

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J81H02000000001

S.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA - LA SPEZIA (PONTREMOLESE)

TRATTA PARMA - VICOFERTILE

OPERE CIVILI DI LINEA

GA06 - USCITE DI SICUREZZA (PK. 2+788.00)

RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IP00 00 D 26 CL GA0601 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	P.Cucino	Feb-22	M.Salleolini	Feb-22	G.Fadda	Feb-22	A.Perego Ott-22
B	AGGIORNAMENTO POST VERIFICA RFI	P. Cucino	Ott 22	M. Salleolini	Ott 22	G. Fadda	Ott 22	

1	PREMESSA	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI	6
2.1	Normative di riferimento	6
2.2	Documenti di riferimento	6
	Software Impiegati	7
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
4	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	10
5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA	12
5.1	Inquadramento geologico	12
5.2	Caratterizzazione e Modellazione Geotecnica.....	12
6	DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA.....	13
7	MODELLO DI CALCOLO.....	16
7.1	Modellazione Strutturale	16
7.2	Modellazione Geotecnica	20
7.2.1	Parametri di spinta del terreno	20
7.2.2	Parametri di deformabilità del terreno.....	22
7.3	Modellazione Sismica.....	23
7.3.1	Effetti idrodinamici.....	24
8	APPROCCI PROGETTUALI	26
8.1	Combinazioni di carico.....	26
8.2	Metodo agli Stati Limite ed Approcci di Progetto.....	27
9	MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE LA STRUTTURA DI USCITE DI SICUREZZA	29
9.1	Diaframmi e cordoli della struttura di uscite di sicurezza	31
9.1.1	Fasi di calcolo	31
9.1.2	Parametri Geotecnici	37
9.1.3	Risultati delle analisi	38
9.1.4	Verifiche strutturali.....	46
9.1.5	Verifiche geotecniche.....	60
9.2	Rivestimento interno della struttura	62

PROGETTO DEFINITIVO

GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	3 di 75

9.2.1	Solettone di fondo.....	63
9.2.2	Rifodere	65
9.3	Scale metalliche all'interno di struttura.....	67
9.3.1	Verifica trave a ginocchio UPN 180.....	69
9.3.2	Verifica trave HEA 220.....	71
9.3.3	Verifica unioni bullonate	73

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>4 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	4 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	4 di 75								

1 PREMESSA

Con “Pontremolese” viene comunemente intesa la linea ferroviaria Parma – La Spezia, linea che congiunge come trasversale la linea Tirrenica con la dorsale Roma-Firenze-Bologna-Milano.

Nel 1976 entra a far parte del Corridoio Plurimodale Tirreno-Brennero (Ti-Bre) e fra gli anni '80 e '90 vengono realizzati il raddoppio delle tratte Vezzano Ligure-S.Stefano di Magra, e Ghiare di Berceto-Solignano e successivamente viene realizzato il prolungamento del raddoppio Solignano-Fornovo. A seguito dell’emanazione della Legge n. 443 del 21 dicembre 2001 (Legge Obiettivo), la restante parte da raddoppiare della linea (Parma-Osteriazza e Berceto-Chiesaccia) è stata inserita fra le opere strategiche.

Con Delibera n.19 del 8 maggio 2009, pubblicata sulla G.U.R.I. n. 301 del 29 dicembre 2009, il CIPE approva il Progetto Preliminare del Completamento del 2003. Delle tratte comprese tra Parma e Osteriazza e tra Berceto e Chiesaccia, vengono individuati tre lotti funzionali:

- Parma-Osteriazza
- Berceto-Pontremoli
- Pontremoli-Chiesaccia.

Di questi tre lotti funzionali, nella stessa Delibera, è stato individuato il primo, quello Parma-Osteriazza, come lotto prioritario, a sua volta suddiviso nei tre sub lotti Parma-Vicofertile, Vicofertile-Collecchio e Collecchio-Osteriazza.

Il progetto in oggetto è relativo al progetto definitivo del raddoppio della tratta Parma- Vicofertile

Rispetto al tracciato sviluppato nel Progetto Preliminare del 2004, il Progetto Definitivo vede una variante di tracciato per la parte d’innesto del raddoppio nei binari della stazione di Parma: la coppia di binari garantisce le relazioni merci Fornovo Bologna (direzioni P/D) e il solo binario dispari garantisce le relazioni viaggiatori con La Spezia attestate a Parma (evitando di fuori uscire dal corridoio urbanistico).

Tale variante, oltre a portare notevoli benefici ferroviari nella Stazione di Parma, permetterà di risolvere all’interno dell’abitato di Parma le interferenze della linea Pontremolese con la viabilità ordinaria e di rendere disponibile alla città un tratto di circa 3,5 km (il vecchio binario di tracciato).

Nel seguente schema si riporta lo stato attuale della linea con evidenziati i tratti già raddoppiati, quelli in corso di realizzazione e di progettazione.

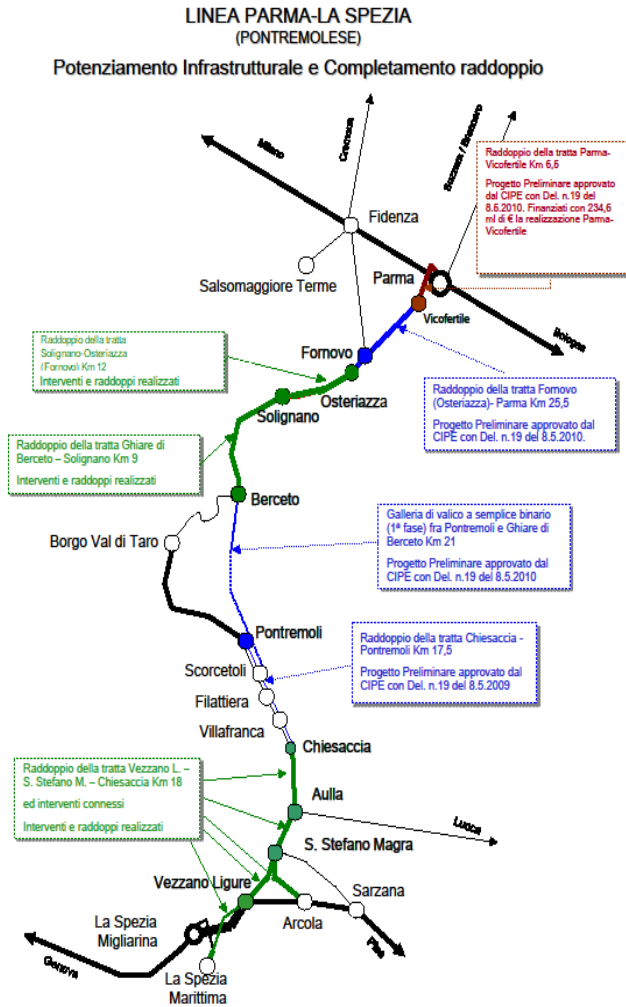


Figura 1

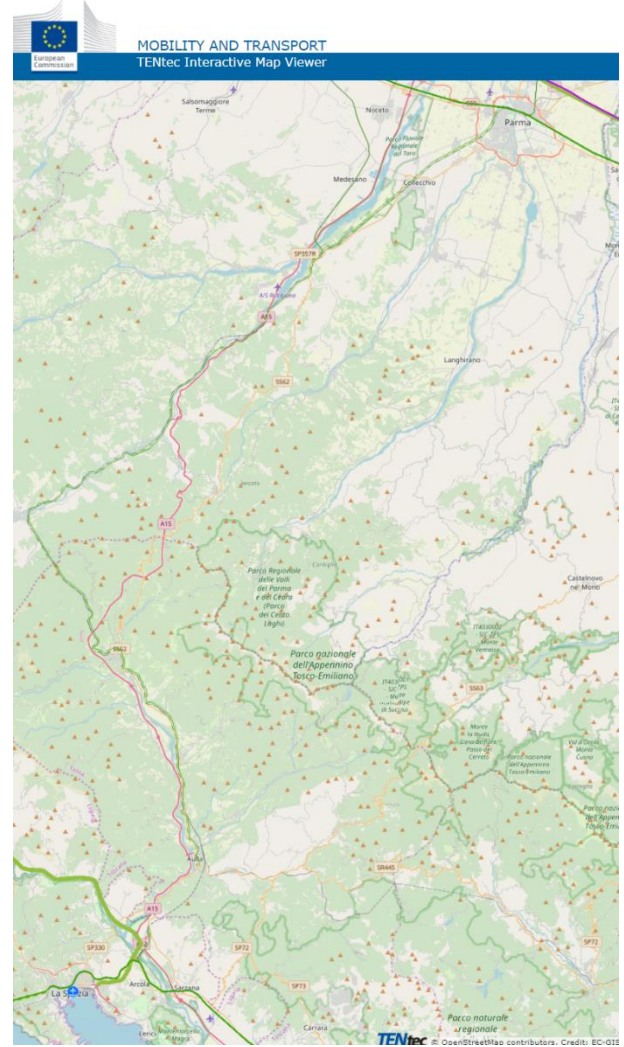


Figura 2

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>6 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	6 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	6 di 75								

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI

2.1 Normative di riferimento

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative.

- Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018;
- Circolare n. 7 del 21/01/2019 “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al DM 17/01/2018 pubblicata sulla GU n. 35 del 11/02/2019;
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 E – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- Norma Europea UNI ENV 1990 – Eurocodice 0 - Basi di calcolo;
- Norma Europea UNI ENV 1991 – Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture;
- Norma Europea UNI ENV 1992 – Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo;
- Norma Europea UNI EN 1998 – Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture.
- UNI EN 11104– “Calcestruzzo: specificazione. prestazione. produzione e conformità”. Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1:2016 – “Calcestruzzo: specificazione. prestazione. produzione e conformità”;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;

2.2 Documenti di riferimento

Sono stati utilizzati come input per il presente documento i seguenti elaborati:

GA06 - USCITE DI SICUREZZA GA (pk.2+788,00)																						
RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO	I	P	0	0	0	0	0	D	2	6	C	L	G	A	0	6	0	1	0	0	1	B
PIANTE, PROSPETTI E SEZIONI	I	P	0	0	0	0	0	D	2	6	P	Z	G	A	0	6	0	1	0	0	1	B
CARPENTERIE METALLICHE E PARTICOLARI	I	P	0	0	0	0	0	D	2	6	P	Z	G	A	0	6	0	1	0	0	2	B

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>7 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	7 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	7 di 75								

Software Impiegati

I software utilizzati per la progettazione sono:

- “PARATIE PLUS” Versione 21.0 della HarpaCeas S.r.l. di Milano
- “SAP 2000”

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto.

- **MAGRONE**

CONGLOMERATO CEMENTIZIO C12/15

- CLASSE DI RESISTENZA R_{ck} min : ≥ 15 MPa
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : X0

- **SOLETTA INFERIORE (FONDAZIONE)**

CONGLOMERATO CEMENTIZIO C28/35

- CLASSE DI RESISTENZA R_{ck} min : ≥ 35 Mpa
- RESISTENZA A COMPRESSIONE DI PROGETTO : $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 15.86$ Mpa
- MODULO ELASTICO : $E_{cm} = 32$ GPa
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- CLASSE DI LAVORABILITÀ minima : S3
- RAPPORTO ACQUA/CEMENTO : < 0.5
- DIMENSIONE AGGREGATO massima : 32mm
- COPRIFERRO : $C = 40$ mm (± 0.5)

- **RIFODERE ED ELEVAZIONI**

CONGLOMERATO CEMENTIZIO C28/35

- CLASSE DI RESISTENZA R_{ck} min : ≥ 35 Mpa
- RESISTENZA A COMPRESSIONE DI PROGETTO : $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 15.86$ Mpa
- MODULO ELASTICO : $E_{cm} = 32$ GPa
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2
- CLASSE DI LAVORABILITÀ minima : S3
- RAPPORTO ACQUA/CEMENTO : < 0.5
- DIMENSIONE AGGREGATO massima : 32mm
- COPRIFERRO : $C = 40$ mm (± 0.5)

- **DIAFRAMMI e CORDOLI**

CONGLOMERATO CEMENTIZIO C28/35

- CLASSE DI RESISTENZA R_{ck} min : ≥ 35 Mpa
- RESISTENZA A COMPRESSIONE DI PROGETTO : $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 15.86$ Mpa
- MODULO ELASTICO : $E_{cm} = 32$ GPa
- CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE : XC2

- CLASSE DI LAVORABILITÀ minima : S4
- RAPPORTO ACQUA/CEMENTO : < 0.5
- DIMENSIONE AGGREGATO massima : 32mm
- COPRIFERRO : C = 60mm (± 0.5)

Pannelli in c.a. scavati con benna mordente, perforazione sostenuta con fanghi bentonitici.

- **ACCIAIO IN BARRE PER C.A.**

- B450C Saldabile Controllato In Stabilimento
- Resistenza di calcolo : $f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 391 \text{ Mpa}$
- Modulo Elastico : $E_s = 210 \text{ Gpa}$

- **JET GROUTING:** Colonne di diametro minimo $\Phi 1000\text{mm}$ realizzate mediante iniezione ad alta pressione (50Mpa) di miscele cementizie, in quantità predeterminata, con cemento tipo 425, rapporto A/C miscela 0.8 – 1.2, per garantire una resistenza media a compressione >4 Mpa.

4 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La presente relazione di calcolo è stata redatta allo scopo di dimensionare l'uscita di sicurezza della galleria GA06 al km 2 + 788 della tratta Parma – Vicofertile.

La struttura è costituita da un portale, le cui pareti verticali sono costituite da diaframmi di spessore pari a 1.00m e rifodera interna di spessore pari a 0.60m. La lunghezza dei diaframmi è pari a 19.00m. L'opera è completata dal solettone di fondo con spessore pari a 1.35m.

Il dimensionamento è il risultato dello studio effettuato su una struttura piana che descrive una striscia larga 1.00m.

Vengono inoltre riportate le verifiche di sicurezza relative alle scale metalliche presenti all'interno della struttura scatolare e che collegano la galleria con il piano campagna.

L'opera ricade in zona sismica, pertanto saranno applicate le azioni di rito previste dalla norma così come riportato nei capitoli successivi.

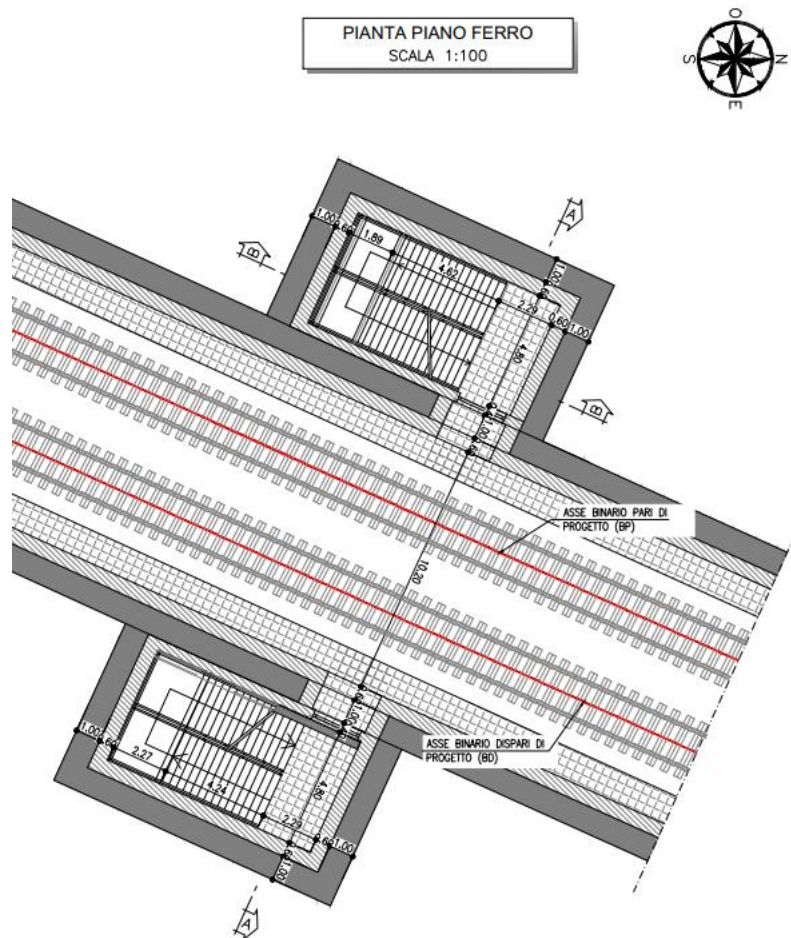



Figura 1 Pianta generale

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>12 di 75</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	12 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	12 di 75								

5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA

Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica.

5.1 Inquadramento geologico

Da un punto di vista geologico, la galleria artificiale GA06 comprende le seguenti formazioni:

Ghiaia (G o A1):

Argille limose e limi argillosi di colore marrone chiaro, nocciola, avana e grigio, generalmente consistenti con frustoli carboniosi e livelli decimetrici a forte componente organica. Sono presenti locali intercalazioni limoso sabbiose e sabbiose, localmente ghiaiose. Si rinvencono concrezioni carbonatiche da millimetriche a centimetriche (calcinelli)

Limo Argilloso (L o A2):

Ghiaia, ghiaia sabbiosa e con sabbia, localmente limosa e/o argillosa di colore marrone chiaro e avana da media a grossolana, eterometrica, morfologicamente mediamente evoluta ed evoluta, poligenica, generalmente di natura calcarea, marnosa ed arenacea, di dimensioni da subcentimetriche a pluricentimetriche, presenti ciottoli sparsi subarrotondati (diametro anche maggiore di 10 cm)

5.2 Caratterizzazione e Modellazione Geotecnica

Tutte le gallerie artificiali sono caratterizzate dalla presenza delle stesse unità geotecniche in uguale successione. Infatti, in tutte le aree si registra la presenza di limo argilloso appoggiato alla ghiaia. Per i dettagli della caratterizzazione geotecnica si rimanda alla "Relazione Geotecnica (IP0000D26RGGE0000001A)".

I parametri geotecnici caratteristici utilizzati nelle analisi di simulazione e verifiche, in riferimento alla stratigrafia assunta, sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 1 Valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi

TRATTA 3 – DAL KM 1+550 AL KM 2+850 - PCL053B01, 181160P748, XL051G010, BH2, CHL053B06, PCL053B16, PCL053B13, XL051G009, PCL053B02, MASW02, HVSR02, MASW03 e HVSR03																			
UNITA'	DA	A	Nspt	γ_n	φ'	c'	C_u	G_0	E_0	E_{op2}	E_{op1}	OCR	CR	RR	kh	H falda da p.c.			
(-)	(m pc)	(m pc)	(colpi/30cm)	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(-)	(-)	(-)	[m/s]	[m]			
L	0.00	13,00-16,00	8-49	19	27	12-8	60-90	35-60	70-140	14-27	7-14	3.50-6.80	0.024	0.021	9.62E-07	2,5-6,5			
G	13,00-16,00	38,00	20-100	19,0	37	0	-	130-180	300-400	60-80	30-40				2.03E-04				
L	>38		21	19	27	8	150	90	200	40	20,0	3.50-6.80	0.024	0.021	9.62E-07				

È segnalata la presenza di falda alla quota di circa 48.4 m slm per il GA06.

	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE												
PROGETTO DEFINITIVO GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>13 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	13 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	13 di 75								

6 DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA

L’azione sismica è valutata con riferimento alle indicazioni del Decreto Ministeriale del 17.01.2018 “Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni”, nel seguito brevemente NTC2018.

La vita nominale di un’opera strutturale è intesa come il numero di anni nei quali la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Si assume $V_N=75$ anni in accordo al §2.5.1.1.1 del MdP Sezione II (“*Altre opere nuove a velocità $v<250$ Km/h*”).

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d’uso. In accordo al §2.5.1.1.1 del MdP Sezione II si considera una Classe *III* e pertanto un coefficiente d’uso $C_u=1.5$ (“*Opere d’arte deli sistema di grande viabilità ferroviaria*”).

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d’uso C_u (§2.4.3 delle NTC2018):

$$V_R = V_N \times C_u = 75 \text{ anni} \times 1.5 = 112.5 \text{ anni}$$

In accordo alla relazione geologica di riferimento, il sottosuolo rientra nella categoria di suolo di fondazione di tipo “C” ovvero “*Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*”.

