

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA
S.O. ENERGIA E TRAZIONE ELETTRICA**

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

SSE PIETRA LIGURE

Relazione di calcolo muro di contenimento

SCALA:

-

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

I V 0 I 0 0 D 1 8 C L S E 0 0 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F. Pigato <i>Federico Pigato</i>	Feb 2022	M. Severi <i>M. Severi</i>	Feb 2022	G. Fagda <i>G. Fagda</i>	Feb 2022	G. Guidi Buffarini Feb 2022

File: IV0I00D18CLSE0000002A

n. Elab.:

INDICE

1	Premessa.....	4
2	Normative e documenti di riferimento	5
2.1	Normative.....	5
2.2	Documenti di riferimento	5
3	Descrizione delle strutture	6
4	Caratteristiche dei materiali	7
4.1	Opere in calcestruzzo armato.....	7
4.1.1	Magrone.....	7
4.1.2	Struttura in fondazione ed elevazione	7
4.1.3	Acciaio per calcestruzzo	8
4.2	Copriferro	8
4.3	Ancoraggio e sovrapposizione delle barre	9
5	Analisi dei carichi	10
5.1	Carichi permanenti strutturali.....	10
5.2	Carichi permanenti non strutturali.....	10
5.3	Carichi variabili.....	10
5.4	Azione sismica	10
5.4.1	Definizione delle azioni	10
5.4.2	Classe di duttilità e fattore di comportamento	15
5.4.3	Spettri di progetto.....	15
5.5	Spinta del terreno.....	16
5.5.1	Sovrappinta dinamica dei terreni	16
6	Geotecnica di sito	19
7	Analisi della struttura	20
7.1	Codici di calcolo utilizzati	20
7.2	Modellazione dell'opera	20
7.3	Condizioni elementari di carico e assegnazioni.....	21
7.4	Combinazioni di carico.....	21
8	Risultati delle analisi	25
8.1	Sollecitazioni elementi verticali – Muro di sostegno	26
8.2	Sollecitazioni elementi orizzontali – Platea di fondazione	31
8.3	Deformate	35
9	Criteri di verifica	39
9.1	Verifiche SLU.....	39

9.2	Verifiche SLE	40
10	Verifiche elementi strutturali	43
10.1	Stato delle verifiche (Ø14/25)	43
10.2	Stralcio risultanze fascicolo di calcolo	47
11	Verifica geotecnica delle fondazioni	56
11.1	Modellazione del Terreno	56
11.2	Verifica allo Scorrimento	56
11.3	Calcolo della portanza	57
11.3.1	Metodo di Vesic	57
11.3.2	Influenza degli Strati sulla Capacità Portante	58
11.3.3	Influenza del Sisma sulla Capacità Portante	59
11.4	Dati Geometrici degli Elementi Costituenti le Fondazioni Superficiali	60
11.5	Risultati	61
11.5.1	Pressioni sul terreno	61
11.5.2	Valori di Calcolo della Portanza per Fondazioni Superficiali	63
11.5.3	Valori di Calcolo dello Scorrimento per Fondazioni Superficiali	63
11.5.4	Verifica a ribaltamento	65
12	Incidenza armature	66
13	Conclusioni	67
	ALLEGATO A.....	68

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

2 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normative

Le opere contemplate dal presente progetto saranno conformi alla legislazione e alla normativa vigenti. Di seguito sono elencate le principali leggi e norme.

- D.M. 17/01/2018: Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare n.7 del 21/01/2019: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17/01/2018
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20/03/2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.P.C.M. del 21/10/2003: Disposizioni attuative dell'art.2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003, recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”
- Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.: Linee guida sul calcestruzzo strutturale
- Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1.1 - Regole generali e regole per gli edifici.
- RFI.DTC.SI.PS.MA.IFS.001.E: Manuale di progettazione delle opere civili (Ed. 2021)
- Sezione 2 – Ponti e strutture
- Sezione 6 - Opere in conglomerato cementizio e in acciaio
- UNI EN 1992-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8): Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- UNI EN 206-1: Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- UNI 11104: Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- RFI.DTC.SI.SP.IFS.001.B: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili (Ed. 2017)
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18/11/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea.
- Regolamento di Esecuzione (UE) 2019/776 della Commissione del 16/05/2019 che modifica i regolamenti (UE) n.321/2013, (UE) n. 1299/2014, (UE) n.1301/2014, (UE) n.1302/2014, (UE) n.1303/2014 e (UE) 2016/919 della Commissione e la decisione di esecuzione 2011/665/UE della Commissione per quanto riguarda l'allineamento alla direttiva (UE) 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio, e l'attuazione di obiettivi specifici stabiliti nella decisione delegata (UE) 2017/1471 della Commissione.

2.2 Documenti di riferimento

Le opere civili dovranno essere realizzate secondo quanto riportato nella presente Relazione Tecnica e negli ulteriori elaborati di Progetto sotto riportati, ai quali si farà riferimento esplicito o implicito nel presente documento:

- L37100D26F5GE0005003A: Profilo geotecnico per la SSE (tav. 3/12 – Pietra Ligure)
- IV0100D18SCSE0000003A: Disegno muro contenimento rilevato

3 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

Le opere strutturali consistono nella realizzazione di un muro di tipo a mensola in c.a., di altezza pari a circa 2,90 m, con fondazione di tipo superficiale, di spessore pari a 0,40 m. Di seguito se ne fornisce la sezione tipo, dalla quale si evincono le proprietà geometriche del muro.

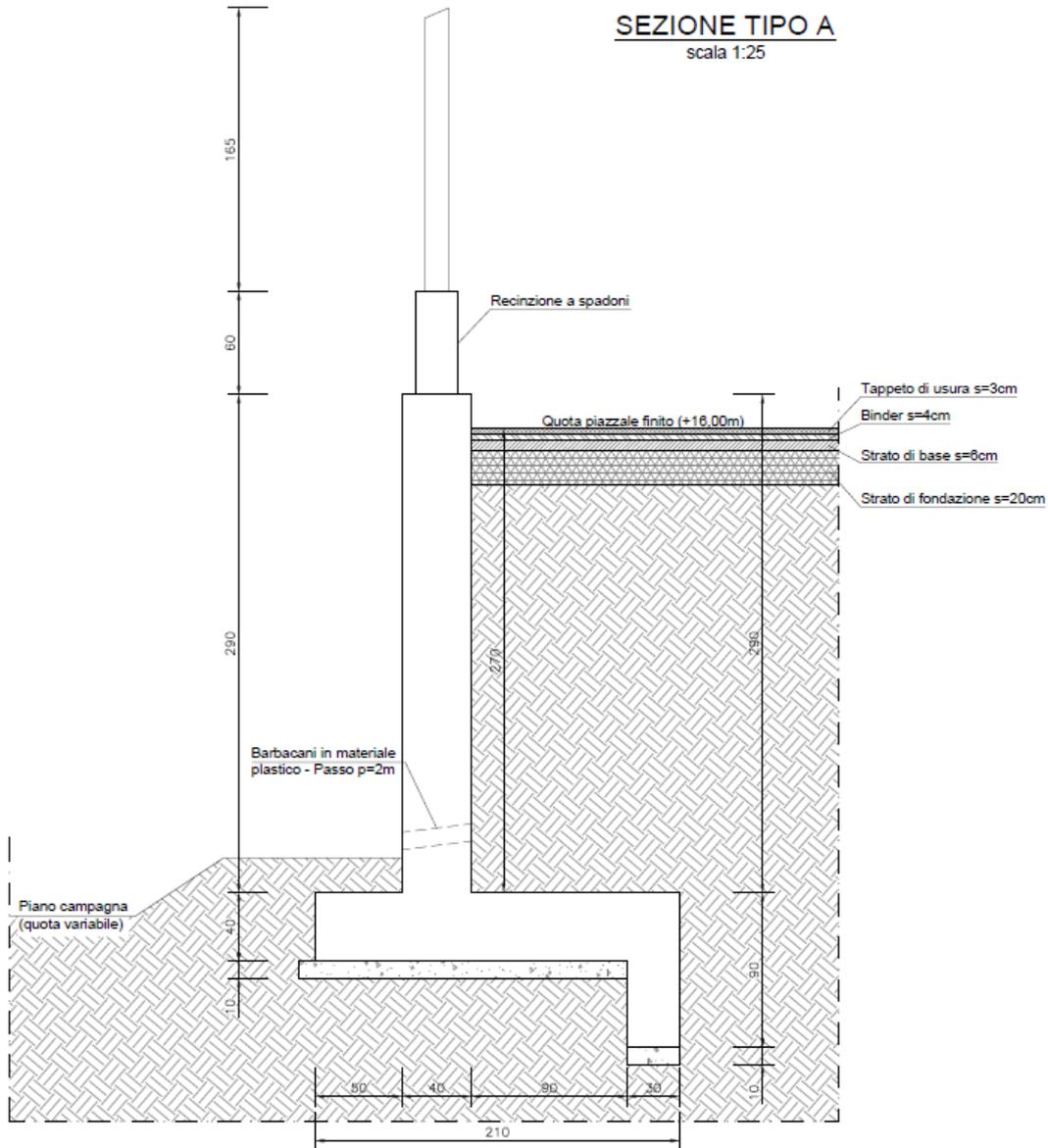


Figura 2: Sezione trasversale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

È previsto l'utilizzo dei seguenti materiali dei quali di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche.

4.1 Opere in calcestruzzo armato

Per i calcestruzzi si fa riferimento alle normative UNI EN 206-1 (Specificazione, prestazione, produzione e conformità) e UNI 11104 (Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1).

4.1.1 Magrone

Classe di resistenza del calcestruzzo	C12/15	- Rck	15	[MPa]
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R _{ck}	=	15,00	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f _{ck}	=	12,05	[MPa]
Classe di esposizione		=	X0	-
Classe di consistenza	Slump	=	S3	-

4.1.2 Struttura in fondazione ed elevazione

Classe di resistenza del calcestruzzo	C28/35	- Rck	35	[MPa]
Modulo di elasticità longitudinale	E _c	=	32588	[MPa]
Coefficiente di dilatazione termica	α	=	10x10 ⁻⁶	[C ⁻¹]
Coefficiente di Poisson	ν	=	0,20	[-]
Coefficiente parziale di sicurezza	γ _c	=	1,50	[-]
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	α _{cc}	=	0,85	[-]
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R _{ck}	=	35,00	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f _{ck}	=	29,05	[MPa]
Resistenza media cilindrica a compressione	f _{cm}	=	37,05	[MPa]
Resistenza media a trazione semplice	f _{ctm}	=	2,83	[MPa]
Resistenza caratteristica a trazione semplice	f _{ctk}	=	1,98	[MPa]
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm}	=	3,40	[MPa]
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk}	=	2,38	[MPa]
Resistenza caratteristica tangenziale per aderenza	f _{bk}	=	4,47	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione	f _{cd}	=	16,46	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione semplice	f _{ctd}	=	1,32	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione per flessione	f _{ctd}	=	1,59	[MPa]
Resistenza di calcolo tangenziale per aderenza	f _{bd}	=	2,98	[MPa]
Coefficiente sicurezza SLU	γ _c	=	1,50	
Resistenza di calcolo a compressione SLU	f _{cd}	=	16,46	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU	f _{ctd}	=	1,32	[MPa]
Coefficiente sicurezza SLE	γ _c	=	1,00	
combinazione rara	σ _{c,ad} = 0,55 f _{ck}	=	15,98	[MPa]
combinazione quasi permanente	σ _{c,ad} = 0,40 f _{ck}	=	11,62	[MPa]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

4.1.3 Acciaio per calcestruzzo

Si adotta acciaio tipo B450C come previsto al punto 11.3.2.1 delle NTC2018, per il quale si possono assumere le seguenti caratteristiche. Si utilizzano barre ad aderenza migliorata.

Tipo	B450C			
Modulo di elasticità longitudinale	E_s	=	210000	[MPa]
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_s	=	1.15	[-]
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	450	[MPa]
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	=	540	[MPa]
Allungamento	A_{gt}	=	7.50%	[-]
Resistenza di calcolo	f_{yd}	=	391.3	[MPa]
Tensione di calcolo SLE	$\sigma_{y,ad} = 0.75 f_{yk}$	=	337.5	

4.2 Copriferro

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 21/01/2019, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

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

Tabella 1 - Copriferro e condizioni ambientali

Nel caso in esame i copriferri minimi previsti (come da tabella materiali) sono 40 mm per travi pilastri e travi di fondazione e 20 mm per le lastre predalles. A tali valori vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm. Si riporta una tabella riepilogativa dei copriferri:

	Ambiente	Copriferro netto	Tolleranza di posa	Copriferro nominale
Struttura in elevazione	Ordinario	40	10	50
Lastre prédalles	Ordinario	20	5	25
Fondazioni	Ordinario	40	10	50

Tabella 2 - Copriferro adottato

La rispondenza dei materiali ai requisiti richiesti sarà valutata mediante le prescritte prove di accettazione.

	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

4.3 Ancoraggio e sovrapposizione delle barre

Con riferimento al punto 4.1.6.1.4 delle NTC, si evince che le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o meno sollecitate. La continuità delle barre, nel caso in esame, sarà effettuata per sovrapposizione. La norma prevede che la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo non deve essere mai minore di 20 volte il diametro della barra. In alcuni casi, come alle estremità delle travi continue, l'ancoraggio delle barre va eseguito con una piega a 90°: in questo caso la lunghezza della piega deve essere almeno pari a 5 volte il diametro della barra e comunque per motivazioni pratiche non inferiore a 10 cm.

Tenendo conto delle indicazioni riportate dalla norma e delle pratiche di buona progettazione, si assumono lunghezze di ancoraggio e di sovrapposizioni almeno pari a 40-50 volte il diametro della barra.

	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

5 ANALISI DEI CARICHI

I pesi dei materiali utilizzati per le strutture portanti sono conformi alle NTC18. Si riportano di seguito le analisi dei carichi unitari agenti sulla struttura.

I valori delle azioni di seguito indicati sono stati considerati come valori caratteristici nelle verifiche agli stati limite.

5.1 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali travi e pilastri sono calcolati automaticamente dal programma di calcolo, che considera il seguente peso specifico del calcestruzzo armato.

calcestruzzo armato

$$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$$

5.2 Carichi permanenti non strutturali

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione.

Recinzione

Si assume per la recinzione a spadoni il peso di 180 daN/m

5.3 Carichi variabili

Per tener conto dei sovraccarichi accidentali connessi al transito carrabile in prossimità del muretto si considera un carico verticale distribuito sul terreno a tergo del muro pari a 5 kPa.

Si considera inoltre una spinta orizzontale applicata alla sommità della recinzione metallica pari a 2kN/m con riferimento alla Cat. F della tab.3.1.II del D.M. 17/01/2018.

5.4 Azione sismica

5.4.1 Definizione delle azioni

Per la definizione dell'azione sismica si dovrà fare riferimento alla vita nominale dell'opera, così come definita al punto 2.4.1 del DM 17.01.2018, intesa come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. Questo parametro, oltre a costituire il riferimento per le verifiche dei fenomeni dipendenti dal tempo (fatica, durabilità, ecc.), serve a definire il Periodo di Riferimento da assumere per l'azione sismica.

Con riferimento alla tabella 2.4.1 del DM 17.01.2018, la vita nominale VN delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella tratta dal Manuale RFI DTC SI PS MA IFS 001 E:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	VITA NOMINALE V _N
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 ≥ 250 km/h	100
Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150m	≥100 ⁽²⁾
⁽¹⁾ La stessa VN si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere ⁽²⁾ Da definirsi per il singolo progetto a cura di Ferrovie	

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, diversi classi d'uso; a ciascuna classe corrisponde ad 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 tratta dal Manuale di Progettazione RFI:

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	CU ⁽¹⁾
Fabbricati appartenenti all'elenco A ai sensi del DPCM 3685/2003	IV	2.0
Grandi stazioni	IV	2.0
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	1.0
⁽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.		

Le azioni sismiche vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N della costruzione per il coefficiente d'uso C_U:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1.5 = 112.5 \text{ anni}$$

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R.

Ai fini della normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono definite dal DM 17.01.2018 e di seguito riportate:

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 3 - Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, 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.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 4 - Categorie di sottosuolo

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Descrizione
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 5 - Categorie topografiche

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} . Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s; per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi ovvero l'azione sismica deve essere descritta.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

nelle quali T ed S_E sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale; S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S \cdot S_T$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica;

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

Dove:

ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da:

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

T_C^* è definito al § 6.2 e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante:

$$T_B = T_C / 3$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4 \cdot \frac{a_g}{g} + 1.6$$

In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_S , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_C che modifica il valore del periodo T_C .

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_S e C_C valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tabella a seguire, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Tabella 6 - Espressioni di S_S e di C_C

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella tabella a seguire, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella 7 - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

5.4.2 Classe di duttilità e fattore di comportamento

La classe di duttilità è rappresentativa della capacità dell'edificio di dissipare energia in campo anelastico per azioni cicliche ripetute.

Le deformazioni anelastiche devono essere distribuite nel maggior numero di elementi duttili, in particolare le travi, salvaguardando in tal modo i pilastri e soprattutto i nodi travi pilastro che sono gli elementi più fragili.

Le NTC2018 definiscono due tipi di comportamento strutturale:

- comportamento strutturale non-dissipativo;
- comportamento strutturale dissipativo.

Per la struttura in esame si assume un **comportamento strutturale non dissipativo ($q = 1$)**.

5.4.3 Spettri di progetto

Lo spettro è funzione della pericolosità sismica di base e della sismicità locale. Il fattore η è pari a 1,00 considerando un coefficiente di smorzamento viscoso $\xi = 5\%$. Tale valore unitario è assunto allo SLD mentre allo SLV esso è sostituito con $1/q$, dove q è il fattore di comportamento § 3.2.3.5 – NTC18.

Si prenderanno in considerazione di seguito dei soli spettri di risposta orizzontali.

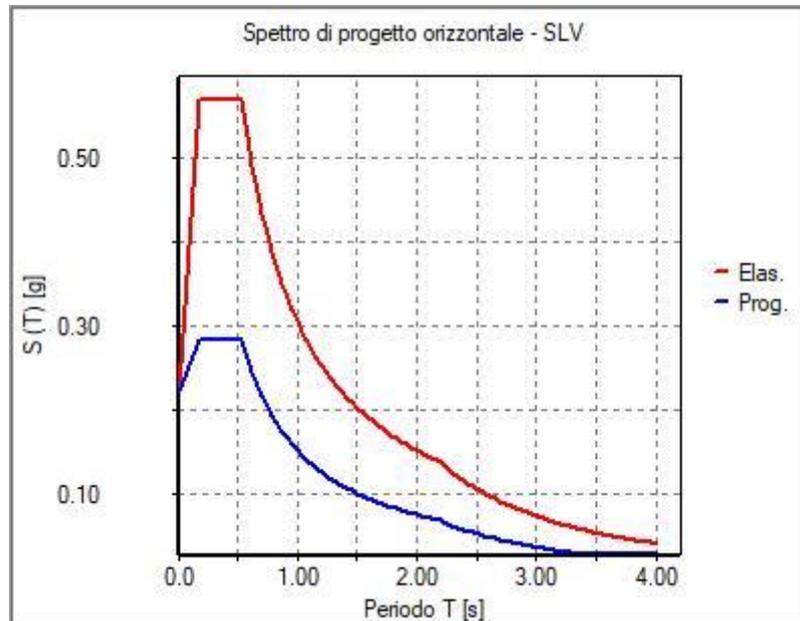


Figura 3 - Spettro di progetto SLV

5.5 Spinta del terreno

La spinta litostatica viene calcolata in base al coefficiente di spinta attiva k_a o a riposo k_0 , e posta nella condizione di carico permanente (Pesi strutturali).

Per la determinazione della spinta del terreno sulle pareti verticali del muro si considera il coefficiente di spinta a riposo k_0 , valutato mediante la seguente espressione:

$$k_0 = 1 - \text{sen } \phi = 0,47$$

La spinta a riposo del terreno cresce linearmente con la profondità secondo l'usuale relazione:

$$S_t = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot k_0 \cdot H^2 = 33,41 \text{ kN/m}$$

dove:

- γ è il peso per unità di volume del terreno di riporto pari a 19,5 kN/m³
- k_0 è il coefficiente di spinta a riposo pari a 0,47
- H è l'altezza complessiva dello strato di terreno considerato assunta pari a 2,70 m.

5.5.1 Sovrappinta dinamica dei terreni

Il software di calcolo adottato permette l'introduzione automatica della sovrappinta dinamica del terreno valutata attraverso il metodo di Mononobe-Okabe. Questa teoria costituisce un'estensione della teoria di Coulomb al caso dinamico, tale per cui ne valgono le stesse ipotesi (superficie di scorrimento piana).

Detta β l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e α l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta attiva totale (statica+dinamica) $S_{a,E}$.

Spinta Attiva - Teoria MONONOBE-OKABE (condizioni dinamiche)

DATI DI INPUT				VALORI DI OUTPUT			
peso specifico terreno	γ	19,50	[kN/mc]	inclinazione paramento	α	0,000	[rad]
altezza strato terreno	H	3,00	[m]	inclinazione terrapieno	β	0,000	[rad]
inclinazione paramento	α	0,00	[°]	angolo attrito terreno	ϕ	0,559	[rad]
inclinazione terrapieno	β	0,00	[°]	coeff. sismico orizzontale	K_h	0,060	
angolo attrito terreno	ϕ	32,00	[°]	coeff. sismico verticale	K_v	0,030	
coeff. Riduzione sisma	β_m	0,38	[-]		Θ	0,062	[rad]
acc max attesa sisma rif.	a_g	0,13	[g]	ang attrito su piano spinta	δ	0,372	[rad]
amplificazione stratigraf.	S_s	1,20	[-]	coeff. Spinta attiva	$K_{a,E}$	0,315	
amplificazione topograf.	S_T	1,00	[-]	Spinta attiva totale	$S_{a,E}$	28,44	[kN/m]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

6 GEOTECNICA DI SITO

Le caratteristiche dei terreni di fondazione sono desunte dalla relazione geotecnica generale (IV0100D26RBGE0005001B) per cui si considera la seguente stratigrafia di sottosuolo:

ARCHIVIO TERRENI

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito Neg.
1	da 0,0 a -200,0 cm	200,0 cm	001 / Terreno di riporto	Assente
2	da -200,0 a -2400,0 cm	2200,0 cm	002 / Sabbia e ghiaia	Assente
3	da -2400,0 a -3000,0 cm	600,0 cm	003 / Limo argilloso	Assente

Indice / Descrizione terreno: **001 / Terreno di riporto**

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ³	daN/cm ³	Gradi°	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
1,900 E-3	2,000 E-3	28,000	0,000	148,571	200,000	60,0	0,300	1,00

Indice / Descrizione terreno: **002 / Sabbia e ghiaia**

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ³	daN/cm ³	Gradi°	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
2,000 E-3	2,100 E-3	35,000	0,000	445,714	600,000	60,0	0,300	1,00

Indice / Descrizione terreno: **003 / Limo argilloso**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ³	daN/cm ³	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
2,050 E-3	2,050 E-3	0,8500	100,000	100,000	60,0	0,500	0,10

dove:

- γ è il peso per unità di volume del terreno
- ϕ' è l'angolo di attrito interno del terreno
- c' è la coesione efficace del terreno
- c_u la coesione non drenata del terreno

Nella procedura di progettazione e di verifica del muro, si considerano i seguenti parametri, in favore di sicurezza:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale;
- $\phi' = 28^\circ$ angolo di resistenza al taglio;
- $c' = 0 \text{ KPa}$ coesione drenata;
- $z_w = -5,25 \text{ m}$ livello di falda rispetto al piano campagna

Per quanto riguarda le proprietà del terreno di riempimento a tergo del muro, si è fatto riferimento ai seguenti valori, in favore di sicurezza:

- $c' = 0 \text{ KPa}$ Coesione efficace
- $\phi' = 32^\circ$ Angolo di attrito interno efficace
- $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ Peso dell'unità di volume
- $K_0 = 0.47$ Coefficiente di spinta a riposo

Secondo quanto previsto dalle Specifiche Italferr, l'opera in esame appartiene alla Classe d'Uso III ($C_u = 1,5$) e si attribuisce una Vita Nominale pari a 75 anni. Il periodo di riferimento V_r per il calcolo dell'azione sismica è dunque pari a $V_N \times C_u = 75 \times 1,5$.

Sulla base delle considerazioni geologiche, è possibile assumere una **Categoria di Sottosuolo B** ($1 \leq S_s \leq 1,20$) e una **Categoria Topografia T1**, cui corrisponde un coefficiente topografico pari a $S_t = 1,00$.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

7 ANALISI DELLA STRUTTURA

7.1 Codici di calcolo utilizzati

Per il calcolo delle sollecitazioni gravanti sugli elementi strutturali, per i modi di vibrare della struttura e per verifiche di resistenza si è fatto ricorso al codice di calcolo PRO_SAP versione 21.4.0 della 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l..

7.2 Modellazione dell'opera

L'analisi e la verifica della struttura è stata condotta con l'ausilio di tale programma di calcolo agli elementi finiti, attraverso il quale è stato definito un modello congruente con la struttura progettata.

Per individuare le sollecitazioni che interessano gli elementi della struttura, viene realizzato un modello tridimensionale in cui sono inseriti gli elementi strutturali principali discretizzati con elementi bidimensionali tipo shell. Per la modellazione si è preso a riferimento una fascia di un metro del muro di sostegno su cui sono state eseguite analisi e verifiche.

Agli elementi di fondazione sono state assegnate opportune proprietà in modo tale che venissero schematizzate come su letto di molle alla winkler valutato in base alle condizioni stratigrafiche del terreno di fondazione effettivamente riscontrato in situ.

Le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte sia nei confronti degli stati limite ultimi che nei confronti degli stati limite d'esercizio.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata, con evidenziazione dei nodi e degli elementi. Si riportano inoltre le viste assometriche corrispondenti agli schemi statici forniti, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione.

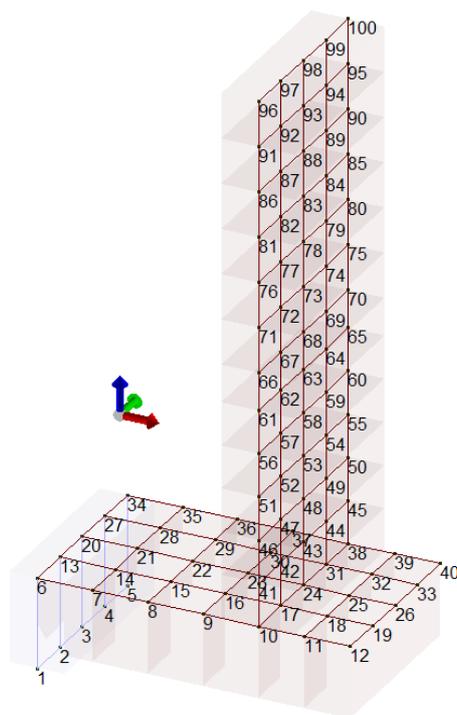


Figura 4 - Modello FEM - Vista assometrica modello con grafica linee Nascoste

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

7.3 Condizioni elementari di carico e assegnazioni

Di seguito si riportano le condizioni elementari di carico:

CDC	Tipo	Sigla Id
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
2	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)
3	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)
4	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)
5	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)
6	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)
7	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)
8	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)
9	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)
10	Qk	CDC=Qk (variabile folla C2)
11	Gk	CDC=G1k (permanente spinta terreno)

Tabella 8 - Condizioni elementari di carico

7.4 Combinazioni di carico

Per le verifiche nei confronti dei diversi stati limite si adottano le combinazioni delle azioni tratte dal § 2.5.3 NTC 2018:

- Combinazione fondamentale SLU:
 $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3}..$
- Combinazione caratteristica (rara):
 $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$
- Combinazione frequente:
 $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$
- Combinazione quasi permanente:
 $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$
- Combinazione sismica:
 $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$

I valori dei coefficienti parziali per le azioni sono riportati nella tabella sottostante, tratti dalla Tabella 2.5.I in funzione delle diverse categorie di carico.

	$Q_{k,c}$
Ψ_0	0,70
Ψ_1	0,70
Ψ_2	0,60

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

Per le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) si adotta l'Approccio Progettuale 2, in cui si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della Tabella 2.6.I delle NTC 2018, di seguito riportata.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Figura 5 - NTC 2018, Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

In base ai valori assunti dai coefficienti sopra definiti, si ottengono le seguenti combinazioni, per ciascuno degli Stati Limite considerati.

Di seguito si riportano le combinazioni di carico:

Famiglia SLU

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	Comb. SLU A1 1
2	SLU	Comb. SLU A1 2
3	SLU	Comb. SLU A1 3
4	SLU	Comb. SLU A1 4

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.30	0.0	0.0	0.0
2	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	1.30	0.0	0.0	0.0
3	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
4	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	1.00	0.0	0.0	0.0

Famiglia SLV

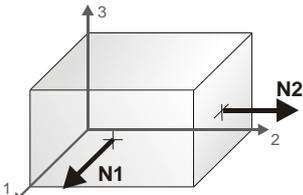
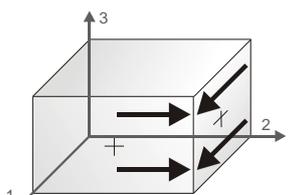
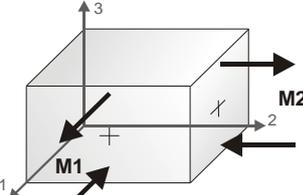
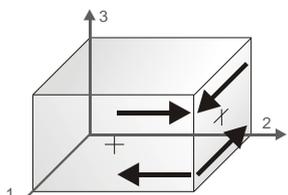
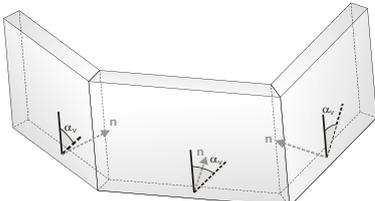
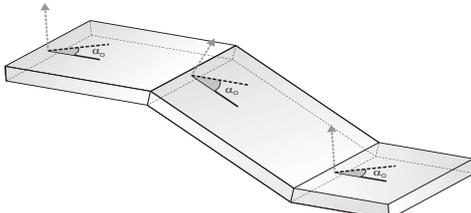
Cmb	Tipo	Sigla Id
5	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8
9	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 9
10	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 10
11	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11
12	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 12
13	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 13
14	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16

17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29
30	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30
31	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31
32	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32
33	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 33
34	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 34
35	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 35
36	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 36

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
5	1.00 0.30	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.0
6	1.00 0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.30
7	1.00 0.30	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.0
8	1.00 0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.30
9	1.00 0.30	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.0
10	1.00 0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.30
11	1.00 0.30	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.0
12	1.00 0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.30
13	1.00 0.30	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.0
14	1.00 0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.30
15	1.00 0.30	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.0
16	1.00 0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.30
17	1.00 0.30	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.0
18	1.00 0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.30
19	1.00 0.30	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.0
20	1.00 0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.30
21	1.00 1.00	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	0.30	0.0
22	1.00 0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	0.30	1.00
23	1.00 1.00	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.30	0.0	0.0
24	1.00 0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.30	0.0	1.00
25	1.00	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	0.30	0.0

8 RISULTATI DELLE ANALISI

Si riportano di seguito gli stati sollecitativi più significativi attinenti all'opera in questione, mostrando gli involuipi minimi e massimi delle varie componenti agenti sugli elementi bidimensionali modellati. Si riporta di seguito la descrizione delle convenzioni utilizzate per le componenti suddette.

 <p>Azione N</p>	 <p>Azione N 1-2</p>
 <p>Azione M</p>	 <p>Azione M 1-2</p>
<p>orientamento per stampa setti</p> 	<p>orientamento per stampa gusci</p> 

In particolare vengono riportati in ogni nodo di un elemento per ogni combinazione:

tensione di Von Mises	(valore riassuntivo del complessivo stato di sollecitazione)	
N max	sforzo membranale principale massimo	
N min	sforzo membranale principale minimo	
M max	sforzo flessionale principale massimo	
M min	sforzo flessionale principale minimo	
N1	N2	sforzi membranali e flessionali in direzione locale 1 e 2 dell'elemento (lo sforzo 2-1 è uguale allo sforzo 1-2 per la reciprocità delle tensioni tangenziali)
N1-2	M1	
M2	M1-2	

8.1 Sollecitazioni elementi verticali – Muro di sostegno

Vengono riportati di seguito gli involuپی delle sollecitazioni agenti sugli elementi orizzontali.

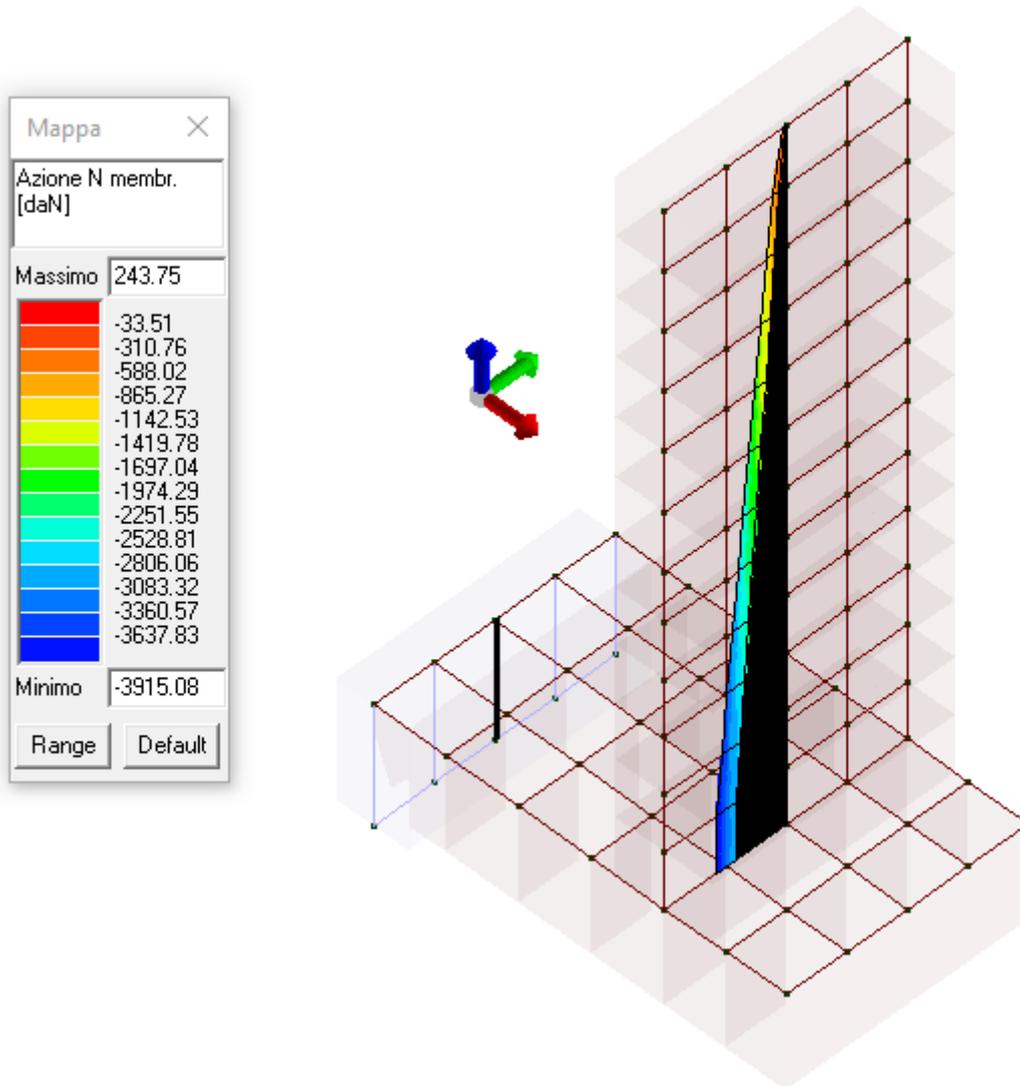


Figura 6 – Sforzo normale

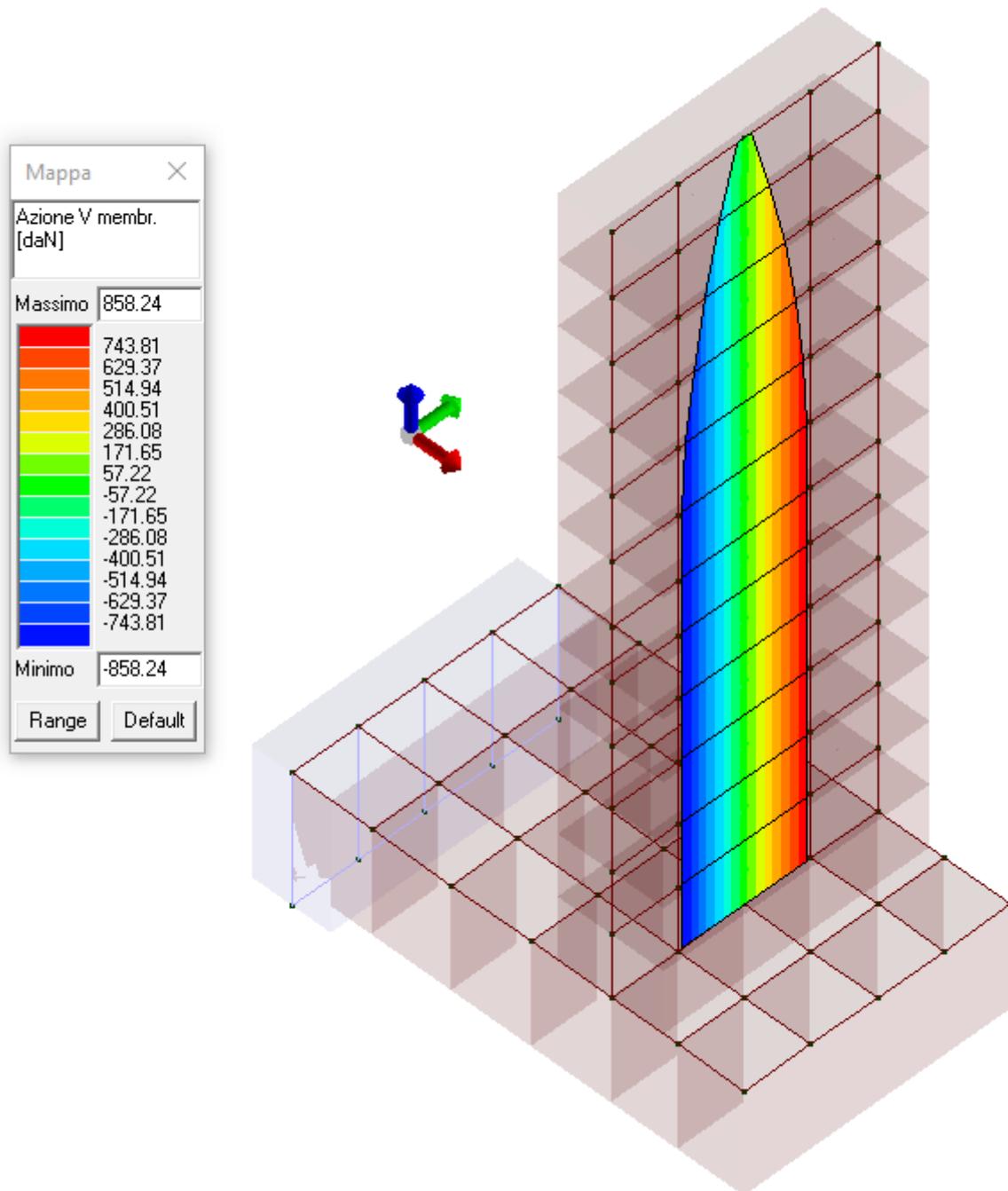


Figura 7 – Taglio complanare

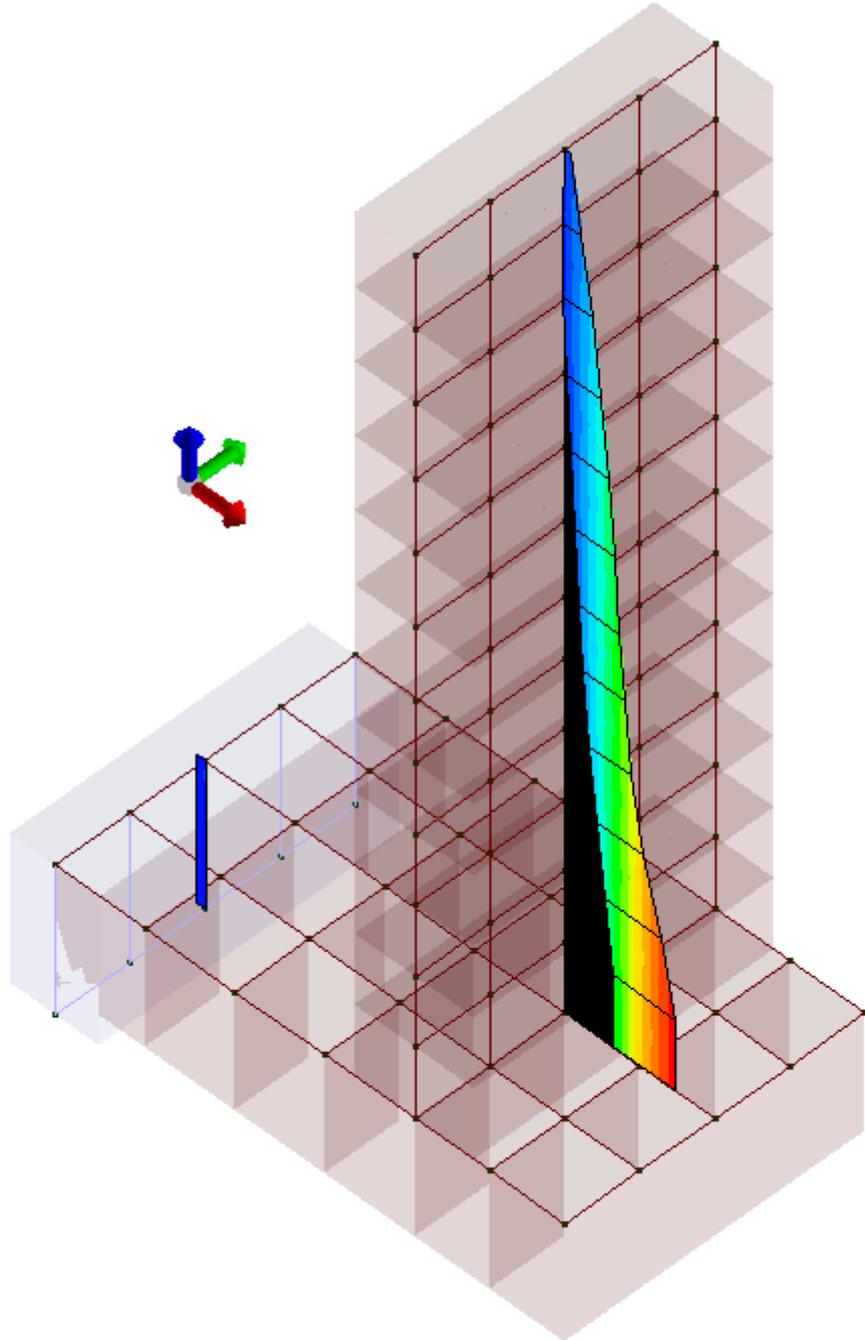
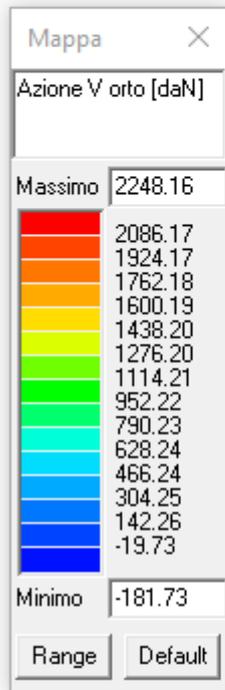


