

REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA DI BARI  
COMUNE DI GRAVINA IN PUGLIA



AUTORIZZAZIONE UNICA EX D.LGS. 387/2003

Progetto Definitivo  
Parco eolico "Monte Marano" e opere connesse

TITOLO ELABORATO

**Calcoli preliminari degli impianti**

CODICE ELABORATO

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0433	A	R23	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione

SCALA

—

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
luglio 2021	prima emissione	SCO	GDS	GMA

PROPONENTE

**FRI-EL**

**FRI-EL S.p.A.**

Piazza della Rotonda 2  
00186 Roma (RM)  
fri-elspa@legalmail.it  
P. Iva 01652230218  
Cod. Fisc. 07321020153

PROGETTAZIONE



**F4 ingegneria srl**

via Di Giura - Centro Direzionale, 85100 Potenza  
Tel: +39 0971 1 944 797 - Fax: +39 0971 5 54 52  
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico  
(ing. Giuseppe Manzi)



Società certificata secondo la norma UNI-EN ISO 9001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).





## Sommario

<b>1 Premessa</b>	<b>3</b>
<b>2 Normativa di riferimento</b>	<b>4</b>
<b>TRASFORMATORE MT/AT</b>	<b>5</b>
<b>3 Introduzione – Trasformatore MT/AT</b>	<b>6</b>
<b>4 Materiali impiegati</b>	<b>7</b>
<b>5 Terreni</b>	<b>9</b>
<b>6 Analisi dei carichi</b>	<b>10</b>
6.1 Carichi agenti	10
6.2 Azione della neve	10
6.3 Combinazioni di carico	11
<b>7 Codice di calcolo impiegato</b>	<b>13</b>
7.1 Modello di calcolo	13
<b>8 Verifiche geotecniche</b>	<b>15</b>
8.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette	16
8.2 Tensioni sul terreno	17
8.3 Calcolo dei cedimenti	17
8.4 Verifica a scorrimento	20
<b>9 Verifiche strutturali</b>	<b>22</b>
9.1 Verifica a pressoflessione retta della fondazione	22



<b>9.2</b>	<b>Verifica delle tensioni di esercizio della fondazione</b>	<b>37</b>
<b>9.3</b>	<b>Verifica a fessurazione della fondazione</b>	<b>37</b>





# 1 Premessa

Il presente documento costituisce la relazione preliminare sulle strutture relative alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, denominato "Monte Marano", da realizzarsi nel territorio comunale di Gravina in Puglia, in provincia di Bari, da parte della società **FRI-EL SpA**, con sede legale in Piazza della Rotonda 2 00186 Roma, in qualità di proponente.

Il gruppo FRI-EL, attivo nel settore sin dal 2002, si colloca tra i principali produttori italiani di energia da fonte eolica grazie anche alla collaborazione con partner internazionali. Il gruppo dispone attualmente di 34 parchi eolici nel territorio italiano, un parco eolico in Bulgaria ed uno in Spagna, per una capacità complessiva installata di 950 MW. Inoltre, il gruppo FRI-EL opera in diversi settori; infatti, oltre ad essere azienda leader nel settore eolico, si colloca tra i primi produttori in Italia di energia prodotta dalla combustione di biogas di origine agricola. Il gruppo gestisce 21 impianti idroelettrici, un impianto a biomassa solida e una delle centrali termoelettriche a biomassa liquida più grandi d'Europa. Le attività e le principali competenze del gruppo comprendono tutte le fasi di progettazione, costruzione, produzione e vendita di energia elettrica da fonti rinnovabili, includendo l'analisi e la valutazione del paesaggio e il processo di approvazione.

Il progetto proposto ricade al punto 2 dell'elenco di cui all'allegato II alla Parte Seconda del d.lgs. n. 152/2006 e s.m.i., come modificato dal d.lgs. n. 104/2017, "*impianti eolici per la produzione di energia elettrica sulla terraferma con potenza complessiva superiore a 30 MW*", pertanto risulta soggetto al procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale per il quale il Ministero della Transizione Ecologica di concerto con il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, svolge il ruolo di autorità competente in materia.

Nello specifico, è prevista l'installazione di dodici aerogeneratori, con relative opere civili, reti infrastrutturali ed elettriche e la realizzazione del cavidotto esterno destinato al trasposto dell'energia prodotta dal parco e di una nuova stazione di trasformazione MT/AT per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN). Il nuovo parco eolico, costituito da aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6.2 MW, per una potenza complessiva di 74.4 MW, interesserà una fascia altimetrica compresa tra i 325 ed i 490 m s.l.m. nel settore nord occidentale del territorio comunale di Gravina in Puglia, destinata principalmente a colture foraggere e cerealicole stagionali che conferiscono al paesaggio caratteristiche di antropizzazione tali da non favorire processi di completa rinaturalizzazione. L'area del parco eolico ricade in zona classificata agricola (zona E) come desunto dallo strumento urbanistico del comune interessato (Piano regolatore generale (PRG) redatto nel 1989 ed approvato nel 1994).

Nel seguito della relazione verranno riportate differenziate tutte le singole fondazioni delle apparecchiature elettromeccaniche della sottostazione, le platee per i container nell'area di accumulo e le fondazioni degli shelter di controllo.



## 2 Normativa di riferimento

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321) "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76) "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981;
- D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:

- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018".
- Eurocodice 3 - "Progettazione delle strutture in acciaio" - EN 1993-1-1.



## TRASFORMATORE MT/AT



### 3 Introduzione – Trasformatore MT/AT

La fondazione del trasformatore è una platea nervata in calcestruzzo su cui viene posizionato, scorrendo su binari fino alla posizione operativa, il trasformatore da alta a media tensione del peso stimato di circa 1000 kN. Le dimensioni in pianta risultano pari a 7.25 per 10.40 m, la quota di posa del piano di fondazione è circa 1.50 m sotto al piano campagna.

Ai fini delle verifiche condotte sulla sottostruttura in calcestruzzo il carico è considerato nella sua posizione operativa ed è schematizzato a favore di sicurezza come 4 carichi puntuali di 250 kN cadauno.

Vengono riportate di seguito due viste assonometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:

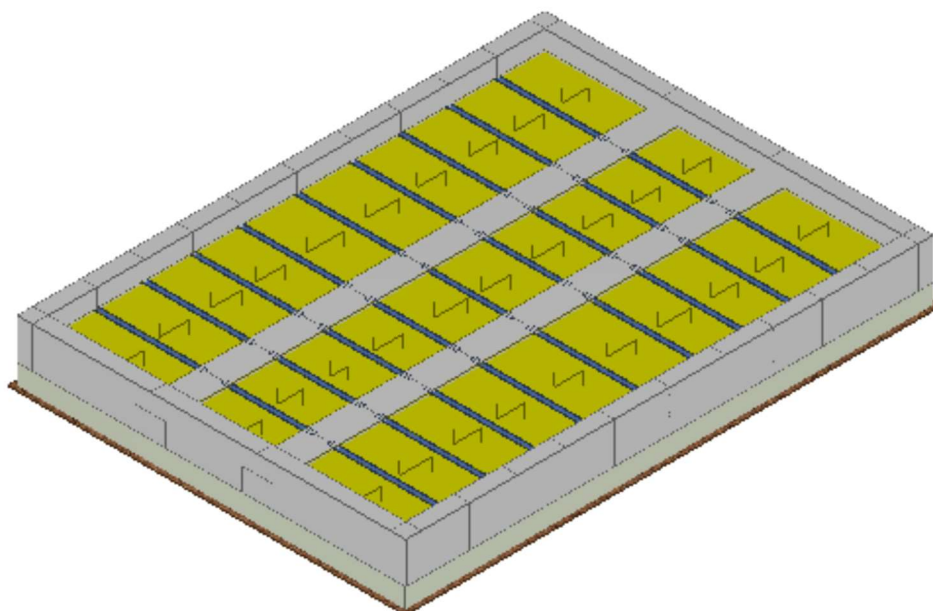


Figura 1: vista tridimensionale della fondazione del TRASFORMATORE MT/AT



## 4 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

Caratteristiche calcestruzzo armato															
N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>	N	n Ac
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>															
001	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	002

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E·C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>cfm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

Caratteristiche acciaio																
N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	f <sub>yk,1</sub> / f <sub>yk,2</sub>	f <sub>tk,1</sub> / f <sub>tk,2</sub>	f <sub>yd,1</sub> / f <sub>yd,2</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>	
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]						NCnt	Cnt
<b>Acciaio B450C - (B450C)</b>																
002	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	450,00 -	-	391,30 -	-	1,15	-	-	-	-	-	-
<b>S275 - (S275)</b>																
003	78 500	0,000012	210 000	80 769	P	275,00 255,00	430 410	261,90 242,86	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**f<sub>tk,1</sub>** Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).  
**f<sub>tk,2</sub>** Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.





**Caratteristiche acciaio**

N <sub>id</sub>	$\gamma_k$	$\alpha_T, i$	E	G	Stz	$f_{yk,1}/$	$f_{tk,1}/$	$f_{yd,1}/$	$f_{td}$	$\gamma_s$	$\gamma_{M1}$	$\gamma_{M2}$	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	$\gamma_{M7}$	
						$f_{yk,2}$	$f_{tk,2}$	$f_{yd,2}$							NCnt	Cnt
	[N/m <sup>2</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>f<sub>yk,1</sub></b>	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).															
<b>f<sub>yk,2</sub></b>	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).															
<b>f<sub>yd,1</sub></b>	Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).															
<b>f<sub>yd,2</sub></b>	Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).															
<b>NOTE</b>	[-] = Parametro non significativo per il materiale.															



## 5 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	c <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]						
<b>CONGLOMERATI</b>										
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000
<b>SABBIE FINI</b>										
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>										
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000
<b>ARGILLE</b>										
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000

#### LEGENDA:

<b>N<sub>TRN</sub></b>	Numero identificativo del terreno.
<b>γ<sub>T</sub></b>	Peso specifico del terreno.
<b>K<sub>1</sub></b>	Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K <sub>1X</sub> ), Y (K <sub>1Y</sub> ), e Z (K <sub>1Z</sub> ).
<b>φ</b>	Angolo di attrito del terreno.
<b>c<sub>u</sub></b>	Coesione non drenata.
<b>c'</b>	Coesione efficace.
<b>E<sub>d</sub></b>	Modulo edometrico.
<b>E<sub>cu</sub></b>	Modulo elastico in condizione non drenate.
<b>A<sub>S-B</sub></b>	Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]	Q <sub>f</sub> [m]	Cmp. S.	Add	Stratigrafie
					ΔEd
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>					
T001	0,00	-4,00	incoerente	sciolto	nulla
T002	-4,00	-12,00	incoerente	sciolto	nulla
T003	-12,00	-20,00	incoerente	sciolto	nulla
T004	-20,00	INF	coerente	sciolto	nulla

#### LEGENDA:

<b>N<sub>TRN</sub></b>	Numero identificativo della stratigrafia.
<b>Q<sub>i</sub></b>	Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).
<b>Q<sub>f</sub></b>	Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).
<b>Cmp. S.</b>	Comportamento dello strato.
<b>Add</b>	Addensamento dello strato.
<b>ΔEd</b>	Variazione con la profondità del modulo edometrico.



## 6 Analisi dei carichi

### 6.1 Carichi agenti

N <sub>id</sub>	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Analisi carichi							
				Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico Neve	
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA		
									[N/m <sup>2</sup> ]	[N/m <sup>2</sup> ]	
002	S	Pavimentazione	Coperture accessibili solo per manutenzione	Ghiaia più grigliato (50x4 maglia 22x76)	2 220			0	Manutenzione	500	432

#### LEGENDA:

**N<sub>id</sub>** Numero identificativo dell'analisi di carico.

**T. C.** Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.

**PP, PNS,** Valori, rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente NON strutturale, del Sovraccarico Accidentale.

**SA** Secondo il tipo di carico indicato nella colonna "T.C." ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "PNS" e "SA", sono espressi in [N/m<sup>2</sup>] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.

### 6.2 Azione della neve

Il carico da neve è stato calcolato seguendo le prescrizioni del §3.4 del D.M. 2018 e le integrazioni della Circolare 2019 n. 7. Il carico da neve, calcolato come di seguito riportato, è stato combinato con le altre azioni variabili definite al §2.5.3, ed utilizzando i coefficienti di combinazione della Tabella 2.5.I del D.M. 2018. Il carico da neve superficiale da applicare sulle coperture è stato stimato utilizzando la relazione [cfr. §3.4.1 D.M. 2018]:

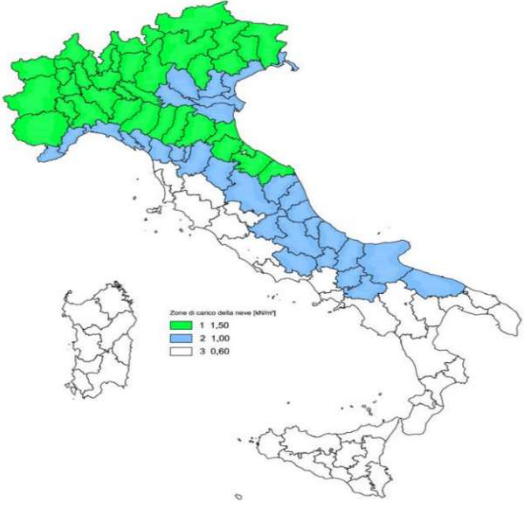
$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_e \cdot C_t$$

dove:

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, in [kN/m<sup>2</sup>]. Tale valore è calcolato in base alla posizione ed all'altitudine ( $a_s$ ) secondo quanto indicato alla seguente tabella;

#### Valori di riferimento del carico della neve al suolo, $q_{sk}$ (cfr. §3.4.2 D.M. 2018):

Zona	$a_s \leq 200$ m	$a_s > 200$ m
I - Alpina	$q_{sk} = 1,50$ kN/m <sup>2</sup>	$q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2]$ kN/m <sup>2</sup>
I - Mediterranea	$q_{sk} = 1,50$ kN/m <sup>2</sup>	$q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2]$ kN/m <sup>2</sup>
II	$q_{sk} = 1,00$ kN/m <sup>2</sup>	$q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2]$ kN/m <sup>2</sup>
III	$q_{sk} = 0,60$ kN/m <sup>2</sup>	$q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2]$ kN/m <sup>2</sup>

	<p><b>•Zone di carico della neve</b></p> <p><b>I - Alpina:</b> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza</p> <p><b>II - Mediterranea:</b> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese</p> <p><b>III:</b> Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona</p> <p><b>III:</b> Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo</p>
<p><b>Mappa delle zone di carico della neve</b>  <b>[cfr. Fig. 3.4.1 D.M. 2018].</b></p>	

## 6.3 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
------	-----------	------------------



$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.





