

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA**

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE

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 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F. F. Pigato <i>Federico Pigato</i>	Feb 2022	M. Severi <i>M. Severi</i>	Feb 2022	G. Padde <i>G. Padde</i>	Feb 2022	G. Guidi Buffarini Febbraio 2022 ITALFERR S.p.A. U.O. Direzione Tecnica Ing. Guido Buffarini Ordine Ingegneri Provincia di Genova n° 72812

File: IV0I00D18CLSE0000001A -

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	8
4.1	Opere in calcestruzzo armato.....	8
4.1.1	Magrone.....	8
4.1.2	Struttura in fondazione.....	8
4.1.3	Acciaio per calcestruzzo	9
4.2	Copriferro	9
4.3	Ancoraggio e sovrapposizione delle barre	9
5	CARATTERISTICHE DEI TERRENI	11
6	ANALISI DEI CARICHI	12
6.1	Carichi permanenti strutturali.....	12
6.1.1	Peso proprio elementi strutturali in c.a.	12
6.2	Carichi permanenti non strutturali.....	12
6.2.1	Sovraccarichi permanenti shelter	12
6.3	Carichi variabili.....	12
6.3.1	Sovraccarichi accidentali	12
6.3.2	Azione della neve.....	12
6.3.3	Azione del vento	13
6.4	Azione sismica	15
6.4.1	Definizione delle azioni	15
6.4.2	Classe di duttilità.....	20
6.4.3	Spettri di progetto.....	21
6.4.4	Metodo di analisi sismica.....	23
7	ANALISI DELLA STRUTTURA.....	24
7.1	Codici di calcolo utilizzati	24
7.2	Modellazione dell'opera	24
7.3	Condizioni elementari di carico e assegnazioni.....	26
7.4	Condizioni e combinazioni di carico.....	27
7.5	Approccio agli stati limite	33
8	RISULTATI DELLE ANALISI	35

8.1	Analisi Dinamica – Caratteristiche Proprie della Struttura.....	35
8.2	Deformate della struttura	37
8.3	Diagrammi Sollecitazioni sulla Struttura	39
8.4	Sollecitazioni gusci.....	43
8.4.1	Convenzioni gusci.....	43
8.4.2	Tabulato sollecitazioni.....	44
9	VERIFICA STRUTTURALE DELLE FONDAZIONI	45
9.1	Verifica Delle Membrature	45
9.2	Verifica Stato Limite Ultimo.....	45
9.3	Verifica Stato Limite Tensione Di Esercizio	45
9.4	Verifica Stato Limite Di Fessurazione.....	46
9.5	Verifica Stato Limite Di Deformazione	46
9.6	Stato di progetto delle fondazioni	47
10	VERIFICA GEOTECNICA DELLE FONDAZIONI.....	53
10.1	Modellazione del Terreno	53
10.2	Calcolo Tensioni e Cedimenti	53
10.3	Verifica allo Scorrimento	53
10.4	Calcolo della portanza	54
10.4.1	Metodo di Vesic	54
10.4.2	Influenza degli Strati sulla Capacità Portante	55
10.4.3	Influenza del Sisma sulla Capacità Portante	56
10.4.4	Valutazione dei cedimenti teorici	56
10.5	Dati Geometrici degli Elementi Costituenti le Fondazioni Superficiali	57
10.6	Risultati	58
10.6.1	Pressioni sul terreno	59
10.6.2	Valori di Calcolo della Portanza per Fondazioni Superficiali	60
10.6.3	Valori di Calcolo dello Scorrimento per Fondazioni Superficiali	61
10.6.4	Valori di Calcolo dei Cedimenti per Fondazioni Superficiali	63
11	INCIDENZA ARMATURE	66
12	CONCLUSIONI	67

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il progetto definitivo finalizzato all'intervento di potenziamento infrastrutturale previsto per la linea Genova-Ventimiglia per il raddoppio della tratta Finale Ligure-Andora.

Nello specifico la presente relazione illustra la progettazione, i calcoli e le verifiche della fondazione a sostegno del nuovo box prefabbricato misure da realizzarsi nelle SSE di Albenga e di Pietra Ligure, condotte in accordo al D.M.17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni". Nello specifico si farà riferimento al sito di Albenga in quanto quello più penalizzante dal punto di vista delle azioni cimentanti le strutture.

La zona oggetto di intervento è mostrata nelle immagini seguenti:



Figura 1 - Ubicazione intervento (estratto PRG – aerofotogrammetria)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D18CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

2 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

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 stabili nella decisione delegata (UE) 2017/1471 della Commissione.

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:

- L37100D26F5GE0005009A: Profilo geotecnico per la SSE (tav. 9/12 – Albenga 1)
- IV0100D18SCSE0000002A: Disegno basamento prefabbricato

3 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

L'opera strutturale in oggetto, ubicata nel Comune di Albenga, è concepita con struttura fondale totalmente in calcestruzzo armato gettato in opera, a sostegno di un chiosco prefabbricato metallico (shelter) all'interno del quale saranno installate le apparecchiature per la contabilizzazione dell'energia assorbita dai gruppi di RFI.

Tale shelter, di dimensioni 5,20x2,40x2,97 m, sarà collegato tramite piedini rialzati di circa 0,20 m ad una platea in c.a. di dimensioni 6,00x3,20 m e spessore pari a 0,30 m, incassata nel terreno per una profondità di 0,20 m circa.

La platea a sua volta poggerà su di un getto di magrone dello spessore di 0,10 m e quest'ultimo su uno strato di sabbia e ghiaia di almeno 0,75 m.

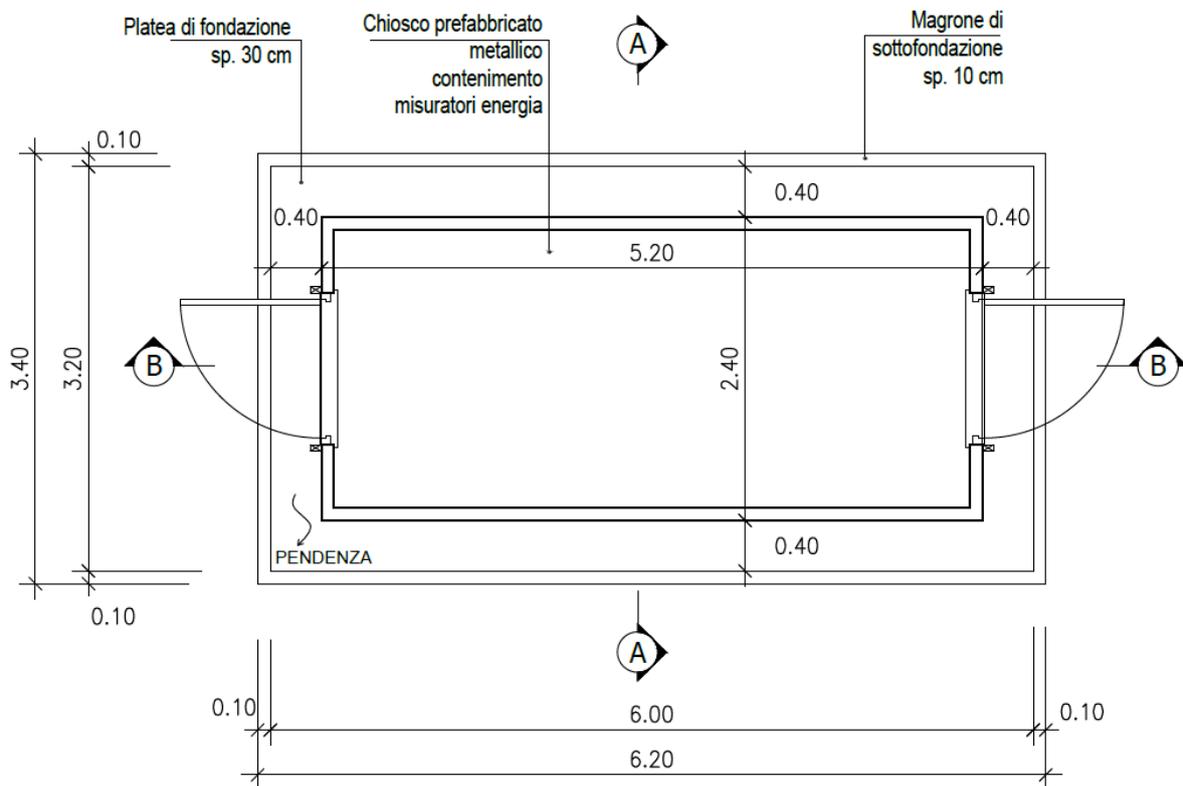


Figura 2 - Vista in pianta

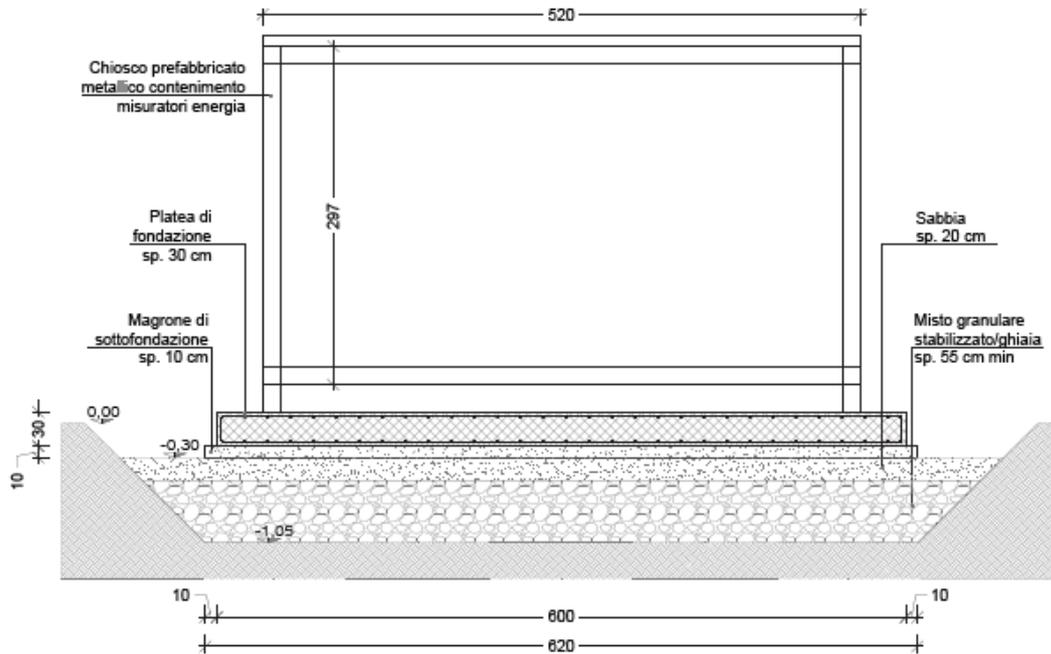


Figura 3 - Vista in sezione

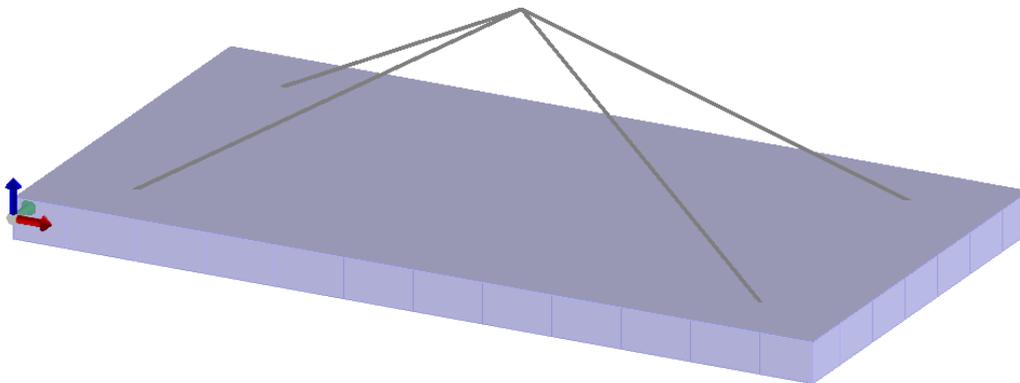


Figura 4 - Modello FEM

Come si osserva nella Figura 4, oltre alla platea di fondazione sono stati modellati dei link rigidi che si congiungono nel baricentro geometrico della sovrastruttura, punto nel quale sono stati applicati i carichi gravanti.

In questa relazione di calcolo si effettuano le verifiche strutturali e geotecniche relative alla platea di fondazione dello shelter in precedenza descritto. Le caratteristiche di dettaglio e la descrizione dei singoli elementi componenti sono desumibili dagli specifici elaborati grafici e tutte le prescrizioni tecniche desumibili dal Progetto Definitivo.

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

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	- R _{ck}	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

Classe di resistenza del calcestruzzo	C25/30	- R _{ck}	30	[MPa]
Modulo di elasticità longitudinale	E _C	=	31447	[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}	=	30,00	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f _{ck}	=	24,90	[MPa]
Resistenza media cilindrica a compressione	f _{cm}	=	33,00	[MPa]
Resistenza media a trazione semplice	f _{ctm}	=	2,56	[MPa]
Resistenza caratteristica a trazione semplice	f _{ctk}	=	1,98	[MPa]
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm}	=	3,32	[MPa]
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk}	=	2,56	[MPa]
Resistenza caratteristica tangenziale per aderenza	f _{bk}	=	4,47	[MPa]
Resistenza di calcolo a compressione	f _{cd}	=	14,17	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione semplice	f _{ctd}	=	1,20	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione per flessione	f _{ctd}	=	1,45	[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}	=	14,17	[MPa]
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU	f _{ctd}	=	0,71	[MPa]
Coefficiente sicurezza SLE	γ _c	=	1,00	
combinazione rara	σ _{c,ad} = 0,55 f _{ck}	=	13,75	[MPa]
combinazione quasi permanente	σ _{c,ad} = 0,40 f _{ck}	=	10,00	[MPa]

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D18CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	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	

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.

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

Tabella 1 - Copriferro e condizioni ambientali

Nel caso in esame i copriferri minimi previsti (come da tabella materiali) sono 40 mm per la platea di fondazione. 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
Fondazioni	Ordinario	40	10	50

Tabella 2 - Copriferro adottato

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

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 volte il diametro della barra.

Di seguito si riportano le lunghezze minime assunte per le diverse tipologie di barre longitudinali impiegate.

	Barre $\Phi 16$	Barre $\Phi 20$
Ancoraggio	64	80
Sovrapposizione	64	80
Piega	10	10

Lunghezze minime ancoraggi

5 CARATTERISTICHE DEI TERRENI

In accordo con la relazione geotecnica relativa ai siti in oggetto, al fine di eseguire le verifiche geotecniche relative al fabbricato, sono state prese in considerazione le caratterizzazioni geotecniche nelle zone di interesse da cui si adottata la seguente caratterizzazione del terreno di sottofondo:

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E' [MPa]	ν	OCR
Unità 1	19.0	-	0	23÷28	10÷20	0.3	-
Unità 2	20.0	-	0	30÷35	30÷55	0.3	-
Unità 3	19.5	50÷100	0÷2	22÷28	5÷20	0.3*	2÷7
CMV-i	21.0	-	-	33÷36	30÷40	0.3	-
ORV	20.5	100÷200	5÷10	22÷24	20÷30	0.25	3÷10

(*) in condizioni non drenate può essere assunto un valore pari a 0.5

Tabella 88– Albenga 1, 2

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito Neg.
1	da 0,0 a -200,0 cm	200,0 cm	001 / Riporto - rimaneggiato	Assente
2	da -200,0 a -3000,0 cm	2800,0 cm	002 / Sabbia Ghiaiosa	Assente
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	148,571	200,000	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	0,750	148,571	200,000	75,0	0,300	0,49

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D18CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

6 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.

Carichi permanenti strutturali

6.1.1 *Peso proprio elementi strutturali in c.a.*

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

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

Carichi permanenti non strutturali

6.1.2 *Sovraccarichi permanenti shelter*

I chioschi prefabbricati sono realizzati su una struttura portante interamente in metallo e su un robusto basamento a travi metalliche, idoneo all'alloggiamento di apparecchiature relative ai sistemi di protezione, comando e controllo.

Sono costituiti dalle seguenti parti:

- Struttura metallica in acciaio
- Pavimento modulare con coibentazione sottostante
- Sottofondo metallico
- Pareti in pannelli leggeri tipo sandwich
- Controsoffitto
- Tetto

Il peso del solo shelter, escluse le apparecchiature dei sistemi di protezione, comando e controllo, è stato stimato pari a 2.000 daN.

In fase di calcolo sono stati aggiunti altri 500 daN per tenere conto delle aggiuntive apparecchiature dei sistemi di protezione, comando e controllo.

In totale, di conseguenza, sono stati presi in considerazione 2.500 daN come carichi permanenti non strutturali dovuti alla presenza dello shelter.

Carichi variabili

6.1.3 *Sovraccarichi accidentali*

I valori nominali e/o caratteristici di q_k , Q_k ed H_k sono riportati nella Tab. 3.1.II. Tali valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di rilevanti amplificazioni dinamiche della risposta delle strutture.

Assumendo all'interno dello shelter la presenza di carico variabile riconducibile alla Categoria E2 – “Ambienti ad uso industriale da valutarsi caso per caso”.

Sovraccarico accidentale Cat. E2

$$10,00 \text{ kN/m}^2$$

6.1.4 *Azione della neve*

Il carico da neve per superficie unitaria di copertura q_s viene valutato attraverso l'espressione:

$$q_s = \mu_j \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- μ_j è il coefficiente di forma della copertura; nel caso in esame trattandosi di una copertura piana si assume in valore del coefficiente pari a 0,8.
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo; in mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, la norma fornisce un valore minimo di q_{sk} riferito ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Per la zona II (Savona) e per una quota del suolo di $a_s = 20$ m s.l.m., minore di 200 m s.l.m., si assume secondo quanto espresso dalla relazione 3.4.2 delle NTC2018 un valore $q_{sk} = 1,00$ kN/m²;

$$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

$$a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$$

$$a_s > 200 \text{ m}$$

- C_E è il coefficiente di esposizione che, per classe di topografia “normale”, assume valore unitario;
- C_t è il coefficiente termico che tiene conto della riduzione del carico da neve a causa dello scioglimento della stessa, dovuto alla perdita di calore della costruzione. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.

Ne consegue che per la struttura in esame si considera un carico da neve uniforme in copertura pari a:

$$q_s = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

6.1.5 Azione del vento

La pressione normale alle superfici investite dal vento è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot C_d$$

i cui coefficienti vengono di seguito determinati:

Pressione cinetica di riferimento q_b :

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 = 0,49 \text{ kN/m}^2$$

dove:

- ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m³;
- v_b è la velocità di riferimento del vento;

Nel caso in esame, per zona 7 (Liguria) ed $a_s \leq a_0 = 500$ m si ha $v_b = v_{b,0} = 28$ m/s;

Coefficiente di esposizione c_e :

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

Nel caso in esame, essendo in zona 7, classe di rugosità del terreno C e con altitudine di 20 m s.l.m. si ha quindi una categoria di esposizione del sito III, per cui:

$$k_r = 0,20; \quad z_0 = 0,10 \text{ m}; \quad z_{\min} = 5 \text{ m}; \quad c_t = 1$$

L'altezza del fabbricato è 3,00 m < $z_{\min} = 5$ m per cui il valore del coefficiente di esposizione è pari a $c_e = 1,71$.

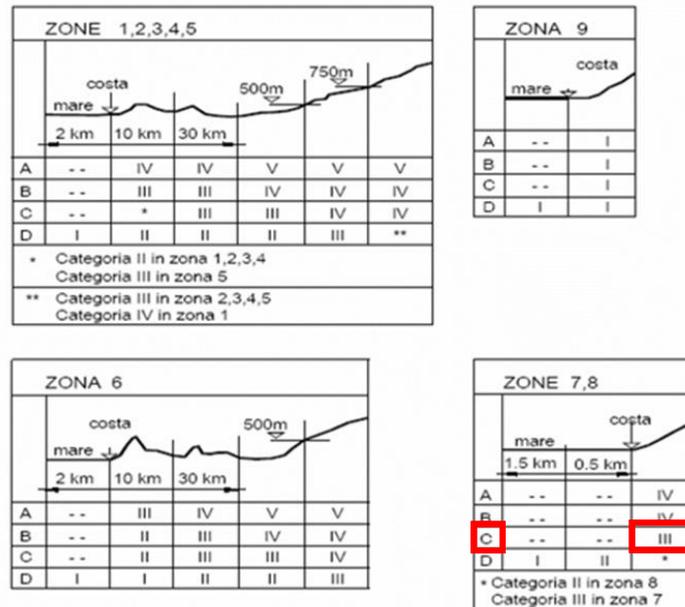


Figura 5 - Definizione della categoria di esposizione c_e secondo NTC18

Coefficiente dinamico c_d :

In assenza di considerazioni di dettaglio inerenti i fenomeni di natura aeroelastica e di distacco dei vortici si assume cautelativamente un valore $c_d = 1$.

Coefficiente di forma c_p :

Il coefficiente di forma per la valutazione della pressione esterna sul muro viene definito con riferimento a costruzioni di forma rettangolare di cui al par. C3.3.8.1.1 della Circolare n.7/2019.

In particolare, si definisce un coefficiente globale c_{pe} determinato secondo la tabella C3.3l di seguito riportata:

Faccia sopravvento	Facce laterali	Faccia sottovento
$h/d \leq 1: c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$ $h/d > 1: c_{pe} = 0,8$	$h/d \leq 0,5: c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$ $h/d > 0,5: c_{pe} = -0,9$	$h/d \leq 1: c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$ $1 < h/d \leq 5: c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

I parametri sono:

- h: altezza = 3,0 m
- d: profondità = 2,40 m
- b: larghezza impatto al vento = 5,00 m
- si ha:
- $h/d = 1,25$ pertanto

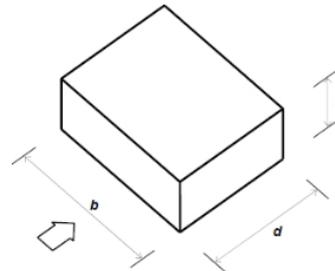
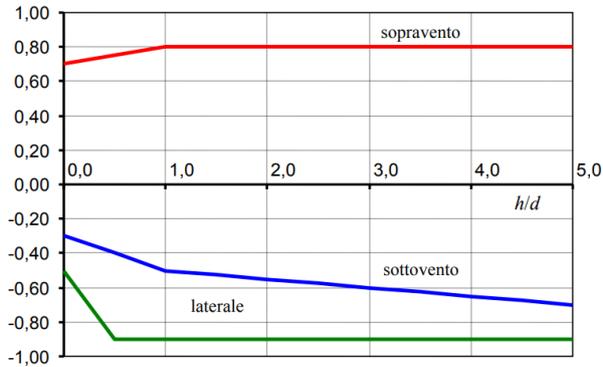


Figura G.2 – Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravvento, sottovento e laterali.

Per l'edificio in questione si considera, in definitiva:

- $c_p = 0,8$
- $c_p = 0,5$

per gli elementi sopravvento;
per elementi sottovento.

In definitiva, la pressione del vento assume il valore:

- elementi sopravvento: $p = 49,00 \text{ daN/m}^2 \times 1,71 \times 0,8 \times 1 = 67,0 \text{ daN/m}^2$
- elementi sottovento: $p = 49,00 \text{ daN/m}^2 \times 1,71 \times 0,5 \times 1 = 41,9 \text{ daN/m}^2$

Azione sismica

6.1.6 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:

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 ($V < 250 \text{ km/h}$)	50
Altre opere nuove a velocità $V < 250 \text{ km/h}$	75
Altre opere nuove a velocità $V \geq 250 \text{ km/h}$	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_o 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.

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche

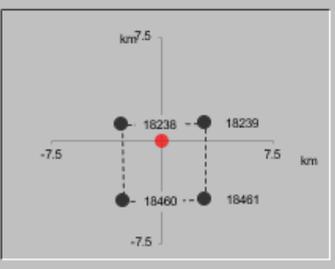
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

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

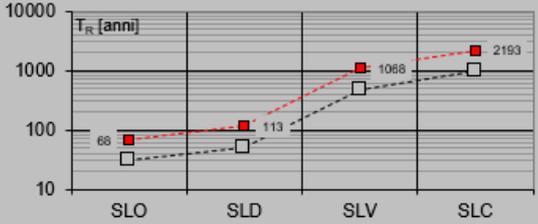
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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:

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D18CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

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:

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

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_o 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

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

6.1.7 Classe di duttilità

La costruzione oggetto della presente relazione, soggetta all'azione sismica, non dotata di appositi dispositivi dissipativi, è stata progettata considerando un comportamento strutturale dissipativo. Nel comportamento strutturale dissipativo, gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati tenendo conto delle non linearità di comportamento (di materiale sempre, geometriche quando rilevanti). In particolare, per la struttura in esame è stato adottato un comportamento strutturale non dissipativo.

6.1.8 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.

Si riportano a seguire i valori dei parametri sismici per ogni stato limite.

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

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.042	2.572	0.225
SLD	113	0.059	2.560	0.245
SLV	1068	0.187	2.462	0.300
SLC	2193	0.249	2.485	0.317

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV**

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **B**

Categoria topografica **T1**

$S_s =$ $C_c =$

$h/H =$ $S_T =$

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) $\eta =$

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_o Regol. in altezza **si**

Compon. verticale

Spettro di progetto

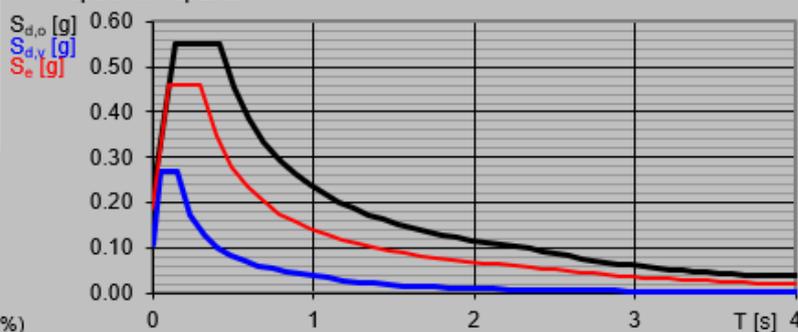
Fattore q $\eta = 1/q =$

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



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

INTRO

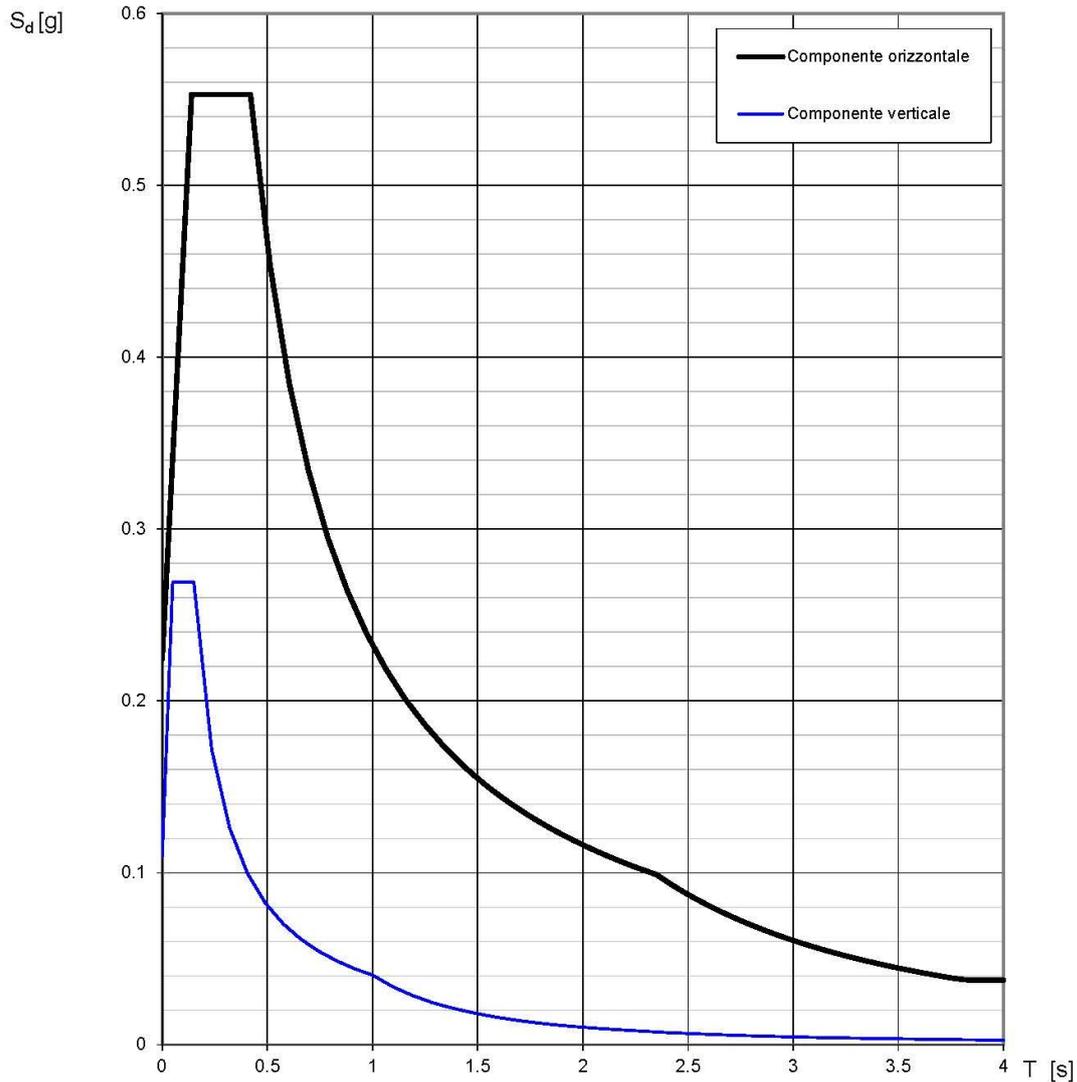
FASE 1

FASE 2

FASE 3

Elaborazioni effettuate con "Spettri-NTCver.1.0.3.xls"

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. L' ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Figura 6 - Spettro di progetto SLV

6.1.9 Metodo di analisi sismica

La struttura soggetta ad azione sismica è modellata mediante “analisi lineare dinamica”.

