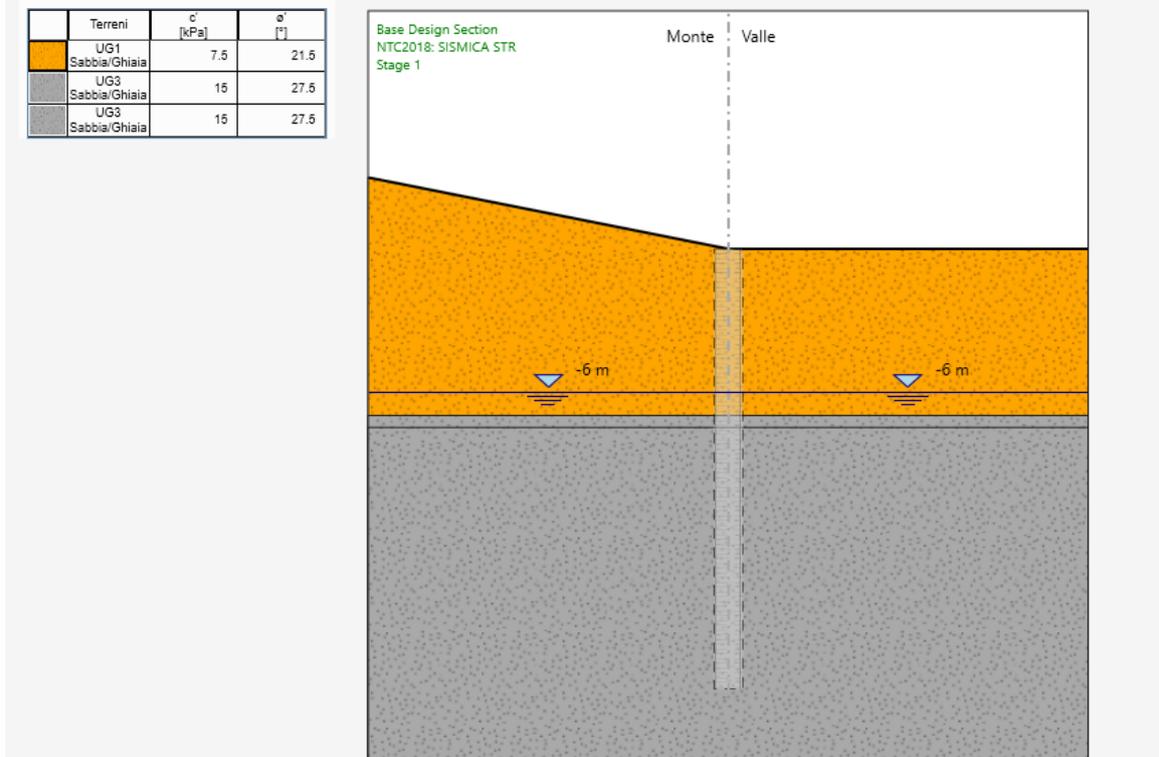


Figura 26: Sezione – STAGE 1

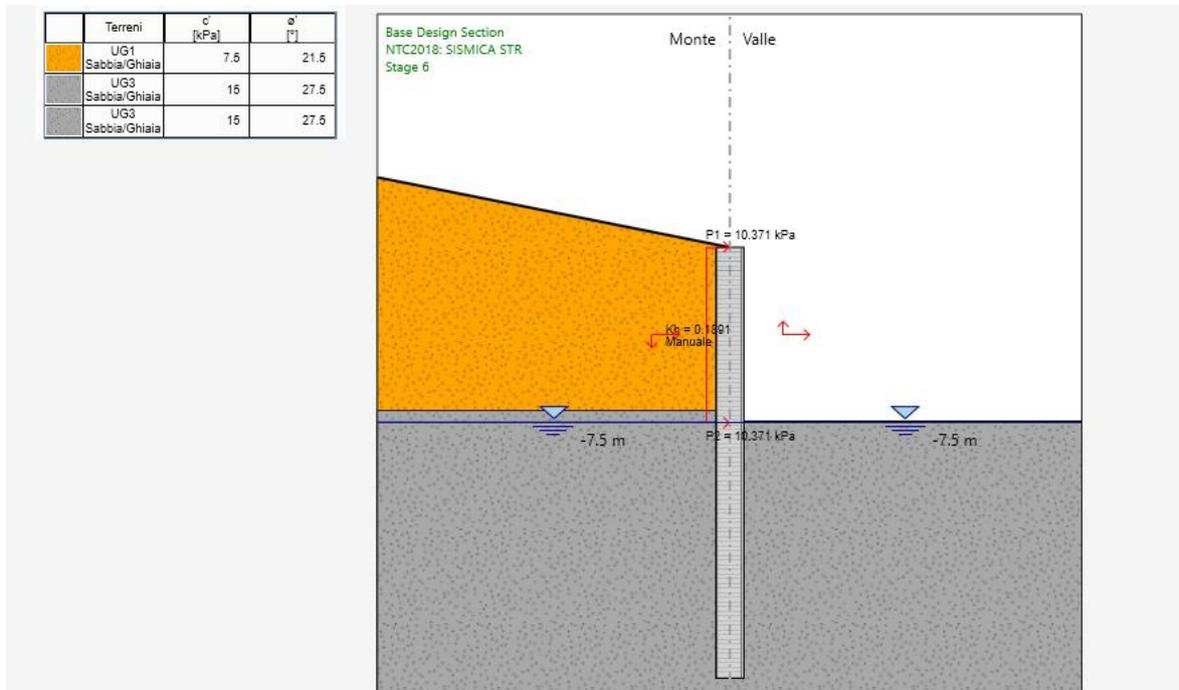


Figura 27: Sezione – STAGE 6

IPOTESI DI MODELLAZIONE

Lo schema di calcolo della paratia è a sbalzo nel terreno modellato come una serie di molle elastoplastiche dal programma PARATIE22.

Sezione della paratia:

Htot = 18.5m – Hpali = 16.00m con profilo terreno (vedi cap.5)