## 7 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

### 7.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.

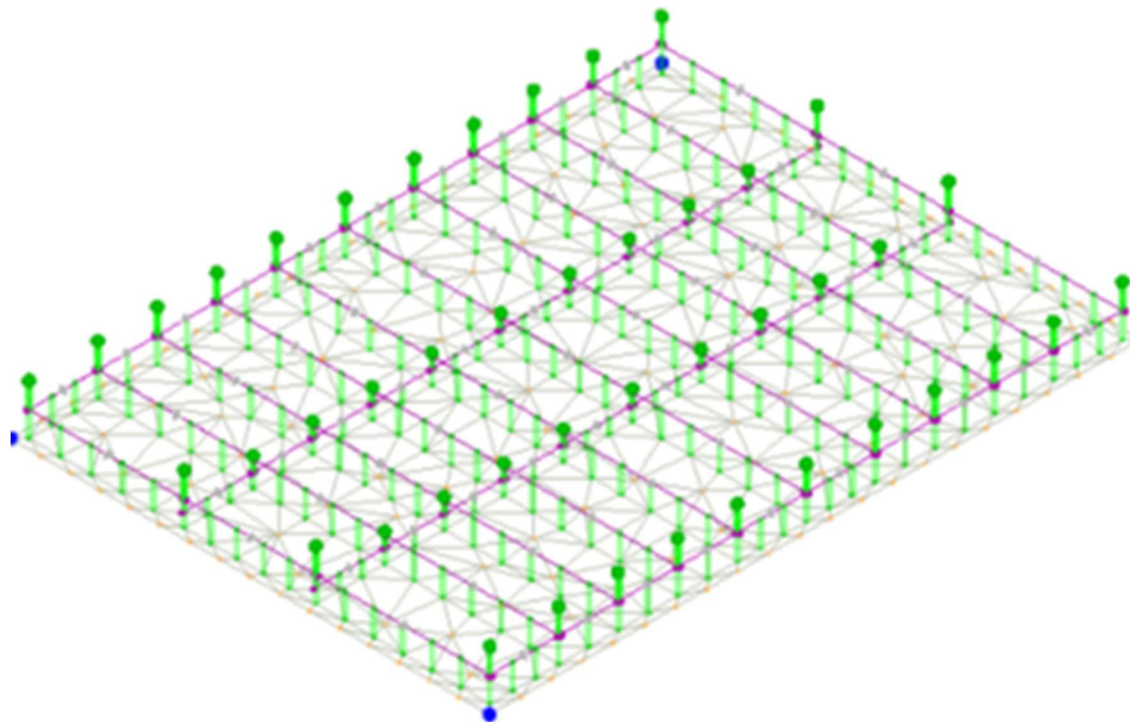


Figura 2: modello strutturale della fondazione

## 8 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	$\gamma_s$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15





Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 8.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q$  =  $\gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

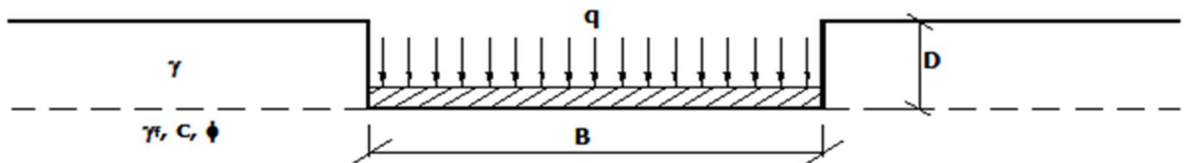
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>P.cmp</sub>	Z <sub>Fid</sub>	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>			
Platea 1	13,96	10,40	7,65	180,00	0,50	16,50	Coesivo	1,48	1,50	0,60	20,63	32,67	25,99	0,043	0,606	NO

### LEGENDA:

**Id<sub>Fnd</sub>** Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.

**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

**L<sub>x/y</sub>** Dimensioni dell'elemento di fondazione.

**R<sub>tz</sub>** Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.

**Z<sub>P.cmp</sub>** Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.

**Z<sub>Fid</sub>** Profondità della falda dal piano campagna.

**Cmp T** Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.

**C.** Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.

### Terzaghi

**Q<sub>Ed</sub>** Carico di progetto sul terreno.

**Q<sub>Rd</sub>** Resistenza di progetto del terreno.

**R<sub>f</sub>** [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

## 8.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

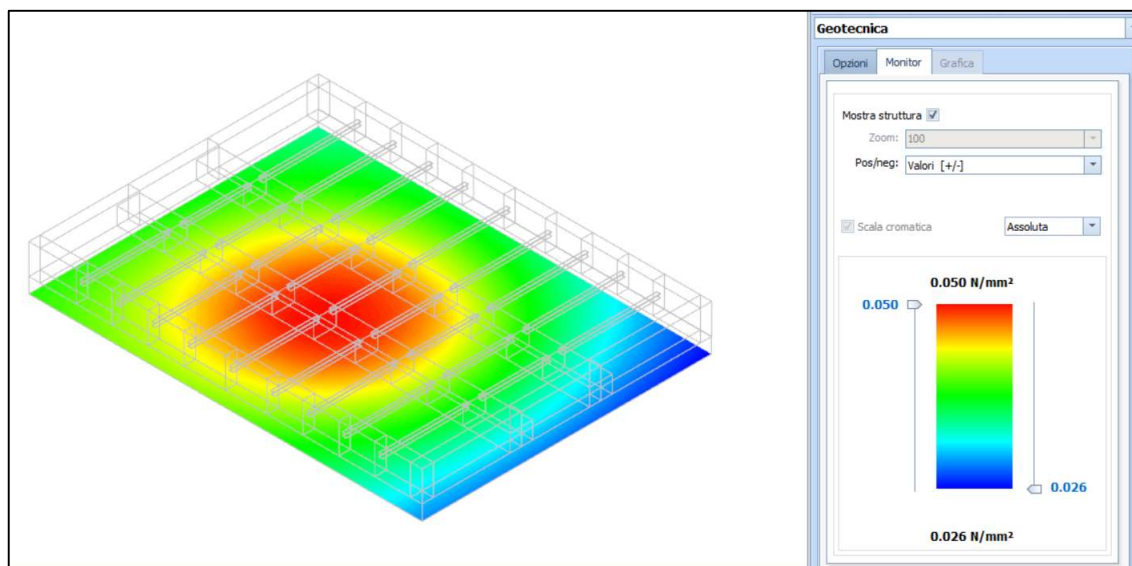


Figura 3: tensioni sul terreno

## 8.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

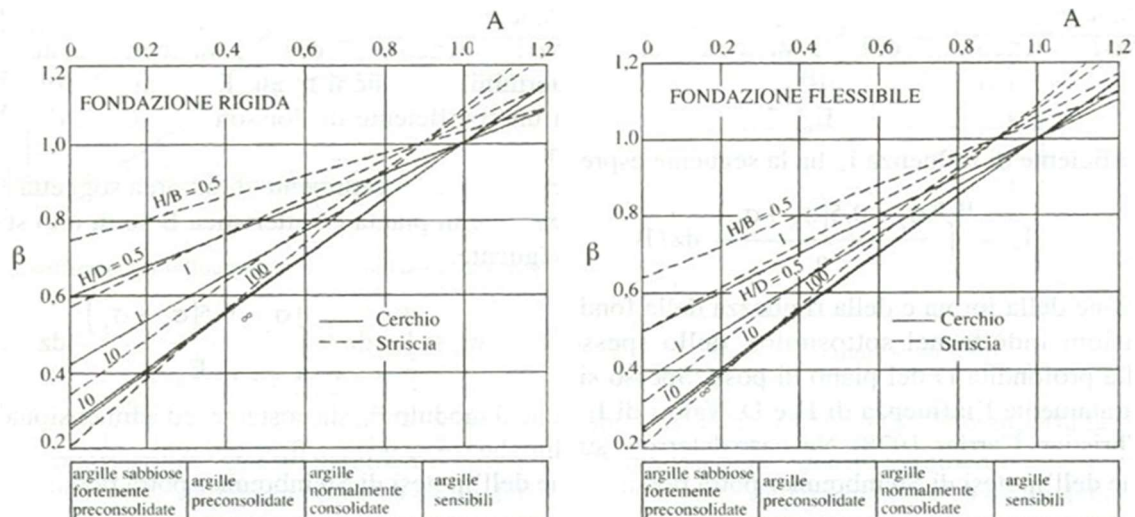
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i .$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$W_c = \beta \cdot W_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	A <sub>Skempton</sub>
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;
- $B$  è la larghezza caratteristica della fondazione,
- $I_w$  è il coefficiente di influenza.

Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:

$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0,5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$



in cui H è lo spessore dello strato deformabile e le  $s_x$  e  $s_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta W_{ij}/L_{ij};$$

dove:

$D_{wij}$ : cedimento differenziale tra i punti i e j;

$L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti i e j.

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
Idw	Nps	Nid	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>o</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + Coperture accessibili solo per manutenzione * 1 + Carico da Neve &lt;= 1000 m s.l.m. * 0.5 + trasformatore * 1</b>						
C0001	00341		1,92	1,92	0,00	1,92
C0002	00048		0,63	0,63	0,00	0,63
C0003	00047		0,65	0,65	0,00	0,65
C0004	00046		0,59	0,59	0,00	0,59
C0005	00045		0,57	0,57	0,00	0,57
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + Carico da Neve &lt;= 1000 m s.l.m. * 1 + trasformatore * 1</b>						
C0001	00341		1,90	1,90	0,00	1,90
C0002	00048		0,62	0,62	0,00	0,62
C0003	00047		0,64	0,64	0,00	0,64
C0004	00046		0,58	0,58	0,00	0,58
C0005	00045		0,56	0,56	0,00	0,56
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + Carico da Neve &lt;= 1000 m s.l.m. * 0.5 + trasformatore * 1</b>						
C0001	00341		1,89	1,89	0,00	1,89
C0002	00048		0,62	0,62	0,00	0,62
C0003	00047		0,64	0,64	0,00	0,64
C0004	00046		0,58	0,58	0,00	0,58
C0005	00045		0,56	0,56	0,00	0,56
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1 + trasformatore * 1</b>						
C0001	00341		1,88	1,88	0,00	1,88
C0002	00048		0,61	0,61	0,00	0,61
C0003	00047		0,63	0,63	0,00	0,63
C0004	00046		0,57	0,57	0,00	0,57
C0005	00045		0,55	0,55	0,00	0,55
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1 + Carico da Neve &lt;= 1000 m s.l.m. * 0.2 + trasformatore * 1</b>						
C0001	00341		1,88	1,88	0,00	1,88
C0002	00048		0,62	0,62	0,00	0,62
C0003	00047		0,64	0,64	0,00	0,64
C0004	00046		0,57	0,57	0,00	0,57
C0005	00045		0,55	0,55	0,00	0,55
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1 + trasformatore * 1</b>						
C0001	00341		1,88	1,88	0,00	1,88
C0002	00048		0,61	0,61	0,00	0,61
C0003	00047		0,63	0,63	0,00	0,63
C0004	00046		0,57	0,57	0,00	0,57
C0005	00045		0,55	0,55	0,00	0,55

#### LEGENDA:

- Idw** Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).  
**Nps** Numero identificativo del Punto Significativo.  
**Nid** Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto).  
 [\*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.  
**W<sub>ed</sub>** Cedimento edometrico.  
**W<sub>o</sub>** Cedimento istantaneo.  
**W<sub>c</sub>** Cedimento di consolidazione.  
**W<sub>f</sub>** Cedimento finale.



## 8.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione,  $F_d$ ) e la resistenza ( $R_d$ ), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.

La resistenza  $R_d$  della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:

1. Componente dovuta all'attrito  $FRD1$ , pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi;$$

dove:

$N_d$  = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

$\phi$  = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

2. Componente dovuta all'adesione  $FRD2$ , pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

$A'$  = superficie efficace della base della fondazione;

$c$  = coesione del terreno, pari alla coesione efficace ( $c'$ ) in condizioni drenate o alla coesione non drenata ( $c_u$ ) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento  $FRD3$  della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna  $FR_d$ , di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento  $R_d$ , ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	$N_{Ed}$	$M_{Ed}$	$V_{Ed}$	$FRD1$	$FRD2$	$FRD3$	$FRD$	CS
		[N]	[N-m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	
Platea 1	B	3 195 917	236 036	-19	1745728	135482	28276	1909486	NS
	L	2 822 700	747 339	24	1541863	134345	38440	1714648	NS

### LEGENDA:

**Elm** Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.

**Dir** Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.

**$FRD1$**  Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.

**$FRD2$**  Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.

**$FRD3$**  Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.



Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	V <sub>Ed</sub>	F <sub>RD1</sub>	F <sub>RD2</sub>	F <sub>RD3</sub>	F <sub>RD</sub>	CS
		[N]	[N-m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
<b>F<sub>RD</sub></b>	Resistenza allo scorrimento.								
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).								
<b>N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>, V<sub>Ed</sub></b>	Sollecitazioni di progetto.								