Figura 8 – Taglio ortogonale

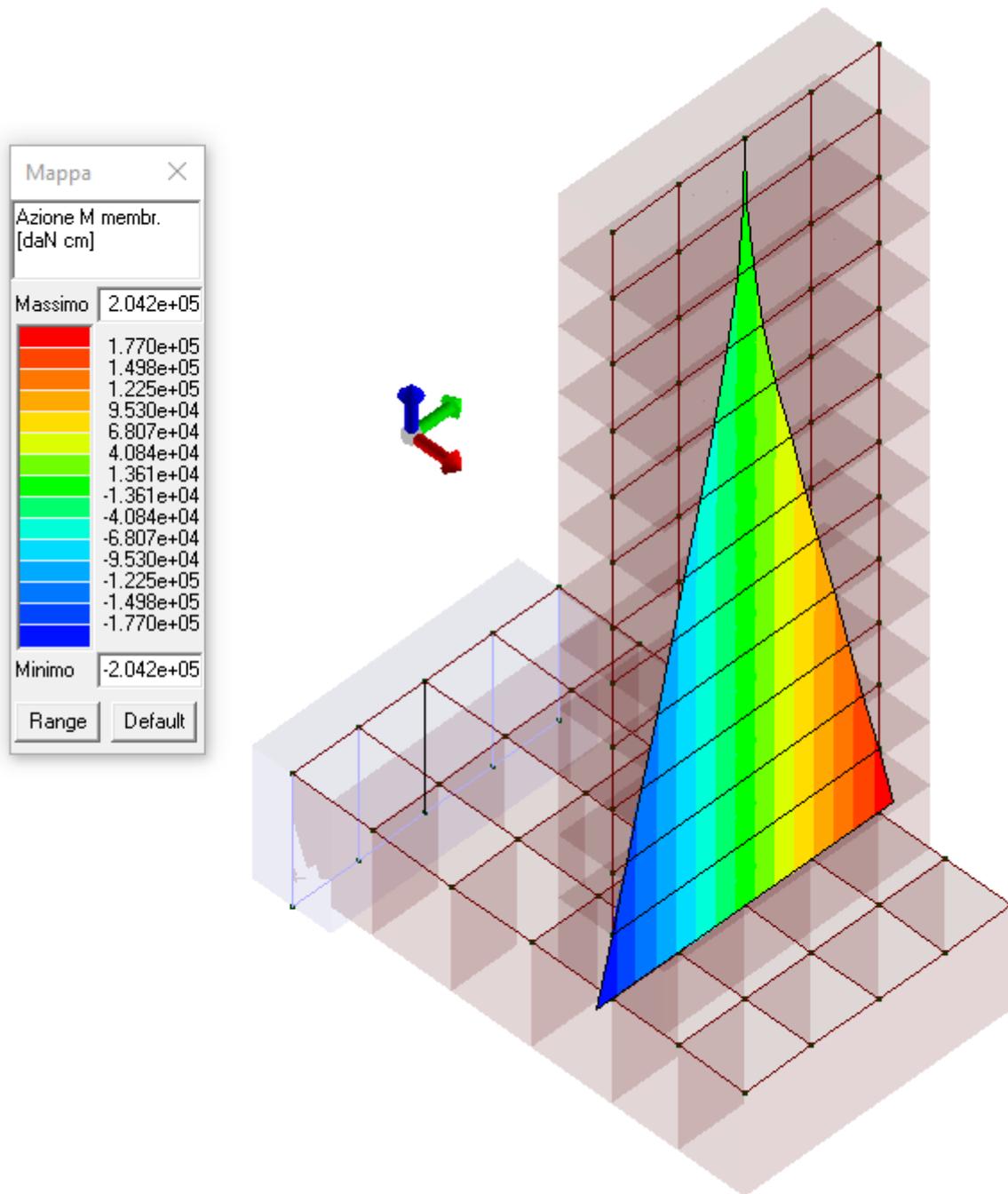


Figura 9 – Momento membranale

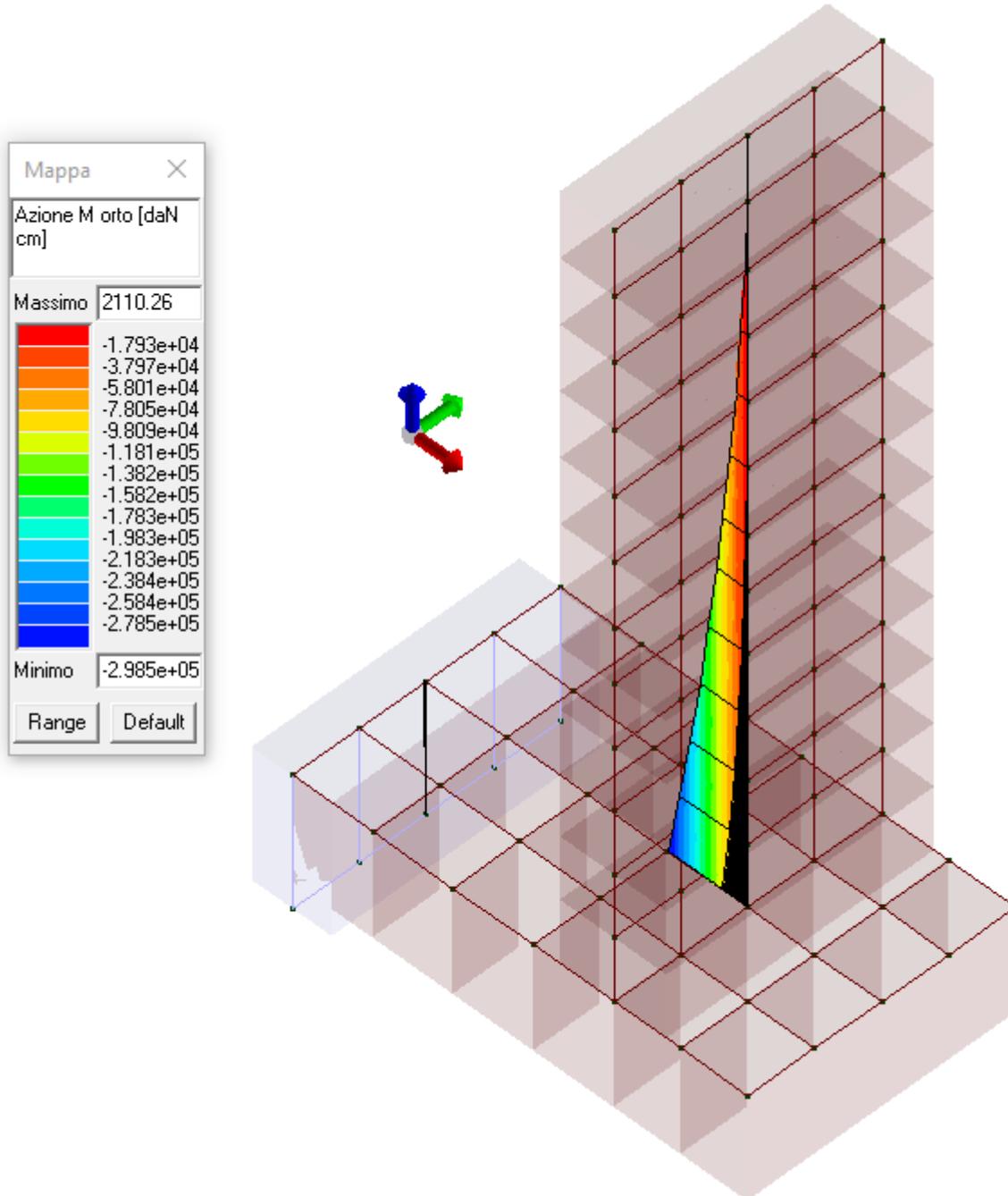


Figura 10 – Momento ortogonale

8.2 Sollecitazioni elementi orizzontali – Platea di fondazione

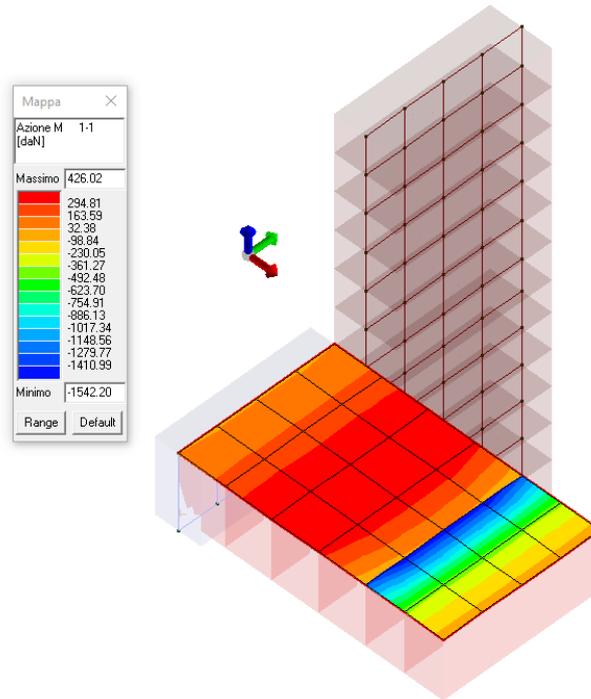


Figura 11 - Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni di compressione o di trazione in direzione locale 1-1 – SLU

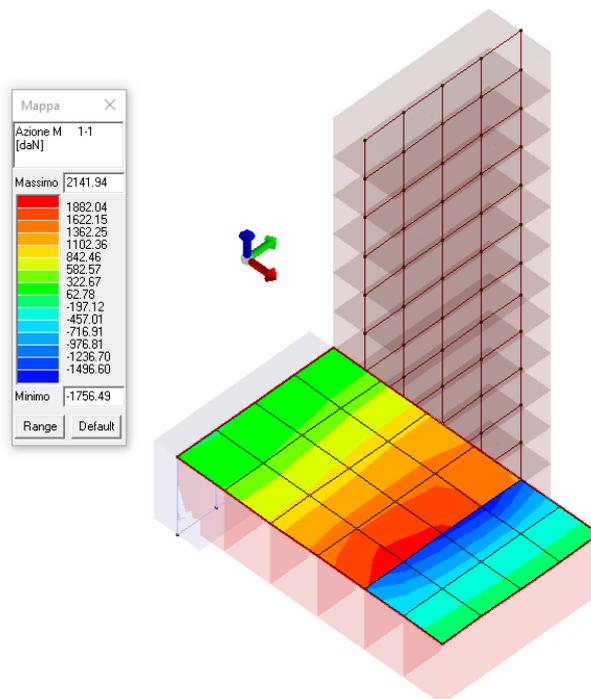


Figura 12 - Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni di compressione o di trazione in direzione locale 1-1 – SLV

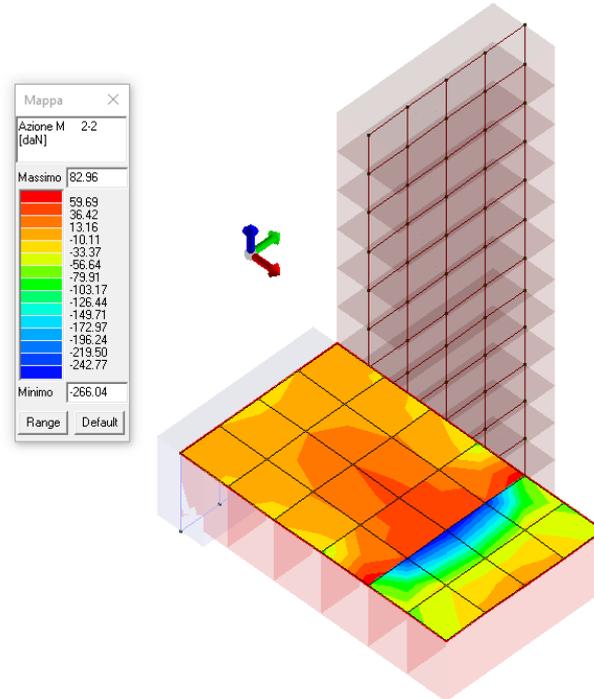


Figura 13 - Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni di compressione o di trazione in direzione locale 2-2 – SLU

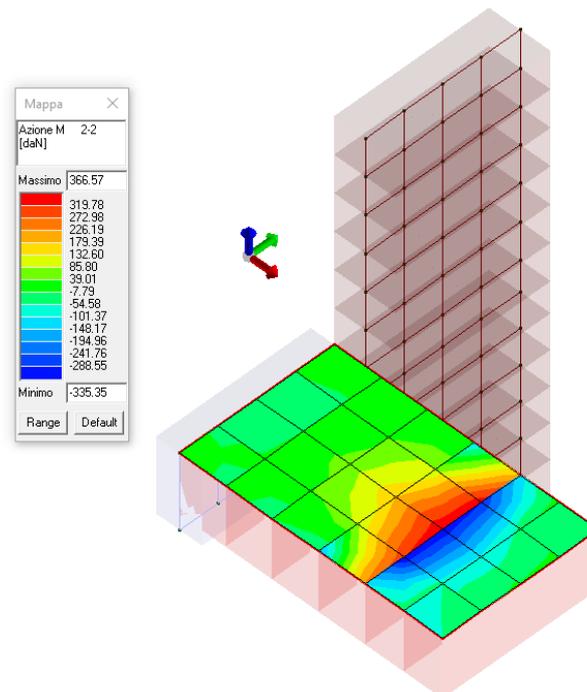


Figura 14 - Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni di compressione o di trazione in direzione locale 2-2 – SLV

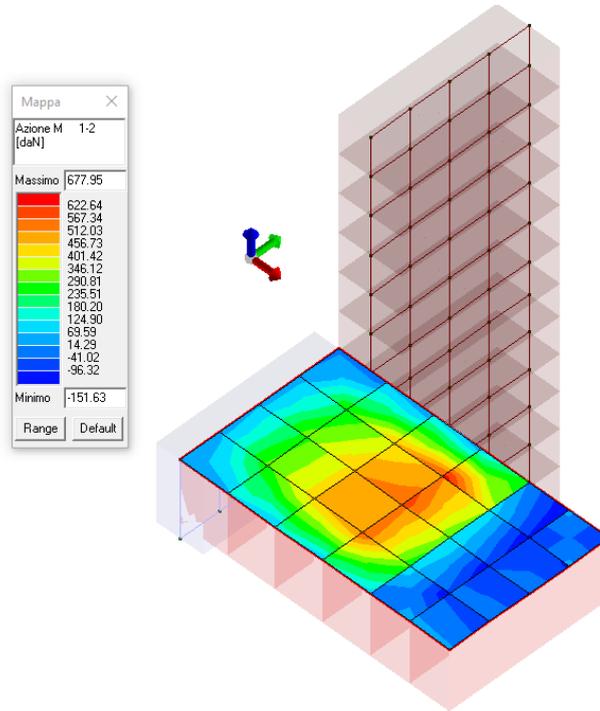


Figura 15 - Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni tangenziali relative agli assi 1-2 – SLV

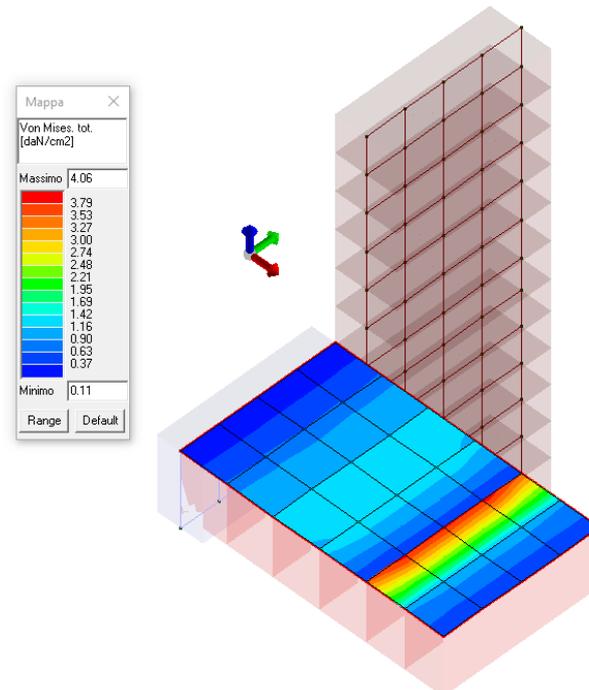


Figura 16 - Mappa cromatica delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises – SLE rare

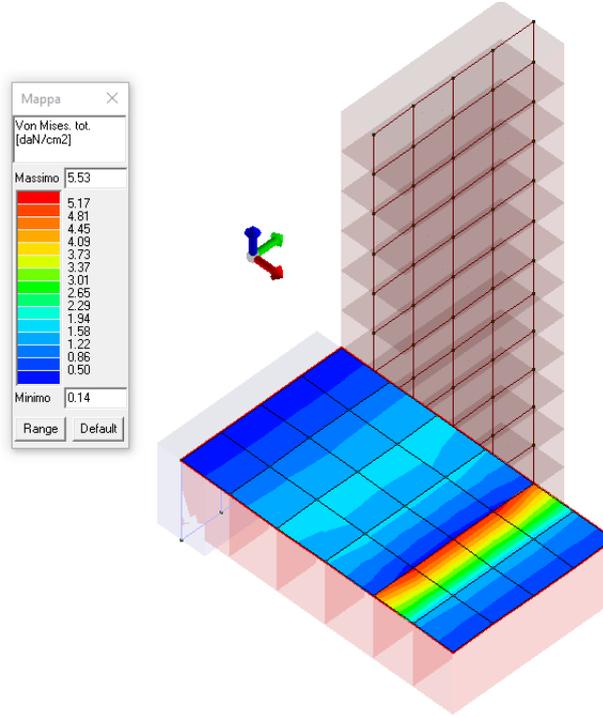


Figura 17 - Mappa cromatica delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises – SLU

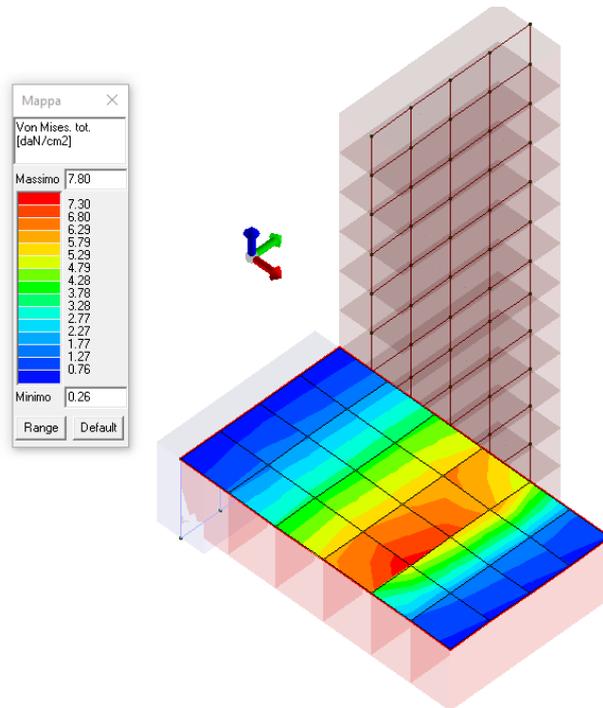


Figura 18 - Mappa cromatica delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises – SLV

8.3 Deformate

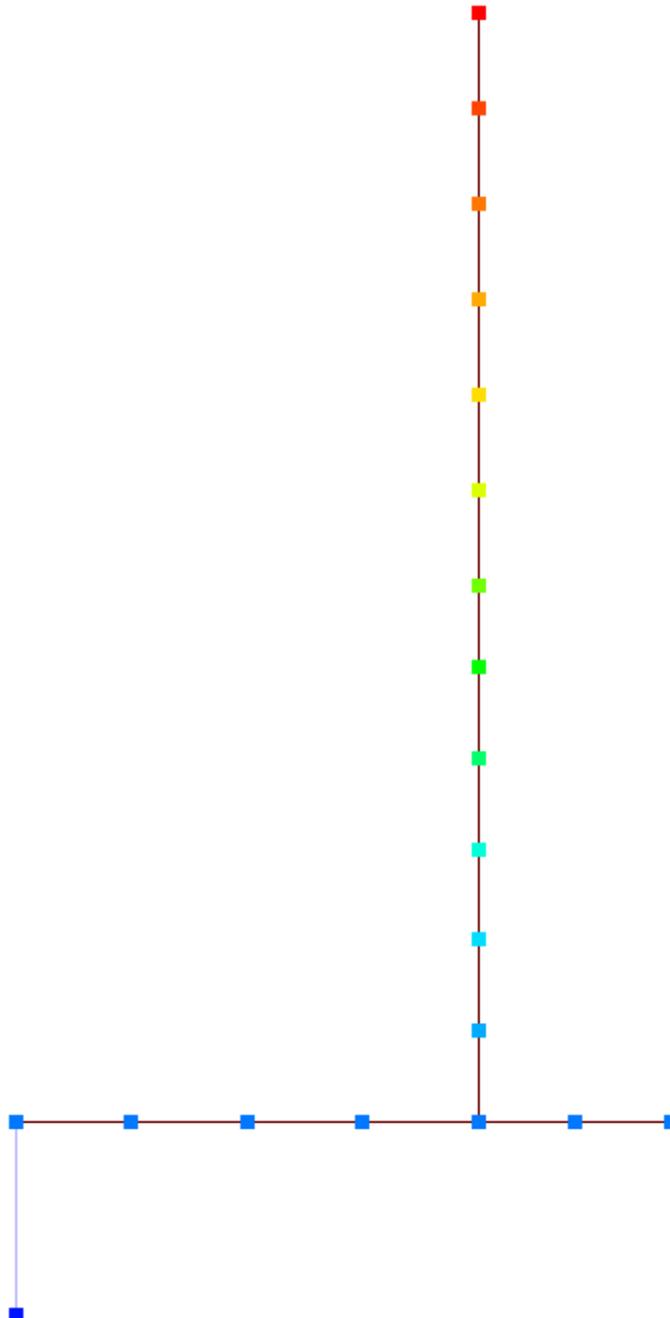
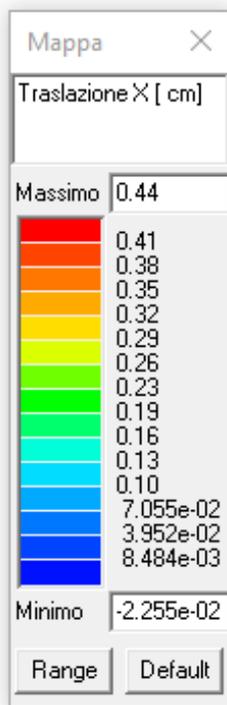


Figura 19 – Deformata SLU

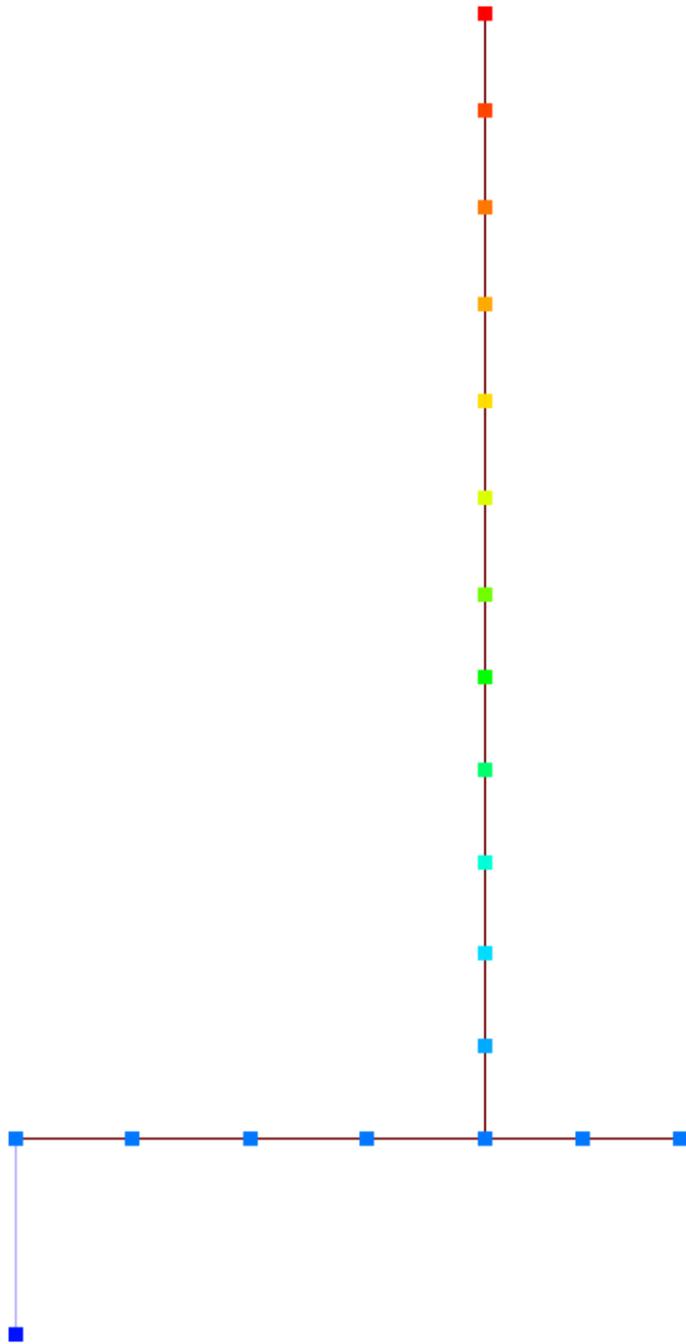
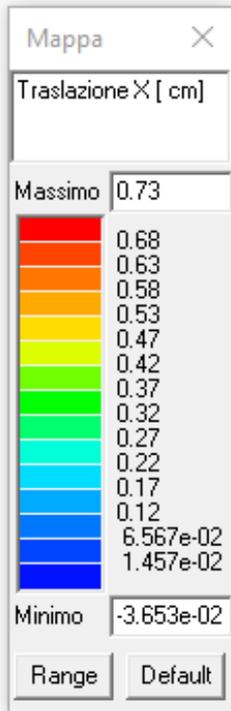


Figura 20 - Deformata SLV

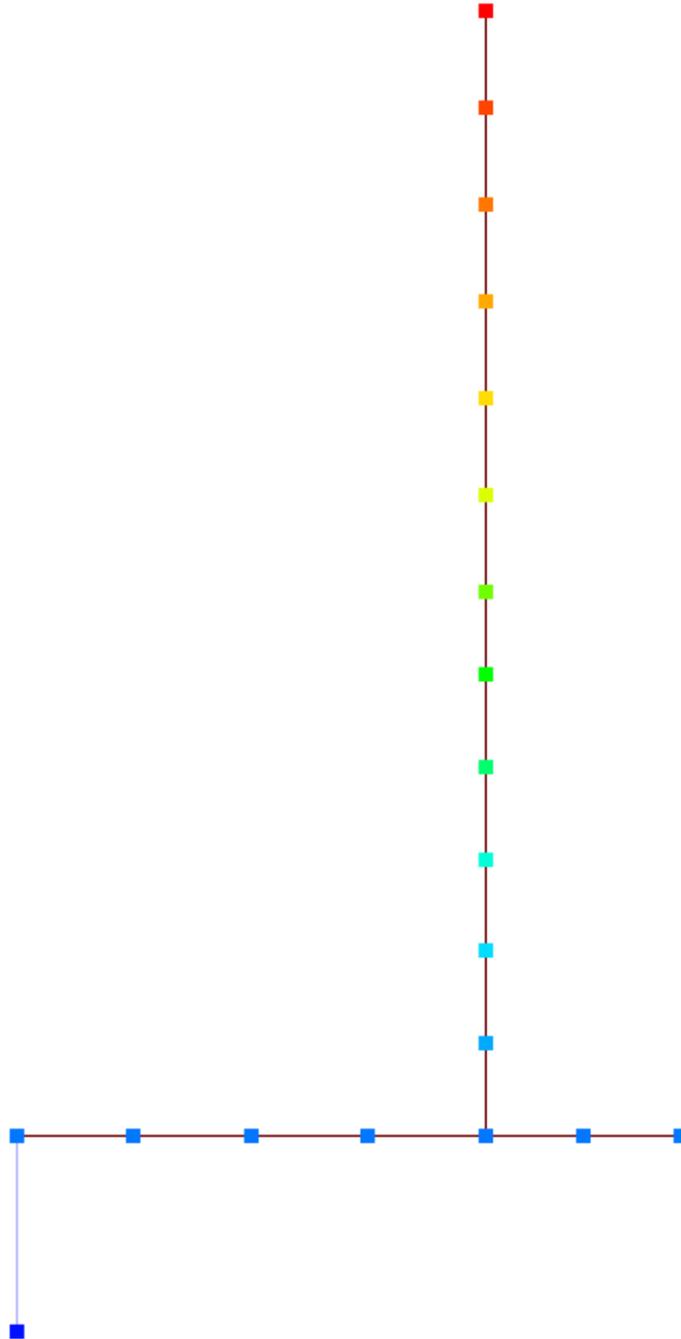
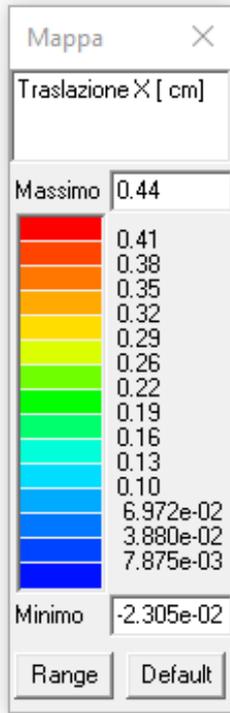


Figura 21 - Deformata SLD

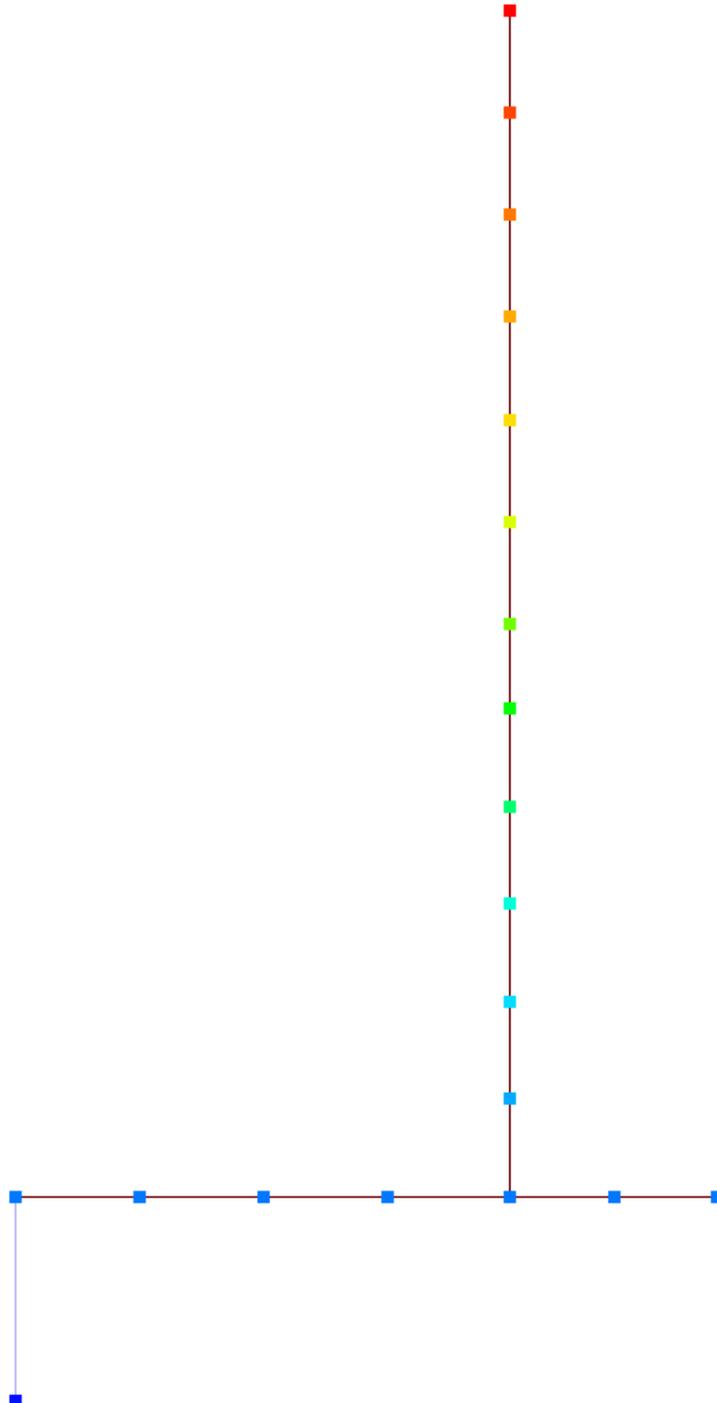
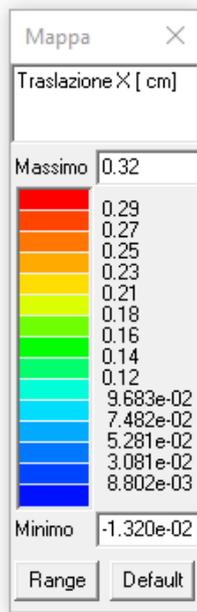


Figura 22 - Deformata SLE_{RARA}

9 CRITERI DI VERIFICA

9.1 Verifiche SLU

Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali.

La verifica delle sezioni viene eseguita secondo il metodo degli stati limite basato sulle seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Calcestruzzo non resistente a trazione;
- Perfetta aderenza acciaio-calcestruzzo.

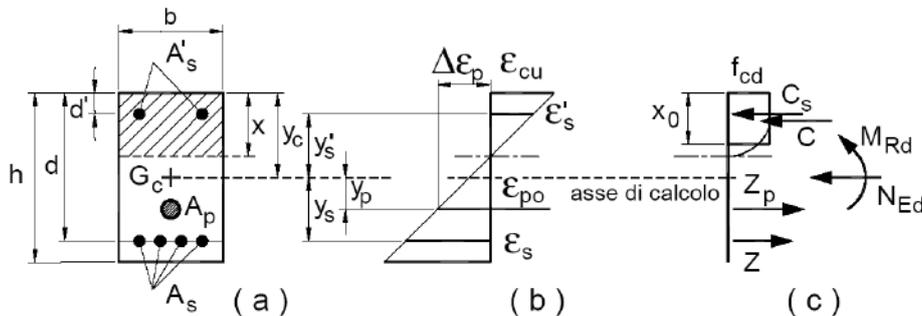


Figura 23 – Schema per la valutazione della capacità resistente di una sezione presso-inflessa

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

Dove:

- M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;
- N_{Ed} è il valore di calcolo della compressione assiale (sforzo normale) dell'azione;
- M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} della membratura a sezione rettangolare priva di specifiche armature trasversali risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Con

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot k^{3/2}$$

e dove

d

è l'altezza utile della sezione in [mm];

$$\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d)$$

è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$$

$$b_w$$

è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 \cdot f_{cd}$);
 è la larghezza minima della sezione in [mm]

Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio V_{Rd} è pari al minimo tra la resistenza di calcolo a “taglio trazione” V_{Rsd} e la resistenza di calcolo a “taglio compressione” V_{Rcd} .

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot \theta^2)$$

essendo θ l'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento che deve soddisfare le seguenti limitazioni:

$$1 \leq \cot \theta \leq 2,5$$

e dove si è posto:

A_{sw}	area dell'armatura trasversale;		
s	interasse tra due armature trasversali consecutive;		
α	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;		
f'_{cd}	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);		
α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0,5 f_{cd}$
		$2,5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$

9.2 Verifiche SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio, il tasso di lavoro nei materiali e l'ampiezza delle fessure attese, secondo quanto di seguito specificato.

Verifica delle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche “Rara” e “Quasi Permanente”; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo “non reagente” adottando come limiti di riferimento quelli previsti da manuale di progettazione.

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- Per combinazioni di carico caratteristica (rara): $\sigma_{c,lim} < 0,55 \cdot f_{ck}$;
- Per combinazioni di carico quasi permanente: $\sigma_{c,lim} < 0,40 \cdot f_{ck}$;
- Per le armature ordinarie deve essere rispettato il seguente limite: $\sigma_{s,lim} < 0,75 \cdot f_{yk}$.

Verifica a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio è possibile definire l'apertura limite delle fessure secondo il prospetto seguente:

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	W _{d,lim}	Stato limite	W _{d,lim}
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ W ₂	ap. fessure	≤ W ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤ W ₁	ap. fessure	≤ W ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ W ₁	ap. fessure	≤ W ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ W ₁
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ W ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ W ₁

Tabella 9: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Risultando:

- w₁=0,2 mm;
- w₂=0,3 mm;
- w₃=0,4 mm.

Per le verifiche a fessurazione del calcestruzzo armato si adotta la classe di esposizione **XC2**.