Nell’analisi lineare per sistemi non dissipativi, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di comportamento q unitario.

La resistenza degli elementi strutturali è valutata in accordo con le regole presentati nelle NTC 18.

Il metodo d’analisi lineare utilizzato per determinare gli effetti dell’azione sismica è l’analisi modale con spettro di risposta o “analisi lineare dinamica”. In essa l’equilibrio è trattato dinamicamente e l’azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto.

In ottemperanza al § 7.2.1 NTC 18 la componente verticale del sisma è stata trascurata.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D18CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

7 ANALISI DELLA STRUTTURA

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 FEM PRO_SAP 21.4.0 della 2S.I. Software e Servizi per l'ingegneria S.R.L. di Ferrara.

La documentazione fornita a corredo dei 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, per i quali sono forniti i file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Modellazione dell'opera

La platea di fondazione dello shelter è stata modellata mediante elementi shell con maglia opportunamente raffittita e dimensioni non superiori a 50x50 cm. Sono stati anche modellati dei link rigidi collegati alla platea e al baricentro dello shelter per consentire l'applicazione ed il trasferimento dei carichi sulla struttura. Il suolo viene modellato attraverso la definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici.

Il programma realizza l'assemblaggio diretto della matrice di rigidezza della struttura a partire dalle matrici dei singoli elementi strutturali. Il sistema lineare, completato con la scrittura del vettore dei carichi costituito dalle azioni esterne concentrate e/o distribuite viene quindi risolto

con il metodo della diagonalizzazione, pervenendo alla determinazione delle azioni di Taglio, Momento e Sforzo normale per ciascun elemento strutturale e per ciascuna condizione di carico.

Le azioni orizzontali da sisma vengono determinate automaticamente dal programma di calcolo in relazione ai carichi permanenti e variabili, secondo il relativo coefficiente di sovraccarico, realmente agenti su ciascun elemento strutturale, e riportate ai suoi nodi di estremità.

La verifica delle membrature, dell'intero corpo strutturale, viene effettuata, in automatico, dal programma di calcolo, utilizzando le formule della S.d.C. in conformità con le NTC 18.

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza.

Si riportano nel seguito le famiglie di combinazioni di carico implementate in ciascun modello, rimandando al §7.4 della presente per la loro esplicitazione:

- SLU: (Con coeff. parziale γ_F Colonna A1 Tab. 2.6.I NTC 18);
- SLE: rara;
- SLE: frequente;
- SLE: quasi permanente;
- SLO;
- SLV;
- SLV fondazioni;

Di seguito si riporta il modello unifilare del fabbricato con evidenza dei nodi e delle aste:

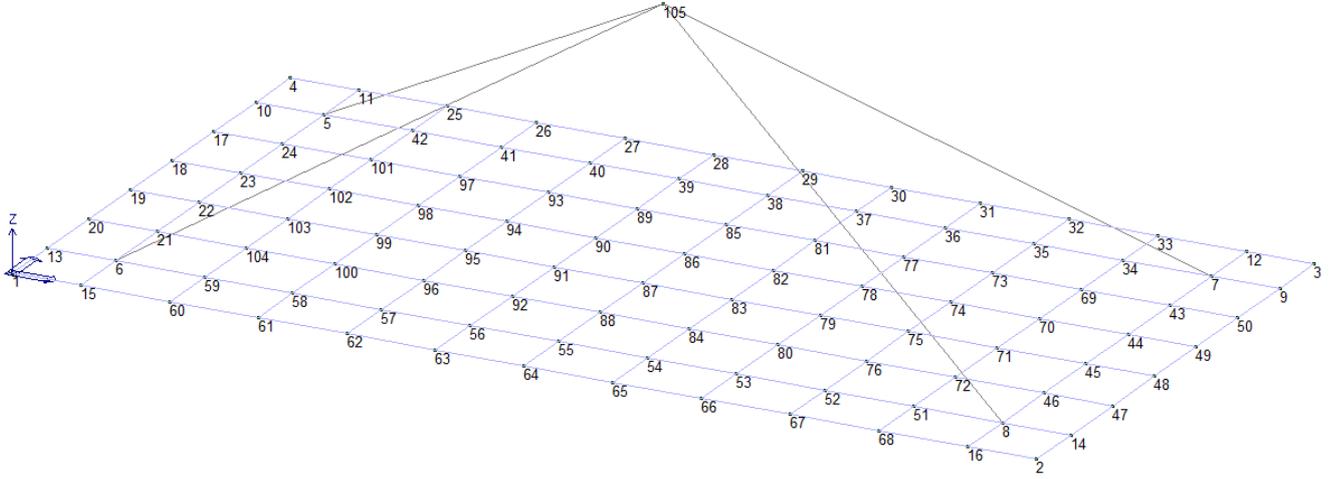


Figura 7 - Numerazione nodi modello unifilare della vasca raccolta oli trasformatore (SSE)

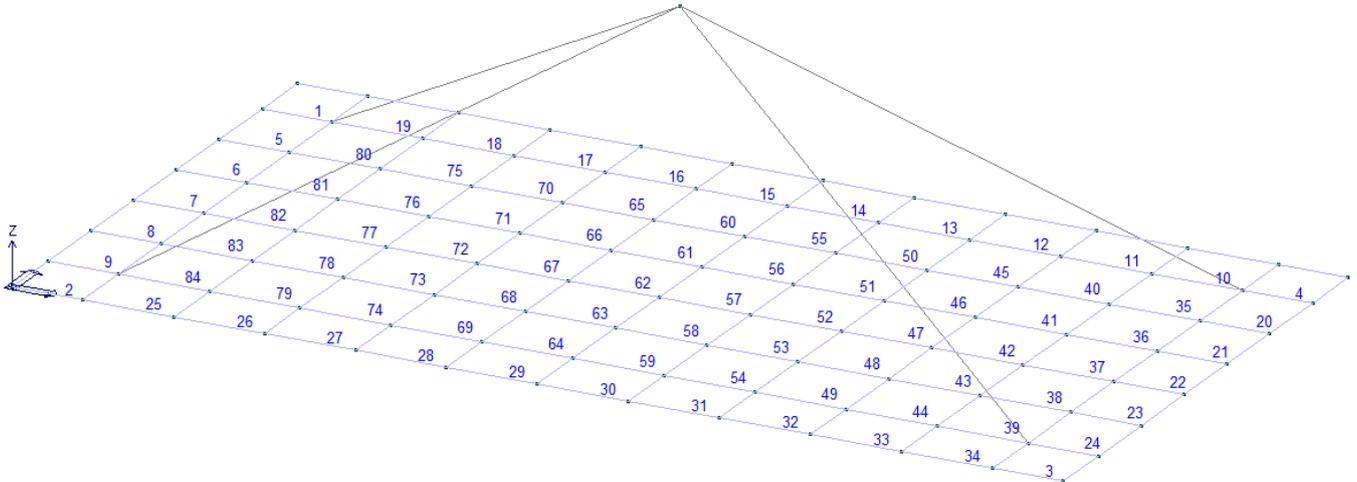


Figura 8 - Numerazione gusci modello unifilare del fabbricato SSE

Condizioni elementari di carico e assegnazioni

Si riportano di seguito le modellazioni dei carichi nel modello di calcolo della struttura in esame.

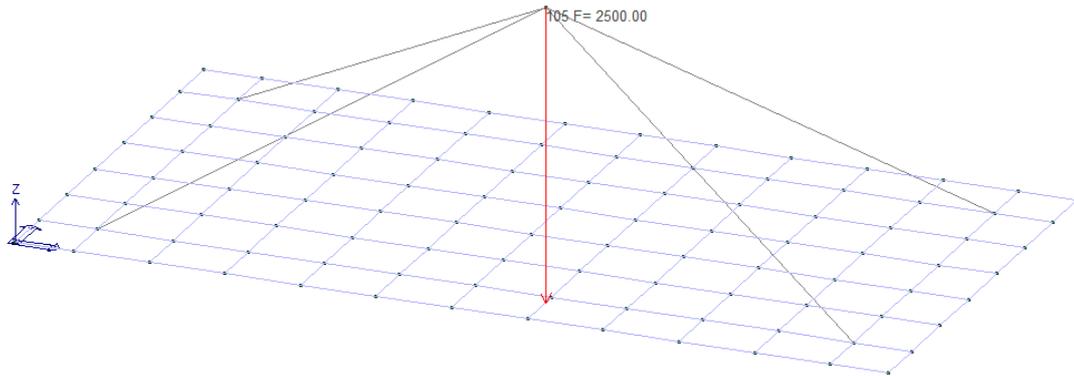


Figura 9 - Rappresentazione modello di calcolo con applicazione carichi permanenti

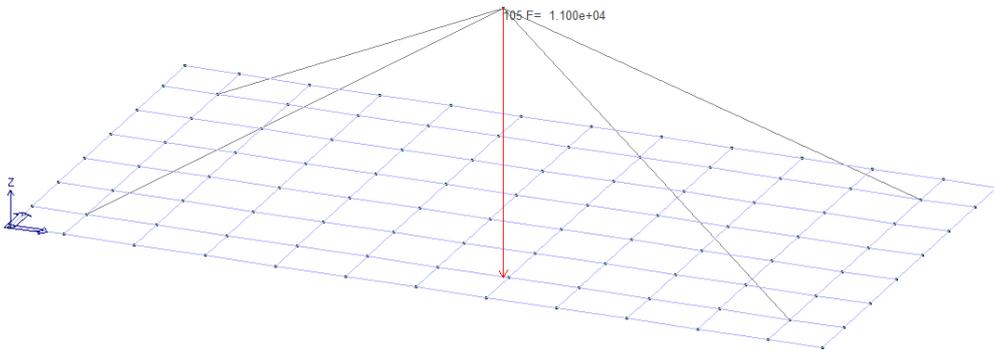


Figura 10 - Rappresentazione modello di calcolo con applicazione delle azioni variabili

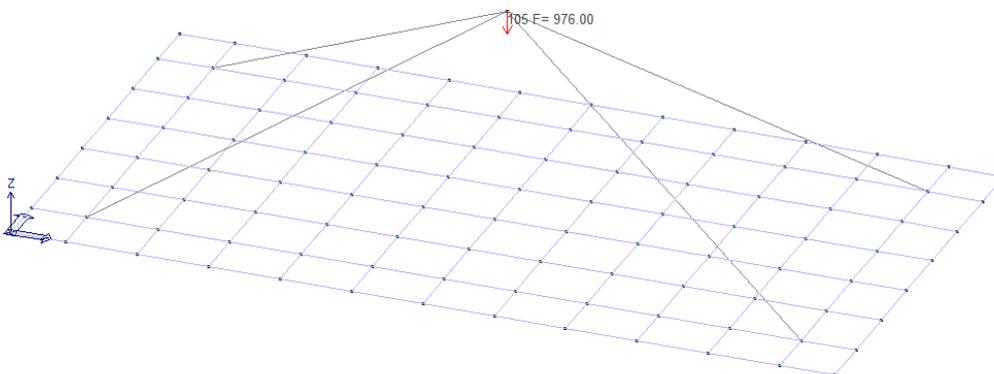


Figura 11 - Rappresentazione modello di calcolo con applicazione dei carichi da neve

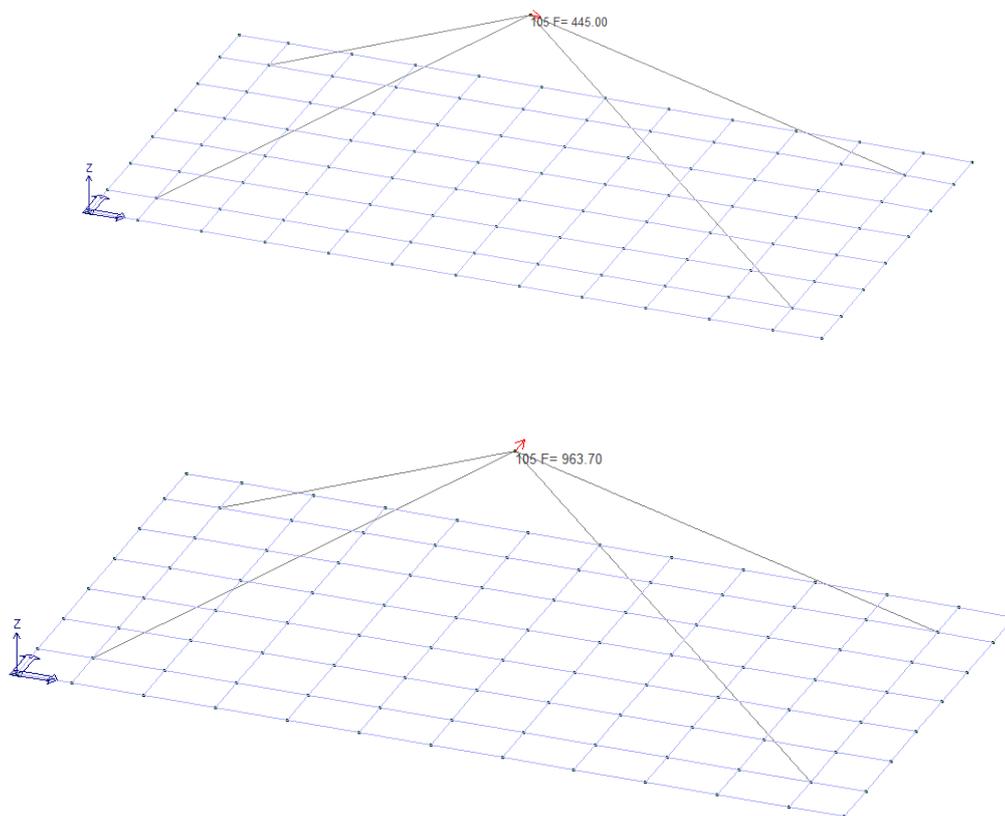


Figura 12 - Rappresentazione modello di calcolo con applicazione dei carichi da vento in direzione x e y

Condizioni e combinazioni di carico

Di seguito si riportano le condizioni elementari di carico con i relativi coefficienti adimensionali Ψ_{ij} .

N. CDC	Descrizione CASO DI CARICO	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
1	Permanente Strutturale	-	-	-
2	Permanente Non Strutturale	-	-	-
3	Variabile Accidentale	1	0.9	0.8
4	Variabile Neve	0,5	0,2	0
5	Variabile Vento X	0.6	0.2	0
6	Variabile Vento Y	0.6	0.2	0
7	Sisma X SLV (ecc. +)	0	0	0
8	Sisma X SLV (ecc. -)	0	0	0

N. CDC	Descrizione CASO DI CARICO	Ψ_{0i}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
9	Sisma Y SLV (ecc. +)	0	0	0
10	Sisma Y SLV (ecc. -)	0	0	0
11	Sisma X SLO (ecc. +)	0	0	0
12	Sisma X SLO (ecc. -)	0	0	0
13	Sisma Y SLO (ecc. +)	0	0	0
14	Sisma Y SLO (ecc. -)	0	0	0

Tabella 8 - Condizioni elementari di carico

Per le verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti Combinazioni delle azioni (2.5.3 NTC 18):

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
 $\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_p P + \gamma_{Q1} Q_{K1} + \gamma_{Q2}\psi_{02} Q_{K2} + \gamma_{Q3}\psi_{03} Q_{K3} + \dots$
- Combinazione caratteristica (rara), impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili (verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 NTC 18):
 $G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \psi_{02} Q_{K2} + \psi_{03} Q_{K3} + \dots$
- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:
 $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \psi_{23} Q_{K3} + \dots$
- Combinazione quasi permanente (SLE), impiegata per gli effetti a lungo termine:
 $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \psi_{23} Q_{K3} + \dots$
- Combinazione sismica, per gli SLU e SLE connessi all'azione sismica E:
 $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \dots$
- Combinazione eccezionale per gli SLU connessi alle azioni eccezionali di progetto:
 $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} Q_{K1} + \psi_{22} Q_{K2} + \dots$

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

Le condizioni elementari di carico sono opportunamente combinate per determinare le condizioni più sfavorevoli per ciascun elemento strutturale.

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza; in particolare le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione.

Di seguito si riportano, le combinazioni utilizzate per il modello di calcolo.

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
5	SLU	Comb. SLU A1 5
6	SLU	Comb. SLU A1 6
7	SLU	Comb. SLU A1 7
8	SLU	Comb. SLU A1 8
9	SLU	Comb. SLU A1 9
10	SLU	Comb. SLU A1 10
11	SLU	Comb. SLU A1 11
12	SLU	Comb. SLU A1 12
13	SLU	Comb. SLU A1 13
14	SLU	Comb. SLU A1 14

Cmb	Tipo	Sigla Id
15	SLU	Comb. SLU A1 15
16	SLU	Comb. SLU A1 16
17	SLU	Comb. SLU A1 17
18	SLU	Comb. SLU A1 18
19	SLU	Comb. SLU A1 19
20	SLU	Comb. SLU A1 20
21	SLU	Comb. SLU A1 21
22	SLU	Comb. SLU A1 22
23	SLU	Comb. SLU A1 23
24	SLU	Comb. SLU A1 24
25	SLU	Comb. SLU A1 25
26	SLU	Comb. SLU A1 26
27	SLU	Comb. SLU A1 27
28	SLU	Comb. SLU A1 28
29	SLU	Comb. SLU A1 29
30	SLU	Comb. SLU A1 30
31	SLU	Comb. SLU A1 31
32	SLU	Comb. SLU A1 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	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 37
38	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 38
39	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 39
40	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 40
41	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 41
42	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 42
43	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 43
44	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 44
45	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 45
46	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 46
47	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 47
48	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 48
49	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 49
50	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 50
51	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 51
52	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 52
53	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 53
54	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 54
55	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 55
56	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 56
57	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 57
58	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 58
59	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 59
60	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 60
61	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 61
62	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 62
63	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 63
64	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 64
65	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 65
66	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 66
67	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 67
68	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 68
69	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 69
70	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 70
71	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 71
72	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 72
73	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 73
74	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 74
75	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 75
76	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 76
77	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 77
78	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 78

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...
16	1.00	1.00	1.50	1.50	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1.30	1.30	0.0	0.75	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1.30	1.30	1.50	0.75	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1.00	1.00	0.0	0.75	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1.00	1.00	1.50	0.75	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	1.30	1.30	1.50	0.75	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	1.00	1.00	0.0	0.75	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	1.00	1.00	1.50	0.75	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	1.30	1.30	0.0	1.50	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	1.30	1.30	1.50	1.50	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	1.00	1.00	0.0	1.50	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	1.00	1.00	1.50	1.50	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	1.30	1.30	1.50	0.75	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	1.00	1.00	0.0	0.75	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
32	1.00	1.00	1.50	0.75	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 9 -Famiglia SLU

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...
97	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
98	1.00	1.00	1.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
99	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
101	1.00	1.00	0.0	0.50	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
102	1.00	1.00	1.00	0.50	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
103	1.00	1.00	0.0	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
104	1.00	1.00	1.00	1.00	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105	1.00	1.00	0.0	0.50	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
106	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
107	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
108	1.00	1.00	1.00	0.50	0.0	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
109	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
110	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
111	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
112	1.00	1.00	1.00	0.50	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 10 - Famiglia SLE rara

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...
113	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
114	1.00	1.00	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
115	1.00	1.00	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
116	1.00	1.00	0.80	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
117	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
118	1.00	1.00	0.0	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
119	1.00	1.00	0.80	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
121	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 11 - Famiglia SLE frequente

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...
122	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
123	1.00	1.00	0.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 12 - Famiglia SLE quasi permanente

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...
65	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0
66	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0
67	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0
68	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0
69	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30
70	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30
71	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30
72	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30
73	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0
74	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0
75	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0
76	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0
77	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30
78	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30
79	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30
80	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30
81	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0
82	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0
83	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0
84	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0
85	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0
86	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0
87	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0
88	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0
89	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00
90	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00
91	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00
92	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00
93	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00
94	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00
95	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00
96	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00

Tabella 13 - Famiglia SLO

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...
33	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
34	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
36	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
37	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
38	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
39	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
40	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
41	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
42	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
43	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
44	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
45	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
46	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
47	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
48	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
49	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
51	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
53	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
55	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
56	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
57	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0

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...
58	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
59	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
60	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
61	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
62	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
63	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
64	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 14 - Famiglia SLV

Approccio agli stati limite

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) è stato adottato l'Approccio 2; con il quale 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.

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_{Qk}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Tabella 15 - Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU (Tabella 2.6.I – NTC18)

Per quanto riguarda i coefficienti parziali per la resistenza dei materiali (M) e per la resistenza globale del sistema (R), sono stati utilizzati i seguenti coefficienti (Cap. 6 NTC 18):

Tang. angolo resistenza al taglio	$\tan \Phi'_k$	$\gamma_{F'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,00	1,40

Tabella 16 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tabella 6.2.II – NTC18)

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE
BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D18CL	SE 00 00 001	A	34 di 68

Verifica	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante	1,00	1,80	2,30
Scorrimento	1,00	1,10	1,10

Tabella 17 - Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli SLU di fondazioni superficiali (Tabella 6.4.1 NTC18)

8 RISULTATI DELLE ANALISI

Di seguito si riportano, per il modello di calcolo, i diagrammi di deformazione della struttura nella condizione più gravosa, i valori degli spostamenti relativi alle combinazioni di carico maggiormente significative, i diagrammi delle sollecitazioni massime e minime sui gusci della struttura e i valori delle sollecitazioni relativi alle combinazioni di carico maggiormente significative.

Analisi Dinamica – Caratteristiche Proprie della Struttura

Dal punto di vista dell'analisi dinamica, la struttura mostra un comportamento globale regolare per entrambe le direzioni principali di applicazione del sisma.

Modo	Frequenza	Periodo	X M efficace	%	Y M efficace	%	Z M efficace	%
1	11.27	0.09	0.00	0	11300.00	99	0.00	0
2	15.16	0.07	11300.00	99	0.00	0	0.00	0
3	18.84	0.05	0.00	0	0.00	0	11300.00	99
				99		99		99

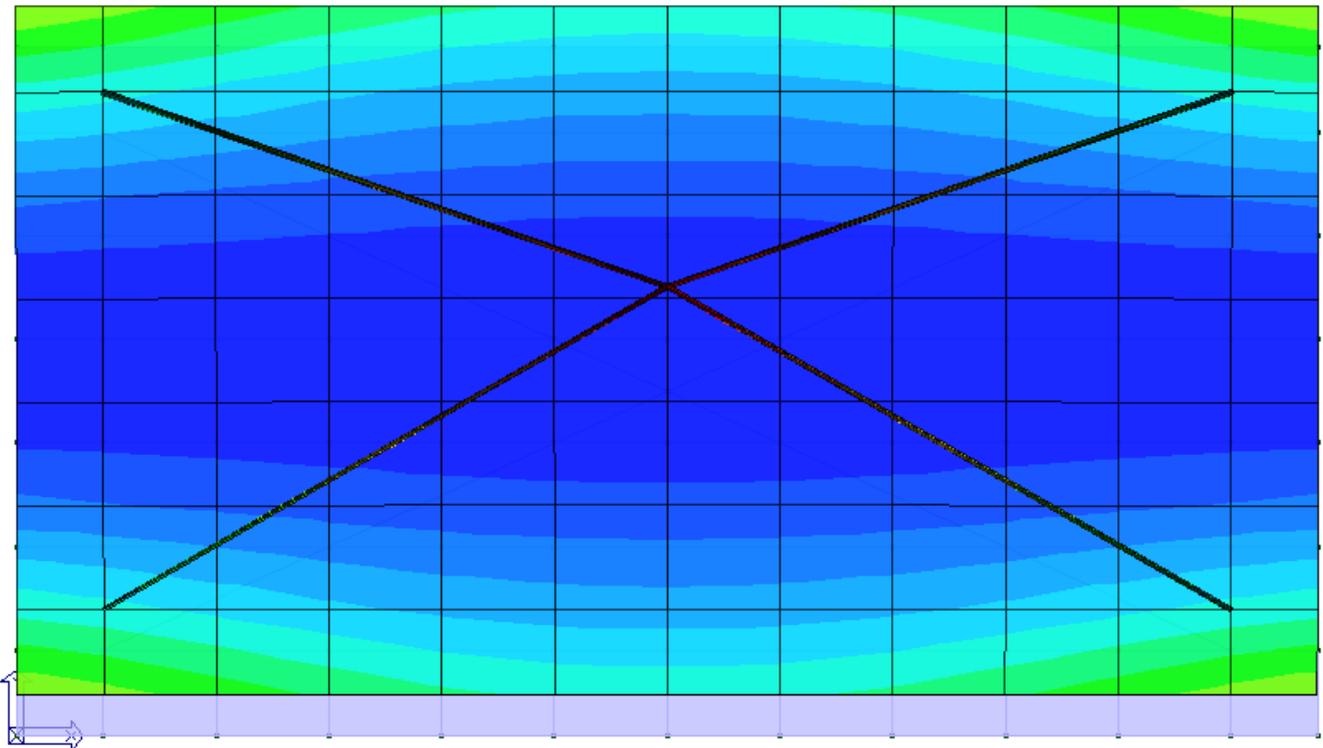


Figura 13 - Modo di vibrare 1 – $f = 11,27 \text{ Hz}$; $T = 0,09 \text{ s}$

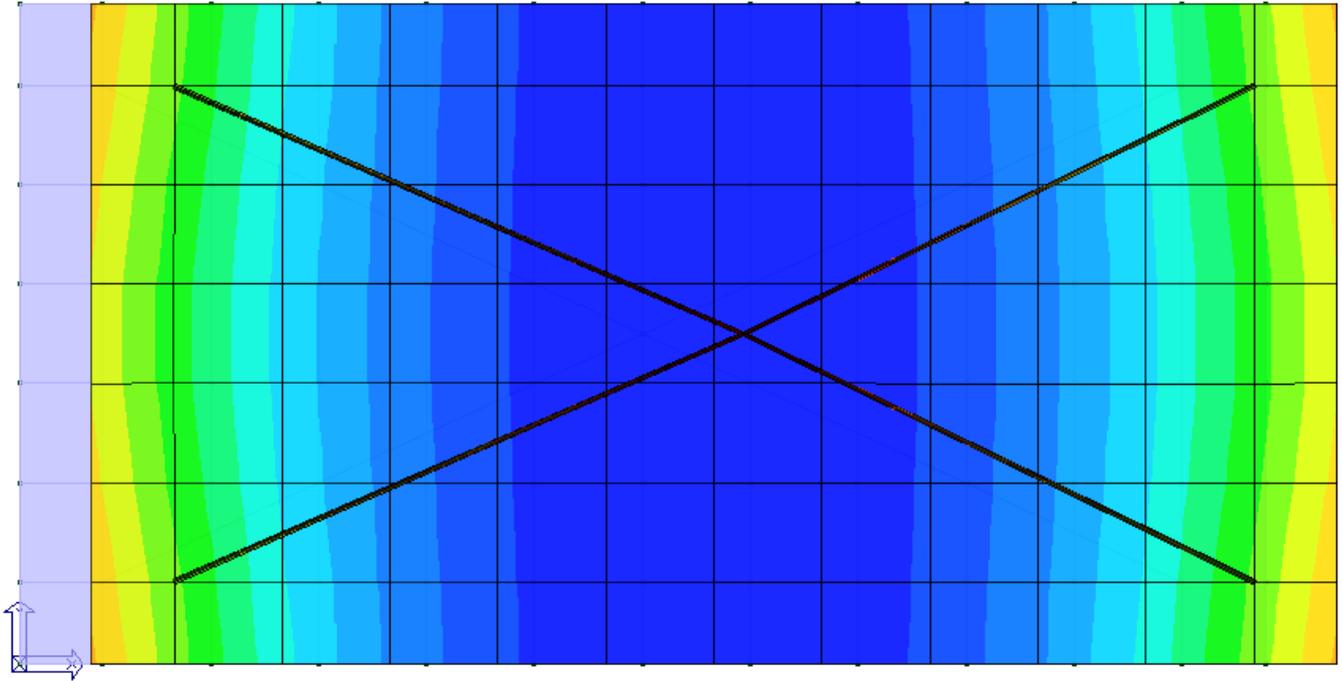


Figura 14 - Modo di vibrare 2 – $f = 15,16 \text{ Hz}$; $T = 0,07 \text{ s}$

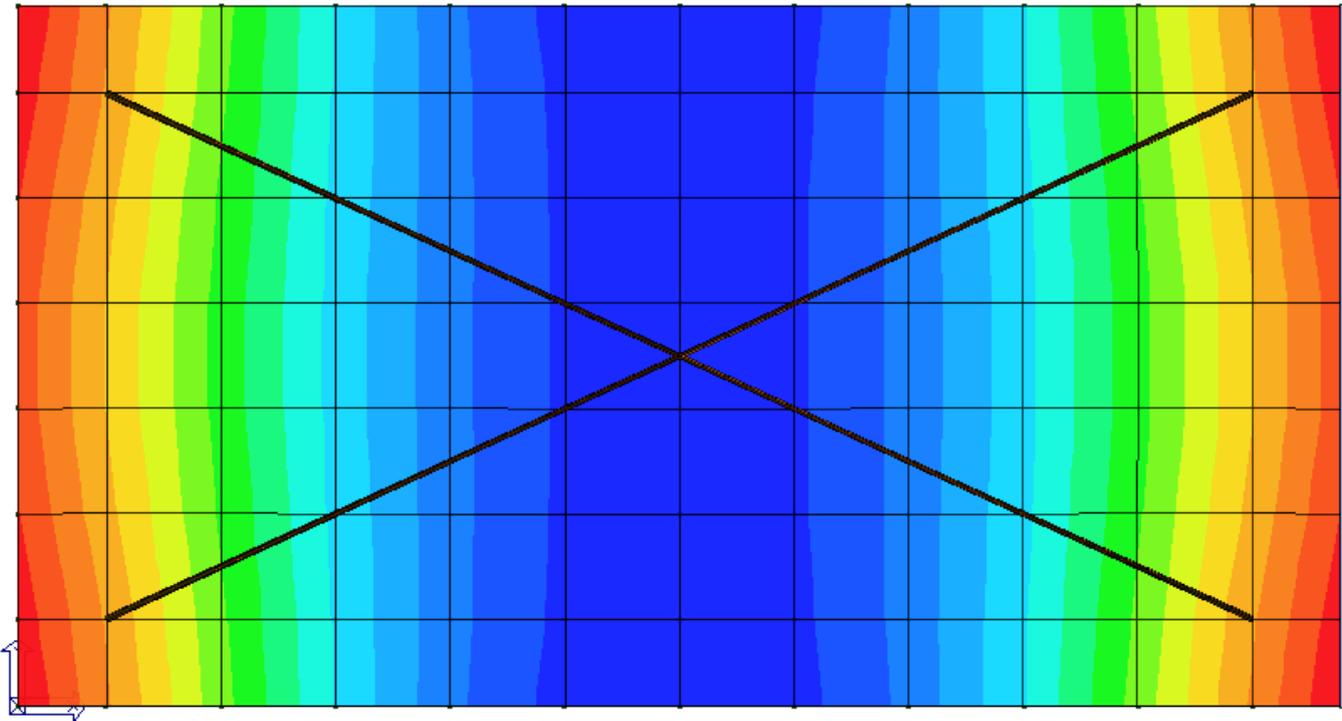


Figura 15 - Modo di vibrare 3 – $f = 18,84 \text{ Hz}$; $T = 0,05 \text{ s}$

Deformate della struttura

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne i nodi strutturali, è possibile in relazione alla tabella sotto riportata dove vengono mostrati, per ogni nodo e per ogni combinazione (o caso di carico), gli spostamenti nodali.