## 9 Verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 9.1 Verifica a pressoflessione retta della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. della fondazione del trasformatore MT/AT.

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLU																			
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>Fondazione</b>																			
<b>Platea 1</b>																			
P	S	00045	0	0	0,06158	0,06158	-	00046	0	0	0,06158	0,06158	-	00047	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		-1	336	0,06158	0,06158	NS		262	336	0,06158	0,06158	NS		-2	473	0,06158	0,06158	NS
			120												246				
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		-	116	0,06158	0,06158	NS		1	272	0,06158	0,06158	NS		5	335	0,06158	0,06158	NS
			822						788						200				
P	S	00048	0	0	0,06158	0,06158	-	00200	4	192	0,06158	0,06158	NS	00201	-8	15	0,06158	0,06158	NS
	I		-3	442	0,06158	0,06158	NS		700	1	0,06158	0,06158	82,67		274	66	0,06158	0,06158	NS
			739						-41	148					62				
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		-	475	0,06158	0,06158	NS		-1	415	0,06158	0,06158	NS
	I		3	109	0,06158	0,06158	NS		117	3	0,06158	0,06158	25,21		197	3	0,06158	0,06158	28,58
			698						721	488					9	023			
P	S	00202	-7	17	0,06158	0,06158	NS	00203	-5	72	0,06158	0,06158	NS	00204	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		260	354	0,06158	0,06158	NS		725	604	0,06158	0,06158	NS		81	1	0,06158	0,06158	48,49
			63						54						482	537			
S	S		-1	499	0,06158	0,06158	NS		-1	603	0,06158	0,06158	NS		-	419	0,06158	0,06158	NS
	I		334	4	0,06158	0,06158	19,54		108	5	0,06158	0,06158	16,43		920	7	0,06158	0,06158	11,97
			12	400					12	229					14	158			
			562						981						405				
P	S	00205	0	0	0,06158	0,06158	-	00206	14	193	0,06158	0,06158	NS	00207	-1	31	0,06158	0,06158	NS
	I		83	451	0,06158	0,06158	NS		004	0	0,06158	0,06158	-		693	29	0,06158	0,06158	NS
			871						0						10				
S	S		-	497	0,06158	0,06158	NS		-	665	0,06158	0,06158	NS		-	655	0,06158	0,06158	NS
	I		553	3	0,06158	0,06158	22,66		203	8	0,06158	0,06158	9,92		215	7	0,06158	0,06158	11,03
			10	813					2	830					1	963			
			049						784						148				
P	S	00208	0	0	0,06158	0,06158	-	00209	6	537	0,06158	0,06158	NS	00210	61	972	0,06158	0,06158	80,09
	I		12	44	0,06158	0,06158	NS		943	15	0,06158	0,06158	NS		488	17	0,06158	0,06158	NS
			754						-						-2				
S	S		-	546	0,06158	0,06158	NS		-	563	0,06158	0,06158	NS		-	467	0,06158	0,06158	NS
	I		258	7	0,06158	0,06158	11,35		183	6	0,06158	0,06158	12,54		459	4	0,06158	0,06158	19,62
			2	726					2	991					6	430			
			060						242						961				
P	S	00211	9	26	0,06158	0,06158	NS	00212	24	57	0,06158	0,06158	NS	00213	35	40	0,06158	0,06158	NS
			870						623						230				



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
	I		-1 693	16	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		-360 3	446 4	0,06158	0,06158	NS		-575 4	471 4	0,06158	0,06158	NS		-582 4	400 3	0,06158	0,06158	NS
	I		207 903		0,06158	0,06158	17,85		677 104		0,06158	0,06158	21,27		639 276		0,06158	0,06158	26,64
P	S	00214	5 042	139	0,06158	0,06158	NS	00215	1 086	466	0,06158	0,06158	NS	00216	1 226	660	0,06158	0,06158	NS
	I		-45 579	1 284	0,06158	0,06158	74,47		-10 192	3 637	0,06158	0,06158	24,68		-12 384	3 524	0,06158	0,06158	25,57
S	S		236	381	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		-69 395	824	0,06158	0,06158	NS
	I		-2 239	3 847	0,06158	0,06158	22,99		-90 956	716	0,06158	0,06158	NS		6 215	98	0,06158	0,06158	NS
P	S	00217	76	1 093	0,06158	0,06158	80,55	00218	-374 2	1 320 7	0,06158	0,06158	66,76	00219	-716 8	1 570 9	0,06158	0,06158	56,16
	I		-2 277	5 894	0,06158	0,06158	15,00		722 512		0,06158	0,06158	11,66		535 749		0,06158	0,06158	8,89
S	S		-2 545	71	0,06158	0,06158	NS		9 224	132	0,06158	0,06158	NS		-4 359	48	0,06158	0,06158	NS
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		51 030	115	0,06158	0,06158	NS
P	S	00220	-694 9	1 737 11	0,06158	0,06158	50,76	00221	-745 12	1 906 14	0,06158	0,06158	46,26	00222	-532 8	2 031 14	0,06158	0,06158	43,40
	I		918 558		0,06158	0,06158	7,48		218 176		0,06158	0,06158	6,07		984 283		0,06158	0,06158	6,06
S	S		-3 402	38	0,06158	0,06158	NS		-4 478	47	0,06158	0,06158	NS		-2 425	63	0,06158	0,06158	NS
	I		48 362	159	0,06158	0,06158	NS		78 335	554	0,06158	0,06158	NS		44 895	292	0,06158	0,06158	NS
P	S	00223	-218 4	2 125 15	0,06158	0,06158	41,46	00224	9 1	2 130 15	0,06158	0,06158	41,34	00225	9 -2	2 130 14	0,06158	0,06158	41,34
	I		704 899		0,06158	0,06158	5,49		909 464		0,06158	0,06158	5,67		380 704		0,06158	0,06158	6,02
S	S		-1 897	40	0,06158	0,06158	NS		-383 25	21	0,06158	0,06158	NS		-5 598	298	0,06158	0,06158	NS
	I		40 579	59	0,06158	0,06158	NS		897 76		0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
P	S	00226	-218 3	2 125 14	0,06158	0,06158	41,46	00227	-532 11	2 031 12	0,06158	0,06158	43,40	00228	-746 13	1 906 11	0,06158	0,06158	46,27
	I		496 604		0,06158	0,06158	5,99		428 949		0,06158	0,06158	6,65		155 503		0,06158	0,06158	7,47
S	S		-1 897	40	0,06158	0,06158	NS		-2 426	63	0,06158	0,06158	NS		-4 479	47	0,06158	0,06158	NS
	I		31 256	158	0,06158	0,06158	NS		50 729	753	0,06158	0,06158	NS		80 374	639	0,06158	0,06158	NS
P	S	00229	-694 8	1 737 9	0,06158	0,06158	50,76	00230	-716 6	1 570 7	0,06158	0,06158	56,16	00231	-374 1	1 320 5	0,06158	0,06158	66,76
	I		891 299		0,06158	0,06158	9,31		936 216		0,06158	0,06158	12,04		482 502		0,06158	0,06158	15,96
S	S		-3 402	38	0,06158	0,06158	NS		-4 359	48	0,06158	0,06158	NS		-2 105	27	0,06158	0,06158	NS
	I		37 039	344	0,06158	0,06158	NS		38 699	169	0,06158	0,06158	NS		452	22	0,06158	0,06158	NS
P	S	00232	76	1 093	0,06158	0,06158	80,55	00233	1 226	660	0,06158	0,06158	NS	00234	1 086	466	0,06158	0,06158	NS
	I		-2 292	4 183	0,06158	0,06158	21,14		-9 827	2 493	0,06158	0,06158	35,98		-7 645	2 570	0,06158	0,06158	34,76
S	S		-1 120	30	0,06158	0,06158	NS		-56 613	548	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		-5 865	30	0,06158	0,06158	NS		6 215	98	0,06158	0,06158	NS		-66 559	587	0,06158	0,06158	NS
P	S	00235	5 043	139	0,06158	0,06158	NS	00236	24 210	12	0,06158	0,06158	NS	00237	17 189	54	0,06158	0,06158	NS
	I		-34 269	959	0,06158	0,06158	97,75		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		236	381	0,06158	0,06158	NS		-582 3	400 2	0,06158	0,06158	NS		-575 3	471 2	0,06158	0,06158	NS
	I		-1 795	2 881	0,06158	0,06158	30,67		161 275		0,06158	0,06158	38,48		241 618		0,06158	0,06158	33,43







**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS		
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			
P	S	00238	6	29	0,06158	0,06158	NS	00239	42	781	0,06158	0,06158	NS	00240	5	454	0,06158	0,06158	NS		
			809	-1	694	16			0,06158	0,06158	-3	759			22	0,06158	0,06158	-		470	15
S	S		-	446	0,06158	0,06158	NS		-	467	0,06158	0,06158	NS		-	563	0,06158	0,06158	NS		
			360	2	204	2			971	0,06158	0,06158	29,52			459	4	779	2		360	0,06158
P	S	00241	0	0	0,06158	0,06158	-	00242	-1	31	0,06158	0,06158	NS	00243	9	216	0,06158	0,06158	NS		
			7	694	71	0,06158			0,06158	NS	-	262			74	0,06158	0,06158	NS		0	0
S	S		-	546	0,06158	0,06158	NS		-	655	0,06158	0,06158	NS		-	665	0,06158	0,06158	NS		
			258	1	173	4			612	0,06158	0,06158	19,05			215	353	4	834		0,06158	0,06158
P	S	00244	63	231	0,06158	0,06158	NS	00245	0	0	0,06158	0,06158	-	00246	-5	72	0,06158	0,06158	NS		
			433	-4	107	27			0,06158	0,06158	NS	61			200	800	0,06158	0,06158		97,37	-
S	S		-	497	0,06158	0,06158	NS		-	419	0,06158	0,06158	NS		-	603	0,06158	0,06158	NS		
			552	7	661	990			0,06158	0,06158	87,66	920			10	871	4	165		0,06158	0,06158
P	S	00247	-7	17	0,06158	0,06158	NS	00248	-8	15	0,06158	0,06158	NS	00249	4	192	0,06158	0,06158	NS		
			259	48	868	181			0,06158	0,06158	NS	-8			273	41	0,06158	0,06158		NS	699
S	S		-1	499	0,06158	0,06158	NS		-1	415	0,06158	0,06158	NS		-	475	0,06158	0,06158	NS		
			334	9	603	3			072	0,06158	0,06158	28,15			197	7	580	2		276	0,06158
P	S	00250	1	501	0,06158	0,06158	NS	00251	1	607	0,06158	0,06158	NS	00252	-77	1	0,06158	0,06158	82,08		
			223	-8	476	3			154	0,06158	0,06158	28,37			-12	024	2	587		0,06158	0,06158
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		-80	562	0,06158	0,06158	NS		-2	28	0,06158	0,06158	NS		
			-61	443	807	0,06158			0,06158	NS	-80	853			9	564	131	0,06158		0,06158	NS
P	S	00253	-	1	0,06158	0,06158	65,77	00254	-	1	0,06158	0,06158	54,68	00255	-	1	0,06158	0,06158	49,43		
			420	340	0,06158	0,06158			16,47	896	613	0,06158			0,06158	12,75	-	768		784	0,06158
S	S		1	5	0,06158	0,06158	NS		7	6	0,06158	0,06158	NS		9	8	0,06158	0,06158	10,09		
			720	329	0,06158	0,06158			-5	424	62	0,06158			0,06158	NS	-3	560		33	0,06158
P	S	00256	-	1	0,06158	0,06158	44,32	00257	-	2	0,06158	0,06158	43,16	00258	-	2	0,06158	0,06158	40,81		
			874	990	0,06158	0,06158			8,25	662	043	0,06158			0,06158	7,46	-	289		159	0,06158
S	S		14	10	0,06158	0,06158	NS		13	11	0,06158	0,06158	NS		5	12	0,06158	0,06158	6,99		
			362	385	0,06158	0,06158			-3	377	42	0,06158			0,06158	NS	40	422		101	0,06158
P	S	00259	-1	130	0,06158	0,06158	41,34	00260	-1	130	0,06158	0,06158	41,34	00261	-	2	0,06158	0,06158	40,79		
			-2	625	213	0,06158			0,06158	6,70	2	714			798	0,06158	0,06158	6,35		-	289
S	S		-13	671	83	0,06158	0,06158	NS		-	11	0,06158	0,06158	NS		41	171	0,06158	0,06158	NS	
			0	0	0,06158	0,06158	-			266	28	210	0,06158			0,06158	NS	0	0		0,06158
P	S	00262	-	2	0,06158	0,06158	43,16	00263	-	1	0,06158	0,06158	44,32	00264	-	1	0,06158	0,06158	49,43		
			663	9	764	12			529	0,06158	0,06158	6,90			874	990	0,06158	0,06158		7,01	-
S	S		-3	381	42	0,06158	0,06158	NS		-4	974	74	0,06158	0,06158	NS		-3	33	0,06158	0,06158	NS