Coeff. di spinta del terreno in fase 6

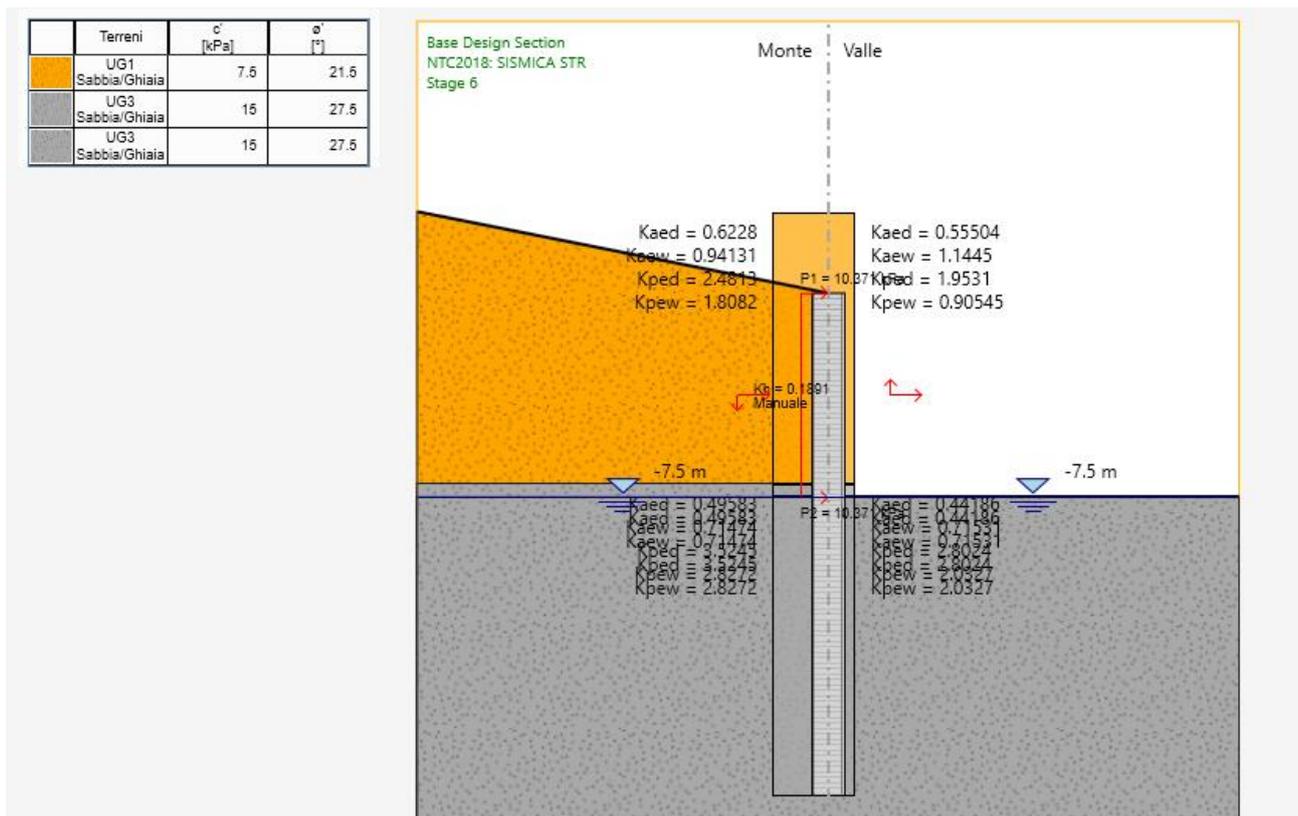


Figura 28: Ipotesi di modellazione

La falda è considerata a fondo scavo.

Si trascura la presenza della fodera in FF che si farà comunque carico dell'eventuale spinta idrostatica (infatti la paratia di pali non può farsene carico per sua natura).

ARMATURA DEL PALO L=16.00 m

Armatura longitudinale del palo : 26φ26

Armatura trasversale del palo : φ12 / 20

Lo schema di calcolo della paratia è a sbalzo immersa nel terreno modellato come una serie di molle elastoplastiche.

10.3.3.3 Risultati e verifiche della modellazione

Si riporta il rapporto del programma di verifica

DESIGN SECTION <Base Design Section>
Summary will be issued for the following Design assumptions
<NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)> TYPE: <SERVICE>
<NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R1> TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: SISMICA STR> TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: SISMICA GEO> TYPE: <ULTIMATE>

Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>

Parete <Left Wall> *** Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati

Min. spostamento laterale [mm]	-4.87	Z = -18.5 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)
(Stage 5)			
Max. spostamento laterale [mm]	69.21	Z = 0 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 4)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.14		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 2)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.38		D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 4)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New Max. momento (assoluto) [kNm/m]	838.04	Z = -11.1 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 5)			
Max. taglio [kN/m]	195.53	Z = -8.1 m	D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 5)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0	Z = -18.5 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)			
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0	Z = -18.5 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)			
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0.532	Z = -11.1 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)			
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0.742	Z = -11.1 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)			
Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0.447	Z = -11.1 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)			

Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)>

Parete <Left Wall> *** Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.14	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 2)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.38	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 4)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New Max. momento (assoluto) [kNm/m]	1089.45	Z = -11.1 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 5)
Max. taglio [kN/m]	254.19	Z = -8.1 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 5)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.621	Z = -11.1 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 5)
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.384	Z = -8.1 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 5)
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -18.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 6)
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -18.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 6)
Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -18.5 m	D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) (Stage 6)

Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>

Parete <Left Wall> *** Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.19	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 2)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.72	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 4)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New Max. momento (assoluto) [kNm/m]	1538.46	Z = -13 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 5)
Max. taglio [kN/m]	516.4	Z = -16.8 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 4)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.877	Z = -13 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 5)
Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU)	0.781	Z = -16.8 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 4)
SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS)	0	Z = -18.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)
SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS)	0	Z = -18.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)
Caver: massima ampiezza fessure [mm]	0	Z = -18.5 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 6)

Riepilogo per la DA <NTC2018: SISMICA STR>

Parete <Left Wall> *** Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.14	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 2)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.74	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 6)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New Max. momento (assoluto) [kNm/m]	1668.26	Z = -12.5 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 6)
Max. taglio [kN/m]	521.55	Z = -16.8 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 6)
Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU)	0.951	Z = -12.5 m	D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 6)

PROGETTAZIONE ATI:

Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.789 Z = -16.8 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 6)
 SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0 Z = -18.5 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 6)
 SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0 Z = -18.5 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 6)
 Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -18.5 m D.A. NTC2018: SISMICA STR (Stage 6)

Riepilogo per la DA <NTC2018: SISMICA GEO>

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.14 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 2)
 Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.74 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New Max. momento (assoluto) [kNm/m] 1668.26 Z = -12.5 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)
 Max. taglio [kN/m] 521.55 Z = -16.8 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)
 Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.951 Z = -12.5 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)
 Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.789 Z = -16.8 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)
 SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0 Z = -18.5 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)
 SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0 Z = -18.5 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)
 Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0 Z = -18.5 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)

Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive

Parete <Left Wall> * Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm] -77.69 Z = -18.5 m D.A. Nominal (Stage 6)
 Max. spostamento laterale [mm] 816.87 Z = 0 m D.A. Nominal (Stage 6)
 Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.19 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 2)
 Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.74 D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)

Risultati Elementi parete (Beam)

WallElement_New_New Max. momento (assoluto) [kNm/m] 1668.26 Z = -12.5 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)
 Max. taglio [kN/m] 521.55 Z = -16.8 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)
 Caver: max. sfruttamento a flessione (SLU) 0.951 Z = -12.5 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)
 Caver: max. sfruttamento a taglio (SLU) 0.789 Z = -16.8 m D.A. NTC2018: SISMICA GEO (Stage 6)
 SLS Max. sfruttamento calcestruzzo (SLS) 0.532 Z = -11.1 m D.A. NTC2018: SLE
 (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)
 SLS Max. sfruttamento barre acciaio (SLS) 0.742 Z = -11.1 m D.A. NTC2018: SLE
 (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)
 Caver: massima ampiezza fessure [mm] 0.447 Z = -11.1 m D.A. NTC2018: SLE
 (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 6)

Si riportano i risultati della modellazione in inviluppo

Design Section: Base Design Section



Design Assumption	Stage 1 (1)	Stage 2 (2)	Stage 3 (3)	Stage 4 (4)	Stage 5 (5)	Stage 6 (6)
Nominal	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: A2+M2+R1	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: SISMICA STR	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTC2018: SISMICA GEO	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figura 29: Verifiche del programma per le diverse combinazioni e stage