Nodo	Cmb	Traslazione X cm	Traslazione Y cm	Traslazione Z cm	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
1	6	-1.81e-03	-2.88e-05	-0.22	7.32e-05	-5.40e-04	0.0
1	19	4.27e-03	-3.67e-06	-0.07	9.58e-06	-6.87e-05	0.0
1	31	-8.58e-05	9.71e-03	-0.06	-8.54e-05	-6.81e-05	0.0
1	44	-0.03	-9.37e-03	-0.11	1.12e-04	-1.61e-04	0.0
1	56	-9.10e-03	-0.03	-0.13	3.22e-04	-1.35e-04	0.0
1	64	-9.10e-03	-0.03	-0.13	3.22e-04	-1.35e-04	0.0
1	76	-7.40e-03	-2.48e-03	-0.08	3.58e-05	-8.88e-05	0.0
...							
105	123	0.0	0.0	-0.12	0.0	0.0	0.0
Nodo		Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
		-0.03	-0.08	-0.23	-3.40e-04	-5.52e-04	-3.96e-06
		0.04	0.03	-0.01	3.40e-04	5.60e-04	3.96e-06

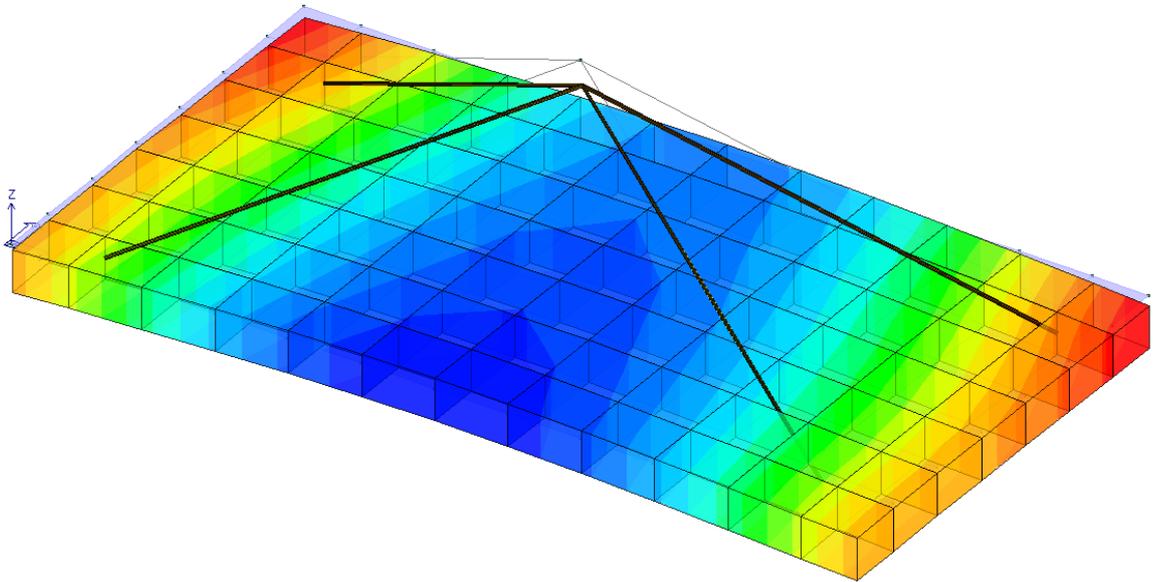
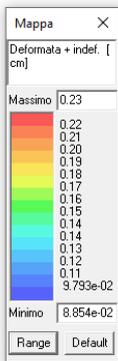


Figura 16 - Deformazioni struttura combinazione di carico SLU 30

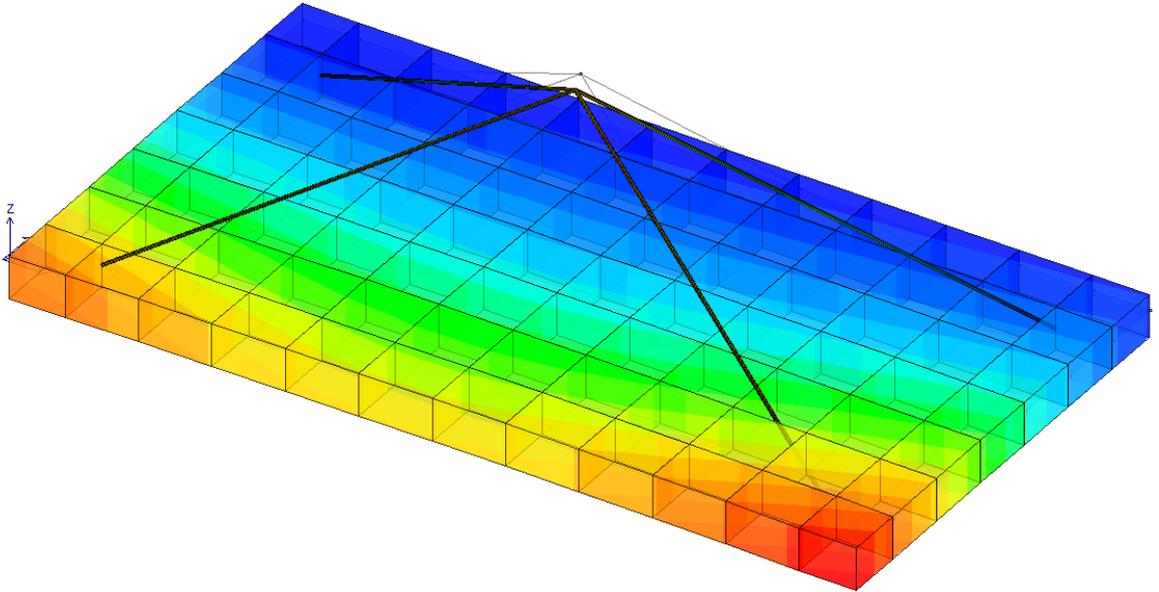
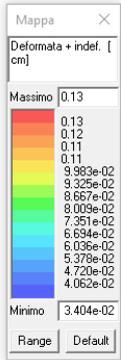


Figura 17 - Deformazioni struttura combinazione di carico SLV 54

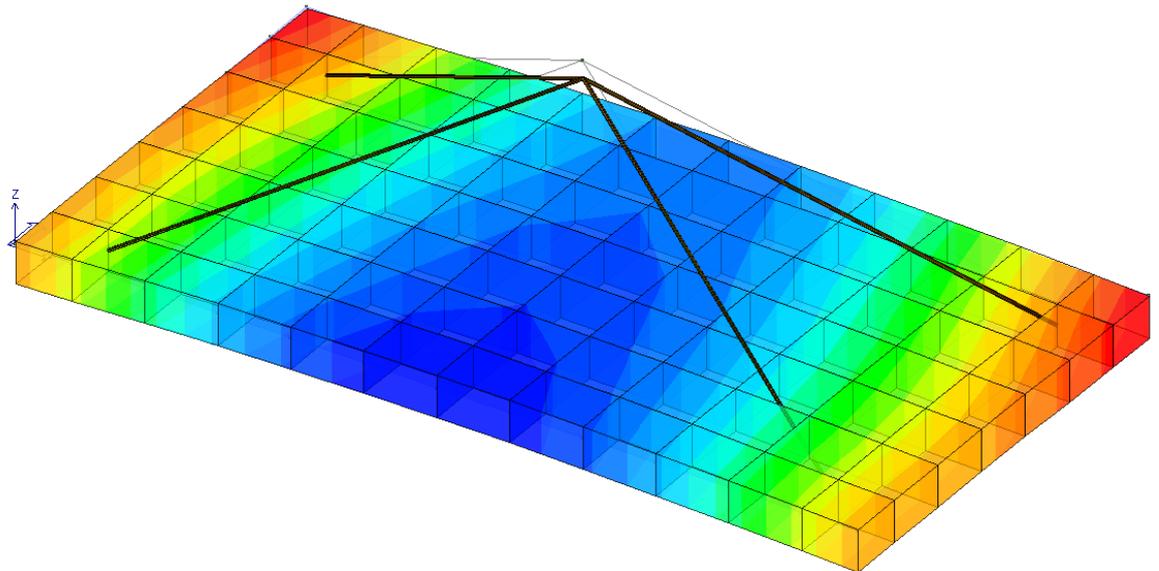
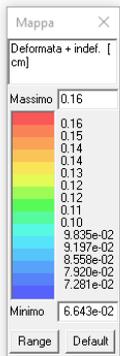


Figura 18 - Deformazioni struttura combinazione di carico SLE rara 112

Diagrammi Sollecitazioni sulla Struttura

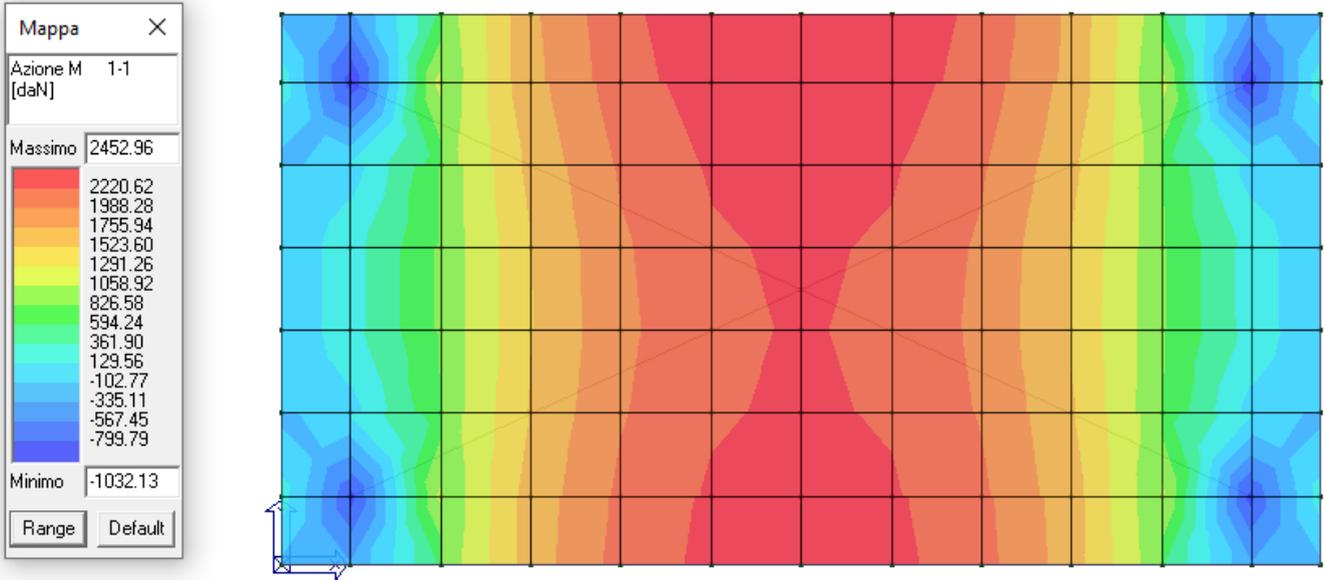


Figura 19 - Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni di compressione o di trazione in direzione locale 1-1 – SLU

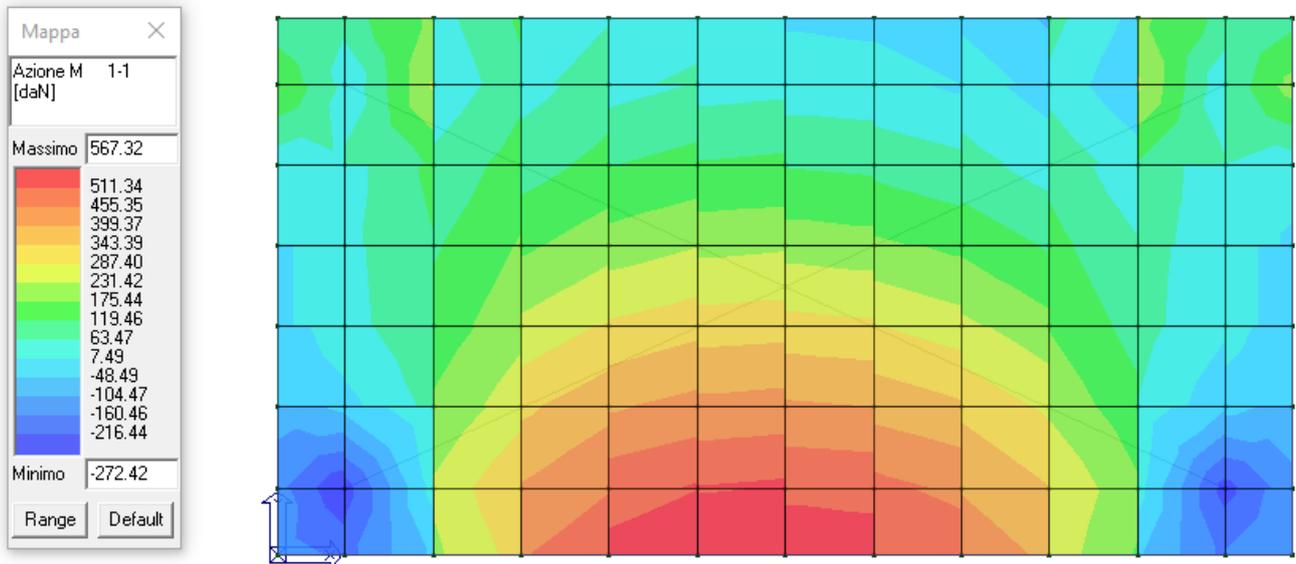


Figura 20 - Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni di compressione o di trazione in direzione locale 1-1 – SLV

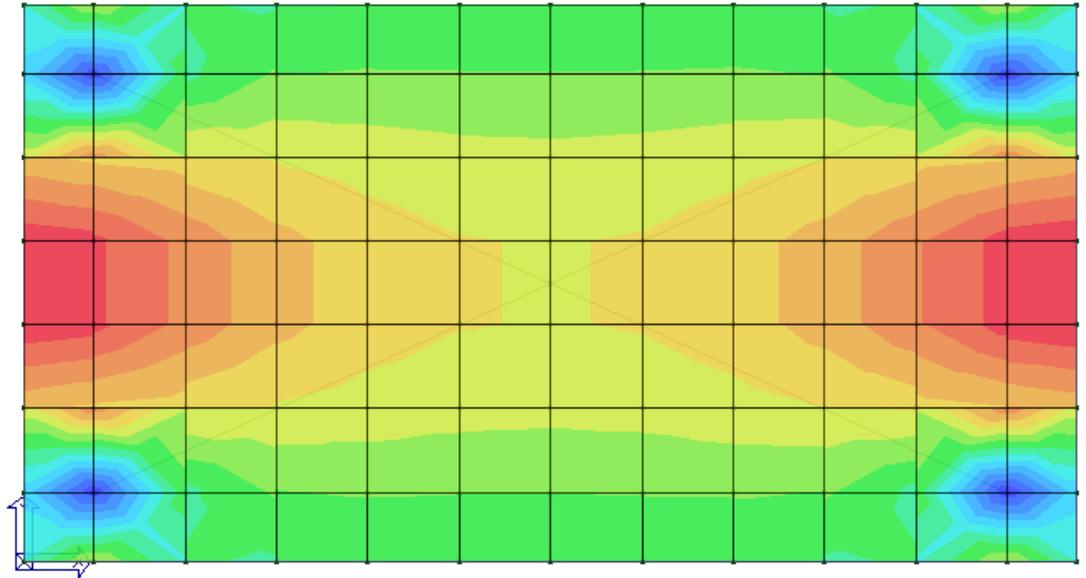
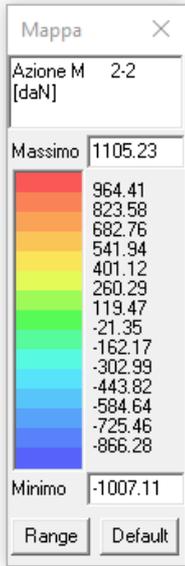


Figura 21 -Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni di compressione o di trazione in direzione locale 2-2 – SLU

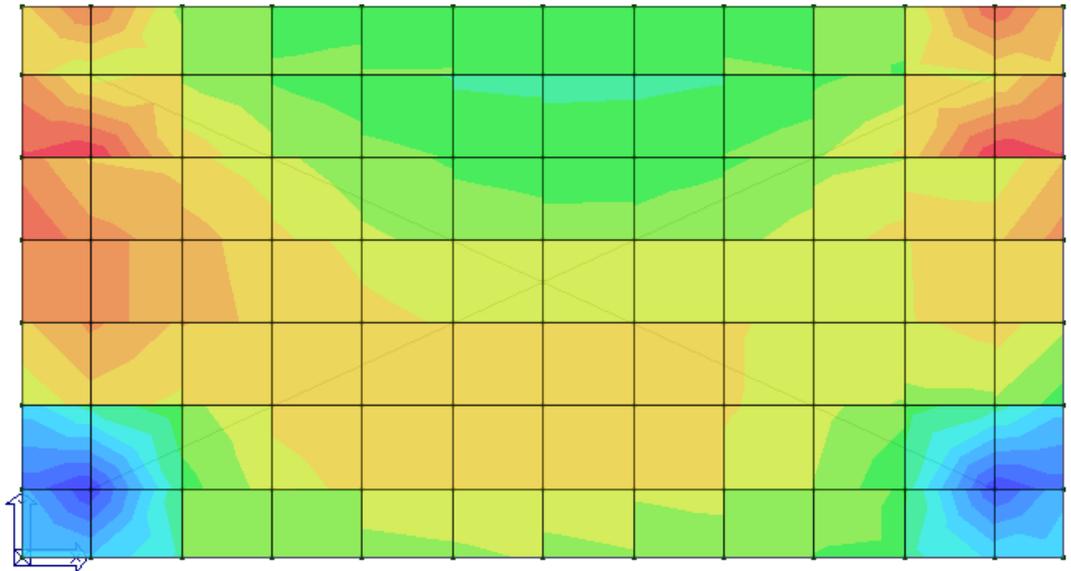
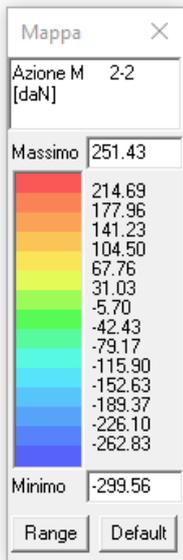


Figura 22 - Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni di compressione o di trazione in direzione locale 2-2 – SLV

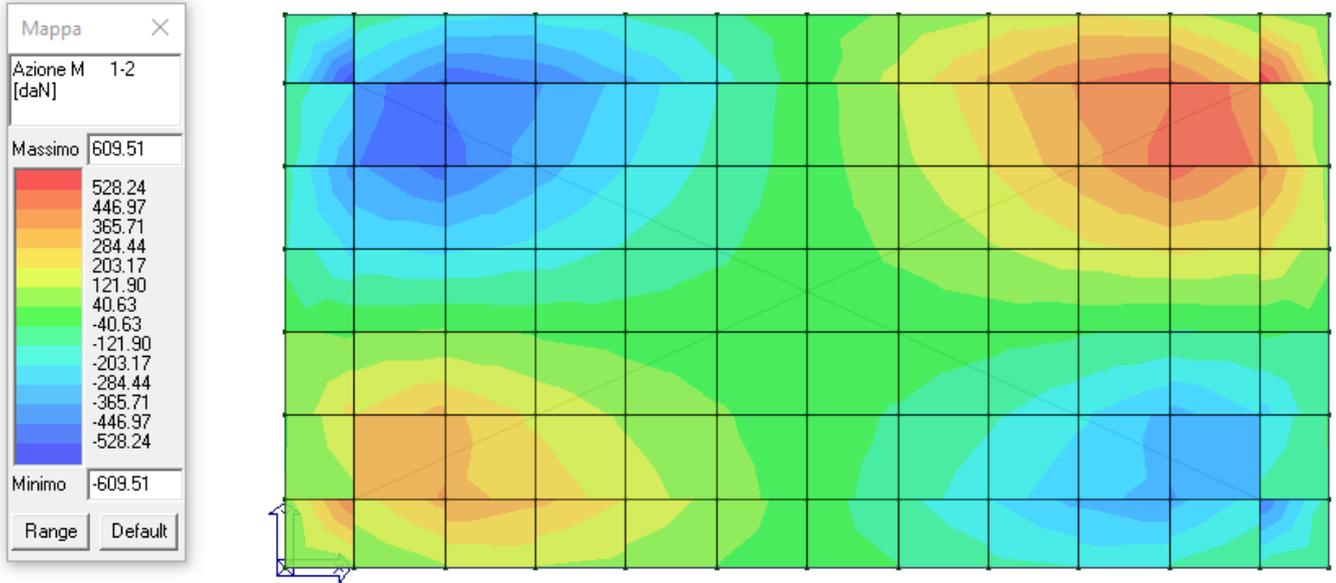


Figura 23 - Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni tangenziali relative agli assi 1-2 – SLU

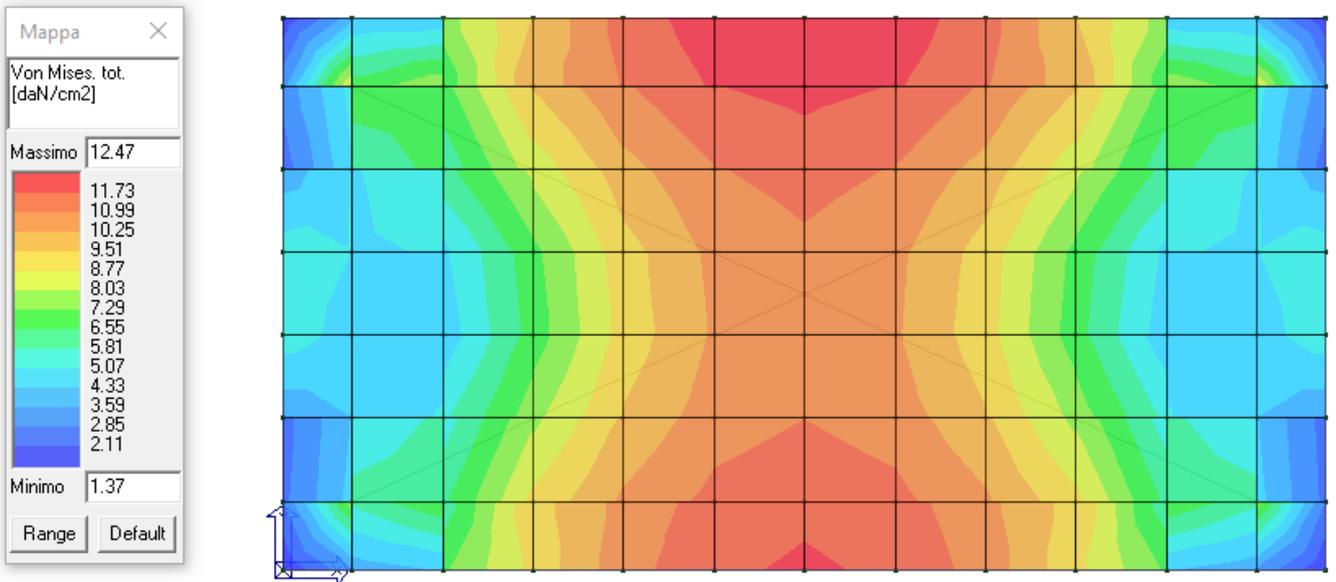


Figura 24 - Mappa cromatica delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises – SLE rare

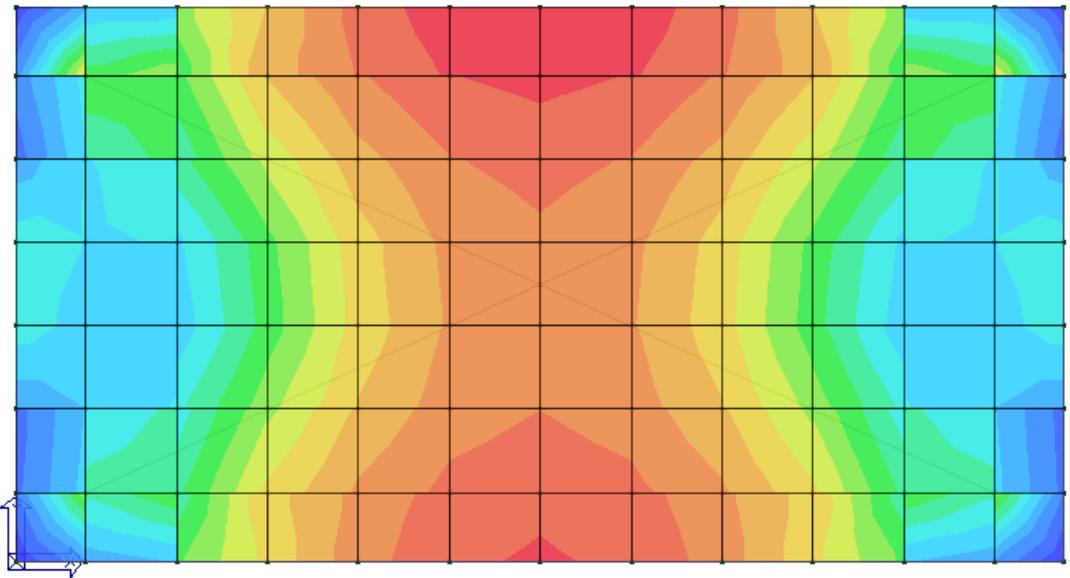
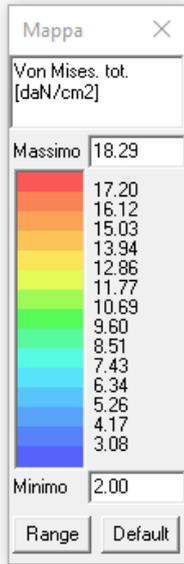


Figura 25 - Mappa cromatica delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises – SLU

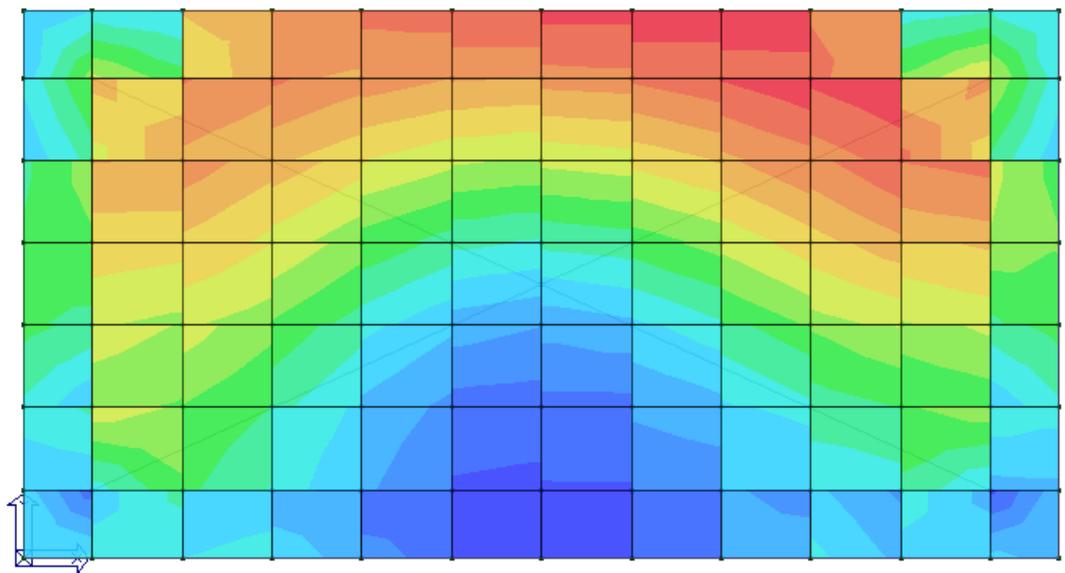
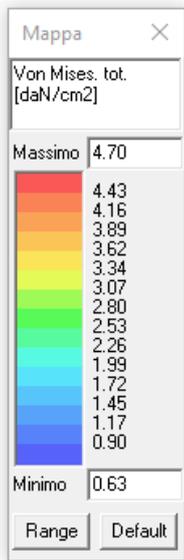


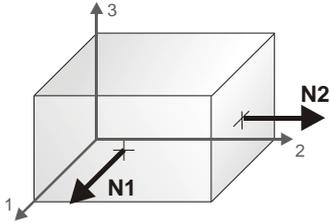
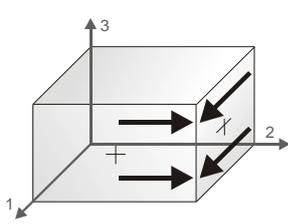
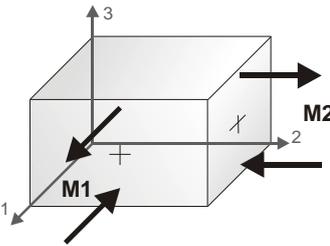
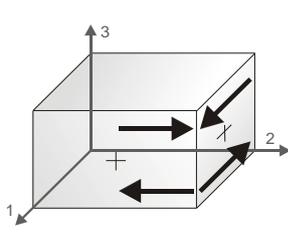
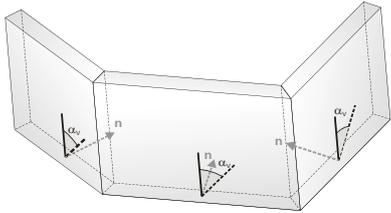
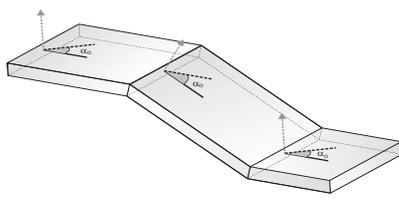
Figura 26 - Mappa cromatica delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises – SLV

Sollecitazioni gusci

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

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

8.1.1 Convenzioni gusci

 <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.