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	A <sub>df</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	A <sub>df</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	A <sub>df</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	CS
	I		52 173	246	0,06158	0,06158	NS		75 457	379	0,06158	0,06158	NS		44 454	114	0,06158	0,06158	NS
P	S	00265	-898 9 122	1 613 8 661	0,06158	0,06158	54,68	00266	-422 2 814	1 341 6 796	0,06158	0,06158	65,72	00267	-78 - 877	1 073 5 551	0,06158	0,06158	82,08
	I						9,99						12,89						15,89
S	S		-5 431 54 168	62	0,06158	0,06158	NS		9 423	148	0,06158	0,06158	NS		-2 391	28	0,06158	0,06158	NS
	I			93	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		9 286	29	0,06158	0,06158	NS
P	S	00268	1 499	608	0,06158	0,06158	NS	00269	1 223	501	0,06158	0,06158	NS	00318	-43	3 643	0,06158	0,06158	24,17
	I		-13 740	3 281	0,06158	0,06158	27,53		-10 247	4 003	0,06158	0,06158	22,42		2 313	49 982	0,06158	0,06158	1,75
S	S		-91 428 9 566	801	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		102 3 098	0,06158	0,06158	28,42	
	I			131	0,06158	0,06158	NS		-75 972	921	0,06158	0,06158	NS		-3 435	54 247	0,06158	0,06158	1,63
P	S	00319	-6	3 590	0,06158	0,06158	24,53	00320	-3	3 632	0,06158	0,06158	24,25	00321	-41	3 631	0,06158	0,06158	24,25
	I		-30	53 120	0,06158	0,06158	1,66		-6	56 224	0,06158	0,06158	1,57		1 132	52 738	0,06158	0,06158	1,67
S	S		8	3 286	0,06158	0,06158	26,80		-11	3 052	0,06158	0,06158	28,85		238	2 810	0,06158	0,06158	31,32
	I		- 101	48 002	0,06158	0,06158	1,83		247	45 442	0,06158	0,06158	1,94		-5 402	53 308	0,06158	0,06158	1,67
P	S	00322	10	3 217	0,06158	0,06158	3,03	00323	47	3 648	0,06158	0,06158	24,14	00324	8	3 328	0,06158	0,06158	26,46
	I		- 415	94 025	0,12315	0,12315	2,32		-2 500	42 811	0,06158	0,06158	2,07		- 162	38 122	0,06158	0,06158	2,31
S	S		-5	1 876	0,06158	0,06158	3,13		-72	2 946	0,06158	0,06158	29,89		6	3 758	0,06158	0,06158	23,43
	I		95	89 223	0,12315	0,12315	2,53		2 391	45 425	0,06158	0,06158	1,93		- 131	24 921	0,06158	0,06158	3,53
P	S	00325	5	3 354	0,06158	0,06158	26,25	00326	-10	3 158	0,06158	0,06158	27,88	00327	-2	2 742	0,06158	0,06158	32,13
	I		-86	29 309	0,06158	0,06158	3,00		-50	22 837	0,06158	0,06158	3,86		6 676	15 833	0,06158	0,06158	5,49
S	S		-10	3 461	0,06158	0,06158	25,44		-48	2 796	0,06158	0,06158	31,50		-7 789	7 903	0,06158	0,06158	11,31
	I		230	6 342	0,06158	0,06158	13,88		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
P	S	00328	13	3 385	0,06158	0,06158	26,01	00329	-19	3 340	0,06158	0,06158	26,37	00330	-56	3 312	0,06158	0,06158	26,59
	I		- 111	46 215	0,06158	0,06158	1,91		382	47 155	0,06158	0,06158	1,87		2 530	39 037	0,06158	0,06158	2,24
S	S		5	1 922	0,06158	0,06158	45,82		11	2 177	0,06158	0,06158	40,45		-1	2 801	0,06158	0,06158	31,44
	I		-14	64 679	0,06158	0,06158	1,36		- 265	63 158	0,06158	0,06158	1,39		- 542	46 322	0,06158	0,06158	1,90
P	S	00331	-9	3 412	0,06158	0,06158	25,81	00332	-1	3 356	0,06158	0,06158	26,24	00333	-68	3 374	0,06158	0,06158	26,10
	I		116	40 634	0,06158	0,06158	2,17		-22	43 855	0,06158	0,06158	2,01		1 748	39 893	0,06158	0,06158	2,20
S	S		-3	2 965	0,06158	0,06158	29,70		27	2 908	0,06158	0,06158	30,28		-72	2 443	0,06158	0,06158	36,05
	I		190	38 878	0,06158	0,06158	2,26		- 569	39 063	0,06158	0,06158	2,26		1 043	44 024	0,06158	0,06158	2,00
P	S	00334	9	2 768	0,06158	0,06158	31,81	00335	47	3 328	0,06158	0,06158	26,46	00336	-1	2 988	0,06158	0,06158	29,47
	I		- 331	22 507	0,06158	0,06158	3,91		-2 224	33 942	0,06158	0,06158	2,61		48	30 660	0,06158	0,06158	2,87
S	S		16	1 368	0,06158	0,06158	64,37		4	2 721	0,06158	0,06158	32,36		-4	3 390	0,06158	0,06158	25,98
	I		- 595	44 244	0,06158	0,06158	1,99		233	38 045	0,06158	0,06158	2,31		128	20 113	0,06158	0,06158	4,38
P	S	00337	6	3 087	0,06158	0,06158	28,52	00338	30	2 958	0,06158	0,06158	29,77	00339	-	2 459	0,06158	0,06158	35,85
	I		- 209	22 790	0,06158	0,06158	3,87		- 405	18 023	0,06158	0,06158	4,89		621 7 952	12 608	0,06158	0,06158	6,88



Verifiche pressoflessione retta allo SLU

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
S	S		3	3	0,06158	0,06158	27,67		4	2	0,06158	0,06158	32,14		-1	5	0,06158	0,06158	14,82
	I		-15	182 5 013	0,06158	0,06158	17,57		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
P	S	00340	-36	3	0,06158	0,06158	22,70	00341	10	3	0,06158	0,06158	22,81	00342	0	3	0,06158	0,06158	24,58
	I		1	880 50 126	0,06158	0,06158	1,75		-	861 54 237	0,06158	0,06158	1,62		9	583 55 005	0,06158	0,06158	1,60
S	S		65	2	0,06158	0,06158	29,59		-19	3	0,06158	0,06158	25,06		0	3	0,06158	0,06158	24,30
	I		-2	976 55 630	0,06158	0,06158	1,59		616	47 008	0,06158	0,06158	1,87		2	624 47 863	0,06158	0,06158	1,84
P	S	00343	-	3	0,06158	0,06158	23,16	00344	44	3	0,06158	0,06158	23,26	00345	-2	3	0,06158	0,06158	25,59
	I		107	803	0,06158	0,06158	1,72		-1	785 42	0,06158	0,06158	2,10		43	441 38 889	0,06158	0,06158	2,26
S	S		55	2	0,06158	0,06158	32,36		-48	3	0,06158	0,06158	28,73		9	3	0,06158	0,06158	24,45
	I		-1	721 55 461	0,06158	0,06158	1,59		2	065 45 444	0,06158	0,06158	1,93		-	602 24 931	0,06158	0,06158	3,53
P	S	00346	-2	3	0,06158	0,06158	29,24	00347	25	2	0,06158	0,06158	29,49	00348	-	2	0,06158	0,06158	30,83
	I		51	012 31 865	0,06158	0,06158	2,76		-	986 22 568	0,06158	0,06158	3,91		202	857 4 632	0,06158	0,06158	5,25
S	S		0	3	0,06158	0,06158	23,61		678	3	0,06158	0,06158	26,28		-7	7	0,06158	0,06158	12,63
	I		10	729 7 096	0,06158	0,06158	12,41		0	347 0	0,06158	0,06158	-		054	067	0,06158	0,06158	-
P	S	00349	-19	3	0,06158	0,06158	26,37	00350	13	3	0,06158	0,06158	26,01	00351	-43	3	0,06158	0,06158	24,17
	I		1	340 73 243	0,06158	0,06158	1,20		-1	385 85 513	0,06158	0,06158	1,03		983	40 656	0,06158	0,06158	2,16
S	S		11	2	0,06158	0,06158	40,45		5	1	0,06158	0,06158	45,82		102	3	0,06158	0,06158	28,42
	I		-	177 78 885	0,06158	0,06158	1,12		-	922 84 158	0,06158	0,06158	1,05		-4	098 47 476	0,06158	0,06158	1,87
P	S	00352	-6	3	0,06158	0,06158	24,53	00353	-3	3	0,06158	0,06158	24,25	00354	-41	3	0,06158	0,06158	24,25
	I		345	590 43 221	0,06158	0,06158	2,04		-39	632 41 459	0,06158	0,06158	2,12		470	631 39 415	0,06158	0,06158	2,23
S	S		8	3	0,06158	0,06158	26,80		-11	3	0,06158	0,06158	28,85		239	2	0,06158	0,06158	31,32
	I		-	286 39 967	0,06158	0,06158	2,21		388	052 39 390	0,06158	0,06158	2,23		-6	810 46 125	0,06158	0,06158	1,93
P	S	00355	47	3	0,06158	0,06158	24,14	00356	8	3	0,06158	0,06158	26,46	00357	5	3	0,06158	0,06158	26,25
	I		-1	648 34 095	0,06158	0,06158	2,59		-	328 29 468	0,06158	0,06158	2,99		-	354 23 029	0,06158	0,06158	3,83
S	S		-72	2	0,06158	0,06158	29,89		6	3	0,06158	0,06158	23,43		-10	3	0,06158	0,06158	25,44
	I		3	946 38 933	0,06158	0,06158	2,25		-	758 20 741	0,06158	0,06158	4,25		493	461 5 833	0,06158	0,06158	15,08
P	S	00358	-10	3	0,06158	0,06158	27,88	00359	-	2	0,06158	0,06158	32,12	00360	10	3	0,06158	0,06158	27,37
	I		496	158 18 476	0,06158	0,06158	4,76		269	743 13 824	0,06158	0,06158	6,34		-	217 25 001	0,06158	0,06158	3,52
S	S		-48	2	0,06158	0,06158	31,50		-9	5	0,06158	0,06158	15,96		-5	1	0,06158	0,06158	46,94
	I		822	796 149	0,06158	0,06158	NS		726	618 0	0,06158	0,06158	-		178	876 44 516	0,06158	0,06158	1,98
P	S	00361	-1	5	0,06158	0,06158	16,89	00362	-	5	0,06158	0,06158	15,33	00363	136	5	0,06158	0,06158	17,34
	I		571	229 0	0,06158	0,06158	-		272	747 0	0,06158	0,06158	-		0	077 0	0,06158	0,06158	-
S	S		-73	1	0,06158	0,06158	56,78		-7	2	0,06158	0,06158	44,01		-10	2	0,06158	0,06158	42,09
	I		3	551 11 214	0,06158	0,06158	7,81		665	001 9 808	0,06158	0,06158	8,97		132	092 9 630	0,06158	0,06158	9,14
P	S	00364	-1	5	0,06158	0,06158	17,24	00365	60	3	0,06158	0,06158	28,86	00366	1	4	0,06158	0,06158	18,30
	I		063	117 0	0,06158	0,06158	-		0	051 0	0,06158	0,06158	-		676	797 0	0,06158	0,06158	-