Relativamente alle condizioni topografiche, per il caso in esame si ritiene di poter adottare la classificazione semplificata proposta in Normatia e assimilare l’area di progetto alla categoria topografica T1, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari ad 1.0.

Con riferimento allo stato limite SLV (10% della probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R), per l’area di progetto (Latitudine = 44.809074°, Longitudine = 10.301066°) il valore massimo della accelerazione su suolo rigido pianeggiante è

$$a_g=0.1861g.$$

Considerando il coefficiente di amplificazione stratigrafica

$$S_S = 1.4242$$

e topografica

$$S_T = 1$$

si ottiene la accelerazione massima in sito:

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0.265g$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
	PROGETTO DEFINITIVO GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO GA0601001	REV B

7 VITA NOMINALE E CLASSI D'USO

7.1 Vita Nominale

La vita nominale di progetto di una costruzione, così come definita al punto 2.4.1 del DM 17.01.2018, è intesa come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. Con riferimento alla tabella 2.4.1 del DM 17.01.2018, la vita nominale V_N delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella:

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale V_N [Anni] ⁽¹⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14.01.2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽²⁾
(1) – La stessa V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere. (2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.	

Fig. 1 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

7.2 Classi d'uso

Il DM 17.01.2018 attribuisce alle costruzioni, in funzione della loro destinazione d'uso e quindi delle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso in conseguenza di un evento sismico, diverse classi d'uso; a ciascuna classe corrisponde un coefficiente d'uso CU. Con riferimento alla classificazione di cui al punto 2.4.2 del DM 17.01.2018, la classe d'uso delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella 2.5.1.1.2-1

PROGETTO DEFINITIVO

GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	15 di 75

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso ⁽¹⁾	Coefficiente d'uso [CU] ⁽¹⁾
FABBRICATI APPARTENENTI ALL'ELENCO A AI SENSI DEL DPCM 3685/2003	IV	2
GRANDI STAZIONI	IV	2
FABBRICATI APPARTENENTI ALL'ELENCO B AI SENSI DEL DPCM 3685/2003	III	1.5
OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITÀ FERROVIARIA ⁽²⁾	III	1.5
ALTRE OPERE D'ARTE, FABBRICATI NON RIENTRANTI NELLE CLASSI D'USO III E IV	II	1

(1) Qualora una costruzione sia interferente con un'altra infrastruttura di cui all'elenco A del DPCM 3685 del 2003 o all'elenco B del DPCM 3685 del 2003 dovrà essere presa in conto la più alta tra la classe d'uso assegnata alla costruzione attraverso la presente tabella e quella dell'infrastruttura con cui si realizza l'interferenza.

(2) Ricadono in classe d'uso IV le opere d'arte nuove ricadenti nelle tratte di nodo di collegamento delle grandi stazioni con il sistema di grande viabilità ferroviaria

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>16 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	16 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	16 di 75								

8 MODELLO DI CALCOLO

8.1 Modellazione Strutturale

Al fine di rappresentare il comportamento dei diaframmi e della soletta superiore durante le varie fasi di lavoro (scavi e/o inserimento degli elementi di contrasto) è opportuno l'impiego di un metodo di calcolo iterativo atto a simulare l'interazione in fase elasto-plastica terreno-paratia.

Allo scopo si impiega il programma di calcolo “PARATIE PLUS” Versione 21.0 della HarpaCeas S.r.l. di Milano.

La fondazione della galleria artificiale sarà realizzata con rifodera e sarà vincolata al giunto diaframma e soletta superiore. Per questo motivo la fondazione e la rifodera sono state modellate come una struttura diversa e risolte nel software strutturale SAP2000. La fondazione viene modellata anche durante il calcolo del sistema diaframma - soletta superiore, al fine di simulare meglio la struttura e simulato attraverso un vincolo fisso.

I diaframmi, la soletta superiore e la fondazione sono discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico. Esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello stesso spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

Con tale metodo, si può quindi seguire analiticamente la successione delle fasi di costruzione, di carico e di contrasto, consentendo di fornire informazioni attendibili sull'entità delle deformazioni e sugli effetti che esse inducono sul diagramma delle pressioni esercitate dal terreno sulla galleria artificiale.

I parametri che caratterizzano il modello, dunque, possono essere distinti in due classi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno che compaiono nella definizione della rigidità delle molle.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>17 di 75</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	17 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	17 di 75								

La presenza del cordolo (1.60m x 1.60m), di luce L=10.40m, attraverso una molla avente rigidezza 111144,6 kN/m.

Calcolo di rigidezza del cordolo			
Geometria Di Cordolo			
b	160	cm	base cordolo
h	160	cm	altezza cordolo
L_c	10,4	m	Lunghezza cordolo (appoggio - appoggio)
Proprietà Materiali Del Cordolo			
R_{ck}	35	MPa	Resistenza cubica caratteristica
f_{ck}	28	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
E_{cls}	31000000	kPa	Modulo Elastico di Calcestruzzo
I = 1/12xbxh³	0,54613	m ⁴	Momento D'inerzia
Carico unitario di riferimento			
p=	1,00	kN/m	
Output - Ipotesi appoggio - appoggio			
$\delta = 5/384 \times p \times Lc^4 / (EI) =$	8,9973E-06	m	
K = 1/δ =	111144,6	kN/m	

Le figure che seguono mostrano l'input delle strutture inserite nel programma di calcolo.

Name:

Equivalent Inertia: m⁴/m

Equivalent Area: m

Homogeneization mat.:

To Be Used For

Walls

Slabs (specify the Dead Load: kN/m)

Rakers

Trusses

Geometry and material data

Custom

Material: Inertia: m⁴/m Area: m²/m

Solid or Piles

Concrete

Material:

Thickness: Ct m

Diameter: Cd m

Spacing: Cs m

Concrete Effectiveness for Stiffness Calculation [0-1]: ac

Steel Beam

Material:

Profile:

Spacing: Ss m

Sheet Pile

Profile:

Material:

Shape: β_B

Weight per unit wall area: kN/m² β_D

B: lx:

H: Wel:

Lagging

With Lagging:

Material (Concrete):

Material (Timber):

Thickness Lt: m

Placement:

Preview

Figura 3 Caratteristiche dei diaframmi inserite in Paratie Plus.

Nome:

Inerzia Equivalente: m⁴/m

Area Equivalente: m

Mat. omogeneizzazione:

Da utilizzare per

Muri

Solette (specificare il Dead Load kN/m)

Puntelli

Puntoni

Geometria e materiali

Custom

Materiale: Inerzia: m⁴/m Area: m²/m

Diaframma o Pali

Calcestruzzo

Materiale:

Spessore: Ct m

Diametro: Cd m

Passo: Cs m

Efficacia del calcestruzzo per il calcolo della rigidezza [0-1]: ac

Acciaio

Materiale:

Profilo:

Passo: Ss m

Palancole

Profilo:

Materiale:

Tipo: β_B

Peso per superficie unitaria di parete: kN/m² β_D

B: I_x

H: W_e

Anteprima

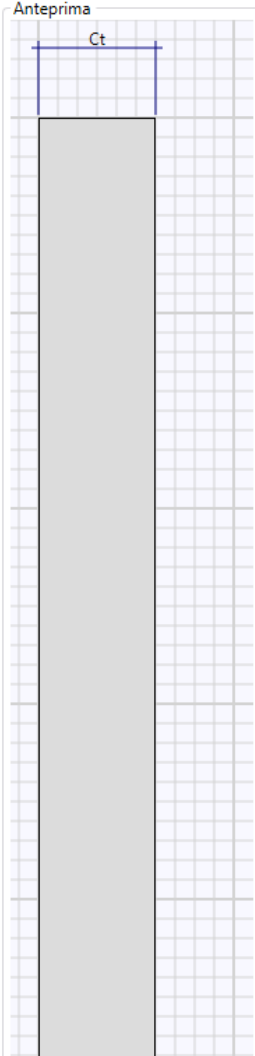


Figura 4 Caratteristiche del muro sopra diaframma inserite in Paratie Plus

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
	PROGETTO DEFINITIVO GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO GA0601001	REV B

Proprietà Vincolo

Nome Muro D.S.

Dati

Posizione

X m

Z m

Type

TYPE

Avanzate

Connetti elemento al nodo Slave

Connetti a trave di ripartizione

Dati Vincolo

RigidezzaTrasl. kN/m

Rigidezza Rotaz. kNm/rad

Limite plastico lat. kN

Limite plastico mom. kNm

Angolo °

Spaziatura Oriz. m

Vincolo Rigido (traslazione e rotazione)

Figura 5 Caratteristiche del cordolo inserite in Paratie Plus

8.2 Modellazione Geotecnica

I parametri geotecnici utilizzati nell'analisi sono presi dalla Tabella 1. I parametri del suolo drenato sono usati e $E_{op}/5$ considerato per il modulo elastico.

La falda si presenta a 4,5 m sotto la superficie del suolo.

8.2.1 Parametri di spinta del terreno

Il programma impiegato richiede, ovviamente, la definizione di parametri geotecnici degli strati in cui è stato suddiviso il terreno al contorno dell'opera e che è stata già riportata nei paragrafi precedenti.

Il problema dell'interazione suolo-struttura consiste nel valutare il raggiungimento dello stato di equilibrio del terreno al variare delle deformazioni della struttura in quanto la tensione orizzontale σ'_h che lo scheletro solido del terreno esercita sulla parete verticale della struttura è funzione dello spostamento che essa subisce.

L'analisi di interazione ha inizio dallo stato indisturbato del terreno che è in equilibrio in condizioni litostatiche:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v \quad \text{pressione a riposo}$$

Secondo la relazione di Kulhawy [1989], il coefficiente di spinta a riposo dipende dalla resistenza del terreno e dal rapporto di sovraconsolidazione del terreno OCR secondo la seguente relazione:

$$K_0 = K_0^{nc} * OCR^m$$

dove:

- K_0^{nc} è il coefficiente di spinta a riposo per terreni normal-consolidati che secondo Jaky [1936] può essere posto pari a $K_0 = (1 - \tan \varphi')$;
- m è un parametro empirico, di solito compreso tra 0,40 e 0,70.

Con lo scavo, lo stato di equilibrio litostatico viene perturbato e le spinte variano in funzione dello spostamento:

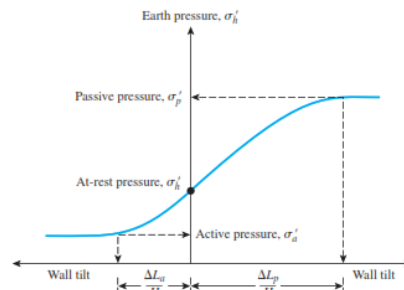


Figure 13.2 Variation of the magnitude of lateral earth pressure with wall tilt

Table 13.1 Typical Values of $\Delta L_w/H$ and $\Delta L_p/H$

Soil type	$\Delta L_w/H$	$\Delta L_p/H$
Loose sand	0.001-0.002	0.01
Dense sand	0.0005-0.001	0.005
Soft clay	0.02	0.04
Stiff clay	0.01	0.02

La tensione σ'_a “attiva” sul paramento viene calcolata come:

$$\sigma'_a = K_a \cdot \sigma'_v - 2 \cdot c' \cdot (K_a)^{0.50} \quad \text{pressione attiva}$$

dove:

- K_a = coefficiente di spinta attiva;
- σ'_v = tensione verticale efficace alla generica profondità;
- c' = coesione efficace.

In condizioni statiche, K_a è funzione dell'angolo di attrito efficace dello scheletro solido φ' , dell'angolo di attrito fra struttura e terreno δ dell'inclinazione β del paramento di monte della struttura di sostegno e dell'inclinazione del terrapieno a tergo dell'opera.

La tensione σ'_p “passiva” sul paramento viene, parimenti, calcolata come:

$$\sigma'_p = K_p \cdot \sigma'_v + 2 \cdot c' \cdot (K_p)^{0.50} \quad \text{pressione passiva}$$

dove:

- K_p = coefficiente di spinta passiva.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>22 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	22 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	22 di 75								

Il software utilizzato è in grado, dunque, in funzione del campo di spostamento risultante nei vari step di analisi, di risalire all'entità della spinta in ogni fase a partire dal valore iniziale di spinta a riposo.

Le rigidzze delle molle schematizzanti i vari strati di terreno sono proporzionali ai loro moduli elastici.

Per strutture di sostegno alla pressione esercitata dallo scheletro solido deve essere sommata la pressione esercitata dall'acqua assumendo schemi di filtrazione idonei in funzione delle condizioni stratigrafiche ed al contorno. In presenza di falda, va ovviamente aggiunta la pressione idrostatica che alla generica profondità, può essere valutata come di seguito:

$$u = \gamma_w \cdot z$$

In definitiva, l'espressione generale per il calcolo della pressione verticale efficace alla generica profondità z , in caso di eventuale presenza di sovraccarichi sul piano limite e falda è la seguente:

$$\sigma'_v = \gamma \cdot (z - h_w) + \gamma' \cdot h_w + q$$

Essendo:

- γ : peso di volume naturale del terreno;
- γ' : peso di volume del terreno immerso;
- h_w : altezza di falda rispetto al piano orizzontale posto a quota z ;
- q : intensità del sovraccarico presente su piano limite.

8.2.2 Parametri di deformabilità del terreno

Per la definizione del modulo di Young si utilizza il modello elasto-plastico inserendo il valore di E manualmente. Il programma provvede automaticamente a calcolare le costanti di sottofondo per ogni fase di scavo come:

$$K_{monte} = \frac{E_m \cdot \Delta}{B_m} \quad e \quad K_{valle} = \frac{E_v \cdot \Delta}{B_v}$$

Nelle relazioni presentate, Δ è il valore fornito dalla schematizzazione agli elementi finiti e B_m e B_v sono rispettivamente le estensioni laterali del cuneo di spinta attiva e passiva del terreno alla quota del baricentro del cuneo stesso, per ogni fase di scavo:

$$B_m = \frac{2}{3} \cdot \lambda_A \cdot \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$B_v = \frac{2}{3} \cdot \lambda_P \cdot \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$\lambda_A = \min(H_{paratia}; 2H_{scavo})$$

$$\lambda_P = \min(H_{paratia} - H_{scavo}; H_{scavo})$$

Si assume in ogni caso un valore di altezza dello scavo H_{scavo} non minore di 1/10 dell'altezza totale della paratia $H_{paratia}$.

Per simulare il comportamento reale dei terreni, caratterizzato da una marcata non linearità ed in particolare da una differente risposta nella condizione di primo carico o carico vergine rispetto alla condizione di scarico e ricarico, si definiscono valori diversi delle costanti elastiche delle molle; in pratica si adottano due valori dei moduli di elasticità longitudinale, per distinguere la risposta in fase di primo carico (ECV) da quella in fase di scarico (EUR). Il modulo elastico in fase incrudente si assume pari a 1.60 volte il modulo elastico di primo carico E_{vc} (ha un valore assunto pari al modulo elastico del terreno):

$$E_{ur} = 1.60 \cdot E_{vc}$$

8.3 Modellazione Sismica

La modellazione dell'azione sismica è fatta attraverso la Teoria Wood. Si è adottato il metodo pseudostatico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale e verticale secondo le prescrizioni della normativa (NTC 2018):

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right)$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:

- a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, a favore di sicurezza e in ipotesi di strutture rigide ed impedito di subire spostamenti relativi rispetto al terreno si assume $\beta_m = 1$.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>24 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	24 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	24 di 75								

L'effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Wood (1973), agente direttamente sulla porzione di paratia compresa tra gli estradossi della soletta superiore e inferiore secondo una distribuzione uniforme.

$$\Delta S_E = k_h \cdot \gamma \cdot H_{scavo}$$

dove:

- γ rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce;
- H rappresenta l'altezza della paratia compresa tra gli estradossi delle solette superiore e inferiore;
- K_h rappresenta il coefficiente di spinta in condizioni sismiche.

Per la simulazione degli effetti dell'azione sismica sulle masse inerziali si fa riferimento al metodo pseudostatico secondo quanto previsto dalla normativa vigente, applicando cioè alle masse ed ai carichi fissi e variabili eventualmente presenti, due azioni statiche equivalenti proporzionali al peso, ovvero all'intensità del carico secondo quanto di seguito indicato:

$$F_h = k_h \cdot W \quad \text{azione sismica orizzontale}$$

$$F_v = k_v \cdot W \quad \text{azione sismica verticale}$$

con:

W: Peso della massa coinvolta / intensità del carico permanente;

K_h : coefficiente sismico orizzontale;

K_v : coefficiente sismico verticale.

8.3.1 Effetti idrodinamici

Gli effetti idrodinamici sono valutati con il metodo di Westergaard (Westergaard, 1931) e sono applicate come pressioni esterne con la relazione:

$$p_w = \frac{7}{8} a_x \gamma_w \sqrt{z_w H}$$

Dove:

- H è l'altezza del livello di falda rispetto al fondo scavo;
- Z_w è la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda.

Quando l'acqua si trova al di sopra della superficie del terreno, le pressioni esterne idrodinamiche sono contenute all'interno dell'equazione sopra riportata. Nel caso si abbia una quota di falda al di sopra della quota di scavo le pressioni idrodinamiche sono incluse nel lato scavo, nella direzione dell'accelerazione orizzontale.

Dipendendo dalla permeabilità del terreno, l'acqua contenuta nel terreno stesso può muoversi indipendentemente o insieme allo scheletro solido.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>25 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	25 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	25 di 75								

Poiché il valore soglia convenzionale tra terreno pervio e terreno impervio è: $k = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s e tutti i litotipi/terreni coinvolti hanno una permeabilità minore, non si ritiene opportuno prendere in conto la scomposizione della spinta del terreno e dell'acqua in condizioni sismiche.

Si fa dunque l'ipotesi di terreno impervio, condizione che corrisponde alla impossibilità dell'acqua di muoversi in maniera indipendente, per cui gli effetti idrodinamici sono trascurabili ed il cuneo di spinta viene valutato con un peso dato dal γ_{saturo} .

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>26 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	26 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	26 di 75								

9 APPROCCI PROGETTUALI

Le azioni considerate per la verifica delle gallerie artificiali sono le seguenti:

- **Azioni permanenti strutturali (G_1):** peso proprio degli elementi strutturali;
- **Azioni permanenti non strutturali (G_2):** spinta del terreno a monte e a valle dell'opera.
- **Azioni variabili (Q_k):** carico variabile sul piano campagna atto a simulare la presenza di sovraccarichi variabili in fase costruttiva legato alle varie fasi realizzative;
- **Azione sismica (E):** Accelerazione orizzontale e verticale come definita al C.8.3.

9.1 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC2018 al par.2.5.3.

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

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

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

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

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_F , γ_M e γ_R (relativi alle resistenze dei pali soggetti a carichi assiali), nonché i coefficienti di combinazione ψ delle azioni sono dati dalle tabelle NTC2018 5.2.V, 5.2.VI, 6.2.II e 6.4.II che vengono riportate nel seguito.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>27 di 75</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	27 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	27 di 75								

9.2 Metodo agli Stati Limite ed Approcci di Progetto

Come prescritto nella normativa vigente, per le paratie si devono considerare almeno i seguenti stati limite ultimi:

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;
- 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 dell'insieme terreno-opera.

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

accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti 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, 6.2.II e 6.5.I, con i coefficienti γ_R del gruppo R1 pari all'unità.

Tabella 2 Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tab. 6.2.I N.T.C. 2018)

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_E (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_Q	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}

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>28 di 75</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	28 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	28 di 75								

Tabella 3 Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab.6.2.II NTC2018)

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_r	γ_r	1,0	1,0

Tabella 4 Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo (Tabella 6.8.I – N.T.C. 2018).

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

10 MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE LA STRUTTURA DI USCITE DI SICUREZZA

Sono state verificate le seguenti sezioni:

- Diaframmi e cordoli della struttura di uscite di sicurezza.
- Rivestimento interno della struttura.
- Scale metalliche all'interno di struttura.