Denominazione e della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1. Nessun rischio di corrosione o attacco		
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.
2. Corrosione indotta da carbonatazione		
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immersa in acqua.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzo a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2.
3. Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare		
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (piscine).
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.
4. Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

Denominazione e della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.
5. Attacco di cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo con facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo alla pioggia o all'acqua.
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetto ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.
XF4	Elevata saturazione d'acqua in presenza di agente antigelo oppure, acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.
6. Attacco chimico		
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarichi industriali.

Tabella 10: Classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali, in conformità alla UNI EN 206-1

Tale classe di esposizione rientra nelle condizioni ambientali aggressive, come desumibile dalla tabella 4.1.III del D.M. 17/01/2018:

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

Tabella 11: Classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali secondo D.M. 2018

Alle prescrizioni normative presenti nella NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dalle specifiche RFI (Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario – Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del D.M. 17/01/2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

$$\delta_f \leq w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

10 VERIFICHE ELEMENTI STRUTTURALI

10.1 Stato delle verifiche ($\emptyset 14/25$)

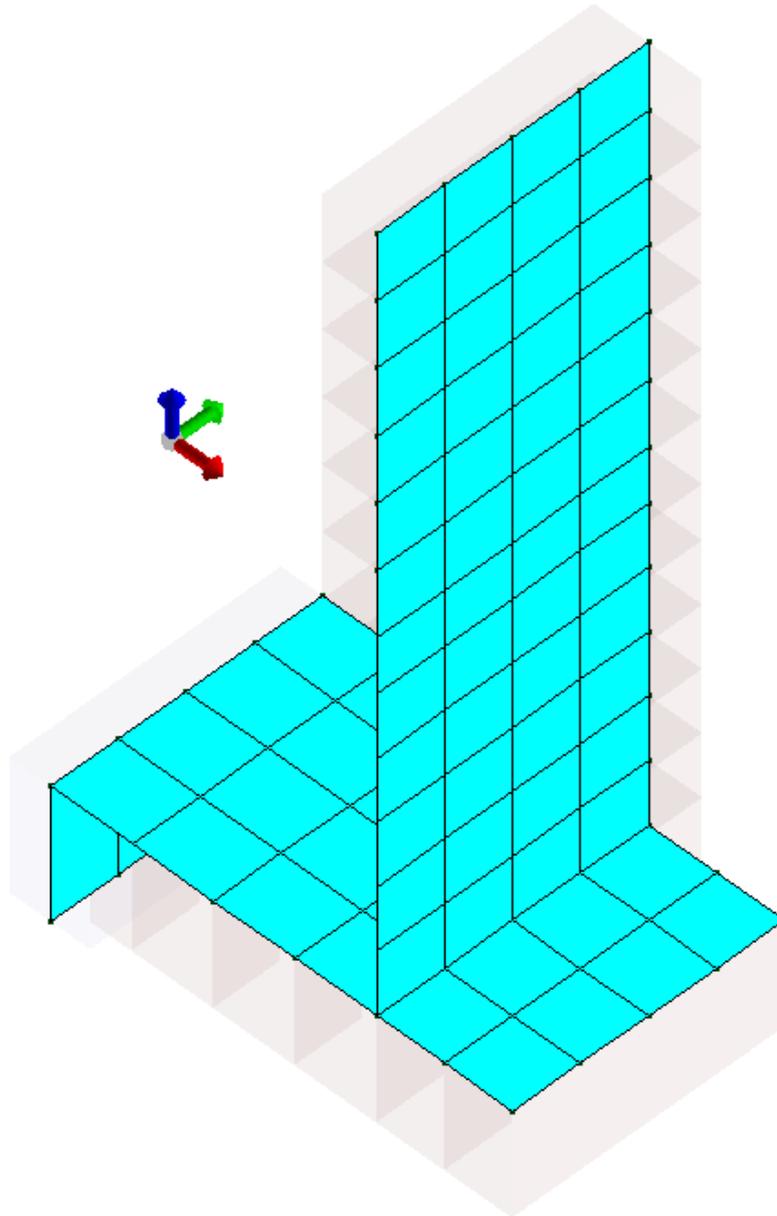


Figura 24 - Stato delle verifiche SLU - SLE – Il colore ciano indica che tutte le verifiche sono soddisfatte

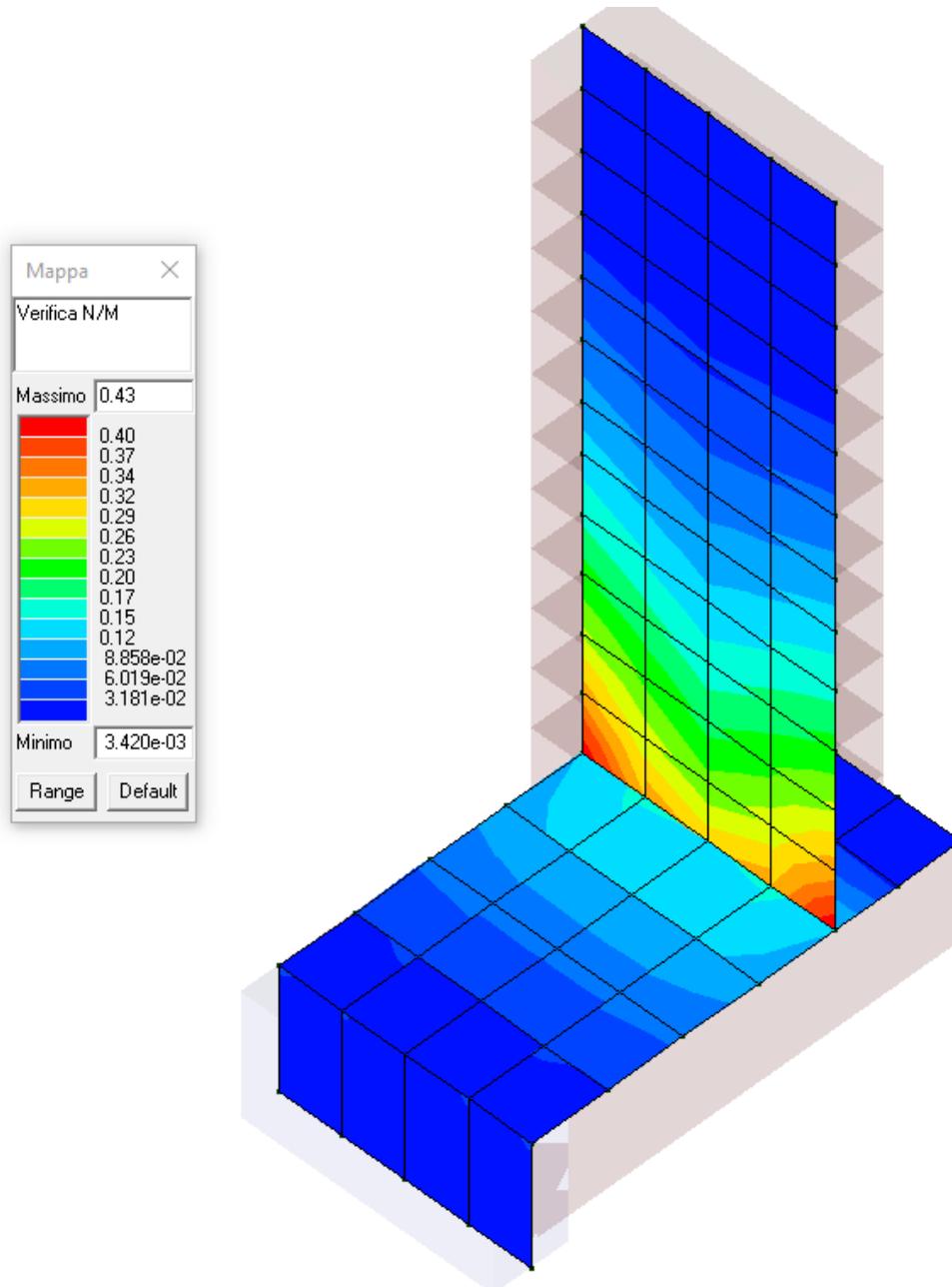


Figura 25 - Verifica N/M a presso flessione – Platea di Fondazione Max. Valore 0,43

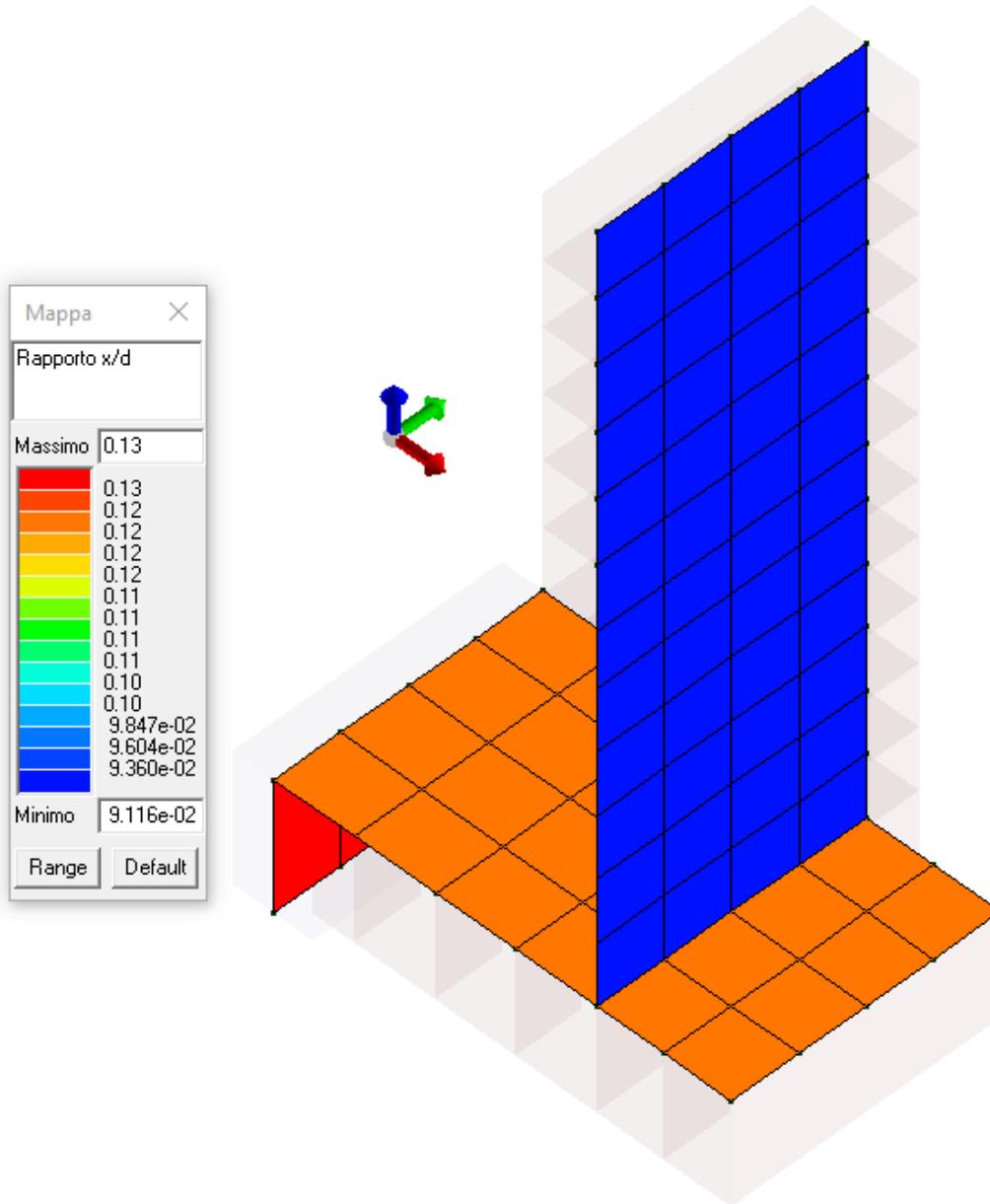


Figura 26 - Verifica X/d soddisfatta se <0,45 – Max. Valore 0,13

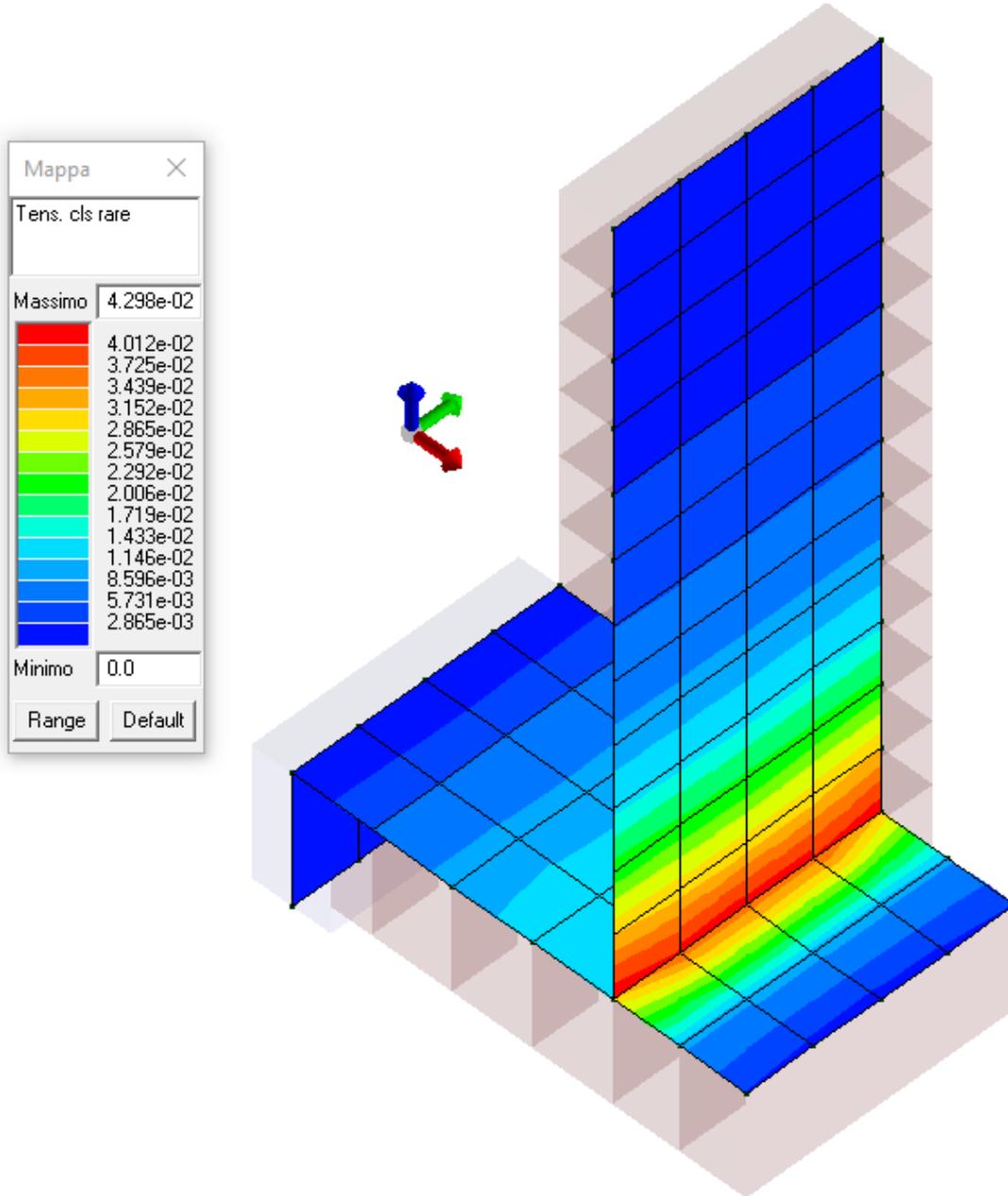


Figura 27 - SLE Tensioni CSL rare (4.1.15) – Valore Max: 0,04

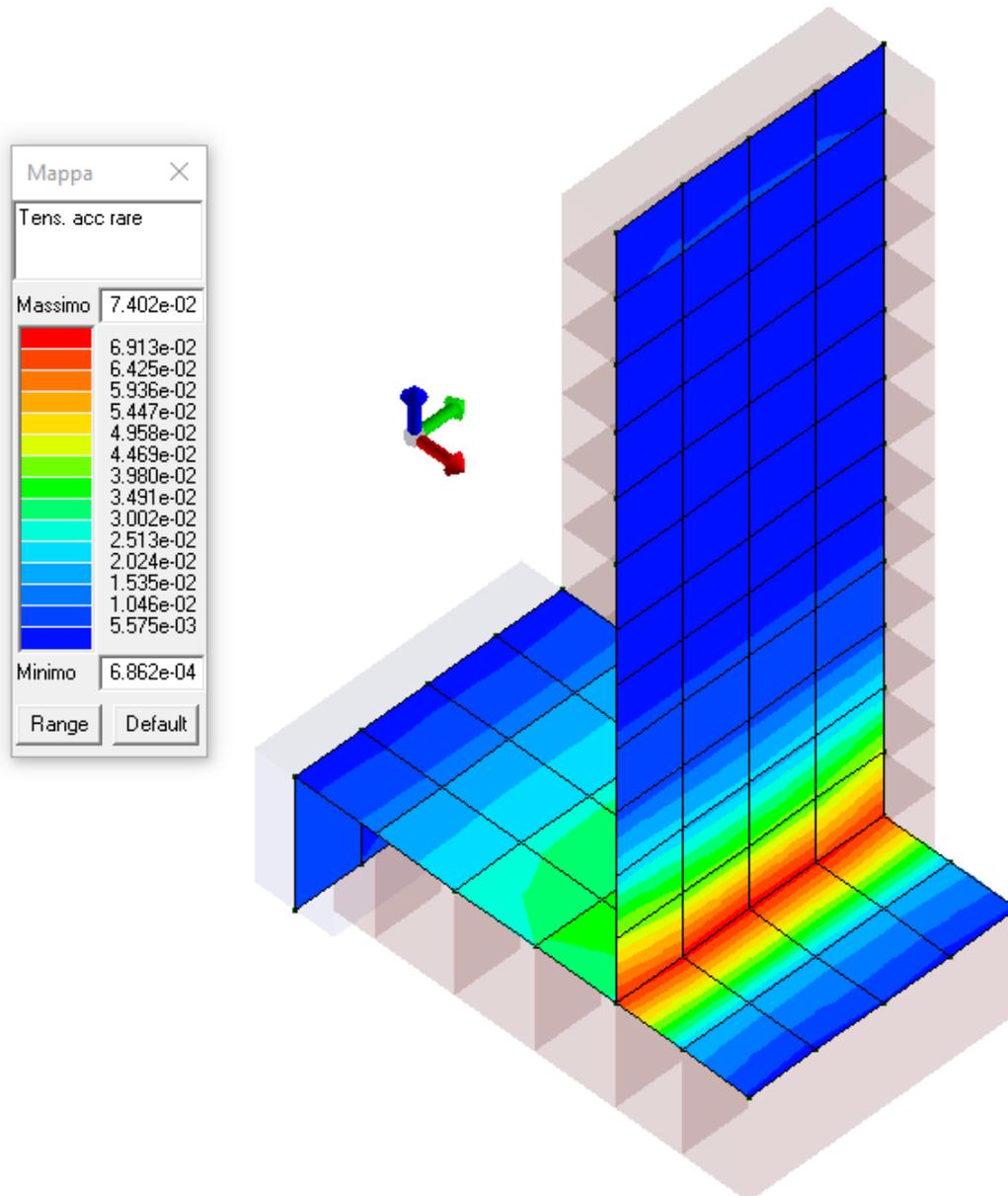


Figura 28 - SLE Tensioni Acciaio rare (4.1.17) – Valore Max: 0,07

10.2 Stralcio risultanze fascicolo di calcolo

Per le pareti in c.a., in ottemperanza al cap. 7 del DM 17-01-18, viene effettuata una doppia progettazione: sia come *Singolo Elemento* sia come *Parete Sismica* o *Parete Debolmente Armata*.

Per la progettazione come *Singolo Elemento* di ogni elemento vengono riportati il codice dello stato di verifica con le sigle **Ok** e **NV**, il rapporto x/d , la verifica per sollecitazioni ultime (verifica a compressione media gli sforzi membranali,

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

verifica a presso-flessionale e verifica a sollecitazioni taglianti), gli sforzi membranali e flessionali, il quantitativo di armatura nella direzione principale e secondaria sia inferiore che superiore e il quantitativo di armatura a taglio.

Per la progettazione come *Parete Sismica* o *Parete Debolmente Armata* vengono riportate invece le caratteristiche geometriche della parete e delle zone dissipative (quest'ultime solo nel caso di parete sismica), i coefficienti di verifica a compressione assiale, pressoflessione e sollecitazioni taglianti.

Inoltre vengono riportate per ogni quota significativa l'armatura principale e secondaria, l'armatura in zona confinata (solo per parete sismica) e non confinata, l'armatura concentrata all'estremità (per pareti debolmente armate), lo sforzo assiale aggiuntivo per q superiore a 2 e i valori di involuppo di taglio e momento. Per le pareti debolmente armate viene riportato anche lo stato di verifica relativo alla snellezza.

Le azioni derivate dall'analisi, in ogni combinazione di calcolo, sono elaborate come previsto al punto 7.4.4.5.1: traslazione del momento, incremento e variazione diagramma taglio, incremento e decremento sforzo assiale

La progettazione nel caso dei gusci viene effettuata una progettazione come *Singolo Elemento*, riportando in tabella il rapporto x/d, la verifica per sollecitazioni ultime, (verifica a compressione media gli sforzi membranali, verifica a presso-flessionale e verifica a sollecitazioni taglianti) di ogni elemento.

Per ogni elemento, viene riportata inoltre la maglia di armatura necessaria in relazione alle risultanze della progettazione dei nodi dell'elemento stesso. Le quantità di armature necessarie sono armature (disposte rispettivamente in direzione principale e secondaria, inferiore e superiore) distribuite nell'elemento ed espresse in centimetri quadri per sviluppo lineare pari ad un metro.

Nel caso dei gusci viene effettuata, inoltre, la verifica a punzonamento, riportando in tabella il codice dello stato di verifica, il coefficiente di verifica per piastre prive di armature a taglio lungo il perimetro resistente e lungo il perimetro del pilastro, coefficiente di incremento dovuto ai momenti flettenti, fattore di amplificazione per le fondazioni, il fattore di amplificazione dell'altezza utile per individuare il perimetro di verifica lungo il quale l'armatura a taglio non è richiesta, il quantitativo di armatura a punzonamento, il numero di serie di armature, il numero di braccia di armatura ed il riferimento alla combinazione più gravosa.

Simbologia adottata nelle tabelle di verifica

Per gli elementi con progettazione "*Singolo Elemento ...*" è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Macro Guscio	Numero del macroelemento di tipo guscio (elementi non verticali contigui ed analoghi per proprietà)
Macro Setto	Numero del macroelemento di tipo setto (elementi verticali contigui ed analoghi per proprietà)
Spessore	Spessore della parete
Id Materiale	Codice del materiale assegnato all'elemento
Id Criterio	Codice del criterio di progetto assegnato all'elemento
Progettazione	Sigla tipo di Elemento: - Singolo Elemento; - Singolo Elemento FONDAZIONE; - Singolo Elemento NON DISSIPATIVO

Per le verifiche degli elementi con progettazione "*Singolo Elemento ...*" e *Progettazione Composta* è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Nodo	numero del nodo
Stato	codice di verifica dell'elemento ok o NV
x/d	rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)
V N/M	Verifica delle sollecitazioni Normali (momento e sforzo normale)
Ver. rid	Rapporto Nd/Nu (Nu ottenuto con riduzione del 25% di fcd)
Af pr+	quantità di armatura richiesta in direzione principale relativa alla faccia positiva (estradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af pr-	quantità di armatura richiesta in direzione principale relativa alla faccia negativa (intradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af sec+	quantità di armatura richiesta in direzione secondaria relativa alla faccia positiva (estradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af sec-	quantità di armatura richiesta in direzione secondaria relativa alla faccia negativa (intradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)

Nz	No	Nzo	Sforzi membranali per pareti e/o setti verticali		
Mz	Mo	Mzo	Sforzi flessionali per pareti e/o setti verticali		
Nx	Ny	Nxy	Sforzi membranali per gusci orizzontali		
Mx	Mx	Mxy	Sforzi flessionali per gusci orizzontali		
Nodo	numero del nodo				
Stato	codice di verifica dell'elemento ok o NV				
Max tau	Tensione tangenziale Massima				
Ver V pr	Verifica a taglio nella direzione principale lato calcestruzzo				
Ver V sec	Verifica a taglio nella direzione secondaria lato calcestruzzo				
Af V pr	Armatura nella direzione principale				
V pr-	Verifica dell'armatura nella direzione principale				
Af V sec	Armatura nella direzione secondaria				
V sec-	Verifica dell'armatura nella direzione secondaria				

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N z	N o	N zo	M z	M o	M zo
									daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
1	ok	0.13	9.05e-03	3.04e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	2.9	0.2	-1.9	4.9	-1.1	-1.5
2	ok	0.13	1.13e-02	4.35e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	4.1	1.4	0.6	-2.2	3.0	15.9
3	ok	0.13	1.34e-02	8.05e-05	6.2	6.2	6.2	6.2	3.8	1.3	1.6	-6.92e-02	-0.3	-21.7
4	ok	0.13	1.13e-02	4.35e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	-0.4	-8.00e-02	1.6	2.9	-2.4	18.3
5	ok	0.13	9.05e-03	3.04e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	2.7	-0.6	1.6	-0.7	-1.4	1.5
6	ok	0.13	3.36e-02	2.36e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	6.5	1.9	-2.5	80.3	4.5	5.4
13	ok	0.13	3.36e-02	1.03e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	2.9	-1.2	-3.4	-66.6	0.6	-32.9
20	ok	0.13	2.16e-02	1.02e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	1.0	-3.6	2.8	-105.9	-17.8	12.9
27	ok	0.13	3.36e-02	1.03e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	6.5	-1.0	-1.4	-66.4	1.3	28.4
34	ok	0.13	3.36e-02	2.36e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	6.5	1.9	2.5	80.3	4.5	-5.4

Nodo	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N z	N o	N zo	M z	M o	M zo
	0.13	0.03	1.03e-03	6.16	6.16	6.16	6.16	-0.38	-3.59	-3.43	-105.92	-17.79	-32.88
								6.52	1.89	2.81	80.32	4.48	28.44

Nodo	Stato	Max tau	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec
		daN/cm2					daN/cm	daN/cm
1	ok	0.08						
2	ok	0.08						
3	ok	0.08						
4	ok	0.08						
5	ok	0.08						
6	ok	0.08						
13	ok	0.08						
20	ok	0.08						
27	ok	0.08						
34	ok	0.08						

Nodo	Max tau	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec
	0.08						

Macro Setto	Spessore	Id Materiale	Id Criterio	Progettazione
	cm			
3	40.00	3	1	Singolo elemento FONDAZIONE

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N z	N o	N zo	M z	M o	M zo
									daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
10	ok	0.09	0.4	2.71e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-186.5	-7.4	24.8	-1390.8	30.9	35.5
17	ok	0.09	0.3	1.61e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-106.5	-11.2	25.2	-1407.0	-73.3	-6.0
24	ok	0.09	0.3	1.34e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-36.3	-1.5	-4.8	-1568.0	-164.5	-24.1
31	ok	0.09	0.3	1.61e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-106.5	-11.2	-25.2	-1407.0	-73.3	6.0
38	ok	0.09	0.4	2.71e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-186.5	-7.4	-24.8	-1390.8	30.9	-35.5
41	ok	0.09	0.3	2.22e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-155.5	-1.5	-5.8	-1163.0	-19.1	-3.6
42	ok	0.09	0.3	1.52e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-96.0	-2.6	13.2	-1178.9	-44.0	-40.1
43	ok	0.09	0.2	1.33e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-48.5	-5.8	-19.1	-1231.1	-93.2	51.8
44	ok	0.09	0.3	1.52e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-96.0	-2.6	-13.2	-1178.9	-44.0	40.1
45	ok	0.09	0.3	2.22e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-155.5	-1.5	5.8	-1163.0	-19.1	3.6

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO
MURO DI CONTENIMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	50 di 68

46	ok	0.09	0.3	1.97e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-138.1	-1.1	-1.8	-961.2	-2.8	-14.2
47	ok	0.09	0.2	1.32e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-90.9	-0.4	12.1	-971.4	-16.2	-42.7
48	ok	0.09	0.2	1.19e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-37.9	0.3	15.1	-993.7	-37.2	-16.8
49	ok	0.09	0.2	1.32e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-90.9	-0.4	-12.1	-971.4	-16.2	42.7
50	ok	0.09	0.3	1.97e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-138.1	-1.1	1.8	-961.2	-2.8	14.2
51	ok	0.09	0.2	1.75e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-122.7	-0.5	-1.6	-772.5	-2.5	-13.8
52	ok	0.09	0.2	1.17e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-80.4	-0.2	12.0	-773.9	-4.7	-37.9
53	ok	0.09	0.2	1.06e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-33.8	0.6	15.5	-783.6	-11.6	-18.8
54	ok	0.09	0.2	1.17e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-80.4	-0.2	-12.0	-773.9	-4.7	37.9
55	ok	0.09	0.2	1.75e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-122.7	-0.5	1.6	-772.5	-2.5	13.8
56	ok	0.09	0.2	1.52e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-106.8	-0.4	-1.6	-318.3	-4.1	-12.8
57	ok	0.09	0.2	1.03e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-70.2	-0.3	8.0	-600.6	8.04e-02	-28.7
58	ok	0.09	0.1	9.45e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-33.6	-0.3	-15.5	-604.5	-0.3	12.2
59	ok	0.09	0.2	1.03e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-70.2	-0.3	-8.0	-600.6	8.04e-02	28.7
60	ok	0.09	0.2	1.52e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-106.8	-0.4	1.6	-318.3	-4.1	12.8
61	ok	0.09	0.1	1.29e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-90.7	-0.4	-1.5	-189.3	-3.6	-10.3
62	ok	0.09	0.1	8.89e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-56.2	0.5	12.5	-186.0	3.2	-27.8
63	ok	0.09	9.99e-02	8.30e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-25.7	0.5	15.7	-190.0	7.8	-10.1
64	ok	0.09	0.1	8.89e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-60.0	-0.4	-12.1	-186.5	2.9	25.8
65	ok	0.09	0.1	1.29e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-90.7	-0.4	1.5	-189.3	-3.6	10.3
66	ok	0.09	0.1	1.08e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-76.0	-6.09e-02	-1.8	-107.2	-4.0	-8.1
67	ok	0.09	9.11e-02	7.68e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-46.9	0.9	12.1	-104.0	3.4	-22.6
68	ok	0.09	7.87e-02	7.23e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-21.7	0.9	-15.2	-343.5	5.1	-7.2
69	ok	0.09	9.11e-02	7.68e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-50.9	-0.1	-7.8	-105.3	4.6	18.4
70	ok	0.09	0.1	1.08e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-76.0	-6.09e-02	1.8	-107.2	-4.0	8.1
71	ok	0.09	7.33e-02	8.41e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-59.0	0.3	-1.3	-42.7	-2.8	-6.4
72	ok	0.09	6.26e-02	6.33e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-36.7	0.9	11.7	-40.2	3.2	-17.2
73	ok	0.09	5.51e-02	6.12e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-17.6	0.7	-14.7	-232.8	5.7	-7.3
74	ok	0.09	6.26e-02	6.33e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-40.9	-0.9	-12.3	-40.4	2.8	15.6
75	ok	0.09	7.33e-02	8.41e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-59.0	0.3	1.3	-42.7	-2.8	6.4
76	ok	0.09	4.50e-02	6.05e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-42.4	0.7	-1.1	-8.2	-1.9	-4.3
77	ok	0.09	3.96e-02	5.01e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-26.8	0.9	10.6	-6.5	2.5	-12.4
78	ok	0.09	3.48e-02	4.97e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-13.6	0.5	-13.3	-145.0	5.8	-6.7
79	ok	0.09	3.96e-02	5.01e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-31.2	-1.0	-11.6	-6.7	2.0	11.2
80	ok	0.09	4.50e-02	6.05e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-42.4	0.7	1.1	-8.2	-1.9	4.3
81	ok	0.09	2.29e-02	3.91e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-23.4	0.8	-2.4	-77.6	-2.3	-2.6
82	ok	0.09	2.15e-02	3.85e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-17.5	1.2	4.6	-76.9	3.2	-12.5
83	ok	0.09	2.04e-02	3.84e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-9.5	0.2	11.0	-78.9	5.7	-6.3
...														
100	ok	0.09	3.94e-03	4.16e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	-1.8	1.8	6.62e-02	-0.4	-1.4	1.3
Nodo		x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N z	N o	N zo	M z	M o	M zo
		0.09	0.43	0.03	6.16	6.16	6.16	6.16	-186.47	-11.17	-25.18	-1567.97	-164.52	-42.70
									-0.63	1.88	25.18	4.93	30.95	51.76

NodoStato	Max tau	Ver V pr daN/cm2	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec daN/cm	daN/cm
10	ok	0.65						
17	ok	0.74						
24	ok	0.74						
31	ok	0.74						
38	ok	0.65						
41	ok	0.65						
42	ok	0.74						
43	ok	0.74						
44	ok	0.74						
45	ok	0.65						
46	ok	0.61						
47	ok	0.61						
48	ok	0.56						
49	ok	0.61						
50	ok	0.61						
51	ok	0.52						
52	ok	0.52						
53	ok	0.44						
54	ok	0.52						

55	ok	0.52
56	ok	0.44
57	ok	0.44
58	ok	0.36
59	ok	0.44
60	ok	0.44
61	ok	0.41
62	ok	0.41
63	ok	0.32
64	ok	0.41
65	ok	0.41
66	ok	0.38
67	ok	0.38
68	ok	0.29
69	ok	0.38
70	ok	0.38
71	ok	0.35
72	ok	0.35
73	ok	0.27
74	ok	0.35
75	ok	0.35
76	ok	0.31
77	ok	0.31
78	ok	0.23
79	ok	0.31
80	ok	0.31
81	ok	0.25
82	ok	0.25
83	ok	0.19
...		

100	ok	0.03							
Nodo		Max tau	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec	
		0.74							

Macro Guscio	Spessore	Id Materiale	Id Criterio	Progettazione
	cm			
2	40.00	3	1	Singolo elemento

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
									daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
6	ok	0.12	6.99e-03	2.76e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-0.8	-0.2	-0.6	88.7	12.2	3.7
7	ok	0.12	3.51e-02	6.37e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	2.1	0.8	1.3	504.3	20.0	31.9
8	ok	0.12	7.57e-02	3.29e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	5.7	0.3	1.7	1077.4	-6.9	10.3
9	ok	0.12	0.1	6.17e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	6.0	-0.7	4.1	1494.2	-117.7	146.5
10	ok	0.12	0.1	2.18e-03	12.4	12.4	12.4	12.4	-2.9	2.1	0.8	1855.8	206.3	-102.5
11	ok	0.12	2.89e-02	8.53e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-1.3	-5.0	1.3	-389.0	-101.5	153.4
12	ok	0.12	8.76e-03	4.33e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-0.5	-1.7	1.1	-14.1	-94.0	108.0
13	ok	0.12	7.34e-03	5.68e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-0.2	2.1	-0.7	70.2	-2.0	-46.4
14	ok	0.12	3.98e-02	6.98e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	1.0	-0.2	-1.6	382.0	14.1	-295.3
15	ok	0.12	7.82e-02	4.03e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	6.7	-9.91e-02	-1.8	1075.7	31.6	-142.3
16	ok	0.12	0.1	7.12e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	-1.0	5.7	1604.3	102.0	192.1
17	ok	0.12	0.2	2.05e-03	12.4	12.4	12.4	12.4	16.0	4.4	1.7	2141.9	361.7	10.9
18	ok	0.12	3.07e-02	1.30e-03	12.4	12.4	12.4	12.4	-5.8	2.0	6.4	-516.8	-69.9	90.6
19	ok	0.12	9.54e-03	5.64e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-1.5	1.5	2.5	-29.8	-29.8	99.0
20	ok	0.12	7.31e-03	4.45e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-2.0	1.2	-2.4	62.8	-29.5	-45.0
21	ok	0.12	3.55e-02	6.72e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	3.2	-3.88e-02	1.7	273.5	2.8	318.6
22	ok	0.12	7.67e-02	3.17e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	7.7	-0.7	3.0	1016.3	64.3	183.1
23	ok	0.12	0.1	3.06e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	14.1	-0.4	4.5	1596.1	180.9	234.1
24	ok	0.12	0.1	1.51e-03	12.4	12.4	12.4	12.4	15.5	5.9	1.6	1973.7	366.6	121.2
25	ok	0.12	2.70e-02	1.28e-03	12.4	12.4	12.4	12.4	-7.4	2.9	3.6	-499.3	-97.8	73.0
26	ok	0.12	9.79e-03	3.83e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-1.4	4.8	2.3	-33.5	-9.5	94.0
27	ok	0.12	7.34e-03	5.68e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-0.2	2.1	0.7	69.3	-2.5	45.3
28	ok	0.12	3.98e-02	6.98e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	2.8	-0.4	1.5	423.7	-6.3	272.3
29	ok	0.12	7.82e-02	4.03e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	6.7	-9.91e-02	1.8	1075.7	31.6	142.3
30	ok	0.12	0.1	7.12e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	13.9	-0.2	2.8	1654.1	78.8	272.3
31	ok	0.12	0.2	2.05e-03	12.4	12.4	12.4	12.4	16.0	4.4	-1.7	2141.9	361.7	-10.9

32	ok	0.12	3.07e-02	1.30e-03	12.4	12.4	12.4	12.4	-1.9	2.8	-5.3	-440.2	-67.3	-57.6
33	ok	0.12	9.54e-03	5.64e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-1.7	4.1	-1.7	-29.4	9.3	-66.5
34	ok	0.12	6.99e-03	2.76e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	1.20e-02	0.8	-0.3	75.9	17.2	2.0
35	ok	0.12	3.51e-02	6.37e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	2.1	0.8	-1.3	504.3	20.0	-31.9
36	ok	0.12	7.57e-02	3.29e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	5.7	0.3	-1.7	1077.4	-6.9	-10.3
37	ok	0.12	0.1	6.17e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	6.0	-0.7	-4.1	1494.2	-117.7	-146.5
38	ok	0.12	0.1	2.18e-03	12.4	12.4	12.4	12.4	-2.9	2.1	-0.8	1855.8	206.3	102.5
39	ok	0.12	2.89e-02	8.53e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-3.8	-3.6	-1.8	-446.4	-23.9	-154.2
40	ok	0.12	8.76e-03	4.33e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-0.5	-1.7	-1.1	-14.1	-94.0	-108.0

Nodo	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
	0.12	0.16	2.18e-03	12.44	12.44	12.44	12.44	-7.37	-5.02	-5.27	-516.85	-117.74	-295.33
								15.96	5.88	6.41	2141.94	366.57	318.64

Nodo	Stato	Max tau daN/cm2	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr daN/cm	V sec daN/cm
6	ok	0.34						
7	ok	0.57						
8	ok	0.73						
9	ok	1.31						
10	ok	1.47						
11	ok	1.47						
12	ok	0.48						
13	ok	0.34						
14	ok	0.57						
15	ok	0.73						
16	ok	1.31						
17	ok	1.47						
18	ok	1.47						
19	ok	0.48						
20	ok	0.27						
21	ok	0.45						
22	ok	0.51						
23	ok	0.51						
24	ok	1.22						
25	ok	1.22						
26	ok	0.46						
27	ok	0.34						
28	ok	0.57						
29	ok	0.73						
30	ok	1.31						
31	ok	1.47						
32	ok	1.47						
33	ok	0.48						
34	ok	0.34						
35	ok	0.57						
36	ok	0.73						
37	ok	1.31						
38	ok	1.47						
39	ok	1.47						
40	ok	0.48						

Nodo	Max tau 1.47	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec
------	-----------------	----------	-----------	---------	----------	------	-------

In tabella vengono riportati i valori di interesse per il controllo degli stati limite d'esercizio.

In particolare vengono riportati, in relazione al tipo di elemento strutturale, i risultati relativi alle tre categorie di combinazione considerate:

- Combinazioni rare
- Combinazioni frequenti
- Combinazioni quasi permanenti.