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]		
S	S		-16	1	0,06158	0,06158	62,81		33	762	0,06158	0,06158	NS		39	1	0,06158	0,06158	54,66	
	I		720	11	0,06158	0,06158	7,93		-	16	0,06158	0,06158	5,26		-1	8	0,06158	0,06158	10,44	
P	S	00367	546	2	0,06158	0,06158	32,69	00368	571	1	0,06158	0,06158	57,08	00369	161	1	0,06158	0,06158	56,11	
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-	
S	S		171	1	0,06158	0,06158	45,78		-17	2	0,06158	0,06158	40,14		-	1	0,06158	0,06158	49,62	
	I		-1	4	0,06158	0,06158	21,77		127	2	0,06158	0,06158	35,07		355	2	0,06158	0,06158	NS	
P	S	00370	456	1	0,06158	0,06158	64,31	00371	1	3	0,06158	0,06158	23,09	00372	-17	3	0,06158	0,06158	26,22	
	I		-6	1	0,06158	0,06158	54,26		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-	
S	S		-	725	0,06158	0,06158	NS		39	569	0,06158	0,06158	NS		-12	841	0,06158	0,06158	NS	
	I		585	9	0,06158	0,06158	NS		-	9	0,06158	0,06158	9,49		293	6	0,06158	0,06158	14,01	
P	S	00373	1	1	0,06158	0,06158	72,30	00374	-27	1	0,06158	0,06158	53,15	00375	-	3	0,06158	0,06158	23,52	
	I		-12	1	0,06158	0,06158	51,52		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-	
S	S		1	1	0,06158	0,06158	85,09		121	1	0,06158	0,06158	55,06		-	1	0,06158	0,06158	49,99	
	I		-14	1	0,06158	0,06158	79,04		-	913	0,06158	0,06158	96,60		1	3	0,06158	0,06158	25,00	
P	S	00376	5	4	0,06158	0,06158	21,33	00377	-1	539	0,06158	0,06158	NS	00378	-3	548	0,06158	0,06158	NS	
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		8	2	0,06158	0,06158	38,27		22	1	0,06158	0,06158	52,37	
S	S		-	1	0,06158	0,06158	49,42		0	0	0,06158	0,06158	-		-1	866	65	0,06158	0,06158	NS
	I		333	4	0,06158	0,06158	14,35		44	2	0,06158	0,06158	39,34		12	2	0,06158	0,06158	32,77	
P	S	00379	68	927	0,06158	0,06158	94,98	00380	1	2	0,06158	0,06158	41,37	00381	61	2	0,06158	0,06158	35,18	
	I		1	3	0,06158	0,06158	25,19		-26	4	0,06158	0,06158	18,65		-	2	0,06158	0,06158	32,59	
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		3	1	0,06158	0,06158	64,46		-20	2	0,06158	0,06158	38,12	
	I		12	2	0,06158	0,06158	39,30		-33	822	0,06158	0,06158	NS		252	2	0,06158	0,06158	39,19	
P	S	00382	-12	2	0,06158	0,06158	31,80	00383	-	2	0,06158	0,06158	31,77	00384	359	1	0,06158	0,06158	61,93	
	I		306	596	0,06158	0,06158	NS		584	775	0,06158	0,06158	NS		-2	6	0,06158	0,06158	13,10	
S	S		3	2	0,06158	0,06158	34,20		-	2	0,06158	0,06158	36,12		0	0	0,06158	0,06158	-	
	I		-91	6	0,06158	0,06158	14,62		701	11	0,06158	0,06158	6,83		128	650	0,06158	0,06158	NS	
P	S	00385	-9	3	0,06158	0,06158	26,76	00386	3	3	0,06158	0,06158	24,81	00387	388	2	0,06158	0,06158	33,28	
	I		358	349	0,06158	0,06158	NS		400	527	0,06158	0,06158	NS		300	778	0,06158	0,06158	NS	
S	S		12	476	0,06158	0,06158	NS		192	427	0,06158	0,06158	NS		285	268	0,06158	0,06158	NS	
	I		920	5	0,06158	0,06158	16,83		-	4	0,06158	0,06158	17,72		-1	4	0,06158	0,06158	19,93	
P	S	00388	-3	2	0,06158	0,06158	37,43	00389	-17	1	0,06158	0,06158	52,81	00390	-25	878	0,06158	0,06158	NS	
	I		978	370	0,06158	0,06158	NS		627	723	0,06158	0,06158	NS		091	1	0,06158	0,06158	80,40	
S	S		-	280	0,06158	0,06158	NS		479	190	0,06158	0,06158	NS		398	592	0,06158	0,06158	NS	
	I		1	5	0,06158	0,06158	16,86		-5	4	0,06158	0,06158	21,62		-4	2	0,06158	0,06158	33,23	
P	S	00391	2	656	0,06158	0,06158	NS	00392	0	0	0,06158	0,06158	-	00393	0	0	0,06158	0,06158	-	
	I		177	951	0,06158	0,06158	92,56		3	765	0,06158	0,06158	NS		6	686	0,06158	0,06158	NS	
S	S		540	182	0,06158	0,06158	NS		906	176	0,06158	0,06158	NS		-	166	0,06158	0,06158	NS	





**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
	I		-2 761	2 571	0,06158	0,06158	34,43		-5 309	2 363	0,06158	0,06158	37,64		291 2 065	2 292	0,06158	0,06158	38,27
P	S	00394	-127 3 648	2 925 12 060	0,06158	0,06158	30,11	00395	19 - 528	2 979 12 542	0,06158	0,06158	29,56	00396	-39 885	2 795 11 899	0,06158	0,06158	31,51
S	S		-149 5 468	2 322 30 314	0,06158	0,06158	37,93		-7 153	2 609 27 516	0,06158	0,06158	33,75		-33 764	2 819 29 218	0,06158	0,06158	31,24
P	S	00397	-1 - 622	2 813 10 694	0,06158	0,06158	31,30	00398	-4 36	1 903 3 329	0,06158	0,06158	46,27	00399	73 -1 833	2 931 10 629	0,06158	0,06158	30,04
S	S		228 -4 541	1 900 29 619	0,06158	0,06158	46,33		33 - 906	762 26 941	0,06158	0,06158	NS		107 -3 912	2 205 24 894	0,06158	0,06158	39,93
P	S	00400	40 - 623	2 928 10 861	0,06158	0,06158	30,07	00401	46 -1 322	2 834 7 632	0,06158	0,06158	31,07	00402	-148 1 891	2 605 8 272	0,06158	0,06158	33,81
S	S		-8 361	2 967 13 380	0,06158	0,06158	29,68		2 -15	2 959 3 929	0,06158	0,06158	29,76		74 0	2 362 0 0	0,06158	0,06158	37,28
P	S	00403	-2 739 29 907	2 000 7 261	0,06158	0,06158	44,26	00404	-1 0	2 484 0 0	0,06158	0,06158	35,56	00405	-326 0	2 811 0 0	0,06158	0,06158	31,35
S	S		34 039 0	3 449 0	0,06158	0,06158	23,89		-73 3 262	1 551 17 742	0,06158	0,06158	56,78		-7 781	2 001 15 579	0,06158	0,06158	44,01
P	S	00406	185 0	2 103 0	0,06158	0,06158	41,86	00407	-1 056 0	2 429 0	0,06158	0,06158	36,32	00408	1 396 0	3 060 0	0,06158	0,06158	28,70
S	S		-10 181	2 092 15 530	0,06158	0,06158	42,09		-16 735	1 402 17 621	0,06158	0,06158	62,81		39 -1 001	569 15 401	0,06158	0,06158	NS
P	S	00409	-24 248 0	2 758 0	0,06158	0,06158	33,39	00410	1 782 0	2 795 0	0,06158	0,06158	31,40	00411	-80 0	1 830 0	0,06158	0,06158	48,13
S	S		-12 590	841 11 768	0,06158	0,06158	NS		39 -2 041	1 611 13 812	0,06158	0,06158	54,66		171 -1 931	1 924 6 678	0,06158	0,06158	45,75
P	S	00412	-78 775	1 546 597	0,06158	0,06158	56,97	00413	161 -1 416	1 569 591	0,06158	0,06158	56,11	00414	456 -6 679	1 368 2 381	0,06158	0,06158	64,31
S	S		-17 166	2 195 3 119	0,06158	0,06158	40,12		-355 0	1 777 0	0,06158	0,06158	49,59		9 614 0	1 094 0	0,06158	0,06158	79,03
P	S	00415	-56 914	3 312 13 678	0,06158	0,06158	26,59	00416	-9 169	3 412 14 194	0,06158	0,06158	25,81	00417	-1 -63	3 356 14 057	0,06158	0,06158	26,24
S	S		-1 191	2 801 32 167	0,06158	0,06158	31,44		-3 238	2 965 29 020	0,06158	0,06158	29,70		27 - 898	2 907 31 815	0,06158	0,06158	30,29
P	S	00418	-68 925	3 374 13 578	0,06158	0,06158	26,10	00419	47 - 561	3 327 12 001	0,06158	0,06158	26,47	00420	-1 99	2 988 11 668	0,06158	0,06158	29,47
S	S		-72	2	0,06158	0,06158	36,05		4	2	0,06158	0,06158	32,37		-4	3	0,06158	0,06158	25,98



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
	I		4 424	443 30 799	0,06158	0,06158	2,84		- 918	720 25 415	0,06158	0,06158	3,47		163	390 14 243	0,06158	0,06158	6,18
P	S	00421	6	3 087 9	0,06158	0,06158	28,52	00422	30	2 958	0,06158	0,06158	29,77	00423	- 621 4	2 459 9	0,06158	0,06158	35,85
	I		- 180	9 995	0,06158	0,06158	8,81		- 382	10 430	0,06158	0,06158	8,45		4 750	4 342	0,06158	0,06158	9,34
S	S		3	3 182	0,06158	0,06158	27,67		4	2 740	0,06158	0,06158	32,14		1 671	2 358	0,06158	0,06158	37,23
	I		- 168	6 447	0,06158	0,06158	13,66		- 391	73	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
P	S	00424	9	2 768	0,06158	0,06158	31,81	00425	7	1 839	0,06158	0,06158	47,19	00426	- 901	2 317	0,06158	0,06158	38,07
	I		- 129	5 763	0,06158	0,06158	15,28		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		16	1 368	0,06158	0,06158	64,37		-	1 783	0,06158	0,06158	49,42		-	1 762	0,06158	0,06158	49,99
	I		- 562	28 039	0,06158	0,06158	3,14		333 6 331	10 858	0,06158	0,06158	8,01		177 2 036	5 369	0,06158	0,06158	16,34
P	S	00427	-27	1 657	0,06158	0,06158	53,15	00428	1	1 215	0,06158	0,06158	72,30	00429	549	3 350	0,06158	0,06158	26,26
	I		352	641	0,06158	0,06158	NS		-15 546	2 997	0,06158	0,06158	30,24		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		121	1 599	0,06158	0,06158	55,06		1	1 031	0,06158	0,06158	85,09		9	192	0,06158	0,06158	NS
	I		-1 350	1 003	0,06158	0,06158	88,02		-18 293	39	0,06158	0,06158	NS		- 227	16 230	0,06158	0,06158	5,43
P	S	00430	-10 041	3 092	0,06158	0,06158	29,02	00431	63	1 897	0,06158	0,06158	46,41	00432	-6 266	3 471	0,06158	0,06158	25,67
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		-1 476	4 137	0,06158	0,06158	21,34		549	564	0,06158	0,06158	NS
S	S		- 416 6	839 11 319	0,06158	0,06158	NS		378 -7 053	692 26 791	0,06158	0,06158	NS		- 151 3 022	280 8 535	0,06158	0,06158	NS
	I		851		0,06158	0,06158	7,68		7	26 791	0,06158	0,06158	3,33		8	535	0,06158	0,06158	10,26
P	S	00433	- 835 300	3 733 778	0,06158	0,06158	23,63	00434	2 427	4 934	0,06158	0,06158	17,77	00435	-12 154 071	5 808	0,06158	0,06158	17,76
	I		285 -2 273	268 7 477	0,06158	0,06158	NS		192 -1 359	427 8 077	0,06158	0,06158	NS		12 1 117	476 8 499	0,06158	0,06158	NS
S	S		11,83		0,06158	0,06158	11,83		10,93		0,06158	0,06158	10,93		10,93		0,06158	0,06158	10,34
P	S	00436	13 008	2 590	0,06158	0,06158	33,17	00437	3 729	624	0,06158	0,06158	NS	00438	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		- 991	691	0,06158	0,06158	NS		- 447	802	0,06158	0,06158	NS		2 870	758	0,06158	0,06158	NS
S	S		310 -5 084	121 5 014	0,06158	0,06158	NS		93 182	286 4 027	0,06158	0,06158	NS		689 -5 726	158 2 664	0,06158	0,06158	NS
	I		17,73		0,06158	0,06158	17,73		21,86		0,06158	0,06158	21,86		21,86		0,06158	0,06158	33,41
P	S	00439	0	0	0,06158	0,06158	-	00440	90	2 658	0,06158	0,06158	33,12	00441	- 584	2 775	0,06158	0,06158	31,77
	I		-41 248	1 537	0,06158	0,06158	61,75		-2 164	23 252	0,06158	0,06158	3,80		13 633	9 921	0,06158	0,06158	8,65
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		230	1 242	0,06158	0,06158	70,87		- 701	2 441	0,06158	0,06158	36,12
	I		11 432	2 749	0,06158	0,06158	31,34		-5 152	43 874	0,06158	0,06158	2,03		14 969	21 403	0,06158	0,06158	4,00
P	S	00442	-12	2 769	0,06158	0,06158	31,80	00443	61	2 503	0,06158	0,06158	35,18	00444	1 823	2 121	0,06158	0,06158	41,37
	I		337	8 088	0,06158	0,06158	10,88		- 883	7 989	0,06158	0,06158	11,04		-28 349	8 292	0,06158	0,06158	11,19
S	S		3	2 575	0,06158	0,06158	34,20		-20	2 310	0,06158	0,06158	38,12		3 176	1 358	0,06158	0,06158	64,46
	I		- 107	8 838	0,06158	0,06158	9,97		280	2 657	0,06158	0,06158	33,12		0	0	0,06158	0,06158	-
P	S	00445	82	3 243	0,06158	0,06158	27,15	00446	9	2 953	0,06158	0,06158	29,82	00447	-26	2 600	0,06158	0,06158	33,87
	I		-2 211	33 426	0,06158	0,06158	2,65		- 278	27 069	0,06158	0,06158	3,25		539	18 716	0,06158	0,06158	4,70
S	S		-32	2 709	0,06158	0,06158	32,51		18	3 034	0,06158	0,06158	29,02		-53	2 639	0,06158	0,06158	33,37