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

Per i setti, in particolare, se αV 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

8.1.2 Tabulato sollecitazioni

Macro			Tipo			Angolo 1-X (gradi)							
1			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	
1	26	1	18.01	-24.02	5.83	-11.84	-19.07	-103.83	-207.24	-153.34	-157.73	51.65	
1	26	2	18.01	-24.02	5.83	-11.84	19.07	-103.83	-207.24	-153.34	-157.73	-51.65	
1	26	3	20.01	-26.80	6.44	-13.24	-21.23	-117.07	-225.95	-170.05	-172.97	54.42	
1	26	4	20.01	-26.80	6.44	-13.24	21.23	-117.07	-225.95	-170.05	-172.97	-54.42	
1	26	5	37.25	9.84	37.24	9.84	0.45	-634.06	-1354.40	-952.43	-1036.03	-357.73	
1	26	6	33.44	9.10	33.44	9.10	0.15	-580.68	-1159.58	-831.55	-908.72	286.87	
1	26	7	37.25	9.84	37.24	9.84	-0.45	-634.06	-1354.40	-952.43	-1036.03	357.73	
...													
1	123	104	31.95	8.32	25.58	14.69	10.48	576.80	80.63	443.38	214.05	220.00	
M_G			N max	N min	N 1	N 2	N 1-2	M max	M min	M 1	M 2	M 1-2	
			113.46	-41.17	-20.14	-20.99	-55.02	2452.96	-1375.98	-961.94	-1044.92	-488.12	
					111.45	43.90	55.02			2452.96	1092.16	488.12	
Elem.	Cmb	Nodo	Von Mises daN/cm ²	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
1	30	10	5.03	28.96	-41.43	-10.17	-2.31	-34.97	292.12	-420.16	271.18	-399.22	-120.31
		5	13.22	65.51	-99.48	-18.93	-15.03	82.47	-358.38	-1583.97	-907.78	-1034.57	-609.51
		11	5.94	65.94	-55.25	17.83	-7.14	-59.30	319.74	-411.94	-385.39	293.19	-136.82
		4	2.18	20.02	-26.85	6.44	-13.27	21.26	-117.67	-224.71	-170.04	-172.34	-53.51
1	51	10	2.07	2.11	-6.02	-4.14	0.23	-3.43	-19.32	-291.74	-133.70	-177.36	-134.45
		5	3.15	5.52	-19.02	-6.36	-7.14	12.26	-115.88	-456.10	-272.42	-299.56	-169.57
		11	2.23	7.08	-7.91	4.12	-4.96	-5.96	-18.10	-297.40	-170.57	-144.93	-139.06
		4	2.03	4.10	0.20	4.03	0.27	0.51	6.37	-291.44	-138.72	-146.35	-148.86
...													
84	123	21	4.26	34.80	-7.09	17.06	10.65	-20.70	508.65	-9.93	85.99	412.74	201.35
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
			18.29	169.50	-99.48	-26.44	-28.66	-82.47	2452.98	-1583.97	-1040.27	-1070.51	-609.51
						152.03	56.28	82.47			2452.96	1105.23	609.51

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D18CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

9 VERIFICA STRUTTURALE DELLE FONDAZIONI

Verifica Delle Membrature

Con riferimento al tabulato meccanografico (integralmente allegato alla presente relazione) tutte le membrature (Setti) sono state verificate dal programma di calcolo PRO_SAP 20.4.0 (riferimento NTC 18 ed Circolare n.7 21/01/19).

Dall'analisi dei tabulati emerge che, con riferimento alla geometria della struttura, ai vincoli esterni ed interni, alla sezione degli elementi strutturali, alle armature, ai materiali utilizzati ed ai carichi agenti, tutte le sezioni risultano verificate.

Di seguito si riportano più dettagliatamente le verifiche eseguite in conformità con il §4.1 NTC 18 (Costruzioni in calcestruzzo) e §7.4 NTC 18 (Progettazione per azioni sismiche - Costruzioni in calcestruzzo).

La simbologia utilizzata, ove non espressamente indicato, si riferisce ai suddetti paragrafi delle NTC18.

Verifica Stato Limite Ultimo

Per la verifica allo stato limite ultimo i modelli σ - ϵ adottati sono: (§4.1.2.1.2.2 NTC 18)

- calcestruzzo: modello parabola-rettangolo. Figura 4.1.1(a) NTC 18
- acciaio: modello elastico-perfettamente plastico indefinito. Fig. 4.1.2(b) NTC 18

La verifica a pressoflessione deviata è effettuata mediante l'espressione:

$$[(M_y/M_{Ry})^\alpha + (M_x/M_{Rx})^\alpha] \leq 1 \quad (4.1.10 \text{ NTC18})$$

L'esponente α è cautelativamente assunto pari a $\alpha = 1$.

Per il calcolo dei momenti resistenti M_{Rx} ed M_{Ry} dall'armatura longitudinale della sezione viene sottratta l'armatura necessaria alla verifica a torsione.

Le verifiche a torsione e a taglio biassiale sono effettuate con il metodo del traliccio ad inclinazione variabile imponendo:

$$1 \leq \text{ctg}(\theta) \leq 2,5 \quad (4.1.16 \text{ NTC 18})$$

La verifica del calcestruzzo è effettuata (a vantaggio di sicurezza) mediante l'espressione:

$$(VE_{dx}/VR_{cdx} + VE_{dy}/VR_{cdy} + Mt/TR_{cd}) \leq 1$$

Dove M_t = momento torcente.

La verifica dell'armatura a taglio è eseguita considerando l'area di acciaio al netto dell'area necessaria alla verifica a torsione ed avviene, a vantaggio di sicurezza, utilizzando la formula:

$$[(VE_{dx}/VR_{sdx})^2 + (VE_{dy}/VR_{sdy})^2] \leq 1$$

Ogni sezione (per pilastri e travi) è verificata per la presenza contemporanea delle sei sollecitazioni (N , M_x , M_y , V_x , V_y , M_t).

Verifica Stato Limite Tensione Di Esercizio

Le verifiche delle tensioni di esercizio sono eseguite in conformità con il § 4.1.2.2.5 NTC 18.

La verifica è effettuata, per tutte le sezioni, a pressoflessione deviata (presenza contemporanea di N , M_x , M_y) con l'espressione:

$$|M_x/M_{ax}| + |M_y/M_{ay}| \leq 1$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D18CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

dove:

M_{ax} = Momento M_x ammissibile a pressoflessione retta con sforzo normale N

M_{ay} = Momento M_y ammissibile a pressoflessione retta con sforzo normale N

Verifica Stato Limite Di Fessurazione

Le verifiche dello stato limite di fessurazione sono fatte in conformità con il §4.1.2.2.4 NTC18.

Si è scelto quindi, conformemente con quanto suggerito dalla Circolare 7 21/01/19 § 4.1.2.2.4.6, di far riferimento al D.M. 9 gennaio 1996 e al punto B.6 della Circolare Min. LL.PP 252 del 15/10/1996.

Per ogni lato della sezione è calcolato, considerando una tensoflessione retta, l'apertura della fessura con l'espressione:

$$w_d = 1,7 \quad w_m = 1,7 \Delta_{sm} \epsilon_{sm} [1]$$

I valori così calcolati sono confrontati con i valori nominali ricavati dalla tabella 4.1.IV NTC 18.

In aggiunta alle verifiche a tensoflessione retta viene effettuata la verifica a fessurazione a tensoflessione deviata così procedendo:

- Si è scelto il valore Δ_{sm} che corrisponde alla massima fessurazione a tensoflessione semplice;
- Si è ricavato ϵ_{sm} dalla [1] ponendo w_d pari al valore nominale ammissibile;
- Si è ricavato σ_s dall'equazione: $\epsilon_{sm} = \sigma_s (1 - \beta_1 \beta_2 \beta_3) / E_s$ (CM LL.PP 252 del 15/10/1996 §B.6.6.3.(b))

Nota la σ_s si è proceduto alla verifica con la formula $|M_x/M_{ax}| + |M_y/M_{ay}| \leq 1$

Verifica Stato Limite Di Deformazione

Le verifiche allo stato limite di deformazione sono realizzate secondo quanto indicato nel §C4.1.2.2.2 della Circolare 7 21/01/19.

In particolare il calcolo della deformazione flessionale delle piastre è effettuato mediante integrazione delle curvature tenendo conto della viscosità del calcestruzzo.

Il modulo elastico del calcestruzzo E_{eff} è calcolato tenendo conto degli effetti della viscosità secondo l'espressione:

$$E_{eff} = E_{cm} / [1 + F(\infty, t_0)] \quad (7.20 EC2)$$

dove:

- $\varphi(\infty, t_0)$ è calcolato mediante la tabella 11.2.VII delle NTC 18 e con $t_0 = 30$ giorni.
- E_{cm} = Modulo elastico istantaneo del calcestruzzo calcolato con la 11.2.5 NTC 18.

L'inerzia delle sezioni parzialmente fessurate è calcolata con la formula (C4.1.11 Circolare 7 21/01/19). Le sezioni interamente fessurate sono omogeneizzate con $n=15$.

Stato di progetto delle fondazioni

Si riportano di seguito lo stato di progetto della fondazione a seguito delle verifiche condotte. Un colore ciano indica che tutte le verifiche sono state superate, mentre un eventuale colore rosso indica la presenza di almeno una verifica non soddisfatta.

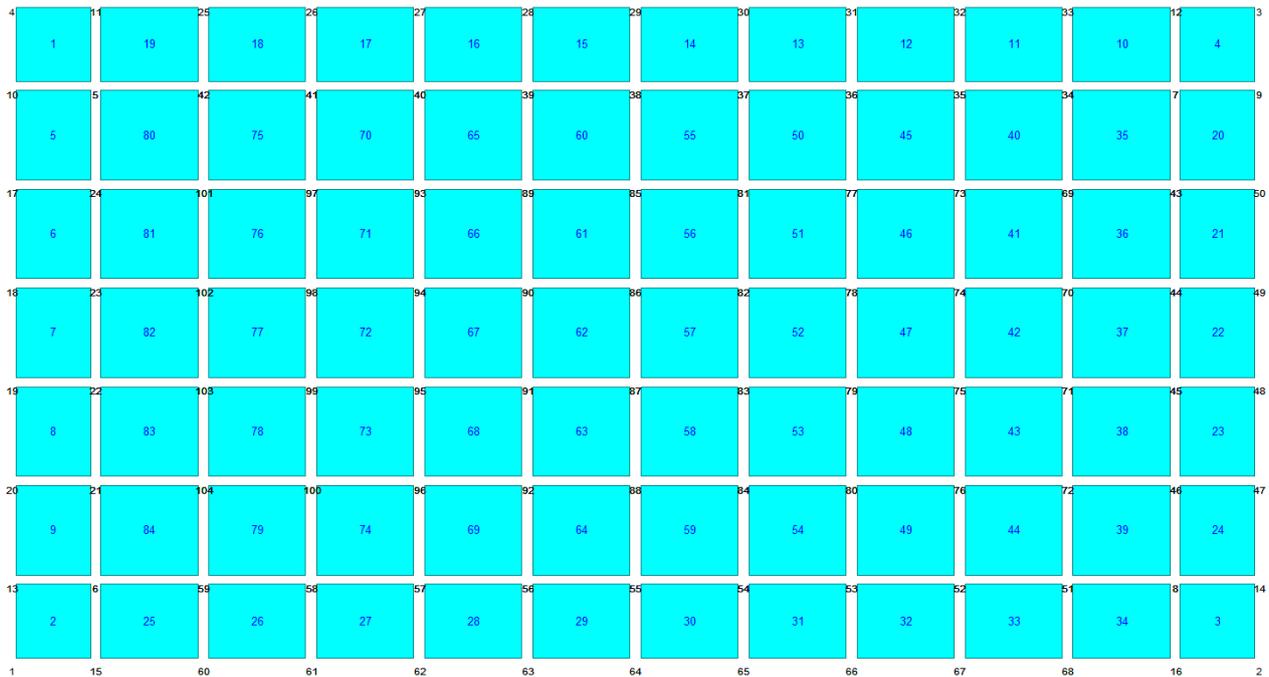


Figura 27 - Stato di progetto della fondazione. Tutti gli elementi risultano verificati

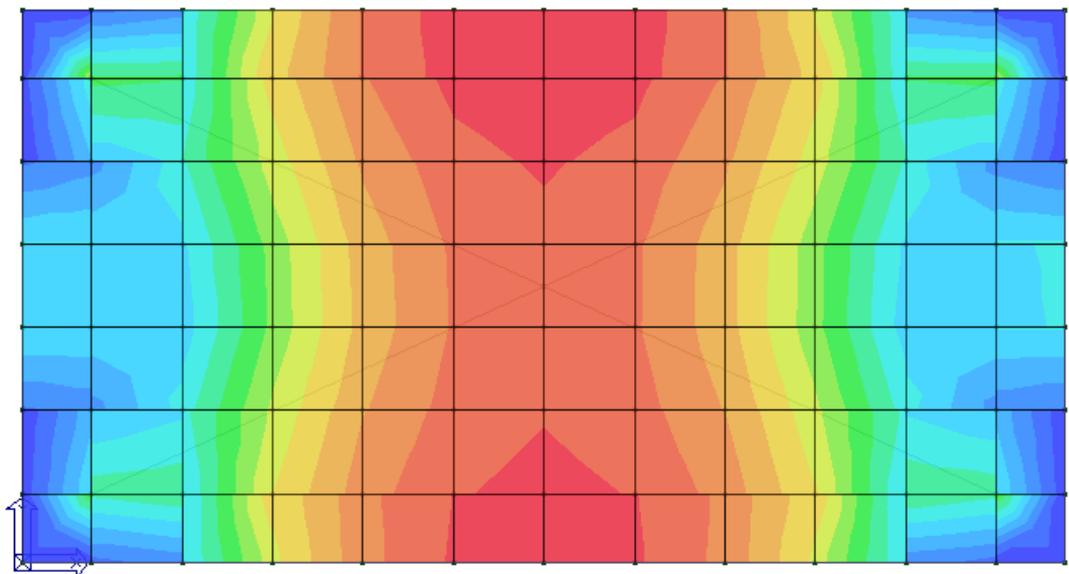
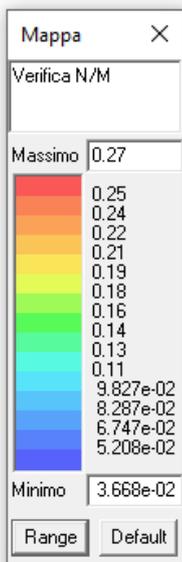


Figura 28 - Verifica N/M presso flessione: Max Valore 0,27

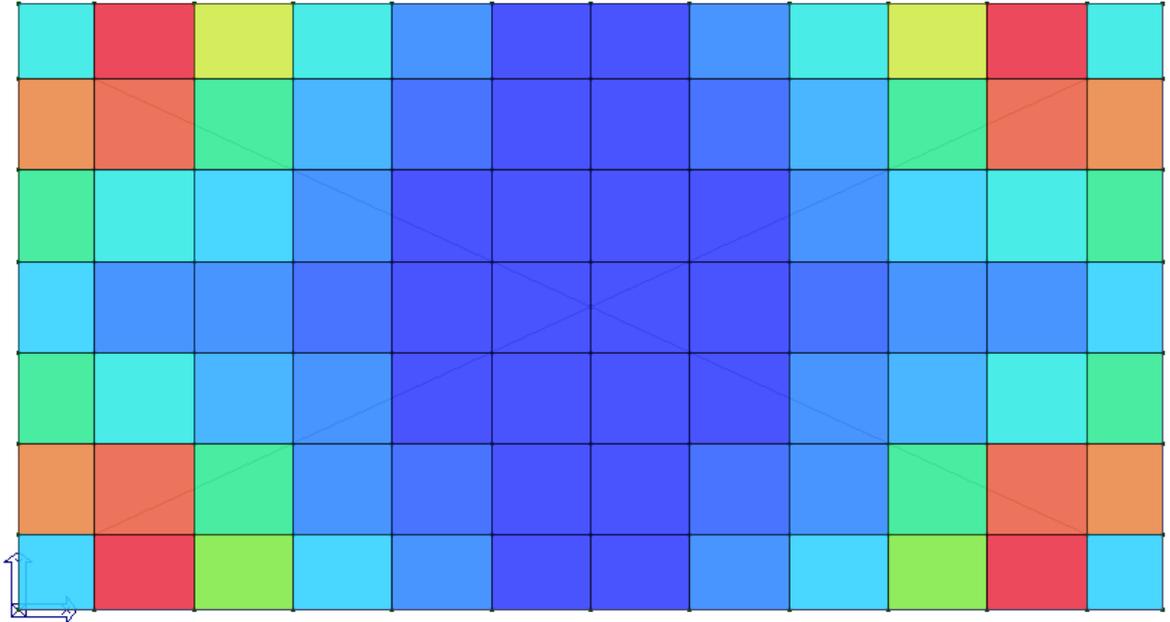
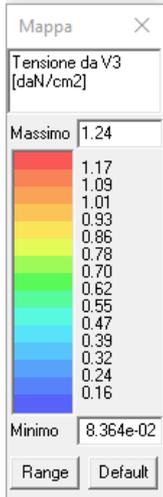


Figura 31 - Tensione da V3: $V3 < v_{min}$ → verifica V CLS non necessaria

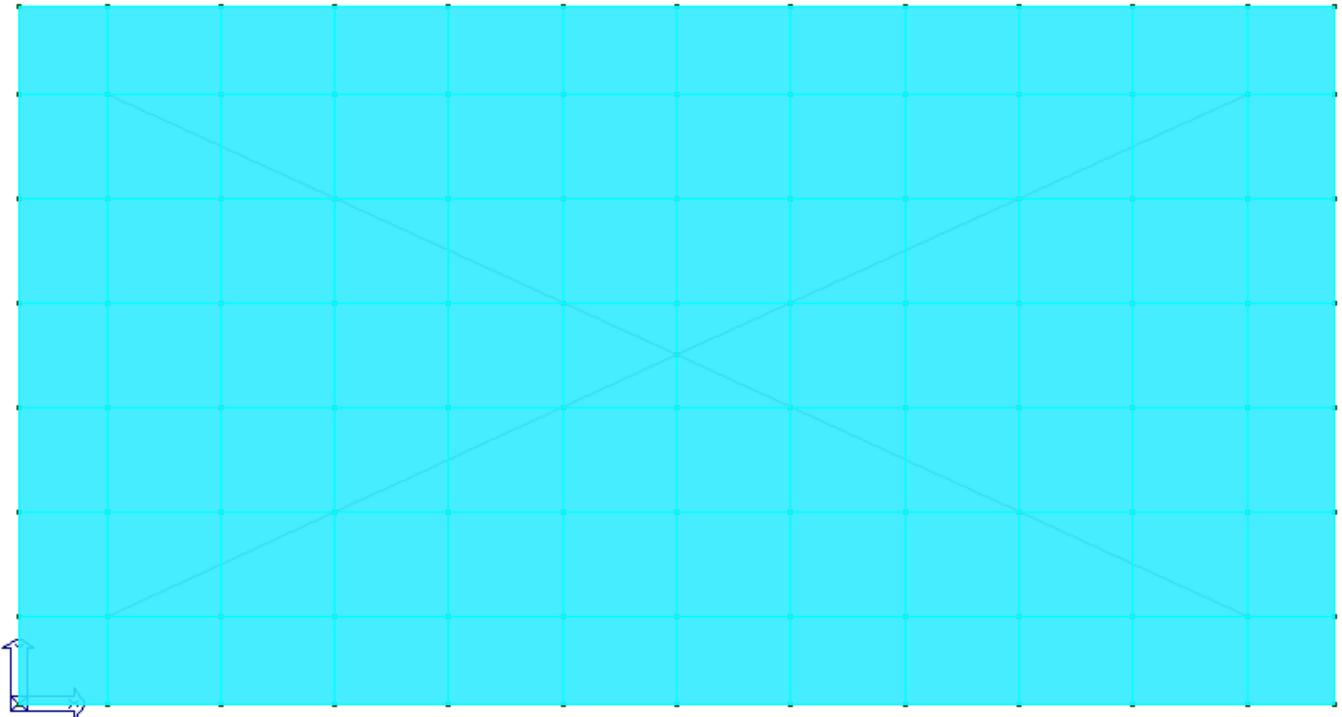


Figura 32 - Stato di progetto della fondazione allo SLU/SLV/SLE. Tutti gli elementi risultano verificati

Verifiche allo Stato Limite Ultimo

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.

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.

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 N_d/N_u (N_u 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 norm.)
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

Macro Guscio	Spessore	Id Materiale	Id Criterio	Progettazione
	cm			
1	30.00	4	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	
1	ok	0.16	3.67e-02	5.40e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	4.0	0.3	-0.5	-138.7	-146.4	148.9	
2	ok	0.16	3.67e-02	5.47e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	6.2	-12.7	20.4	-163.6	-167.3	-53.4	
3	ok	0.16	3.67e-02	5.71e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	6.4	-13.3	-21.3	-170.0	-172.3	53.5	
4	ok	0.16	3.67e-02	5.71e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	6.4	-13.3	21.3	-170.0	-172.3	-53.5	
5	ok	0.16	0.2	2.12e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	-18.9	-15.0	82.5	-907.8	-1034.6	-609.5	
6	ok	0.16	0.2	2.01e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	-18.4	-14.4	-78.3	-834.9	-958.8	551.4	
7	ok	0.16	0.2	2.12e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	-18.9	-15.0	-82.5	-907.8	-1034.6	609.5	
8	ok	0.16	0.2	2.03e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	-18.6	-14.5	79.1	-845.3	-969.0	-556.4	
...																				
104	ok	0.16	0.1	1.94e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	49.0	27.5	2.3	922.0	411.7	411.7	

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
	0.16	0.27	0.02	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	-25.42	-28.66	-82.47	-907.78	-1034.57	-609.51
	0.16	0.27	0.02	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	152.03	54.67	82.47	2452.96	1102.58	609.51

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	0.45						
2	ok	0.46						
3	ok	0.50						
4	ok	0.50						
5	ok	1.24						
6	ok	1.18						
7	ok	1.24						
8	ok	1.19						
...								
104	ok	1.11						
Nodo	Stato	Max tau	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec
		1.24						

Verifiche allo Stato Limite di 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 q. p.	[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:

pilastrì	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
setti e gusci	rRfck	rRfyk	rPfck	massimi nei nodi dell'elemento
	wR	wF	wP	massimi nei nodi dell'elemento

Guscio	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	wR	wF	wP	Rif. cmb
					mm	mm	mm	
1	0.06	0.20	0.06	112,112,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
2	0.05	0.18	0.06	100,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
3	0.06	0.18	0.06	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
4	0.06	0.20	0.06	112,112,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
5	0.05	0.12	0.05	112,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
6	0.05	0.13	0.05	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
7	0.05	0.11	0.05	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
8	0.05	0.12	0.05	100,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
...								
84	0.06	0.20	0.06	100,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
Guscio	rRfck	rRfyk	rPfck		wR	wF	wP	
	0.10	0.26	0.10		0.0	0.0	0.0	

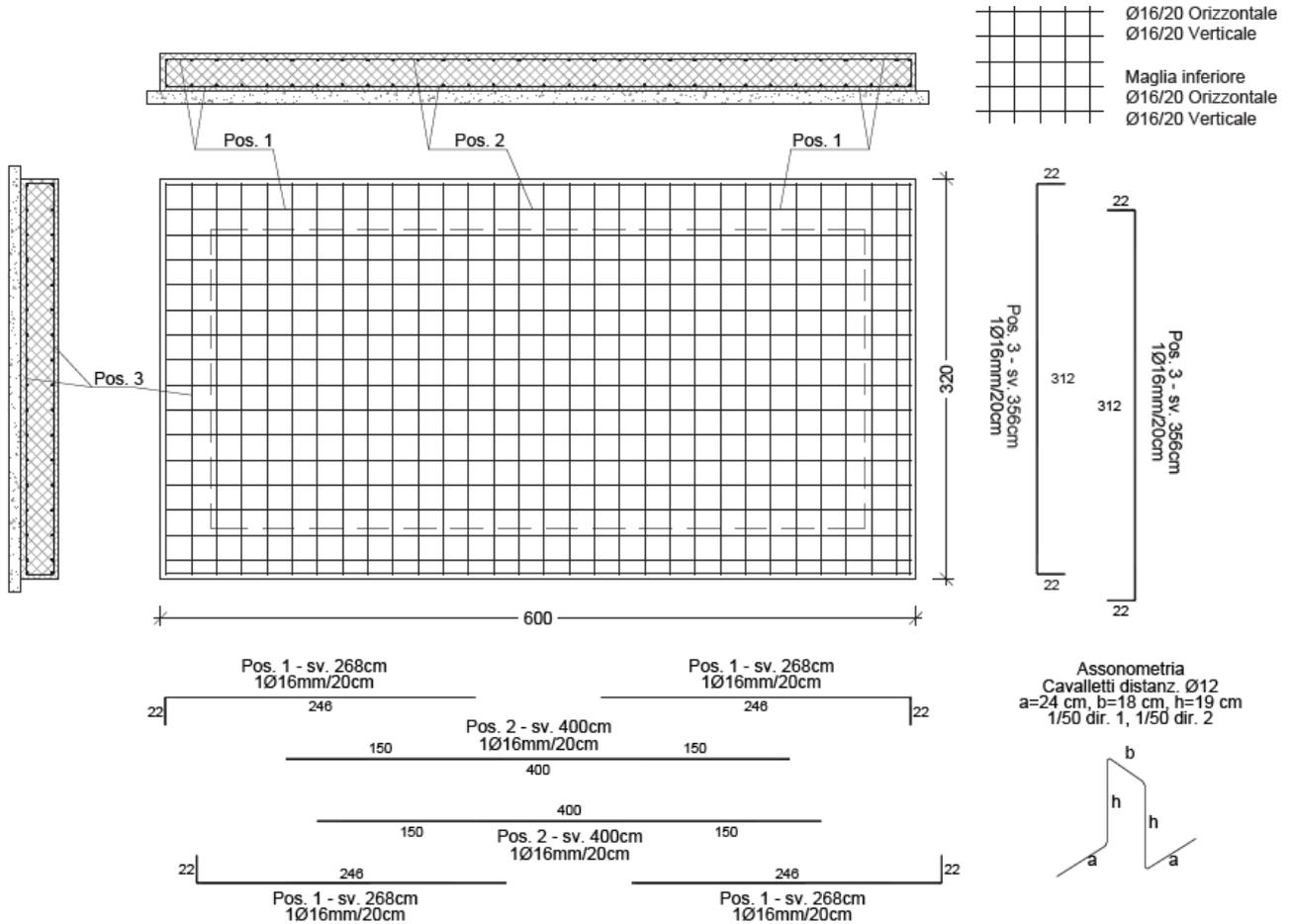


Figura 33 – Tipologico ferri di armatura platea

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D18CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

10 VERIFICA GEOTECNICA DELLE FONDAZIONI

La fondazione è di tipo diretto e consiste in una Platea che “scarica” i carichi trasferiti dai setti. 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:
 - o Combinazione 1:(A1+M1+R3)

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

Modellazione del Terreno

Nella modellazione si è considerata la presenza di fondazioni superficiali, schematizzando il suolo con un letto di molle elastiche di assegnata rigidezza. In direzione orizzontale si è considerata la struttura bloccata.

Le platee di fondazione sono modellate tramite specifici elementi finiti che gestiscono il suolo elastico alla Winkler.

Calcolo Tensioni e Cedimenti

Per la determinazione delle tensioni si è fatto riferimento alla teoria di Boussinesq.

Per il calcolo dei cedimenti si è fatto riferimento al Metodo Elastico.

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):

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

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

dove:

- N risultante delle forze normali al piano di scorrimento;
- Tx, Ty componenti delle forze tangenziali al piano di scorrimento;
- tan(phi) coefficiente di attrito terreno-fondazione;
- ca 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;
- Sp spinta passiva dell'eventuale terreno laterale;
- γRs 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.

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.

10.1.1 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 ($\phi = 0$) 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;
- s_c, s_q, s_γ 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;

10.1.2 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:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D18CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	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.

10.1.3 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 :

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

10.1.4 Valutazione dei cedimenti teorici

La valutazione dei cedimenti, e in generale quello delle deformazioni del suolo, è complessa, per via della natura non lineare, anisotropa e multifase dei terreni. Il calcolo rigoroso, specie in situazioni geotecniche complesse, è possibile solo con modelli matematici molto sofisticati, contenenti numerosi parametri di difficile determinazione. Tuttavia, nella maggior parte dei casi comuni, si ritiene accettabile l'applicazione di metodi di valutazione dei cedimenti semplificati, in quanto sono in grado di fornire, con un numero ridotto di parametri, una stima sufficientemente accurata.