I valori di interesse sono i seguenti:

rRfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni rare	[normalizzato a 1]
rRfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni rare	[normalizzato a 1]
rPfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni quasi permanenti	[normalizzato a 1]
wR	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni rare	[mm]
wF	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni frequenti	[mm]
wP	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni quasi permanenti	[mm]
dR	massima deformazione in combinazioni rare	
dF	massima deformazione in combinazioni frequenti	
dP	massima deformazione in combinazioni quasi permanenti	

Per ognuno dei nove valori soprariportati viene indicata (Rif.cmb) la combinazione in cui si è verificato.

In relazione al tipo di elemento strutturale i valori sono selezionati nel modo seguente:

pilastr	rRfck	rRfyk	rPfck	per sezioni significative
travi	rRfck wR dR	rRfyk wF dF	rPfck wP dP	per sezioni significative per sezioni significative massimi in campata
setti e gusci	rRfck wR	rRfyk wF	rPfck wP	massimi nei nodi dell'elemento massimi nei nodi dell'elemento

Si precisa che i valori di massima deformazione per travi sono riferiti al piano verticale (piano locale 1-2 con momenti flettenti 3-3).

Settor	Rfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	wR	wF	wP	Rif. cmb	
						mm	mm	mm	
1		2.40e-04	7.58e-03	3.19e-04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
2		2.70e-04	6.74e-03	3.59e-04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
3		2.70e-04	6.74e-03	3.59e-04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
4		2.40e-04	7.58e-03	3.19e-04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
29		0.04	0.07	0.06	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
30		0.04	0.07	0.06	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
31		0.04	0.07	0.06	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
32		0.04	0.07	0.06	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
33		0.03	0.05	0.04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
34		0.03	0.04	0.04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
35		0.03	0.04	0.04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
36		0.03	0.05	0.04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
37		0.02	0.03	0.03	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
38		0.02	0.02	0.03	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
39		0.02	0.02	0.03	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
40		0.02	0.03	0.03	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
41		0.01	0.01	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
42		0.01	9.82e-03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
43		0.01	9.82e-03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
44		0.01	0.01	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
45		9.19e-03	5.86e-03	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
46		9.19e-03	5.87e-03	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
47		9.19e-03	5.87e-03	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
48		9.19e-03	5.86e-03	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
49		6.84e-03	4.46e-03	8.45e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
50		6.83e-03	4.46e-03	8.44e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
51		6.83e-03	4.46e-03	8.44e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
52		6.84e-03	4.46e-03	8.45e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
53		5.10e-03	3.39e-03	6.24e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
54		5.09e-03	3.39e-03	6.24e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
55		5.09e-03	3.39e-03	6.24e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
56		5.10e-03	3.39e-03	6.24e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
57		3.57e-03	2.44e-03	4.31e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
58		3.56e-03	2.44e-03	4.31e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
59		3.56e-03	2.44e-03	4.31e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
60		3.57e-03	2.44e-03	4.31e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0

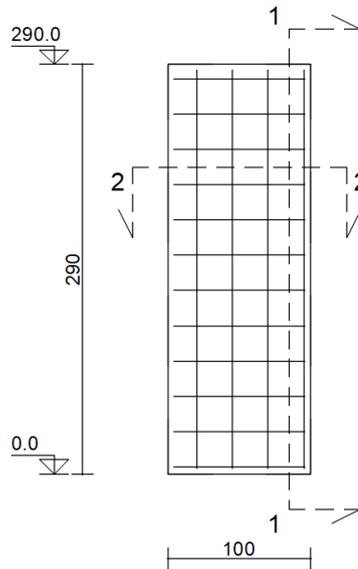
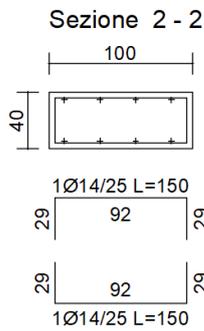
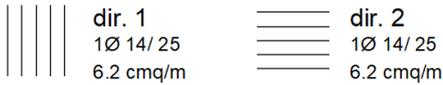
SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO
MURO DI CONTENIMENTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	54 di 68

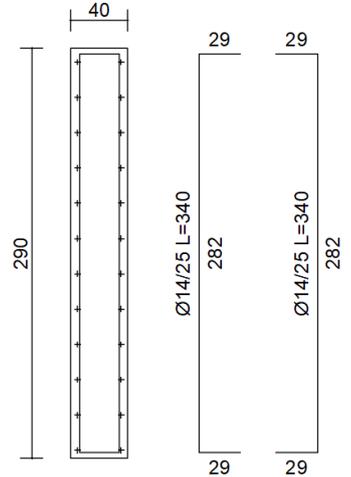
61	2.42e-03	2.05e-03	2.89e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
62	2.42e-03	2.19e-03	2.88e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
63	2.42e-03	2.19e-03	2.88e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
64	2.42e-03	2.05e-03	2.89e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
65	1.56e-03	2.25e-03	1.85e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
66	1.56e-03	2.30e-03	1.84e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
67	1.56e-03	2.30e-03	1.84e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
68	1.56e-03	2.25e-03	1.85e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
69	9.45e-04	2.84e-03	1.12e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
70	8.93e-04	2.92e-03	1.06e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
71	8.93e-04	2.92e-03	1.06e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
72	9.45e-04	2.84e-03	1.12e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
...								
76	5.31e-04	6.56e-03	6.41e-04	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
Setto	rRfck	rRfyk	rPfck		wR	wF	wP	
	0.04	0.07	0.06		0.0	0.0	0.0	
Guscio	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	wR	wF	wP	Rif. cmb
					mm	mm	mm	
5	5.18e-03	0.01	6.77e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
6	9.58e-03	0.02	0.01	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
7	0.01	0.03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
8	0.01	0.04	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
9	0.04	0.07	0.05	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
10	9.32e-03	0.02	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
11	5.21e-03	0.01	6.81e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
12	9.52e-03	0.02	0.01	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
13	0.01	0.03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
14	0.01	0.04	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
15	0.04	0.07	0.04	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
16	9.75e-03	0.02	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
17	5.21e-03	0.01	6.81e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
18	9.52e-03	0.02	0.01	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
19	0.01	0.03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
20	0.01	0.04	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
21	0.04	0.07	0.04	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
22	9.75e-03	0.02	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
23	5.18e-03	0.01	6.77e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
24	9.58e-03	0.02	0.01	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
25	0.01	0.03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
26	0.01	0.04	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
27	0.04	0.07	0.05	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
28	9.32e-03	0.02	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
Guscio	rRfck	rRfyk	rPfck		wR	wF	wP	
	0.04	0.07	0.05		0.0	0.0	0.0	

Parete

Armatura diffusa sup. e inf.

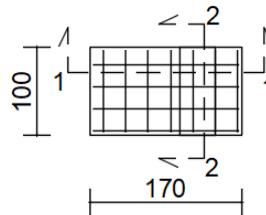
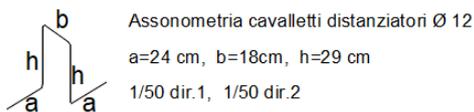
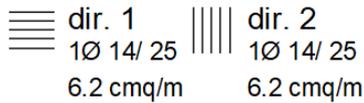


Sezione 1 - 1

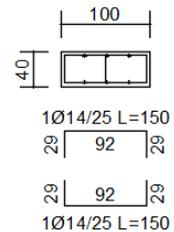


Soletta

Armatura diffusa sup. e inf.



Sezione 2 - 2



Sezione 1 - 1

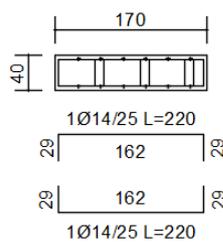


Figura 29 – Tipologico ferri di armatura sotto muro di contenimento e basamento platea

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

11 VERIFICA GEOTECNICA DELLE FONDAZIONI

La fondazione è di tipo diretto e consiste in una Platea che “scarica” i carichi trasferiti dal muro. La verifica della platea di fondazione è stata effettuata con il software di calcolo PRO_SAP v. 20.4.0 i cui tabulati meccanografici sono, integralmente, allegati alla presente relazione.

Detto software oltre ad effettuare le verifiche geotecniche della fondazione superficiale in ottemperanza al NTC18, effettua anche la verifica di resistenza degli elementi strutturali di fondazione ed in particolare, grazie alla sua modellazione dell'insieme fondazione-terreno e degli elementi strutturali, ed in conformità al NTC 18:

- effettua la verifica di scorrimento della fondazione superficiale;
- effettua la verifica di capacità portante;
- effettua le verifiche di fondazione allo SLU;
- effettua le verifiche di fondazione in esercizio e pressione;
- effettua il progetto e la verifica delle armature degli elementi strutturali di fondazione;
- calcola i cedimenti delle fondazioni superficiali;

Nelle verifiche nei confronti degli Stati Limite ultimi SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali:

- DA1.1 - Approccio 1:
 - o Combinazione 1: (A1+M1+R1)
 - o Combinazione 2: (A2+M2+R2)
- DA1.2 - Approccio 2:
- Combinazione 1:(A1+M1+R3)

Le seguenti verifiche delle fondazioni sono state condotte secondo **l'approccio 2**.

11.1 Modellazione del Terreno

Nella modellazione si è considerata la presenza di fondazioni superficiali, schematizzando il suolo con un letto di molle elastiche di assegnata rigidità.

La platea di fondazione è modellata tramite specifici elementi finiti che gestiscono il suolo elastico alla Winkler.

11.2 Verifica allo Scorrimento

La verifica di scorrimento della fondazione superficiale viene eseguita considerando le caratteristiche del terreno immediatamente sottostante al piano di posa della fondazione, ricavato in base alla stratigrafia associata all'elemento, e trascurando, a favore di sicurezza, l'eventuale spinta passiva laterale.

Qualora l'elemento in verifica sia formato da parti non omogenee tra loro, ad esempio una travata in cui le singole travi di fondazione siano associate ad un differente sondaggio, verranno condotte verifiche geotecniche distinte sui singoli tratti.

Lo scorrimento di una fondazione avviene nel momento in cui le componenti delle forze parallele al piano di contatto tra fondazione e terreno vincono l'attrito e la coesione terreno-fondazione e, qualora fosse presente, la spinta passiva laterale.

Il coefficiente di sicurezza a scorrimento si ottiene dal rapporto tra le forze stabilizzanti di progetto (Rd) e quelle instabilizzanti (Ed):

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

$$R_d = (N \cdot \tan(\varphi) + c_a \cdot B \cdot L + \alpha \cdot S_p) / \gamma_{Rs}$$

$$|E_d| = \sqrt{T_x^2 + T_y^2}$$

dove:

- N risultante delle forze normali al piano di scorrimento;
- T_x, T_y componenti delle forze tangenziali al piano di scorrimento;
- $\tan(\varphi)$ coefficiente di attrito terreno-fondazione;
- c_a aderenza alla base, pari alla coesione del terreno di fondazione o ad una sua frazione;
- B, L dimensioni della fondazione;
- α fattore di riduzione della spinta passiva;
- S_p spinta passiva dell'eventuale terreno laterale;
- γ_{Rs} fattore di sicurezza parziale per lo scorrimento;

Le normative prevedono che il fattore di sicurezza a scorrimento $F_s = R_d / E_d$ sia non minore di un prefissato limite.

11.3 Calcolo della portanza

La verifica di capacità portante della fondazione superficiale viene eseguita mediante formulazioni di letteratura geotecnica considerando le caratteristiche dei terreni sottostanti al piano di posa della fondazione, ricavati in base alla stratigrafia associata all'elemento.

La verifica viene fatta raffrontando la portanza di progetto (R_d) con la sollecitazione di progetto (E_d); la prima deriva dalla portanza calcolata con metodi della letteratura geotecnica, ridotta da opportuni fattori di sicurezza parziali; la seconda viene valutata ricavando la risultante della sollecitazione scaricata al suolo con una integrazione delle pressioni nel tratto di calcolo

La determinazione della capacità portante ai fini della verifica è stata condotta secondo il metodo di Vesic, che viene descritto nei paragrafi successivi.

11.3.1 Metodo di Vesic

La capacità portante valutata attraverso la formula di Vesic risulta, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ($\varphi = 0$) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:

- γ' peso di volume efficace dello strato di fondazione;
- B larghezza efficace della fondazione ($B = B_f - 2e$);
- L lunghezza efficace della fondazione ($L = L_f - 2e$);
- c coesione dello strato di fondazione;
- c_u coesione non drenata dello strato di fondazione;
- q sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;
- N_c, N_q, N_γ fattori di capacità portante;

- | | |
|--------------|---|
| - sc, sq, sy | fattori di forma della fondazione; |
| - dc, dq, dy | fattori di profondità del piano di posa della fondazione; |
| - ic, iq, iy | fattori di inclinazione del carico; |
| - bc, bq, by | fattori di inclinazione della base della fondazione; |
| - gc, gq, gy | fattori di inclinazione del piano campagna; |

Nel caso di piano di campagna inclinato ($\beta > 0$) e $\varphi = 0$, Vesic propone l'aggiunta, nella formula sopra definita, del termine $0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma}$ con $N_{\gamma} = -2 \cdot \sin \beta$

Per la teoria di Vesic i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg \phi; \quad N_q = tg^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{(\pi \cdot tg \phi)}; \quad N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg \phi$$

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg \phi; \quad s_{\gamma} = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_c = 0.4 \cdot k; \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot tg \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2; \quad d_{\gamma} = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad i'_c = \frac{m \cdot H}{B \cdot L \cdot c_a \cdot N_c}; \quad i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg \phi} \right)^m;$$

$$i_{\gamma} = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg \phi} \right)^{m+1}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - tg \beta)^2; \quad g_{\gamma} = g_q$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}; \quad b_q = (1 - \eta \cdot tg \phi)^2; \quad b_{\gamma} = b_q$$

$$k = \frac{D}{B_f} \quad \left(\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1 \right); \quad k = \arctg \left(\frac{D}{B_f} \right) \quad \left(\text{se } \frac{D}{B_f} > 1 \right); \quad m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

- φ = angolo di attrito dello strato di fondazione;
- c_a = aderenza alla base della fondazione;
- ν = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ($\nu = 0$ se orizzontale);
- β = inclinazione del pendio;
- H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;
- V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;
- D = profondità del piano di posa della fondazione dal piano campagna;

11.3.2 Influenza degli Strati sulla Capacità Portante

Le formulazioni utilizzate per la portanza prevedono la presenza di uno stesso terreno nella zona interessata dalla potenziale rottura. In prima approssimazione lo spessore di tale zona è pari a:

	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

$$H = \frac{1}{2} \cdot B \cdot \tan(45^\circ + \phi / 2)$$

In presenza di stratificazioni di terreni diversi all'interno di tale zona, il calcolo diventa più complesso; non esiste una metodologia univoca per questi casi, differenti autori hanno proposto soluzioni diverse a seconda dei casi che si possono presentare. In prima approssimazione, nel caso di stratificazioni, viene trovata una media delle caratteristiche dei terreni, pesata sullo spessore degli strati interessati. Nel caso in cui il primo strato incontrato sia coesivo viene anche verificato che la compressione media agente sulla fondazione non superi la tensione limite di espulsione, circostanza che provocherebbe il rifluimento del terreno da sotto la fondazione, rendendo impossibile la portanza.

La tensione limite di espulsione q_{ult} per terreno coesivo viene calcolata come:

$$q_{ult} = 4c + q$$

dove c è la coesione e q è il sovraccarico agente sul piano di posa.

11.3.3 Influenza del Sisma sulla Capacità Portante

La capacità portante nelle combinazioni sismiche viene valutata mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica.

L'**effetto inerziale** prodotto dalla struttura in elevazione sulla fondazione può essere considerato tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione (rapporto tra forze T parallele al piano di posa e carico normale N) e dell'eccentricità (rapporto tra momento M e carico normale N) delle azioni in fondazione, e produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite, oltre alla riduzione dell'area efficace.

L'**effetto cinematico** si manifesta per effetto dell'inerzia delle masse del suolo sotto la fondazione come una riduzione della resistenza teorica calcolata in condizioni statiche; tale riduzione è in funzione del coefficiente sismico orizzontale k_h , cioè dell'accelerazione normalizzata massima attesa al suolo, e delle caratteristiche del suolo. L'effetto è più marcato su terreni granulari, mentre nei suoli coesivi è poco rilevante.

Per tener conto nella determinazione del carico limite di tali effetti inerziali vengono introdotti nelle combinazioni sismiche anche i fattori correttivi e (earthquake), valutati secondo Paolucci e g:

$$e_q = \left(1 - \frac{k_h}{\tan \phi}\right)^{0.35} ; \quad e_c = 1 - 0.32 \cdot k_h ; \quad e_\gamma = e_q$$

11.4 Dati Geometrici degli Elementi Costituenti le Fondazioni Superficiali

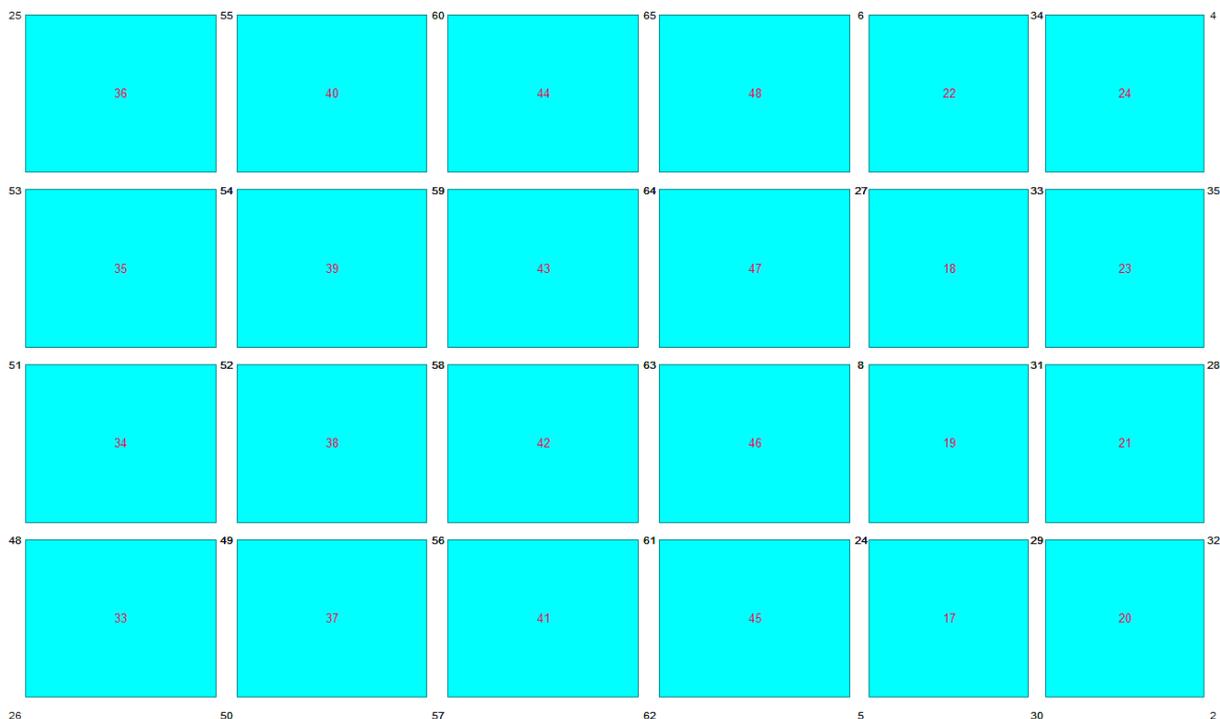


Figura 30 - Rappresentazione degli elementi di fondazione all'interno del modulo GEO del software PRO_SAP

Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Dia. Eq. cm	Spessore cm	Superficie cm ²	Vertici n. per elem.	Macro n.
Platea n. 17	Platea	001	162.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 18	Platea	001	162.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 19	Platea	001	162.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 20	Platea	001	162.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 21	Platea	001	162.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 22	Platea	001	162.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 23	Platea	001	162.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 24	Platea	001	162.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 33	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 34	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 35	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 36	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 37	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 38	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 39	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 40	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 41	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 42	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 43	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 44	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 45	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 46	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 47	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 48	Platea	001	162.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Base Eq. cm	Spessore cm	Lung. Eq. cm	Lung. Travata Eq. cm	
Macro n. 2	Macro-Platea	001	162.000	80.000	40.000	136.000	136.000	

11.5 Risultati

Si riportano nel seguito, per le combinazioni di carico maggiormente significative le pressioni sul terreno ed in forma grafica i valori di sfruttamento relativi alle verifiche geotecniche condotte.

Dall'analisi dei diagrammi e dei tabulati meccanografici si evince che:

- le verifiche relative al collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno sono soddisfatte.
- le verifiche relative al collasso per scorrimento sia longitudinale che trasversale dell'insieme fondazione-terreno sono soddisfatte.
- i cedimenti, con particolare riferimento a quelli differenziali, sono compatibili con le prestazioni della struttura. In particolare, i cedimenti assoluti derivano per la quasi totalità del loro valore dai carichi permanenti, mentre quelli differenziali risultano dell'ordine del decimo di millimetro.

11.5.1 Pressioni sul terreno

Si riportano nel seguito, tramite mappa cromatica, i valori delle tensioni agenti sul terreno, valutate nelle diverse condizioni di carico (SLU, SLV, SLE).

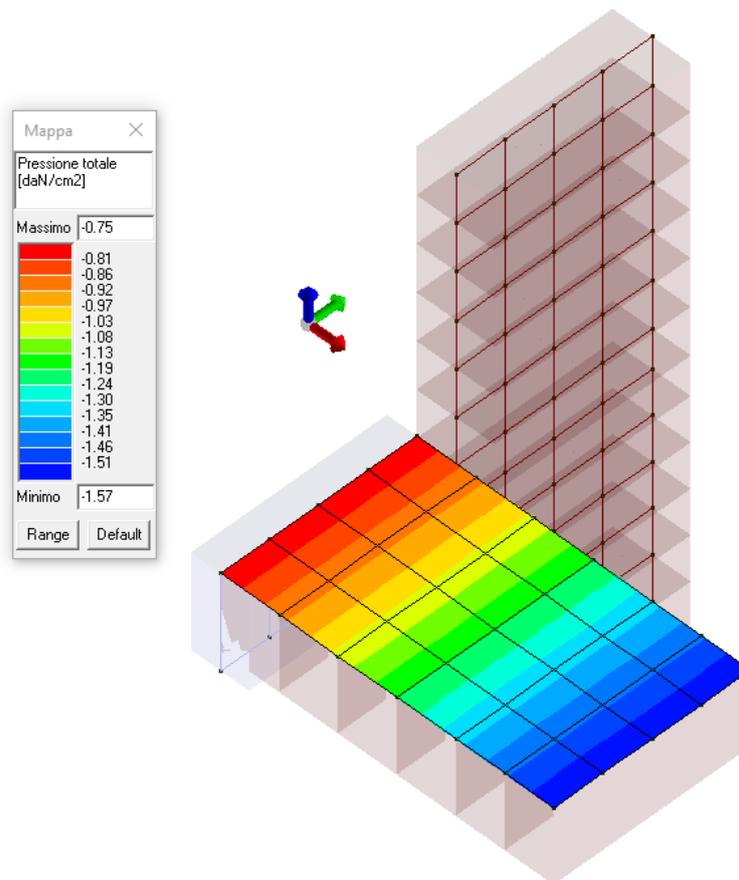


Figura 31 - Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLU

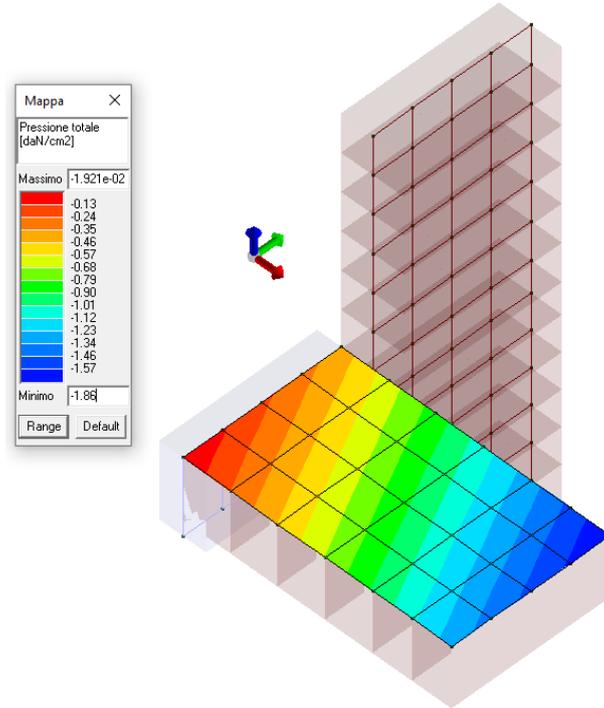


Figura 32 - Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLV

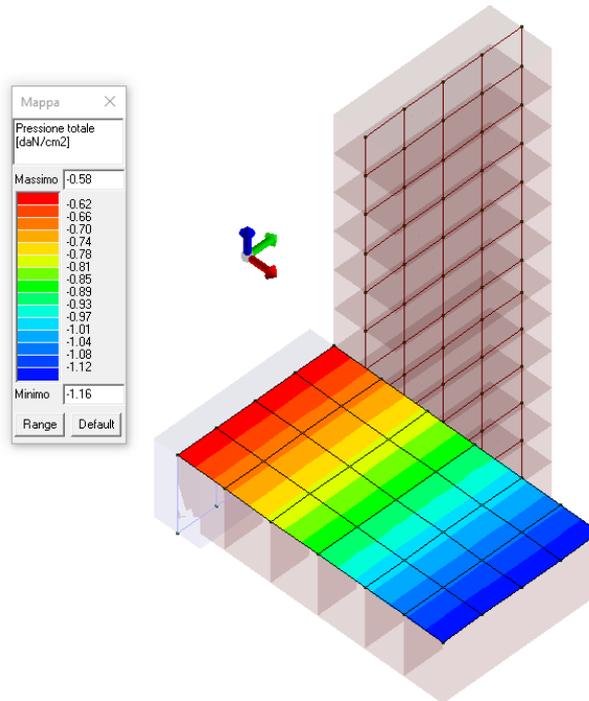


Figura 33 - Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLE/SLO

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

11.5.2 Valori di Calcolo della Portanza per Fondazioni Superficiali

Si riportano nel seguito, tramite mappa cromatica, i valori di verifica per il calcolo della portanza per le fondazioni superficiali.

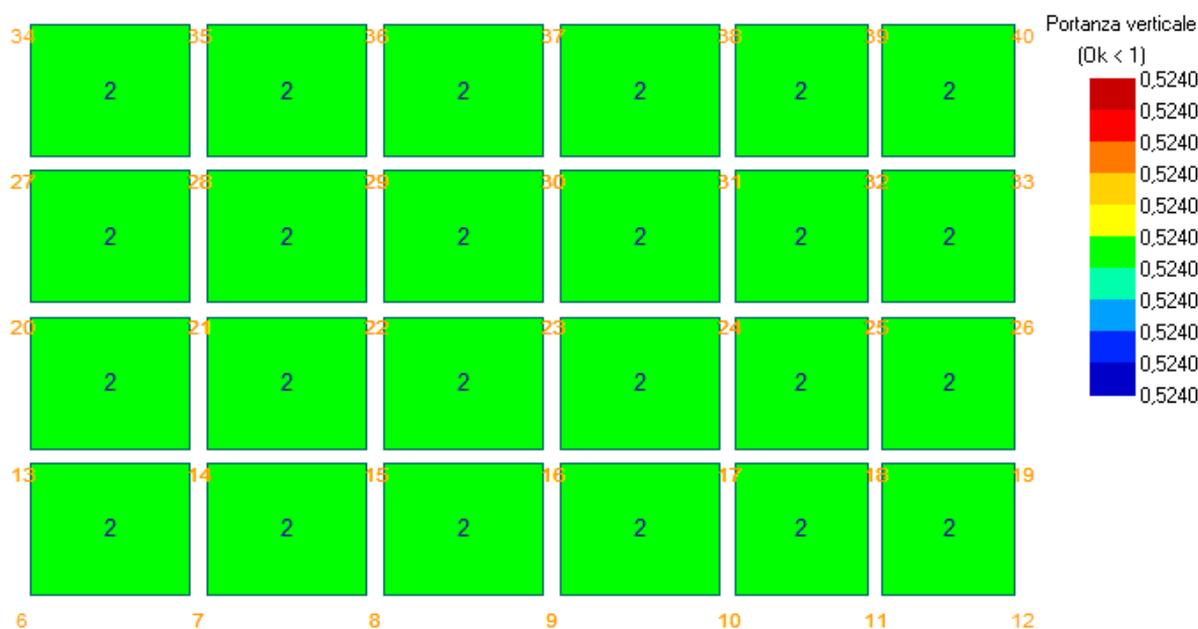


Figura 34 - Risultati della verifica di portanza verticale della fondazione. Max Valore 0,52

11.5.3 Valori di Calcolo dello Scorrimento per Fondazioni Superficiali

Si riportano nel seguito, tramite mappa cromatica, i valori di verifica per il calcolo dello scorrimento trasversale per le fondazioni superficiali.

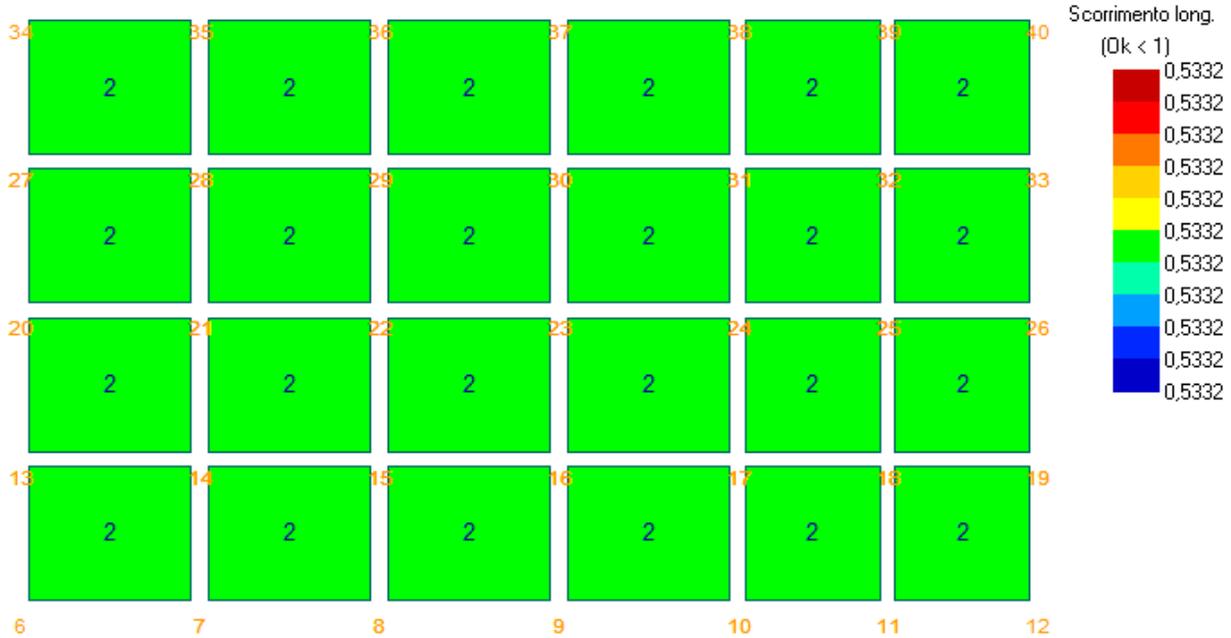


Figura 35 - Platea di fondazione – Verifica di scorrimento longitudinale – Valore Max. 0,53

Tutte le verifiche relative al muro di sostegno sono soddisfatte.
Di seguito estratto del tabulato di calcolo.

Macro platea: 2

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.3800 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 3.4884 + 0.3538 + 0.0000

Qmax / Qlim = 1.5686 / 3.8423 = 0,408 Ok (Cmb. n. 002)

TB / TBlim = 0.0 / 5486.5 = 0,000 Ok (Cmb. n. 001)

TL / TLim = 1421.7 / 5379.3 = 0,264 Ok (Cmb. n. 001)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
001	SLU STR	No	0.000	-5.054	0.0	-1421.7	-16144.7	-0.7907	-1.1106
002	SLU STR	No	0.000	-10.514	0.0	-1421.7	-19744.7	-0.7544	-1.5686

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLV A1 sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.3800 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 3.3322 + 0.2106 + 0.0000

Qmax / Qlim = 1.8565 / 3.5427 = 0,524 Ok (Cmb. n. 023)

TB / TBlim = 858.2 / 4841.9 = 0,177 Ok (Cmb. n. 022)

TL / TLim = 2538.0 / 4759.5 = 0,533 Ok (Cmb. n. 005)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
005	SLV A1	Si	-4.269	-18.102	-257.5	-2538.0	-14339.0	-0.1454	-1.5481
022	SLV A1	Si	14.230	-11.775	858.2	-1526.9	-14339.0	0.1233	-1.8180
023	SLV A1	Si	-14.230	-13.129	-858.2	-1470.2	-14339.0	0.1612	-1.8565

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLD sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.3800 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 3.4348 + 0.3023 + 0.0000

Qmax / Qlim = 1.3613 / 3.7371 = 0,364 Ok (Cmb. n. 060)

TB / TBlim = 295.2 / 4841.9 = 0,061 Ok (Cmb. n. 056)

TL / TLlim = 1388.9 / 4759.5 = 0,292 Ok (Cmb. n. 047)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
047	SLD	Si	-1.469	-13.964	-88.6	-1388.9	-14339.0	-0.3861	-1.3040
056	SLD	Si	4.895	-10.534	295.2	-1182.2	-14339.0	-0.3288	-1.3613
060	SLD	Si	4.895	-10.534	295.2	-1182.2	-14339.0	-0.3288	-1.3613

VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento: Platea n. 5

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
069	SLE rare	No	0.000	-5.054	0.0	-1093.6	-12419.0	-0.6082	-0.8543
070	SLE rare	No	0.000	-9.903	0.0	-1093.6	-14819.0	-0.5840	-1.1597

Cedimento massimo = -0.165 cm in Cmb n. 070

Cedimento minimo = -0.011 cm in Cmb n. 069

TL / TLlim = 665.7 / 3866.0 = 0,172 Ok (Cmb. n. 040)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
040	SLD	Si	1.321	1.217	62.5	-665.7	-11579.0	-0.6050	-0.7568
053	SLD	Si	-4.403	6.947	-208.4	-394.8	-11579.0	-0.3612	-0.9975
060	SLD	Si	4.403	4.302	208.4	-519.8	-11579.0	-0.4218	-0.9378

11.5.4 Verifica a ribaltamento

Con riferimento alla distribuzione delle pressioni al suolo valutate per le varie combinazioni di carico, così come riportato nei grafici riepilogativi al §11.5.1, risulta che l'intera impronta della fondazione è sempre compressa. Ciò determina, implicitamente, il soddisfacimento delle verifiche a ribaltamento.

12 INCIDENZA ARMATURE

Di seguito si riportano le incidenze medie di armatura per i principali elementi strutturali e di fondazione:

- Fondazioni = 95 kg/mc
- Elevazione = 95 kg/mc

13 CONCLUSIONI

In virtù di tutto quanto sopra premesso, con particolare riferimento:

- alle caratteristiche della struttura in oggetto, descritte nel capitolo [3]
- alla sezione dei vari elementi strutturali;
- alle caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati, chiaramente individuate nel capitolo [4];
- ai carichi agenti descritti nel capitolo [5];
- alle verifiche di resistenza delle strutture e le verifiche geotecniche di cui al capitolo [9];

Si conclude che le strutture oggetto della presente relazione sono conformi ai criteri di progettazione e di resistenza indicati della normativa vigente.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO
MURO DI CONTENIMENTO

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IV01

00

D 18 CL

SE0000002

A

68 di 68

ALLEGATO A

Fascicolo dei calcoli

FASCICOLO DEI CALCOLI

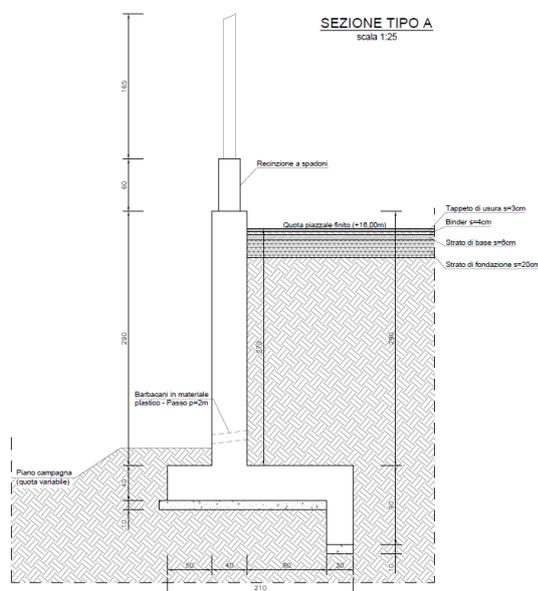
Premessa

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

Nella presente parte sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo riguardante le strutture, in relazione agli strumenti urbanistici, al progetto architettonico, al progetto delle componenti tecnologiche in generale ed alle prestazioni attese dalla struttura.

Descrizione generale dell'opera

Le opere strutturali consistono nella realizzazione di un muro di tipo a mensola in c.a., di altezza pari a circa 2,90 m, con fondazione di tipo superficiale, di spessore pari a 0,40 m. Di seguito se ne fornisce la sezione tipo, dalla quale si evincono le proprietà geometriche del muro.



Sezione trasversale

Descrizione generale dell'opera	
Fabbricato ad uso	
Ubicazione	Comune di PIETRA LIGURE (SV) (Regione LIGURIA)
	Località PIETRA LIGURE (SV)
	Longitudine 8.283, Latitudine 44.149
Numero di piani	Fuori terra -
	Interrati -
	le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di -
Numero vani scale	-
Numero vani ascensore	-
Tipo di fondazione	Platea



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	2 di 80

Principali caratteristiche della struttura

Struttura regolare in pianta	-
Struttura regolare in altezza	-
Classe di duttilità	Non Dissipativa
Travi: ricalate o in spessore	-
Pilastr	-
Pilastr in falso	-
Tipo di fondazione	Platea
Condizioni per cui è necessario considerare la comp. verticale del sisma	-

Parametri della struttura

Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
III	75.0	1.5	112.5

Fattore di struttura/comportamento

Per la struttura in esame si assume un comportamento strutturale non dissipativo ($q = 1$).

Quadro normativo di riferimento adottato

Le norme ed i documenti assunti quale riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito.

Nel capitolo “normativa di riferimento” è comunque presente l’elenco completo delle normative disponibili.

Progetto-verifica degli elementi

Progetto cemento armato	D.M. 17-01-2018
Progetto acciaio	D.M. 17-01-2018
Progetto legno	D.M. 17-01-2018
Progetto muratura	D.M. 17-01-2018
Azione sismica	
Norma applicata per l’azione sismica	D.M. 17-01-2018

Azioni di progetto sulla costruzione

Nei capitoli “modellazione delle azioni” e “schematizzazione dei casi di carico” sono indicate le azioni sulla costruzioni.

Nel prosieguo si indicano tipo di analisi strutturale condotta (statico,dinamico, lineare o non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni. Si riportano le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti; le configurazioni studiate per la struttura in esame *sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica*.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L’analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici. L’analisi strutturale è condotta con il metodo dell’analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$K * u = F$ dove K = matrice di rigidezza
 u = vettore spostamenti nodali
 F = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento tipo TRUSS	(biella-D2)
Elemento tipo BEAM	(trave-D2)
Elemento tipo MEMBRANE	(membrana-D3)
Elemento tipo PLATE	(piastra-guscio-D3)
Elemento tipo BOUNDARY	(molla)
Elemento tipo STIFFNESS	(matrice di rigidezza)
Elemento tipo BRICK	(elemento solido)
Elemento tipo SOLAIO	(macro elemento composto da più membrane)

Modello numerico

In questa parte viene descritto il modello numerico utilizzato (o i modelli numerici utilizzati) per l'analisi della struttura. La presentazione delle informazioni deve essere, coerentemente con le prescrizioni del paragrafo 10.2 e relativi sottoparagrafi delle NTC-18, tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità

Per individuare le sollecitazioni che interessano gli elementi della struttura, viene realizzato un modello tridimensionale in cui sono inseriti gli elementi strutturali principali discretizzati con elementi bidimensionali tipo shell. Per la modellazione si è preso a riferimento una fascia di un metro del muro di sostegno su cui sono state eseguite analisi e verifiche.