Verifiche pressoflessione retta allo SLU

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
	I		1 223	34 632	0,06158	0,06158	2,54		- 389	12 641	0,06158	0,06158	6,97		847	3 566	0,06158	0,06158	24,65
P	S	00448	- 455	2 523	0,06158	0,06158	34,93	00449	-6 2	787 641	0,06158	0,06158	3,06	00450	8 782	1 427	0,06158	0,06158	60,69
	I		6 807	15 259	0,06158	0,06158	5,70		131	100 871	0,12315	0,12315	2,06		- 991	691	0,06158	0,06158	NS
S	S		-6 073	4 727	0,06158	0,06158	18,84		14	1 766	0,06158	0,06158	3,14		310	121	0,06158	0,06158	NS
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		- 331	93 019	0,12315	0,12315	2,36		-3 474	3 209	0,06158	0,06158	27,62
P	S	00451	2 576	620	0,06158	0,06158	NS	00452	0	0	0,06158	0,06158	-	00453	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		- 447	802	0,06158	0,06158	NS		2 871	758	0,06158	0,06158	NS		4 519	470	0,06158	0,06158	NS
S	S		93	286	0,06158	0,06158	NS		689	158	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		111	2 631	0,06158	0,06158	33,46		-4 000	2 235	0,06158	0,06158	39,70		8 808	2 311	0,06158	0,06158	37,47
P	S	00454	-7 337	3 313	0,06158	0,06158	26,95	00455	434	4 069	0,06158	0,06158	21,62	00456	-2 127	2 925	0,06158	0,06158	30,11
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		2 311	409	0,06158	0,06158	NS
S	S		- 416	839	0,06158	0,06158	NS		9	192	0,06158	0,06158	NS		- 149	2 322	0,06158	0,06158	37,93
	I		4 824	6 088	0,06158	0,06158	14,33		- 134	9 955	0,06158	0,06158	8,85		5 907	19 814	0,06158	0,06158	4,39
P	S	00457	19	2 979	0,06158	0,06158	29,56	00458	-39	2 795	0,06158	0,06158	31,51	00459	-1	2 813	0,06158	0,06158	31,30
	I		- 482	79	0,06158	0,06158	NS		800	18	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		-7	2 609	0,06158	0,06158	33,75		-33	2 819	0,06158	0,06158	31,24		229	1 900	0,06158	0,06158	46,33
	I		132	18 467	0,06158	0,06158	4,77		690	19 649	0,06158	0,06158	4,48		-3 243	19 471	0,06158	0,06158	4,55
P	S	00460	73	2 930	0,06158	0,06158	30,05	00461	40	2 928	0,06158	0,06158	30,07	00462	46	2 834	0,06158	0,06158	31,07
	I		- 706	623	0,06158	0,06158	NS		- 533	1 916	0,06158	0,06158	46,01		-1 121	1 357	0,06158	0,06158	65,03
S	S		107	2 205	0,06158	0,06158	39,93		-8	2 966	0,06158	0,06158	29,69		2	2 959	0,06158	0,06158	29,76
	I		-4 180	15 603	0,06158	0,06158	5,69		312	8 349	0,06158	0,06158	10,54		-19	3 673	0,06158	0,06158	23,98
P	S	00463	- 148	2 604	0,06158	0,06158	33,83	00464	-2	2 000	0,06158	0,06158	44,26	00465	-1	2 498	0,06158	0,06158	35,33
	I		1 958	3 659	0,06158	0,06158	23,98		737 27 667	4 569	0,06158	0,06158	18,27		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		73	2 362	0,06158	0,06158	37,28		35 201	634	0,06158	0,06158	NS		378	692	0,06158	0,06158	NS
	I		- 906	457	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		-5 002	16 748	0,06158	0,06158	5,31
P	S	00466	417	1 072	0,06158	0,06158	82,08	00467	-1	428	0,06158	0,06158	NS	00468	-4	215	0,06158	0,06158	NS
	I		-2 388	5 432	0,06158	0,06158	16,28		10 694	2 919	0,06158	0,06158	29,56		35 640	2 918	0,06158	0,06158	28,15
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		-	16	0,06158	0,06158	NS
	I		-19 752	1 139	0,06158	0,06158	80,19		38 407	1 446	0,06158	0,06158	56,49		965 6 975	2 886	0,06158	0,06158	30,11
P	S	00469	0	0	0,06158	0,06158	-	00470	0	0	0,06158	0,06158	-	00471	3 273	1 131	0,06158	0,06158	77,38
	I		6 687	495	0,06158	0,06158	NS		3 171	765	0,06158	0,06158	NS		177	951	0,06158	0,06158	92,56
S	S		- 291	166	0,06158	0,06158	NS		906	176	0,06158	0,06158	NS		540	182	0,06158	0,06158	NS
	I		2 097	2 228	0,06158	0,06158	39,37		-6 725	2 762	0,06158	0,06158	32,29		-3 558	2 777	0,06158	0,06158	31,92
P	S	00472	-33 207	1 802	0,06158	0,06158	51,92	00473	-23 458	2 974	0,06158	0,06158	30,92	00474	214	1 511	0,06158	0,06158	58,25
	I		1 594	1 092	0,06158	0,06158	80,40		1 450	670	0,06158	0,06158	NS		-1 773	8 737	0,06158	0,06158	10,11
S	S		398	592	0,06158	0,06158	NS		479	190	0,06158	0,06158	NS		-19	2	0,06158	0,06158	35,30



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]		
	I		-6 388	3 715	0,06158	0,06158	23,99		-7 943	6 516	0,06158	0,06158	13,72		372 1 494	586 659				NS
P	S	00475	214	1 511 6	0,06158	0,06158	58,25	00476	441	1 797 10	0,06158	0,06158	48,96	00477	397	2 014 13	0,06158	0,06158	43,69	
	I		- 673	517	0,06158	0,06158	13,53		-7 443	10 351	0,06158	0,06158	8,63		-8 606	038	0,06158	0,06158	6,86	
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		-23 253	2 711	0,06158	0,06158	33,91		-19 677	5 457	0,06158	0,06158	16,74	
	I		1 492	659	0,06158	0,06158	NS		1 133	514	0,06158	0,06158	NS		831	781	0,06158	0,06158	NS	
P	S	00478	24	1 982	0,06158	0,06158	44,43	00479	-4 299	215	0,06158	0,06158	NS	00480	-1 102	427	0,06158	0,06158	NS	
	I		2 322	14 141	0,06158	0,06158	6,20		27 528	2 480	0,06158	0,06158	33,66		9 394	2 378	0,06158	0,06158	36,37	
S	S		26 294	6 018	0,06158	0,06158	13,91		- 965	16	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-	
	I		- 651	454	0,06158	0,06158	NS		5 464	2 726	0,06158	0,06158	31,97		32 903	1 723	0,06158	0,06158	47,94	
P	S	00481	416	1 072	0,06158	0,06158	82,08	00482	- 399	2 719	0,06158	0,06158	32,41	00483	18	3 159	0,06158	0,06158	27,87	
	I		-1 402	4 149	0,06158	0,06158	21,28		9 801	19 436	0,06158	0,06158	4,45		- 436	27 681	0,06158	0,06158	3,18	
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		-4 266	6 905	0,06158	0,06158	12,86		-22	2 662	0,06158	0,06158	33,08	
	I		-18 568	2 317	0,06158	0,06158	39,34		0	0	0,06158	0,06158	-		535	5 395	0,06158	0,06158	16,31	
P	S	00484	-6	3 432	0,06158	0,06158	25,66	00485	135	3 573	0,06158	0,06158	24,64	00486	-26	2 021	0,06158	0,06158	43,57	
	I		139	35 627	0,06158	0,06158	2,47		-3 087	41 740	0,06158	0,06158	2,12		4 157	15 151	0,06158	0,06158	5,77	
S	S		8	3 069	0,06158	0,06158	28,69		-59	3 259	0,06158	0,06158	27,02		33 616	6 648	0,06158	0,06158	12,41	
	I		- 178	17 404	0,06158	0,06158	5,06		1 359	43 145	0,06158	0,06158	2,04		- 898	617	0,06158	0,06158	NS	
P	S	00487	286	1 963	0,06158	0,06158	44,83	00488	-26	2 021	0,06158	0,06158	43,57	00489	286	1 963	0,06158	0,06158	44,83	
	I		-4 326	15 196	0,06158	0,06158	5,84		-2 718	15 749	0,06158	0,06158	5,62		-5 819	16 353	0,06158	0,06158	5,44	
S	S		-11 714	6 665	0,06158	0,06158	13,50		4 122	7 111	0,06158	0,06158	12,29		-13 617	8 595	0,06158	0,06158	10,51	
	I		681	616	0,06158	0,06158	NS		- 897	617	0,06158	0,06158	NS		681	616	0,06158	0,06158	NS	
P	S	00490	-	2 760	0,06158	0,06158	31,91	00491	28	2 898	0,06158	0,06158	30,38	00492	-9	3 215	0,06158	0,06158	27,39	
	I		3 680	19 537	0,06158	0,06158	4,48		- 614	27 020	0,06158	0,06158	3,26		264	36 614	0,06158	0,06158	2,40	
S	S		-10 297	6 198	0,06158	0,06158	14,48		22	2 740	0,06158	0,06158	32,14		-7	3 210	0,06158	0,06158	27,43	
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		- 235	4 398	0,06158	0,06158	20,03		97	17 222	0,06158	0,06158	5,11	
P	S	00493	59	3 511	0,06158	0,06158	25,08	00494	430	1 670	0,06158	0,06158	52,69	00495	-	2 760	0,06158	0,06158	31,91	
	I		-1 602	43 029	0,06158	0,06158	2,05		-7 689	14 901	0,06158	0,06158	6,00		1 130	16 177	0,06158	0,06158	5,43	
S	S		-	2 934	0,06158	0,06158	30,02		-19 568	6 222	0,06158	0,06158	14,67		-10 073	3 708	0,06158	0,06158	24,20	
	I		195 4 524	40 997	0,06158	0,06158	2,13		1 156	499	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-	
P	S	00496	28	2 898	0,06158	0,06158	30,38	00497	-9	3 215	0,06158	0,06158	27,39	00498	59	3 512	0,06158	0,06158	25,07	
	I		- 529	22 884	0,06158	0,06158	3,85		320	30 887	0,06158	0,06158	2,85		- 747	32 595	0,06158	0,06158	2,71	
S	S		22	2 740	0,06158	0,06158	32,14		-7	3 210	0,06158	0,06158	27,43		-	2 934	0,06158	0,06158	30,02	
	I		- 668	2 717	0,06158	0,06158	32,45		307	16 136	0,06158	0,06158	5,45		4 785	33 859	0,06158	0,06158	2,58	
P	S	00499	430	1 670	0,06158	0,06158	52,69	00500	-	2 523	0,06158	0,06158	34,93	00501	-26	2 600	0,06158	0,06158	33,87	
	I		-7	11	0,06158	0,06158	7,78		455 4	9	0,06158	0,06158	8,77		775	9	0,06158	0,06158	9,28	







**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	A <sub>df</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	A <sub>df</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	A <sub>df</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	CS
	I		15 152	341	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		422	1 198	0,06158	0,06158	73,45
S	S		-3 099	481	0,06158	0,06158	NS		-206	1 635	0,06158	0,06158	53,88		7	2 650	0,06158	0,06158	33,23
	I		20 730	1 435	0,06158	0,06158	58,97		575	1 801	0,06158	0,06158	48,84		-135	2 205	0,06158	0,06158	39,95
P	S	00529	-9	3 053	0,06158	0,06158	28,84	00530	-8	3 665	0,06158	0,06158	24,03	00531	-8	3 665	0,06158	0,06158	24,03
	I		386	10 077	0,06158	0,06158	8,73		99	26 914	0,06158	0,06158	3,27		277	26 705	0,06158	0,06158	3,30
S	S		67	3 091	0,06158	0,06158	28,48		-21	3 724	0,06158	0,06158	23,65		-21	3 724	0,06158	0,06158	23,65
	I		-1 023	2 552	0,06158	0,06158	34,57		159	4 965	0,06158	0,06158	17,73		560	4 098	0,06158	0,06158	21,47
P	S	00532	-9	3 052	0,06158	0,06158	28,85	00533	-21	2 443	0,06158	0,06158	36,05	00534	-4 272	2 478	0,06158	0,06158	35,82
	I		315	3 007	0,06158	0,06158	29,27		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		67	3 091	0,06158	0,06158	28,48		7	2 649	0,06158	0,06158	33,24		-206	1 635	0,06158	0,06158	53,88
	I		-1 127	2 851	0,06158	0,06158	30,95		-113	2 030	0,06158	0,06158	43,39		578	1 573	0,06158	0,06158	55,92
P	S	00535	-6 689	4 204	0,06158	0,06158	21,21	00536	15	2 923	0,06158	0,06158	30,12	00537	-16	3 366	0,06158	0,06158	26,16
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		-762	5 772	0,06158	0,06158	15,28		462	20 532	0,06158	0,06158	4,29
S	S		211	958	0,06158	0,06158	91,88		130	2 824	0,06158	0,06158	31,19		-41	3 317	0,06158	0,06158	26,55
	I		-6 195	4 720	0,06158	0,06158	18,87		4 215	12 867	0,06158	0,06158	6,79		1 536	20 215	0,06158	0,06158	4,34
P	S	00538	-7	3 545	0,06158	0,06158	24,84	00539	29	3 976	0,06158	0,06158	22,15	00540	29	3 976	0,06158	0,06158	22,15
	I		455	40 194	0,06158	0,06158	2,19		-854	35 868	0,06158	0,06158	2,46		-1 226	37 494	0,06158	0,06158	2,35
S	S		12	3 631	0,06158	0,06158	24,25		38	3 737	0,06158	0,06158	23,56		38	3 737	0,06158	0,06158	23,56
	I		-485	22 892	0,06158	0,06158	3,85		-291	28 595	0,06158	0,06158	3,08		-2 917	22 564	0,06158	0,06158	3,92
P	S	00541	-7	3 545	0,06158	0,06158	24,84	00542	-16	3 366	0,06158	0,06158	26,16	00543	15	2 923	0,06158	0,06158	30,12
	I		97	20 212	0,06158	0,06158	4,36		131	6 548	0,06158	0,06158	13,44		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		12	3 631	0,06158	0,06158	24,25		-41	3 317	0,06158	0,06158	26,55		-130	2 824	0,06158	0,06158	31,19
	I		-405	19 684	0,06158	0,06158	4,48		1 745	13 200	0,06158	0,06158	6,65		3 563	7 787	0,06158	0,06158	11,23
P	S	00544	-4 806	3 422	0,06158	0,06158	25,97	00545	1 534	7 449	0,06158	0,06158	11,79	00546	88	2 806	0,06158	0,06158	31,38
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		-2 727	7 353	0,06158	0,06158	12,04
S	S		211	958	0,06158	0,06158	91,88		-399	892	0,06158	0,06158	98,79		258	2 407	0,06158	0,06158	36,57
	I		-4 753	3 047	0,06158	0,06158	29,16		8 542	8 558	0,06158	0,06158	10,12		-8 109	26 130	0,06158	0,06158	3,42
P	S	00547	38	3 287	0,06158	0,06158	26,79	00548	0	3 581	0,06158	0,06158	24,59	00549	-49	3 931	0,06158	0,06158	22,40
	I		-1 314	28 110	0,06158	0,06158	3,14		71	57 576	0,06158	0,06158	1,53		1 193	48 921	0,06158	0,06158	1,80
S	S		96	2 875	0,06158	0,06158	30,62		-11	3 333	0,06158	0,06158	26,42		-51	3 324	0,06158	0,06158	26,49
	I		-3 292	37 802	0,06158	0,06158	2,34		371	44 571	0,06158	0,06158	1,97		266	51 541	0,06158	0,06158	1,71
P	S	00550	-49	3 930	0,06158	0,06158	22,41	00551	0	3 581	0,06158	0,06158	24,59	00552	38	3 287	0,06158	0,06158	26,79
	I		2 581	53 043	0,06158	0,06158	1,65		275	25 560	0,06158	0,06158	3,44		-1 317	7 261	0,06158	0,06158	12,16
S	S		-51	3 324	0,06158	0,06158	26,49		-11	3 333	0,06158	0,06158	26,42		96	2 875	0,06158	0,06158	30,62
	I		4 134	45 702	0,06158	0,06158	1,91		475	36 463	0,06158	0,06158	2,41		-3 500	26 223	0,06158	0,06158	3,38