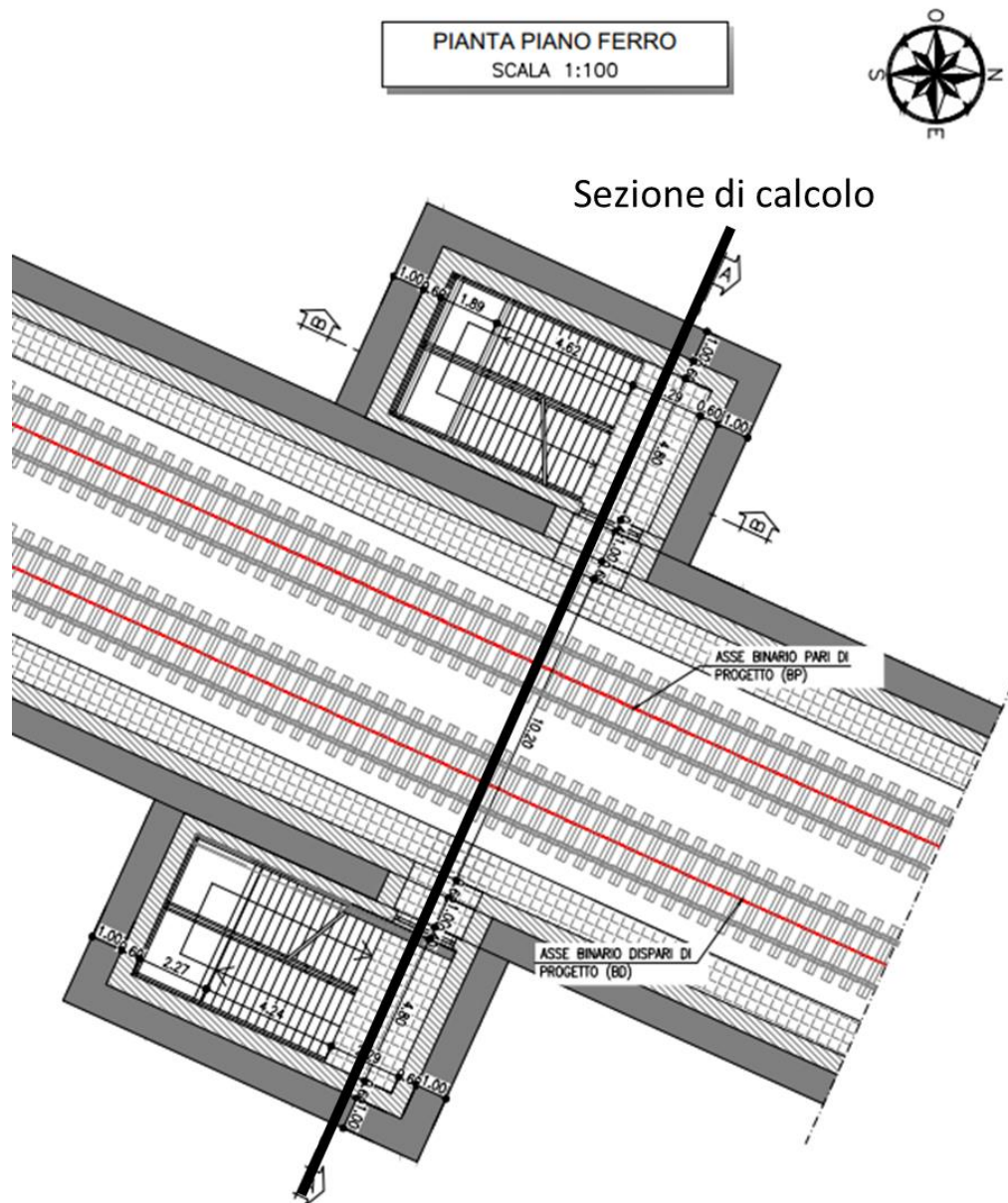


Figura 6 Vista in pianta di sezione di calcolo

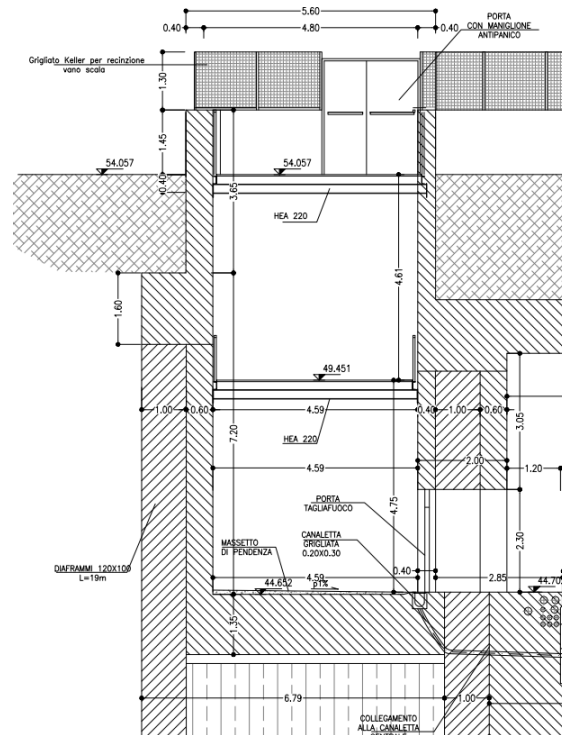


Figura 7 Sezione di calcolo del diaframma, cordolo e rivestimento interno

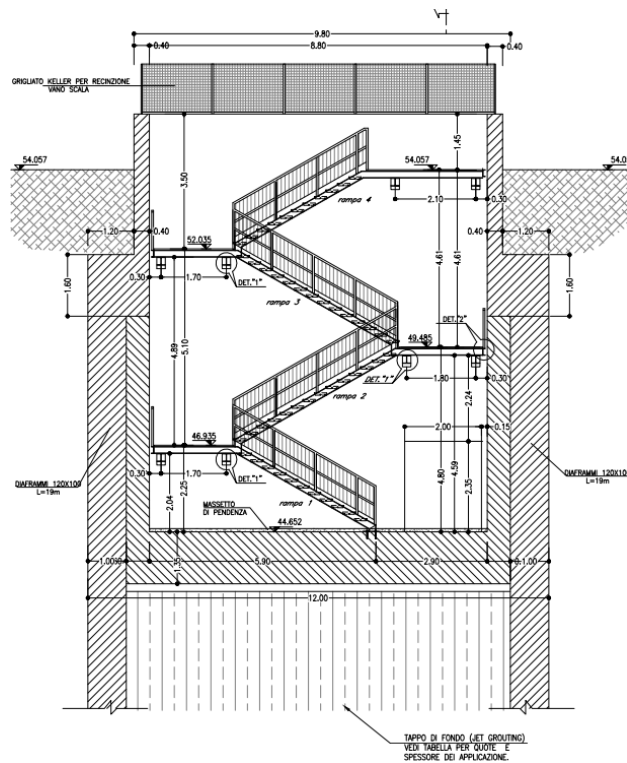


Figura 8 Sezione di scale metalliche

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>31 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	31 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	31 di 75								

10.1 Diaframmi e cordoli della struttura di uscite di sicurezza

10.1.1 Fasi di calcolo

L'analisi di interazione tra il terreno e l'opera di sostegno è eseguita mediante il codice di calcolo ParatiePlus, con riferimento ad uno schema piano e nell'ipotesi di sottosuolo assimilato ad una successione di strati orizzontali. L'analisi si articola secondo una sequenza di fasi, diverse in funzione del tipo di problema, allo scopo di simulare sia le reali fasi costruttive che la variazione dello stato di sforzo sino al completamento della costruzione

Per la geometria del problema in esame, l'analisi è articolata nella seguente successione di fasi:

1. Inizializzazione geostatica;
2. Realizzazione del tappo di fondo (jet grouting *), del diaframma, del carico di cantiere (**)
3. Realizzazione del cordolo, attraverso una molla avente.
4. Scavo fino alla quota della soletta inferiore a quota -8.75m;
5. Realizzazione della fondazione attraverso un vincolo fisso;
6. Realizzazione di muro sopra diaframma, si esegue un rinterro di spessore pari a 2.50m a monte della paratia
7. Attivazione azione sismica.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>32 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	32 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	32 di 75								

(*) Tappo di fondo: Parametri di Jet Grouting

Al tappo di fondo in jet grouting si possono assumere i seguenti valori di resistenza a rottura e moduloelastico:

$$\sigma_c = 2500 \text{ kPa}$$

$$E = 2500 \text{ Mpa}$$

Il valore di coesione è determinato dalla seguente espressione:

$$c = 0.5 \times \sigma_c \times (1 - \sin \phi) / \cos \phi$$

con ϕ pari all'angolo di attrito della ghiaia, 37°

Si ottiene un valore di coesione pari a 623 kPa.

Nelle successive verifiche alla struttura si assumono i seguenti parametri geotecnici, a favore di sicurezza ridotti rispetto a quelli sopra stimati:

Peso specifico	19.0 kN/m ³ ;
Angolo di attrito	37°
Coesione	300 kPa
Modulo Elastico	800 MPa

() Carico di riempimento**

La presenza dei mezzi di cantiere attraverso l'applicazione di una distribuzione di carico uniforme pari a 20 kN/m²

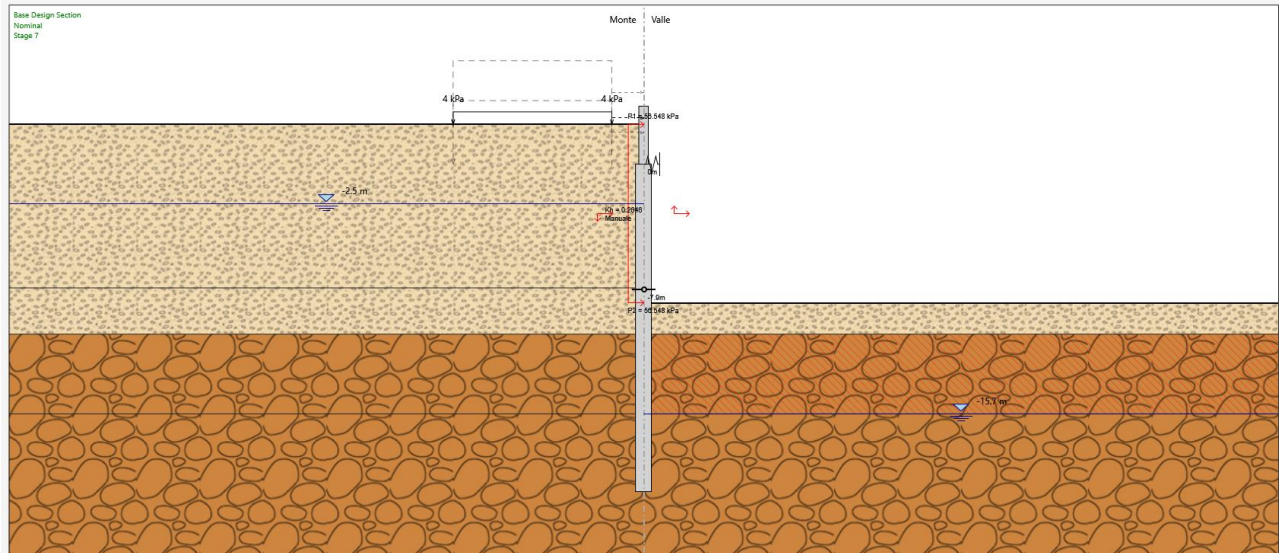


Figura 3 Inizializzazione geostatica;

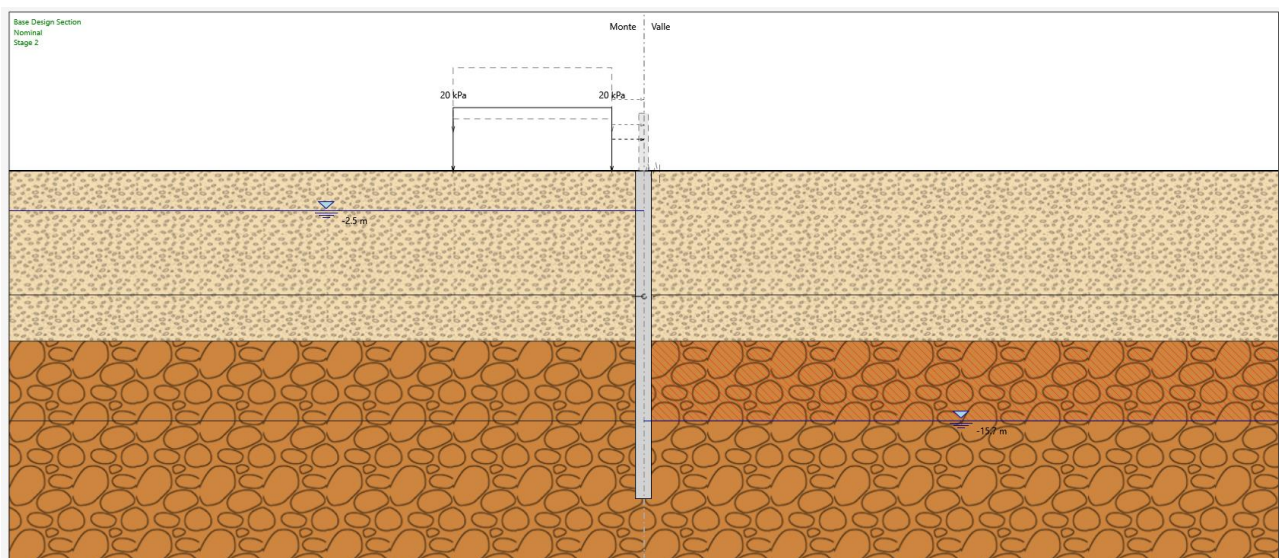


Figura 4 Realizzazione del tappo di fondo (jet grouting), del diaframma, attivazione del carico di cantiere

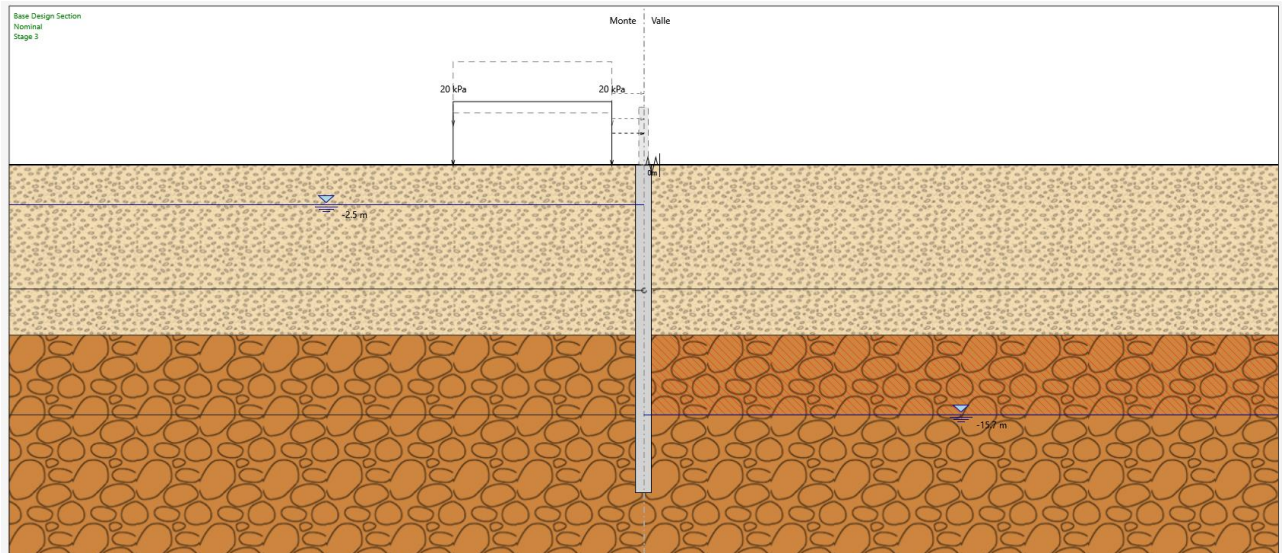


Figura 5 Realizzazione del cordolo, attraverso una molla avente.

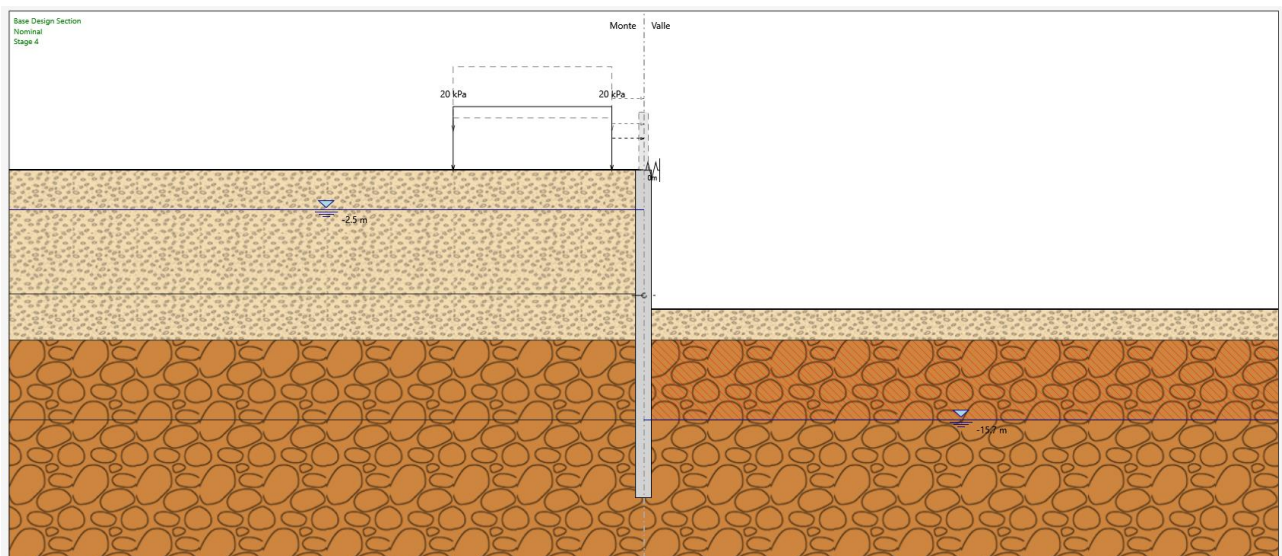


Figura 6 Scavo fino alla quota della soletta inferiore a quota -8.75m

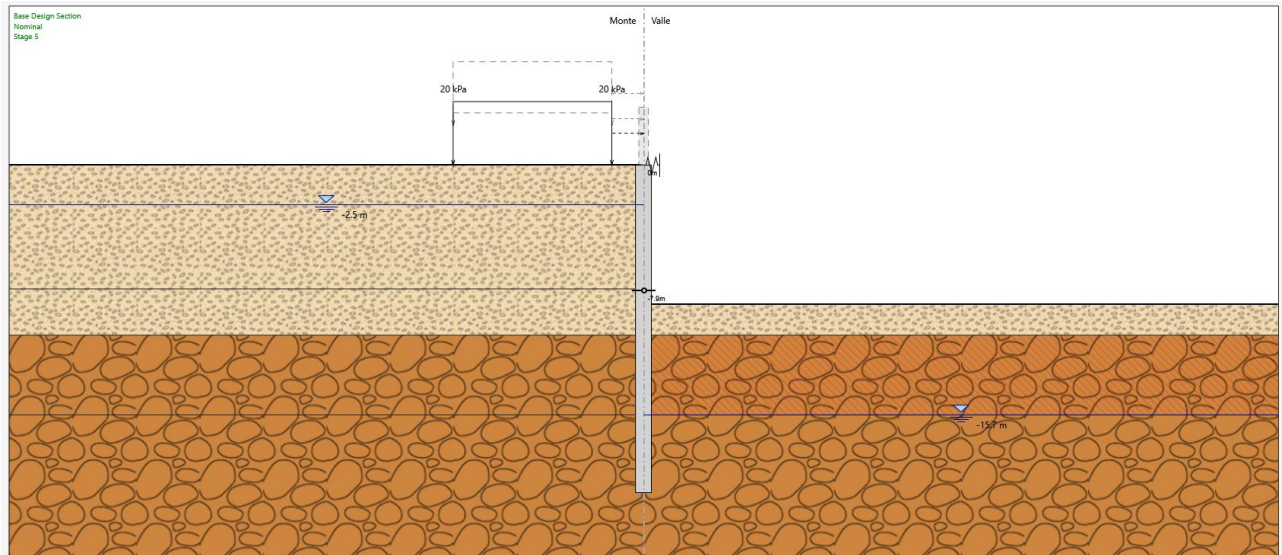


Figura 7 Realizzazione della fondazione attraverso un vincolo fisso

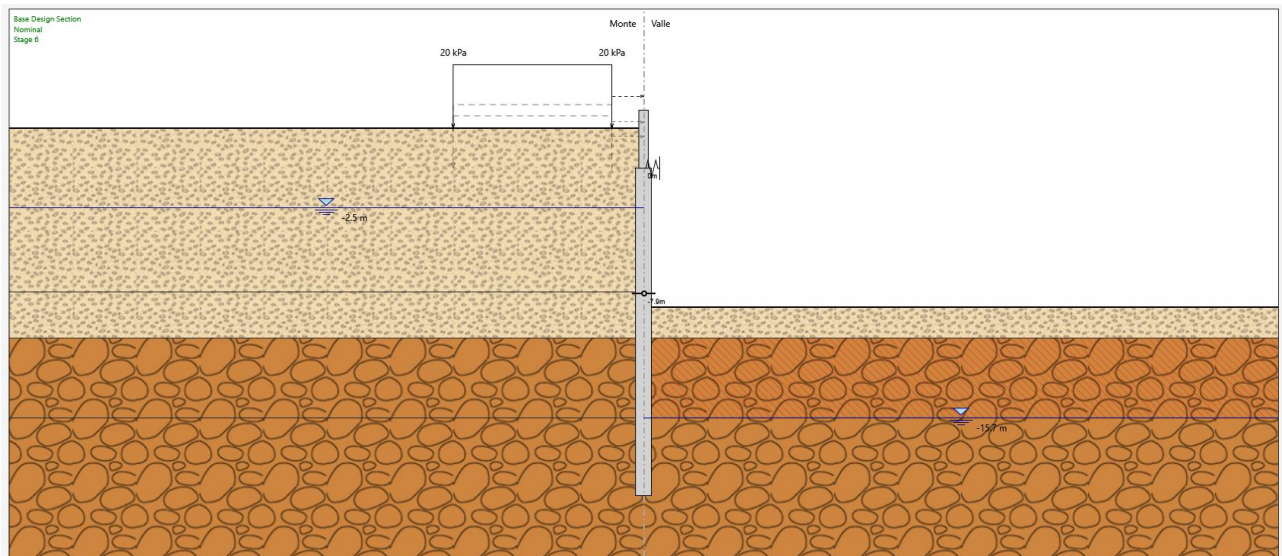


Figura 8 Realizzazione di muro sopra diaframma, si esegue un rinterro di spessore pari a 2.50m a monte della paratia