Uno dei metodi di uso più generale, indicato anche negli annessi dell'Eurocodice EC7, è il metodo sforzi-deformazioni (stress-strain method). Tale metodo consente di valutare il cedimento totale di una fondazione posta su un suolo coesivo o non coesivo. I passi da eseguire e le ipotesi di calcolo possono essere così riassunte:

- Determinare l'incremento di tensione lungo la verticale del punto di calcolo dovuto ai carichi agenti; questo può essere derivato sulla base della teoria dell'elasticità, assumendo in generale terreno omogeneo e isotropo.

- Determinare la deformazione del suolo con la profondità, in base all'andamento del modulo di elasticità, o di altre leggi sforzi-deformazioni determinate mediante test di laboratorio.
- Integrare le deformazioni verticali trovate in un numero sufficientemente elevato di punti.

Il metodo utilizzato è quello configurabile nella famiglia sforzi-deformazioni (stress-strain method). L'incremento di tensione verticale in un qualsiasi punto del sottosuolo viene valutato sulla base della teoria dell'elasticità, diffondendo la reazione vincolare Q di ciascun nodo di fondazione mediante una espressione alla Boussinesq:

$$q_v = \frac{3 \cdot Q \cdot z^3}{2\pi \cdot R^5}$$

Dove:

- q_v = incremento di tensione verticale nel punto di calcolo
- z = profondità del punto di calcolo rispetto al carico
- R = distanza spaziale tra punto di calcolo e punto di carico

Nota l'andamento delle tensioni nel sottosuolo si determina il cedimento su un numero elevato di strati omogenei, di ampiezza massima decisa dall'utente nelle preferenze suolo.

Per la descrizione delle formulazioni si rimanda ad un qualsiasi testo della vasta letteratura geotecnica sull'argomento.

Dati Geometrici degli Elementi Costituenti le Fondazioni Superficiali

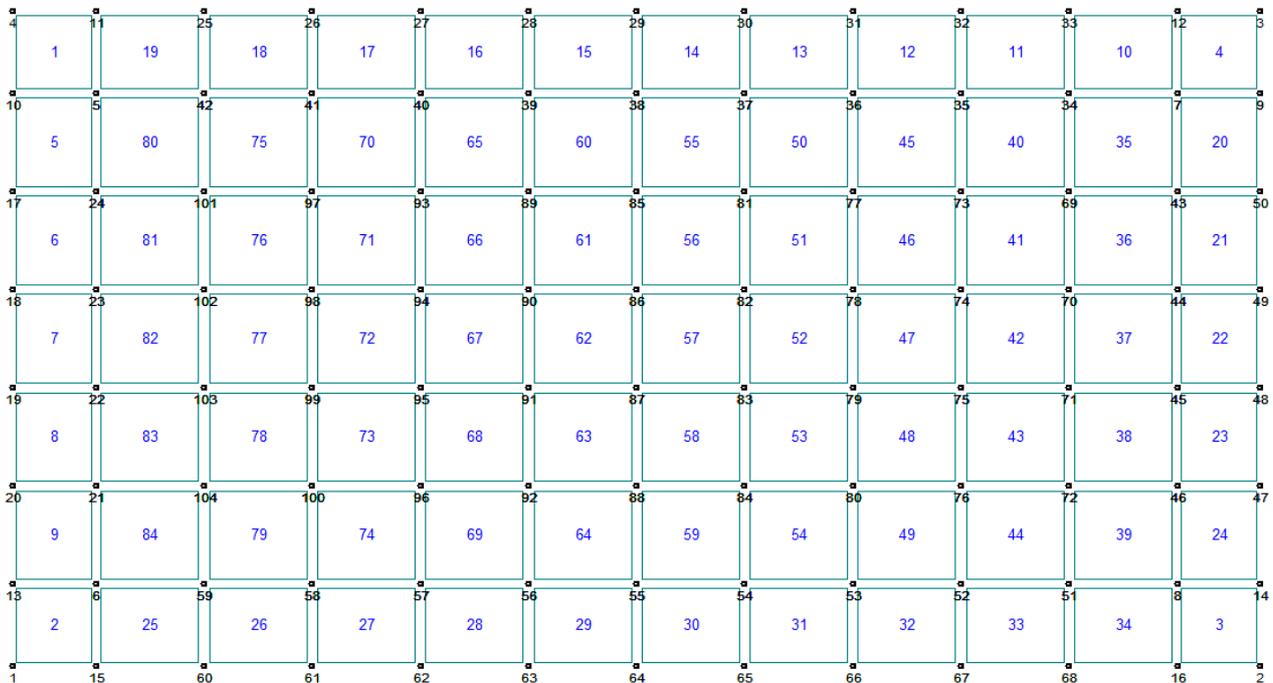


Figura 34 - Rappresentazione degli elementi di fondazione all'interno del modulo GEO del software PRO_SAP

Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Dia. Eq. cm	Spessore cm	Superficie cm ²	Vertici n. per elem.	Macro n.
Platea n. 1	Platea	001	15.000	45.135	30.000	1600.000	4	1
Platea n. 2	Platea	001	15.000	45.135	30.000	1600.000	4	1
Platea n. 3	Platea	001	15.000	45.135	30.000	1600.000	4	1
Platea n. 4	Platea	001	15.000	45.135	30.000	1600.000	4	1
Platea n. 5	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 6	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 7	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
.								
Platea n. 78	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 79	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 80	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 81	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 82	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 83	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 84	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Base Eq. cm	Spessore cm	Lung. Eq. cm	Lung. Travata Eq. cm	
Macro n. 1	Macro-Platea	001	15.000	256.000	30.000	480.000	480.000	

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, allegati alla presente (Allegati B), 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.

10.1.5 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).

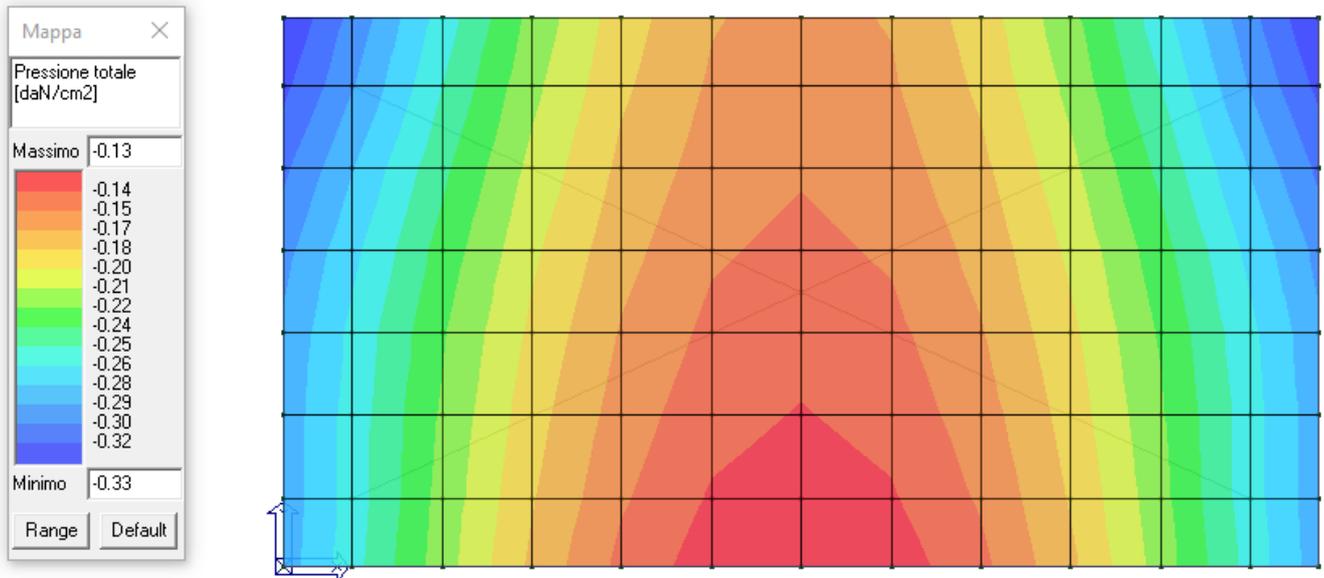


Figura 35 - Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLU

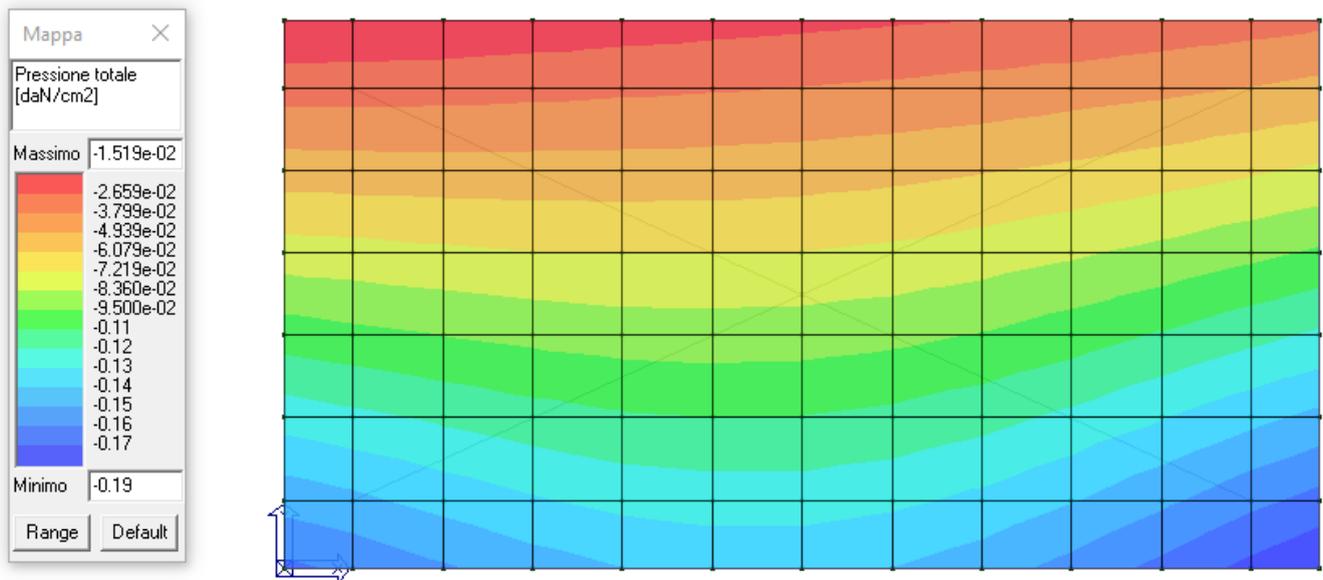


Figura 36 - Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLV

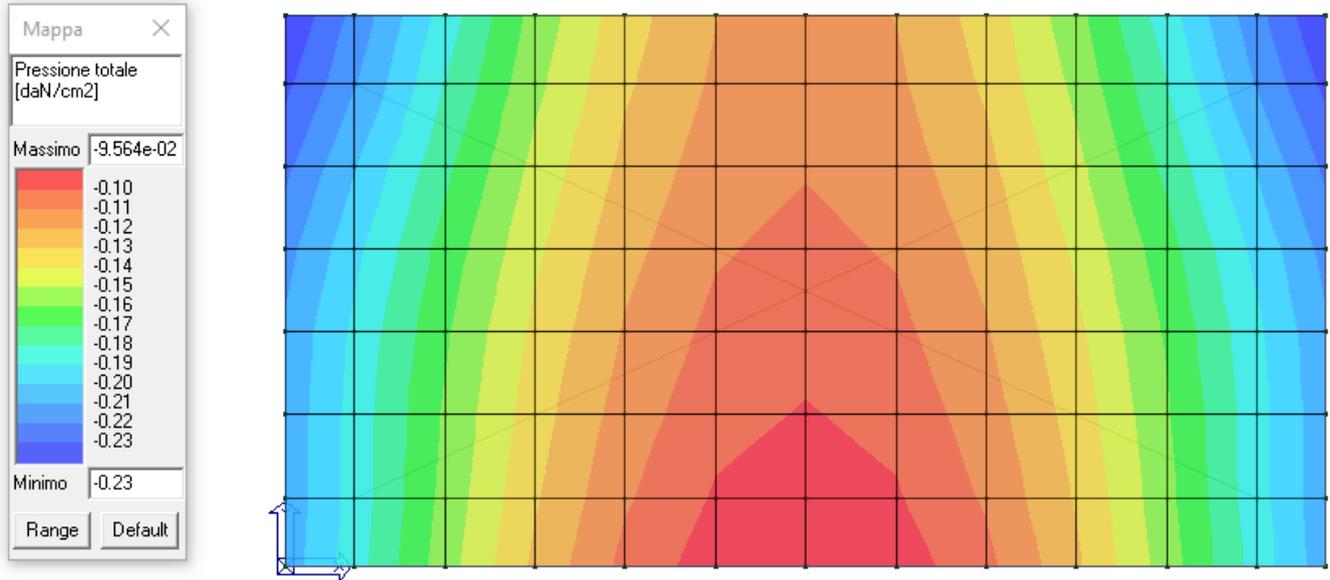


Figura 37 - Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLE/SLO

10.1.6 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.

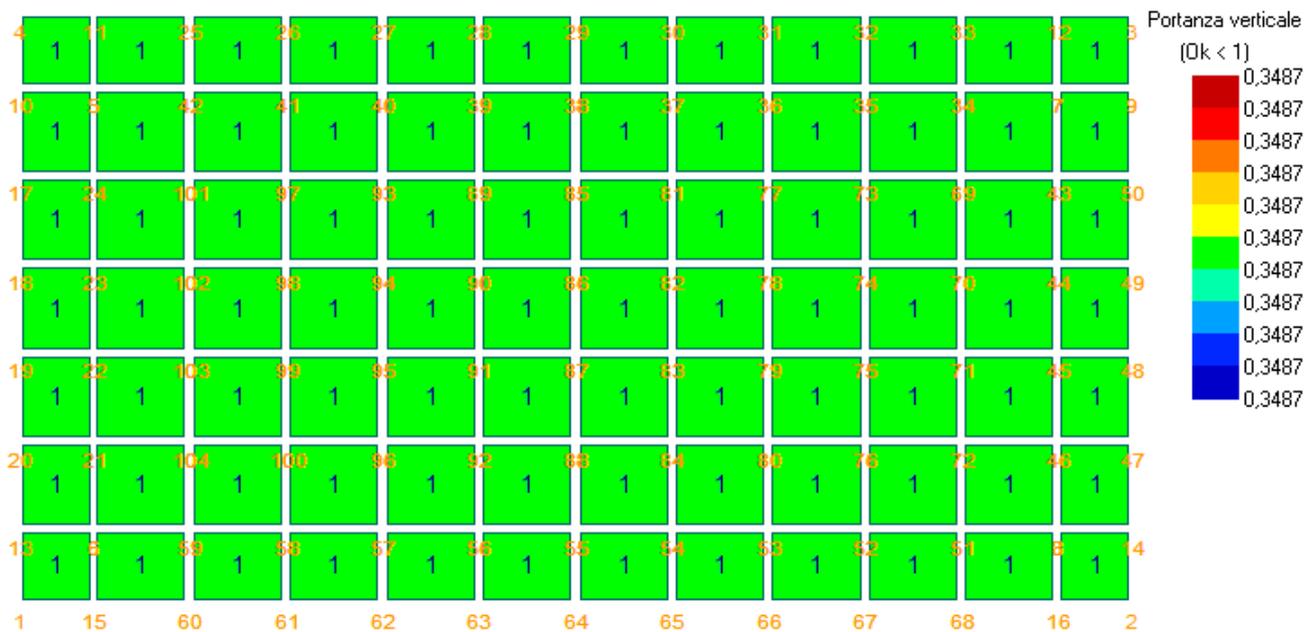


Figura 38 - Risultati della verifica di portanza verticale della fondazione. Max Valore 0,35

10.1.7 Valori di Calcolo dello Scorrimento per Fondazioni Superficiali

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

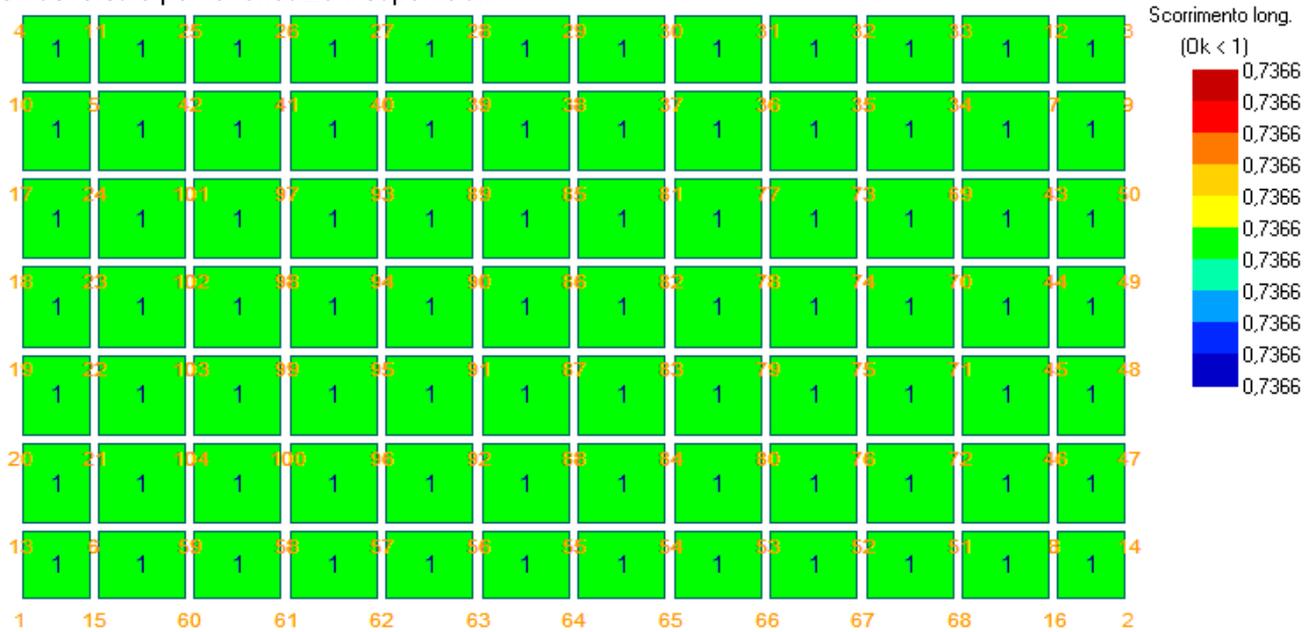


Figura 39 - Risultati della verifica allo scorrimento longitudinale. Max Valore 0,74

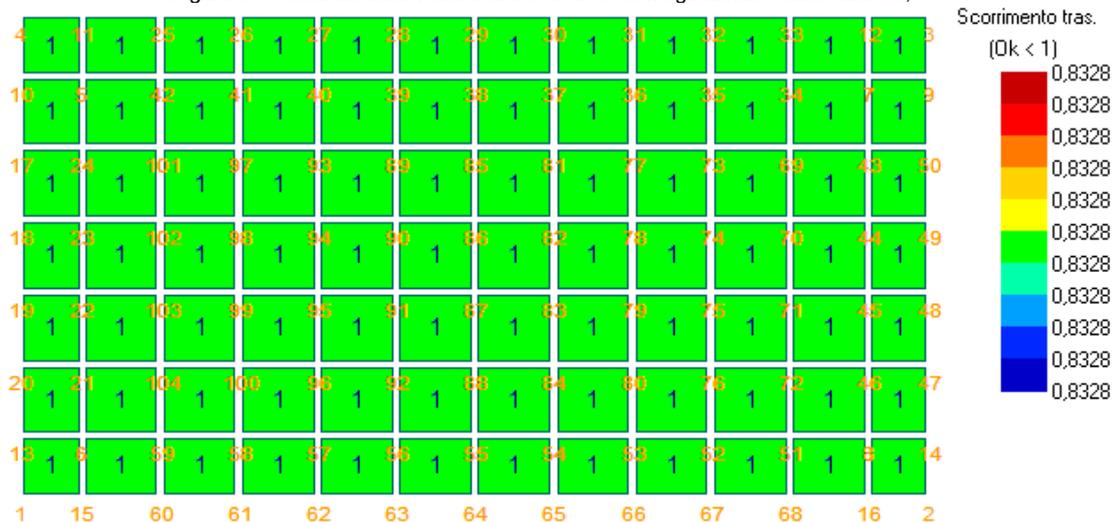


Figura 40 - Risultati della verifica allo scorrimento trasversale. Max Valore 0,83

Macro platea: 1

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 + 0.2239 + 1.1725 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.3316 / 1.3964 = 0,237 Ok (Cmb. n. 030)

TB / TBlim = 1445.6 / 5836.9 = 0,248 Ok (Cmb. n. 031)

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE
BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D18CL	SE 00 00 001	A	62 di 68

TL / TLim = 667.5 / 5776.6 = 0,116 Ok (Cmb. n. 019)

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
019	SLU STR	No	0.000	-5.622	0.0	-667.5	-17632.0	-0.0825	-0.1137
030	SLU STR	No	5.476	0.000	1445.6	0.0	-39202.0	-0.1273	-0.3316
031	SLU STR	No	12.175	0.000	1445.6	0.0	-17632.0	-0.0648	-0.1318

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 + 0.1402 + 0.3938 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.1862 / 0.5341 = 0,349 Ok (Cmb. n. 050)

TB / TBlim = 4638.5 / 5570.1 = 0,833 Ok (Cmb. n. 049)

TL / TLim = 4068.8 / 5523.7 = 0,737 Ok (Cmb. n. 034)

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
034	SLV A1	Si	-12.228	-35.752	-1391.6	-4068.8	-16900.0	-0.0447	-0.1567
049	SLV A1	Si	40.759	-10.726	4638.5	-1220.6	-16900.0	-0.0152	-0.1862
050	SLV A1	Si	-40.759	-10.726	-4638.5	-1220.6	-16900.0	-0.0152	-0.1862

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

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

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 0.2104 + 1.0151 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.1232 / 1.2254 = 0,101 Ok (Cmb. n. 081)

TB / TBlim = 1225.6 / 5570.1 = 0,220 Ok (Cmb. n. 082)

TL / TLim = 1049.3 / 5523.7 = 0,190 Ok (Cmb. n. 066)

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
066	SLO	Si	-3.231	-9.220	-367.7	-1049.3	-16900.0	-0.0757	-0.1153
081	SLO	Si	10.769	-2.766	1225.6	-314.8	-16900.0	-0.0657	-0.1232
082	SLO	Si	-10.769	-2.766	-1225.6	-314.8	-16900.0	-0.0657	-0.1232

10.1.8 Valori di Calcolo dei Cedimenti per Fondazioni Superficiali

Si riportano nel seguito, tramite mappa cromatica, i valori di calcolo dei cedimenti per le fondazioni superficiali.

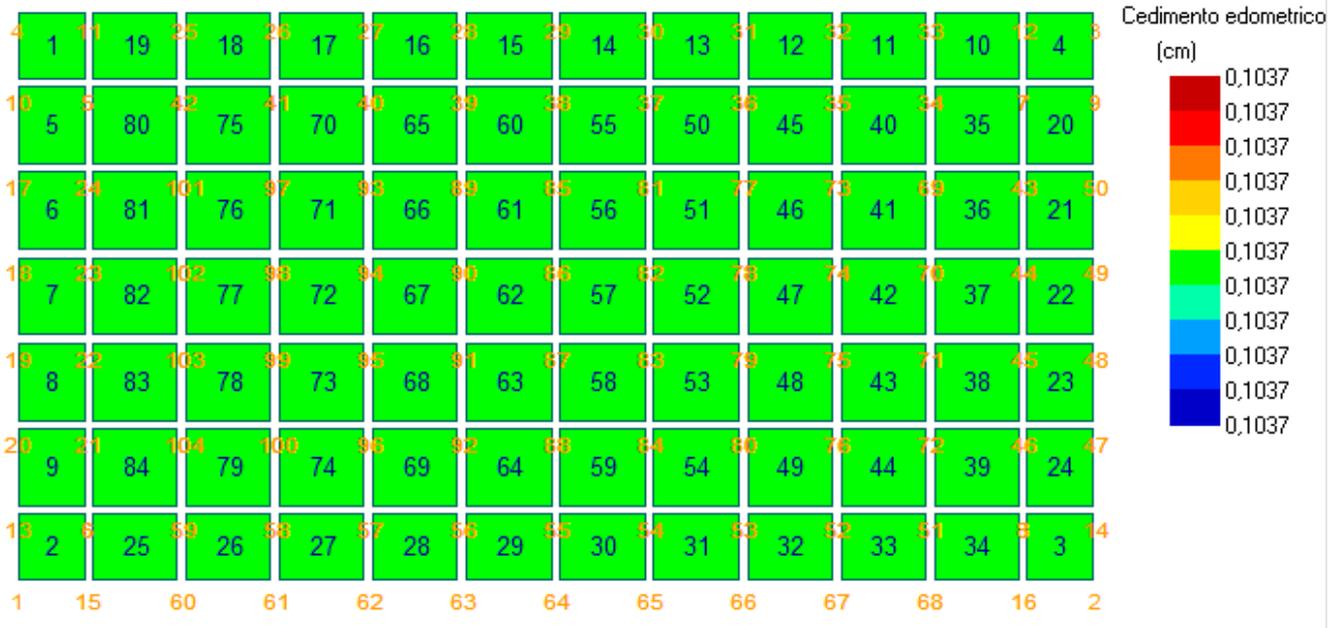


Figura 41 - Valore massimo dei cedimenti edometrici calcolati. Max. Valore 0,1037 cm

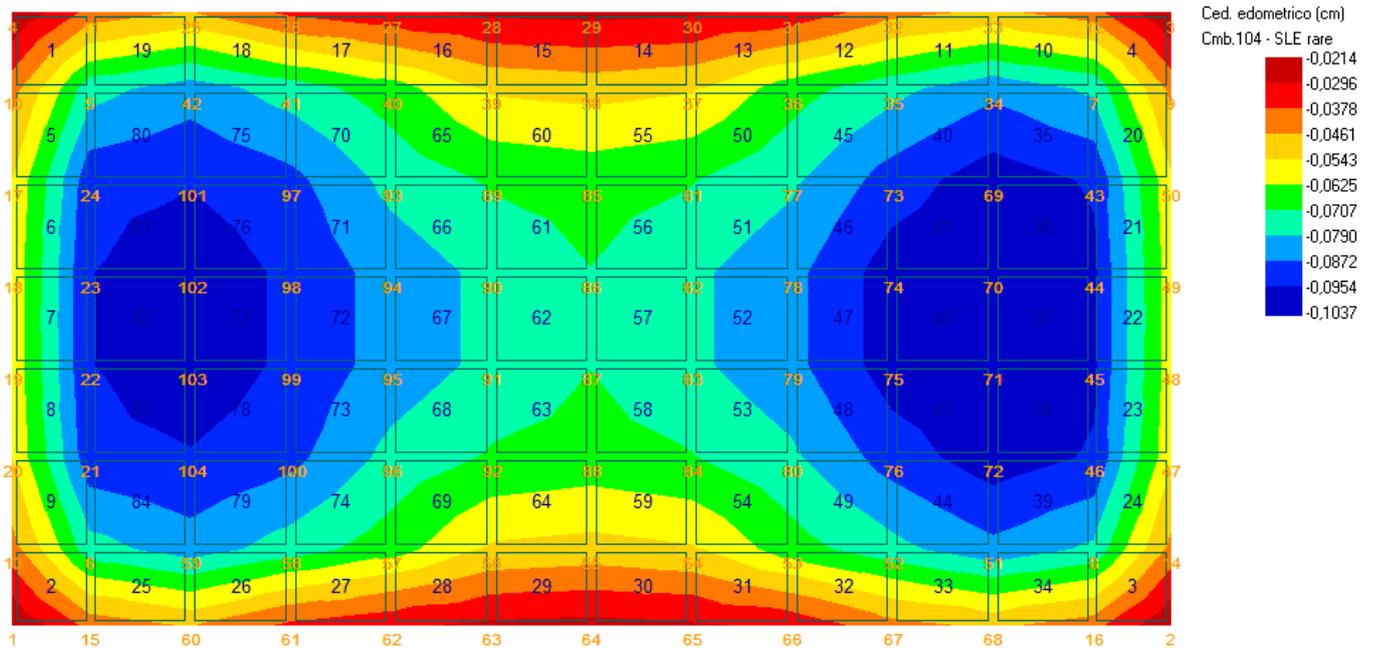


Figura 42 - Rappresentazione del massimo cedimento edometrico in combinazione SLE Rara

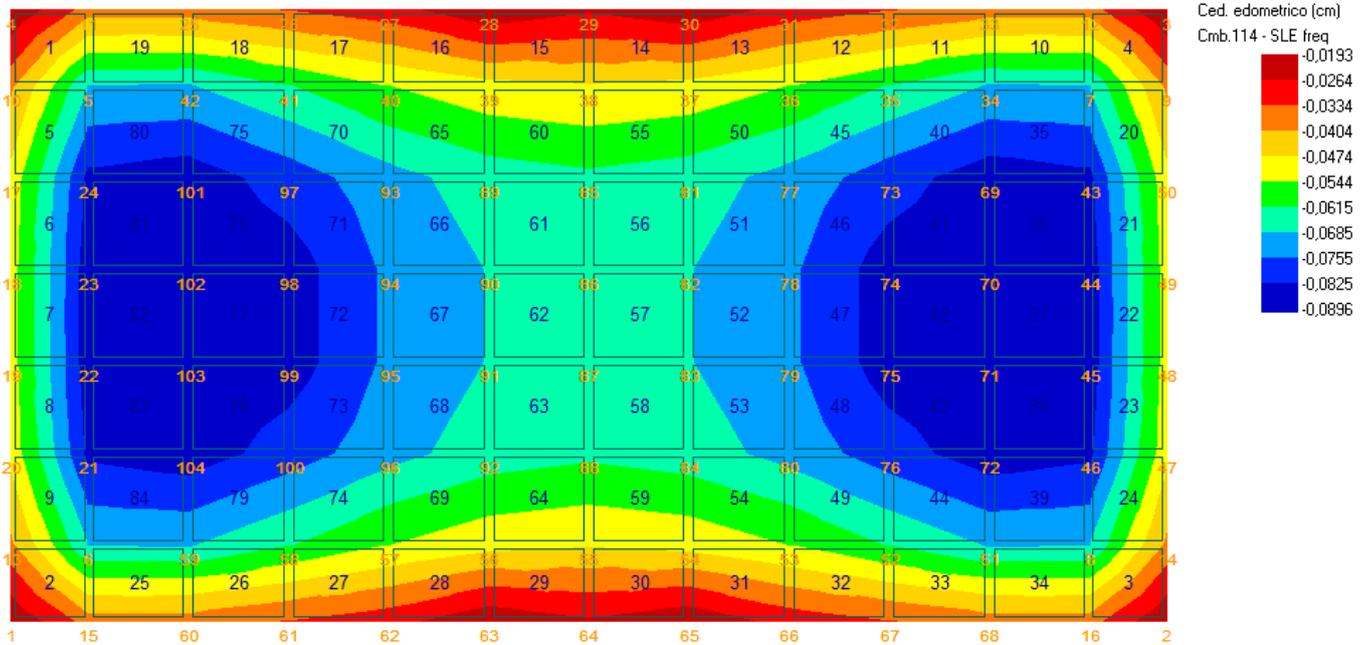


Figura 43 - Rappresentazione del massimo cedimento edometrico in combinazione SLE Freq.