**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
P	S	00553	88	2	0,06158	0,06158	31,39	00554	1	5	0,06158	0,06158	14,84	00555	-2	5	0,06158	0,06158	14,78
			0	805	0	0,06158	0,06158		-	249	921	0,06158	0,06158		-	580	986	0,06158	0,06158
S	S		258	2	0,06158	0,06158	36,57		-	892	0,06158	0,06158	98,79		-92	1	0,06158	0,06158	53,41
			-6	407	0,06158	0,06158	5,28		399	6	0,06158	0,06158	16,25		57	10	0,06158	0,06158	8,75
P	S	00556	13	2	0,06158	0,06158	34,94	00557	38	3	0,06158	0,06158	27,17	00558	-4	4	0,06158	0,06158	21,30
			-60	520	0,06158	0,06158	76,38		-	241	0,06158	0,06158	5,18		733	48	0,06158	0,06158	1,81
S	S		-74	2	0,06158	0,06158	35,43		-	2	0,06158	0,06158	30,49		24	3	0,06158	0,06158	24,20
			1	486	0,06158	0,06158	4,38		150	889	0,06158	0,06158	2,83		-	638	0,06158	0,06158	1,79
P	S	00559	-4	4	0,06158	0,06158	21,30	00560	38	3	0,06158	0,06158	27,17	00561	98	4	0,06158	0,06158	17,64
			829	135	0,06158	0,06158	1,63		-	241	0,06158	0,06158	59,49		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		24	3	0,06158	0,06158	24,20		-	2	0,06158	0,06158	30,49		-74	2	0,06158	0,06158	35,43
			-1	638	0,06158	0,06158	2,06		150	889	0,06158	0,06158	4,05		857	12	0,06158	0,06158	6,88
P	S	00562	-1	6	0,06158	0,06158	14,64	00563	-12	2	0,06158	0,06158	30,96	00564	148	2	0,06158	0,06158	37,40
			769	034	0,06158	0,06158	-		304	910	0,06158	0,06158	-		-2	1	0,06158	0,06158	45,44
S	S		-92	1	0,06158	0,06158	53,41		193	1	0,06158	0,06158	63,83		-	2	0,06158	0,06158	40,50
			16	649	0,06158	0,06158	14,68		-2	6	0,06158	0,06158	12,67		567	13	0,06158	0,06158	6,72
P	S	00565	388	3	0,06158	0,06158	28,92	00566	-1	3	0,06158	0,06158	23,77	00567	-1	3	0,06158	0,06158	23,77
			-8	043	0,06158	0,06158	6,50		-1	704	0,06158	0,06158	2,19		-	47	0,06158	0,06158	1,84
S	S		186	2	0,06158	0,06158	32,93		-47	3	0,06158	0,06158	26,19		-47	3	0,06158	0,06158	26,19
			-4	673	0,06158	0,06158	4,02		517	39	0,06158	0,06158	2,20		641	37	0,06158	0,06158	2,35
P	S	00568	388	3	0,06158	0,06158	28,92	00569	-1	3	0,06158	0,06158	28,17	00570	-8	3	0,06158	0,06158	24,71
			-6	043	0,06158	0,06158	40,61		337	134	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		186	2	0,06158	0,06158	32,93		-	2	0,06158	0,06158	40,48		193	1	0,06158	0,06158	63,83
			-4	673	0,06158	0,06158	6,79		135	176	0,06158	0,06158	11,99		-1	3	0,06158	0,06158	22,59
P	S	00571	-115	1	0,06158	0,06158	44,87	00572	5	2	0,06158	0,06158	33,65	00573	-10	2	0,06158	0,06158	30,44
			0	963	0,06158	0,06158	-		-44	617	0,06158	0,06158	15,53		73	18	0,06158	0,06158	4,88
S	S		26	828	0,06158	0,06158	NS		6	2	0,06158	0,06158	35,59		-29	2	0,06158	0,06158	30,50
			-	2	0,06158	0,06158	31,31		35	474	0,06158	0,06158	18,53		361	6	0,06158	0,06158	13,01
P	S	00574	10	3	0,06158	0,06158	26,03	00575	-2	3	0,06158	0,06158	26,60	00576	-2	3	0,06158	0,06158	26,60
			-23	383	0,06158	0,06158	3,00		-2	310	0,06158	0,06158	2,84		-50	28	0,06158	0,06158	3,10
S	S		-1	3	0,06158	0,06158	25,64		10	3	0,06158	0,06158	28,27		10	3	0,06158	0,06158	28,27
			50	435	0,06158	0,06158	13,71		-5	115	0,06158	0,06158	7,87		-	9	0,06158	0,06158	9,53
P	S	00577	10	3	0,06158	0,06158	26,03	00578	-10	2	0,06158	0,06158	30,44	00579	5	2	0,06158	0,06158	33,65
			-67	383	0,06158	0,06158	5,51		69	893	0,06158	0,06158	12,54		-40	392	0,06158	0,06158	NS
S	S		-1	3	0,06158	0,06158	25,64		-29	2	0,06158	0,06158	30,50		6	2	0,06158	0,06158	35,59
			-2	435	0,06158	0,06158	12,44		350	887	0,06158	0,06158	15,68		31	3	0,06158	0,06158	26,49



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]		
				081						613						324				
P	S	00580	-171	1754	0,06158	0,06158	50,22	00581	-1014	1042	0,06158	0,06158	84,67	00582	-487	1891	0,06158	0,06158	46,61	
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		2696	3469	0,06158	0,06158	25,26	
S	S		26	828	0,06158	0,06158	NS		333	899	0,06158	0,06158	97,89		489	1358	0,06158	0,06158	64,78	
	I		-552	1944	0,06158	0,06158	45,34		-3602	600	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-	
P	S	00583	-1389	2413	0,06158	0,06158	36,59	00584	-63	2899	0,06158	0,06158	30,38	00585	-63	2899	0,06158	0,06158	30,38	
	I		17291	9502	0,06158	0,06158	8,97		2098	20376	0,06158	0,06158	4,30		-1479	19465	0,06158	0,06158	4,54	
S	S		12488	2559	0,06158	0,06158	33,60		-1071	6706	0,06158	0,06158	13,16		-6913	6228	0,06158	0,06158	14,32	
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-	
P	S	00586	-1389	2413	0,06158	0,06158	36,59	00587	-487	1891	0,06158	0,06158	46,61	00588	-1014	1042	0,06158	0,06158	84,67	
	I		14378	4993	0,06158	0,06158	17,16		1492	1487	0,06158	0,06158	59,05		0	0	0,06158	0,06158	-	
S	S		-825	1610	0,06158	0,06158	54,78		489	1358	0,06158	0,06158	64,78		333	899	0,06158	0,06158	97,89	
	I		12389	766	0,06158	0,06158	NS		-3875	1152	0,06158	0,06158	77,00		-3057	1078	0,06158	0,06158	82,16	
P	S	00589	-4200	3238	0,06158	0,06158	27,20	00590	-8246	3144	0,06158	0,06158	28,01	00591	-335	2928	0,06158	0,06158	30,07	
	I			673	0,06158	0,06158	1,89		246	349	0,06158	0,06158	1,90		174	35451	0,06158	0,06158	2,48	
S	S		-10338	1592	0,06158	0,06158	55,31		-22505	1457	0,06158	0,06158	60,44		-3167	1259	0,06158	0,06158	69,94	
	I			932	0,06158	0,06158	1,26		505	198	0,06158	0,06158	1,20		167	61073	0,06158	0,06158	1,44	
P	S	00592	314	1905	0,06158	0,06158	46,20	00593	-4193	3380	0,06158	0,06158	26,05	00594	-11305	2833	0,06158	0,06158	31,08	
	I		-4467	12490	0,06158	0,06158	7,11			232	0,06158	0,06158	1,90			34061	0,06158	0,06158	2,58	
S	S		-10571	4822	0,06158	0,06158	18,63		-3132	1810	0,06158	0,06158	48,65		-10281	1002	0,06158	0,06158	87,88	
	I		1182	702	0,06158	0,06158	NS			983	0,06158	0,06158	1,24			62267	0,06158	0,06158	1,41	
P	S	00595	-21	2398	0,06158	0,06158	36,72	00596	447	1663	0,06158	0,06158	52,91	00597	-17	3335	0,06158	0,06158	26,40	
	I		110	598	0,06158	0,06158	8,31		-6189	10370	0,06158	0,06158	8,59		397	46452	0,06158	0,06158	1,89	
S	S		-20	538	0,06158	0,06158	NS		-16657	3214	0,06158	0,06158	28,26		-11	1621	0,06158	0,06158	54,32	
	I		0	37947	0,06158	0,06158	2,32		1011	714	0,06158	0,06158	NS		261	70312	0,06158	0,06158	1,25	
P	S	00598	67	2001	0,06158	0,06158	44,00	00599	-486	335	0,06158	0,06158	27,20	00600	-8	3144	0,06158	0,06158	28,01	
	I		-1638	13344	0,06158	0,06158	6,62			746	0,06158	0,06158	2,46		-16	34180	0,06158	0,06158	2,58	
S	S		5421	5202	0,06158	0,06158	16,75		-10466	1592	0,06158	0,06158	55,31		-22	1457	0,06158	0,06158	60,44	
	I		-227	618	0,06158	0,06158	NS			775	0,06158	0,06158	1,40		585	62567	0,06158	0,06158	1,41	
P	S	00601	313	1905	0,06158	0,06158	46,20	00602	-312	2928	0,06158	0,06158	30,07	00603	55	4461	0,06158	0,06158	19,74	
	I		-7227	10799	0,06158	0,06158	8,27			698	0,06158	0,06158	6,93		0	0	0,06158	0,06158	-	
S	S		-39364	3012	0,06158	0,06158	31,40		-311	1259	0,06158	0,06158	69,94		7	74	0,06158	0,06158	NS	
	I		1179	702	0,06158	0,06158	NS		11	37631	0,06158	0,06158	2,34		-303	13673	0,06158	0,06158	6,44	
P	S	00604	-1787	4085	0,06158	0,06158	21,63	00605	-2	2397	0,06158	0,06158	36,74	00606	106	713	0,06158	0,06158	NS	
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		-90	107	0,06158	0,06158	NS		88	4082	0,06158	0,06158	21,57	
S	S		235	110	0,06158	0,06158	NS		-2	538	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-	
	I		-3	13	0,06158	0,06158	6,72		-87	24	0,06158	0,06158	3,65		-2	1	0,06158	0,06158	44,44	