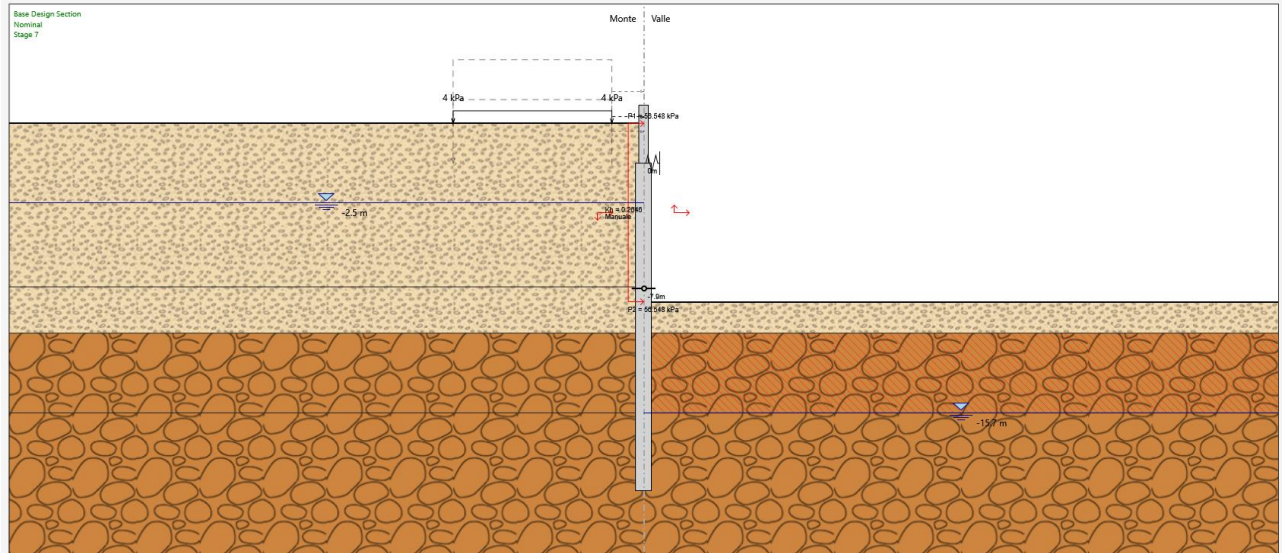


Figura 9 Attivazione azione sismica.

PROGETTO DEFINITIVO

GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	37 di 75

10.1.2 Parametri Geotecnici

I parametri geotecnici adottati nelle analisi come riportato nel prospetto che segue:

PARAMETRI GEOTECNICI PER GA06							
UNITA'	DA	A	γ_n	ϕ'	c'	E_{op2}	H falda da p.c.
(-)	(m pc)	(m pc)	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	[m]
A1-1	0,0	10,0	19,0	27,0	12,0	14,0	4,5
A1-2	10,0	13,2	19,0	27,0	8,0	27,0	
A2-1	> 13,2		19,0	37,0	0,0	60,0	

γ_n : Peso dell'unità di volume.
 ϕ' : Angolo d'attrito.
 c' : Coesione efficace.
 E_{op2} : Modulo di Young per opere d'arte.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
	PROGETTO DEFINITIVO GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO GA0601001	REV B

10.1.3 Risultati delle analisi

10.1.3.1 Analisi delle sollecitazioni per diaframmi:

Di seguito si sintetizzano i risultati dei calcoli relativi alle diverse combinazioni di carico. In particolare, per si riportano i valori massimi delle sollecitazioni sulla paratia e gli andamenti delle sollecitazioni durante tutte le fasi di calcolo.

Tabella 5- Sollecitazioni massime per metro lineare agenti sui diaframmi

SOLLECITAZIONI MASSIMI DI DIAFRAMMI					
SLU		SLV		SLE	
Mmax	Vmax	Mmax	Vmax	Mmax	Vmax
783,56	384,66	713,66	520,11	599,02	293,78

10.1.3.2 Analisi delle sollecitazioni per muri sopra diaframmi:

Di seguito si sintetizzano i risultati dei calcoli relativi alle diverse combinazioni di carico. In particolare, per si riportano i valori massimi delle sollecitazioni sulla paratia e gli andamenti delle sollecitazioni durante tutte le fasi di calcolo.

Tabella 6- Sollecitazioni massime per metro lineare agenti sui muri

SOLLECITAZIONI MASSIMI DI MURI					
SLU		SLV		SLE	
Mmax	Vmax	Mmax	Vmax	Mmax	Vmax
26,00	34,00	195,00	162,00	20,00	26,00

10.1.3.3 Analisi delle sollecitazioni per cordoli:

Il cordolo ha le dimensioni 1.40m x 1.60m x 10.40m. Ipotizzando per il cordolo uno schema di calcolo del tipo appoggio – appoggio, ed indicando con R la reazione della molla:

il momento di verifica è $M = 1/8 \times R \times Lc^2$

mentre il taglio di verifica è $T = 1/2 \times R \times Lc$

STATO LIMITE ULTIMO (SLU/SLV)

$$M_{max} = 1/8 \times 565 \times 10.4^2 = 7638.8 \text{ kNm}$$

$$V_{max} = 1/2 \times 565 \times 10.4 = 2938 \text{ kN}$$

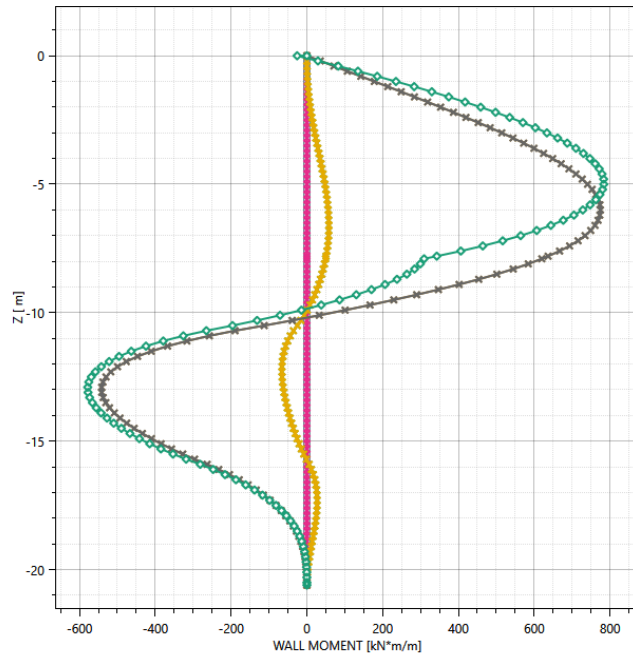
STATO LIMITE ESERCIZIO (SLE)

$$M_{max} = 1/8 \times 239 \times 10.4^2 = 3231.28 \text{ kNm}$$

$$V_{max} = 1/2 \times 239 \times 10.4 = 1242.8 \text{ kN}$$

WALL MOMENT

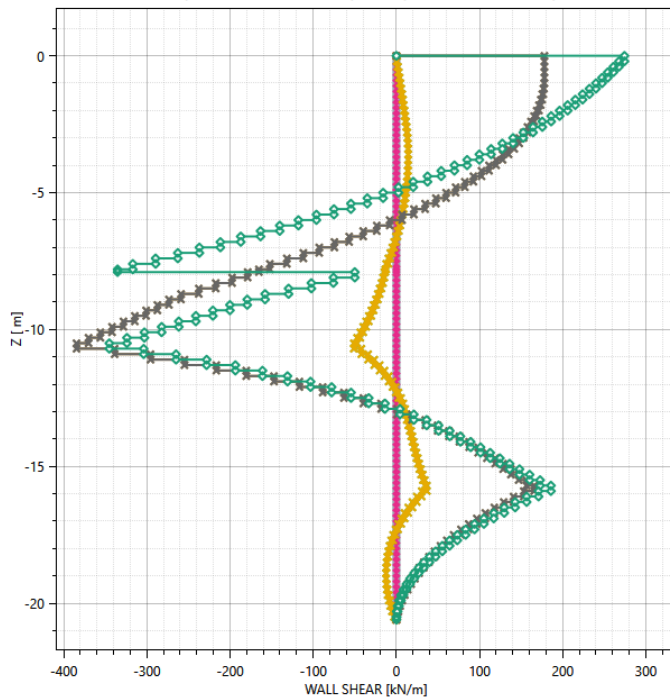
(Wallelem :WallElement (484874) Z1=0 m Z2=-20.6 m)



- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Geostatico
- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Stage 2
- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Stage 3
- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Stage 4
- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Stage 5
- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Stage 6

WALL SHEAR

(Wallelem :WallElement (484874) Z1=0 m Z2=-20.6 m)



- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Geostatico
- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Stage 2
- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Stage 3
- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Stage 4
- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Stage 5
- ◆ <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)> Stage 6

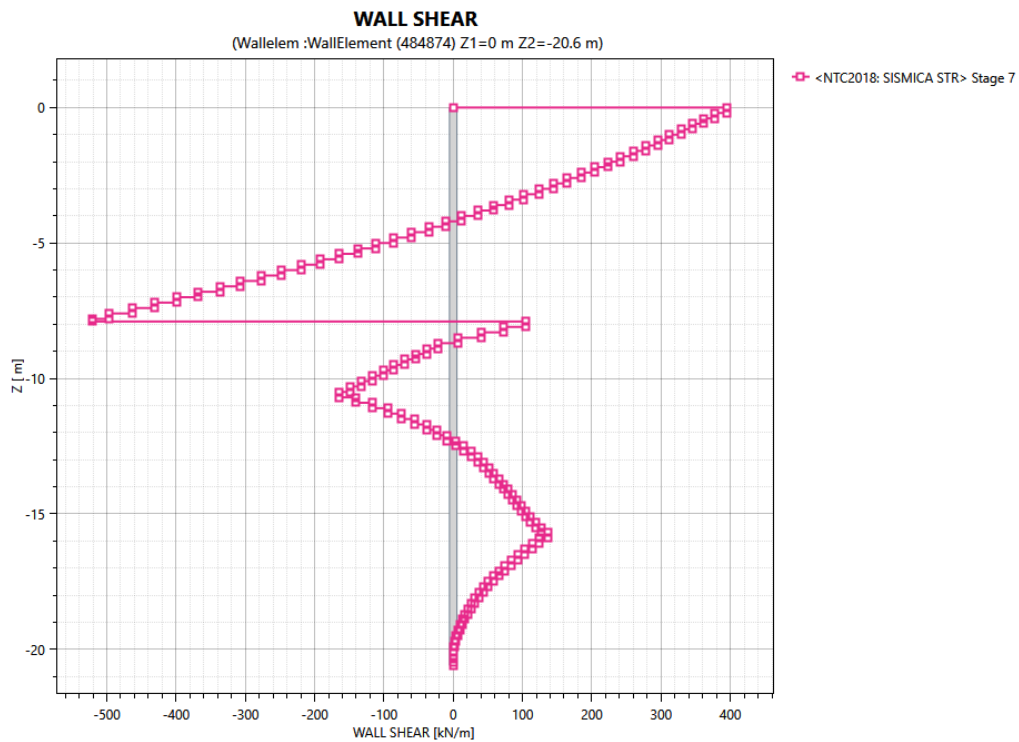
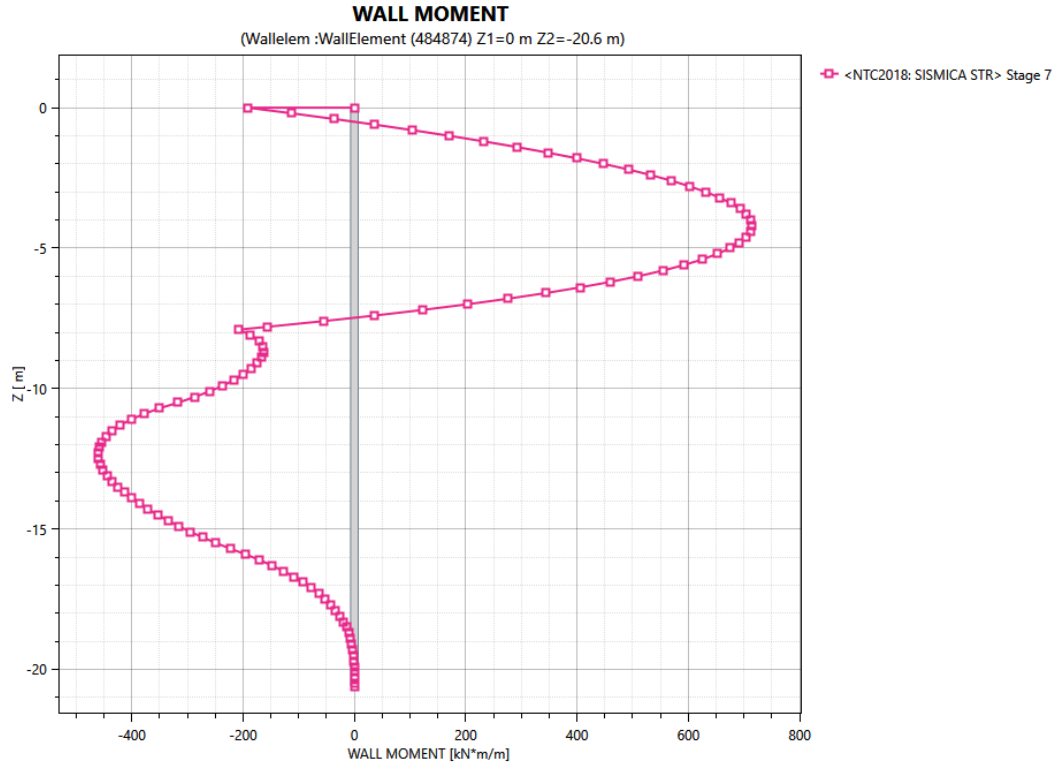
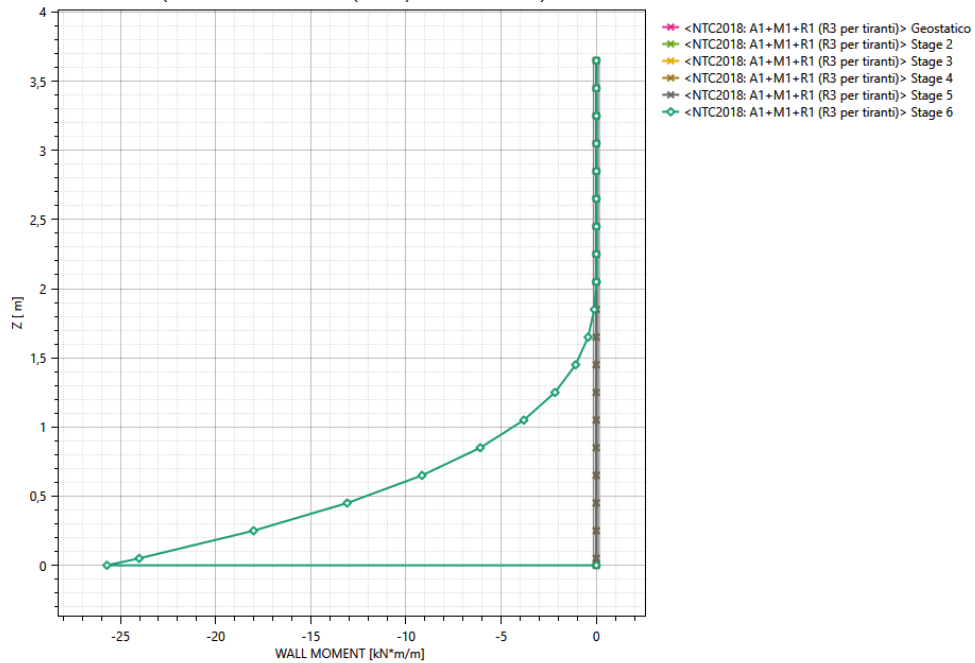


Figura 9 Andamento del momento flettente e taglio del diaframma in condizioni SLU e SLV per i vari fasi di calcolo

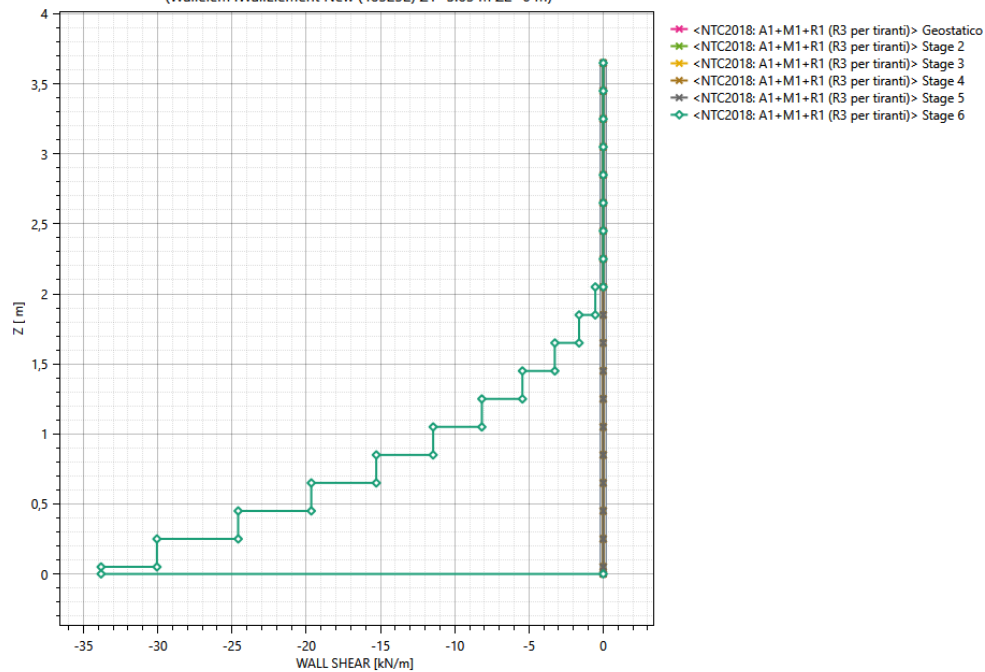
WALL MOMENT

(Wallelem :WallElement New (485252) Z1=3.65 m Z2=0 m)