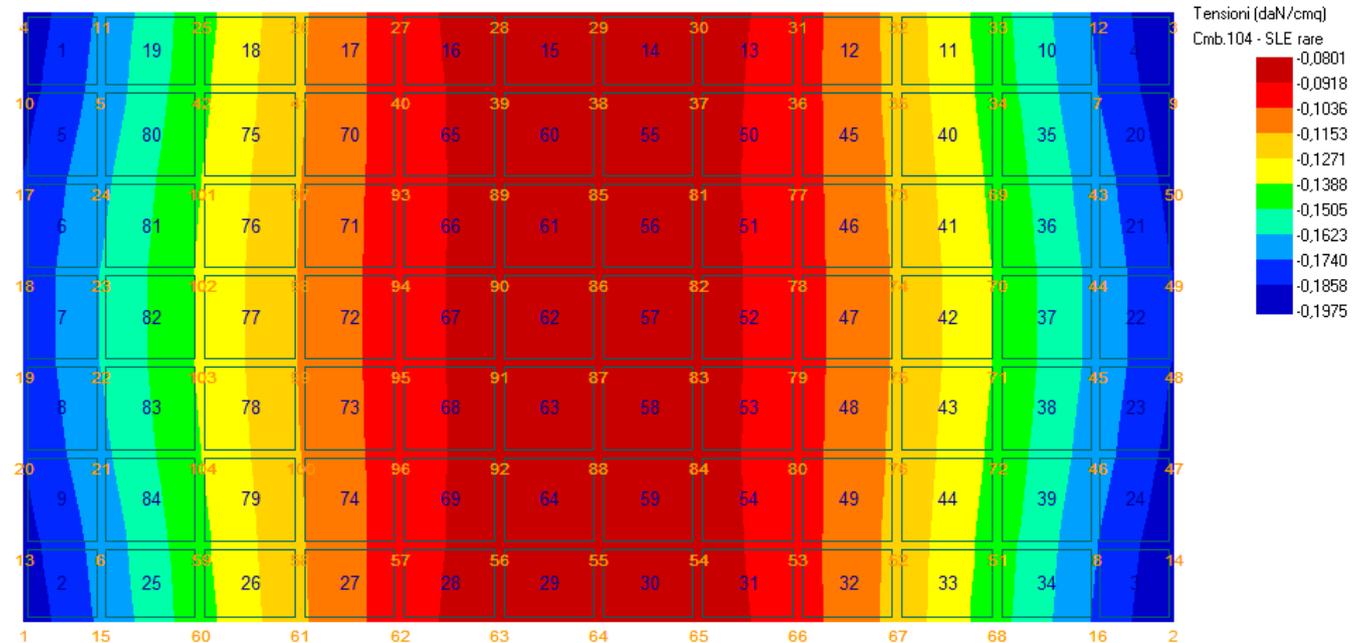


Figura 44 - Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLE rare

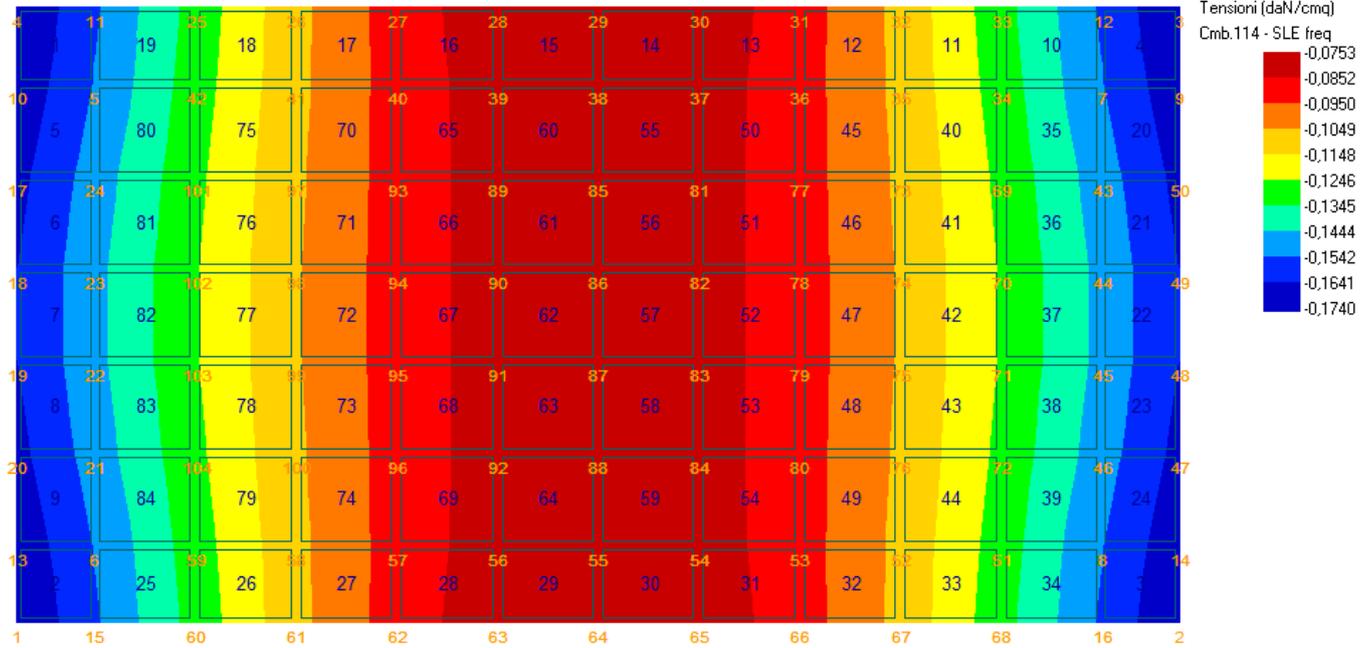


Figura 45 - Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLE freq.

Cedimenti edometrici:

Elemento: Platea n. 1

Cedimento massimo = 0.104 cm

Cedimento minimo = 0.021 cm

Elemento: Platea n. 1

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
104	SLE rare	No	0.000	-1.373	0.0	-267.0	-28876.0	-0.1086	-0.2260
111	SLE rare	No	8.230	0.000	963.7	0.0	-17388.0	-0.0701	-0.1214

Cedimento massimo = -0.104 cm in Cmb n. 104

Cedimento minimo = -0.004 cm in Cmb n. 111

11 INCIDENZA ARMATURE

A seguito dei risultati delle calcolazioni e delle verifiche effettuate sul modello di calcolo della struttura, si determina il valore dell'incidenza dell'armatura rapportando il computo metrico delle armature di progetto sulla volumetria degli elementi strutturali in calcestruzzo. Si riporta di seguito la tabella riassuntiva:

Elemento strutturale	Incidenza armatura (kg/mc)
Fondazione	105

12 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 [6];
- alle verifiche di resistenza delle strutture e quelle geotecniche di cui ai capitoli [9] e [10];

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**

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE
BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D18CL	SE 00 00 001	A	68 di 68

ALLEGATO A

Fascicolo dei calcoli



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	1 di 72

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	3
Premessa	3
Descrizione generale dell'opera	3
Quadro normativo di riferimento adottato	3
Azioni di progetto sulla costruzione	4
Modello numerico	5
Informazioni sul codice di calcolo	6
Modellazione delle azioni	7
Combinazioni e/o percorsi di carico	7
Verifiche agli stati limite ultimi	9
Verifiche agli stati limite di esercizio	9
RELAZIONE SUI MATERIALI	9
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI	12
LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI	12
MODELLAZIONE DELLE SEZIONI	15
LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI	15
MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI	16
LEGENDA TABELLA DATI NODI	16
TABELLA DATI NODI	16
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE	18
TABELLA DATI TRAVI	18
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI SHELL	19
LEGENDA TABELLA DATI SHELL	19
MODELLAZIONE DELLE AZIONI	22
LEGENDA TABELLA DATI AZIONI	22
SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO	25
LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO	25
DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI	27
LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO	27
AZIONE SISMICA	33
VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA	33



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	2 di 72

Parametri della struttura	33
RISULTATI ANALISI SISMICHE	35
LEGENDA TABELLA ANALISI SISMICHE.....	35
RISULTATI NODALI	42
LEGENDA RISULTATI NODALI.....	42
RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE.....	44
LEGENDA RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE.....	44
RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE	46
LEGENDA RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE.....	46
RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL	48
LEGENDA RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL.....	48
VERIFICHE ELEMENTI PARETE E/O GUSCIO IN C.A.	50
LEGENDA TABELLA VERIFICHE ELEMENTI PARETE E GUSCIO IN C.A.	50
PROGETTAZIONE DELLE FONDAZIONI	54
STATI LIMITE D' ESERCIZIO	57
LEGENDA TABELLA STATI LIMITE D' ESERCIZIO	57
RELAZIONE GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI.....	59



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	3 di 72

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

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

L'opera strutturale in oggetto, ubicata nel Comune di Albenga, è concepita con struttura fondale totalmente in calcestruzzo armato gettato in opera, a sostegno di un chiosco prefabbricato metallico (shelter) all'interno del quale saranno installate le apparecchiature per la contabilizzazione dell'energia assorbita dai gruppi di RFI.

Tale shelter, di dimensioni 5,20x2,40x2,97 m, sarà collegato tramite piedini rialzati di circa 0,20 m ad una platea in c.a. di dimensioni 6,00x3,20 m e spessore pari a 0,30 m, incassata nel terreno per una profondità di 0,20 m circa.

La platea a sua volta poggerà su di un getto di magrone dello spessore di 0,10 m e quest'ultimo su uno strato di sabbia e ghiaia di almeno 0,75 m.

Descrizione generale dell'opera

Fabbricato ad uso	Industriale
Ubicazione	Comune di ALBENGA (SV) (Regione LIGURIA)
	Località ALBENGA (SV)
	Longitudine 8.164, Latitudine 44.055
Numero di piani	Fuori terra
	Interrati
	le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di 6,00x3,20 m
Numero vani scale	
Numero vani ascensore	
Tipo di fondazione	Platea in c.a.

Principali caratteristiche della struttura

Struttura regolare in pianta	
Struttura regolare in altezza	
Classe di duttilità	
Travi: ricalate o in spessore	
Pilastr	
Pilastr in falso	
Tipo di fondazione	
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 è stato adottato 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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

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).

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:

$$K * u = F \quad \text{dove} \quad K = \text{matrice di rigidità}$$

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.

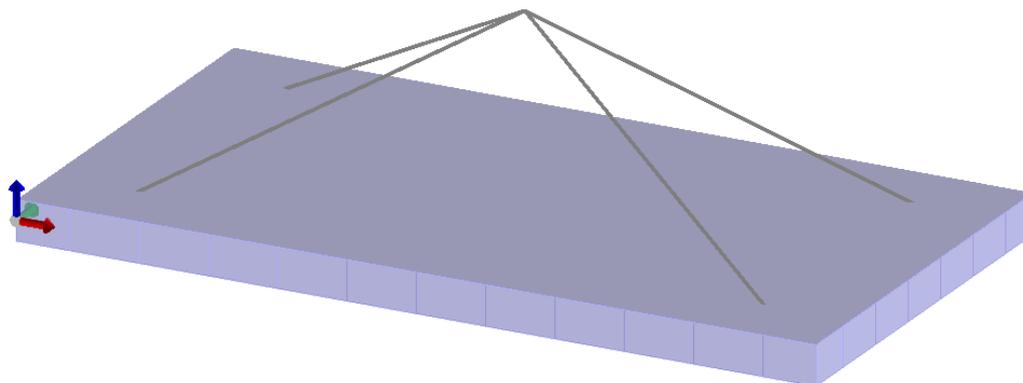
Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l’asse Z verticale ed orientato verso l’alto.

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

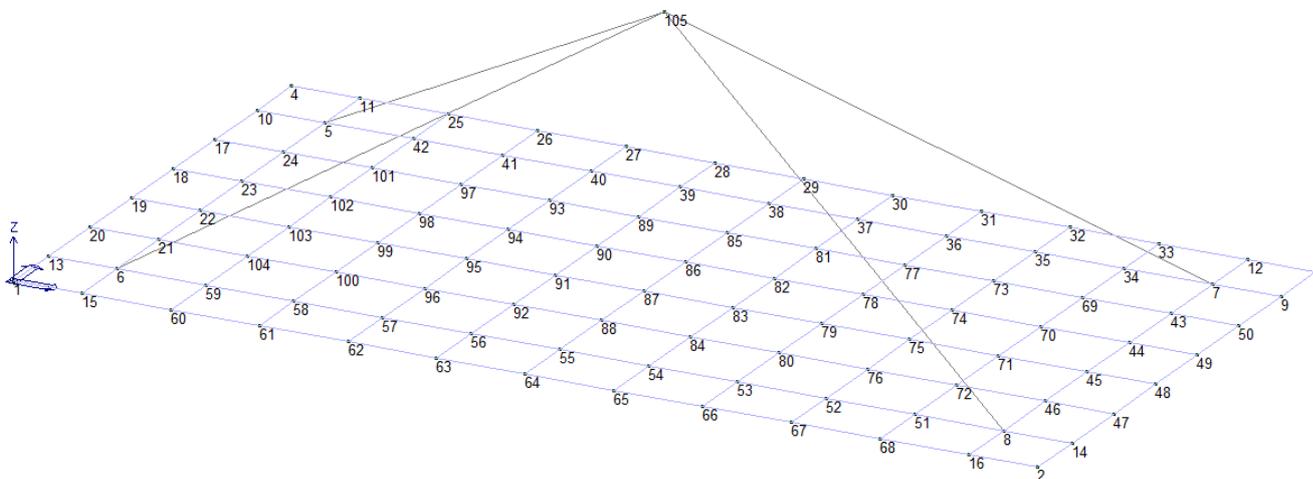
Elemento tipo TRUSS	(biella-D2)
Elemento tipo BEAM	(trave-D2)
Elemento tipo MEMBRANE	(membrana-D3)
Elemento tipo PLATE	(piastra-guscio-D3)
Elemento tipo BOUNDARY	(molla)
Elemento tipo STIFFNESS	(matrice di rigidità)
Elemento tipo BRICK	(elemento solido)
Elemento tipo SOLAIO	(macro elemento composto da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

Modello numerico

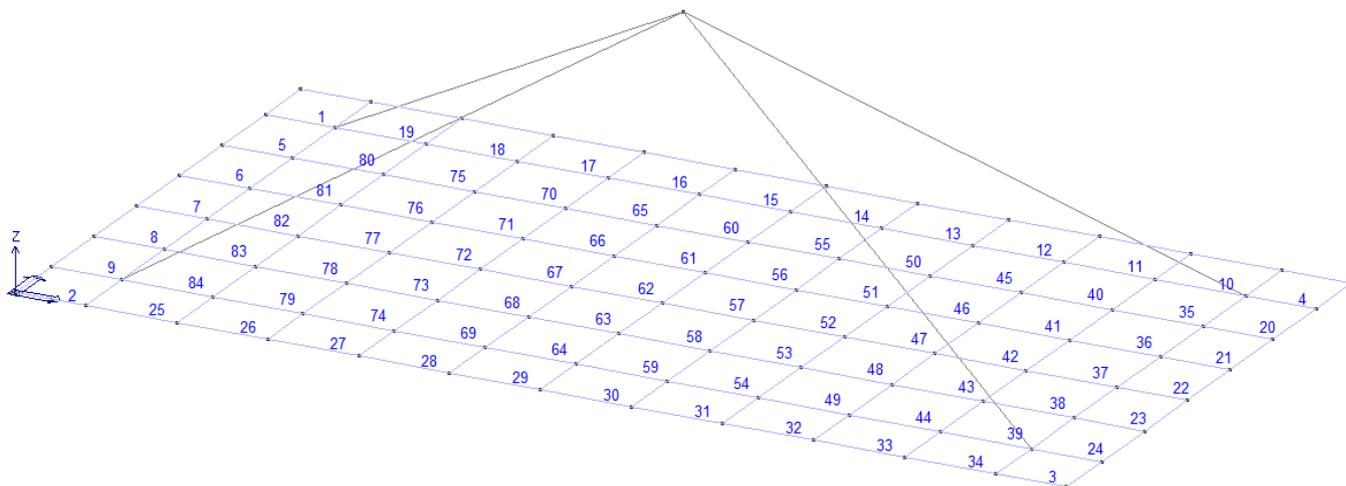
In questa parte viene descritto il modello numerico utilizzato (o i modelli numerici utilizzati) per l'analisi della struttura. La presentazione delle informazioni deve essere, coerentemente con le prescrizioni del paragrafo 10.2 e relativi sottoparagrafi delle NTC-18, tale da garantirne la leggibilità,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



Modello FEM



Numerazione nodi modello unifilare



Numerazione gusci modello unifilare

Tipo di analisi strutturale

Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	SI
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:

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/>



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	7 di 72

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:

nodi	105
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	4
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	84
elementi solaio	0
elementi solidi	0

Dimensione del modello strutturale [cm]:

X min =	0.00
Xmax =	600.00
Ymin =	0.00
Ymax =	320.00
Zmin =	0.00
Zmax =	148.50

Strutture verticali:

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

Strutture non verticali:

Elementi di tipo asta	NO
Travi	SI
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
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



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	8 di 72

SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLC	NO
SLD	SI
SLO	SI
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
- 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.

	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

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



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	10 di 72

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.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	11 di 72

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 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.



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	12 di 72

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



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	13 di 72

	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	
	a	
	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

 RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
 PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	14 di 72

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
4	Calcestruzzo Classe C30/37	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2		daN/cm2	daN/cm3		
	Resistenza Rc	370.0		3.302e+05	0.20	1.376e+05	2.50e-03	1.00e-05	
	Resistenza fctm		29.4						
	Rapporto Rfessurata								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05
157	Materiale inf. rigido no peso E = 1.000e+09			1.000e+09	0.0	5.000e+08	0.0	1.20e-05	
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05

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	16					
passo	20					
diametro aggiuntivi	16					
Maglia y						
diametro	16					
passo	20					
diametro aggiuntivi	16					
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					
Applica SLU da DIN	NO					
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					
Resistenza al fuoco						
3- intradosso	NO					
3+ estradosso	NO					
Tempo di esposizione R	15					

MODELLAZIONE DELLE SEZIONI

LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI

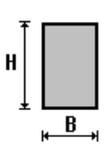
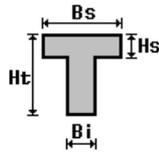
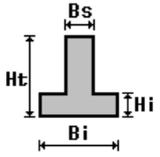
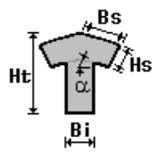
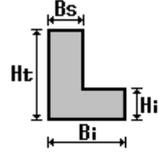
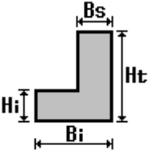
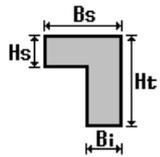
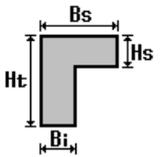
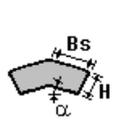
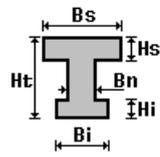
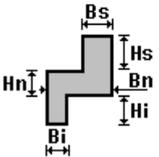
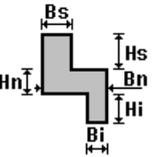
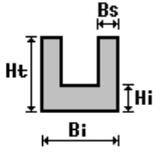
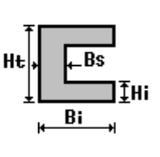
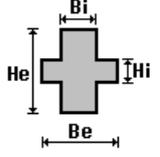
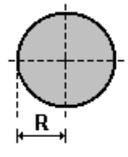
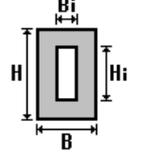
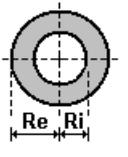
Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

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

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

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

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
1	Circolare: r=1	3.14	2.65	2.65	1.57	0.79	0.79	0.79	0.79	1.33	1.33

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	0.0	0.0	0.0	2	600.0	0.0	0.0	3	600.0	320.0	0.0
4	0.0	320.0	0.0	5	40.0	280.0	0.0	6	40.0	40.0	0.0
7	560.0	280.0	0.0	8	560.0	40.0	0.0	9	600.0	280.0	0.0



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
 PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	17 di 72

10	0.0	280.0	0.0	11	40.0	320.0	0.0	12	560.0	320.0	0.0
13	0.0	40.0	0.0	14	600.0	40.0	0.0	15	40.0	0.0	0.0
16	560.0	0.0	0.0	17	0.0	232.0	0.0	18	0.0	184.0	0.0
19	0.0	136.0	0.0	20	0.0	88.0	0.0	21	40.0	88.0	0.0
22	40.0	136.0	0.0	23	40.0	184.0	0.0	24	40.0	232.0	0.0
25	92.0	320.0	0.0	26	144.0	320.0	0.0	27	196.0	320.0	0.0
28	248.0	320.0	0.0	29	300.0	320.0	0.0	30	352.0	320.0	0.0
31	404.0	320.0	0.0	32	456.0	320.0	0.0	33	508.0	320.0	0.0
34	508.0	280.0	0.0	35	456.0	280.0	0.0	36	404.0	280.0	0.0
37	352.0	280.0	0.0	38	300.0	280.0	0.0	39	248.0	280.0	0.0
40	196.0	280.0	0.0	41	144.0	280.0	0.0	42	92.0	280.0	0.0
43	560.0	232.0	0.0	44	560.0	184.0	0.0	45	560.0	136.0	0.0
46	560.0	88.0	0.0	47	600.0	88.0	0.0	48	600.0	136.0	0.0
49	600.0	184.0	0.0	50	600.0	232.0	0.0	51	508.0	40.0	0.0
52	456.0	40.0	0.0	53	404.0	40.0	0.0	54	352.0	40.0	0.0
55	300.0	40.0	0.0	56	248.0	40.0	0.0	57	196.0	40.0	0.0
58	144.0	40.0	0.0	59	92.0	40.0	0.0	60	92.0	0.0	0.0
61	144.0	0.0	0.0	62	196.0	0.0	0.0	63	248.0	0.0	0.0
64	300.0	0.0	0.0	65	352.0	0.0	0.0	66	404.0	0.0	0.0
67	456.0	0.0	0.0	68	508.0	0.0	0.0	69	508.0	232.0	0.0
70	508.0	184.0	0.0	71	508.0	136.0	0.0	72	508.0	88.0	0.0
73	456.0	232.0	0.0	74	456.0	184.0	0.0	75	456.0	136.0	0.0
76	456.0	88.0	0.0	77	404.0	232.0	0.0	78	404.0	184.0	0.0
79	404.0	136.0	0.0	80	404.0	88.0	0.0	81	352.0	232.0	0.0
82	352.0	184.0	0.0	83	352.0	136.0	0.0	84	352.0	88.0	0.0
85	300.0	232.0	0.0	86	300.0	184.0	0.0	87	300.0	136.0	0.0
88	300.0	88.0	0.0	89	248.0	232.0	0.0	90	248.0	184.0	0.0
91	248.0	136.0	0.0	92	248.0	88.0	0.0	93	196.0	232.0	0.0
94	196.0	184.0	0.0	95	196.0	136.0	0.0	96	196.0	88.0	0.0
97	144.0	232.0	0.0	98	144.0	184.0	0.0	99	144.0	136.0	0.0
100	144.0	88.0	0.0	101	92.0	232.0	0.0	102	92.0	184.0	0.0
103	92.0	136.0	0.0	104	92.0	88.0	0.0	105	300.0	160.0	148.5

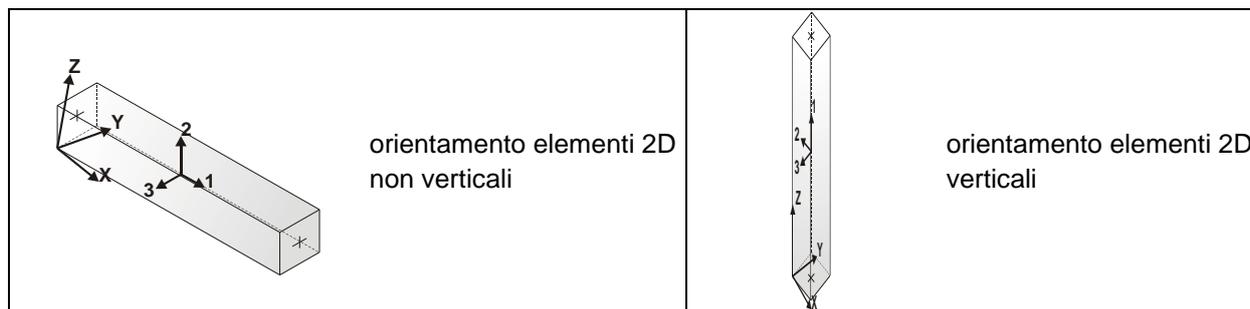
MODELLAZIONE STRUTTURALE: ELEMENTI TRAVE

TABELLA DATI TRAVI

Il programma utilizza per la modellazione elementi a due nodi denominati in generale travi.

Ogni elemento trave è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale.