Agli elementi di fondazione sono state assegnate opportune proprietà in modo tale che venissero schematizzate come su letto di molle alla winkler valutato in base alle condizioni stratigrafiche del terreno di fondazione effettivamente riscontrato in situ.

Le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte sia nei confronti degli stati limite ultimi che nei confronti degli stati limite d'esercizio.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata, con evidenziazione dei nodi e degli elementi. Si riportano inoltre le viste assonometriche corrispondenti agli schemi statici forniti, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione.

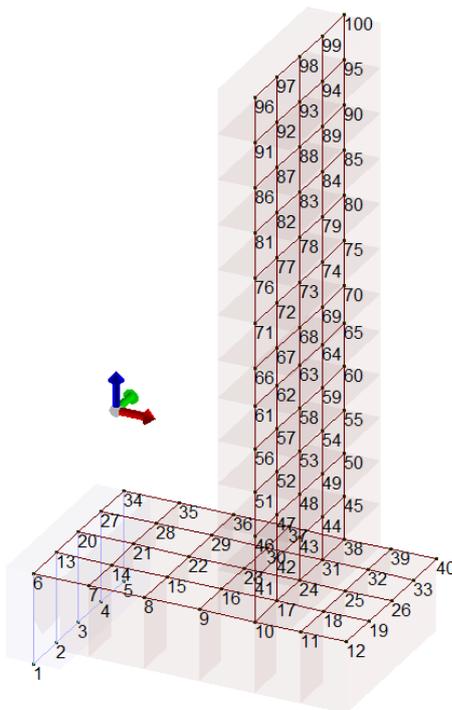


RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	4 di 80



Modello FEM - Vista assonometrica modello con grafica linee nascoste

Tipo di analisi strutturale	
Sismica statica lineare	SI
Sismica dinamica lineare	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO
Analisi lineare	SI

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2021-05-192)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Codice Licenza:	Licenza dsi4731

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software **ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico**. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	5 di 80

Affidabilità dei codici utilizzati

2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:

nodi	100
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	0
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	76
elementi solaio	0
elementi solidi	0

Dimensione del modello strutturale [cm]:

X min =	-45.00
Xmax =	125.00
Ymin =	0.00
Ymax =	100.00
Zmin =	-210.00
Zmax =	130.00

Strutture verticali:

Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	NO
Pareti	SI
Setti (a comportamento membranale)	NO

Strutture non verticali:

Elementi di tipo asta	NO
Travi	NO
Gusci	NO
Membrane	NO

Orizzontamenti:

Solai con la proprietà piano rigido	NO
Solai senza la proprietà piano rigido	NO

Tipo di vincoli:

Nodi vincolati rigidamente	NO
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	NO



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	6 di 80

Fondazioni di tipo platea	SI
Fondazioni con elementi solidi	NO

Modellazione delle azioni

Si veda il capitolo **“Schematizzazione dei casi di carico”** per le informazioni necessarie alla comprensione ed alla ricostruzione delle azioni applicate al modello numerico, coerentemente con quanto indicato nella parte *“2.6. Azioni di progetto sulla costruzione”*.

Combinazioni e/o percorsi di carico

Si veda il capitolo **“Definizione delle combinazioni”** in cui sono indicate le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti.

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
Tensioni ammissibili	NO
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLC	NO
SLD	SI
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

Principali risultati

I risultati devono costituire una sintesi completa ed efficace, presentata in modo da riassumere il comportamento della struttura, per ogni tipo di analisi svolta.

Nella presente relazione di calcolo sono riportati i seguenti risultati che il progettista ritiene di interesse per la descrizione e la comprensione del/i modello/i e del comportamento della struttura:

per l'analisi modale:

- periodi dei modi di vibrare della struttura
- masse eccitate dai singoli modi
- massa eccitata totale

deformate e sollecitazioni:

- spostamenti e rotazioni dei singoli nodi della struttura
- reazioni vincolari (nel caso siano presenti nodi vincolati rigidamente)
- pressioni sul terreno (nel caso siano presenti elementi di fondazione)
- sollecitazioni sugli elementi d2 nelle combinazioni di calcolo più significative



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	7 di 80

- tensioni sugli elementi d3 nelle combinazioni di calcolo più significative
- sollecitazioni sui macroelementi da elementi d3 nelle combinazioni di calcolo più significative

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

- modello solido della struttura
- numerazione di nodi e ed elementi
- configurazioni di carico statiche
- configurazioni di carico sismiche con baricentri delle masse e eccentricità

per le combinazioni più significative (statisticamente più gravose per la struttura):

- configurazioni deformate
- diagrammi e involuipi delle azioni interne
- mappe delle tensioni
- reazioni vincolari
- mappe delle pressioni sul terreno

per il progetto-verifica degli elementi:

- diagrammi di armatura
- percentuali di sfruttamento
- mappe delle verifiche più significative per i vari stati limite

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

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni anormali. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.).

Verifiche agli stati limite ultimi

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLU vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità ed i criteri seguiti per valutare la sicurezza della struttura nei confronti delle possibili situazioni di crisi ed i risultati delle valutazioni svolte. In via generale, oltre alle verifiche di resistenza e di spostamento, devono essere prese in considerazione verifiche nei confronti dei fenomeni di instabilità, locale e globale, di fatica, di duttilità, di degrado.

Verifiche agli stati limite di esercizio

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLE vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità seguite per valutare l'affidabilità della struttura nei confronti delle possibili situazioni di perdita di funzionalità (per eccessive deformazioni, fessurazioni, vibrazioni, etc.) ed i risultati delle valutazioni svolte.

RELAZIONE SUI MATERIALI

Il capitolo Materiali riporta informazioni esaustive relative all'elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera e ai valori di calcolo.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".

2. Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”
3. D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
4. D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
5. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
6. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
7. Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
8. Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
9. D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
10. Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 “Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento”.
11. D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
12. D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 “Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate”.
13. UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
14. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modificazioni e integrazioni.
15. UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
16. UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
17. UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
18. UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
19. UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
20. UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
21. UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
22. UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
23. UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
24. UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
25. UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
26. UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
27. UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.
28. UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
29. UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
30. UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi

	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA					
	TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	9 di 80

di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.

31. UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
32. UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
33. UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
34. UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

NOTA il capitolo "normativa di riferimento": riporta l'elenco delle normative implementate nel software. Le norme utilizzate per la struttura oggetto della presente relazione sono indicate nel precedente capitolo "RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE" "ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO". Laddove nei capitoli successivi vengano richiamate norme antecedenti al DM 17.01.18 è dovuto o a progettazione simulata di edificio esistente.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI

Il programma consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

1	materiale tipo cemento armato
2	materiale tipo acciaio
3	materiale tipo muratura
4	materiale tipo legno
5	materiale tipo generico

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Young	modulo di elasticità normale E
Poisson	coefficiente di contrazione trasversale ni
G	modulo di elasticità tangenziale
Gamma	peso specifico
Alfa	coefficiente di dilatazione termica
Fattore di confidenza FC m	Fattore di confidenza specifico per materiale; (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Fattore di confidenza FC a	Fattore di confidenza specifico per l'armatura (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Elasto-plastico	Materiale elastico perfettamente plastico per aste non lineari
Massima compressione	Massima tensione di compressione per aste non lineari
Massima trazione	Massima tensione di trazione per aste non lineari
Fattore attrito	Coefficienti di attrito per aste non lineari
Rapporto HRDb	Rapporto di hardening a flessione
Rapporto HRDv	Rapporto di hardening a taglio

I dati soprariportati vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico e per la determinazione dei carichi inerziali e termici. In relazione al tipo di materiale vengono riportati inoltre:

1	c.a.	Resistenza Rc Resistenza fctm Coefficiente ksb	resistenza a compressione cubica resistenza media a trazione semplice Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block
2	acciaio	Tensione ft Tensione fy	Valore della tensione di rottura Valore della tensione di snervamento



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	11 di 80

	Resistenza fd	Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011
	Resistenza fd (>40)	Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm
	Tensione ammissibile	Tensione ammissibile CNR-UNI 10011
	Tensione ammissibile(>40)	Tensione ammissibile CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm
3	muratura	
	Muratura consolidata	Muratura per la quale si prevedono interventi di rinforzo"
	Incremento resistenza	Incremento conseguito in termini di resistenza
	Incremento rigidezza	Incremento conseguito in termini di rigidezza
	Resistenza f	Valore della resistenza a compressione
	Resistenza fv0	Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali
	Resistenza fh	Valore della resistenza a compressione orizzontale
	Resistenza fb	Valore della resistenza a compressione dei blocchi
	Resistenza fbh	Valore della resistenza a compressione dei blocchi in direzione orizzontale
	Resistenza fv0h	Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali per le travi
	Resistenza ft	Valore della resistenza a trazione per fessurazione diagonale
	Resistenza fvlim	Valore della massima resistenza a taglio
	Resistenza fbt	Valore della resistenza a trazione dei blocchi
	Coefficiente mu	Coefficiente d'attrito utilizzato per la resistenza a taglio (tipicamente 0.4)
	Coefficiente fi	Coefficiente d'ingranamento utilizzato per la resistenza a taglio
	Coefficiente ksb	Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block
4	legno	
	E0,05	Modulo di elasticità corrispondente ad un frattile del 5%
	Resistenza fc0	Valore della resistenza a compressione parallela
	Resistenza ft0	Valore della resistenza a trazione parallela
	Resistenza fm	Valore della resistenza a flessione
	Resistenza fv	Valore della resistenza a taglio
	Resist. ft0k	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per trazione
	Resist. fmk	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per flessione
	Resist. fvk	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per taglio
	Modulo E0,05	Modulo elastico parallelo caratteristico
	Lamellare	lamellare o massiccio

Nel tabulato si riportano sia i valori caratteristici che medi utilizzando gli uni e/o gli altri in relazione alle richieste di normativa ed alla tipologia di verifica. (Cap.7 NTC18 per materiali nuovi, Cap.8 NTC18 e relativa circolare 21/01/2019 per materiali esistenti, Linee Guida Reluis per incamiciatura CAM, CNR-DT 200 per interventi con FRP)

Vengono inoltre riportate le tabelle contenenti il riassunto delle informazioni assegnate nei criteri di progetto in uso.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	12 di 80

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
		daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2		daN/cm2	daN/cm3		
3	Calcestruzzo Classe C28/35			3.259e+05	0.20	1.358e+05	2.50e-03	1.00e-05	
	Resistenza Rc	350.0							
	Resistenza fctm		28.4						
	Rapporto Rfessurata								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05

Pareti c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Generalità						
Progetto armatura	Singolo elemento FONDAZIONE					
Armatura						
Inclinazione Av [gradi]	90.00					
Angolo Av-Ao [gradi]	90.00					
Minima tesa	0.20					
Massima tesa	4.00					
Maglia unica centrale	NO					
Unico strato verticale	NO					
Unico strato orizzontale	NO					
Copriferro [cm]	4.00					
Maglia V						
diametro	14					
passo	25					
diametro aggiuntivi	14					
Maglia O						
diametro	14					
passo	25					
diametro aggiuntivi	14					
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm2]	4500.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Verifiche con N costante	SI					
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm2]	97.50					
Tensione amm. acciaio [daN/cm2]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00					
Parete estesa debolmente armata						
Fattore amplificazione taglio V	0.0					
Hcrit. par. 7.4.4.5.1 [cm]	0.0					
Hcrit. par. 7.4.6.1.4 [cm]	0.0					
Diagramma involuppo taglio	NO					
Vincolo lati	nessun lato					
Verifica come fascia	NO					
Diametro di estremità	0					
Zona confinata						
Minima tesa	1.00					
Massima tesa	4.00					
Distanza barre [cm]	2.00					
Interferro	2					
Armatura inclinata						
Area barre [cm2]	0.0					
Angolo orizzontale [gradi]	0.0					
Distanza di base [cm]	0.0					
Resistenza al fuoco						
3- intradosso	NO					
3+ estradosso	NO					
Tempo di esposizione R	15					



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	13 di 80

Gusci c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Armatura						
Inclinazione Ax [gradi]	0.0					
Angolo Ax-Ay [gradi]	90.00					
Minima tesa	0.31					
Massima tesa	0.78					
Maglia unica centrale	NO					
Copriferro [cm]	4.00					
Maglia x						
diametro	14					
passo	25					
diametro aggiuntivi	14					
Maglia y						
diametro	14					
passo	25					
diametro aggiuntivi	14					
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm ²]	4500.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Verifiche con N costante	SI					
Applica SLU da DIN	NO					
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm ²]	97.50					
Tensione amm. acciaio [daN/cm ²]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00					
Resistenza al fuoco						
3- intradosso	NO					
3+ estradosso	NO					
Tempo di esposizione R	15					

MODELLAZIONE DELLE SEZIONI

LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI

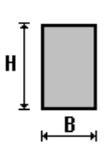
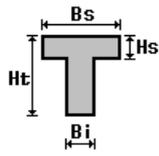
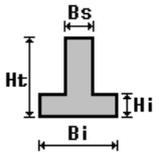
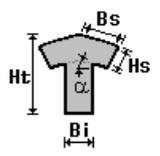
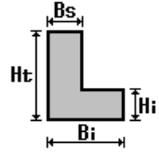
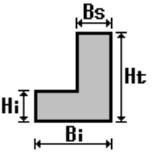
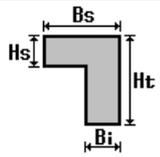
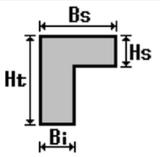
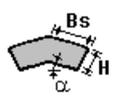
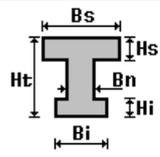
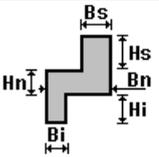
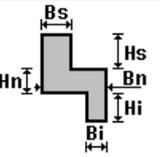
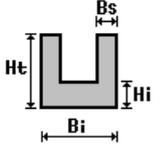
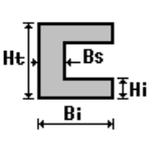
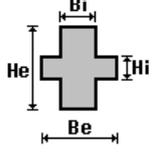
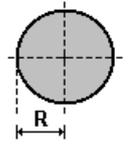
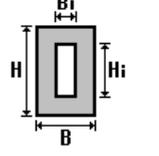
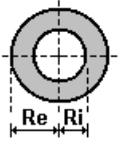
Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

1. sezione di tipo generico
2. profilati semplici
3. profilati accoppiati e speciali

Le sezioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Area	area della sezione
A V2	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
A V3	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
Jt	fattore torsionale di rigidezza
J2-2	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
J3-3	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
W2-2	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
W3-3	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
Wp2-2	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
Wp3-3	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

I dati sopra riportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidezze degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.

					
rettangolare	a T	a T rovescia	a T di colmo	a L	a L specchiata
					
a L specchiata rovescia	a L rovescia	a L di colmo	a doppio T	a quattro specchiata	a quattro
					
a U	a C	a croce	circolare	rettangolare cava	circolare cava



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI
CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	15 di 80



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI
CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	16 di 80

Per quanto concerne i profilati semplici ed accoppiati l'asse 2 del riferimento coincide con l'asse x riportato nei più diffusi profilati.

Per quanto concerne le sezioni di tipo generico (tipo 1.):
i valori dimensionali con prefisso B sono riferiti all'asse 2
i valori dimensionali con prefisso H sono riferiti all'asse 3

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI

LEGENDA TABELLA DATI NODI

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali.

Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z).

Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni). Le tabelle sottoriportate riflettono le succitate possibilità. In particolare per ogni nodo viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z

Per i nodi ai quali sia associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale o un set di molle viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z
Note	eventuale codice di vincolo (es. v=110010 sei valori relativi ai sei gradi di libertà previsti per il nodo TxTyTzRxRyRz, il valore 1 indica che lo spostamento o rotazione relativo è impedito, il valore 0 indica che lo spostamento o rotazione relativo è libero).
Note	(FS = 1, 2,...) eventuale codice del tipo di fondazione speciale (1, 2,... fanno riferimento alle tipologie: plinto, palo, plinto su pali,...) che è collegato al nodo. (ISO = "id SIGLA") indice e sigla identificativa dell' eventuale isolatore sismico assegnato al nodo
Rig. TX	valore della rigidezza dei vincoli elastici eventualmente applicati al nodo, nello specifico TX (idem per TY, TZ, RX, RY, RZ).

Per strutture sismicamente isolate viene inoltre inserita la tabella delle caratteristiche per gli isolatori utilizzati; le caratteristiche sono indicate in conformità al cap. 7.10 del D.M. 17/01/18

TABELLA DATI NODI

Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z
	cm	cm	cm		cm	cm	cm		cm	cm	cm
1	-45.0	0.0	-210.0	2	-45.0	25.0	-210.0	3	-45.0	50.0	-210.0
4	-45.0	75.0	-210.0	5	-45.0	100.0	-210.0	6	-45.0	0.0	-160.0
7	-15.0	0.0	-160.0	8	15.0	0.0	-160.0	9	45.0	0.0	-160.0
10	75.0	0.0	-160.0	11	100.0	0.0	-160.0	12	125.0	0.0	-160.0
13	-45.0	25.0	-160.0	14	-15.0	25.0	-160.0	15	15.0	25.0	-160.0
16	45.0	25.0	-160.0	17	75.0	25.0	-160.0	18	100.0	25.0	-160.0
19	125.0	25.0	-160.0	20	-45.0	50.0	-160.0	21	-15.0	50.0	-160.0
22	15.0	50.0	-160.0	23	45.0	50.0	-160.0	24	75.0	50.0	-160.0
25	100.0	50.0	-160.0	26	125.0	50.0	-160.0	27	-45.0	75.0	-160.0
28	-15.0	75.0	-160.0	29	15.0	75.0	-160.0	30	45.0	75.0	-160.0

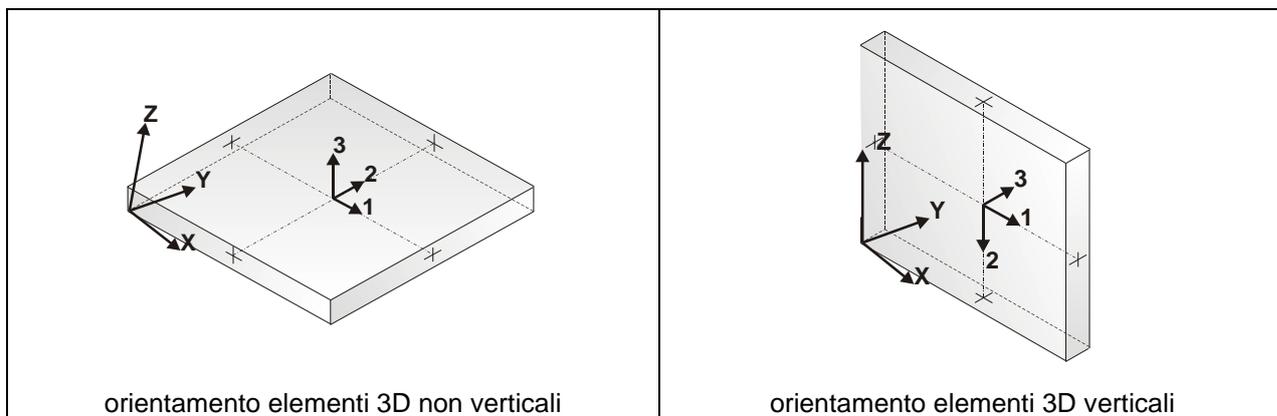
MODELLAZIONE STRUTTURALE: ELEMENTI SHELL

LEGENDA TABELLA DATI SHELL

Il programma utilizza per la modellazione elementi a tre o quattro nodi denominati in generale shell.

Ogni elemento shell è individuato dai nodi I, J, K, L (L=I per gli elementi a tre nodi).

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: <i>Guscio</i> (elemento guscio in elevazione non verticale) <i>Guscio fond.</i> (elemento guscio su suolo elastico) <i>Setto</i> (elemento guscio in elevazione verticale) <i>Membrana</i> (elemento guscio con comportamento membranale)
Nodo I (J, K, L)	numero del nodo I (J, K, L)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Spessore	spessore dell'elemento (costante)
Wink V	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico verticale
Wink O	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	20 di 80

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Nodo K	Nodo L	Mat.	Crit.	Spessore cm	Svincolo	Wink V daN/cm3	Wink O daN/cm3
1	Setto	1	2	13	6	3	1	30.0			
2	Setto	2	3	20	13	3	1	30.0			
3	Setto	3	4	27	20	3	1	30.0			
4	Setto	4	5	34	27	3	1	30.0			
5	Guscio fond.	6	7	14	13	3	1	40.0		3.61	1.92
6	Guscio fond.	7	8	15	14	3	1	40.0		3.61	1.92
7	Guscio fond.	8	9	16	15	3	1	40.0		3.61	1.92
8	Guscio fond.	9	10	17	16	3	1	40.0		3.61	1.92
9	Guscio fond.	10	11	18	17	3	1	40.0		3.61	1.92
10	Guscio fond.	11	12	19	18	3	1	40.0		3.61	1.92
11	Guscio fond.	13	14	21	20	3	1	40.0		3.61	1.92
12	Guscio fond.	14	15	22	21	3	1	40.0		3.61	1.92
13	Guscio fond.	15	16	23	22	3	1	40.0		3.61	1.92
14	Guscio fond.	16	17	24	23	3	1	40.0		3.61	1.92
15	Guscio fond.	17	18	25	24	3	1	40.0		3.61	1.92
16	Guscio fond.	18	19	26	25	3	1	40.0		3.61	1.92
17	Guscio fond.	20	21	28	27	3	1	40.0		3.61	1.92
18	Guscio fond.	21	22	29	28	3	1	40.0		3.61	1.92
19	Guscio fond.	22	23	30	29	3	1	40.0		3.61	1.92
20	Guscio fond.	23	24	31	30	3	1	40.0		3.61	1.92
21	Guscio fond.	24	25	32	31	3	1	40.0		3.61	1.92
22	Guscio fond.	25	26	33	32	3	1	40.0		3.61	1.92
23	Guscio fond.	27	28	35	34	3	1	40.0		3.61	1.92
24	Guscio fond.	28	29	36	35	3	1	40.0		3.61	1.92
25	Guscio fond.	29	30	37	36	3	1	40.0		3.61	1.92
26	Guscio fond.	30	31	38	37	3	1	40.0		3.61	1.92
27	Guscio fond.	31	32	39	38	3	1	40.0		3.61	1.92
28	Guscio fond.	32	33	40	39	3	1	40.0		3.61	1.92
29	Setto	10	17	42	41	3	1	40.0			
30	Setto	17	24	43	42	3	1	40.0			
31	Setto	24	31	44	43	3	1	40.0			
32	Setto	31	38	45	44	3	1	40.0			
33	Setto	41	42	47	46	3	1	40.0			
34	Setto	42	43	48	47	3	1	40.0			
35	Setto	43	44	49	48	3	1	40.0			
36	Setto	44	45	50	49	3	1	40.0			
37	Setto	46	47	52	51	3	1	40.0			
38	Setto	47	48	53	52	3	1	40.0			
39	Setto	48	49	54	53	3	1	40.0			
40	Setto	49	50	55	54	3	1	40.0			
41	Setto	51	52	57	56	3	1	40.0			
42	Setto	52	53	58	57	3	1	40.0			
43	Setto	53	54	59	58	3	1	40.0			
44	Setto	54	55	60	59	3	1	40.0			
45	Setto	56	57	62	61	3	1	40.0			
46	Setto	57	58	63	62	3	1	40.0			
47	Setto	58	59	64	63	3	1	40.0			
48	Setto	59	60	65	64	3	1	40.0			
49	Setto	61	62	67	66	3	1	40.0			
50	Setto	62	63	68	67	3	1	40.0			
51	Setto	63	64	69	68	3	1	40.0			
52	Setto	64	65	70	69	3	1	40.0			
53	Setto	66	67	72	71	3	1	40.0			
54	Setto	67	68	73	72	3	1	40.0			
55	Setto	68	69	74	73	3	1	40.0			
56	Setto	69	70	75	74	3	1	40.0			
57	Setto	71	72	77	76	3	1	40.0			
58	Setto	72	73	78	77	3	1	40.0			
59	Setto	73	74	79	78	3	1	40.0			
60	Setto	74	75	80	79	3	1	40.0			
61	Setto	76	77	82	81	3	1	40.0			
62	Setto	77	78	83	82	3	1	40.0			
63	Setto	78	79	84	83	3	1	40.0			
64	Setto	79	80	85	84	3	1	40.0			



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI
CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	21 di 80

65	Setto	81	82	87	86	3	1	40.0
66	Setto	82	83	88	87	3	1	40.0
67	Setto	83	84	89	88	3	1	40.0
68	Setto	84	85	90	89	3	1	40.0
69	Setto	86	87	92	91	3	1	40.0
70	Setto	87	88	93	92	3	1	40.0
71	Setto	88	89	94	93	3	1	40.0
72	Setto	89	90	95	94	3	1	40.0
73	Setto	91	92	97	96	3	1	40.0
74	Setto	92	93	98	97	3	1	40.0
75	Setto	93	94	99	98	3	1	40.0
76	Setto	94	95	100	99	3	1	40.0

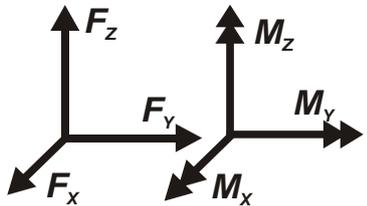
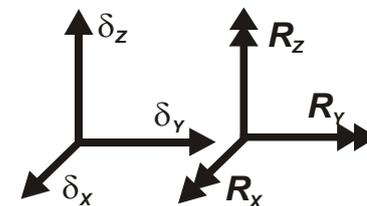
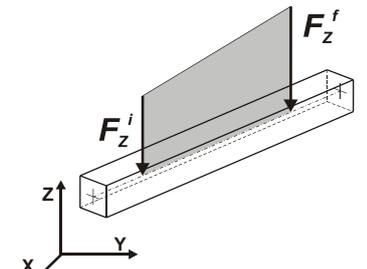
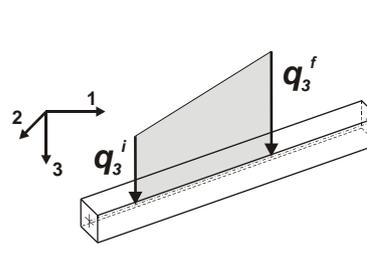
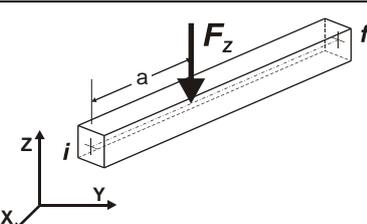
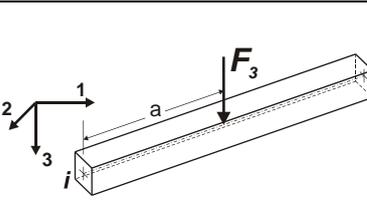
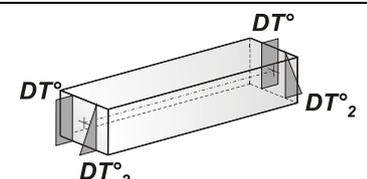
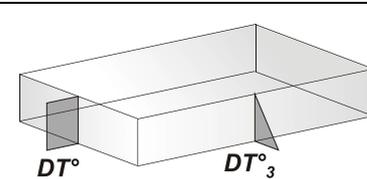
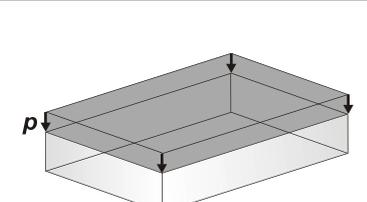
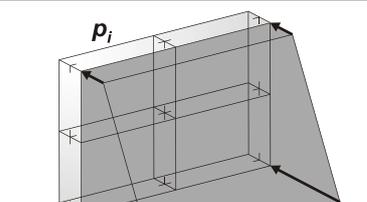
 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

MODELLAZIONE DELLE AZIONI

LEGENDA TABELLA DATI AZIONI

Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

1	carico concentrato nodale 6 dati (forza Fx, Fy, Fz, momento Mx, My, Mz)
2	spostamento nodale impresso 6 dati (spostamento Tx, Ty, Tz, rotazione Rx, Ry, Rz)
3	carico distribuito globale su elemento tipo trave 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di inizio carico) 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di fine carico)
4	carico distribuito locale su elemento tipo trave 7 dati (f1,f2,f3,m1,m2,m3,ascissa di inizio carico) 7 dati (f1,f2,f3,m1,m2,m3,ascissa di fine carico)
5	carico concentrato globale su elemento tipo trave 7 dati (Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,ascissa di carico)
6	carico concentrato locale su elemento tipo trave 7 dati (F1, F2, F3, M1, M2, M3, ascissa di carico)
7	variazione termica applicata ad elemento tipo trave 7 dati (variazioni termiche: uniforme, media e differenza in altezza e larghezza al nodo iniziale e finale)
8	carico di pressione uniforme su elemento tipo piastra 1 dato (pressione)
9	carico di pressione variabile su elemento tipo piastra 4 dati (pressione, quota, pressione, quota)
10	variazione termica applicata ad elemento tipo piastra 2 dati (variazioni termiche: media e differenza nello spessore)
11	carico variabile generale su elementi tipo trave e piastra 1 dato descrizione della tipologia 4 dati per segmento (posizione, valore, posizione, valore) la tipologia precisa l'ascissa di definizione, la direzione del carico, la modalità di carico e la larghezza d'influenza per gli elementi tipo trave
12	gruppo di carichi con impronta su piastra 9 dati (numero di ripetizioni in direzione X e Y, valore di ciascun carico, posizione centrale del primo, dimensioni dell' impronta, interasse tra i carichi)

 <p>Carico concentrato nodale</p>	 <p>Spostamento impresso</p>
 <p>Carico distribuito globale</p>	 <p>Carico distribuito locale</p>
 <p>Carico concentrato globale</p>	 <p>Carico concentrato locale</p>
 <p>Carico termico 2D</p>	 <p>Carico termico 3D</p>
 <p>Carico pressione uniforme</p>	 <p>Carico pressione variabile</p>

Tipo carico di pressione uniforme su piastra

Id	Tipo	pressione
		daN/cm ²
3	ETK PAN ++-P3:p=-7.940e-02	-0.08
4	ETK PAN ---P3:p= 7.940e-02	0.08

Tipo carico di pressione variabile su piastra

Id	Tipo	pressione	quota	pressione	quota
		daN/cm2	cm	daN/cm2	cm
2	Spinta terreno-PL3:pi=0.0 qi=100.00 pf=0.13 qf=-290.00	0.0	100.00	0.13	-290.00

Tipo carico variabile generale

Id	Tipo	ascissa	valore	ascissa	valore
		cm	daN/cm2	cm	daN/cm2
1	Carico variabile C2-QV:unif - Qz - Lineare				
	Unif. Qz L2=0.0		-2.00 daN/cm		
5	PESO TERRENO A TERGO-QV:unif - Qz - Area				
	Unif. Qz Area L2=0.0		-0.54		
6	PESO TERRENO SU ALA ESTERNA-QV:unif - Qz - Area				
	Unif. Qz Area L2=0.0		-0.20		

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	Sigla	Tipo	Descrizione
1	Ggk	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;

9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore Sksol nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	26 di 80

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione:0.80 per 10 CDC=Qk (variabile folla C2)
			partecipazione:1.00 per 11 CDC=G1k (permanente spinta terreno)
3	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
4	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
5	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
6	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
7	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
8	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
9	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
10	Qk	CDC=Qk (variabile folla C2)	Azioni applicate: D3 :da 29 a 76 Azione : Carico variaibile C2-QV:unif - Qz - Lineare
11	Gk	CDC=G1k (permanente spinta terreno)	Azioni applicate: D3 :da 5 a 8 Azione : PESO TERRENO A TERGO-QV:unif - Qz - Area D3 :da 9 a 10 Azione : PESO TERRENO SU ALA ESTERNA-QV:unif - Qz - Area D3 :da 11 a 14 Azione : PESO TERRENO A TERGO-QV:unif - Qz - Area D3 :da 15 a 16 Azione : PESO TERRENO SU ALA ESTERNA-QV:unif - Qz - Area D3 :da 17 a 20 Azione : PESO TERRENO A TERGO-QV:unif - Qz - Area D3 :da 21 a 22 Azione : PESO TERRENO SU ALA ESTERNA-QV:unif - Qz - Area D3 :da 23 a 26 Azione : PESO TERRENO A TERGO-QV:unif - Qz - Area D3 :da 27 a 28 Azione : PESO TERRENO SU ALA ESTERNA-QV:unif - Qz - Area D3 :da 29 a 76 Azione : Spinta terreno-PL3:pi=0.0 qi=100.00 pf=0.13 qf=-290.00
12	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV dir + alfa=0.0	Azioni applicate: D3 :da 1 a 4 Azione : ETK PAN ++-P3;p=-7.940e-02
13	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV dir - alfa=0.0	Azioni applicate: D3 :da 29 a 76 Azione : ETK PAN ---P3;p= 7.940e-02
14	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV dir + alfa=90.00	Azioni applicate:
15	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV dir - alfa=90.00	Azioni applicate:

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa. Una seconda tabella riporta il peso nella combinazione assunto per ogni caso di carico.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi02 \cdot Qk2 + \psi03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi11 \cdot Qk1 + \psi22 \cdot Qk2 + \psi23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi21 \cdot Qk1 + \psi22 \cdot Qk2 + \psi23 \cdot Qk3 + \dots$$

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

$$E + G1 + G2 + P + \psi21 \cdot Qk1 + \psi22 \cdot Qk2 + \dots$$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$G1 + G2 + Ad + P + \psi21 \cdot Qk1 + \psi22 \cdot Qk2 + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.1

Destinazione d'uso/azione	$\psi0$	$\psi1$	$\psi2$
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini, ...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30kN$)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30kN$)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota $\leq 1000 m$	0,50	0,20	0,00
Neve a quota $> 1000 m$	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	28 di 80

globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
<i>Carichi permanenti</i>	<i>Favorevoli</i>	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	<i>Sfavorevoli</i>		1,1	1,3	1,0
<i>Carichi permanenti non strutturali</i> <i>(Non compiutamente definiti)</i>	<i>Favorevoli</i>	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	<i>Sfavorevoli</i>		1,5	1,5	1,3
<i>Carichi variabili</i>	<i>Favorevoli</i>	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	<i>Sfavorevoli</i>		1,5	1,5	1,3

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5	
6	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6	
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7	
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8	
9	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 13	
14	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14	
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15	
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16	
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17	
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18	
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19	
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20	
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21	
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22	
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23	
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24	
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25	
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26	
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27	
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28	
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29	
30	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30	
31	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31	
32	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32	
33	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 33	
34	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 34	
35	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 35	
36	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 36	
37	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 37	
38	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 38	
39	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 39	
40	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 40	
41	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 41	



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	29 di 80

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
42	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 42	
43	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 43	
44	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 44	
45	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 45	
46	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 46	
47	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47	
48	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48	
49	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49	
50	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50	
51	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51	
52	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52	
53	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53	
54	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 54	
55	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 55	
56	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 56	
57	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 57	
58	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 58	
59	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 59	
60	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60	
61	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 61	
62	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 62	
63	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 63	
64	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 64	
65	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 65	
66	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 66	
67	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 67	
68	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 68	
69	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 69	
70	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 70	
71	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 71	
72	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 72	
73	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 73	
74	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 74	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.30	0.0	0.0	0.0
2	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	1.30	0.0	0.0	0.0
3	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
4	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50	1.00	0.0	0.0	0.0
5	1.00	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.0
6	1.00	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.30
7	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.0
8	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.30
9	1.00	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.0
10	1.00	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.30
11	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.0
12	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.30
13	1.00	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.0



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	30 di 80

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
	0.30													
14	1.00	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.30
	0.0													
15	1.00	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.0
	0.30													
16	1.00	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.30
	0.0													
17	1.00	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.0
	0.30													
18	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	1.00	0.30
	0.0													
19	1.00	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.0
	0.30													
20	1.00	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	1.00	0.0	0.30
	0.0													
21	1.00	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	0.30	0.0
	1.00													
22	1.00	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	0.30	1.00
	0.0													
23	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.30	0.0	0.0
	1.00													
24	1.00	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.30	0.0	1.00
	0.0													
25	1.00	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	0.30	0.0
	1.00													
26	1.00	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	0.30	1.00
	0.0													
27	1.00	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.30	0.0	0.0
	1.00													
28	1.00	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.30	0.0	1.00
	0.0													
29	1.00	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	0.30	0.0
	1.00													
30	1.00	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	0.30	1.00
	0.0													
31	1.00	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.30	0.0	0.0
	1.00													
32	1.00	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.30	0.0	1.00
	0.0													
33	1.00	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	0.30	0.0
	1.00													
34	1.00	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.0	0.30	1.00
	0.0													
35	1.00	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.30	0.0	0.0
	1.00													
36	1.00	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.80	1.00	0.30	0.0	1.00
	0.0													
37	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.80	1.00	0.0	0.0	0.0
	0.0													
38	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.80	1.00	0.0	0.0	0.0
	0.0													
39	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.80	1.00	0.0	0.0	0.0
	0.0													
40	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.80	1.00	0.0	0.0	0.0
	0.0													
41	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.80	1.00	0.0	0.0	0.0
	0.0													
42	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.80	1.00	0.0	0.0	0.0
	0.0													
43	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.80	1.00	0.0	0.0	0.0
	0.0													
44	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.80	1.00	0.0	0.0	0.0
	0.0													
45	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.80	1.00	0.0	0.0	0.0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

AZIONE SISMICA

VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA

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

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

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

ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;

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

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

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
III	75.0	1.5	112.5	B	T1

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

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_t$ (3.2.3)

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

Fv è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale

Tb è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

Tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

Td è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e , è definito dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Dove per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo B, C, D, E i

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

coefficienti S_s e C_c vengono calcolati mediante le espressioni riportate nella seguente Tabella

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente Tabella

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico, S_{ve} , è definito dalle espressioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

I valori di S_s , T_B , T_C e T_D , sono riportati nella seguente Tabella

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	8.283	44.149	
18018	8.266	44.119	3.589
18019	8.335	44.122	5.105
17797	8.331	44.172	4.589



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	34 di 80

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
17796	8.261	44.169	2.824

SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	67.7	0.035	2.539	0.207
SLD	63.0	113.2	0.045	2.525	0.242
SLV	10.0	1067.8	0.132	2.493	0.304
SLC	5.0	2193.3	0.177	2.512	0.316

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.035	1.200	2.539	0.637	0.104	0.312	1.738
SLD	0.045	1.200	2.525	0.721	0.118	0.354	1.779
SLV	0.132	1.200	2.493	1.222	0.141	0.424	2.128
SLC	0.177	1.200	2.512	1.427	0.146	0.438	2.308

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

RISULTATI ANALISI SISMICHE

LEGENDA TABELLA ANALISI SISMICHE

Il programma consente l'analisi di diverse configurazioni sismiche.

Sono previsti, infatti, i seguenti casi di carico:

9. Esk caso di carico sismico con analisi statica equivalente

10. Edk caso di carico sismico con analisi dinamica

Ciascun caso di carico è caratterizzato da un angolo di ingresso e da una configurazione di masse determinante la forza sismica complessiva (si rimanda al capitolo relativo ai casi di carico per chiarimenti inerenti questo aspetto).