WALL SHEAR

(Wallelem :WallElement New (485252) Z1=3.65 m Z2=0 m)



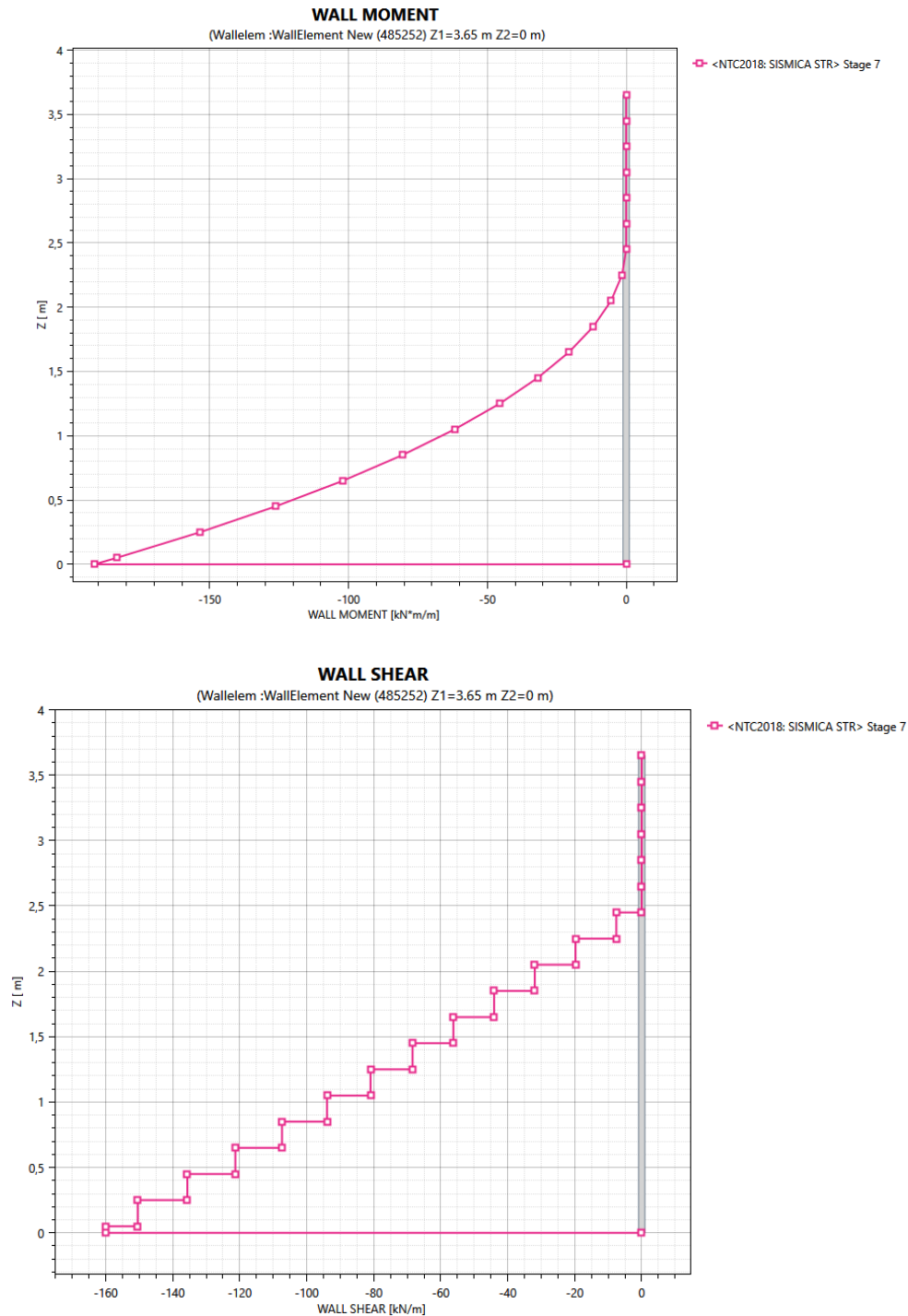


Figura 10 Andamento del momento flettente e taglio del muro sopra diaframma in condizioni SLU e SLV per i vari fasi di calcolo

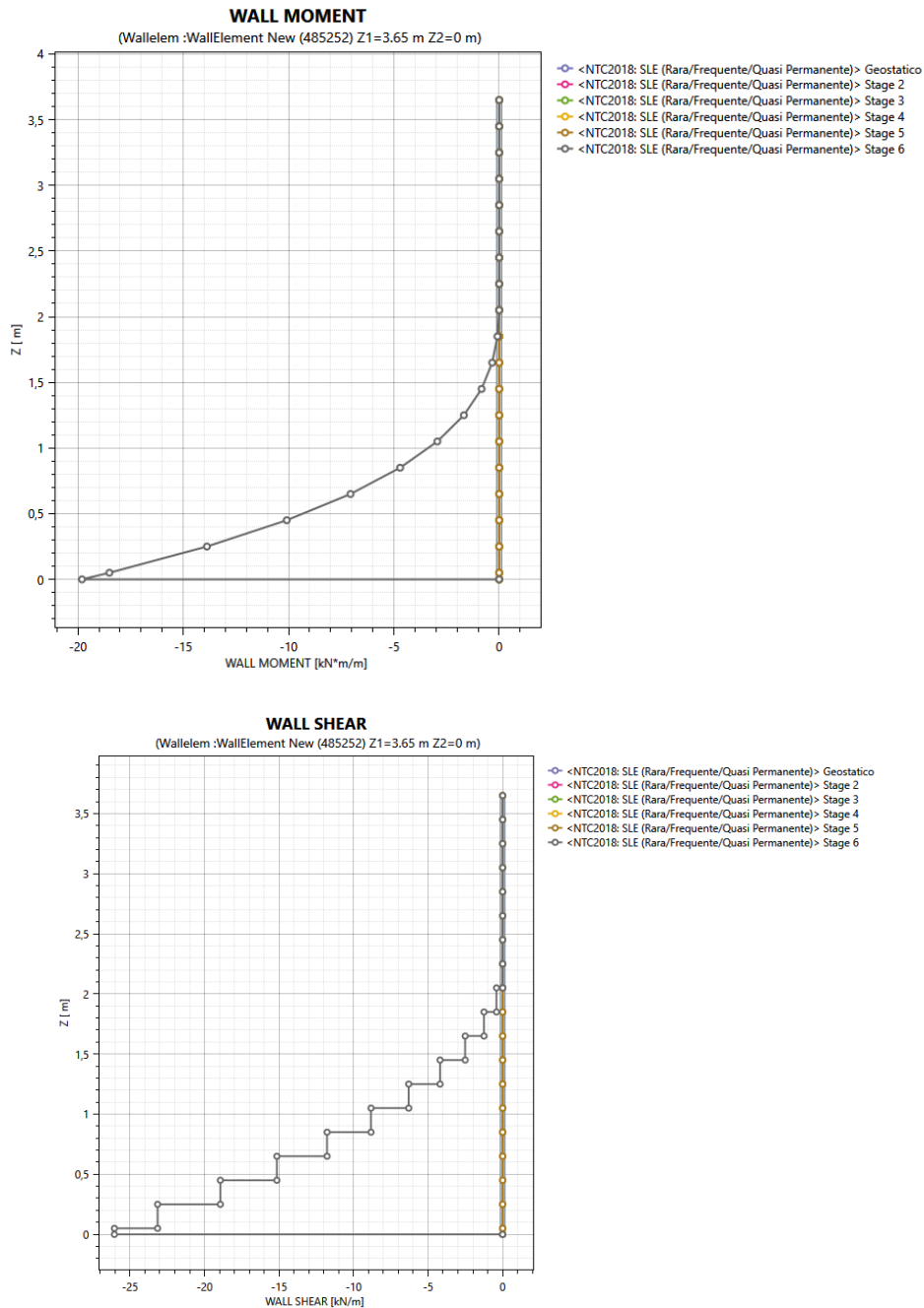
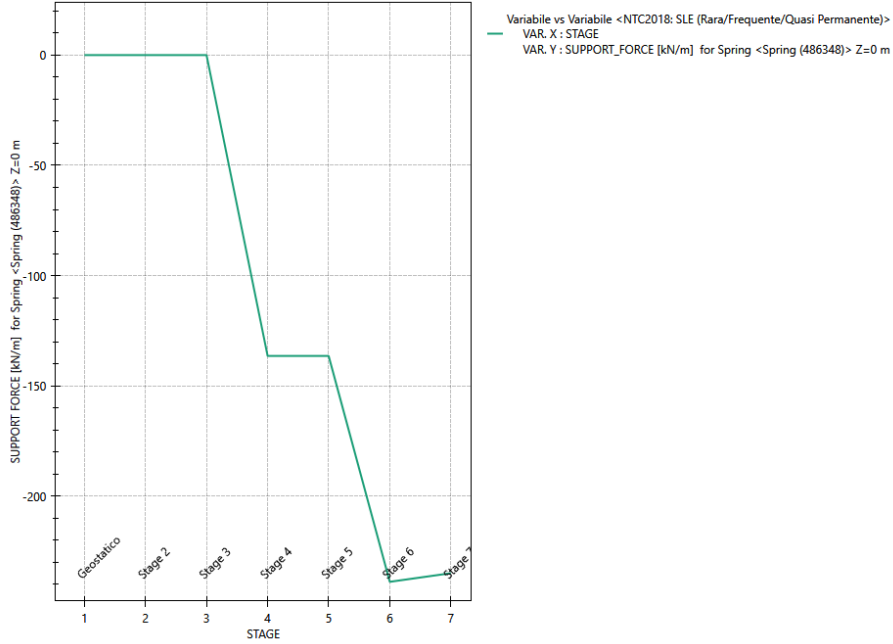


Figura 11 Andamento del momento flettente e taglio del muro sopra diaframma in condizioni SLE per i vari fasi di calcolo

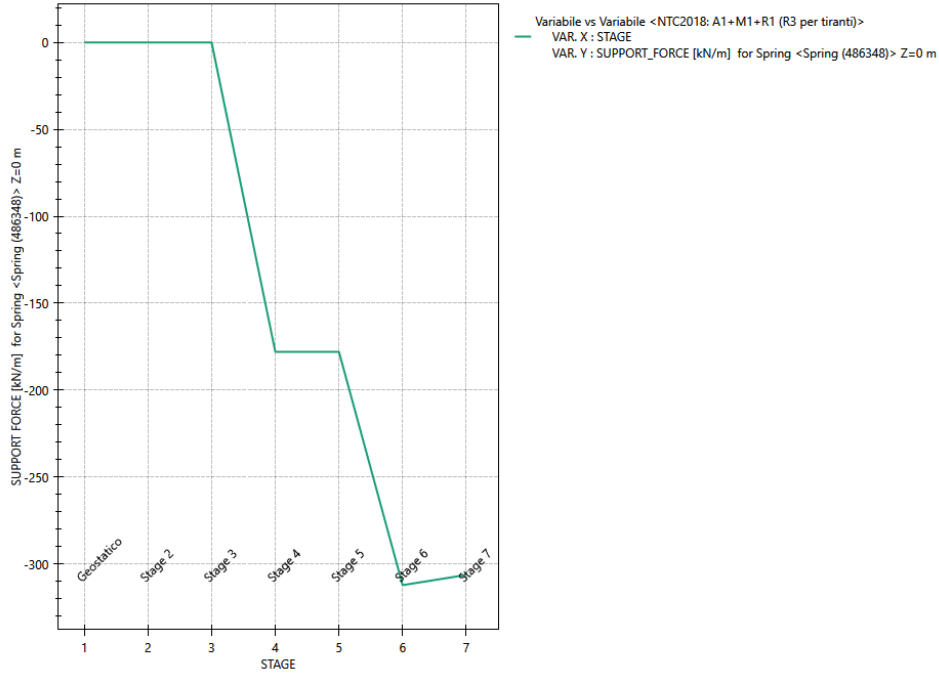
Variabile vs Variabile

D.A. <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>



Variabile vs Variabile

D.A. <NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)>



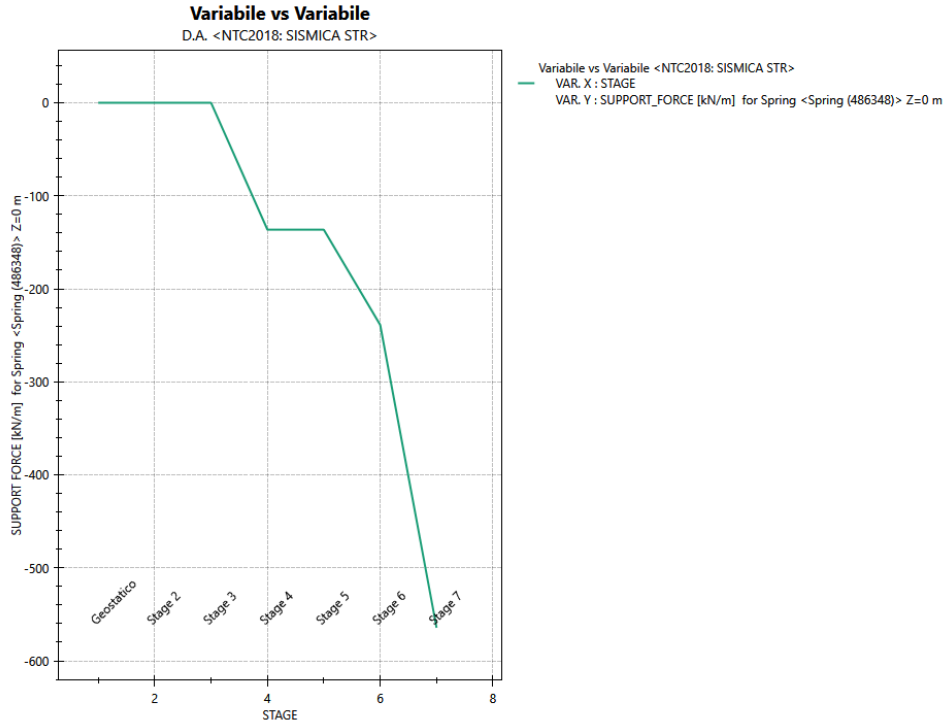



Figura 12 Andamento della reazione della molla in condizioni SLE, SLU e SLV per i vari fasi di calcolo

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>46 di 75</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	46 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	46 di 75								

10.1.4 Verifiche strutturali

10.1.4.1 Diaframmi

Le figure seguenti mostrano rispettivamente il momento, la forza di taglio e la forza assiale estratti dalla fase di calcolo più critica per le condizioni sia con che senza soletta incastrata e diaframma.

SLU			SLV			SLE		
Mmax	Nmax	Vmax	Mmax	Nmax	Vmax	Mmax	Nmax	Vmax
783,56	0,00	384,66	713,66	0,00	520,11	599,02	0,00	293,78

Per i solettoni sono state adottate delle armature con una fila 10Ø22 (B450C), cautelativamente sia in zona tesa che compressa. Con i valori di sezione e armatura proposti, la struttura risulta verificata agli SLU sismici, SLU statici, fessurazione.

DIAFRAMMI

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	0,0	599,0	293,78
SLE Frequente	0,0	599,0	293,78
SLE Rara	0,0	599,0	293,78
SLU	0,0	783,6	385
SLV	0,0	713,7	520

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione				
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm]	100		
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm]	100		
Altezza utile della sezione	d [cm]	92		
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²]	10000		
Armatura longitudinale tesa				
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	10,00	0,00	0
Diametro	φ [mm]	22	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	8,1	0,0	0,0
Area strato	As [cm ²]	38,01	0,00	0,00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0,414%		
Armatura longitudinale compressa				
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	10,0	0	0
Diametro	φ [mm]	22	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	8,1	0,0	0,0
Area strato	As' [cm ²]	38,01	0,00	0,00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0,414%		
Armatura trasversale				
		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	φ [mm]	10	0	0
Numero bracci	n _{bt}	3,333333	5	0
Passo	s _w [cm]	30	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A _{sw/s_w} [cm ² /m]	8,73	0,00	0,00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	35
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	28,00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	36,00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	2,77
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	1,94
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	15,87
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd} [Mpa]	8,45
Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]	391,30

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

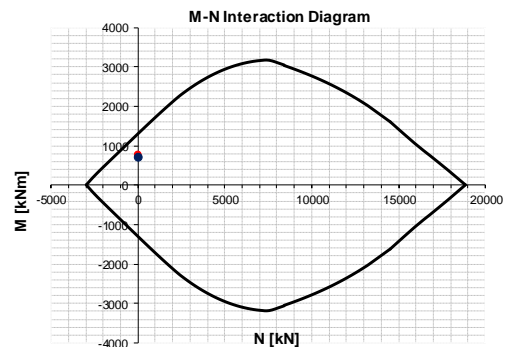
Verifica Tensionale		σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] =	4,49 12,600
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] =	4,49 15,400
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] =	188,00 337,500
Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] =	0,247 0,300
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] =	0,241 0,300

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto		
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Sd} [kN]	520,0
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	0,0
Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica		
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	1102,26
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	2,12
Verifica di resistenza dell'armatura specifica		
CoTan(θ) di progetto	cot(θ)	2,5
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	2411
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	706
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	706
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	1,36

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	783,6	713,7
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	0,0	0,0
Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	1297,0	1297,0
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	1,66	1,82
Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-



10.1.4.2 Muri sopra Diaframmi

I valori massimi delle sollecitazioni il muro, sono:

SLU			SLV			SLE		
Nmax	Mmax	Vmax	Nmax	Mmax	Vmax	Nmax	Mmax	Vmax
0,00	26,00	34,00	0,00	195,00	162,00	0,00	20,00	26,00

Per i solettoni sono state adottate delle armature con una fila 5Ø20 (B450C), cautelativamente sia in zona tesa che compressa. Con i valori di sezione e armatura proposti, la struttura risulta verificata agli SLU sismici, SLU statici, fessurazione.