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: trave, trave di fondazione, pilastro, asta, asta tesa, asta compressa,
Nodo I (J)	numero del nodo iniziale (finale)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Sez.	codice della sezione assegnata all'elemento
Rotaz.	valore della rotazione dell'elemento, attorno al proprio asse, nel caso in cui l'orientamento di default non sia adottabile; l'orientamento di default prevede per gli elementi non verticali l'asse 2 contenuto nel piano verticale e l'asse 3 orizzontale, per gli elementi verticali l'asse 2 diretto secondo X negativo e l'asse 3 diretto secondo Y negativo
Svincolo I (J)	codici di svincolo per le azioni interne; i primi sei codici si riferiscono al nodo iniziale, i restanti sei al nodo finale (il valore 1 indica che la relativa azione interna non è attiva)
Wink V	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione della trave su suolo elastico
Wink O	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Crit.	Rotaz. gradi	Svincolo I	Svincolo J	Wink V daN/cm3	Wink O daN/cm3
1	Trave	6	105	157	1	1					
2	Trave	105	8	157	1	1					
3	Trave	105	7	157	1	1					
4	Trave	5	105	157	1	1					

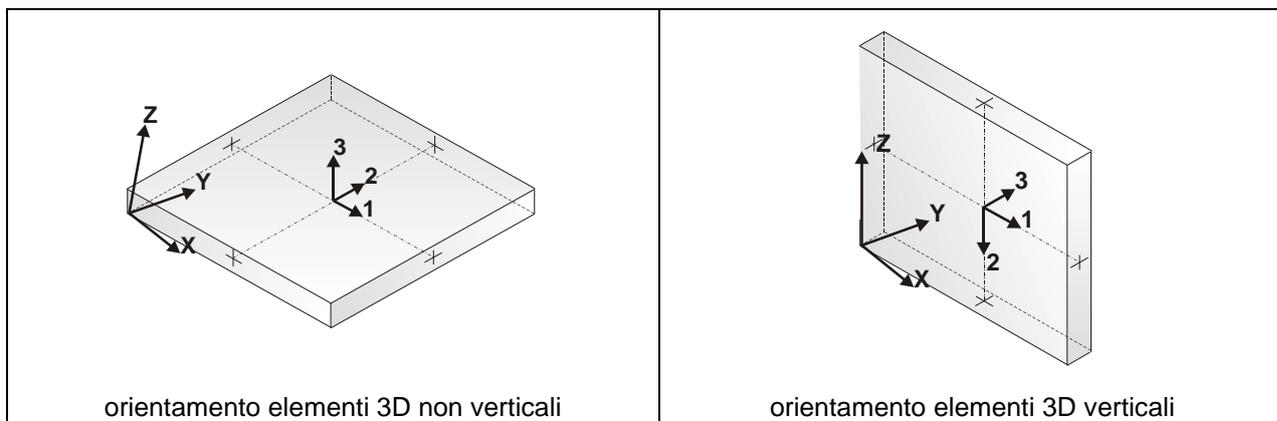
MODELLAZIONE STRUTTURALE: ELEMENTI SHELL

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

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Nodo K	Nodo L	Mat.	Crit.	Spessore cm	Svincolo	Wink V daN/cm ³	Wink O daN/cm ³
1	Guscio fond.	10	5	11	4	4	1	30.0		1.45	0.77
2	Guscio fond.	1	15	6	13	4	1	30.0		1.45	0.77
3	Guscio fond.	16	2	14	8	4	1	30.0		1.45	0.77
4	Guscio fond.	7	9	3	12	4	1	30.0		1.45	0.77
5	Guscio fond.	17	24	5	10	4	1	30.0		1.45	0.77
6	Guscio fond.	18	23	24	17	4	1	30.0		1.45	0.77
7	Guscio fond.	19	22	23	18	4	1	30.0		1.45	0.77
8	Guscio fond.	20	21	22	19	4	1	30.0		1.45	0.77
9	Guscio fond.	13	6	21	20	4	1	30.0		1.45	0.77
10	Guscio fond.	34	7	12	33	4	1	30.0		1.45	0.77
11	Guscio fond.	35	34	33	32	4	1	30.0		1.45	0.77
12	Guscio fond.	36	35	32	31	4	1	30.0		1.45	0.77
13	Guscio fond.	37	36	31	30	4	1	30.0		1.45	0.77


RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA
**RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	20 di 72

14Guscio fond.	38	37	30	29	4	1	30.0	1.45	0.77
15Guscio fond.	39	38	29	28	4	1	30.0	1.45	0.77
16Guscio fond.	40	39	28	27	4	1	30.0	1.45	0.77
17Guscio fond.	41	40	27	26	4	1	30.0	1.45	0.77
18Guscio fond.	42	41	26	25	4	1	30.0	1.45	0.77
19Guscio fond.	5	42	25	11	4	1	30.0	1.45	0.77
20Guscio fond.	43	50	9	7	4	1	30.0	1.45	0.77
21Guscio fond.	44	49	50	43	4	1	30.0	1.45	0.77
22Guscio fond.	45	48	49	44	4	1	30.0	1.45	0.77
23Guscio fond.	46	47	48	45	4	1	30.0	1.45	0.77
24Guscio fond.	8	14	47	46	4	1	30.0	1.45	0.77
25Guscio fond.	15	60	59	6	4	1	30.0	1.45	0.77
26Guscio fond.	60	61	58	59	4	1	30.0	1.45	0.77
27Guscio fond.	61	62	57	58	4	1	30.0	1.45	0.77
28Guscio fond.	62	63	56	57	4	1	30.0	1.45	0.77
29Guscio fond.	63	64	55	56	4	1	30.0	1.45	0.77
30Guscio fond.	64	65	54	55	4	1	30.0	1.45	0.77
31Guscio fond.	65	66	53	54	4	1	30.0	1.45	0.77
32Guscio fond.	66	67	52	53	4	1	30.0	1.45	0.77
33Guscio fond.	67	68	51	52	4	1	30.0	1.45	0.77
34Guscio fond.	68	16	8	51	4	1	30.0	1.45	0.77
35Guscio fond.	69	43	7	34	4	1	30.0	1.45	0.77
36Guscio fond.	70	44	43	69	4	1	30.0	1.45	0.77
37Guscio fond.	71	45	44	70	4	1	30.0	1.45	0.77
38Guscio fond.	72	46	45	71	4	1	30.0	1.45	0.77
39Guscio fond.	51	8	46	72	4	1	30.0	1.45	0.77
40Guscio fond.	73	69	34	35	4	1	30.0	1.45	0.77
41Guscio fond.	74	70	69	73	4	1	30.0	1.45	0.77
42Guscio fond.	75	71	70	74	4	1	30.0	1.45	0.77
43Guscio fond.	76	72	71	75	4	1	30.0	1.45	0.77
44Guscio fond.	52	51	72	76	4	1	30.0	1.45	0.77
45Guscio fond.	77	73	35	36	4	1	30.0	1.45	0.77
46Guscio fond.	78	74	73	77	4	1	30.0	1.45	0.77
47Guscio fond.	79	75	74	78	4	1	30.0	1.45	0.77
48Guscio fond.	80	76	75	79	4	1	30.0	1.45	0.77
49Guscio fond.	53	52	76	80	4	1	30.0	1.45	0.77
50Guscio fond.	81	77	36	37	4	1	30.0	1.45	0.77
51Guscio fond.	82	78	77	81	4	1	30.0	1.45	0.77
52Guscio fond.	83	79	78	82	4	1	30.0	1.45	0.77
53Guscio fond.	84	80	79	83	4	1	30.0	1.45	0.77
54Guscio fond.	54	53	80	84	4	1	30.0	1.45	0.77
55Guscio fond.	85	81	37	38	4	1	30.0	1.45	0.77
56Guscio fond.	86	82	81	85	4	1	30.0	1.45	0.77
57Guscio fond.	87	83	82	86	4	1	30.0	1.45	0.77
58Guscio fond.	88	84	83	87	4	1	30.0	1.45	0.77
59Guscio fond.	55	54	84	88	4	1	30.0	1.45	0.77
60Guscio fond.	89	85	38	39	4	1	30.0	1.45	0.77
61Guscio fond.	90	86	85	89	4	1	30.0	1.45	0.77
62Guscio fond.	91	87	86	90	4	1	30.0	1.45	0.77
63Guscio fond.	92	88	87	91	4	1	30.0	1.45	0.77
64Guscio fond.	56	55	88	92	4	1	30.0	1.45	0.77
65Guscio fond.	93	89	39	40	4	1	30.0	1.45	0.77
66Guscio fond.	94	90	89	93	4	1	30.0	1.45	0.77
67Guscio fond.	95	91	90	94	4	1	30.0	1.45	0.77
68Guscio fond.	96	92	91	95	4	1	30.0	1.45	0.77
69Guscio fond.	57	56	92	96	4	1	30.0	1.45	0.77
70Guscio fond.	97	93	40	41	4	1	30.0	1.45	0.77
71Guscio fond.	98	94	93	97	4	1	30.0	1.45	0.77
72Guscio fond.	99	95	94	98	4	1	30.0	1.45	0.77
73Guscio fond.	100	96	95	99	4	1	30.0	1.45	0.77
74Guscio fond.	58	57	96	100	4	1	30.0	1.45	0.77
75Guscio fond.	101	97	41	42	4	1	30.0	1.45	0.77
76Guscio fond.	102	98	97	101	4	1	30.0	1.45	0.77
77Guscio fond.	103	99	98	102	4	1	30.0	1.45	0.77
78Guscio fond.	104	100	99	103	4	1	30.0	1.45	0.77
79Guscio fond.	59	58	100	104	4	1	30.0	1.45	0.77
80Guscio fond.	24	101	42	5	4	1	30.0	1.45	0.77
81Guscio fond.	23	102	101	24	4	1	30.0	1.45	0.77



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	21 di 72

82Guscio fond.	22	103	102	23	4	1	30.0	1.45	0.77
83Guscio fond.	21	104	103	22	4	1	30.0	1.45	0.77
84Guscio fond.	6	59	104	21	4	1	30.0	1.45	0.77

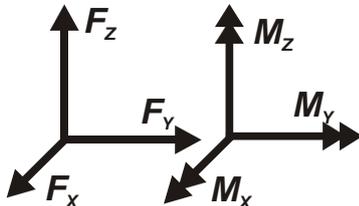
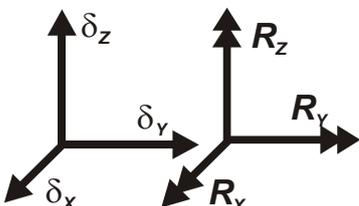
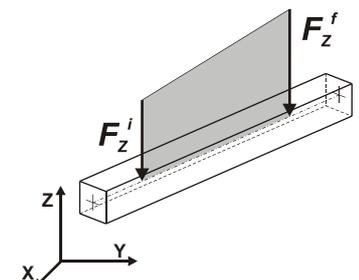
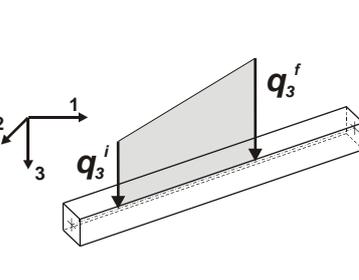
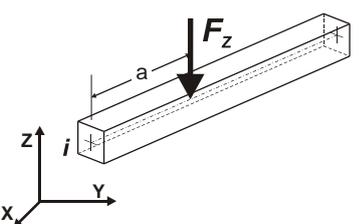
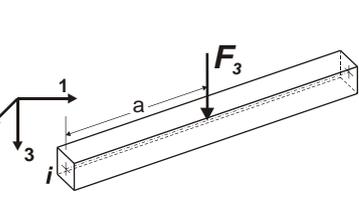
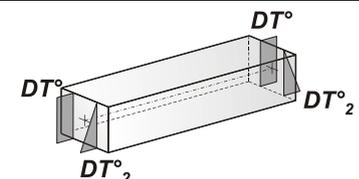
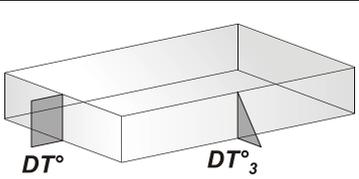
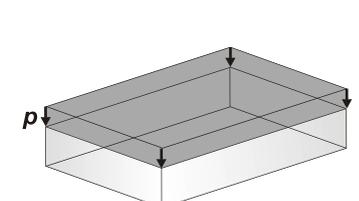
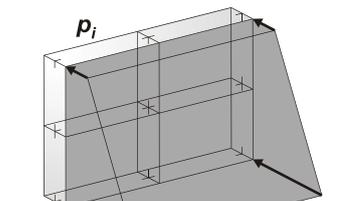
 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

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 concentrato nodale

Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
1	Peso shelter + apparati-CN:Fz=-2500.00	0.0	0.0	-2500.00	0.0	0.0	0.0
2	Variabile Industriale-CN:Fz=-1.100e+04	0.0	0.0	-1.100e+04	0.0	0.0	0.0
3	Carico Neve-CN:Fz=-976.00	0.0	0.0	-976.00	0.0	0.0	0.0
4	Vento X-CN:Fx=445.00	445.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Vento Y-CN:Fy=963.70	0.0	963.70	0.0	0.0	0.0	0.0



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	24 di 72

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	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

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	26 di 72

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	CDC=G1k (permanente non strutturale)	Azioni applicate: Nodo: 105 Azione : Peso shelter + apparati-CN:Fz=-2500.00
3	Qk	CDC=Qk (variabile accidentale)	Azioni applicate: Nodo: 105 Azione : Variabile Industriale-CN:Fz=-1.100e+04
4	Qk	CDC=Qk (variabile neve)	Azioni applicate: Nodo: 105 Azione : Carico Neve-CN:Fz=-976.00
5	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento X)	Azioni applicate: Nodo: 105 Azione : Vento X-CN:Fx=445.00
6	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento Y)	Azioni applicate: Nodo: 105 Azione : Vento Y-CN:Fy=963.70
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura) partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1k (permanente non strutturale)
			partecipazione:0.80 per 3 CDC=Qk (variabile accidentale)
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
14	Edk	CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico

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

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

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

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

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

$$G1 + G2 + Ad + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.1

Destinazione d'uso/azione	$\psi 0$	$\psi 1$	$\psi 2$
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 ≤ 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 globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.1

Coefficiente	EQU	A1	A2
--------------	-----	----	----



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	28 di 72

		γ_f			
<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 5	
6	SLU	Comb. SLU A1 6	
7	SLU	Comb. SLU A1 7	
8	SLU	Comb. SLU A1 8	
9	SLU	Comb. SLU A1 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 13	
14	SLU	Comb. SLU A1 14	
15	SLU	Comb. SLU A1 15	
16	SLU	Comb. SLU A1 16	
17	SLU	Comb. SLU A1 17	
18	SLU	Comb. SLU A1 18	
19	SLU	Comb. SLU A1 19	
20	SLU	Comb. SLU A1 20	
21	SLU	Comb. SLU A1 21	
22	SLU	Comb. SLU A1 22	
23	SLU	Comb. SLU A1 23	
24	SLU	Comb. SLU A1 24	
25	SLU	Comb. SLU A1 25	
26	SLU	Comb. SLU A1 26	
27	SLU	Comb. SLU A1 27	
28	SLU	Comb. SLU A1 28	
29	SLU	Comb. SLU A1 29	
30	SLU	Comb. SLU A1 30	
31	SLU	Comb. SLU A1 31	
32	SLU	Comb. SLU A1 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	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 37	
38	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 38	
39	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 39	
40	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 40	
41	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 41	
42	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 42	
43	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 43	
44	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 44	
45	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 45	
46	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 46	
47	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 47	
48	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 48	
49	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 49	
50	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 50	
51	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 51	
52	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 52	
53	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 53	
54	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 54	



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	29 di 72

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
55	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 55	
56	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 56	
57	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 57	
58	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 58	
59	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 59	
60	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 60	
61	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 61	
62	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 62	
63	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 63	
64	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 64	
65	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 65	
66	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 66	
67	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 67	
68	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 68	
69	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 69	
70	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 70	
71	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 71	
72	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 72	
73	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 73	
74	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 74	
75	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 75	
76	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 76	
77	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 77	
78	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 78	
79	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 79	
80	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 80	
81	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 81	
82	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 82	
83	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 83	
84	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 84	
85	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 85	
86	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 86	
87	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 87	
88	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 88	
89	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 89	
90	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 90	
91	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 91	
92	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 92	
93	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 93	
94	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 94	
95	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 95	
96	SLD(sis)	Comb. SLE (SLO Operativo sism.) 96	
97	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 97	
98	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 98	
99	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 99	
100	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 100	
101	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 101	
102	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 102	
103	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 103	
104	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 104	
105	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 105	
106	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 106	
107	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 107	
108	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 108	
109	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 109	
110	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 110	
111	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 111	
112	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 112	
113	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 113	
114	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 114	
115	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 115	
116	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 116	
117	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 117	
118	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 118	
119	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 119	



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	30 di 72

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
120	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 120	
121	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 121	
122	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 122	
123	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 123	

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	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.30	1.30	1.50	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1.00	1.00	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1.00	1.00	1.50	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1.30	1.30	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1.30	1.30	1.50	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1.00	1.00	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1.00	1.00	1.50	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1.30	1.30	0.0	0.75	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.30	1.30	1.50	0.75	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1.00	1.00	0.0	0.75	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1.00	1.00	1.50	0.75	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1.30	1.30	0.0	1.50	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1.30	1.30	1.50	1.50	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1.00	1.00	0.0	1.50	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1.00	1.00	1.50	1.50	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1.30	1.30	0.0	0.75	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1.30	1.30	1.50	0.75	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1.00	1.00	0.0	0.75	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1.00	1.00	1.50	0.75	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	1.30	1.30	1.50	0.75	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	1.00	1.00	0.0	0.75	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	1.00	1.00	1.50	0.75	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	1.30	1.30	0.0	1.50	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	1.30	1.30	1.50	1.50	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	1.00	1.00	0.0	1.50	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	1.00	1.00	1.50	1.50	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	1.30	1.30	1.50	0.75	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	1.00	1.00	0.0	0.75	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
32	1.00	1.00	1.50	0.75	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
33	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
34	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
36	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
37	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
38	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
39	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
40	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
41	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
42	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
43	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
44	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
45	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
46	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
47	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
48	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
49	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
51	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
53	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	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 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:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

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.	8.164	44.055	
18461	8.205	44.017	3.603
18462	8.274	44.020	5.827
18240	8.270	44.070	5.102
18239	8.201	44.066	2.113

SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	67.7	0.040	2.575	0.222
SLD	63.0	113.2	0.055	2.560	0.244
SLV	10.0	1067.8	0.179	2.454	0.302
SLC	5.0	2193.3	0.238	2.485	0.317



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	35 di 72

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.040	1.200	2.575	0.694	0.110	0.330	1.759
SLD	0.055	1.200	2.560	0.811	0.119	0.356	1.820
SLV	0.179	1.200	2.454	1.400	0.141	0.422	2.314
SLC	0.238	1.163	2.485	1.638	0.146	0.439	2.553

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 spettro		Valore dell'ordinata dello spettro in uso nel tratto costante

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

S (Tb-Tc)	
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 q_{ND} ricavato come da 7.3.2 in funzione del fattore di comportamento q utilizzato per la struttura: $1 < q_{ND} = 2/3 * q < 1.5$

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/L_s (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/L_s (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 $1000 * \eta_T/h$ 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 $1000 * \eta_T/h$ 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 d_E , 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
d_E	Spostamento relativo tra le due facce (amplificato del 20% per Ordinanza 3274 e smi) combinato con la regola del 30%



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	37 di 72

Ang fi	Angolo utilizzato per il calcolo dell' area ridotta Ar (per dispositivi circolari)
V	Azione verticale agente
Ar	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

Affinché la verifica sia positiva deve essere:

- 1) $V > 0$
- 2) $Sig s < fyk$
- 3) $Gam t < 5$
- 4) $Gam s < Gam * (caratteristica dell' elastomero)$
- 5) $Gam s < 2$
- 6) $V < 0.5 Vcr$
- 7)

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	categoria suolo: B fattore di sito S = 1.200 ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.526 g angolo di ingresso:0.0 eccentricità aggiuntiva: positiva periodo proprio T1: 0.066 sec. fattore q: 1.000 amplificazione ND (non dissipativi): 1.000 fattore per spost. mu d: 1.000 classe di duttilità CD: ND numero di modi considerati: 3 combinaz. modale: CQC

Quota	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	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
148.50	1.130e+04	300.00	160.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	1.130e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	11.266	0.089	0.410	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	15.164	0.066	0.360	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	18.835	0.053	0.332	0.0	0.0	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0
Risulta				1.130e+04		1.130e+04		1.130e+04			
In percentuale				100.00		100.00		100.00			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	categoria suolo: B fattore di sito S = 1.200 ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.526 g angolo di ingresso:0.0 eccentricità aggiuntiva: negativa periodo proprio T1: 0.066 sec. fattore q: 1.000 amplificazione ND (non dissipativi): 1.000


RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

 RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
 PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	38 di 72

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			numero di modi considerati: 3
			combinaz. modale: CQC

Quota	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	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
148.50	1.130e+04	300.00	160.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	1.130e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	11.266	0.089	0.410	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	15.164	0.066	0.360	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	18.835	0.053	0.332	0.0	0.0	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0
Risulta				1.130e+04		1.130e+04		1.130e+04			
In percentuale				100.00		100.00		100.00			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.526 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.089 sec.
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			numero di modi considerati: 3
			combinaz. modale: CQC

Quota	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	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
148.50	1.130e+04	300.00	160.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	1.130e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	11.266	0.089	0.410	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	15.164	0.066	0.360	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	18.835	0.053	0.332	0.0	0.0	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0
Risulta				1.130e+04		1.130e+04		1.130e+04			
In percentuale				100.00		100.00		100.00			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.526 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.089 sec.
			fattore q: 1.000


RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

 RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
 PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	39 di 72

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: ND
			numero di modi considerati: 3
			combinaz. modale: CQC

Quota	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	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
148.50	1.130e+04	300.00	160.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	1.130e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	11.266	0.089	0.410	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	15.164	0.066	0.360	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	18.835	0.053	0.332	0.0	0.0	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0
Risulta				1.130e+04		1.130e+04		1.130e+04			
In percentuale				100.00		100.00		100.00			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.123 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.066 sec.
			numero di modi considerati: 3
			combinaz. modale: CQC

Quota	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	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
148.50	1.130e+04	300.00	160.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	1.130e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	11.266	0.089	0.108	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	15.164	0.066	0.093	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	18.835	0.053	0.084	0.0	0.0	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0
Risulta				1.130e+04		1.130e+04		1.130e+04			
In percentuale				100.00		100.00		100.00			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLO) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.123 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.066 sec.
			numero di modi considerati: 3



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
 PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	41 di 72

Quota	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
Risulta	1.130e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	11.266	0.089	0.108	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	15.164	0.066	0.093	1.130e+04	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	18.835	0.053	0.084	0.0	0.0	0.0	0.0	1.130e+04	100.0	0.0	0.0
Risulta				1.130e+04		1.130e+04		1.130e+04			
In percentuale				100.00		100.00		100.00			

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	6	-1.81e-03	-2.88e-05	-0.22	7.32e-05	-5.40e-04	0.0
1	19	4.27e-03	-3.67e-06	-0.07	9.58e-06	-6.87e-05	0.0
1	31	-8.58e-05	9.71e-03	-0.06	-8.54e-05	-6.81e-05	0.0
1	44	-0.03	-9.37e-03	-0.11	1.12e-04	-1.61e-04	0.0
1	56	-9.10e-03	-0.03	-0.13	3.22e-04	-1.35e-04	0.0
1	64	-9.10e-03	-0.03	-0.13	3.22e-04	-1.35e-04	0.0
1	76	-7.40e-03	-2.48e-03	-0.08	3.58e-05	-8.88e-05	0.0
1	88	-2.51e-03	-8.25e-03	-0.09	9.14e-05	-8.23e-05	0.0
1	96	-2.51e-03	-8.25e-03	-0.09	9.14e-05	-8.23e-05	0.0
1	100	-1.23e-03	-1.97e-05	-0.15	5.00e-05	-3.69e-04	0.0
1	105	2.77e-03	-3.58e-06	-0.07	9.26e-06	-6.70e-05	0.0
1	111	-1.28e-04	6.47e-03	-0.06	-5.41e-05	-6.66e-05	0.0
1	114	-1.06e-03	-1.68e-05	-0.14	4.28e-05	-3.16e-04	0.0
1	120	-1.88e-04	1.29e-03	-0.07	-4.25e-06	-6.18e-05	0.0
1	123	-9.64e-04	-1.53e-05	-0.13	3.90e-05	-2.88e-04	0.0
2	14	4.53e-03	-2.92e-05	-0.22	7.42e-05	5.48e-04	0.0
2	18	6.29e-03	-2.85e-05	-0.22	7.23e-05	5.35e-04	0.0
2	31	8.58e-05	9.71e-03	-0.06	-8.54e-05	6.81e-05	0.0
2	46	0.03	-9.37e-03	-0.11	1.12e-04	1.61e-04	0.0
2	54	9.10e-03	-0.03	-0.13	3.22e-04	1.35e-04	0.0
2	78	7.40e-03	-2.48e-03	-0.08	3.58e-05	8.88e-05	0.0
2	86	2.51e-03	-8.25e-03	-0.09	9.14e-05	8.23e-05	0.0
2	104	3.05e-03	-1.99e-05	-0.16	5.06e-05	3.74e-04	0.0
2	106	4.22e-03	-1.95e-05	-0.15	4.93e-05	3.65e-04	0.0
2	111	1.28e-04	6.47e-03	-0.06	-5.41e-05	6.66e-05	0.0
2	114	1.06e-03	-1.68e-05	-0.14	4.28e-05	3.16e-04	0.0
2	119	1.57e-03	-1.54e-05	-0.13	3.92e-05	2.90e-04	0.0
2	120	1.88e-04	1.29e-03	-0.07	-4.25e-06	6.18e-05	0.0
2	123	9.64e-04	-1.53e-05	-0.13	3.90e-05	2.88e-04	0.0
3	18	6.29e-03	2.85e-05	-0.22	-7.23e-05	5.35e-04	0.0
3	30	1.94e-03	9.74e-03	-0.23	-1.67e-04	5.36e-04	0.0
3	45	0.03	9.37e-03	-0.11	-1.12e-04	1.61e-04	0.0
3	49	9.10e-03	0.03	-0.13	-3.22e-04	1.35e-04	0.0
3	53	9.10e-03	0.03	-0.13	-3.22e-04	1.35e-04	0.0
3	77	7.40e-03	2.48e-03	-0.08	-3.58e-05	8.88e-05	0.0
3	81	2.51e-03	8.25e-03	-0.09	-9.14e-05	8.23e-05	0.0
3	85	2.51e-03	8.25e-03	-0.09	-9.14e-05	8.23e-05	0.0
3	106	4.22e-03	1.95e-05	-0.15	-4.93e-05	3.65e-04	0.0
3	112	1.32e-03	6.50e-03	-0.16	-1.13e-04	3.66e-04	0.0
3	114	1.06e-03	1.68e-05	-0.14	-4.28e-05	3.16e-04	0.0
3	119	1.57e-03	1.54e-05	-0.13	-3.92e-05	2.90e-04	0.0
3	121	9.89e-04	1.31e-03	-0.13	-5.19e-05	2.90e-04	0.0
3	123	9.64e-04	1.53e-05	-0.13	-3.90e-05	2.88e-04	0.0
4	19	4.27e-03	3.67e-06	-0.07	-9.58e-06	-6.87e-05	0.0
4	30	-1.94e-03	9.74e-03	-0.23	-1.67e-04	-5.36e-04	0.0
4	43	-0.03	9.37e-03	-0.11	-1.12e-04	-1.61e-04	0.0



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
 PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	43 di 72

4	55	-9.10e-03	0.03	-0.13	-3.22e-04	-1.35e-04	0.0
4	59	-9.10e-03	0.03	-0.13	-3.22e-04	-1.35e-04	0.0
...							
105	123	0.0	0.0	-0.12	0.0	0.0	0.0
Nodo		Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
		-0.03	-0.08	-0.23	-3.40e-04	-5.52e-04	-3.96e-06
		0.04	0.03	-0.01	3.40e-04	5.60e-04	3.96e-06

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	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 TRAVE

LEGENDA RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE

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

Gli elementi vengono suddivisi in relazione alle proprietà in elementi:

- tipo **pilastr**
- tipo **trave in elevazione**
- tipo **trave in fondazione**

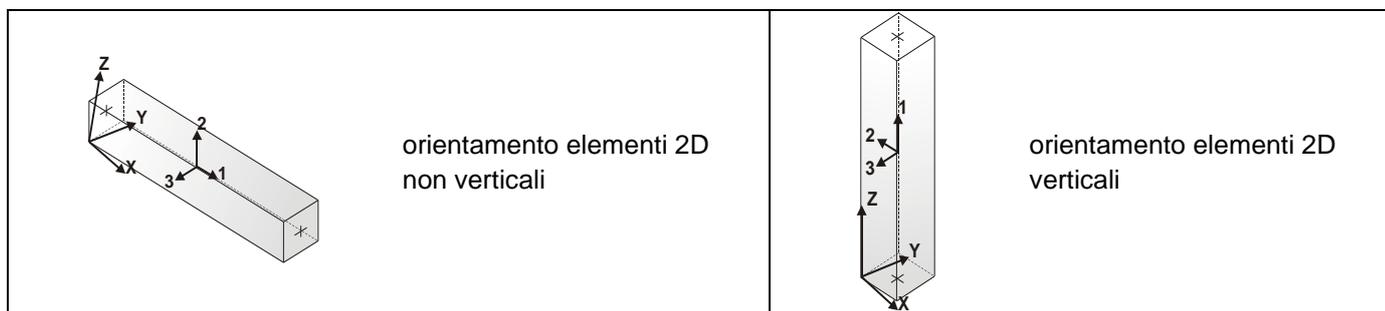
Per ogni elemento e per ogni combinazione (o caso di carico) vengono riportati i risultati più significativi.

Per gli elementi tipo *pilastr* sono riportati in tabella i seguenti valori:

Pilas.	numero dell'elemento pilastr
Cmb	combinazione in cui si verificano i valori riportati
M3 mx/mn	momento flettente in campata M3 max (prima riga) / min (seconda riga)
M2 mx/mn	momento flettente in campata M2 max (prima riga) / min (seconda riga)
D2/D3	freccia massima in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)
Q2/Q3	carico totale in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)
Pos.	ascissa del punto iniziale e finale dell'elemento
N, V2, ecc..	sei componenti di sollecitazione al piede ed in sommità dell'elemento

Per gli elementi tipo *trave in elevazione* sono riportati, oltre al numero dell'elemento, i medesimi risultati visti per i pilastr.

Per gli elementi tipo *trave in fondazione* (trave f.) sono riportati, oltre al numero dell'elemento, i medesimi risultati visti per i pilastr e la massima pressione sul terreno.