Nella colonna Note, in funzione della norma in uso sono riportati i parametri fondamentali che caratterizzano l'azione sismica: in particolare possono essere presenti i seguenti valori:

Angolo ingresso	di	Angolo di ingresso dell'azione sismica orizzontale
Fattore importanza	di	Fattore di importanza dell'edificio, in base alla categoria di appartenenza
Zona sismica		Zona sismica
Accelerazione ag		Accelerazione orizzontale massima sul suolo
Categoria suolo		Categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione
Fattore q		Fattore di struttura/di comportamento. Dipendente dalla tipologia strutturale
Amplificazione ND		Coefficiente di amplificazione q/qND delle azioni sismiche (solo per elementi progettati in campo non dissipativo)
Fattore di sito S		Fattore dipendente dalla stratigrafia e dal profilo topografico
Classe di duttilità CD		Classe di duttilità della struttura – "A" duttilità alta, "B" duttilità bassa
Fattore SLD	riduz.	Fattore di riduzione dello spettro elastico per lo stato limite di danno
Periodo T1	proprio	Periodo proprio di vibrazione della struttura
Coefficiente Lambda		Coefficiente dipendente dal periodo proprio T1 e dal numero di piani della struttura
Ordinata Sd(T1)	spettro	Valore delle ordinate dello spettro di progetto per lo stato limite ultimo, componente orizzontale (verticale Svd)
Ordinata Se(T1)	spettro	Valore delle ordinate dello spettro elastico ridotta del fattore SLD per lo stato limite di danno, componente orizzontale (verticale Sve)
Ordinata S (Tb-Tc)	spettro	Valore dell'ordinata dello spettro in uso nel tratto costante
numero di modi considerati		Numero di modi di vibrare della struttura considerati nell'analisi dinamica

Nel caso di elementi progettati in campo non dissipativo vengono adottate le sollecitazioni calcolate con un fattore qND ricavato come da 7.3.2 in funzione del fattore di comportamento q utilizzato per la struttura: $1 < qND = 2/3 * q < 1.5$

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

Il coefficiente di amplificazione delle azioni sismiche rispetto alle azioni calcolate con il fattore di comportamento globale viene indicato nelle relative tabelle.

Per ciascun caso di carico sismico viene riportato l'insieme di dati sotto riportati (le masse sono espresse in unità di forza):

- a) analisi sismica statica equivalente:
 - quota, posizione del centro di applicazione e azione orizzontale risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/Ls (per strutture a nucleo), indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2
 - azione sismica complessiva
- b) analisi sismica dinamica con spettro di risposta:
 - quota, posizione del centro di massa e massa risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/Ls (per strutture a nucleo) , indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2
 - frequenza, periodo, accelerazione spettrale, massa eccitata nelle tre direzioni globali per tutti i modi
 - massa complessiva ed aliquota di massa complessiva eccitata.

Per ciascuna combinazione sismica definita SLD o SLO viene riportato il livello di deformazione η_T (dr) degli elementi strutturali verticali. Per semplicità di consultazione il livello è espresso anche in unità $1000 \cdot \eta_T/h$ da confrontare direttamente con i valori forniti nella norma (es. 5 per edifici con tamponamenti collegati rigidamente alla struttura, 10.0 per edifici con tamponamenti collegati elasticamente, 3 per edifici in muratura ordinaria, 4 per edifici in muratura armata).

Qualora si applichi il D.M. 96 (vedi NOTA sul capitolo "normativa di riferimento") l'analisi sismica dinamica può essere comprensiva di sollecitazione verticale contemporanea a quella orizzontale, nel qual caso è effettuata una sovrapposizione degli effetti in ragione della radice dei quadrati degli effetti stessi. Per ciascuna combinazione sismica - analisi effettuate con il D.M. 96 (vedi NOTA sul capitolo "normativa di riferimento") - viene riportato il livello di deformazione η_T , η_P e η_D degli elementi strutturali verticali. Per semplicità di consultazione il livello è espresso in unità $1000 \cdot \eta_T/h$ da confrontare direttamente con il valore 2 o 4 per la verifica.

Per gli edifici sismicamente isolati si riportano di seguito le verifiche condotte sui dispositivi di isolamento. Le verifiche sono effettuate secondo la circolare n.7/2019 del C.S.LL.PP nelle combinazioni in SLC come previsto dal DM 17-01-2018. Per ogni combinazione è riportato il codice di verifica ed i valori utilizzati per la verifica: spostamento dE, area ridotta e dimensione A2, azione verticale, deformazioni di taglio dell'elastomero e tensioni nell'acciaio.

Qualora si applichi l'Ordinanza 3274 e s.m.i. le verifiche sono eseguite in accordo con l'allegato 10.A.

In particolare la tabella, per ogni combinazione di calcolo, riporta:

Nodo	Nodo di appoggio dell' isolatore
Cmb	Combinazione oggetto della verifica
Verif.	Codice di verifica ok – verifica positiva , NV – verifica negativa, ND – verifica non completata
dE	Spostamento relativo tra le due facce (amplificato del 20% per Ordinanza 3274 e smi) combinato con la regola del 30%
Ang fi	Angolo utilizzato per il calcolo dell' area ridotta A_r (per dispositivi circolari)
V	Azione verticale agente
A_r	Area ridotta efficace
Dim A2	Dimensione utile per il calcolo della deformazione per rotazione
Sig s	Tensione nell' inserto in acciaio
Gam c(a,s,t)	Deformazioni di taglio dell' elastomero
Vcr	Carico critico per instabilità



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	37 di 80

Affinché la verifica sia positiva deve essere:

- 1) $V > 0$
- 2) $\text{Sig } s < f_{yk}$
- 3) $\text{Gam } t < 5$
- 4) $\text{Gam } s < \text{Gam } * \text{ (caratteristica dell' elastomero)}$
- 5) $\text{Gam } s < 2$
- 6) $V < 0.5 V_{cr}$

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
2	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 sec.
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.395

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
130.00	93.29	93.29	125.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105.00	254.98	348.27	410.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80.00	203.99	552.26	410.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
55.00	152.99	705.25	410.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30.00	101.99	807.24	410.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.00	51.00	858.24	410.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	858.24		2175.00									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
3	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 sec.
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.395



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	38 di 80

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
130.00	93.29	93.29	125.00	75.00	50.00	0.0	5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105.00	254.98	348.27	410.00	75.00	50.00	0.0	5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80.00	203.99	552.26	410.00	75.00	50.00	0.0	5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
55.00	152.99	705.25	410.00	75.00	50.00	0.0	5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30.00	101.99	807.24	410.00	75.00	50.00	0.0	5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.00	51.00	858.24	410.00	75.00	50.00	0.0	5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	858.24		2175.00									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
4	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 sec.
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.395

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
130.00	93.29	93.29	125.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105.00	254.98	348.27	410.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80.00	203.99	552.26	410.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
55.00	152.99	705.25	410.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30.00	101.99	807.24	410.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.00	51.00	858.24	410.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	858.24		2175.00									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
5	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.395 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 sec.
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.395



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	39 di 80

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
130.00	93.29	93.29	125.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105.00	254.98	348.27	410.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80.00	203.99	552.26	410.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
55.00	152.99	705.25	410.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30.00	101.99	807.24	410.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.00	51.00	858.24	410.00	75.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	858.24		2175.00									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
6	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.136 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 sec.
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.136

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
130.00	32.09	32.09	125.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105.00	87.72	119.81	410.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80.00	70.17	189.98	410.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
55.00	52.63	242.61	410.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30.00	35.09	277.70	410.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.00	17.54	295.24	410.00	75.00	50.00	0.0	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	295.24		2175.00									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
7	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.136 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 sec.
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.136

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
130.00	32.09	32.09	125.00	75.00	50.00	0.0	5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105.00	87.72	119.81	410.00	75.00	50.00	0.0	5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80.00	70.17	189.98	410.00	75.00	50.00	0.0	5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
55.00	52.63	242.61	410.00	75.00	50.00	0.0	5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI
CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	41 di 80



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI
CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	42 di 80

RISULTATI NODALI

LEGENDA RISULTATI NODALI

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne i nodi strutturali, è possibile in relazione alle tabelle sottoriportate.

Una prima tabella riporta infatti per ogni nodo e per ogni combinazione (o caso di carico) gli spostamenti nodali.

Una seconda tabella riporta per ogni nodo a cui sia associato un vincolo rigido e/o elastico o una fondazione speciale e per ogni combinazione (o caso di carico) i valori delle azioni esercitate dalla struttura sui vincoli (reazioni vincolari cambiate di segno).

Una terza tabella, infine riassume per ogni nodo le sei combinazioni in cui si attingono i valori minimi e massimi della reazione Fz, della reazione Mx e della reazione My.

Nodo	Cmb	Traslazione X cm	Traslazione Y cm	Traslazione Z cm	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
1	1	0.02	2.79e-06	-0.22	0.0	5.11e-04	0.0
1	4	-0.03	2.11e-06	-0.16	0.0	1.20e-03	0.0
1	15	-0.04	0.05	-0.11	0.0	2.04e-03	-1.16e-04
1	21	-0.02	0.17	-0.32	0.0	1.07e-03	-2.72e-04
1	47	-0.02	0.02	-0.14	0.0	1.27e-03	-3.98e-05
1	53	-8.53e-03	0.06	-0.24	0.0	6.93e-04	-9.35e-05
1	69	0.01	2.15e-06	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
1	71	0.01	2.15e-06	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
1	73	0.01	2.15e-06	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
2	1	0.02	0.0	-0.22	0.0	5.11e-04	0.0
2	4	-0.03	0.0	-0.16	0.0	1.20e-03	0.0
2	15	-0.03	0.05	-0.08	0.0	2.04e-03	-1.16e-04
2	21	-0.01	0.17	-0.23	0.0	1.07e-03	-2.72e-04
2	24	-7.88e-03	-0.17	-0.04	0.0	1.19e-03	2.72e-04
2	37	4.42e-03	0.02	-0.21	0.0	3.82e-04	-3.99e-05
2	47	-0.02	0.02	-0.13	0.0	1.27e-03	-3.99e-05
2	56	-9.45e-03	-0.06	-0.12	0.0	9.57e-04	9.36e-05
2	69	0.01	0.0	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
2	71	0.01	0.0	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
2	73	0.01	0.0	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
3	1	0.02	0.0	-0.22	0.0	5.11e-04	0.0
3	2	-0.02	0.0	-0.21	0.0	1.32e-03	0.0
3	4	-0.03	0.0	-0.16	0.0	1.20e-03	0.0
3	15	-0.03	0.05	-0.06	0.0	2.04e-03	-1.16e-04
3	26	-6.84e-03	-0.17	-0.14	0.0	1.07e-03	2.72e-04
3	46	5.42e-03	-0.02	-0.20	0.0	3.82e-04	3.99e-05
3	47	-0.02	0.02	-0.13	0.0	1.27e-03	-3.99e-05
3	58	-3.85e-03	-0.06	-0.17	0.0	6.92e-04	9.36e-05
3	69	0.01	0.0	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
3	70	-0.01	0.0	-0.16	0.0	9.33e-04	0.0
3	71	0.01	0.0	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
3	72	-5.13e-03	0.0	-0.16	0.0	7.71e-04	0.0
3	73	0.01	0.0	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
3	74	-5.13e-03	0.0	-0.16	0.0	7.71e-04	0.0
4	1	0.02	0.0	-0.22	0.0	5.11e-04	0.0
4	4	-0.03	0.0	-0.16	0.0	1.20e-03	0.0
4	8	-0.03	-0.05	-0.08	0.0	2.04e-03	1.16e-04
4	26	-0.01	-0.17	-0.23	0.0	1.07e-03	2.72e-04
4	27	-7.88e-03	0.17	-0.04	0.0	1.19e-03	-2.72e-04

4	40	-0.02	-0.02	-0.13	0.0	1.27e-03	3.99e-05
4	46	4.42e-03	-0.02	-0.21	0.0	3.82e-04	3.99e-05
4	59	-9.45e-03	0.06	-0.12	0.0	9.57e-04	-9.36e-05
4	69	0.01	0.0	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
4	71	0.01	0.0	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
4	73	0.01	0.0	-0.17	0.0	3.93e-04	0.0
5	1	0.02	-2.79e-06	-0.22	0.0	5.11e-04	0.0
5	4	-0.03	-2.11e-06	-0.16	0.0	1.20e-03	0.0
5	8	-0.04	-0.05	-0.11	0.0	2.04e-03	1.16e-04
...							
100	74	0.27	2.92e-06	-0.26	0.0	8.22e-04	0.0
Nodo		Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
		-0.04	-1.07	-0.51	-3.56e-03	3.82e-04	-2.74e-04
		0.73	1.07	0.04	3.56e-03	2.29e-03	2.74e-04
Nodo	Cmb	Azione X daN	Azione Y daN	Azione Z daN	Azione RX daN cm	Azione RY daN cm	Azione RZ daN cm
Nodo		Azione X	Azione Y	Azione Z	Azione RX	Azione RY	Azione RZ
Nodo	Cmb	Azione X daN	Azione Y daN	Azione Z daN	Azione RX daN cm	Azione RY daN cm	Azione RZ daN cm

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE

LEGENDA RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne le opere di fondazione, è possibile in relazione alle tabelle sotto riportate.

La prima tabella è riferita alle fondazioni tipo palo e plinto su pali.

Per questo tipo di fondazione vengono riportate le sei componenti di sollecitazione (espresse nel riferimento globale della struttura) per ogni palo componente l'opera.

In particolare viene riportato:

Nodo	numero del nodo a cui è applicato il plinto
Tipo	codice corrispondente al nome assegnato al tipo di plinto di fondazione: 3) palo singolo (<i>PALO</i>) 4) plinto su palo 5) plinto su due pali (<i>PL.2P</i>) 6) plinto su tre pali (<i>PL.3P</i>) 7) plinto su quattro pali (<i>PL.4P</i>) 8) plinto rettangolare su cinque pali (<i>PL.5P.R</i>) 9) plinto pentagonale su cinque pali (<i>PL.5P</i>) 10) plinto su sei pali (<i>PL.6P</i>)
Palo	numero del palo
Comb.	combinazione di carico in cui si verificano le sei componenti di sollecitazione.
Quota	quota assoluta della sezione del palo per cui si riportano le sei componenti di sollecitazione.

L'azione F_z (corrispondente allo sforzo normale nel palo) è costante poiché il peso del palo stesso non è considerato nella modellazione.

La seconda tabella è riferita alle fondazioni tipo plinto su suolo elastico.

Per questo tipo di fondazione vengono riportate le pressioni nei quattro vertici dell'impronta sul terreno.

In particolare viene riportato:

Nodo	numero del nodo a cui è applicato il plinto
Tipo	Codice identificativo del nome assegnato al plinto
area	area dell'impronta del plinto
Wink O Wink V	coefficienti di Winkler (orizzontale e verticale) adottati
Comb	Combinazione di carico in cui si verificano i valori riportati
Pt (P1 P2 P3 P4)	valori di pressione nei vertici

La terza tabella è riferita alle fondazioni tipo platea su suolo elastico.

Per questo tipo di fondazione vengono riportate le pressioni in ogni vertice (nodo) degli elementi costituenti la platea.

La quarta tabella è riferita alle fondazioni tipo trave su suolo elastico.

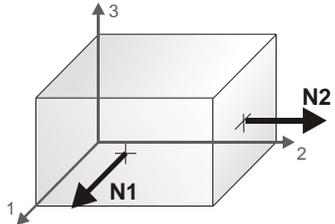
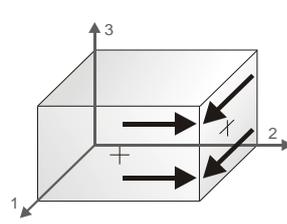
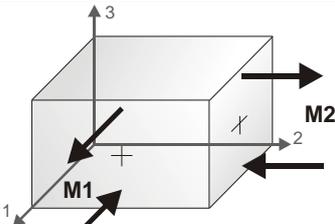
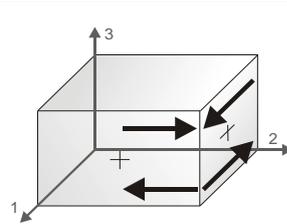
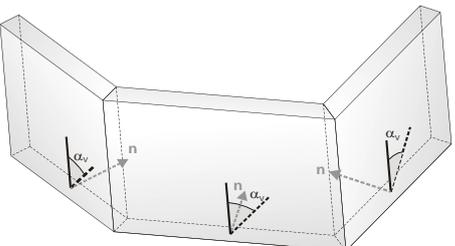
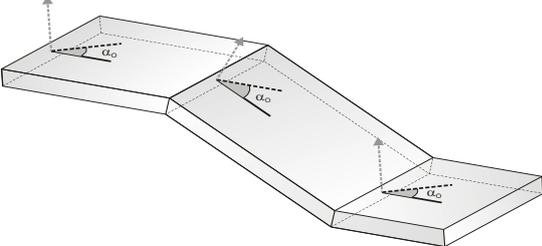
Per questo tipo di fondazione vengono riportate le pressioni alle estremità dell'elemento e la massima (in valore assoluto) pressione lungo lo sviluppo dell'elemento.

RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL

LEGENDA RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne gli elementi tipo shell, è possibile in relazione alle tabelle sottoriportate.

Per ogni elemento, e per ogni combinazione(o caso di carico) vengono riportati i risultati più significativi.

 <p>Azione N</p>	 <p>Azione N 1-2</p>
 <p>Azione M</p>	 <p>Azione M 1-2</p>
<p>orientamento per stampa setti</p> 	<p>orientamento per stampa gusci</p> 

In particolare vengono riportati in ogni nodo di un elemento per ogni combinazione:

tensione di Von Mises	(valore riassuntivo del complessivo stato di sollecitazione)	
N max	sforzo membranale principale massimo	
N min	sforzo membranale principale minimo	
M max	sforzo flessionale principale massimo	
M min	sforzo flessionale principale minimo	
N1	N2	sforzi membranali e flessionali in direzione locale 1 e 2 dell'elemento (lo sforzo 2-1 è uguale allo sforzo 1-2 per la reciprocità delle tensioni tangenziali)
N1-2	M1	
M2	M1-2	

I suddetti risultati possono a scelta del progettista essere preceduti o sostituiti da valori di sollecitazione non più riferiti al sistema locale dell'elemento ma al sistema globale.

In questo caso gli elementi vengono raggruppati in gruppi (M_S: macro gusci o macro setti, raggruppati per materiale, spessore, e posizione fisica) per la valutazione dei valori mediati ai nodi appartenenti agli elementi dei gruppi stessi.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	47 di 80

I valori di sollecitazione sono, in questo caso, riferiti ad una terna specifica del gruppo ruotata di α_0 attorno all'asse Z per i gusci e ruotata di α_V attorno alla normale (che per definizione è orizzontale) al piano del setto.

Per i setti, in particolare, se α_V è zero, l'asse '1-1 rappresenta la verticale e l'asse '2-2 l'orizzontale contenuta nel setto.

Le azioni sui setti possono essere espresse anche con formato macro, cioè riferite all'intero macroelemento.

In particolare vengono riportati per ogni quota Z dei nodi e per ogni combinazione i seguenti valori:

N memb.	Azione membranale complessiva agente sulla parete in direzione Z
V memb.	Azione complessiva di taglio agente nel piano del macroelemento
V orto	Azione complessiva di taglio agente in direzione perpendicolare al macroelemento
M memb.	Azione flessionale complessiva agente nel piano del macroelemento
M orto	Azione flessionale complessiva agente in direzione perpendicolare al macroelemento
T	Azione torsionale complessiva agente nel piano orizzontale

Macro	Tipo	Angolo 1-Z (gradi)
1	Setto	0.0

M_S	Cmb	Z cm	N memb. daN	V memb. daN	V orto daN	M memb. daN cm	M orto daN cm	T daN cm
1	1	-210.00	243.75	0.0	4.67	0.0	0.0	0.0
1	1	-160.00	243.75	0.0	4.67	0.0	-2.91e-06	0.0
1	2	-210.00	243.75	0.0	4.67	0.0	0.0	0.0
1	2	-160.00	243.75	0.0	4.67	0.0	-2.91e-06	0.0
1	4	-210.00	187.50	0.0	3.59	0.0	0.0	0.0
1	4	-160.00	187.50	0.0	3.59	0.0	-2.24e-06	0.0
1	5	-210.00	187.50	-2.38e-06	8.23	-7.82	1.02e-06	855.99
1	5	-160.00	187.50	2.76e-06	8.23	7.82	-1.12e-06	1644.86
1	6	-210.00	187.50	0.0	8.23	8.52	1.02e-06	-864.99
1	6	-160.00	187.50	3.20e-06	8.23	-8.52	-1.12e-06	-1615.09
1	21	-210.00	187.50	-3.43e-06	4.98	-27.13	0.0	2866.96
1	21	-160.00	187.50	0.0	4.98	27.13	-1.90e-06	5437.71
1	26	-210.00	187.50	3.43e-06	4.98	27.13	0.0	-2866.96
1	26	-160.00	187.50	0.0	4.98	-27.13	-1.90e-06	-5437.71
1	38	-210.00	187.50	0.0	2.68	2.93	0.0	-297.57
1	38	-160.00	187.50	1.94e-06	2.68	-2.93	-1.91e-06	-555.61
1	40	-210.00	187.50	0.0	4.50	2.69	0.0	-294.47
1	40	-160.00	187.50	-1.04e-06	4.50	-2.69	-2.56e-06	-565.85
1	45	-210.00	187.50	0.0	2.68	-2.93	0.0	297.57
1	45	-160.00	187.50	-1.94e-06	2.68	2.93	-1.91e-06	555.61
1	56	-210.00	187.50	0.0	3.87	9.33	0.0	-986.26
1	56	-160.00	187.50	1.04e-06	3.87	-9.33	-2.33e-06	-1870.63
1	69	-210.00	187.50	0.0	3.60	0.0	0.0	0.0
1	69	-160.00	187.50	0.0	3.60	0.0	-2.24e-06	0.0
1	70	-210.00	187.50	0.0	3.59	0.0	0.0	0.0
1	70	-160.00	187.50	0.0	3.59	0.0	-2.24e-06	0.0
1	71	-210.00	187.50	0.0	3.60	0.0	0.0	0.0
1	71	-160.00	187.50	0.0	3.60	0.0	-2.24e-06	0.0
1	72	-210.00	187.50	0.0	3.59	0.0	0.0	0.0



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	48 di 80

1	72	-160.00	187.50	0.0	3.59	0.0	-2.24e-06	0.0
1	73	-210.00	187.50	0.0	3.60	0.0	0.0	0.0
1	73	-160.00	187.50	0.0	3.60	0.0	-2.24e-06	0.0
1	74	-210.00	187.50	0.0	3.59	0.0	0.0	0.0
1	74	-160.00	187.50	0.0	3.59	0.0	-2.24e-06	0.0

M_S	N memb.	V memb.	V orto	M memb.	M orto	T
	187.50	-3.43e-06	2.68	-27.13	-2.91e-06	-5437.71
	243.75	3.43e-06	8.23	27.13	1.02e-06	5437.71

Macro	Tipo	Angolo 1-Z (gradi)
3	Setto	0.0

M_S	Cmb	Z	N memb.	V memb.	V orto	M memb.	M orto	T
		cm	daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
3	2	-160.00	-6915.08	0.0	1239.66	0.0	-1.225e+05	0.0
3	2	-136.17	-6915.08	0.0	1239.66	0.0	-9.172e+04	0.0
3	2	-112.33	-6305.25	0.0	1042.93	-5.04e-06	-6.657e+04	0.0
3	2	-88.50	-5695.42	0.0	830.93	0.0	-4.649e+04	0.0
3	2	-64.67	-5085.58	0.0	643.60	0.0	-3.091e+04	0.0
3	2	-40.83	-4475.75	0.0	482.01	0.0	-1.925e+04	0.0
3	2	-20.00	-3885.42	0.0	351.52	0.0	-1.181e+04	0.0
3	2	5.00	-3287.50	0.0	237.89	0.0	-5775.00	0.0
3	2	30.00	-2662.50	0.0	141.53	0.0	-2231.25	0.0
3	2	55.00	-2037.50	0.0	69.93	0.0	-525.00	0.0
3	2	80.00	-1412.50	0.0	23.83	0.0	0.0	0.0
3	2	105.00	-787.50	0.0	2.60	0.0	0.0	0.0
3	2	130.00	-162.50	0.0	0.16	0.0	0.0	0.0
3	4	-160.00	-6080.83	0.0	953.80	0.0	-9.423e+04	0.0
3	4	-136.17	-6080.83	0.0	953.80	0.0	-7.056e+04	0.0
3	4	-112.33	-5542.50	0.0	802.27	-3.88e-06	-5.121e+04	0.0
3	4	-88.50	-5004.17	0.0	639.18	0.0	-3.576e+04	0.0
3	4	-64.67	-4465.83	0.0	495.07	0.0	-2.377e+04	0.0
3	4	-40.83	-3927.50	0.0	370.78	0.0	-1.481e+04	0.0
3	4	-20.00	-3404.17	0.0	270.40	0.0	-9086.54	0.0
3	4	5.00	-2875.00	0.0	182.99	0.0	-4442.31	0.0
3	4	30.00	-2325.00	0.0	108.87	0.0	-1716.35	0.0
3	4	55.00	-1775.00	0.0	53.79	0.0	-403.85	0.0
3	4	80.00	-1225.00	0.0	18.33	0.0	0.0	0.0
3	4	105.00	-675.00	0.0	2.00	0.0	0.0	0.0
3	4	130.00	-125.00	0.0	0.12	0.0	0.0	0.0
3	5	-160.00	-4540.83	257.47	2248.16	6.126e+04	-2.238e+05	217.96
3	5	-136.17	-4540.83	257.47	2248.16	5.516e+04	-1.680e+05	-1477.65
3	5	-112.33	-4142.50	257.47	1945.33	4.901e+04	-1.210e+05	-3235.25
3	5	-88.50	-3744.17	257.47	1592.47	4.287e+04	-8.240e+04	-3909.61
3	5	-64.67	-3345.83	257.47	1260.36	3.674e+04	-5.177e+04	-4148.63
3	5	-40.83	-2947.50	257.47	950.95	3.060e+04	-2.867e+04	-4214.60
3	5	-20.00	-2564.17	257.47	675.84	2.524e+04	-1.430e+04	-4192.59
3	5	5.00	-2175.00	257.47	415.50	1.880e+04	-3815.99	-4048.37
3	5	30.00	-1765.00	242.17	199.28	1.275e+04	1060.20	-3682.43
3	5	55.00	-1355.00	211.57	50.21	7457.14	2110.26	-3107.67
3	5	80.00	-945.00	165.68	-29.63	3314.45	1113.93	-2373.71
3	5	105.00	-535.00	104.48	-41.55	701.29	-149.08	-1543.77
3	5	130.00	-125.00	27.99	-1.09	-0.45	0.0	-215.14
3	13	-160.00	-4540.83	257.47	2248.16	6.126e+04	-2.238e+05	1967.59
3	13	-136.17	-4540.83	257.47	2248.16	5.516e+04	-1.680e+05	7347.83
3	13	-112.33	-4142.50	257.47	1945.33	4.901e+04	-1.210e+05	5510.61
3	13	-88.50	-3744.17	257.47	1592.47	4.287e+04	-8.240e+04	4748.30
3	13	-64.67	-3345.83	257.47	1260.36	3.674e+04	-5.177e+04	4446.84
3	13	-40.83	-2947.50	257.47	950.95	3.060e+04	-2.867e+04	4318.02
3	13	-20.00	-2564.17	257.47	675.84	2.524e+04	-1.430e+04	4235.00
3	13	5.00	-2175.00	257.47	415.50	1.880e+04	-3815.99	4060.96
3	13	30.00	-1765.00	242.17	199.28	1.275e+04	1060.20	3686.40



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	49 di 80

...									
3	74	130.00	-125.00	0.0	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0
M_S			N memb.	V memb.	V orto	M memb.	M orto		T
			-6915.08	-858.24	-180.40	-2.042e+05	-2.238e+05		-1.111e+04
			-125.00	257.47	2248.16	6.126e+04	2.028e+04		7347.83

Macro	Tipo	Angolo 1-X (gradi)
2	Guscio	0.0

M_G	Cmb	Nodo	N max daN/cm	N min daN/cm	N 1 daN/cm	N 2 daN/cm	N 1-2 daN/cm	M max daN	M min daN	M 1 daN	M 2 daN	M 1-2 daN
2	1	6	1.56	-0.57	1.56	-0.57	-0.10	31.16	2.71	30.48	3.39	4.35
2	1	7	2.96	-0.40	2.37	0.18	1.28	218.83	-4.88	214.55	-0.59	30.66
2	1	8	4.68	-0.30	4.40	-1.00e-02	1.16	408.62	-8.54	407.18	-7.10	24.48
2	1	9	5.57	-0.98	5.07	-0.48	1.73	512.15	-35.60	509.97	-33.42	34.46
2	1	10	4.34	1.38	4.18	1.53	0.66	25.98	-186.63	-177.16	16.50	-43.88
2	1	11	0.56	-2.54	-1.45	-0.53	1.48	-20.86	-262.03	-254.23	-28.66	42.67
2	1	12	0.68	-1.66	-1.43	0.46	0.69	33.60	-77.39	-21.27	-22.52	55.49
2	1	13	1.12	0.24	1.08	0.27	0.17	23.68	-11.52	21.32	-9.17	8.79
2	1	14	2.47	-8.59e-02	2.47	-8.44e-02	6.18e-02	214.11	0.59	212.98	1.71	15.46
2	1	15	5.06	-0.26	5.03	-0.23	0.40	411.94	13.73	411.82	13.86	7.15
2	1	16	8.10	-0.35	8.04	-0.30	0.69	552.16	30.82	551.89	31.10	-11.98
2	1	17	2.44	1.20	2.24	1.40	0.45	-29.51	-218.14	-216.40	-31.25	-18.00
2	1	18	1.48	-2.52	-2.05	1.01	1.29	-24.68	-270.14	-269.24	-25.58	14.86
2	1	19	1.13	-0.91	-0.91	1.12	9.34e-02	-6.06	-21.13	-21.12	-6.06	-0.27
2	1	20	1.26	0.59	1.26	0.59		26.65	-15.23	26.65	-15.23	
2	1	21	2.67	-0.21	2.67	-0.21		211.36	4.20	211.36	4.20	
2	1	22	5.53	-0.45	5.53	-0.45		408.63	27.11	408.63	27.11	
2	1	23	8.86	-0.13	8.86	-0.13		548.65	62.93	548.65	62.93	
2	1	24	2.57	1.76	2.57	1.76		-33.46	-199.78	-199.78	-33.46	
2	1	25	1.12	-2.83	-2.83	1.12		-44.29	-275.56	-275.56	-44.29	
2	1	26	2.11	-0.94	-0.94	2.11		5.85	-20.23	-20.23	5.85	
2	1	27	1.12	0.24	1.08	0.27	-0.17	23.68	-11.52	21.32	-9.17	-8.79
2	1	28	2.47	-8.59e-02	2.47	-8.44e-02	-6.18e-02	214.11	0.59	212.98	1.71	-15.46
2	1	29	5.06	-0.26	5.03	-0.23	-0.40	411.94	13.73	411.82	13.86	-7.15
2	1	30	8.10	-0.35	8.04	-0.30	-0.69	552.16	30.82	551.89	31.10	11.98
2	1	31	2.44	1.20	2.24	1.40	-0.45	-29.51	-218.14	-216.40	-31.25	18.00
2	1	32	1.48	-2.52	-2.05	1.01	-1.29	-24.68	-270.14	-269.24	-25.58	-14.86
2	1	33	1.13	-0.91	-0.91	1.12	-9.34e-02	-6.06	-21.13	-21.12	-6.06	0.27
2	1	34	1.56	-0.57	1.56	-0.57	0.10	31.16	2.71	30.48	3.39	-4.35
2	1	35	2.96	-0.40	2.37	0.18	-1.28	218.83	-4.88	214.55	-0.59	-30.66
2	1	36	4.68	-0.30	4.40	-1.00e-02	-1.16	408.62	-8.54	407.18	-7.10	-24.48
2	1	37	5.57	-0.98	5.07	-0.48	-1.73	512.15	-35.60	509.97	-33.42	-34.46
2	1	38	4.34	1.38	4.18	1.53	-0.66	25.98	-186.63	-177.16	16.50	43.88
2	1	39	0.56	-2.54	-1.45	-0.53	-1.48	-20.86	-262.03	-254.23	-28.66	-42.67
2	1	40	0.68	-1.66	-1.43	0.46	-0.69	33.60	-77.39	-21.27	-22.52	-55.49
2	2	6	1.59	-0.59	1.58	-0.58	-9.70e-02	32.66	5.48	31.47	6.67	5.55
2	2	7	2.97	-0.40	2.38	0.19	1.28	233.54	-6.97	229.83	-3.26	29.65
2	2	8	4.69	-0.30	4.40	-1.03e-02	1.16	391.50	-15.81	390.45	-14.76	20.67
2	2	9	5.56	-0.93	5.09	-0.46	1.68	339.04	-47.41	337.14	-45.51	27.02
2	2	10	4.34	1.22	4.18	1.38	0.68	12.14	-682.59	-680.16	9.70	-41.08
2	2	11	0.62	-2.56	-1.42	-0.51	1.52	-42.73	-408.70	-401.96	-49.47	49.21
2	2	12	0.68	-1.65	-1.42	0.45	0.70	49.21	-114.01	-18.61	-46.19	80.44
2	2	13	1.11	0.22	1.08	0.26	0.17	23.60	-11.98	21.00	-9.37	9.27
2	2	14	2.47	-8.50e-02	2.47	-8.34e-02	6.37e-02	231.01	2.63	230.10	3.55	14.46
2	2	15	5.07	-0.26	5.04	-0.23	0.41	400.03	14.93	400.03	14.93	1.55
2	2	16	8.09	-0.32	8.03	-0.26	0.73	386.20	21.39	385.00	22.59	-20.91
2	2	17	2.45	1.06	2.29	1.23	0.45	-101.96	-753.25	-752.89	-102.32	-15.35
2	2	18	1.49	-2.51	-2.07	1.05	1.25	-33.26	-411.71	-410.20	-34.77	23.86
...												
2	74	40	0.52	-1.27	-1.10	0.35	-0.53	32.99	-76.48	-15.12	-28.37	-54.33



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	50 di 80

M_G	N max	N min	N 1	N 2	N 1-2	M max	M min	M 1	M 2	M 1-2
	17.32	-9.21	-8.04	-2.58	-4.55	1590.75	-1017.53	-1002.40	-114.09	-570.88
			17.15	5.27	4.23			1567.18	174.31	205.32

Elem.	Cmb	Nodo	Von Mises	N max	N min	N 1	N 2	N 1-2	M max	M min	M 1	M 2	M 1-2
			daN/cm2	daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN	daN	daN
1	1	1	0.15	3.38	-1.27	-0.61	2.72	1.63	0.42	-2.58	-1.41	-0.75	1.46
		2	0.18	3.97	-1.28	0.40	2.29	-2.45	1.82	-1.46	0.20	0.16	-1.64
		13	0.09	1.89	-0.65	-0.64	1.88	0.08	2.80	-2.22	-0.22	0.79	2.46
		6	0.14	4.19	0.72	0.73	4.19	-0.12	5.62	-0.60	3.38	1.64	-2.99
1	7	1	0.13	2.01	-0.82	-0.77	1.97	0.36	2.15	-11.02	-7.87	-1.00	-5.62
		2	0.16	2.96	0.10	1.01	2.05	-1.34	7.34	-4.54	1.97	0.82	5.91
		13	0.86	2.56	-2.85	-1.76	1.47	-2.17	-13.77	-120.54	-14.16	-120.14	6.49
		6	0.96	5.00	0.03	0.84	4.19	1.83	4.56	-122.12	4.48	-122.03	3.35
1	56	1	0.09	1.95	-1.02	-0.79	1.73	0.79	-0.57	-3.32	-1.31	-2.58	1.22
		2	0.17	2.68	-0.23	0.46	1.98	-1.24	7.64	-7.30	0.96	-0.63	-7.43
		13	0.28	2.16	-1.74	-0.46	0.88	-1.83	26.56	-3.15	-0.61	24.02	-8.31
		6	0.37	4.55	0.78	0.99	4.34	0.87	38.42	2.81	3.26	37.97	-3.98
1	69	1	0.12	2.60	-0.98	-0.47	2.09	1.25	0.32	-1.99	-1.09	-0.58	1.13
		2	0.13	3.05	-0.98	0.31	1.76	-1.88	1.40	-1.12	0.15	0.13	-1.26
		13	0.07	1.45	-0.50	-0.50	1.45	0.06	2.15	-1.71	-0.17	0.61	1.89
		6	0.11	3.22	0.56	0.56	3.22	-0.09	4.33	-0.46	2.60	1.26	-2.30
1	71	1	0.12	2.60	-0.98	-0.47	2.09	1.25	0.32	-1.99	-1.09	-0.58	1.13
		2	0.13	3.05	-0.98	0.31	1.76	-1.88	1.40	-1.12	0.15	0.13	-1.26
		13	0.07	1.45	-0.50	-0.50	1.45	0.06	2.15	-1.71	-0.17	0.61	1.89
		6	0.11	3.22	0.56	0.56	3.22	-0.09	4.33	-0.46	2.60	1.26	-2.30
1	73	1	0.12	2.60	-0.98	-0.47	2.09	1.25	0.32	-1.99	-1.09	-0.58	1.13
		2	0.13	3.05	-0.98	0.31	1.76	-1.88	1.40	-1.12	0.15	0.13	-1.26
		13	0.07	1.45	-0.50	-0.50	1.45	0.06	2.15	-1.71	-0.17	0.61	1.89
		6	0.11	3.22	0.56	0.56	3.22	-0.09	4.33	-0.46	2.60	1.26	-2.30
2	1	2	0.12	3.10	-0.14	0.56	2.39	1.34	1.95	-1.75	-4.66e-03	0.20	1.85
		3	0.15	3.70	-0.20	1.15	2.35	-1.85	1.97	-1.54	0.05	0.38	-1.75
		20	0.11	1.65	-1.57	-1.56	1.65	0.13	2.38	-4.60	3.63e-03	-2.22	3.31
		13	0.10	2.04	-0.85	-0.83	2.03	-0.21	4.35	-4.37	0.19	-0.21	-4.35
2	23	2	0.28	1.32	-1.67	0.03	-0.38	1.48	17.41	-16.04	-1.65	3.01	16.56
		3	0.37	4.52	0.63	1.35	3.80	-1.51	23.73	-22.79	0.75	0.19	23.26
		20	0.59	-0.33	-2.99	-1.82	-1.49	-1.32	25.36	-63.75	-5.43	-32.96	42.37
		13	0.96	6.66	-1.24	-1.07	6.48	-1.17	5.97	-105.54	-3.00	-96.57	30.34
2	57	2	0.17	2.19	-1.02	0.10	1.07	1.53	7.03	-6.80	-0.80	1.03	6.86
		3	0.19	3.53	-0.33	0.69	2.51	-1.71	6.94	-6.90	-0.05	0.09	6.92
		20	0.20	0.54	-0.97	-0.94	0.52	0.19	15.58	-17.01	-0.03	-1.40	16.28
		13	0.32	3.58	-0.77	-0.51	3.32	-1.03	3.32	-25.63	0.57	-22.88	8.49
2	69	2	0.09	2.38	-0.11	0.43	1.84	1.03	1.50	-1.35	-3.59e-03	0.16	1.42
		3	0.11	2.84	-0.15	0.88	1.81	-1.42	1.52	-1.18	0.04	0.29	-1.35
		20	0.08	1.27	-1.20	-1.20	1.27	0.10	1.83	-3.54	2.79e-03	-1.71	2.55
		13	0.08	1.57	-0.65	-0.64	1.56	-0.16	3.35	-3.36	0.15	-0.16	-3.35
2	71	2	0.09	2.38	-0.11	0.43	1.84	1.03	1.50	-1.35	-3.59e-03	0.16	1.42
		3	0.11	2.84	-0.15	0.88	1.81	-1.42	1.52	-1.18	0.04	0.29	-1.35
		20	0.08	1.27	-1.20	-1.20	1.27	0.10	1.83	-3.54	2.79e-03	-1.71	2.55
		13	0.08	1.57	-0.65	-0.64	1.56	-0.16	3.35	-3.36	0.15	-0.16	-3.35
2	73	2	0.09	2.38	-0.11	0.43	1.84	1.03	1.50	-1.35	-3.59e-03	0.16	1.42
		3	0.11	2.84	-0.15	0.88	1.81	-1.42	1.52	-1.18	0.04	0.29	-1.35
		20	0.08	1.27	-1.20	-1.20	1.27	0.10	1.83	-3.54	2.79e-03	-1.71	2.55
		13	0.08	1.57	-0.65	-0.64	1.56	-0.16	3.35	-3.36	0.15	-0.16	-3.35
...													
76	74	99	0.05	0.81	-1.64	0.32	-1.15	0.98	0.25	3.00e-03	0.25	4.49e-03	-0.02
Elem.			Von Mises	N max	N min	N 1	N 2	N 1-2	M max	M min	M 1	M 2	M 1-2
			13.81	17.74	-100.28	-12.51	-96.27	-19.34	2142.00	-3037.75	-1780.15	-3037.38	-457.91
						15.96	6.48	19.57			2141.94	365.82	457.91

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

VERIFICHE ELEMENTI PARETE E/O GUSCIO IN C.A.