Muri Sopra Diaframmi

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	0,0	20,0	26
SLE Frequente	0,0	20,0	26
SLE Rara	0,0	20,0	26
SLU	0,0	26,0	34
SLV	0,0	195,0	162

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione				
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	60	
Altezza utile della sezione		d [cm]	52	
Area di calcestruzzo		A _c [cm ²]	6000	
Armatura longitudinale tesa				
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	5,0	0,0	0
Diametro	φ [mm]	20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	8,0	0,0	0,0
Area strato	As [cm ²]	15,71	0,00	0,00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0,302%		
Armatura longitudinale compressa				
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	5,0	0	0
Diametro	φ [mm]	20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	8,0	0,0	0,0
Area strato	As' [cm ²]	15,71	0,00	0,00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0,302%		
Armatura trasversale				
		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	φ [mm]	10	0	0
Numero bracci	n _{bt}	3,333	0	0
Passo	s _w [cm]	30	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A _{sw/s_w} [cm ² /m]	8,73	0,00	0,00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	35
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	28,00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	36,00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	2,77
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	1,94
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	15,87
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd'} [Mpa]	8,45
Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]	391,30

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

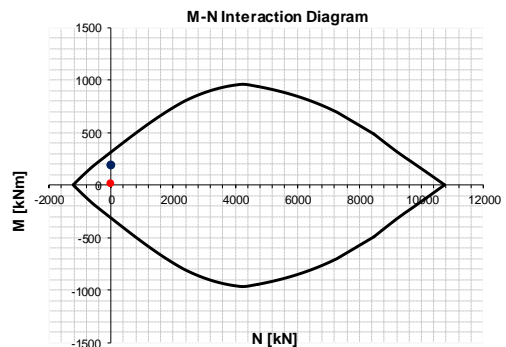
Verifica Tensionale	σ _c [Mpa]	σ _s [Mpa]	σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	0,58		12,600
Calcestruzzo SLE Rara	0,58		15,400
Acciaio SLE Rara		26,92	337,500
Verifica di fessurazione	w _d [mm]	w _d [mm]	w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	0,000		0,300
Combinazione SLE Frequente	0,000		0,300

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto			
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Sd} [kN]	162,0	
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	0,0	
Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica			
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	623,69	
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	3,85	
Verifica di resistenza dell'armatura specifica			
CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2,5	
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	1364	
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	400	
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	400	
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	2,47	

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto				
		SLU	SLV	
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	26,0	195,0	
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	0,0	0,0	
Verifica di resistenza in termini di momento				
		SLU	SLV	
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	314,9	314,9	
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	12,11	1,62	
Verifica di resistenza in termini di sforzo normale				
		SLU	SLV	
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-	
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-	



 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>50 di 75</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	50 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	50 di 75								

10.1.4.3 Cordoli

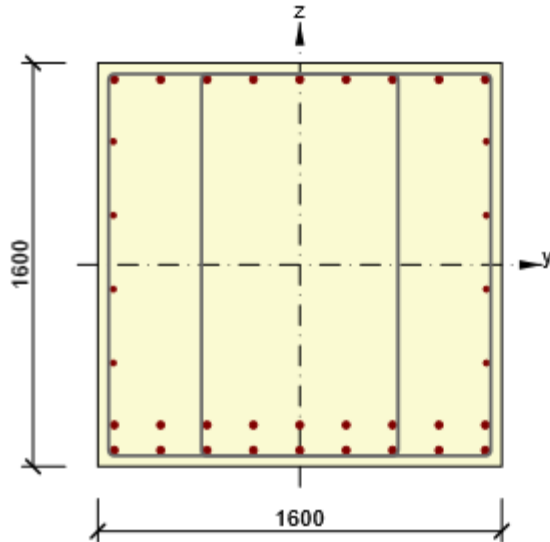
I valori massimi delle sollecitazioni il cordolo, sono:

SLU /SLV			SLE		
Nmax	Mmax	Vmax	Nmax	Mmax	Vmax
0,00	7638.8	2938	0,00	3231.28	1242.8

Per la sezione in esame 160cm x 160cm:

- Armatura longitudinale: 9+9 ϕ 30 tesa e 9 ϕ 30 compressa
- Armatura trasversale: 4 bracci ϕ 14/10cm

Con i valori di sezione e armatura proposti, la struttura risulta verificata agli SLU e SLE



Calcestruzzo: C28/35
Età: 28,0 d
Armatura: (B 450 C)
9ø30 (6362mm²), z = 735 mm
2ø22 (760mm²), z = 489 mm
2ø22 (760mm²), z = 196 mm
2ø22 (760mm²), z = -96 mm
2ø22 (760mm²), z = -389 mm
9ø30 (6362mm²), z = -635 mm
9ø30 (6362mm²), z = -735 mm
Staffe:
ø14 - 100 mm
ø14 - 100 mm

Effetti dei carichi - forze interne

Tipo di carico	Tipo combinazione	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	T [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Totale	Fondamentale SLU	0,0	0,0	2938,0	0,0	7639,0	0,0
Totale	Caratteristico	0,0	0,0	0,0	0,0	3231,3	0,0
Totale	Quasi-permanente	0,0	0,0	0,0	0,0	3231,3	0,0

Panoramica

Tipo di verifica	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	V _{Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	Valore [%]	Verifica
Diagramma di utilizzo N-M-M	0,0	7639,0	0,0			88,7	OK
Taglio	0,0			2938,0	0,0	93,0	OK
Torsione					0,0	0,0	OK
Interazione	0,0	7639,0	0,0	2938,0	0,0	93,0	OK
Controllo delle tensioni	0,0	3231,3	0,0			64,2	OK
Apertura delle fessure	0,0	3231,3	0,0			83,6	OK
Snellezza flessionale	0,0	3231,3	0,0			2,8	OK

Valore limite dello sfruttamento della sezione: 100,0 %

Diagramma di utilizzo N-M-M

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	Tipo	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
0,0	7639,0	0,0	Nu-Mu-Mu	88,7	100,0	OK

PROGETTO DEFINITIVO

GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	52 di 75

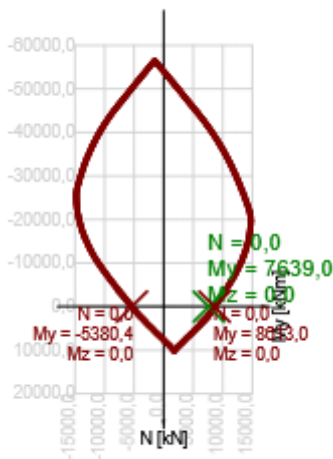
Resistenza di progetto dei css sottoposti a flessione e forza assiale

Tipo	F _{Ed}	F _{Rd1}	F _{Rd2}
N [kN]	0,0	0,0	0,0
M _y [kNm]	7639,0	8613,0	-5380,4
M _z [kNm]	0,0	0,0	0,0

Non conformità

Nessuna non conformità

Sezione N - My



Taglio

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

V _{Ed} [kN]	N _{Ed} [kN]	V _{Rd} [kN]	Zona di verifica	Paragrafo	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
2938,0	0,0	3160,3	senza riduzione	6.2.3(3)	93,0	100,0	OK

Sollecitazioni di progetto a taglio e resistenze a taglio

V _{Ed} [kN]	V _{Rd,c} [kN]	V _{Rd,max} [kN]	V _{Rd,r} [kN]	V _{Rd,s} [kN]	V _{Rd} [kN]
2938,0	1004,7	10435,8	11227,5	3160,3	3160,3

Valori di input e risultati intermedi del progetto del taglio

n _c	a _{sw} [mm ² /m]	A _{sl} [mm ²]	b _w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α _{cw} [-]
4	6158	15765	1600	1411	1312	45,0	90,0	1,00

$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_l [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	V_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0,12	1,38	0,15	0,01	0,0	363,8	0,3	0,53	0,53

Non conformità

Nessuna non conformità

Controllo delle tensioni

Controllo delle tensioni - effetto a breve termine

Tipo di verifica	Tipo componente	Indice	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
7.2(3)-Quasi	Fibre di calcestruzzo	3	-8,1	-12,6	64,2	100,0	OK

Controllo delle tensioni - effetto a lungo termine

Tipo di verifica	Tipo componente	Indice	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
7.2(5)-Char	Ferro	1	189,2	360,0	52,5	100,0	OK

Verifica dettagliata del calcestruzzo - effetti a breve termine

Tipo di verifica	Fibra	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(2)-Char	3	800	800	0,0	3231,3	0,0	-8,1	-16,8	48,2	OK
7.2(3)-Quasi	3	800	800	0,0	3231,3	0,0	-8,1	-12,6	64,2	OK

Verifica dettagliata dell'armatura - effetti a breve termine

Tipo di verifica	Ferro	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(5)-Char	1	-735	-735	0,0	3231,3	0,0	181,6	360,0	50,4	OK

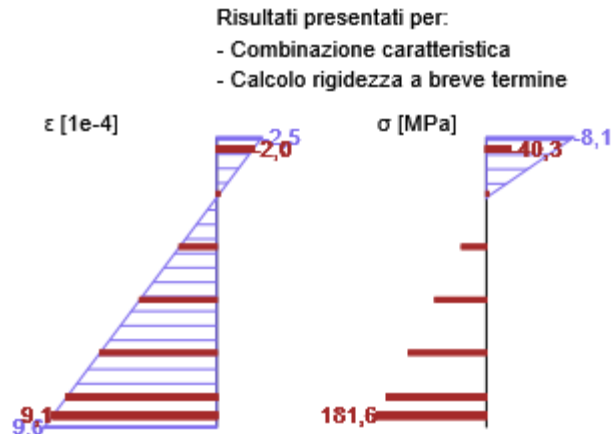
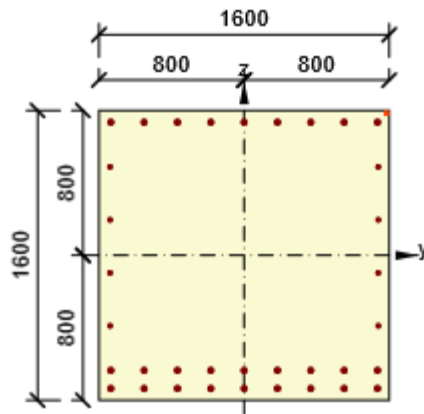
Verifica dettagliata del calcestruzzo - effetti a lungo termine

Tipo di verifica	Fibra	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(2)-Char	3	800	800	0,0	3231,3	0,0	-5,1	-16,8	30,2	OK
7.2(3)-Quasi	3	800	800	0,0	3231,3	0,0	-5,1	-12,6	40,2	OK

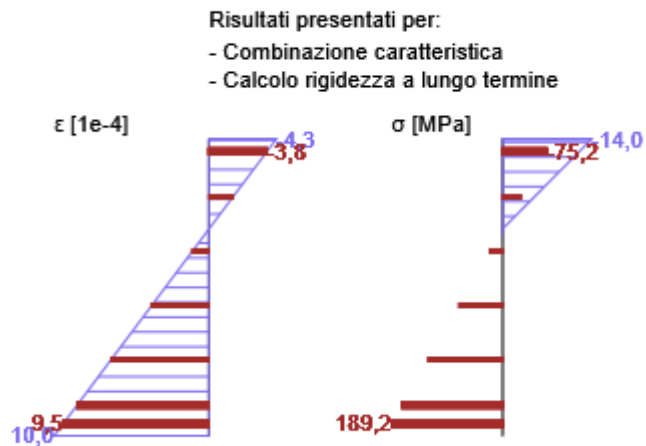
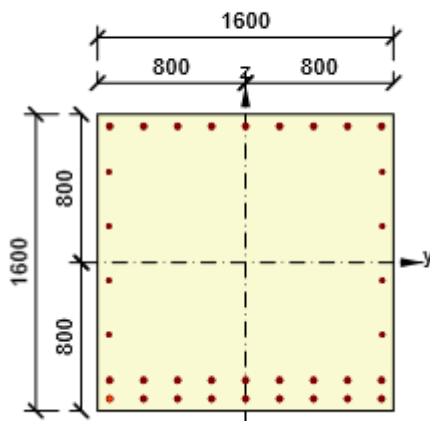
Verifica dettagliata dell'armatura - effetti a lungo termine

Tipo di verifica	Ferro	y_i [mm]	z_i [mm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(5)-Char	1	-735	-735	0,0	3231,3	0,0	189,2	360,0	52,5	OK

Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione



Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione



Fessurazione

Apertura delle fessure- effetti a breve termine

Combinazione	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	w _k [mm]	w _{lim} [mm]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
Quasi	0,0	3231,3	0,0	0,197	0,300	65,7	100,0	OK

Apertura delle fessure - effetti a lungo termine

Combinazione	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	w _k [mm]	w _{lim} [mm]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
Quasi	0,0	3231,3	0,0	0,251	0,300	83,6	100,0	OK

PROGETTO DEFINITIVO

GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV FOGLIO

IP00 00 D26CL GA0601001 B 55 di 75

Risultati intermedi e coefficienti per il calcolo a fessurazione - effetti a breve termine

x [mm]	$h_{c,eff}$ [mm]	d [mm]	$A_{c,eff}$ [mm ²]	$A_{s,eff}$ [mm ²]	$\rho_{p,eff}$ [-]
332	282	1487	451327	12723	0,03

k_t [-]	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$ [1e-4]	k_1 [-]	k_2 [-]	k_3 [-]	k_4 [-]
0,60	5,6	0,80	0,50	3,40	0,43

c [mm]	ϵ_1 [1e-4]	ϵ_2 [1e-4]	$s_{r,max}$ [mm]	Φ [mm]	σ_s [MPa]
50	9,6	-2,5	351	30	181,6

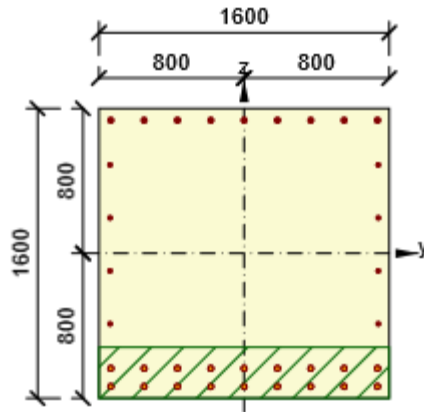
Risultati intermedi e coefficienti per il calcolo a fessurazione - effetti a lungo termine

x [mm]	$h_{c,eff}$ [mm]	d [mm]	$A_{c,eff}$ [mm ²]	$A_{s,eff}$ [mm ²]	$\rho_{p,eff}$ [-]
483	281	1487	450018	12723	0,03

k_t [-]	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$ [1e-4]	k_1 [-]	k_2 [-]	k_3 [-]	k_4 [-]
0,40	7,2	0,80	0,50	3,40	0,43

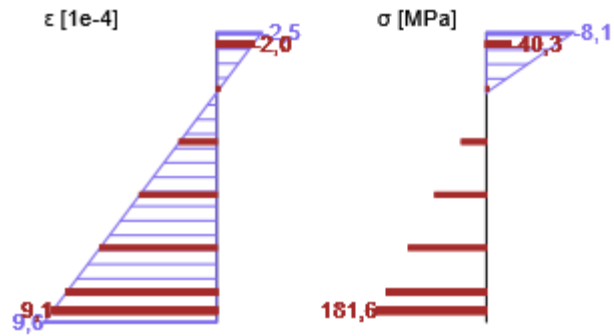
c [mm]	ϵ_1 [1e-4]	ϵ_2 [1e-4]	$s_{r,max}$ [mm]	Φ [mm]	σ_s [MPa]
50	10,0	-4,3	350	30	189,2

Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione

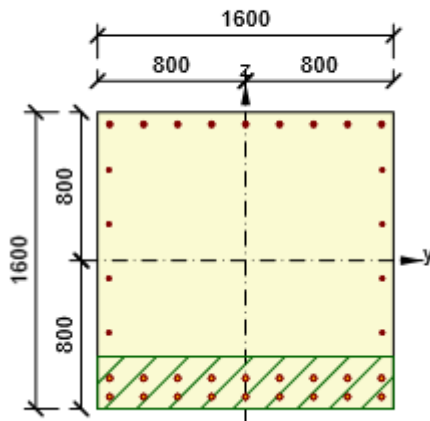


Risultati presentati per:

- Combinazione caratteristica
- Calcolo rigidezza a breve termine

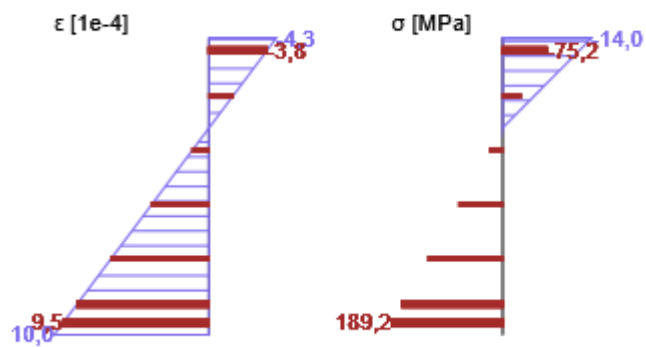


Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione

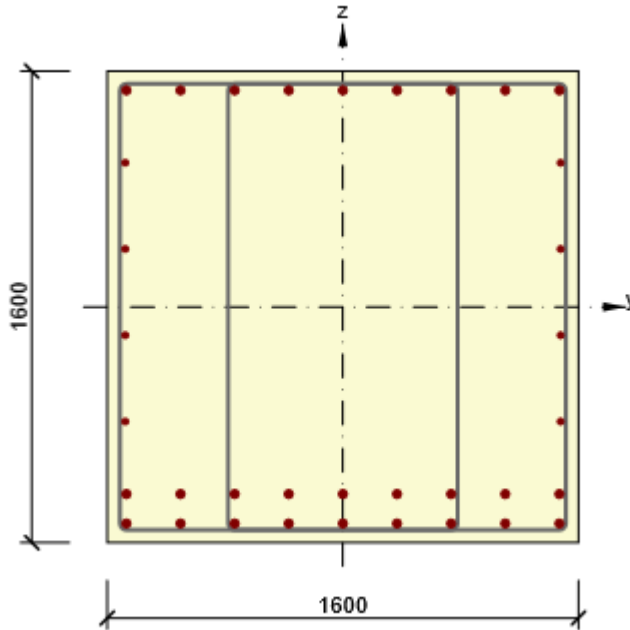


Risultati presentati per:

- Combinazione caratteristica
- Calcolo rigidezza a lungo termine



Sezione Armata R 1



Componenti della sezione

Sezione rettangolare (1600 / 1600mm), Materiale: C28/35

Caratteristiche della sezione

A [mm ²]	S _y [mm ³]	S _z [mm ³]	I _y [mm ⁴]	I _z [mm ⁴]	C _{gy} [mm]	C _{gz} [mm]	i _y [mm]	i _z [mm]
2560000	0	0	546133333333	546133333333	0	0	462	462

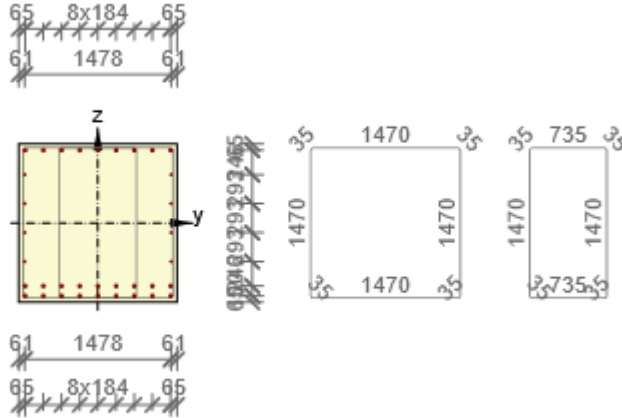
Copriferro relativo ai bordi della sezione

1	50 mm
2	50 mm
3	50 mm
4	50 mm

PROGETTO DEFINITIVO

GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	58 di 75



Armatura longitudinale [kg/m]	Armatura a taglio [kg/m]	Volume totale [kg/m]	Armatura / m3 calcestruzzo [kg/m ³]
174	128	301	118

Armatura longitudinale

Ferro	Ø [mm]	Materiale	Y [mm]	Z [mm]
1	30	B 450 C	-735	-735
2	30	B 450 C	-551	-735
3	30	B 450 C	-368	-735
4	30	B 450 C	-184	-735
5	30	B 450 C	0	-735
6	30	B 450 C	184	-735
19	30	B 450 C	368	-735
20	30	B 450 C	551	-735
43	30	B 450 C	735	-735
7	30	B 450 C	735	735
8	30	B 450 C	551	735
9	30	B 450 C	368	735
10	30	B 450 C	184	735
11	30	B 450 C	0	735
12	30	B 450 C	-184	735
23	30	B 450 C	-368	735
24	30	B 450 C	-551	735
45	30	B 450 C	-735	735
35	30	B 450 C	-735	-635
36	30	B 450 C	-551	-635
37	30	B 450 C	-368	-635
38	30	B 450 C	-184	-635
39	30	B 450 C	0	-635
40	30	B 450 C	184	-635
41	30	B 450 C	368	-635
42	30	B 450 C	551	-635
44	30	B 450 C	735	-635
46	22	B 450 C	-739	489
47	22	B 450 C	-739	196

PROGETTO DEFINITIVO

GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	59 di 75

48	22	B 450 C	-739	-96
49	22	B 450 C	-739	-389
50	22	B 450 C	739	-389
51	22	B 450 C	739	-96
52	22	B 450 C	739	196
53	22	B 450 C	739	489

Staffe

Staffa	Ø [mm]	Materiale	Distanza [mm]	Chiuso	Verifica a Taglio	Verifica a Torsione	Diametro del mandrino
1	14	B 450 C	100	Si	Si	Si	0,00
2	14	B 450 C	100	Si	Si	Si	0,00

Staffa	Vertice	Y [mm]	Z [mm]
1	1	-735	735
1	2	-735	-735
1	3	735	-735
1	4	735	735
2	1	-368	735
2	2	-368	-735
2	3	368	-735
2	4	368	735

Lista dei materiali usati

Calcestruzzo

Nome	f_{ck} [MPa]	f_{cm} [MPa]	f_{ctm} [MPa]	E_{cm} [MPa]	μ [-]	Massa unitaria [kg/m ³]
C28/35	28,0	36,0	2,8	32308,2	0,20	2500
$\epsilon_{c2} = 20,0 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{cu2} = 35,0 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{c3} = 17,5 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{cu3} = 35,0 \cdot 10^{-4}$, Esponente - n: 2,00, Dimensione aggregato = 16 mm, Classe Cemento: R (s = 0,20), Tipo di diagramma: Parabolico						

Acciaio Armatura Lenta

Nome	f_{yk} [MPa]	f_{tk} [MPa]	E [MPa]	μ [-]	Massa unitaria [kg/m ³]
B 450 C	450,0	540,0	200000,0	0,20	7850
$f_{tk}/f_{yk} = 1,20$, $\epsilon_{uk} = 500,0 \cdot 10^{-4}$, Tipo: Ferri, Superficie ferro: Nervato, Classe: B, Costruzione: Laminata a caldo, Tipo di diagramma: Bilineare con braccio superiore inclinato					

10.1.5 Verifiche geotecniche

SLU-GEO

Per quanto riguarda le verifiche geotecniche SLU (Combinazione A2+M2+R1), la percentuale di spinta passiva mobilitata, pari al 13%, è tale da garantire la stabilità dell'opera alla rototraslazione.