Trave	Cmb	M3 mx/mn daN cm	M2 mx/mn daN cm	D 2 / D 3 cm	Q 2 / Q 3 daN	Pos. cm	N daN	V 2 daN	V 3 daN	T daN cm	M 2 daN cm	M 3 daN cm
1	6	2810.47 -5346.68	702.67 -363.44	0.02 -3.19e-03	0.0 0.0	0.0 322.6	-1.147e+04 -1.147e+04	25.29 25.29	-3.31 -3.31	343.43 343.43	702.67 -363.44	-5346.68 2810.47
1	14	2810.10 -5338.02	706.38 -366.33	0.02 -3.06e-03	0.0 0.0	0.0 322.6	-1.135e+04 -1.135e+04	25.26 25.26	-3.33 -3.33	344.02 344.02	706.38 -366.33	-5338.02 2810.10
1	31	391.55 -714.79	40.84 4.02	-0.01 -0.01	0.0 0.0	0.0 322.6	-776.99 -776.99	3.43 3.43	-0.11 -0.11	40.57 40.57	40.84 4.02	-714.79 391.55
1	49	211.56 -279.71	134.04 -111.46	-0.05 -0.04	0.0 0.0	0.0 322.6	2141.68 2141.68	1.52 1.52	0.76 0.76	7.65 7.65	-111.46 134.04	-279.71 211.56
1	50	448.62	299.18	0.04	0.0	0.0	-4088.21	4.26	-1.66	76.85	299.18	-927.00



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
 PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	47 di 72

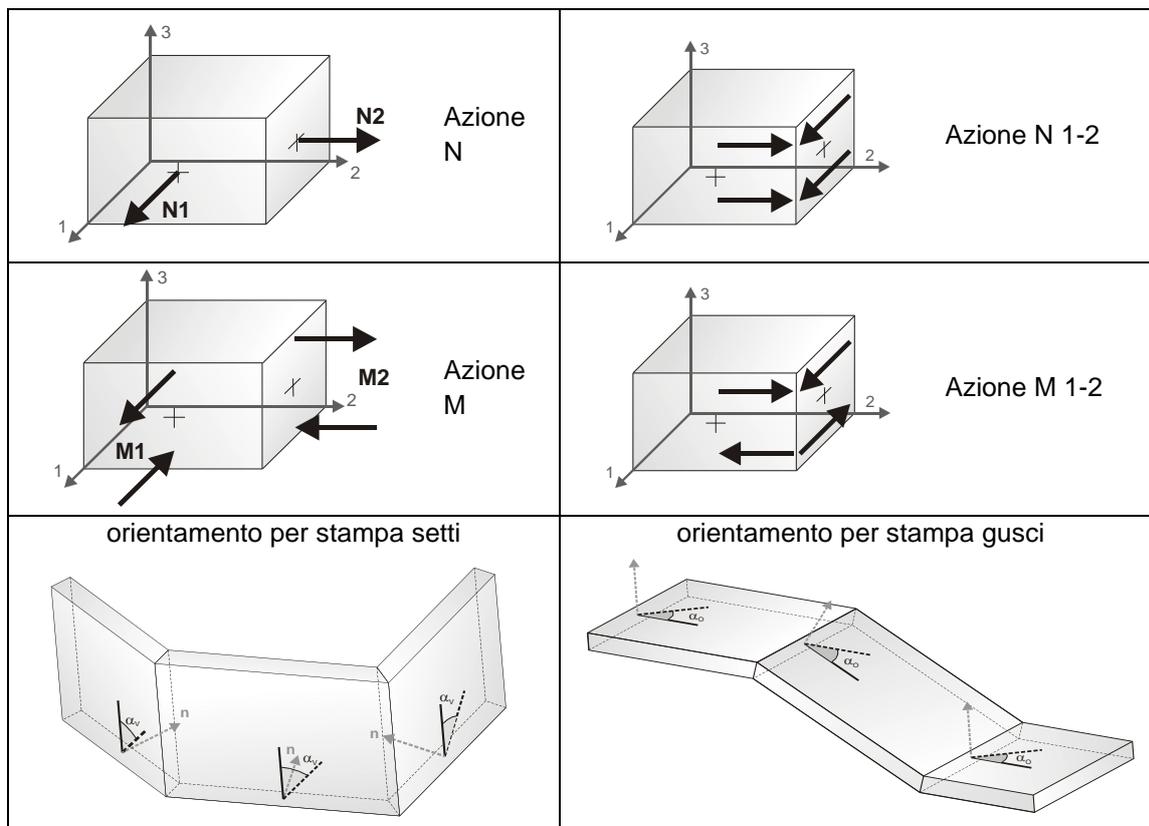
1	52	-927.00	-237.06	0.05	0.0	322.6	-4088.21	4.26	-1.66	76.85	-237.06	448.62
		450.85	277.08	0.05	0.0	0.0	-4845.43	4.44	-1.54	73.29	277.08	-980.47
		-980.47	-219.70	0.04	0.0	322.6	-4845.43	4.44	-1.54	73.29	-219.70	450.85
1	81	299.60	31.41	-0.01	0.0	0.0	-431.22	2.60	-0.09	31.79	31.41	-537.68
		-537.68	3.96	-0.01	0.0	322.6	-431.22	2.60	-0.09	31.79	3.96	299.60
1	82	362.24	139.91	8.97e-03	0.0	0.0	-2077.26	3.32	-0.73	50.07	139.91	-708.71
		-708.71	-94.09	0.01	0.0	322.6	-2077.26	3.32	-0.73	50.07	-94.09	362.24
1	84	362.81	134.21	0.01	0.0	0.0	-2272.53	3.36	-0.69	49.15	134.21	-722.49
		-722.49	-89.62	0.01	0.0	322.6	-2272.53	3.36	-0.69	49.15	-89.62	362.81
1	100	1917.81	479.49	0.02	0.0	0.0	-7827.91	17.26	-2.26	234.35	479.49	-3648.47
		-3648.47	-248.00	-2.18e-03	0.0	322.6	-7827.91	17.26	-2.26	234.35	-248.00	1917.81
1	104	1917.56	481.96	0.02	0.0	0.0	-7745.09	17.24	-2.27	234.74	481.96	-3642.69
		-3642.69	-249.93	-2.09e-03	0.0	322.6	-7745.09	17.24	-2.27	234.74	-249.93	1917.56
1	111	371.44	54.83	-9.85e-03	0.0	0.0	-968.62	3.28	-0.21	40.53	54.83	-686.56
		-686.56	-11.59	-9.28e-03	0.0	322.6	-968.62	3.28	-0.21	40.53	-11.59	371.44
1	114	1642.78	410.73	0.01	0.0	0.0	-6705.31	14.78	-1.93	200.74	410.73	-3125.24
		-3125.24	-212.44	-1.87e-03	0.0	322.6	-6705.31	14.78	-1.93	200.74	-212.44	1642.78
1	120	326.32	73.98	-2.51e-03	0.0	0.0	-1222.45	2.92	-0.34	38.90	73.98	-616.78
		-616.78	-34.91	-1.81e-03	0.0	322.6	-1222.45	2.92	-0.34	38.90	-34.91	326.32
1	122	331.20	82.81	2.76e-03	0.0	0.0	-1351.88	2.98	-0.39	40.47	82.81	-630.09
		-630.09	-42.83	-3.77e-04	0.0	322.6	-1351.88	2.98	-0.39	40.47	-42.83	331.20
1	123	1497.05	374.29	0.01	0.0	0.0	-6110.48	13.47	-1.76	182.93	374.29	-2848.00
		-2848.00	-193.59	-1.70e-03	0.0	322.6	-6110.48	13.47	-1.76	182.93	-193.59	1497.05
2	6	2810.47	702.67	0.03	0.0	0.0	-1.147e+04	-25.29	3.31	-343.43	-363.44	2810.47
		-5346.68	-363.44	-3.73e-03	0.0	322.6	-1.147e+04	-25.29	3.31	-343.43	702.67	-5346.68
2	14	2810.84	698.97	0.03	0.0	0.0	-1.160e+04	-25.32	3.28	-342.83	-360.55	2810.84
		-5355.34	-360.55	-3.40e-03	0.0	322.6	-1.160e+04	-25.32	3.28	-342.83	698.97	-5355.34
2	31	391.55	40.84	0.01	0.0	0.0	-776.99	-3.43	0.11	-40.57	4.02	391.55
		-714.79	4.02	0.01	0.0	322.6	-776.99	-3.43	0.11	-40.57	40.84	-714.79
2	50	450.85	277.08	-0.05	0.0	0.0	-4845.43	-4.44	1.54	-73.29	-219.70	450.85
		-980.47	-219.70	-0.04	0.0	322.6	-4845.43	-4.44	1.54	-73.29	277.08	-980.47
2	51	211.56	134.04	0.05	0.0	0.0	2141.68	-1.52	-0.76	-7.65	134.04	211.56
		-279.71	-111.46	0.04	0.0	322.6	2141.68	-1.52	-0.76	-7.65	-111.46	-279.71
2	52	448.62	299.18	-0.04	0.0	0.0	-4088.21	-4.26	1.66	-76.85	-237.06	448.62
		-927.00	-237.06	-0.05	0.0	322.6	-4088.21	-4.26	1.66	-76.85	299.18	-927.00
2	82	362.81	134.21	-0.01	0.0	0.0	-2272.53	-3.36	0.69	-49.15	-89.62	362.81
		-722.49	-89.62	-0.01	0.0	322.6	-2272.53	-3.36	0.69	-49.15	134.21	-722.49
2	83	299.60	31.41	0.01	0.0	0.0	-431.22	-2.60	0.09	-31.79	3.96	299.60
		-537.68	3.96	0.01	0.0	322.6	-431.22	-2.60	0.09	-31.79	31.41	-537.68
...												
4	123	-2848.00	-374.29	1.70e-03	0.0	322.6	-6110.48	13.47	1.76	-182.93	193.59	1497.05
Trave		M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3		N	V 2	V 3	T		
		-5406.55	-744.64	-0.05	0.0		-1.205e+04	-25.54	-3.58	-350.48		
		2832.45	706.38	0.05	0.0		2141.68	25.54	3.58	350.48		

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.



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
N1-2	M1	(lo sforzo 2-1 è uguale allo sforzo 1-2 per la reciprocità delle tensioni tangenziali)
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.

I valori di sollecitazione sono, in questo caso, riferiti ad una terna specifica del gruppo ruotata di α_0 attorno all'asse



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	49 di 72

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-X (gradi)
1	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
1	26	1	18.01	-24.02	5.83	-11.84	-19.07	-103.83	-207.24	-153.34	-157.73	51.65
1	26	2	18.01	-24.02	5.83	-11.84	19.07	-103.83	-207.24	-153.34	-157.73	-51.65
1	26	3	20.01	-26.80	6.44	-13.24	-21.23	-117.07	-225.95	-170.05	-172.97	54.42
1	26	4	20.01	-26.80	6.44	-13.24	21.23	-117.07	-225.95	-170.05	-172.97	-54.42
1	26	5	37.25	9.84	37.24	9.84	0.45	-634.06	-1354.40	-952.43	-1036.03	-357.73
1	26	6	33.44	9.10	33.44	9.10	0.15	-580.68	-1159.58	-831.55	-908.72	286.87
1	26	7	37.25	9.84	37.24	9.84	-0.45	-634.06	-1354.40	-952.43	-1036.03	357.73
1	26	8	33.44	9.10	33.44	9.10	-0.15	-580.68	-1159.58	-831.55	-908.72	-286.87
1	26	9	26.27	-20.94	-3.99	9.32	22.64	277.50	-419.78	265.13	-407.42	92.02
1	26	10	26.27	-20.94	-3.99	9.32	-22.64	277.50	-419.78	265.13	-407.42	-92.02
1	26	11	79.70	-41.14	44.25	-5.68	-55.02	295.29	-388.63	-375.14	281.80	-95.09
1	26	12	79.70	-41.14	44.25	-5.68	55.02	295.29	-388.63	-375.14	281.80	95.09
1	26	13	23.85	-18.96	-3.57	8.46	20.54	245.53	-342.71	236.79	-333.96	71.19
1	26	14	23.85	-18.96	-3.57	8.46	-20.54	245.53	-342.71	236.79	-333.96	-71.19
1	26	15	71.84	-37.00	39.72	-4.88	49.64	262.63	-318.65	-308.84	252.82	74.88
1	26	16	71.84	-37.00	39.72	-4.88	-49.64	262.63	-318.65	-308.84	252.82	-74.88
1	26	17	40.63	12.75	27.90	25.48	-13.89	462.44	-123.18	-111.79	451.06	-80.84
1	26	18	-11.76	-21.07	-11.84	-20.99	0.84	1094.28	-59.59	-55.07	1089.76	-72.03
1	26	19	-11.02	-20.76	-11.04	-20.74	-0.42	1093.08	-54.93	-54.02	1092.16	32.40
1	26	20	36.62	10.84	25.13	22.33	12.82	489.93	-108.08	-103.64	485.49	51.34
1	26	21	29.43	15.35	28.92	15.86	2.64	771.01	-16.78	97.02	657.21	276.95
1	26	22	26.43	6.52	10.78	22.17	8.16	1030.39	257.91	265.83	1022.47	77.81
1	26	23	27.90	6.93	11.62	23.21	-8.74	1063.57	221.71	262.43	1022.85	-180.62
1	26	24	32.28	16.77	31.96	17.09	-2.20	833.15	-105.68	76.49	650.98	-371.27
1	26	25	113.06	41.88	111.04	43.90	-11.82	796.99	-127.58	768.89	-99.47	-158.73
1	26	26	64.13	-12.49	63.71	-12.07	5.66	1726.69	-52.07	1707.74	-33.12	-182.62
1	26	27	59.32	-1.53	59.32	-1.53	0.41	2169.62	-29.27	2162.67	-22.32	-123.38
1	26	28	56.81	-0.36	56.81	-0.36	8.32e-02	2387.10	-19.65	2385.58	-18.13	-60.40
1	26	29	56.25	-0.20	56.25	-0.20		2452.96	-16.83	2452.96	-16.83	
1	26	30	56.81	-0.36	56.81	-0.36	-8.32e-02	2387.10	-19.65	2385.58	-18.13	60.40
1	26	31	59.32	-1.53	59.32	-1.53	-0.41	2169.62	-29.27	2162.67	-22.32	123.38
1	26	32	64.13	-12.49	63.71	-12.07	-5.66	1726.69	-52.07	1707.74	-33.12	182.62
1	26	33	113.06	41.88	111.04	43.90	11.82	796.99	-127.58	768.89	-99.47	158.73
1	26	34	66.14	24.33	64.50	25.97	8.12	1194.72	-189.79	1007.64	-2.71	473.31
1	26	35	79.17	5.99	76.05	9.10	14.78	1786.94	29.76	1688.06	128.64	404.93
1	26	36	64.41	1.15	64.13	1.43	4.20	2154.25	108.76	2117.92	145.08	270.15
1	26	37	60.44	0.32	60.41	0.34	1.29	2348.53	132.09	2340.58	140.04	132.50

1	26	38	59.49	0.11	59.49	0.11	2408.81	136.68	2408.81	136.68		
1	26	39	60.44	0.32	60.41	0.34	-1.29	2348.53	132.09	2340.58	140.04	-132.50
1	26	40	64.41	1.15	64.13	1.43	-4.20	2154.25	108.76	2117.92	145.08	-270.15
1	26	41	79.17	5.99	76.05	9.10	-14.78	1786.94	29.76	1688.06	128.64	-404.93
1	26	42	66.14	24.33	64.50	25.97	-8.12	1194.72	-189.79	1007.64	-2.71	-473.31
1	26	43	32.28	16.77	31.96	17.09	2.20	833.15	-105.68	76.49	650.98	371.27
1	26	44	27.90	6.93	11.62	23.21	8.74	1063.57	221.71	262.43	1022.85	180.62
1	26	45	26.43	6.52	10.78	22.17	-8.16	1030.39	257.91	265.83	1022.47	-77.81
1	26	46	29.43	15.35	28.92	15.86	-2.64	771.01	-16.78	97.02	657.21	-276.95
1	26	47	36.62	10.84	25.13	22.33	-12.82	489.93	-108.08	-103.64	485.49	-51.34
1	26	48	-11.02	-20.76	-11.04	-20.74	0.42	1093.08	-54.93	-54.02	1092.16	-32.40
...												
1	123	104	31.95	8.32	25.58	14.69	10.48	576.80	80.63	443.38	214.05	220.00
M_G			N max	N min	N 1	N 2	N 1-2	M max	M min	M 1	M 2	M 1-2
			113.46	-41.17	-20.14	-20.99	-55.02	2452.96	-1375.98	-961.94	-1044.92	-488.12
					111.45	43.90	55.02		2452.96	2452.96	1092.16	488.12

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

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

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 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)



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	52 di 72

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

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)



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	53 di 72

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
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

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

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)
n.ser 90	Numero di braccia delle armature 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 Guscio	Spessore	Id Materiale	Id Criterio	Progettazione
	cm			
1	30.00	4	1	Singolo elemento



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IVOI	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	55 di 72

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+Af	sec-Af	sec+	N x daN/cm	N y daN/cm	N xy daN/cm	M x daN	M y daN	M xy daN
1	ok	0.16	3.67e-02	5.40e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	4.0	0.3	-0.5	-138.7	-146.4	148.9
2	ok	0.16	3.67e-02	5.47e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	6.2	-12.7	20.4	-163.6	-167.3	-53.4
3	ok	0.16	3.67e-02	5.71e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	6.4	-13.3	-21.3	-170.0	-172.3	53.5
4	ok	0.16	3.67e-02	5.71e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	6.4	-13.3	21.3	-170.0	-172.3	-53.5
5	ok	0.16	0.2	2.12e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	-18.9	-15.0	82.5	-907.8	-1034.6	-609.5
6	ok	0.16	0.2	2.01e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	-18.4	-14.4	-78.3	-834.9	-958.8	551.4
7	ok	0.16	0.2	2.12e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	-18.9	-15.0	-82.5	-907.8	-1034.6	609.5
8	ok	0.16	0.2	2.03e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	-18.6	-14.5	79.1	-845.3	-969.0	-556.4
9	ok	0.16	4.66e-02	8.82e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	-10.2	-2.3	35.0	271.2	-399.2	120.3
10	ok	0.16	4.66e-02	8.82e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	-10.2	-2.3	-35.0	271.2	-399.2	-120.3
11	ok	0.16	6.23e-02	1.17e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	17.8	-7.1	-59.3	-385.4	293.2	-136.8
12	ok	0.16	6.23e-02	1.17e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	17.8	-7.1	59.3	-385.4	293.2	136.8
13	ok	0.16	4.32e-02	8.40e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	-9.6	-2.1	33.4	255.9	-353.5	103.5
14	ok	0.16	4.32e-02	8.51e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	-9.8	-2.2	-33.8	258.8	-356.8	-104.8
15	ok	0.16	6.23e-02	1.11e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	17.0	-6.6	56.3	-345.6	278.4	119.9
16	ok	0.16	6.23e-02	1.12e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	17.1	-6.6	-56.8	-349.4	281.3	-121.3
17	ok	0.16	6.46e-02	1.30e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	41.9	54.7	-23.7	-33.4	572.4	-88.1
18	ok	0.16	0.1	5.78e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	-25.4	-25.6	1.6	-59.5	1088.7	-104.2
19	ok	0.16	0.1	5.57e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	-24.1	-25.3	-1.4	-59.1	1089.6	83.9
20	ok	0.16	6.52e-02	1.30e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	39.8	51.7	22.6	-33.1	583.8	72.7
21	ok	0.16	9.85e-02	1.11e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	32.0	20.0	-38.9	161.4	774.8	378.0
22	ok	0.16	0.1	3.47e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	44.3	30.7	9.4	268.8	1042.8	129.8
23	ok	0.16	0.1	3.70e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	46.5	31.8	-9.9	267.9	1043.2	-184.8
24	ok	0.16	0.1	1.16e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	33.5	20.8	41.2	152.7	778.3	-424.9
25	ok	0.16	0.1	2.81e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	152.0	52.4	-45.2	897.9	-10.7	-162.9
26	ok	0.16	0.2	6.52e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	56.6	-28.7	13.1	1706.7	-38.2	-204.1
27	ok	0.16	0.2	2.71e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	58.8	-3.4	0.7	2165.0	-20.4	-136.1
28	ok	0.16	0.3	2.35e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	56.7	-0.6	1.39e-03	2386.3	-16.7	-69.1
29	ok	0.16	0.3	2.15e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	56.2	-0.2	0.1	2453.0	-16.8	7.6
30	ok	0.16	0.3	2.35e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	56.7	-0.6	-1.39e-03	2386.3	-16.7	69.1
31	ok	0.16	0.2	2.71e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	58.8	-3.4	-0.7	2165.0	-20.4	136.1
32	ok	0.16	0.2	6.52e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	56.6	-28.7	-13.1	1706.7	-38.2	204.1
33	ok	0.16	0.1	2.81e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	152.0	52.4	45.2	897.9	-10.7	162.9
34	ok	0.16	0.1	3.30e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	65.1	28.9	-31.5	1135.4	55.1	518.9
35	ok	0.16	0.2	2.27e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	89.3	30.3	25.5	1705.6	138.8	431.8
36	ok	0.16	0.2	2.19e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	64.3	0.6	4.0	2124.9	138.5	298.0
37	ok	0.16	0.3	1.75e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	60.5	0.4	1.2	2348.0	134.3	147.8
38	ok	0.16	0.3	1.53e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	59.5	0.2	9.02e-02	2415.8	130.5	-2.7
39	ok	0.16	0.3	1.75e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	60.5	0.4	-1.2	2348.0	134.3	-147.8
40	ok	0.16	0.2	2.19e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	64.3	0.6	-4.0	2124.9	138.5	-298.0
41	ok	0.16	0.2	2.27e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	89.3	30.3	-25.5	1705.6	138.8	-431.8
42	ok	0.16	0.1	3.30e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	65.1	29.2	31.4	1161.0	60.9	-505.7
43	ok	0.16	0.1	1.16e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	33.5	20.8	-41.2	152.7	778.3	424.9
44	ok	0.16	0.1	3.70e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	46.5	31.8	9.9	267.9	1043.2	184.8
45	ok	0.16	0.1	3.53e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	44.8	31.0	-9.6	271.1	1055.1	-131.1
46	ok	0.16	9.95e-02	1.12e-02	10.1	10.1	10.1	10.1	32.2	20.2	39.2	162.1	784.0	-381.9
47	ok	0.16	6.55e-02	1.30e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	40.3	52.3	-22.8	-33.4	591.1	-73.4
48	ok	0.16	0.1	5.63e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	-24.4	-25.6	1.3	-59.8	1102.6	-84.9
...														
104	ok	0.16	0.1	1.94e-03	10.1	10.1	10.1	10.1	49.0	27.5	2.3	922.0	411.7	411.7
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
		0.16	0.27	0.02	10.05	10.05	10.05	10.05	-25.42	-28.66	-82.47	-907.78	-1034.57	-609.51
									152.03	54.67	82.47	2452.96	1102.58	609.51

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	0.45						
2	ok	0.46						
3	ok	0.50						
4	ok	0.50						
5	ok	1.24						



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
 PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	56 di 72

6	ok	1.18							
7	ok	1.24							
8	ok	1.19							
9	ok	1.06							
10	ok	1.06							
11	ok	1.24							
12	ok	1.24							
13	ok	1.01							
14	ok	1.03							
15	ok	1.18							
16	ok	1.19							
17	ok	1.06							
18	ok	0.55							
19	ok	0.53							
20	ok	1.01							
21	ok	1.11							
22	ok	0.53							
23	ok	0.55							
24	ok	1.15							
25	ok	1.24							
26	ok	0.79							
27	ok	0.47							
28	ok	0.25							
29	ok	0.10							
30	ok	0.25							
31	ok	0.47							
32	ok	0.79							
33	ok	1.24							
34	ok	1.24							
35	ok	0.79							
36	ok	0.47							
37	ok	0.25							
38	ok	0.10							
39	ok	0.25							
40	ok	0.47							
41	ok	0.79							
42	ok	1.24							
43	ok	1.15							
44	ok	0.55							
45	ok	0.53							
46	ok	1.12							
47	ok	1.03							
48	ok	0.53							
...									
104	ok	1.11							
Nodo		Max tau	Ver V pr	Ver V sec	Af V pr	Af V sec	V pr	V sec	
		1.24							

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	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 sopraportati 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:

pilastri	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).

Guscio	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	wR mm	wF mm	wP mm	Rif. cmb
1	0.06	0.20	0.06	112,112,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
2	0.05	0.18	0.06	100,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
3	0.06	0.18	0.06	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
4	0.06	0.20	0.06	112,112,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
5	0.05	0.12	0.05	112,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
6	0.05	0.13	0.05	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
7	0.05	0.11	0.05	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
8	0.05	0.12	0.05	100,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
9	0.05	0.11	0.05	100,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0

10	0.05	0.20	0.05	112,112,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
11	0.07	0.25	0.07	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
12	0.09	0.24	0.09	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
13	0.10	0.26	0.10	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
14	0.10	0.26	0.10	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
15	0.10	0.26	0.10	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
16	0.10	0.26	0.10	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
17	0.09	0.24	0.09	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
18	0.07	0.25	0.07	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
19	0.05	0.20	0.05	112,112,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
20	0.05	0.12	0.05	112,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
21	0.05	0.13	0.05	104,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
22	0.05	0.11	0.05	104,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
23	0.05	0.13	0.05	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
24	0.05	0.11	0.05	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
25	0.04	0.19	0.05	100,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
26	0.07	0.24	0.07	100,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
27	0.08	0.24	0.09	100,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
28	0.09	0.25	0.10	100,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
29	0.10	0.25	0.10	104,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
30	0.10	0.25	0.10	100,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
31	0.09	0.25	0.10	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
32	0.08	0.24	0.09	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
33	0.07	0.24	0.07	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
34	0.04	0.19	0.05	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
35	0.06	0.21	0.06	112,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
36	0.05	0.15	0.04	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
37	0.04	0.12	0.04	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
38	0.04	0.14	0.04	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
39	0.06	0.20	0.06	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
40	0.07	0.22	0.07	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
41	0.06	0.20	0.07	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
42	0.06	0.17	0.06	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
43	0.06	0.19	0.07	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
44	0.07	0.21	0.07	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
45	0.08	0.24	0.09	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
46	0.08	0.23	0.08	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
47	0.08	0.22	0.08	110,110,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
48	0.08	0.23	0.08	104,104,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
...								
84	0.06	0.20	0.06	100,100,123	0.0	0.0	0.0	0,0,0
Guscio	rRfck	rRfyk	rPFck		wR	wF	wP	
	0.10	0.26	0.10		0.0	0.0	0.0	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	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.

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



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	60 di 72

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}":

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

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
- k₀ 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
- γ₁ peso per unità di volume del terreno sovrastante il piano di posa
- γ₂ 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_t) 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

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

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

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

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

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

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

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

- 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 Eurocodice 7

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

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

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

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

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

- se H è parallela al lato B si ha:

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

- 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 in esame 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:

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

- 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
- 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)

$$N_q = \frac{e^{2 \cdot \left(0.75 \cdot \pi - \frac{\varphi}{2}\right) \cdot \text{tg}(\varphi)}}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)} \quad N_\gamma = \frac{\text{tg}(\varphi)}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2(\varphi)} - 1 \right) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\varphi)$$

se $\varphi = 0 \Rightarrow N_c = 1.5 \cdot \pi + 1$

φ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{py}	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)

$$N_q = \text{tg}^6\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \quad N_\gamma = N_q + 1 \quad N_c = 5 \cdot \text{tg}^4\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

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 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:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot \operatorname{tg}(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

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:

- 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:

$$w_{Imp.} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \Delta z_i \quad w_{Lib.} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \frac{1-2 \cdot \nu^2}{1-\nu} \cdot \Delta z_i$$

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- w_{mp} . 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_{mp} . e valore massimo per w_{lib}).

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

- 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
- 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

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 18 CL	DOCUMENTO SE 00 00 001	REV. A

- 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

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



RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO
PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	70 di 72

Indice / Descrizione: 001 / Albenga

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 / Terreno di riporto	Assente
2	da -200,0 a -3000,0 cm	2800,0 cm	002 / Ghiaia e sabbia sciolta	Assente
3	da -3000,0 a -3600,0 cm	600,0 cm	003 / Limo argilloso	Assente

ARCHIVIO TERRENI

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 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	148,571	200,000	75,0	0,300	1,00

Indice / Descrizione terreno: **002 / Ghiaia e sabbia sciolta**

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	297,143	400,000	75,0	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 ²	%	%					
1,950 E-3	2,050 E-3	0,750	100,000	100,000	60,0	0,500	0,49

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. 1	Platea	001	15.000	45.135	30.000	1600.000	4	1
Platea n. 2	Platea	001	15.000	45.135	30.000	1600.000	4	1
Platea n. 3	Platea	001	15.000	45.135	30.000	1600.000	4	1
Platea n. 4	Platea	001	15.000	45.135	30.000	1600.000	4	1
Platea n. 5	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 6	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 7	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 8	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 9	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 10	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 11	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 12	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 13	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 14	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 15	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 16	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 17	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 18	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 19	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 20	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 21	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 22	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 23	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 24	Platea	001	15.000	49.443	30.000	1920.000	4	1
Platea n. 25	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 26	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 27	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 28	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 29	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 30	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 31	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 32	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 33	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1


RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONE BASAMENTO PREFABBRICATO MISURE – FASCICOLO DEI CALCOLI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IV01	00	D 18 CL	SE 00 00 001	A	71 di 72

Platea n. 34	Platea	001	15.000	51.462	30.000	2080.000	4	1
Platea n. 35	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 36	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 37	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 38	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 39	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 40	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 41	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 42	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 43	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 44	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 45	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 46	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 47	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 48	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 49	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 50	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 51	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 52	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 53	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 54	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 55	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 56	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 57	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 58	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 59	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 60	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 61	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 62	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 63	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 64	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 65	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 66	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 67	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 68	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 69	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 70	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 71	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 72	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 73	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 74	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 75	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 76	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 77	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 78	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 79	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 80	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 81	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 82	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 83	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Platea n. 84	Platea	001	15.000	56.374	30.000	2496.000	4	1
Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Base Eq. cm	Spessore cm	Lung. Eq. cm	Lung. Travata Eq. cm	
Macro n. 1	Macro-Platea	001	15.000	256.000	30.000	480.000	480.000	

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.

Macro platea: 1

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 + 0.2239 + 1.1725 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.3316 / 1.3964 = 0,237 Ok (Cmb. n. 030)

TB / TBlim = 1445.6 / 5836.9 = 0,248 Ok (Cmb. n. 031)

TL / TLLim = 667.5 / 5776.6 = 0,116 Ok (Cmb. n. 019)

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
019	SLU STR	No	0.000	-5.622	0.0	-667.5	-17632.0	-0.0825	-0.1137
030	SLU STR	No	5.476	0.000	1445.6	0.0	-39202.0	-0.1273	-0.3316
031	SLU STR	No	12.175	0.000	1445.6	0.0	-17632.0	-0.0648	-0.1318

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 + 0.1402 + 0.3938 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.1862 / 0.5341 = 0,349 Ok (Cmb. n. 050)

TB / TBlim = 4638.5 / 5570.1 = 0,833 Ok (Cmb. n. 049)

TL / TLLim = 4068.8 / 5523.7 = 0,737 Ok (Cmb. n. 034)

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
034	SLV A1	Si	-12.228	-35.752	-1391.6	-4068.8	-16900.0	-0.0447	-0.1567
049	SLV A1	Si	40.759	-10.726	4638.5	-1220.6	-16900.0	-0.0152	-0.1862
050	SLV A1	Si	-40.759	-10.726	-4638.5	-1220.6	-16900.0	-0.0152	-0.1862

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

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

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 0.2104 + 1.0151 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.1232 / 1.2254 = 0,101 Ok (Cmb. n. 081)

TB / TBlim = 1225.6 / 5570.1 = 0,220 Ok (Cmb. n. 082)

TL / TLLim = 1049.3 / 5523.7 = 0,190 Ok (Cmb. n. 066)

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
066	SLO	Si	-3.231	-9.220	-367.7	-1049.3	-16900.0	-0.0757	-0.1153
081	SLO	Si	10.769	-2.766	1225.6	-314.8	-16900.0	-0.0657	-0.1232
082	SLO	Si	-10.769	-2.766	-1225.6	-314.8	-16900.0	-0.0657	-0.1232

VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento: Platea n. 1

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
104	SLE rare	No	0.000	-1.373	0.0	-267.0	-28876.0	-0.1086	-0.2260
111	SLE rare	No	8.230	0.000	963.7	0.0	-17388.0	-0.0701	-0.1214

Cedimento massimo = -0.104 cm in Cmb n. 104

Cedimento minimo = -0.004 cm in Cmb n. 111