LEGENDA TABELLA VERIFICHE ELEMENTI PARETE E GUSCIO IN C.A.

Per le pareti in c.a., in ottemperanza al cap. 7 del DM 17-01-18, viene effettuata una doppia progettazione: sia come *Singolo Elemento* sia come *Parete Sismica* o *Parete Debolmente Armata*.

Per la progettazione come *Singolo Elemento* di ogni elemento vengono riportati il codice dello stato di verifica con le sigle **Ok e NV**, il rapporto x/d , la verifica per sollecitazioni ultime (verifica a compressione media gli sforzi membranali, verifica a presso-flessionale e verifica a sollecitazioni taglianti), gli sforzi membranali e flessionali, il quantitativo di armatura nella direzione principale e secondaria sia inferiore che superiore e il quantitativo di armatura a taglio.

Per la progettazione come *Parete Sismica* o *Parete Debolmente Armata* vengono riportate invece le caratteristiche geometriche della parete e delle zone dissipative (quest'ultime solo nel caso di parete sismica), i coefficienti di verifica a compressione assiale, pressoflessione e sollecitazioni taglianti.

Inoltre vengono riportate per ogni quota significativa l'armatura principale e secondaria, l'armatura in zona confinata (solo per parete sismica) e non confinata, l'armatura concentrata all'estremità (per pareti debolmente armate), lo sforzo assiale aggiuntivo per q superiore a 2 e i valori di involuppo di taglio e momento. Per le pareti debolmente armate viene riportato anche lo stato di verifica relativo alla snellezza.

Le azioni derivate dall'analisi, in ogni combinazione di calcolo, sono elaborate come previsto al punto 7.4.4.5.1: traslazione del momento, incremento e variazione diagramma taglio, incremento e decremento sforzo assiale

La progettazione nel caso dei gusci viene effettuata una progettazione come *Singolo Elemento*, riportando in tabella il rapporto x/d , la verifica per sollecitazioni ultime, (verifica a compressione media gli sforzi membranali, verifica a presso-flessionale e verifica a sollecitazioni taglianti) di ogni elemento.

Per ogni elemento, viene riportata inoltre la maglia di armatura necessaria in relazione alle risultanze della progettazione dei nodi dell'elemento stesso. Le quantità di armature necessarie sono armature (disposte rispettivamente in direzione principale e secondaria, inferiore e superiore) distribuite nell'elemento ed espresse in centimetri quadri per sviluppo lineare pari ad un metro.

Nel caso dei gusci viene effettuata, inoltre, la verifica a punzonamento, riportando in tabella il codice dello stato di verifica, il coefficiente di verifica per piastre prive di armature a taglio lungo il perimetro resistente e lungo il perimetro del pilastro, coefficiente di incremento dovuto ai momenti flettenti, fattore di amplificazione per le fondazioni, il fattore di amplificazione dell'altezza utile per individuare il perimetro di verifica lungo il quale l'armatura a taglio non è richiesta, il quantitativo di armatura a punzonamento, il numero di serie di armature, il numero di braccia di armatura ed il riferimento alla combinazione più gravosa.

Simbologia adottata nelle tabelle di verifica

Per gli elementi con progettazione "*Singolo Elemento ...*" è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Macro Guscio	Numero del macroelemento di tipo guscio (elementi non verticali contigui ed analoghi per proprietà)
--------------	---



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	52 di 80

Macro Setto	Numero del macroelemento di tipo setto (elementi verticali contigui ed analoghi per proprietà)
Spessore	Spessore della parete
Id Materiale	Codice del materiale assegnato all'elemento
Id Criterio	Codice del criterio di progetto assegnato all'elemento
Progettazione	Sigla tipo di Elemento: - Singolo Elemento; - Singolo Elemento FONDAZIONE; - Singolo Elemento NON DISSIPATIVO

Per gli elementi con progettazione “*Parete Sismica o Parete Debolmente Armata*” è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Parete	Numero della PARETE SISMICA
Parete PDA	Numero della PARETE DEBOLMENTE ARMATA
H totale	Altezza complessiva della parete
Spessore	Spessore della parete
H critica	Altezza come da punto 7.4.4.5.1 per traslazione momento (solo in Parete Sismica)
H critica V	Altezza della zona dissipativa (solo in Parete Sismica)
L totale	Larghezza di base della parete
L confinata	Lunghezza della zona dissipativa (solo in Parete Sismica)
Verif. N	Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 compressione semplice
Verif. N-M	Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 pressoflessione
Fattore V	Fattore di amplificazione del taglio di cui al punto 7.4.4.5.1
Diagramma V	Diagramma elaborato per effetto modi superiori come da fig. 7.4.4
Verif. V	Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 taglio (compressione cls, trazione acciaio, scorrimento in zona critica) (solo in Parete Sismica)
Verifica Snellezza	Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 limitazione compressione per prevenire l'instabilità (solo in Parete Debolmente Armata)
Prog. composta	Sigla per la progettazione composta

Per le verifiche degli elementi con progettazione “*Singolo Elemento ...*” e *Progettazione Composta* è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Nodo	numero del nodo
Stato	codice di verifica dell'elemento ok o NV
x/d	rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)
V N/M	Verifica delle sollecitazioni Normali (momento e sforzo normale)
Ver. rid	Rapporto Nd/Nu (Nu ottenuto con riduzione del 25% di fcd)
Af pr+	quantità di armatura richiesta in direzione principale relativa alla faccia positiva (estradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af pr-	quantità di armatura richiesta in direzione principale relativa alla faccia negativa (intradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af sec+	quantità di armatura richiesta in direzione secondaria relativa alla faccia positiva (estradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Af sec-	quantità di armatura richiesta in direzione secondaria relativa alla faccia negativa (intradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo)
Nz No Nzo	Sforzi membranali per pareti e/o setti verticali
Mz Mo Mzo	Sforzi flessionali per pareti e/o setti verticali



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	53 di 80

Nx	Ny	Nxy	Sforzi membranali per gusci orizzontali
Mx	Mx	Mxy	Sforzi flessionali per gusci orizzontali

Nodo	numero del nodo
Stato	codice di verifica dell'elemento ok o NV
Max tau	Tensione tangenziale Massima
Ver V pr	Verifica a taglio nella direzione principale lato calcestruzzo
Ver V sec	Verifica a taglio nella direzione secondaria lato calcestruzzo
Af V pr	Armatura nella direzione principale
V pr-	Verifica dell'armatura nella direzione principale
Af V sec	Armatura nella direzione secondaria
V sec-	Verifica dell'armatura nella direzione secondaria

Per le verifiche degli elementi con progettazione "*Parete Sismica o Parete Debolmente Armata*", oltre alla tabella con le verifiche per gli elementi con progettazione "*Singolo Elemento ...*", è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Quota	Ascissa verticale di riferimento
Af conf.	Numero e diametro armatura presente in una zona confinata
Af std	Diametro e passo armatura in zona non confinata (doppia maglia)
Af estremi	Diametro dei ferri di estremità del pannello; se posto uguale 0, viene utilizzato il diametro standard
Af V (ori)	Diametro e passo armatura orizzontale (doppia maglia)
Ver. N	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a compressione (normalizzato a 1 in quanto da confrontare con 40% in CDB e 35 % in CDA)
Ver. N/M	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a pressoflessione
Ver. V acc(7)	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio-trazione per alfaS minore di 2 secondo paragrafo 7.4.4.5.1
Ver. V cls	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio-compressione
Ver. V acc	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio-trazione
Ver. V scorr.	Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio scorrimento
N add	Sforzo assiale di cui al punto 7.4.4.5.1 da sommare e sottrarre nelle verifiche quando q supera 2
N invil M invil	Inviluppo del Momento e Sforzo Normale come al punto 7.4.4.5.1 (informativo) (solo in Parete Sismica)

Quota	Ascissa verticale di riferimento
N v.N	Valore dello sforzo assiale per cui Ver. N attinge il massimo valore
N v.M/N, M v.M/N	Valore dello sforzo assiale e momento per cui Ver. N/M attinge il massimo valore
N v.M/N, M v.M/N Mo v.M/N	Valore dello sforzo assiale e dei momenti per cui Ver. N/M attinge il massimo valore (per le pareti estese debolmente armate)
N v.Vcls, V v.Vcls,	Valore dello sforzo assiale e taglio per cui Ver. V. cls attinge il massimo valore
N v.Vacc, M v.Vacc, V v.Vacc,	Valore dello sforzo assiale, momento e taglio per cui Ver. V. acc attinge il massimo valore
N v.Vscorr, M v.Vscorr, V v.Vscorr,	Valore dello sforzo assiale, momento e taglio per cui Ver. V. scorr.e attinge il massimo valore



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	54 di 80

N v.N	Valore dello sforzo assiale per cui Ver. N attinge il massimo valore
N v.M/N, M v.M/N	Valore dello sforzo assiale e momento per cui Ver. N/M attinge il massimo valore
N v.M/N, M v.M/N Mo v.M/N	Valore dello sforzo assiale e dei momenti per cui Ver. N/M attinge il massimo valore (per le pareti estese debolmente armate)
N v.Vcls, V v.Vcls,	Valore dello sforzo assiale e taglio per cui Ver. V. cls attinge il massimo valore

Quota	Ascissa verticale di riferimento
CtgT Vcls	Valore di ctg(teta) adottato nella verifica V compressione cls
Vrsd Vcls	Valore della resistenza a taglio trazione (armatura di calcolo)
Vrcd Vcls	Valore della resistenza a taglio compressione
CtgT Vacc	Valore di ctg(teta) adottato nella verifica V trazione armatura
Vrsd Vacc	Valore della resistenza a taglio trazione (armatura presente)
Vrcd Vacc	Valore della resistenza a taglio compressione
Vdd	Valore del contributo alla resistenza allo scorrimento come da [7.4.20]
Vid	Valore del contributo alla resistenza allo scorrimento come da [7.4.21]
A s.i.	Somma delle aree di armature
Incli.	Angolo di inclinazione delle armature
Dist.	Distanza alla base tra le armature inclinate

Quota	Ascissa verticale di riferimento
V[7.4.16]	Verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima (7.4.16)
N M V	Sollecitazioni di calcolo della condizione più gravosa
Alfas	Rapporto di Taglio
Vrd,c	Resistenza a taglio degli elementi non armati
VRd,s	Resistenza a taglio nei confronti dello scorrimento
V[7.4.17]	Verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima (7.4.17)
roH	Rapporto tra l'armatura orizzontale e l'area della sezione relativa di calcestruzzo
roV	Rapporto tra l'armatura verticale e l'area della sezione relativa di calcestruzzo
roN	Sforzo normale adimensionalizzato Ned/(bw fyd)

Per la verifica a **Punzonamento** è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Nodo	numero del nodo
Stato	codice di verifica dell'elemento ok o NV
V. 6.47	Fattore di sicurezza per la verifica per piastre prive di armature a taglio lungo il perimetro resistente U1
V. 6.53	Fattore di sicurezza per la verifica per piastre prive di armature a taglio lungo il perimetro del pilastro U0
Beta	Fattore di incremento dovuto ai momenti flettenti
f. a fon	fattore di amplificazione per le fondazioni (solo per gusci di fondazione)
f. Uout	fattore di amplificazione dell'altezza utile per individuare il perimetro di verifica lungo il quale l'armatura a taglio non è richiesta
Aw tot	Quantitativo di armatura per la verifica di piastre munite di armatura (formula 6.52 dell'EC2)
Asw,min	Quantitativo minimo di armatura previsto dai dettagli costruttivi (formula 9.11 dell'EC2)
n. x serie	Numero di serie di armature
n.ser 0(R)	Numero di braccia delle armature in direzione 0 (o numero di braccia radiale)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

n.ser 90	Numero di braccia delle armatura in direzione 90 (solo se armatura cruciforme)
Rif. cmb	Riferimento combinazioni da cui si generano le verifiche più gravose

PROGETTAZIONE DELLE FONDAZIONI

Il D.M.17/01/2018 - par: 7.2.5 prevede:

“Sia per CD“A” sia per CD“B” il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azione in fondazione, trasmessa dagli elementi soprastanti, una tra le seguenti:

- quella derivante dall’analisi strutturale eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo;
- [...];
- quella trasferita dagli elementi soprastanti nell’ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a 1,30 in CD“A” e 1,10 in CD“B”;

Nel contesto visualizzazione risultati e nella stampa della relazione sulle fondazioni PRO_SAP mostra le sollecitazioni che derivano dall’analisi non incrementate sia in termini di pressioni sul terreno che in termini di sollecitazioni.

La progettazione degli elementi strutturali con proprietà fondazione è effettuata da PRO_SAP (per travi e platee) o da PRO_CAD Plinti (per plinti e pali di fondazione) incrementando le sollecitazioni delle combinazioni con sisma di un coefficiente pari 1.1 in CDB e 1.3 in CDA per pali, plinti, travi e platee.

Per i bicchieri dei plinti di fondazione prefabbricati l’incremento delle sollecitazioni ha un fattore pari a 1.2 in CDB e 1.35 in CDA.

N.B.: nel caso di comportamento strutturale non dissipativo la progettazione viene effettuata senza nessun incremento.

Le verifiche geotecniche vengono effettuate dal modulo geotecnico incrementando automaticamente le sollecitazioni del fattore 1.1 in CDB e 1.3 in CDA per pali, plinti, travi e platee.

N.B.: nel caso di comportamento strutturale non dissipativo le verifiche geotecniche vengono effettuate senza nessun incremento.

Macro Setto	Spessore	Id Materiale	Id Criterio	Progettazione
	cm			
1	30.00	3	1	Singolo elemento FONDAZIONE

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+Af	sec-Af	sec+	N z	N o	N zo	M z	M o	M zo
									daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
1	ok	0.13	9.05e-03	3.04e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	2.9	0.2	-1.9	4.9	-1.1	-1.5
2	ok	0.13	1.13e-02	4.35e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	4.1	1.4	0.6	-2.2	3.0	15.9
3	ok	0.13	1.34e-02	8.05e-05	6.2	6.2	6.2	6.2	3.8	1.3	1.6	-6.92e-02	-0.3	-21.7
4	ok	0.13	1.13e-02	4.35e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	-0.4	-8.00e-02	1.6	2.9	-2.4	18.3
5	ok	0.13	9.05e-03	3.04e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	2.7	-0.6	1.6	-0.7	-1.4	1.5
6	ok	0.13	3.36e-02	2.36e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	6.5	1.9	-2.5	80.3	4.5	5.4
13	ok	0.13	3.36e-02	1.03e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	2.9	-1.2	-3.4	-66.6	0.6	-32.9
20	ok	0.13	2.16e-02	1.02e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	1.0	-3.6	2.8	-105.9	-17.8	12.9
27	ok	0.13	3.36e-02	1.03e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	6.5	-1.0	-1.4	-66.4	1.3	28.4
34	ok	0.13	3.36e-02	2.36e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	6.5	1.9	2.5	80.3	4.5	-5.4



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	56 di 80

Nodo	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+Af	sec-Af	sec+	N z	N o	N zo	M z	M o	M zo
	0.13	0.03	1.03e-03	6.16	6.16	6.16	6.16	-0.38	-3.59	-3.43	-105.92	-17.79	-32.88
				6.52	6.52	6.52	6.52	6.52	1.89	2.81	80.32	4.48	28.44

Nodo	Stato	Max tau daN/cm2	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr daN/cm	V sec daN/cm
1	ok	0.08						
2	ok	0.08						
3	ok	0.08						
4	ok	0.08						
5	ok	0.08						
6	ok	0.08						
13	ok	0.08						
20	ok	0.08						
27	ok	0.08						
34	ok	0.08						

Nodo	Max tau	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec
	0.08						

Macro Setto	Spessore	Id Materiale	Id Criterio	Progettazione
	cm			
3	40.00	3	1	Singolo elemento FONDAZIONE

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+Af	sec-Af	sec+	N z daN/cm	N o daN/cm	N zo daN/cm	M z daN	M o daN	M zo daN
10	ok	0.09	0.4	2.71e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-186.5	-7.4	24.8	-1390.8	30.9	35.5
17	ok	0.09	0.3	1.61e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-106.5	-11.2	25.2	-1407.0	-73.3	-6.0
24	ok	0.09	0.3	1.34e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-36.3	-1.5	-4.8	-1568.0	-164.5	-24.1
31	ok	0.09	0.3	1.61e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-106.5	-11.2	-25.2	-1407.0	-73.3	6.0
38	ok	0.09	0.4	2.71e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-186.5	-7.4	-24.8	-1390.8	30.9	-35.5
41	ok	0.09	0.3	2.22e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-155.5	-1.5	-5.8	-1163.0	-19.1	-3.6
42	ok	0.09	0.3	1.52e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-96.0	-2.6	13.2	-1178.9	-44.0	-40.1
43	ok	0.09	0.2	1.33e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-48.5	-5.8	-19.1	-1231.1	-93.2	51.8
44	ok	0.09	0.3	1.52e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-96.0	-2.6	-13.2	-1178.9	-44.0	40.1
45	ok	0.09	0.3	2.22e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-155.5	-1.5	5.8	-1163.0	-19.1	3.6
46	ok	0.09	0.3	1.97e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-138.1	-1.1	-1.8	-961.2	-2.8	-14.2
47	ok	0.09	0.2	1.32e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-90.9	-0.4	12.1	-971.4	-16.2	-42.7
48	ok	0.09	0.2	1.19e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-37.9	0.3	15.1	-993.7	-37.2	-16.8
49	ok	0.09	0.2	1.32e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-90.9	-0.4	-12.1	-971.4	-16.2	42.7
50	ok	0.09	0.3	1.97e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-138.1	-1.1	1.8	-961.2	-2.8	14.2
51	ok	0.09	0.2	1.75e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-122.7	-0.5	-1.6	-772.5	-2.5	-13.8
52	ok	0.09	0.2	1.17e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-80.4	-0.2	12.0	-773.9	-4.7	-37.9
53	ok	0.09	0.2	1.06e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-33.8	0.6	15.5	-783.6	-11.6	-18.8
54	ok	0.09	0.2	1.17e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-80.4	-0.2	-12.0	-773.9	-4.7	37.9
55	ok	0.09	0.2	1.75e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-122.7	-0.5	1.6	-772.5	-2.5	13.8
56	ok	0.09	0.2	1.52e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-106.8	-0.4	-1.6	-318.3	-4.1	-12.8
57	ok	0.09	0.2	1.03e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-70.2	-0.3	8.0	-600.6	8.04e-02	-28.7
58	ok	0.09	0.1	9.45e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-33.6	-0.3	-15.5	-604.5	-0.3	12.2
59	ok	0.09	0.2	1.03e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-70.2	-0.3	-8.0	-600.6	8.04e-02	28.7
60	ok	0.09	0.2	1.52e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-106.8	-0.4	1.6	-318.3	-4.1	12.8
61	ok	0.09	0.1	1.29e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-90.7	-0.4	-1.5	-189.3	-3.6	-10.3
62	ok	0.09	0.1	8.89e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-56.2	0.5	12.5	-186.0	3.2	-27.8
63	ok	0.09	9.99e-02	8.30e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-25.7	0.5	15.7	-190.0	7.8	-10.1
64	ok	0.09	0.1	8.89e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-60.0	-0.4	-12.1	-186.5	2.9	25.8
65	ok	0.09	0.1	1.29e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-90.7	-0.4	1.5	-189.3	-3.6	10.3
66	ok	0.09	0.1	1.08e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-76.0	-6.09e-02	-1.8	-107.2	-4.0	-8.1
67	ok	0.09	9.11e-02	7.68e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-46.9	0.9	12.1	-104.0	3.4	-22.6
68	ok	0.09	7.87e-02	7.23e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-21.7	0.9	-15.2	-343.5	5.1	-7.2
69	ok	0.09	9.11e-02	7.68e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-50.9	-0.1	-7.8	-105.3	4.6	18.4



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	57 di 80

70	ok	0.09	0.1	1.08e-02	6.2	6.2	6.2	6.2	-76.0	-6.09e-02	1.8	-107.2	-4.0	8.1
71	ok	0.09	7.33e-02	8.41e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-59.0	0.3	-1.3	-42.7	-2.8	-6.4
72	ok	0.09	6.26e-02	6.33e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-36.7	0.9	11.7	-40.2	3.2	-17.2
73	ok	0.09	5.51e-02	6.12e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-17.6	0.7	-14.7	-232.8	5.7	-7.3
74	ok	0.09	6.26e-02	6.33e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-40.9	-0.9	-12.3	-40.4	2.8	15.6
75	ok	0.09	7.33e-02	8.41e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-59.0	0.3	1.3	-42.7	-2.8	6.4
76	ok	0.09	4.50e-02	6.05e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-42.4	0.7	-1.1	-8.2	-1.9	-4.3
77	ok	0.09	3.96e-02	5.01e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-26.8	0.9	10.6	-6.5	2.5	-12.4
78	ok	0.09	3.48e-02	4.97e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-13.6	0.5	-13.3	-145.0	5.8	-6.7
79	ok	0.09	3.96e-02	5.01e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-31.2	-1.0	-11.6	-6.7	2.0	11.2
80	ok	0.09	4.50e-02	6.05e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-42.4	0.7	1.1	-8.2	-1.9	4.3
81	ok	0.09	2.29e-02	3.91e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-23.4	0.8	-2.4	-77.6	-2.3	-2.6
82	ok	0.09	2.15e-02	3.85e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-17.5	1.2	4.6	-76.9	3.2	-12.5
83	ok	0.09	2.04e-02	3.84e-03	6.2	6.2	6.2	6.2	-9.5	0.2	11.0	-78.9	5.7	-6.3
...														
100	ok	0.09	3.94e-03	4.16e-04	6.2	6.2	6.2	6.2	-1.8	1.8	6.62e-02	-0.4	-1.4	1.3
Nodo		x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N z	N o	N zo	M z	M o	M zo
		0.09	0.43	0.03	6.16	6.16	6.16	6.16	-186.47	-11.17	-25.18	-1567.97	-164.52	-42.70
									-0.63	1.88	25.18	4.93	30.95	51.76

Nodo	Stato	Max tau daN/cm2	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr daN/cm	V sec daN/cm
10	ok	0.65						
17	ok	0.74						
24	ok	0.74						
31	ok	0.74						
38	ok	0.65						
41	ok	0.65						
42	ok	0.74						
43	ok	0.74						
44	ok	0.74						
45	ok	0.65						
46	ok	0.61						
47	ok	0.61						
48	ok	0.56						
49	ok	0.61						
50	ok	0.61						
51	ok	0.52						
52	ok	0.52						
53	ok	0.44						
54	ok	0.52						
55	ok	0.52						
56	ok	0.44						
57	ok	0.44						
58	ok	0.36						
59	ok	0.44						
60	ok	0.44						
61	ok	0.41						
62	ok	0.41						
63	ok	0.32						
64	ok	0.41						
65	ok	0.41						
66	ok	0.38						
67	ok	0.38						
68	ok	0.29						
69	ok	0.38						
70	ok	0.38						
71	ok	0.35						
72	ok	0.35						
73	ok	0.27						
74	ok	0.35						
75	ok	0.35						
76	ok	0.31						
77	ok	0.31						
78	ok	0.23						
79	ok	0.31						



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	58 di 80

80	ok	0.31
81	ok	0.25
82	ok	0.25
83	ok	0.19
...		

100	ok	0.03							
Nodo		Max tau	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec	
		0.74							

Macro Guscio	Spessore	Id Materiale	Id Criterio	Progettazione
	cm			
2	40.00	3	1	Singolo elemento

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
								daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
6	ok	0.12	6.99e-03	2.76e-04	12.4	12.4	12.4	-0.8	-0.2	-0.6	88.7	12.2	3.7
7	ok	0.12	3.51e-02	6.37e-04	12.4	12.4	12.4	2.1	0.8	1.3	504.3	20.0	31.9
8	ok	0.12	7.57e-02	3.29e-04	12.4	12.4	12.4	5.7	0.3	1.7	1077.4	-6.9	10.3
9	ok	0.12	0.1	6.17e-04	12.4	12.4	12.4	6.0	-0.7	4.1	1494.2	-117.7	146.5
10	ok	0.12	0.1	2.18e-03	12.4	12.4	12.4	-2.9	2.1	0.8	1855.8	206.3	-102.5
11	ok	0.12	2.89e-02	8.53e-04	12.4	12.4	12.4	-1.3	-5.0	1.3	-389.0	-101.5	153.4
12	ok	0.12	8.76e-03	4.33e-04	12.4	12.4	12.4	-0.5	-1.7	1.1	-14.1	-94.0	108.0
13	ok	0.12	7.34e-03	5.68e-04	12.4	12.4	12.4	-0.2	2.1	-0.7	70.2	-2.0	-46.4
14	ok	0.12	3.98e-02	6.98e-04	12.4	12.4	12.4	1.0	-0.2	-1.6	382.0	14.1	-295.3
15	ok	0.12	7.82e-02	4.03e-04	12.4	12.4	12.4	6.7	-9.91e-02	-1.8	1075.7	31.6	-142.3
16	ok	0.12	0.1	7.12e-04	12.4	12.4	12.4	12.4	-1.0	5.7	1604.3	102.0	192.1
17	ok	0.12	0.2	2.05e-03	12.4	12.4	12.4	16.0	4.4	1.7	2141.9	361.7	10.9
18	ok	0.12	3.07e-02	1.30e-03	12.4	12.4	12.4	-5.8	2.0	6.4	-516.8	-69.9	90.6
19	ok	0.12	9.54e-03	5.64e-04	12.4	12.4	12.4	-1.5	1.5	2.5	-29.8	-29.8	99.0
20	ok	0.12	7.31e-03	4.45e-04	12.4	12.4	12.4	-2.0	1.2	-2.4	62.8	-29.5	-45.0
21	ok	0.12	3.55e-02	6.72e-04	12.4	12.4	12.4	3.2	-3.88e-02	1.7	273.5	2.8	318.6
22	ok	0.12	7.67e-02	3.17e-04	12.4	12.4	12.4	7.7	-0.7	3.0	1016.3	64.3	183.1
23	ok	0.12	0.1	3.06e-04	12.4	12.4	12.4	14.1	-0.4	4.5	1596.1	180.9	234.1
24	ok	0.12	0.1	1.51e-03	12.4	12.4	12.4	15.5	5.9	1.6	1973.7	366.6	121.2
25	ok	0.12	2.70e-02	1.28e-03	12.4	12.4	12.4	-7.4	2.9	3.6	-499.3	-97.8	73.0
26	ok	0.12	9.79e-03	3.83e-04	12.4	12.4	12.4	-1.4	4.8	2.3	-33.5	-9.5	94.0
27	ok	0.12	7.34e-03	5.68e-04	12.4	12.4	12.4	-0.2	2.1	0.7	69.3	-2.5	45.3
28	ok	0.12	3.98e-02	6.98e-04	12.4	12.4	12.4	2.8	-0.4	1.5	423.7	-6.3	272.3
29	ok	0.12	7.82e-02	4.03e-04	12.4	12.4	12.4	6.7	-9.91e-02	1.8	1075.7	31.6	142.3
30	ok	0.12	0.1	7.12e-04	12.4	12.4	12.4	13.9	-0.2	2.8	1654.1	78.8	272.3
31	ok	0.12	0.2	2.05e-03	12.4	12.4	12.4	16.0	4.4	-1.7	2141.9	361.7	-10.9
32	ok	0.12	3.07e-02	1.30e-03	12.4	12.4	12.4	-1.9	2.8	-5.3	-440.2	-67.3	-57.6
33	ok	0.12	9.54e-03	5.64e-04	12.4	12.4	12.4	-1.7	4.1	-1.7	-29.4	9.3	-66.5
34	ok	0.12	6.99e-03	2.76e-04	12.4	12.4	12.4	1.20e-02	0.8	-0.3	75.9	17.2	2.0
35	ok	0.12	3.51e-02	6.37e-04	12.4	12.4	12.4	2.1	0.8	-1.3	504.3	20.0	-31.9
36	ok	0.12	7.57e-02	3.29e-04	12.4	12.4	12.4	5.7	0.3	-1.7	1077.4	-6.9	-10.3
37	ok	0.12	0.1	6.17e-04	12.4	12.4	12.4	6.0	-0.7	-4.1	1494.2	-117.7	-146.5
38	ok	0.12	0.1	2.18e-03	12.4	12.4	12.4	-2.9	2.1	-0.8	1855.8	206.3	102.5
39	ok	0.12	2.89e-02	8.53e-04	12.4	12.4	12.4	-3.8	-3.6	-1.8	-446.4	-23.9	-154.2
40	ok	0.12	8.76e-03	4.33e-04	12.4	12.4	12.4	-0.5	-1.7	-1.1	-14.1	-94.0	-108.0

Nodo	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
	0.12	0.16	2.18e-03	12.44	12.44	12.44	-7.37	-5.02	-5.27	-516.85	-117.74	-295.33
							15.96	5.88	6.41	2141.94	366.57	318.64

Nodo	Stato	Max tau	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec
		daN/cm2					daN/cm	daN/cm
6	ok	0.34						
7	ok	0.57						
8	ok	0.73						



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI
CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	59 di 80

9	ok	1.31
10	ok	1.47
11	ok	1.47
12	ok	0.48
13	ok	0.34
14	ok	0.57
15	ok	0.73
16	ok	1.31
17	ok	1.47
18	ok	1.47
19	ok	0.48
20	ok	0.27
21	ok	0.45
22	ok	0.51
23	ok	0.51
24	ok	1.22
25	ok	1.22
26	ok	0.46
27	ok	0.34
28	ok	0.57
29	ok	0.73
30	ok	1.31
31	ok	1.47
32	ok	1.47
33	ok	0.48
34	ok	0.34
35	ok	0.57
36	ok	0.73
37	ok	1.31
38	ok	1.47
39	ok	1.47
40	ok	0.48

Nodo

Max tau
1.47

Ver V pr

Ver V sec

Af V pr

Af V sec

V pr

V sec

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

STATI LIMITE D' ESERCIZIO

LEGENDA TABELLA STATI LIMITE D' ESERCIZIO

In tabella vengono riportati i valori di interesse per il controllo degli stati limite d'esercizio.

In particolare vengono riportati, in relazione al tipo di elemento strutturale, i risultati relativi alle tre categorie di combinazione considerate:

- Combinazioni rare
- Combinazioni frequenti
- Combinazioni quasi permanenti.

I valori di interesse sono i seguenti:

rRfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rRfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rPfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni quasi permanenti [normalizzato a 1]
wR	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni rare [mm]
wF	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni frequenti [mm]
wP	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni quasi permanenti [mm]
dR	massima deformazione in combinazioni rare
dF	massima deformazione in combinazioni frequenti
dP	massima deformazione in combinazioni quasi permanenti

Per ognuno dei nove valori soprariportati viene indicata (Rif.cmb) la combinazione in cui si è verificato.

In relazione al tipo di elemento strutturale i valori sono selezionati nel modo seguente:

pilastrati	rRfck	rRfyk	rPfck	per sezioni significative
travi	rRfck	rRfyk	rPfck	per sezioni significative
	wR	wF	wP	per sezioni significative
	dR	dF	dP	massimi in campata
	rRfck	rRfyk	rPfck	massimi nei nodi dell'elemento
setti e gusci	wR	wF	wP	massimi nei nodi dell'elemento

Si precisa che i valori di massima deformazione per travi sono riferiti al piano verticale (piano locale 1-2 con momenti flettenti 3-3).



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	61 di 80

Setto	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	wR mm	wF mm	wP mm	Rif. cmb
1	2.40e-04	7.58e-03	3.19e-04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
2	2.70e-04	6.74e-03	3.59e-04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
3	2.70e-04	6.74e-03	3.59e-04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
4	2.40e-04	7.58e-03	3.19e-04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
29	0.04	0.07	0.06	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
30	0.04	0.07	0.06	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
31	0.04	0.07	0.06	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
32	0.04	0.07	0.06	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
33	0.03	0.05	0.04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
34	0.03	0.04	0.04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
35	0.03	0.04	0.04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
36	0.03	0.05	0.04	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
37	0.02	0.03	0.03	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
38	0.02	0.02	0.03	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
39	0.02	0.02	0.03	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
40	0.02	0.03	0.03	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
41	0.01	0.01	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
42	0.01	9.82e-03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
43	0.01	9.82e-03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
44	0.01	0.01	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
45	9.19e-03	5.86e-03	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
46	9.19e-03	5.87e-03	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
47	9.19e-03	5.87e-03	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
48	9.19e-03	5.86e-03	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
49	6.84e-03	4.46e-03	8.45e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
50	6.83e-03	4.46e-03	8.44e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
51	6.83e-03	4.46e-03	8.44e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
52	6.84e-03	4.46e-03	8.45e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
53	5.10e-03	3.39e-03	6.24e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
54	5.09e-03	3.39e-03	6.24e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
55	5.09e-03	3.39e-03	6.24e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
56	5.10e-03	3.39e-03	6.24e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
57	3.57e-03	2.44e-03	4.31e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
58	3.56e-03	2.44e-03	4.31e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
59	3.56e-03	2.44e-03	4.31e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
60	3.57e-03	2.44e-03	4.31e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
61	2.42e-03	2.05e-03	2.89e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
62	2.42e-03	2.19e-03	2.88e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
63	2.42e-03	2.19e-03	2.88e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
64	2.42e-03	2.05e-03	2.89e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
65	1.56e-03	2.25e-03	1.85e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
66	1.56e-03	2.30e-03	1.84e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
67	1.56e-03	2.30e-03	1.84e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
68	1.56e-03	2.25e-03	1.85e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
69	9.45e-04	2.84e-03	1.12e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
70	8.93e-04	2.92e-03	1.06e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
71	8.93e-04	2.92e-03	1.06e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
72	9.45e-04	2.84e-03	1.12e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
...								
76	5.31e-04	6.56e-03	6.41e-04	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
Setto	rRfck 0.04	rRfyk 0.07	rPfck 0.06		wR 0.0	wF 0.0	wP 0.0	
Guscio	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	wR mm	wF mm	wP mm	Rif. cmb
5	5.18e-03	0.01	6.77e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
6	9.58e-03	0.02	0.01	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
7	0.01	0.03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
8	0.01	0.04	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
9	0.04	0.07	0.05	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
10	9.32e-03	0.02	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI
CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	62 di 80

11	5.21e-03	0.01	6.81e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
12	9.52e-03	0.02	0.01	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
13	0.01	0.03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
14	0.01	0.04	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
15	0.04	0.07	0.04	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
16	9.75e-03	0.02	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
17	5.21e-03	0.01	6.81e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
18	9.52e-03	0.02	0.01	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
19	0.01	0.03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
20	0.01	0.04	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
21	0.04	0.07	0.04	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
22	9.75e-03	0.02	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
23	5.18e-03	0.01	6.77e-03	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
24	9.58e-03	0.02	0.01	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
25	0.01	0.03	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
26	0.01	0.04	0.02	69,69,73	0.0	0.0	0.0	0,0,0
27	0.04	0.07	0.05	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
28	9.32e-03	0.02	0.01	70,70,74	0.0	0.0	0.0	0,0,0
Guscio	rRfck	rRfyk	rPfck		wR	wF	wP	
	0.04	0.07	0.05		0.0	0.0	0.0	

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

STATO LIMITE D' ESERCIZIO: SLD DANNO SISMICO

LEGENDA TABELLA STATI LIMITE DI DANNO (VERIFICHE RES)

Le verifiche RES per SLD sono effettuate in accordo alle Norme Tecniche 17 Gennaio 2018 e alla circolare n.7 del 21 gennaio 2019 nonché alle linee guida del Consiglio Superiore LL.PP. “Linee guida per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP”.

Le verifiche RES per SLD, sono riportate nelle successive tabelle nella forma di rapporto “domanda” su “capacità” e hanno esito positivo quando il rapporto è non superiore al valore unitario.

La “domanda” è ottenuta direttamente dall’analisi per le previste combinazioni SLD (NTC18 2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI formula [2.5.5]).

Per “capacità” si intende qui il valore della sollecitazione corrispondente al raggiungimento dello stato limite di danno per la sezione: per la resistenza flessionale questo stato limite si identifica con la tensione di snervamento dell’acciaio o la resistenza massima a compressione per il calcestruzzo e la muratura. Lo stato limite di danno si ritiene attinto anche in caso di superamento della resistenza a taglio.

Le resistenze flessionali sono valutate utilizzando i legami costitutivi del materiale limitati al solo tratto elastico, ottenendo così resistenze sostanzialmente elastiche come previsto dalla norma.

La seguente tabella identifica per quali configurazioni (materiale nuovo, esistente, con rinforzi e metodo di analisi) sono state condotte le verifiche di seguito riportate.

Configurazione	Verifica SLD	NOTE
1) c.a. nuovo e esist. Verifica SLU con $q > 1$	Verifica N/M SE Verifica V/T	Sono verifiche per struttura non dissipativa condotte secondo il cap.4 NTC18 in regime sostanzialmente elastico; si verificano travi, pilastri, setti e gusci.
2) Muratura nuova Verifica SLU con $q > 1$	Verifica N/M SE Verifica V	Per N/M identificato SL elastico, per V formulazione secondo cap.7
3) Muratura esis. AO Verifica SLU con $q > 1$	Verifica N/M SE Verifica V	Per N/M identificato SL elastico, per V formulazione secondo cap. 7 e 8
4) Muratura esis. PO Verifica SLU con $q > 1$	Verifica N/M SE Verifica V	Per N/M identificato SL elastico, per V formulazione secondo cap. 7 e 8; Anche per rinforzi FRP è prevista verifica N/M SE e V

Simbologia adottata nelle tabelle di verifica

Per le verifiche agli SLD di pilastri, travi setti e gusci in c.a. è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Pilas./Trave/	numero identificativo dell’elemento D2 o D3
Setto/Guscio	
Stato	Codici relativi all’esito delle verifiche effettuate appresso descritte



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	64 di 80

Pos.	Posizione nell'elemento della sezione per la quale si riporta la verifica
V N/M	Verifica a pressoflessione con rapporto Ed/Rd: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
V V/T cls	Verifica a taglio/torsione con rapporto Ved/Vrd lato cls: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
V V/T acc	Verifica a taglio/torsione con rapporto Ved/Vrd lato acciaio: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
Rif. cmb.	Riferimento combinazioni da cui si generano le verifiche più gravose per il pilastro

Per le verifiche agli SLD di maschi e fasce in muratura, è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

Setto/Fascia/Elem.	numero del macroelemento (D3) o elemento (D2) considerato	
Mat.	Materiale	
s=,m=	Indice della sezione e del materiale assegnati all' elemento (per D2)	
Spessore	spessore dell'elemento	
Stato	ok	elemento verificato (SLD)
	NV	elemento non verificato (SLD)

e a seguire:

Nodo/Pos.	numero del nodo appartenente al setto / posizione relativa al nodo I per D2
h0/t	valore della snellezza convenzionale
P/Ap	tensione verticale media utilizzata per la verifica a pressoflessione nel piano del muro
P/Acv	tensione verticale media nella parte compressa, utilizzata nella verifica a taglio nel piano del muro
Ver. Mp	rapporto tra il momento di progetto e il momento Mrd in relazione alla verifica Par. 7.8.2.2.1 (pressoflessione complanare) effettuato per tutte le combinazioni
Ver. V	rapporto il taglio di progetto e il taglio ultimo in relazione alla verifica Par. 7.8.2.2.2 (taglio complanare) o C8.7.1.16 della circolare 21-01-19 per edifici esistenti effettuato per tutte le combinazioni
	Per travi in muratura:
Ver. V	rapporto tra il taglio di progetto e il minore dei tagli resistenti Vp e Vt in relazione alla verifica del par. 7.8.2.2.3
Rif. cmb	Combinazioni in cui si hanno i massimi valori dei rapporti Ver. Mp, Ver. V

Per elementi consolidati secondo il paragrafo C8.5.3.1 il programma opera come per gli elementi non rinforzati, considerando ai fini delle analisi e delle verifiche gli opportuni coefficienti correttivi delle rigidità e delle resistenze.