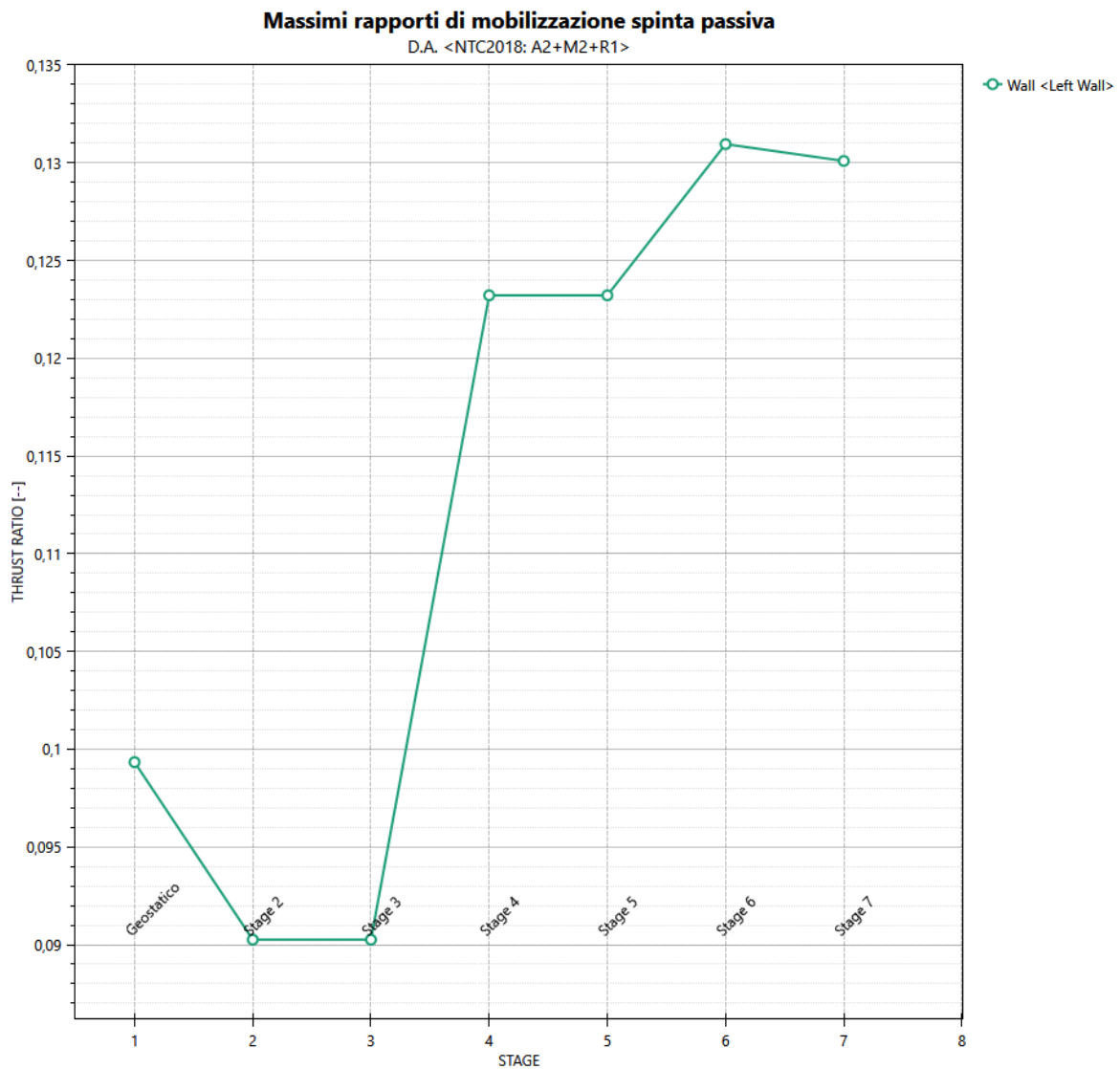


Figura 13 Rapporto di mobilitazione della spinta passiva.

SLE

Nel rispetto dei principi di funzionalità dell'opera, è necessario eseguire anche la verifica nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE). A tal fine si controlla che gli spostamenti subiti dalla paratia siano tollerabili e compatibili con le prestazioni attese nelle condizioni di regolare esercizio.

Come evidenziato in Figura sotto, gli spostamenti laterali sono di entità tale (valore massimo pari a c.a. 4,72mm) da non indurre problematiche di funzionalità della struttura stessa e delle costruzioni adiacenti nei confronti degli SLE.

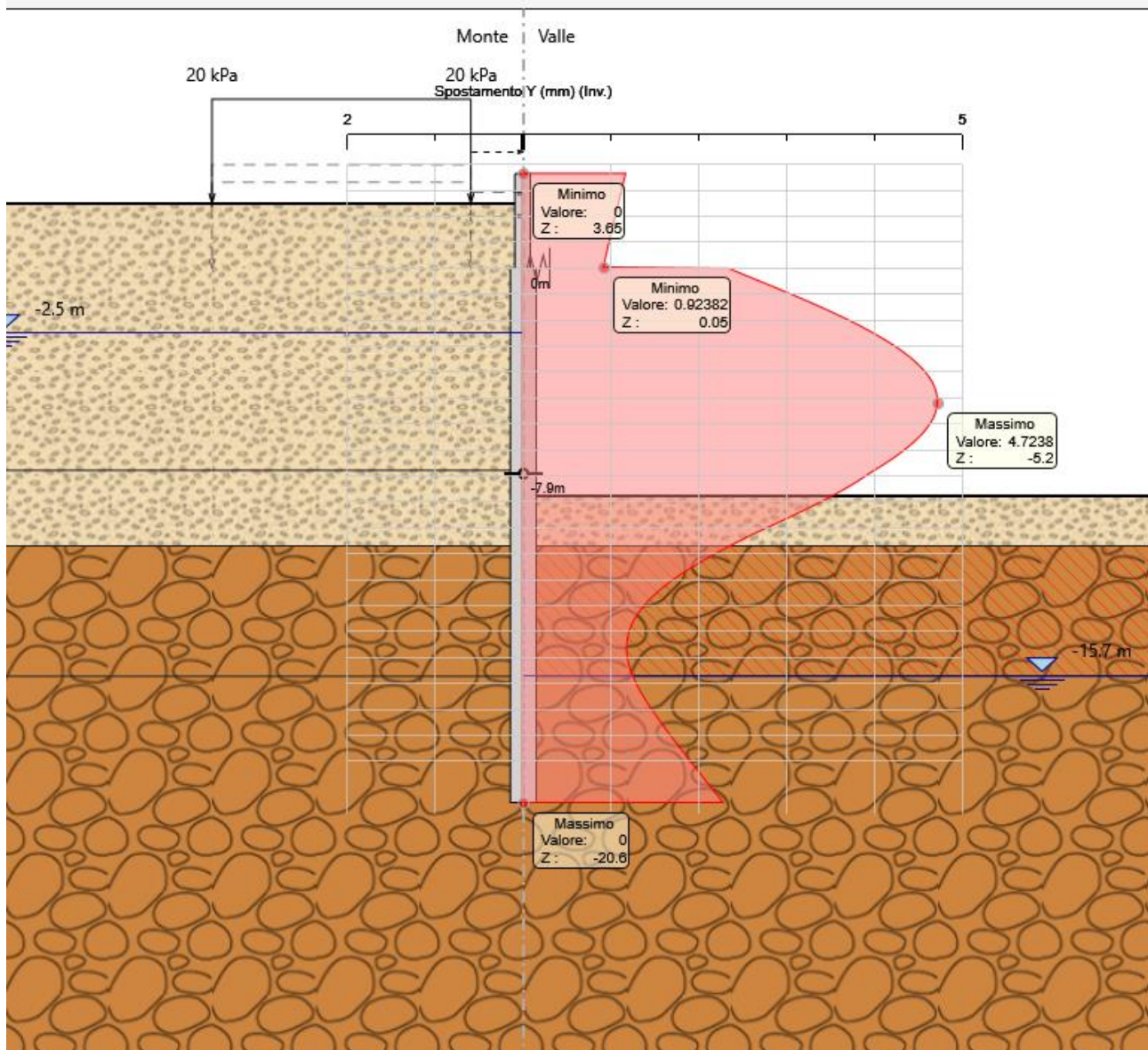


Figura 14 **Involuppo spostamenti SLE.**

10.2 Rivestimento interno della struttura

Obiettivo del presente paragrafo è quello di illustrare le scelte progettuali e le verifiche tese al corretto dimensionamento delle fodere di copertura e della soletta di fondazione.

Di seguito è fornita una descrizione delle principali caratteristiche geometriche della sezione di analisi e uno scherma del modello di calcolo.

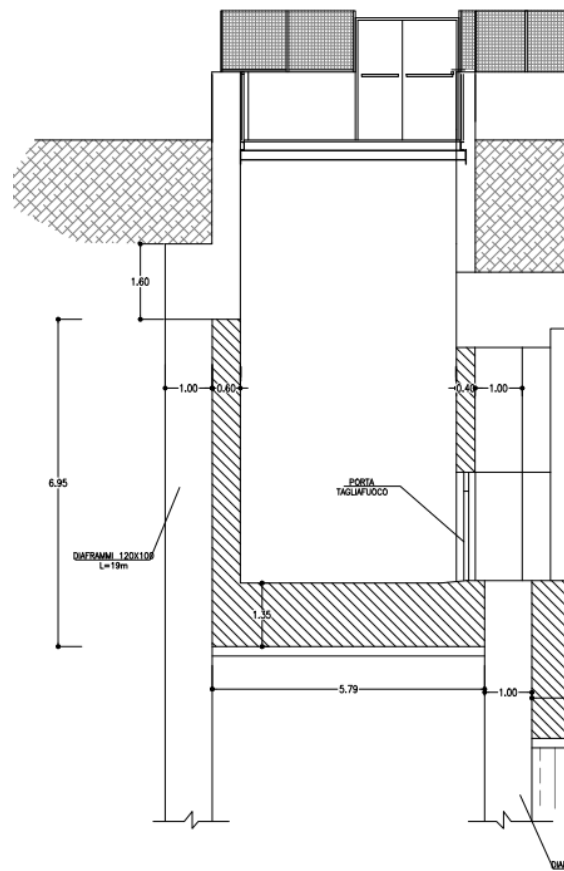


Figure 1 Sezione rivestimento interno della struttura

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>63 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	63 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	63 di 75								

10.2.1 Solettone di fondo

La verifica del solettone di fondo viene effettuata su una sezione trasversale di dimensioni 1.00m x 1.00m ipotizzando uno schema di calcolo del tipo trave appoggiata-appoggiata di luce $L_c=6.00m$.

Il carico distribuito è pari alla differenza tra la sottospinta idraulica ed il peso proprio del solettone:

$$p = (10.96 - 4.50) \times 10.00 - 25.00 \times 1.00 = 39.60 \text{ kN/m}^2$$

Per tale schema il momento di verifica è $M = 1/8 \times p \times L_c^2$ mentre il taglio di verifica è $T = 1/2 \times p \times L_c$.

Per SLU; $\gamma_E = 1,3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni

STATO LIMITE ESERCIZIO (SLE)

$$M_{max} = 1/8 \times 39.60 \times 6.00^2 = 178.2 \text{ kNm}$$

$$V_{max} = 1/2 \times 39.60 \times 6.00 = 118.80 \text{ kN}$$

STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

$$M_{max} = 1,3 \times 178.2 = 231.66 \text{ kNm}$$

$$V_{max} = 1,3 \times 118.80 = 154.44 \text{ kN}$$

Per il solettone di fondo è state adottate delle armature con una fila 5Ø20 (B450C), cautelativamente sia in zona tesa che compressa. Con i valori di sezione e armatura proposti, la struttura risulta verificata agli SLU e SLE fessurazione.

Solettone di fondo

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	0,0	178,2	118,8
SLE Frequente	0,0	178,2	118,8
SLE Rara	0,0	178,2	118,8
SLU	0,0	231,7	154
SLV	0,0	231,7	154

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione	
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm] 100
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm] 135
Altezza utile della sezione	d [cm] 127
Area di calcestruzzo	A _c [cm ²] 13500

Armatura longitudinale tesa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n 5,00	0,00	0
Diametro	φ [mm] 20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm] 8,0	0,0	0,0
Area strato	As [cm ²] 15,71	0,00	0,00
Rapporto di armatura	ρ [%] 0,124%		

Armatura longitudinale compressa	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n 5,0	0	0
Diametro	φ [mm] 20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm] 8,0	0,0	0,0
Area strato	As' [cm ²] 15,71	0,00	0,00
Rapporto di armatura	ρ' [%] 0,124%		

Armatura trasversale	1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	φ [mm] 10	0	0
Numero bracci	n _{bt} 3,333333	5	0
Passo	s _w [cm] 30	0	0
Inclinazione	α [deg] 90	90	90
Area armatura a metro	A _{sw/s_w} [cm ² /m] 8,73	0,00	0,00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete	
Resistenza cubica a compressione	RCK 35
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa] 28,00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa] 36,00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa] 2,77
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa] 1,94
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa] 15,87
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd} [Mpa] 8,45

Acciaio	
Resistenza di progetto a snervamento	f _{y,d} [Mpa] 391,30

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale	σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 1,25 12,600
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 1,25 15,400
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 94,62 337,500
Verifica di fessurazione	w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0,000 0,300
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0,000 0,300

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto	
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{Sd} [kN] 154,0
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN] 0,0

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica	
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN] 1523,25
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd} 9,89

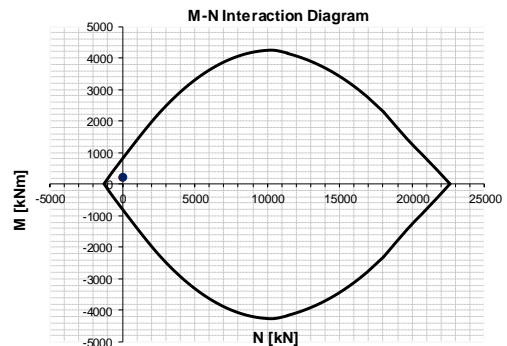
Verifica di resistenza dell'armatura specifica	
CoTan(θ) di progetto	cotang(θ) 2,5
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN] 3332
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN] 976
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN] 976
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd} 6,34

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	231,7	231,7
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	0,0	0,0

Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	775,6	775,6
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	3,35	3,35

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-



 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>65 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	65 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	65 di 75								

10.2.2 Rifodere

La verifica della rifodera viene effettuata su una sezione trasversale di dimensioni 0.80m x 1.00m ipotizzando uno schema di calcolo del tipo trave incastrata di luce $L_c=6.95m$.

Il carico utilizzato nell'analisi è dato

- Dalla pressione idraulica, considerata come azione permanente (NTC §2.5.1.3), dovuta alla falda artesianica presente nel substrato ghiaioso. La pressione del fluido è stata considerata agente sulle pareti verticali (rifodere) considerando la possibile infiltrazione ai lati delle paratie e quindi una ipotetica condizione di lungo termine. Si assume una distribuzione triangolare della spinta idraulica da quota +49.56m s.l.m. a quota +43.35m s.l.m (dove assume il valore massimo pari a 62.10 kN/m²).
- Dal peso proprio dell'elemento strutturale.

Per tale schema il momento di verifica è $M = 1/6 \times p \times Hw^2$ mentre il taglio di verifica è $T = 1/2 \times p \times Hw$

STATO LIMITE ESERCIZIO (SLE)

$$N_{max} = (25.00 \times 0.60 \times 6.95) \times 1.00 = 104.25 \text{ kN}$$

$$T_{max} = (62.10 \times 6.21 \times 0.5) \times 1.00 = 192.82 \text{ kN}$$

$$M_{max} = (62.10 \times 6.21^2 \times 1/6) \times 1.00 = 399.14 \text{ kNm}$$

STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

$$N_{max} = (25.00 \times 0.60 \times 6.95) \times 1.00 = 104.25 \text{ kN}$$

$$T_{max} = 1,3 \times 192.82 = 251 \text{ kNm}$$

$$M_{max} = 1.3 \times 399.14 = 519 \text{ kNm}$$

Per il solettone di fondo è state adottate delle armature con fila $\varnothing 20 / 20cm + \varnothing 20 / 40cm$ (B450C), cautelativamente sia in zona tesa che compressa. Con i valori di sezione e armatura proposti, la struttura risulta verificata agli SLU e SLE fessurazione.

Rifodere

INPUT

SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N _{Sd} [kN]	M _{Sd} [kNm]	V _{Sd} [kN]
SLE Quasi Permanente	-104,3	399,1	192,82
SLE Frequente	-104,3	399,1	192,82
SLE Rara	-104,3	399,1	192,82
SLU	-104,3	519,0	251
SLV	-104,3	519,0	251

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione				
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	60	
Altezza utile della sezione		d [cm]	53	
Area di calcestruzzo		A _c [cm ²]	6000	
Armatura longitudinale tesa				
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	12,50	0,00	0
Diametro	φ [mm]	20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	7,0	0,0	0,0
Area strato	As [cm ²]	39,27	0,00	0,00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0,741%		
Armatura longitudinale compressa				
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	12,5	0	0
Diametro	φ [mm]	20	0	0
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	7,0	0,0	0,0
Area strato	As' [cm ²]	39,27	0,00	0,00
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0,741%		
Armatura trasversale				
		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	φ [mm]	10	0	0
Numero bracci	n _{bt}	3,333333	5	0
Passo	s _w [cm]	30	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A _{sw/s_w} [cm ² /m]	8,73	0,00	0,00

CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Concrete		
Resistenza cubica a compressione	RCK	35
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]	28,00
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]	36,00
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]	2,77
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]	1,94
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]	15,87
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{ctd} [Mpa]	8,45
Acciaio		
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]	391,30

OUTPUT

VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale		σ limit
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] = 7,12	12,600
Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] = 7,12	15,400
Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] = 204,31	337,500
Verifica di fessurazione		w limit
Combinazione SLE Quasi permanente	w _d [mm] = 0,241	0,300
Combinazione SLE Frequente	w _d [mm] = 0,206	0,300

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto		
Taglio sollecitante = max Taglio (SLU, SLV)	V _{Sd} [kN]	251,0
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{Sd} [kN]	-104,3

Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica		
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	649,51
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{Sd}	2,59

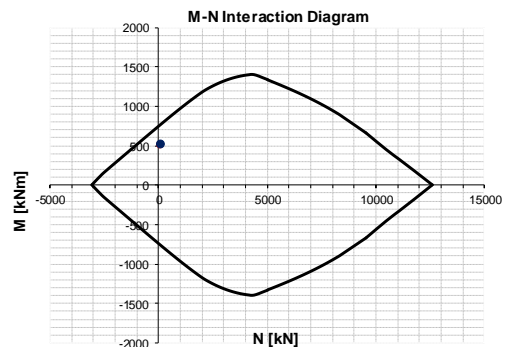
Verifica di resistenza dell'armatura specifica		
CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2,5
Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	1406
Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	407
Resistenza a taglio di progetto	V _{Sd} [kN]	407
Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{Sd}	1,62

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto			
		SLU	SLV
Momento sollecitante	M _{Sd} [kNm]	519,0	519,0
Sforzo Normale concomitante	N _{Sd} [kN]	-104,3	-104,3

Verifica di resistenza in termini di momento			
		SLU	SLV
Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	768,5	768,5
Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{Sd}	1,48	1,48

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale			
		SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{Sd}	-	-



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
	PROGETTO DEFINITIVO GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO GA0601001	REV B

INCIDENZA			
DIAFRAMMI	MURI SOPRA DIAFRAMMI	SOLETTONE DI FONDO	RIFODERE
100 kg/m ³	75 kg/m ³	50 kg/m ³	145 kg/m ³

Per il calcolo dell'incidenza della struttura si è utilizzato Excel, grazie al quale tali valori possono essere calcolati automaticamente per ogni elemento. Nell'immagine di seguito si possono vedere quali sono le operazioni di calcolo (e le rispettive formule) collegate direttamente ai fogli di INPUT presenti all'interno di ogni relazione nel capitolo dedicato al risultato delle analisi.