VERIFICHE SLU PARATIA – PRESSO FLESSIONE

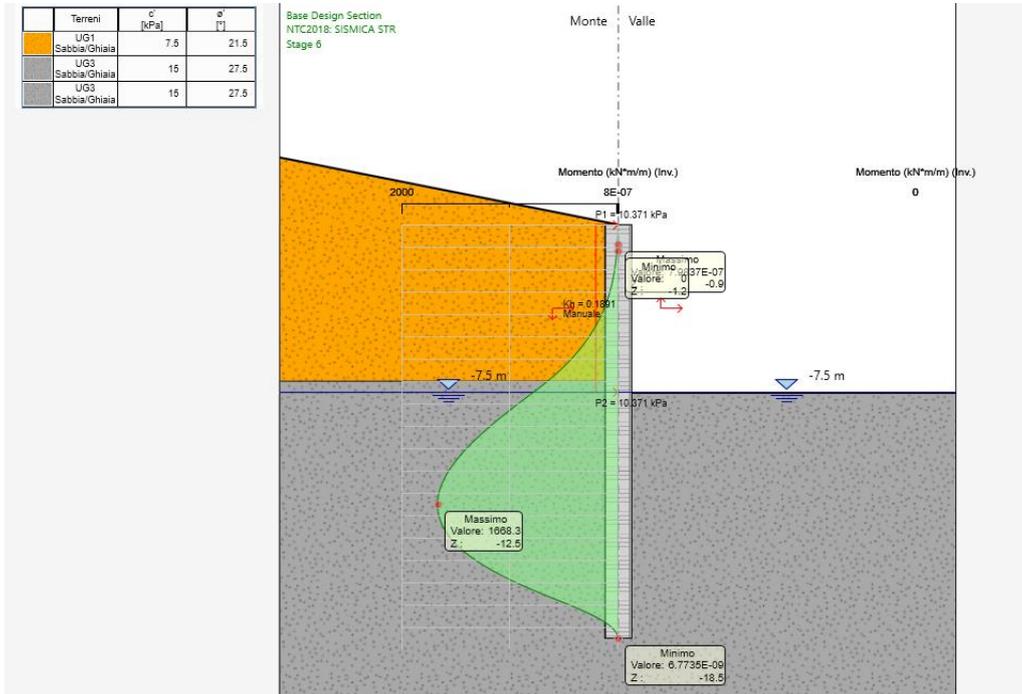


Figura 30: Involuppo sollecitazioni flettenti SLU-SISMA

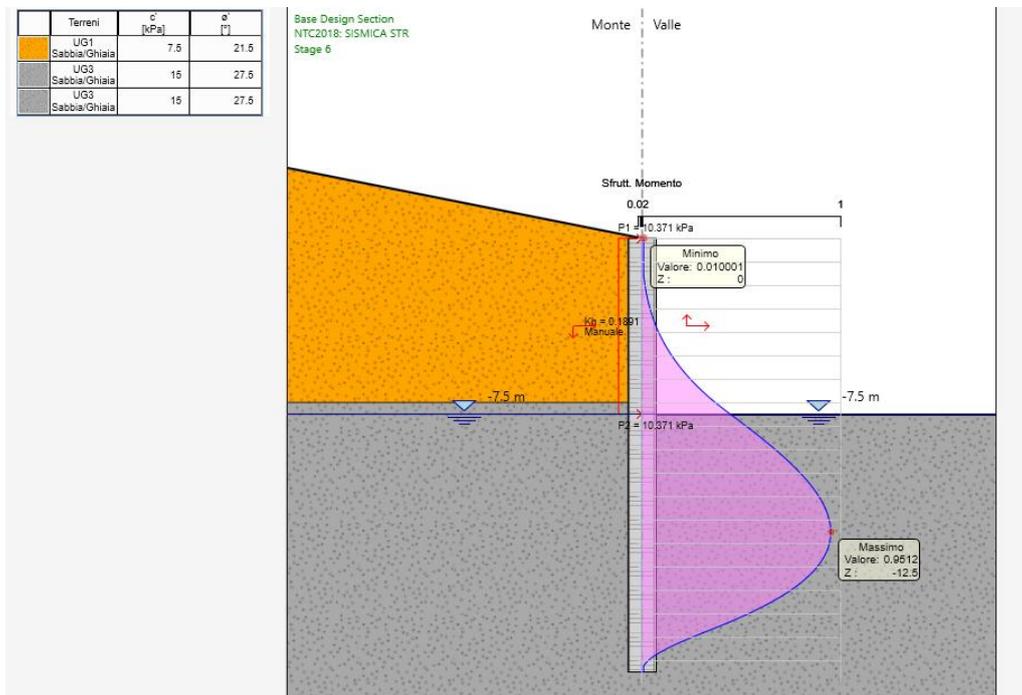


Figura 31: Involuppo sollecitazioni flettenti – coeff. di sfruttamento

Risulta per tutte le sezioni che il coeff. di sfruttamento:
 $\eta = MEd/MRd \leq 1.00 \rightarrow$ Verifica soddisfatta