Per elementi consolidati con fibrorinforzi il programma implementa le verifiche previste dalle "Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP" approvate dal CSLLPP il 24/07/2009. Per questi elementi vengono effettuate le verifiche di resistenza previste al cap. 4.4.1.2 "Verifiche per azioni nel piano del pannello". Per semplicità la simbologia adottata nelle tabelle è uniformata a quella degli elementi non rinforzati. Le tabelle riportano inoltre i seguenti parametri:

Fibra	Tipo di fibra del fibrorinforzo
E frp	Modulo elastico del fibrorinforzo
epsr	Dilatazione di rottura del fibrorinforzo
epsd	Dilatazione di calcolo
epsd(s)	Dilatazione di calcolo per combinazioni sismiche
Spess.	Spessore del fibrorinforzo, il programma prevede l' applicazione di uno strato di spessore s su entrambe le facce della parete (o sui quattro lati della sezione in caso di confinamento)
AO frp	Area orizzontale complessiva di fibrorinforzo per metro lineare



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	65 di 80

AV frp Area verticale complessiva di fibrorinforzo per metro lineare

Affinché l'elemento sia verificato deve essere:

V.Mp, Ver.V non superiore a 1

TABELLA VERIFICHE ELEMENTI D3 SETTI C.A.

Setto	Stato	Nodo	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb	Nodo	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
1	ok	1	7.08e-03	0.0	0.0	57,0,0	2	7.93e-03	0.0	0.0	53,0,0
		13	9.26e-03	0.0	0.0	60,0,0	6	0.02	0.0	0.0	56,0,0
2	ok	2	6.69e-03	0.0	0.0	58,0,0	3	8.57e-03	0.0	0.0	53,0,0
		20	6.12e-03	0.0	0.0	58,0,0	13	0.01	0.0	0.0	53,0,0
3	ok	3	8.57e-03	0.0	0.0	58,0,0	4	6.69e-03	0.0	0.0	53,0,0
		27	0.01	0.0	0.0	58,0,0	20	6.12e-03	0.0	0.0	53,0,0
4	ok	4	7.93e-03	0.0	0.0	58,0,0	5	7.08e-03	0.0	0.0	54,0,0
		34	0.02	0.0	0.0	59,0,0	27	9.26e-03	0.0	0.0	55,0,0
29	ok	10	0.17	0.0	0.0	56,0,0	17	0.13	0.0	0.0	40,0,0
		42	0.09	0.0	0.0	40,0,0	41	0.12	0.0	0.0	48,0,0
30	ok	17	0.14	0.0	0.0	40,0,0	24	0.13	0.0	0.0	47,0,0
		43	0.08	0.0	0.0	39,0,0	42	0.09	0.0	0.0	48,0,0
31	ok	24	0.13	0.0	0.0	40,0,0	31	0.14	0.0	0.0	47,0,0
		44	0.09	0.0	0.0	39,0,0	43	0.08	0.0	0.0	48,0,0
32	ok	31	0.13	0.0	0.0	47,0,0	38	0.17	0.0	0.0	59,0,0
		45	0.12	0.0	0.0	39,0,0	44	0.09	0.0	0.0	47,0,0
33	ok	41	0.12	0.0	0.0	60,0,0	42	0.10	0.0	0.0	40,0,0
		47	0.07	0.0	0.0	40,0,0	46	0.08	0.0	0.0	48,0,0
34	ok	42	0.10	0.0	0.0	40,0,0	43	0.09	0.0	0.0	39,0,0
		48	0.06	0.0	0.0	39,0,0	47	0.07	0.0	0.0	48,0,0
35	ok	43	0.09	0.0	0.0	48,0,0	44	0.10	0.0	0.0	47,0,0
		49	0.07	0.0	0.0	39,0,0	48	0.06	0.0	0.0	48,0,0
36	ok	44	0.10	0.0	0.0	47,0,0	45	0.12	0.0	0.0	55,0,0
		50	0.08	0.0	0.0	39,0,0	49	0.07	0.0	0.0	47,0,0
37	ok	46	0.09	0.0	0.0	48,0,0	47	0.08	0.0	0.0	40,0,0
		52	0.05	0.0	0.0	40,0,0	51	0.06	0.0	0.0	48,0,0
38	ok	47	0.07	0.0	0.0	48,0,0	48	0.06	0.0	0.0	39,0,0
		53	0.04	0.0	0.0	39,0,0	52	0.05	0.0	0.0	48,0,0
39	ok	48	0.06	0.0	0.0	48,0,0	49	0.07	0.0	0.0	39,0,0
		54	0.05	0.0	0.0	39,0,0	53	0.04	0.0	0.0	48,0,0
40	ok	49	0.08	0.0	0.0	47,0,0	50	0.09	0.0	0.0	39,0,0
		55	0.06	0.0	0.0	39,0,0	54	0.05	0.0	0.0	47,0,0
41	ok	51	0.06	0.0	0.0	48,0,0	52	0.05	0.0	0.0	40,0,0
		57	0.03	0.0	0.0	40,0,0	56	0.04	0.0	0.0	48,0,0
42	ok	52	0.05	0.0	0.0	48,0,0	53	0.05	0.0	0.0	39,0,0
		58	0.03	0.0	0.0	39,0,0	57	0.03	0.0	0.0	48,0,0
43	ok	53	0.05	0.0	0.0	48,0,0	54	0.05	0.0	0.0	39,0,0
		59	0.03	0.0	0.0	39,0,0	58	0.03	0.0	0.0	48,0,0
44	ok	54	0.05	0.0	0.0	47,0,0	55	0.06	0.0	0.0	39,0,0
		60	0.04	0.0	0.0	39,0,0	59	0.03	0.0	0.0	47,0,0
45	ok	56	0.04	0.0	0.0	48,0,0	57	0.04	0.0	0.0	40,0,0
		62	0.02	0.0	0.0	40,0,0	61	0.02	0.0	0.0	48,0,0
46	ok	57	0.04	0.0	0.0	48,0,0	58	0.03	0.0	0.0	39,0,0
		63	0.02	0.0	0.0	39,0,0	62	0.02	0.0	0.0	40,0,0
47	ok	58	0.03	0.0	0.0	48,0,0	59	0.04	0.0	0.0	39,0,0
		64	0.02	0.0	0.0	47,0,0	63	0.02	0.0	0.0	48,0,0
48	ok	59	0.04	0.0	0.0	47,0,0	60	0.04	0.0	0.0	39,0,0
		65	0.02	0.0	0.0	39,0,0	64	0.02	0.0	0.0	47,0,0



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	66 di 80

...

76	ok	100	2.70e-03	0.0	0.0	60,0,0	99	3.17e-03	0.0	0.0	56,0,0
Setto			V N/M	V V/T cls	V V/T acc			V N/M	V V/T cls	V V/T acc	
			0.17	0.0	0.0						

TABELLA VERIFICHE ELEMENTI D3 GUSCI C.A.

Guscio	Stato	Nodo	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb	Nodo	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Rif. cmb
5	ok	6	3.83e-03	0.0	0.0	39,0,0	7	0.02	0.0	0.0	39,0,0
		14	0.02	0.0	0.0	55,0,0	13	3.08e-03	0.0	0.0	59,0,0
6	ok	7	0.02	0.0	0.0	39,0,0	8	0.04	0.0	0.0	39,0,0
		15	0.04	0.0	0.0	39,0,0	14	0.02	0.0	0.0	55,0,0
7	ok	8	0.04	0.0	0.0	39,0,0	9	0.05	0.0	0.0	40,0,0
		16	0.05	0.0	0.0	39,0,0	15	0.04	0.0	0.0	39,0,0
8	ok	9	0.05	0.0	0.0	40,0,0	10	0.05	0.0	0.0	40,0,0
		17	0.06	0.0	0.0	40,0,0	16	0.06	0.0	0.0	39,0,0
9	ok	10	0.08	0.0	0.0	55,0,0	11	0.02	0.0	0.0	39,0,0
		18	0.02	0.0	0.0	39,0,0	17	0.08	0.0	0.0	55,0,0
10	ok	11	0.02	0.0	0.0	55,0,0	12	5.90e-03	0.0	0.0	59,0,0
		19	5.35e-03	0.0	0.0	56,0,0	18	0.02	0.0	0.0	39,0,0
11	ok	13	3.57e-03	0.0	0.0	55,0,0	14	0.02	0.0	0.0	48,0,0
		21	0.02	0.0	0.0	55,0,0	20	3.81e-03	0.0	0.0	60,0,0
12	ok	14	0.02	0.0	0.0	39,0,0	15	0.04	0.0	0.0	39,0,0
		22	0.04	0.0	0.0	39,0,0	21	0.02	0.0	0.0	39,0,0
13	ok	15	0.04	0.0	0.0	39,0,0	16	0.05	0.0	0.0	40,0,0
		23	0.06	0.0	0.0	39,0,0	22	0.04	0.0	0.0	39,0,0
14	ok	16	0.06	0.0	0.0	40,0,0	17	0.06	0.0	0.0	40,0,0
		24	0.06	0.0	0.0	48,0,0	23	0.06	0.0	0.0	39,0,0
15	ok	17	0.08	0.0	0.0	55,0,0	18	0.02	0.0	0.0	39,0,0
		25	0.02	0.0	0.0	39,0,0	24	0.07	0.0	0.0	39,0,0
16	ok	18	0.02	0.0	0.0	39,0,0	19	5.07e-03	0.0	0.0	40,0,0
		26	6.30e-03	0.0	0.0	40,0,0	25	0.02	0.0	0.0	47,0,0
17	ok	20	3.81e-03	0.0	0.0	55,0,0	21	0.02	0.0	0.0	60,0,0
		28	0.02	0.0	0.0	39,0,0	27	3.57e-03	0.0	0.0	60,0,0
18	ok	21	0.02	0.0	0.0	48,0,0	22	0.04	0.0	0.0	48,0,0
		29	0.04	0.0	0.0	48,0,0	28	0.02	0.0	0.0	48,0,0
19	ok	22	0.04	0.0	0.0	48,0,0	23	0.06	0.0	0.0	48,0,0
		30	0.05	0.0	0.0	47,0,0	29	0.04	0.0	0.0	48,0,0
20	ok	23	0.06	0.0	0.0	48,0,0	24	0.06	0.0	0.0	39,0,0
		31	0.06	0.0	0.0	47,0,0	30	0.06	0.0	0.0	47,0,0
21	ok	24	0.07	0.0	0.0	48,0,0	25	0.02	0.0	0.0	48,0,0
		32	0.02	0.0	0.0	48,0,0	31	0.08	0.0	0.0	60,0,0
22	ok	25	0.02	0.0	0.0	40,0,0	26	6.30e-03	0.0	0.0	47,0,0
		33	5.07e-03	0.0	0.0	47,0,0	32	0.02	0.0	0.0	48,0,0
23	ok	27	3.08e-03	0.0	0.0	56,0,0	28	0.02	0.0	0.0	60,0,0
		35	0.02	0.0	0.0	48,0,0	34	3.83e-03	0.0	0.0	48,0,0
24	ok	28	0.02	0.0	0.0	60,0,0	29	0.04	0.0	0.0	48,0,0
		36	0.04	0.0	0.0	48,0,0	35	0.02	0.0	0.0	48,0,0
25	ok	29	0.04	0.0	0.0	48,0,0	30	0.05	0.0	0.0	48,0,0
		37	0.05	0.0	0.0	47,0,0	36	0.04	0.0	0.0	48,0,0
26	ok	30	0.06	0.0	0.0	48,0,0	31	0.06	0.0	0.0	47,0,0
		38	0.05	0.0	0.0	47,0,0	37	0.05	0.0	0.0	47,0,0
27	ok	31	0.08	0.0	0.0	60,0,0	32	0.02	0.0	0.0	48,0,0
		39	0.02	0.0	0.0	48,0,0	38	0.08	0.0	0.0	60,0,0
28	ok	32	0.02	0.0	0.0	48,0,0	33	5.35e-03	0.0	0.0	59,0,0
		40	5.90e-03	0.0	0.0	56,0,0	39	0.02	0.0	0.0	60,0,0
Guscio			V N/M	V V/T cls	V V/T acc			V N/M	V V/T cls	V V/T acc	
			0.08	0.0	0.0						



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI
CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	67 di 80

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

RELAZIONE GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

- **LEGGE n° 64 del 02/02/1974.** "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988.** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.";
- **D.M. LL.PP. del 16/01/1996.** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- **Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997.** "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
- **Eurocodice 1 - Parte 1** - "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- **Eurocodice 7 - Parte 1** - "Progettazione geotecnica - Regole generali -.";
- **Eurocodice 8 - Parte 5** - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- **D.M. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**

INDAGINI IN SITO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La finalità della presente relazione è quella di definire il comportamento meccanico del volume di terreno (volume significativo) influenzato direttamente o indirettamente dalla costruzione di un manufatto e che a sua volta influenza il comportamento strutturale del manufatto stesso. Di seguito si illustrano i risultati delle indagini geologiche eseguite, nonché l'interpretazione dei risultati ottenuti. Dal quadro generale in tal modo scaturito si definiscono le caratteristiche della fondazione da adottare ed il modello da utilizzare per le elaborazioni relative alla interazione sovrastruttura-fondazione e fondazione-terreno.

.....

Le risultanze dell'indagine in sito hanno evidenziato che:

.....

Di seguito si riportano alcuni cenni teorici relativi alle modalità di calcolo implementate e la descrizione della simbologia adottata nei tabulati.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione (inteso come valore asintotico del diagramma carico-cedimento) si fa riferimento a due principali meccanismi di rottura: il "meccanismo generale" e quello di "punzonamento". Il primo è caratterizzato dalla formazione di una superficie di scorrimento: il terreno sottostante la fondazione rifluisce lateralmente e verso l'alto, conseguentemente il terreno circostante la fondazione è interessato da un meccanismo di sollevamento ed emersione della superficie di scorrimento. Il secondo meccanismo è caratterizzato dall'assenza di una superficie di scorrimento ben definita: il terreno sotto la fondazione si comprime ed in corrispondenza della superficie del terreno circostante la fondazione si osserva un abbassamento generalizzato. Quest'ultimo meccanismo non consente una precisa individuazione del carico limite in quanto la curva cedimenti-carico applicato non raggiunge mai un valore asintotico ma cresce indefinitamente. Vesic ha studiato il fenomeno della rottura per punzonamento assimilando il terreno ad un mezzo elasto-plastico e la rottura per carico limite all'espansione di una cavità cilindrica. In questo caso il fenomeno risulta retto da un indice di rigidezza "I_r" così definito:

$$I_r = \frac{G}{c' + \sigma' \cdot \operatorname{tg}(\varphi)}$$

Per la determinazione del modulo di rigidezza a taglio si utilizzeranno le seguenti relazioni:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}; \quad E = E_{ed} \frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}; \quad \nu = \frac{k_0}{1 + k_0}; \quad k_0 = 1 - \operatorname{sen}(\varphi)$$

L'indice di rigidezza viene confrontato con l'indice di rigidezza critico " $I_{r,crit}$ ":

$$I_{r,crit} = \frac{e^{\left[\left(3.3 - 0.45 \cdot \frac{B}{L} \right) \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right]}}{2}$$

La rottura per punzonamento del terreno di fondazione avviene quando l'indice di rigidezza è minore di quello critico. Tale teoria comporta l'introduzione di coefficienti correttivi all'interno della formula trinomia del carico limite detti "coefficienti di punzonamento" i quali sono funzione dell'indice di rigidezza, dell'angolo d'attrito e della geometria dell'elemento di fondazione. La loro espressione è la seguente:

- se $I_r < I_{r,crit}$ si ha :

$$\Psi_\gamma = \Psi_q = e^{\left[\left(0.6 \frac{B}{L} - 4.4 \right) \operatorname{tg}(\varphi) + \frac{3.07 \cdot \operatorname{sen}(\varphi) \log_{10}(2 \cdot I_r)}{1 + \operatorname{sen}(\varphi)} \right]} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_\gamma = \Psi_q = 1$$

$$\Psi_c = \Psi_q - \frac{1 - \Psi_q}{N_c \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_c = 0.32 + 0.12 \cdot \frac{B}{L} + 0.6 \cdot \log_{10}(I_r)$$

- se $I_r > I_{r,crit}$ si ha che $\Psi_\gamma = \Psi_q = \Psi_c = 1$.

Il significato dei simboli adottati nelle equazioni sopra riportate è il seguente:

- E_{ed} modulo edometrico del terreno sottostante la fondazione
- ν coefficiente di Poisson del terreno sottostante la fondazione
- k_0 coefficiente di spinta a riposo del terreno sottostante la fondazione
- φ angolo d'attrito efficace del terreno sottostante il piano di posa
- c' coesione (espressa in termini di tensioni efficaci)
- σ' tensione litostatica effettiva a profondità $D+B/2$
- L luce delle singole travi di fondazione
- D profondità del piano di posa della fondazione a partire dal piano campagna
- B larghezza della trave di fondazione

Definito il meccanismo di rottura, il calcolo del carico limite viene eseguito modellando il terreno come un mezzo rigido perfettamente plastico con la seguente espressione:

$$q_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \Psi_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot \Psi_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

Il significato dei termini presenti nella relazione trinomia sopra riportata è il seguente:

- N_q, N_c, N_γ , fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno φ del terreno
- s_q, s_c, s_γ , coefficienti che rappresentano il fattore di forma
- d_q, d_c, d_γ , coefficienti che rappresentano il fattore dell'approfondimento
- i_q, i_c, i_γ , coefficienti che rappresentano il fattore di inclinazione del carico
- γ_1 peso per unità di volume del terreno sovrastante il piano di posa
- γ_2 peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa

Per fondazioni aventi larghezza modesta si dimostra che il terzo termine non aumenta indefinitamente e per valori elevati di "B", sia secondo Vesic che secondo de Beer, il valore limite è prossimo a quello di una fondazione profonda. Bowles per fondazioni di larghezza maggiore di 2.00 metri propone il seguente fattore riduttivo:

$$r_\gamma = 1 - 0.25 \cdot \log_{10} \left(\frac{B}{2} \right) \quad \text{dove "B" va espresso in metri.}$$

Questa relazione risulta particolarmente utile per fondazioni larghe con rapporto D/B basso (platee e simili), caso nel quale il terzo termine dell'equazione trinomia è predominante.

Nel caso di carico eccentrico Meyerhof consiglia di ridurre le dimensioni della superficie di contatto (A_f) tra fondazione e terreno (B, L) in tutte le formule del calcolo del carico limite. Tale riduzione è espressa dalle seguenti relazioni:

$$B_{rid} = B - 2 \cdot e_B \quad L_{rid} = L - 2 \cdot e_L \quad \text{dove } e_B, e_L \text{ sono le eccentricità relative alle dimensioni in esame.}$$

L'equazione trinomia del carico limite può essere risolta secondo varie formulazioni, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

Formulazione di Hansen (1970)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg \left(\frac{D}{B} \right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{\alpha_1} \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{\alpha_2} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Formulazione di Vesic (1975)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg \left(\frac{D}{B} \right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione di Brinch-Hansen

$$N_q = \text{tg}^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \text{sen}(\varphi))}{L \cdot (1 - \text{sen}(\varphi))} \quad s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \text{sen}(\varphi))}{L \cdot (1 - \text{sen}(\varphi))} \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B \cdot (1 + \text{sen}(\varphi))}{L \cdot (1 - \text{sen}(\varphi))}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \text{tg}(\varphi) \cdot (1 - \text{sen}(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \text{tg}(\varphi)}$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \text{arctg} \left(\frac{D}{B} \right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \text{ctg}(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \text{ctg}(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione Eurocodice 7

$$N_q = \text{tg}^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg}(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \text{sen}(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = \frac{s_q \cdot (N_q - 1)}{N_q - 1}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \text{tg}(\varphi) \cdot (1 - \text{sen}(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \text{arctg} \left(\frac{D}{B} \right)$$

- se H è parallela al lato B si ha:



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	72 di 80

$$i_q = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^3 \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^3 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se H è parallela al lato L si ha:

$$i_q = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \quad i_\gamma = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Si ricorda che per le relazioni sopra riportate nel caso in cui $\varphi = 0 \Rightarrow N_q = 1.0, N_\gamma = 1.0$ e $N_c = 2 + \pi$.

Il significato dei termini presenti nelle relazioni su descritte è il seguente:

- V componente verticale del carico agente sulla fondazione
- H componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- α_1, α_2 esponenti di potenza che variano tra 2 e 5

Nel caso in cui il cuneo di fondazione sia interessato da falda idrica il valore di γ_2 nella formula trinomia assume la seguente espressione:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma \cdot z + \gamma_{sat} \cdot (h_c - z)}{h_c} \quad h_c = \frac{B}{2} \cdot tg\left(\frac{90 + \varphi}{2}\right)$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- γ peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa
- γ_{sat} peso per unità di volume saturo del terreno sottostante il piano di posa
- z profondità della falda dal piano di posa
- h_c altezza del cuneo di rottura della fondazione

Tutto ciò che è stato detto sopra è valido nell'ipotesi di terreno con caratteristiche geotecniche omogenee. Nella realtà i terreni costituenti il piano di posa delle fondazioni sono quasi sempre composti, o comunque riconducibili, a formazioni di terreno omogenee di spessore variabile che si sovrappongono (caso di terreni stratificati). In queste condizioni i parametri vengono determinati con la seguente procedura:

- viene determinata l'altezza del cuneo di rottura in funzione delle caratteristiche geotecniche degli strati attraversati; quindi si determinano il numero degli strati interessati da esso
- in corrispondenza di ogni superficie di separazione, partendo da quella immediatamente sottostante il piano di posa della fondazione, fino a raggiungere l'altezza del cuneo di rottura, viene determinata la capacità portante di ogni singolo strato come somma di due valori: il primo dato dall'applicazione della formula trinomia alla quota i -esima dello strato; il secondo dato dalla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato in esame
- il minimo di questi due valori sarà assunto come valore massimo della capacità portante della fondazione stratificata

Si può formulare il procedimento anche in forma analitica:

$$q'_{ult} = \left[q''_{ult} + q_{resT} \right]_{\min} = \left[q''_{ult} + \frac{p}{A_f} (P_V \cdot K_S \cdot tg(\varphi) + d \cdot c) \right]_{\min}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q''_{ult} carico limite per un'ipotetica fondazione posta alla quota dello strato interessato
- p perimetro della fondazione
- P_V spinta verticale del terreno dal piano di posa allo strato interessato
- K_S coefficiente di spinta laterale del terreno

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

- d distanza dal piano di posa allo strato interessato

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU ROCCIA

Per la determinazione del carico limite nel caso di presenza di ammasso roccioso bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice RQD (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice può variare da un minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) ed è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta } > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}$$

Se il valore di RQD è molto basso la roccia è molto fratturata ed il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

Per ricavare la capacità portante di rocce non assimilabili ad ammassi di terreno sciolto sono state implementate due formulazioni: quella di Terzaghi (1943) e quella di Stagg-Zienkiewicz (1968), entrambe correlate all'indice RQD . In definitiva il valore della capacità portante sarà espresso dalla seguente relazione:

$$q'_{ult} = q''_{ult} \cdot RQD^2$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q'_{ult} carico limite dell'ammasso roccioso
- q''_{ult} carico limite calcolato alla Terzaghi o alla Stagg-Zienkiewicz

In questo caso l'equazione trinomia del carico limite assume la seguente forma:

$$q''_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q + c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

I termini presenti nell'equazione hanno lo stesso significato già visto in precedenza; i coefficienti di forma assumeranno i seguenti valori:

- $s_c = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme $s_c = 1.3$ per fondazioni di tipo quadrato;
- $s_\gamma = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme $s_\gamma = 0.8$ per fondazioni di tipo quadrato.

I fattori adimensionali di portanza a seconda della formulazione adottata saranno:

Formulazione di Terzaghi (1943)

$$N_q = \frac{e^{2 \left(0.75 \cdot \pi - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \text{tg}(\varphi)}}{2 \cdot \cos^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right)} \quad N_\gamma = \frac{\text{tg}(\varphi)}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2(\varphi)} - 1 \right) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\varphi)$$

se $\varphi = 0 \Rightarrow N_c = 1.5 \cdot \pi + 1$

φ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$K_{p\gamma}$	10.8	12.2	14.7	18.6	25.0	35.0	52.0	82.0	141.0	298.0	800.0

Formulazione di Stagg-Zienkiewicz (1968)

$$N_q = \text{tg}^6 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \quad N_\gamma = N_q + 1 \quad N_c = 5 \cdot \text{tg}^4 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right)$$

VERIFICA A ROTTURA PER SCORRIMENTO DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

Se il carico applicato alla base della fondazione non è normale alla stessa bisogna effettuare anche una verifica

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

per rottura a scorrimento. Rispetto al collasso per scorrimento la resistenza offerta dal sistema fondale viene valutata come somma di due componenti: la prima derivante dall'attrito fondazione-terreno, la seconda derivante dall'adesione. In generale, oltre a queste due componenti, può essere tenuto in conto anche l'effetto della spinta passiva del terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione fino ad un massimo del 30%. La formulazione analitica della verifica può essere esposta nel seguente modo:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot tg(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- T_{Sd} componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- N_{Sd} componente verticale del carico agente sulla fondazione
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- δ angolo d'attrito fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% dell'angolo di attrito)
- S_p spinta passiva del terreno di ricoprimento della fondazione
- f_{Sp} percentuale di partecipazione della spinta passiva
- A_f superficie di contatto del piano di posa della fondazione

La verifica deve essere effettuata sia per componenti taglianti parallele alla base della fondazione che per quelle ortogonali.

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI INDOTTE NEL TERRENO

Ai fini del calcolo dei cedimenti è essenziale conoscere lo stato tensionale indotto nel terreno a varie profondità da un carico applicato in superficie. Tale determinazione viene eseguita ipotizzando che il terreno si comporti come un mezzo continuo, elastico-lineare, omogeneo e isotopo. Tale assunzione, utilizzata per la determinazione della variazione delle tensioni verticali dovuta all'applicazione di un carico in superficie, è confortata dalla letteratura (Morgenstern e Phukan) perché la non linearità del materiale poco influenza la distribuzione delle tensioni verticali. Per ottenere un profilo verticale di pressioni si possono utilizzare tre metodi di calcolo: quello di Boussinesq, quello di Westergaard oppure quello di Mindlin; tutti basati sulla teoria del continuo elastico. Il metodo di Westergaard differisce da quello di Boussinesq per la presenza del coefficiente di Poisson "u", quindi si adatta meglio ai terreni stratificati. Il metodo di Mindlin differisce dai primi due per la possibilità di posizionare il carico all'interno del continuo elastico mentre i primi due lo pongono esclusivamente sulla frontiera quindi si presta meglio al caso di fondazioni molto profonde. Nel caso di fondazioni poste sulla frontiera del continuo elastico il metodo di Mindlin risulta equivalente a quello di Boussinesq. Le espressioni analitiche dei tre metodi di calcolo sono:

$$\text{Boussinesq} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{3 \cdot Q \cdot z^3}{2 \cdot \pi \cdot (r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad \text{Westergaard} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot z^2} \cdot \frac{\sqrt{1-2 \cdot \nu}}{\sqrt{2-2 \cdot \nu}} \cdot \left(\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu} + \frac{r^2}{z^2} \right)^{\frac{3}{2}}$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

$$\text{Mindlin} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot (1-\nu) \cdot D^2} \left(\frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{A^3} + \frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{B^3} - \frac{3 \cdot (m-1)^3}{A^5} - \frac{30 \cdot m \cdot (m+1)^3}{B^7} - \frac{3 \cdot (3-4 \cdot \nu) \cdot m \cdot (m+1)^2 - 3 \cdot (m+1) \cdot (5 \cdot m-1)}{B^5} \right)$$

$$n = \frac{r}{D}; \quad m = \frac{z}{D}; \quad A^2 = n^2 + (m-1)^2; \quad B^2 = n^2 + (m+1)^2$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera o all'interno del mezzo
- D proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dalla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

Basandosi sulle ben note equazioni ricavate per un carico puntiforme, l'algoritmo implementato esegue un'integrazione delle equazioni di cui sopra lungo la verticale di ogni punto notevole degli elementi fondali estesa a tutte le aree di carico presenti sulla superficie del terreno; questo consente di determinare la variazione dello stato tensionale verticale " $\Delta\sigma_v$ ". Bisogna sottolineare che, nel caso di pressione, " Q " va definito come "pressione netta", ossia la pressione in eccesso rispetto a quella geostatica esistente che può essere sopportata con sicurezza alla profondità " D " del piano di posa delle fondazioni. Questo perché i cedimenti sono causati solo da incrementi netti di pressione che si aggiungono all'esistente pressione geostatica.

CALCOLO DEI CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE

La determinazione dei cedimenti delle fondazioni assume una rilevanza notevole per il manufatto da realizzarsi, in special modo nella fase di esercizio. Nell'evolversi della fase di cedimento il terreno passa da uno stato di sforzo corrente dovuto al peso proprio ad uno nuovo dovuto all'effetto del carico addizionale applicato. Questa variazione dello stato tensionale produce una serie di movimenti di rotolamento e scorrimento relativo tra i granuli del terreno, nonché deformazioni elastiche e rotture delle particelle costituenti il mezzo localizzate in una limitata zona d'influenza a ridosso dell'area di carico. L'insieme di questi fenomeni costituisce il cedimento che nel caso in esame è verticale. Nonostante la frazione elastica sia modesta, l'esperienza ha dimostrato che ai fini del calcolo dei cedimenti modellare il terreno come materiale pseudoelastico permette di ottenere risultati soddisfacenti. In letteratura sono descritti diversi metodi per il calcolo dei cedimenti ma si ricorda che, qualunque sia il metodo di calcolo, la determinazione del valore del cedimento deve intendersi come la miglior stima delle deformazioni subite dal terreno da attendersi all'applicazione dei carichi. Nel seguito vengono descritte le teorie implementate:

Metodo edometrico, che si basa sulla nota relazione:

$$w_{ed} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_{ed,i}} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $\Delta\sigma_{v,i}$ variazione dello stato tensionale verticale alla profondità " z_i " dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- $E_{ed,i}$ modulo edometrico del terreno relativo allo strato i-esimo
- Δz_i spessore dello strato i-esimo

Si ricorda che questo metodo si basa sull'ipotesi edometrica quindi l'accuratezza del risultato è maggiore quando il rapporto tra lo spessore dello strato deformabile e la dimensione in pianta delle fondazioni è ridotto, tuttavia il metodo edometrico consente una buona approssimazione anche nel caso di strati deformabili di spessore notevole.

Metodo dell'elasticità, che si basa sulle note relazioni:

$$w_{Imp.} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \Delta z_i \quad w_{Lib.} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \frac{1-2 \cdot \nu^2}{1-\nu} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $w_{Imp.}$ cedimento in condizioni di deformazione laterale impedita
- $w_{Lib.}$ cedimento in condizioni di deformazione laterale libera
- $\Delta\sigma_{v,i}$ variazione stato tensionale verticale alla profondità " z_i " dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- E_i modulo elastico del terreno relativo allo strato i-esimo
- Δz_i spessore dello strato i-esimo

La doppia formulazione adottata consente di ottenere un intervallo di valori del cedimento elastico per la fondazione in esame (valore minimo per $w_{Imp.}$ e valore massimo per $w_{Lib.}$).

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO

Per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.

Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Indice Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon. profondità del piano di posa dell'elemento a partire dal piano campagna
- Base larghezza della sezione trasversale dell'elemento
- Altezza altezza della sezione trasversale dell'elemento
- Lung. Elem. dimensione dello sviluppo longitudinale dell'elemento
- Lung. Travata nel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta la dimensione dello sviluppo longitudinale del macroelemento

per tipologia platea:

- Indice Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon. profondità del piano di posa dell'elemento dal piano campagna
- Dia. Eq. diametro del cerchio equivalente alla superficie dell'elemento
- Spessore spessore dell'elemento
- Superficie superficie dell'elemento
- Vert. Elem. Numero dei vertici che costituiscono l'elemento
- Macro nel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta il numero del macroelemento

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un'ulteriore riga nella quale sono riportate le caratteristiche geometriche del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Ecc. B eccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- Ecc. L eccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- S.Taglio B sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- S.Taglio L sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- S.Normale carico normale agente sul piano di fondazione
- T.T.min minimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale
- T.T.max massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale

per tipologia platea:

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	77 di 80

- Press. N1 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 1 dell'elemento
- Press. N2 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 2 dell'elemento
- Press. N3 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 3 dell'elemento
- Press. N4 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 4 dell'elemento
- S.Taglio X sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse X del riferimento globale
- S.Taglio Y sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse Y del riferimento globale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le macroazioni (integrale delle azioni applicate sui singoli elementi che compongono la platea) agenti sul plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo della portanza per fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico
- Qlim capacità portante totale data dalla somma di Qlim q, Qlim g, Qlim c e di Qres P (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla portanza ammissibile)
- Qlim q termine relativo al sovraccarico della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim g termine relativo alla larghezza della base di fondazione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim c termine relativo alla coesione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qres P termine relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Diverso da zero solo nel caso di terreni stratificati dove lo strato di rottura è diverso dal primo (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qmax / Qlim rapporto tra il massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale ed il valore della capacità portante (verifica positiva se il rapporto è < 1.0).
- TBlim valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- TB / TBlim rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- TLlim valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- TL / TLlim rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Sgm. Lt. tensione litostatica agente alla quota del piano di posa dell'elemento fondale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le verifiche di portanza del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo dei cedimenti per fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico e tipologia
- Nodo vertice dell'elemento in cui viene calcolato il cedimento
- Car. Netto valore del carico netto applicato sulla superficie del terreno
- Cedimento/i valore del cedimento (nel caso di calcolo di cedimenti elastici i valori riportati sono due, il primo corrisponde al cedimento $w_{Imp.}$, mentre il secondo al cedimento $w_{Lib.}$)

PARAMETRI DI CALCOLO

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE0000002	REV. A

Metodi di calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Per terreni sciolti: Vesic
- Per terreni lapidei: Terzaghi

Fattori utilizzati per il calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

- Riduzione dimensioni per eccentricità: si
- Fattori di forma della fondazione: si
- Fattori di profondità del piano di posa: si
- Fattori di inclinazione del carico: si
- Fattori di punzonamento (Vesic): si
- Fattore riduzione effetto piastra (Bowles): si
- Fattore di riduzione dimensione Base equivalente platea: 20,0 %
- Fattore di riduzione dimensione Lunghezza equivalente platea: 20,0 %

Coefficienti parziali di sicurezza per Tensioni Ammissibili, SLE nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Coeff. parziale di sicurezza Fc (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza Fq (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza Fg (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza Fc (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza Fq (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza Fg (sismico): 3,00

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali di sicurezza per SLU nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per Tan ϕ (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per Cu (statico): 1
- Coeff. M1 per Tan ϕ (sismico): 1
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1
- Coeff. M1 per Cu sismico): 1
- Coeff. R3 capacità portante (statico e sismico): 2,30
- Coeff. R3 scorrimento (statico e sismico): 1,10

Parametri per la verifica a scorrimento delle fondazioni superficiali:

- Fattore per l'adesione ($6 < Ca < 10$): 8
- Fattore per attrito terreno-fondazione ($5 < Delta < 10$): 7
- Frazione di spinta passiva fSp: 50,00 %
- Coeff. resistenza sulle sup. laterali: 1,30

Metodi e parametri per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali:

- Metodo di calcolo tensioni superficiali: Boussinesq
- Modalità d'interferenza dei bulbi tensionali: sovrapposizione dei bulbi
- Metodo di calcolo dei cedimenti del terreno: cedimenti edometrici

ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / STRATIGRAFIA PIETRA LIGURE

Numero strati: 3

Profondità falda: 525,00 cm

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito Neg.
1	da 0,0 a -200,0 cm	200,0 cm	001 / Riperto - rimaneggiato	Assente
2	da -200,0 a -3000,0 cm	2800,0 cm	002 / Sabbia Ghiaiosa	Assente



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	79 di 80

3 da -3000,0 a -4500,0 cm 1500,0 cm 003 / Limo argilloso Assente

ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **001 / Riporto - rimaneggiato**

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ²	daN/cm ²	Gradi°	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
1,900 E-3	2,000 E-3	28,000	0,000	150,800	203,000	75,0	0,300	1,00

Indice / Descrizione terreno: **002 / Sabbia Ghiaiosa**

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ²	daN/cm ²	Gradi°	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
2,000 E-3	2,100 E-3	35,000	0,000	297,973	400,000	75,0	0,299	1,00

Indice / Descrizione terreno: **003 / Limo argilloso**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ²	%	%					
1,950 E-3	2,050 E-3	0,500	148,571	200,000	75,0	0,300	0,50

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Dia. Eq. cm	Spessore cm	Superficie cm ²	Vertici n. per elem.	Macro n.
Platea n. 5	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 6	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 7	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 8	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 9	Platea	001	180.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 10	Platea	001	180.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 11	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 12	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 13	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 14	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 15	Platea	001	180.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 16	Platea	001	180.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 17	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 18	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 19	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 20	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 21	Platea	001	180.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 22	Platea	001	180.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 23	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 24	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 25	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 26	Platea	001	180.000	30.902	40.000	750.000	4	2
Platea n. 27	Platea	001	180.000	28.209	40.000	625.000	4	2
Platea n. 28	Platea	001	180.000	28.209	40.000	625.000	4	2

Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Base Eq. cm	Spessore cm	Lung. Eq. cm	Lung. Travata Eq. cm
Macro n. 2	Macro-Platea	001	180.000	80.000	40.000	136.000	136.000

VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura. Le azioni trasmesse in fondazione, relative alle combinazioni di tipo sismico, non saranno amplificate in quanto determinate ipotizzando un comportamento non dissipativo.

La verifica nei confronti dello Stato Limite di Danno viene eseguita determinando il carico limite della fondazione per le corrispondenti azioni di SLD, impiegando i coefficienti parziali gammaR di cui alla tabella 7.11.II.

N.B. La relazione è redatta in forma sintetica. Verranno riportati solo i casi maggiormente gravosi per ogni tipo di combinazione e le relative verifiche.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

SSE PIETRA LIGURE - RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI CONTENIMENTO – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE0000002	A	80 di 80

Macro platea: 2

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.3800 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 3.4884 + 0.3538 + 0.0000

Qmax / Qlim = 1.5686 / 3.8423 = 0,408 Ok (Cmb. n. 002)

TB / TBlim = 0.0 / 5486.5 = 0,000 Ok (Cmb. n. 001)

TL / TLLim = 1421.7 / 5379.3 = 0,264 Ok (Cmb. n. 001)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
001	SLU STR	No	0.000	-5.054	0.0	-1421.7	-16144.7	-0.7907	-1.1106
002	SLU STR	No	0.000	-10.514	0.0	-1421.7	-19744.7	-0.7544	-1.5686

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLV A1 sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.3800 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 3.3322 + 0.2106 + 0.0000

Qmax / Qlim = 1.8565 / 3.5427 = 0,524 Ok (Cmb. n. 023)

TB / TBlim = 858.2 / 4841.9 = 0,177 Ok (Cmb. n. 022)

TL / TLLim = 2538.0 / 4759.5 = 0,533 Ok (Cmb. n. 005)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
005	SLV A1	Si	-4.269	-18.102	-257.5	-2538.0	-14339.0	-0.1454	-1.5481
022	SLV A1	Si	14.230	-11.775	858.2	-1526.9	-14339.0	0.1233	-1.8180
023	SLV A1	Si	-14.230	-13.129	-858.2	-1470.2	-14339.0	0.1612	-1.8565

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLD sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.3800 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 3.4348 + 0.3023 + 0.0000

Qmax / Qlim = 1.3613 / 3.7371 = 0,364 Ok (Cmb. n. 060)

TB / TBlim = 295.2 / 4841.9 = 0,061 Ok (Cmb. n. 056)

TL / TLLim = 1388.9 / 4759.5 = 0,292 Ok (Cmb. n. 047)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
047	SLD	Si	-1.469	-13.964	-88.6	-1388.9	-14339.0	-0.3861	-1.3040
056	SLD	Si	4.895	-10.534	295.2	-1182.2	-14339.0	-0.3288	-1.3613
060	SLD	Si	4.895	-10.534	295.2	-1182.2	-14339.0	-0.3288	-1.3613

VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento: Platea n. 5

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
069	SLE rare	No	0.000	-5.054	0.0	-1093.6	-12419.0	-0.6082	-0.8543
070	SLE rare	No	0.000	-9.903	0.0	-1093.6	-14819.0	-0.5840	-1.1597

Cedimento massimo = -0.165 cm in Cmb n. 070

Cedimento minimo = -0.011 cm in Cmb n. 069