	RIPARTITORI (ACCIAIO)	n	Φ	dist.
		1.00	26	100
$B \times H \times 1m = V$	Volume di calcestruzzo (m ³):	0.80		
$\Sigma((\pi \times \Phi^2 / 4) \times 1m \times \gamma_{acciaio}) = P1$	Peso delle armature (kg):	12.50		
$\Sigma((\pi \times \Phi^2 / 4) \times (H+0.3m) \times \gamma_{acciaio}) = P2$	Peso delle staffe (kg):	4.58		
$(P1 + P2) / V =$	INCIDENZA (kg/m ³):	21.35		
	INCIDENZA (%10~%30 fattore di sicurezza approssimativo)	25.62		

Figura - 1 Calcolo della Incidenza

B = larghezza del calcestruzzo

H = altezza del calcestruzzo

$\gamma_{acciaio}$ = peso unitario dell'acciaio

Una volta calcolati i pesi delle armature e delle staffe, vengono divisi per il volume di calcestruzzo per trovare il peso dell'armatura al metro cubo (il peso dell'acciaio è stato considerato pari a 78.5 kN/m³) al quale viene aggiunto un incremento percentuale come fattore di sicurezza. Tale valore, per l'oggetto della struttura, è stato considerato pari a %5.

10.3 Scale metalliche all'interno di struttura.

L'obiettivo di questo paragrafo è quello di illustrare le scelte progettuali e le verifiche finalizzate al corretto dimensionamento delle scale all'interno della struttura.

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche geometriche della sezione di analisi e una schermata del modello di calcolo.

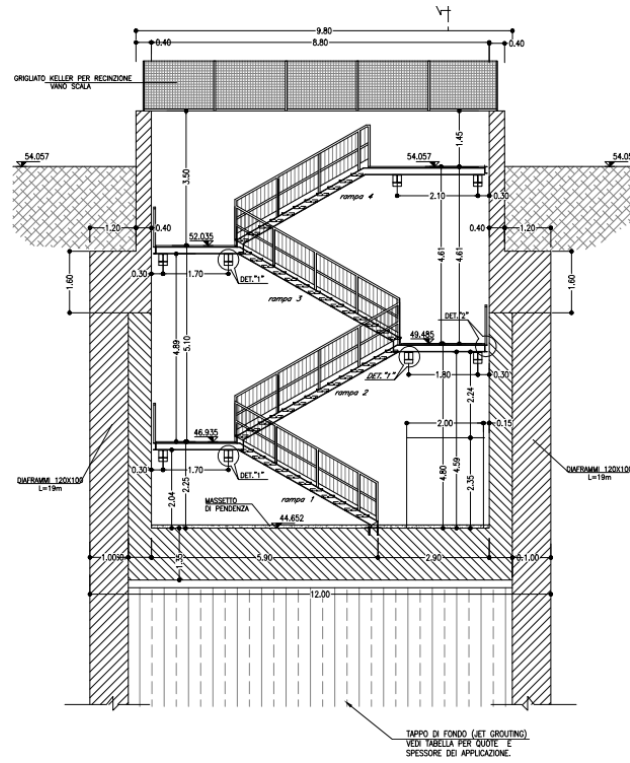


Figura 10 Sezione di scale metalliche

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
	PROGETTO DEFINITIVO GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO GA0601001	REV B

10.3.1 Verifica trave a ginocchio UPN 180

10.3.1.1 Caratteristiche della sezione

Acciaio S275: $f_{yk} = 27.5 \text{ kN/cm}^2$

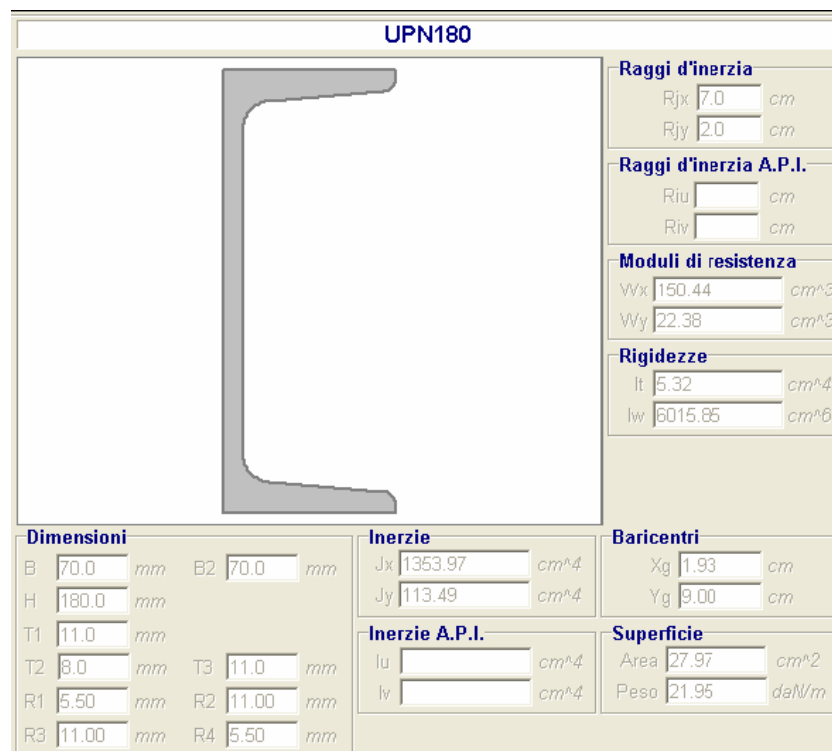


Figura 11 Caratteristiche sezione trave UPN180

10.3.1.2 Analisi dei carichi

	L	Valore caratteristico	Valore caratteristico	SLU	SLE
	[m]	[kN/m ²]	[kN/m]	$\gamma=1.5$	$\gamma=1.0$
				[kN/m]	[kN/m]
Grigliato Keller	1.075	0.04	0.043	0.065	0.043
Parapetto	-	-	0.068	0.102	0.068
Permanente	-	-	0.111	0.167	0.111
Variabile	1.075	4.00	4.30	6.45	4.30

10.3.1.3 Modello di calcolo

L'analisi delle sollecitazioni della trave a ginocchio è stata condotta mediante l'ausilio del codice di calcolo agli elementi finiti SAP 2000. La trave è stata modellata con 4 elementi frames e 4 vincoli che impediscono la traslazione della struttura in ogni direzione, tali vincoli rappresentano le travi portanti la trave a ginocchio situate perpendicolarmente ad essa.

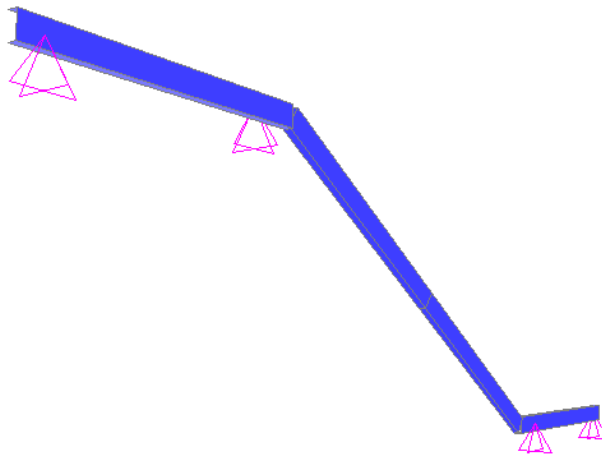


Figura 12 *Modello di calcolo 3D SAP 2000*

10.3.1.4 Verifica a flessione (SLU)

Momento massimo $M_{\max} = -13.21 \text{ kNm} = -1321 \text{ kNcm}$

Modulo di resistenza $W_x = 150.44 \text{ cm}^3$

Tensione massima $\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = 8.78 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \frac{f_{yk}}{\gamma_{Mc}} = 26.19 \text{ kN/cm}^2$

10.3.1.5 Deformazione in esercizio (SLE)

Le deformazioni massime delle strutture da valutarsi secondo le combinazioni di carico caratteristiche devono risultare compatibili con la geometria della struttura in relazione alle esigenze di esercizio, pertanto si deve verificare che:

- per effetto dei soli carichi accidentali la freccia massima non superi 1/300 della luce netta della trave:

$f_{\text{acc}} = 0.0043 \text{ m} < 5.343/300 = 0.0178 \text{ m}$ freccia massima nella sezione di mezzeria

- per effetto sia dei carichi accidentali che di quelli permanenti la freccia massima non superi 1/250 della luce netta della trave:

$f_{\text{max}} = 0.0046 \text{ m} < 5.343/250 = 0.0214 \text{ m}$ freccia massima nella sezione di mezzeria

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE) TRATTA PARMA - VICOFERTILE					
	PROGETTO DEFINITIVO GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO	COMMESSA IP00	LOTTO 00	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO GA0601001	REV B

10.3.2 Verifica trave HEA 220

10.3.2.1 Caratteristiche della sezione

Acciaio S275: $f_{yk} = 27.5 \text{ kN/cm}^2$

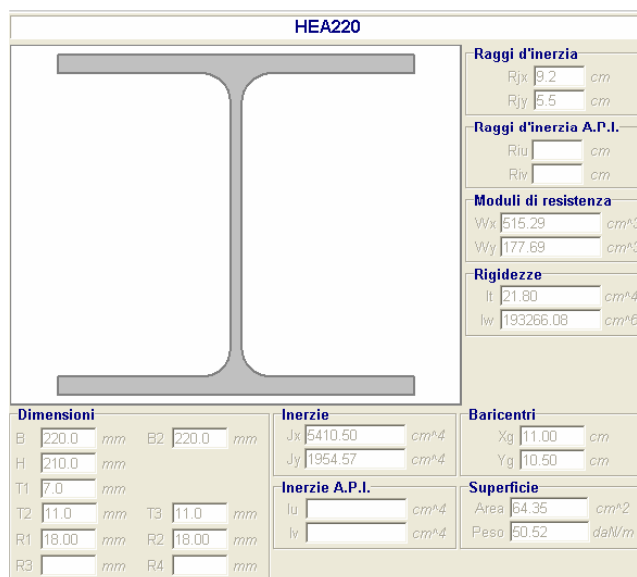


Figura 3 - Caratteristiche sezione trave HEA220

10.3.2.2 Analisi dei carichi

Si ricorda che in tal caso sia i carichi permanenti che variabili (ad eccezione del peso proprio della trave) sono rappresentati da carichi puntuali in corrispondenza degli appoggi della trave UPN180.

	Valore caratteristico	SLU $\gamma=1.5$	SLE $\gamma=1.0$
	[kN]	[kN]	[kN]
Permanente	1.56 (X 4)	2.34	1.56
Variabile	20.05 (X 4)	30.08	20.05

10.3.2.3 Modello di calcolo

L'analisi delle sollecitazioni della trave è stata condotta mediante l'ausilio del codice di calcolo agli elementi finiti SAP 2000. La trave è stata modellata con un unico elemento frame e 2 vincoli che impediscono la traslazione della struttura in ogni direzione.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>72 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	72 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	72 di 75								

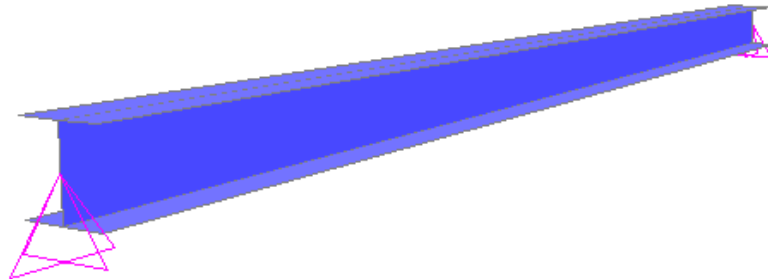


Figura 4 - Modello di calcolo 3D SAP 2000

10.3.2.4 Verifica a flessione (SLU)

Momento massimo $M_{\max} = 75.88 \text{ kNm} = 7588 \text{ kNcm}$

Modulo di resistenza $W_x = 515.29 \text{ cm}^3$

Tensione massima $\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = 14.72 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \frac{f_{yk}}{\gamma_{Mc}} = 26.19 \text{ kN/cm}^2$

10.3.2.5 Deformazione in esercizio (SLE)

Le deformazioni massime delle strutture da valutarsi secondo le combinazioni di carico caratteristiche devono risultare compatibili con la geometria della struttura in relazione alle esigenze di esercizio, pertanto si deve verificare che:

- per effetto dei soli carichi accidentali la freccia massima non superi 1/300 della luce netta della trave:

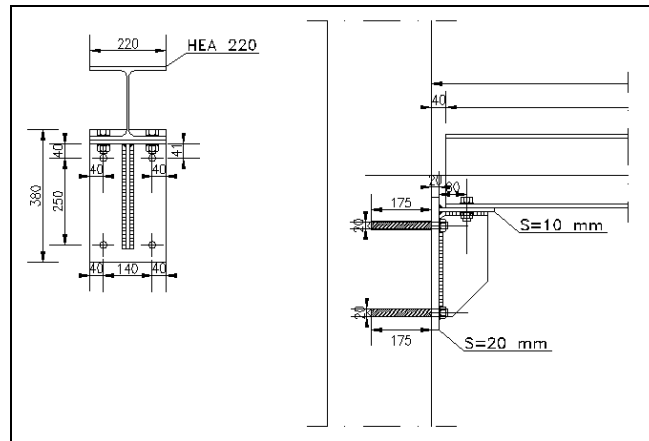
$f_{\text{acc}} = 0.0086 \text{ m} < 4.80/300 = 0.016 \text{ m}$ freccia massima nella sezione di mezzeria

- per effetto sia dei carichi accidentali che di quelli permanenti la freccia massima non superi 1/250 della luce netta della trave:

$f_{\text{max}} = 0.0096 \text{ m} < 4.8/250 = 0.0192 \text{ m}$ freccia massima nella sezione di mezzeria

10.3.3 Verifica unioni bullonate

10.3.3.1 Sezione D – D dettaglio 1




calcestruzzo parete					
Rck	35	MPa			
γ_c	1.5				
f_{ck}	29	MPa			
f_{cd}	16	MPa			
f_{ctk}	2.0	MPa			
f_{ctd}	1.3	MPa			
diametro tirafondo					
diametro foro	20	mm			
Ares	245	mm ²			
classe	8.8				
testa S	30	mm			
testa A	13	mm			
dadoS	30	mm			
dado A	16	mm			
lunghezza ancoraggio L	175	mm			
distanza bordo parete a	175	mm			
lunghezza risolto uncino L1	0	mm			
raggio curvatura uncino r	0	mm			
f_{yb}	649	Mpa			
f_{td}	800	Mpa			
γ_{M2}	1.25				
$F_{v,Rd}$	94080	N			
$F_{t,Rd}$	141120	N			
			piastro		
a (lungox)	220	mm			
b (lungoy)	340	mm			
s	20	mm			
			acciaio		
S	275				
f_{tk}	430	Mpa			
f_{yk}	275	Mpa			
$B_{p,Rd}$	388858	N			
γ_{M0}	1.05				
			acciaio colonna		
S	275				
f_{tk}	430	Mpa			
f_{yk}	275	Mpa			

La resistenza di calcolo a taglio dei bulloni $F_{v,Rd}$ può essere assunta pari a:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tbk} A_{res} / \gamma_{M2} \quad \text{bulloni classe 4.6, 5.6 e 8.8}$$

(4.2.63 NTC2018)

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>COMPLETAMENTO RADDOPPIO LINEA PARMA – LA SPEZIA (PONTREMOLESE)</p> <p>TRATTA PARMA - VICOFERTILE</p>												
<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>GA06 - RELAZIONE DESCRITTIVA E DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IP00</td> <td>00</td> <td>D26CL</td> <td>GA0601001</td> <td>B</td> <td>74 di 75</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO	IP00	00	D26CL	GA0601001	B	74 di 75
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO								
IP00	00	D26CL	GA0601001	B	74 di 75								

dove A_{res} indica l'area resistente della vite e con f_{tb} è indicata la resistenza del materiale utilizzato.

La resistenza di calcolo a rifollamento $F_{b,Rd}$ del piatto dell'unione, bullonata o chiodata, può essere assunta pari a:

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{M2} \quad (4.2.67 \text{ NTC2018})$$

dove:

- d è il diametro nominale del gambo del bullone,
- t è lo spessore della piastra collegata,
- f_{tk} è la resistenza a rottura del materiale della piastra collegata,
- $\alpha = \min \{ e_1 / (3 d_0) ; f_{tbk} / f_{tk} ; 1 \}$ per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato,
- $\alpha = \min \{ p_1 / (3 d_0) - 0,25 ; f_{tbk} / f_{tk} ; 1 \}$ per bulloni interni nella direzione del carico applicato,
- $k = \min \{ 2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \}$ per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato,
- $k = \min \{ 1,4 p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \}$ per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato.

La resistenza di calcolo a trazione degli elementi di connessione $F_{t,Rd}$ può essere assunta pari a:

$$F_{t,Rd} = 0,9 f_{tbk} A_{res} / \gamma_{M2} \quad \text{per i bulloni} \quad (4.2.68 \text{ NTC2018})$$

La resistenza a punzonamento del piatto collegato è pari a:

$$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_{tk} / \gamma_{M2} \quad (4.2.70 \text{ NTC2018})$$

dove:

- d_m è il minimo tra il diametro del dado e il diametro medio della testa del bullone;
- t_p è lo spessore del piatto;
- f_{tk} è la tensione di rottura dell'acciaio del piatto.

La resistenza complessiva della singola unione a taglio è perciò data da $\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})$, mentre la resistenza della singola unione a trazione è ottenuta come $\min(B_{p,Rd}; F_{t,Rd})$.

Nel caso di presenza combinata di trazione e taglio si può adottare la formula di interazione lineare:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,$$

Le verifiche del giunto di base sono state eseguite considerando le sollecitazioni derivanti dall'analisi strutturale relativamente ad un involucro delle combinazioni di carico precedentemente definite.

Di seguito si riporta un prospetto delle reazioni vincolari che si riscontrano alla base della colonna per la combinazione più gravosa e le contestuali verifiche.

tirafondo1 esterno		VERIFICA A TAGLIO			
σ_{max}	V	$F_{V,Ed}$	rifollamento $F_{D,Rd}$	$\min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd})$	$F_{V,Ed}/F_{V,Rd}$
[MPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
44	17	17	344	94	0.18

VERIFICA A TRAZIONE		
$F_{t,Ed}$	$\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})$	$F_{t,Ed}/\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})$
[kN]	[kN]	
11	141	0.1

VERIFICA A TAGLIO+TRAZIONE	
$F_{t,Ed}/F_{t,Rd}$	$(F_{V,Ed}/F_{V,Rd}) + (F_{t,Ed}/1,4F_{t,Rd})$
0.1	0.2

verifica lunghezza tirafondi	
<u>SENZA UNCINO</u>	
massima trazione sopportata dal tirafondo T_{ED}	[kN] 12
trazione nel tirafondo T_{ED}	11 OK