VERIFICHE SLU PARATIA – TAGLIO

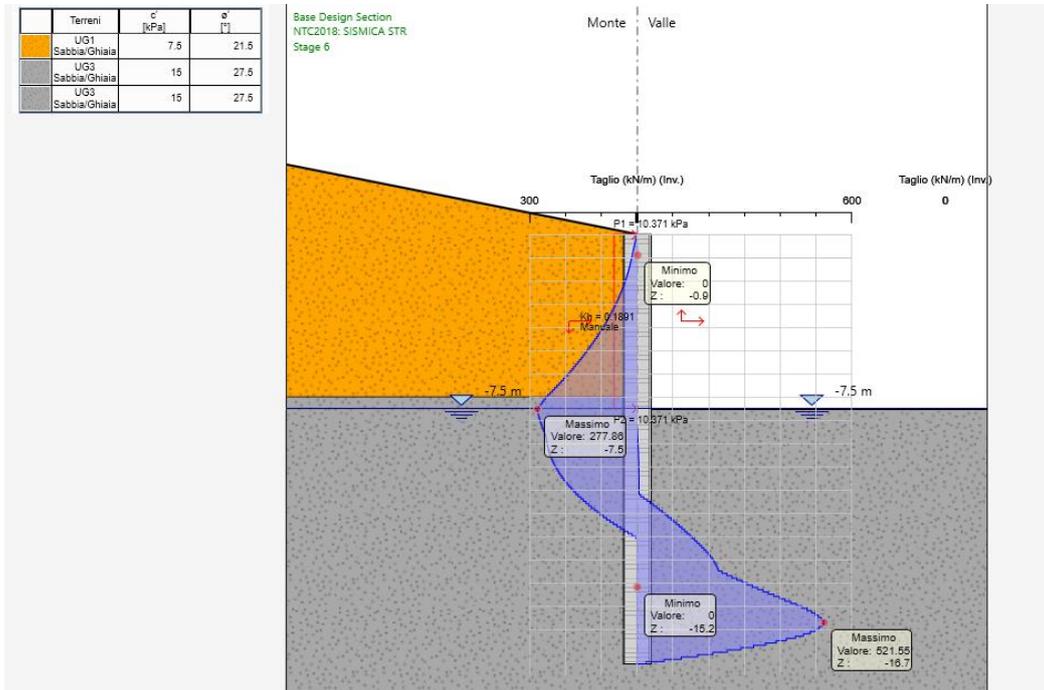


Figura 32: Involuppo sollecitazioni taglianti SLU-SISMA

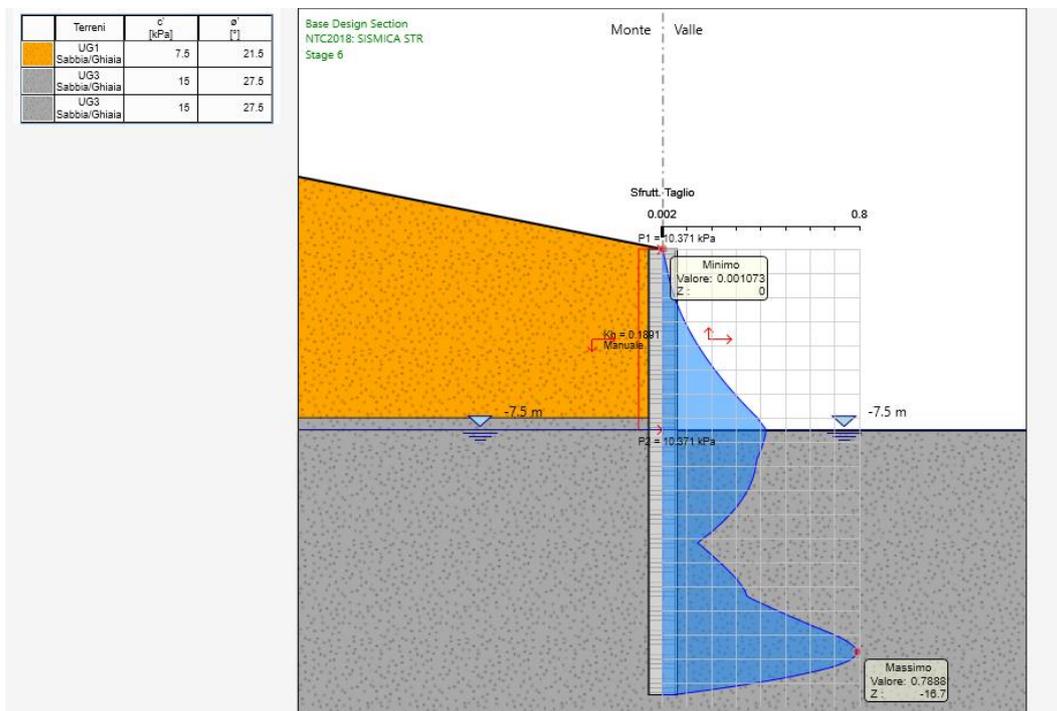


Figura 33: Involuppo sollecitazioni taglianti – coeff. di sfruttamento

Risulta per tutte le sezioni che il coeff. di sfruttamento:
 $\eta = V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1.00 \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

PROGETTAZIONE ATI:

11. CONCLUSIONI

11.1. GENERALITÀ

La presente relazione di calcolo strutturale, in conformità al punto §10.1 del DM 17/01/18, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM 17/01/18 per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

Per chiarire ulteriormente i valori numerici di ogni elaborazione, sono stati riportati disegni, tabelle e schemi grafici rappresentativi delle parti più sollecitate della struttura e delle principali caratteristiche della sollecitazione, nonché i diagrammi di involuppo associati alle combinazioni di carichi considerate, le configurazioni deformate e gli schemi grafici con la rappresentazione delle azioni applicate, oltre ad una breve descrizione delle convenzioni sui segni e delle simbologie adottate.

Come detto in precedenza tutte le analisi, i confronti, le comparazioni e le verifiche svolte hanno evidenziato il corretto comportamento del modello e l'affidabilità dei risultati, pertanto i risultati sono accettabili.

11.2. ESITO DELLE VERIFICHE

Le verifiche svolte, in accordo alla normativa vigente (DM'18), sia nei confronti degli SLE (statici e sismici) che degli SLU (statici e sismici) **hanno dato tutte esito positivo per tutti gli interventi in oggetto**, così come dimostrato nei paragrafi precedenti.