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]		
			898	197						116					832	992				
P	S	00607	-11 623	1 618	0,06158	0,06158	55,62	00608	- 279	690	0,06158	0,06158	NS	00609	0	0	0,06158	0,06158	-	
	I		865	686	0,06158	0,06158	NS		3 825	3 173	0,06158	0,06158	27,55		-14 809	2 224	0,06158	0,06158	40,70	
S	S		326	383	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		3 790	286	0,06158	0,06158	NS	
	I		-4 997	2 330	0,06158	0,06158	38,15		8 707	2 337	0,06158	0,06158	37,06		-24 452	3 243	0,06158	0,06158	28,40	
P	S	00610	297	1 230	0,06158	0,06158	71,55	00611	10	2 281	0,06158	0,06158	38,60	00612	449	1 632	0,06158	0,06158	53,91	
	I		-1 274	5 556	0,06158	0,06158	15,89		- 601	985	0,06158	0,06158	89,50		-6 638	9 234	0,06158	0,06158	9,66	
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		35	528	0,06158	0,06158	NS		-22 457	674	0,06158	0,06158	NS	
	I		-7 877	1 953	0,06158	0,06158	45,76		-1 228	23 028	0,06158	0,06158	3,83		785	809	0,06158	0,06158	NS	
P	S	00613	11 881	1 269	0,06158	0,06158	67,84	00614	0	0	0,06158	0,06158	-	00615	10	2 280	0,06158	0,06158	38,62	
	I		-1 020	739	0,06158	0,06158	NS		-16 033	2 165	0,06158	0,06158	41,90		- 439	11 275	0,06158	0,06158	7,82	
S	S		24	439	0,06158	0,06158	NS		4 136	159	0,06158	0,06158	NS		35	528	0,06158	0,06158	NS	
	I		- 537	2 019	0,06158	0,06158	43,66		-26 022	3 264	0,06158	0,06158	28,30		-1 019	37 335	0,06158	0,06158	2,36	
P	S	00616	103	1 575	0,06158	0,06158	55,90	00617	250	1 308	0,06158	0,06158	67,29	00618	107	1 273	0,06158	0,06158	69,16	
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		-1 726	7 246	0,06158	0,06158	12,19		0	0	0,06158	0,06158	-	
S	S		7	74	0,06158	0,06158	NS		-12 484	140	0,06158	0,06158	NS		235	110	0,06158	0,06158	NS	
	I		- 345	22 222	0,06158	0,06158	3,97		709	878	0,06158	0,06158	NS		-5 028	21 649	0,06158	0,06158	4,11	
P	S	00619	-13 742	2 958	0,06158	0,06158	30,54	00620	106	713	0,06158	0,06158	NS	00621	-11	2 833	0,06158	0,06158	31,08	
	I		866	686	0,06158	0,06158	NS		- 162	4 995	0,06158	0,06158	17,63		35	12 126	0,06158	0,06158	7,26	
S	S		326	383	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		-10	1 002	0,06158	0,06158	87,88	
	I		-6 438	5 844	0,06158	0,06158	15,25		-1 653	1 566	0,06158	0,06158	56,41		33	36 884	0,06158	0,06158	2,39	
P	S	00622	447	1 663	0,06158	0,06158	52,91	00623	- 279	690	0,06158	0,06158	NS	00624	16	2 353	0,06158	0,06158	36,23	
	I		-6 555	8 505	0,06158	0,06158	10,48		4 351	4 426	0,06158	0,06158	19,73		-1 020	739	0,06158	0,06158	NS	
S	S		-26 641	792	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		24	439	0,06158	0,06158	NS	
	I		1 011	714	0,06158	0,06158	NS		11 915	1 513	0,06158	0,06158	56,89		- 734	5 509	0,06158	0,06158	16,01	
P	S	00625	0	0	0,06158	0,06158	-	00626	297	1 230	0,06158	0,06158	71,55	00627	449	1 632	0,06158	0,06158	53,91	
	I		-21 556	2 883	0,06158	0,06158	31,78		-2 355	7 862	0,06158	0,06158	11,25		-7 011	11 846	0,06158	0,06158	7,53	
S	S		3 790	286	0,06158	0,06158	NS		-6 066	754	0,06158	0,06158	NS		-15 138	3 779	0,06158	0,06158	23,97	
	I		-32 703	4 292	0,06158	0,06158	21,78		105	894	0,06158	0,06158	98,48		785	809	0,06158	0,06158	NS	
P	S	00628	249	1 308	0,06158	0,06158	67,29	00629	0	0	0,06158	0,06158	-	00630	105	2 003	0,06158	0,06158	43,95	
	I		- 919	5 546	0,06158	0,06158	15,91		-20 735	2 564	0,06158	0,06158	35,69		-2 580	15 546	0,06158	0,06158	5,69	
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		4 137	159	0,06158	0,06158	NS		6 511	5 713	0,06158	0,06158	15,22	
	I		-14 599	1 999	0,06158	0,06158	45,26		-31 677	3 956	0,06158	0,06158	23,59		- 258	623	0,06158	0,06158	NS	
P	S	00631	261	1 854	0,06158	0,06158	47,47	00632	261	1 854	0,06158	0,06158	47,47							
	I		-6 136	12 431	0,06158	0,06158	7,17		-4 479	14 734	0,06158	0,06158	6,03							
S	S		-37	3	0,06158	0,06158	25,58		-12	5	0,06158	0,06158	15,41							



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]		
			636	687					919	853										
	I		1	732	0,06158	0,06158	NS		1	732	0,06158	0,06158	NS							
			213						212											

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).  
**Pos** Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.  
**A<sub>s</sub>** Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.  
**A<sub>df</sub>** Armatura disponibile per la flessione  
**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).  
**N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.

## 9.2 Verifica delle tensioni di esercizio della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio della fondazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

### VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)

Nodo/ Tp <sub>rnf</sub>	Dir	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio						
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo						
		Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]					[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]			
<b>Fondazione</b>															
<b>Platea 1</b>															
00449	P	RAR	2,166	17,43	-86	-66 533	8,05	SI	RAR	27,022	360,00	-86	-66 533	13,32	SI
		QPR	2,163	13,07	-86	-66 463	6,04	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	2,005	17,43	217	-61 560	8,70	SI	RAR	24,992	360,00	217	-61 560	14,40	SI
		QPR	2,002	13,07	217	-61 481	6,53	SI	-	-	-	-	-	-	-

**LEGENDA:**

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.  
**Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).  
**Id<sub>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.  
**σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.  
**σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.  
**σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.  
**σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.  
**N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.  
**CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ<sub>cd,amm</sub>/σ<sub>cc</sub> ; σ<sub>td,amm</sub>/σ<sub>at</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).  
**Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> ≤ σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> ≤ σ<sub>td,amm</sub>). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> > σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> > σ<sub>td,amm</sub>).  
**Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

## 9.3 Verifica a fessurazione della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione della fondazione.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE



verifica allo stato limite di fessurazione

Nodo	Dir	IdCmb	NEd	MEd	$\sigma_{ct,f}$	$\sigma_t$	$\epsilon_{sm}$	$A_e$	$\Delta_{sm}$	$W_d$	$W_{amm}$	CS	Verificato
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]		
<b>Fondazione</b>			<b>Platea 1</b>				<b>AA= PCA</b>						
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max <math>\sigma_{ct,f}</math>)</b>													
00449	P	FRQ	-86	-66 471	2,24	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-86	-66 463	2,24	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
	S	FRQ	217	-61 491	2,07	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	217	-61 481	2,07	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

LEGENDA:

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- IdCmb** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- NEd, MEd** Sollecitazioni di progetto.
- $\sigma_{ct,f}$**  Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di  $\sigma_t$  la sezione è soggetta a fessurazione.  
N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
- $\sigma_t$**  Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
- $\epsilon_{sm}$**  Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
- $A_e$**  Area efficace del calcestruzzo teso.
- $\Delta_{sm}$**  Distanza media tra le fessure.
- $W_d$**  Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
- $W_{amm}$**  Valore ammissibile di apertura delle fessure.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=  $W_d / W_{amm}$ ). [NS] = Non Significativo (CS  $\geq$  100). [-] = Fessurazioni nulle ( $W_d = 0$ ).
- Verificato** [SI] =  $W_d \leq W_{amm}$ ; [NO] =  $W_d > W_{amm}$



# SCARICATORE DI SOVRATENSIONE







## Sommario

<b>SCARICATORE DI SOVRATENSIONE</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione – Scaricatore di sovratensione</b>	<b>3</b>
<b>2 Materiali impiegati</b>	<b>6</b>
<b>3 Terreni</b>	<b>7</b>
<b>4 Analisi dei carichi</b>	<b>8</b>
4.1 Combinazioni di carico	8
<b>5 Codice di calcolo impiegato</b>	<b>9</b>
5.1 Modello di calcolo	9
<b>6 Verifiche geotecniche</b>	<b>11</b>
6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette	12
6.2 Tensioni sul terreno	13
6.3 Calcolo dei cedimenti	13
6.4 Verifica a scorrimento	16
<b>7 Verifiche strutturali</b>	<b>18</b>
7.1 Verifica a pressoflessione retta del plinto	18
7.2 Verifica delle tensioni di esercizio del plinto	19
7.3 Verifica a fessurazione del plinto	19



## 1 Introduzione – Scaricatore di sovratensione

La fondazione per lo scaricatore di sovratensione ha una superficie in pianta di 1.60 x 1.60 m; per un opportuno ancoraggio con la struttura in acciaio di supporto è stato previsto un elemento in cemento armato di dimensioni pari a 0.7 x 0.5 m. I carichi che agiscono sul plinto sono i seguenti:

- Peso scaricatore di sovratensione: 42 daN= 420 N
- Carico di montaggio: 100 daN= 1000 N
- Peso del supporto: 340 daN= 3400 N

Le azioni elementari al piede di fondazione, sono state fattorizzate a 1 di seguito vengono, perciò, riportate le differenti combinazioni utilizzate nel calcolo:

SLU: Non Sismica - Strutturale senza azioni geotecniche														
Id <sub>comb</sub>	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

### LEGENDA:

Id<sub>comb</sub>  
CC

Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
Id <sub>comb</sub>	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00



SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

#### LEGENDA:

<b>IdComb</b>	Numero identificativo della Combinazione di Carico.
<b>CC</b>	Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella. CC 01= Carico Permanente CC 02= C1_SLE_X CC 03= C2_SLU_X CC 04= C3_SLU_X CC 05= C4_SLE_Y CC 06= C5_SLU_Y CC 07= C6_SLU_Y CC 08= C13_SLE CC 09= C14_SLU,C(X) CC 10= C15_SLU,C(Y) CC 11= C16_SLU,C(Z) CC 12= C17_SLE CC 13= C18_SLU CC 14= C19_SLU

SERVIZIO(SLE): Frequente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### LEGENDA:

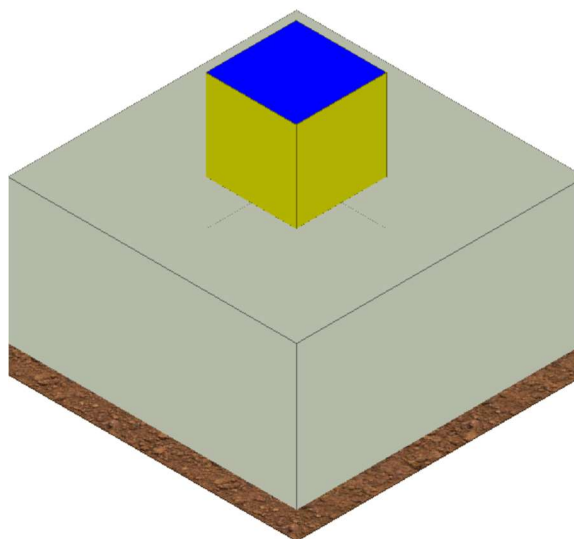
<b>IdComb</b>	Numero identificativo della Combinazione di Carico.
<b>CC</b>	Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella. CC 01= Carico Permanente CC 02= C1_SLE_X CC 03= C2_SLU_X CC 04= C3_SLU_X CC 05= C4_SLE_Y CC 06= C5_SLU_Y CC 07= C6_SLU_Y CC 08= C13_SLE CC 09= C14_SLU,C(X) CC 10= C15_SLU,C(Y) CC 11= C16_SLU,C(Z) CC 12= C17_SLE CC 13= C18_SLU CC 14= C19_SLU

SERVIZIO(SLE): Quasi permanente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### LEGENDA:

<b>IdComb</b>	Numero identificativo della Combinazione di Carico.
<b>CC</b>	Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella. CC 01= Carico Permanente CC 02= C1_SLE_X CC 03= C2_SLU_X CC 04= C3_SLU_X CC 05= C4_SLE_Y CC 06= C5_SLU_Y CC 07= C6_SLU_Y CC 08= C13_SLE CC 09= C14_SLU,C(X) CC 10= C15_SLU,C(Y) CC 11= C16_SLU,C(Z) CC 12= C17_SLE CC 13= C18_SLU CC 14= C19_SLU

Viene riportate di seguito una vista assonometrica del modello utilizzato per il calcolo:



**Figura 1: vista tridimensionale della fondazione dello SCARICATORE DI SOVRATENSIONE**



## 2 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T,i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato				N	n Ac
											f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>			
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>																
002	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	003	

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T,i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E·C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>cfm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T,i</sub>	E	G	Stz	LMT	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>	
																NCnt	Cnt
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																	
003	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T,i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**f<sub>yk</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**f<sub>tk</sub>** Resistenza caratteristica a rottura  
**f<sub>yd</sub>** Resistenza di calcolo  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.



### 3 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

#### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	c <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]						
<b>CONGLOMERATI</b>										
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000
<b>SABBIE FINI</b>										
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	10	0	0,000
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>										
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000
<b>ARGILLE</b>										
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo del terreno.  
**γ<sub>T</sub>** Peso specifico del terreno.  
**K<sub>1</sub>** Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K<sub>1X</sub>), Y (K<sub>1Y</sub>), e Z (K<sub>1Z</sub>).  
**φ** Angolo di attrito del terreno.  
**c<sub>u</sub>** Coesione non drenata.  
**c'** Coesione efficace.  
**E<sub>d</sub>** Modulo edometrico.  
**E<sub>cu</sub>** Modulo elastico in condizione non drenate.  
**A<sub>S-B</sub>** Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

#### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]	Q <sub>f</sub> [m]	Cmp. S.	Add	Stratigrafie
					ΔEd
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>					
T001	0,00	-4,00	incoerente	sciolto	nulla
T002	-4,00	-12,00	incoerente	sciolto	nulla
T003	-12,00	-20,00	incoerente	sciolto	nulla
T004	-20,00	INF	coerente	sciolto	nulla

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo della stratigrafia.  
**Q<sub>i</sub>** Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).  
**Q<sub>f</sub>** Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).  
**Cmp. S.** Comportamento dello strato.  
**Add** Addensamento dello strato.  
**ΔEd** Variazione con la profondità del modulo edometrico.



## 4 Analisi dei carichi

### 4.1 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{kj}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.



## 5 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

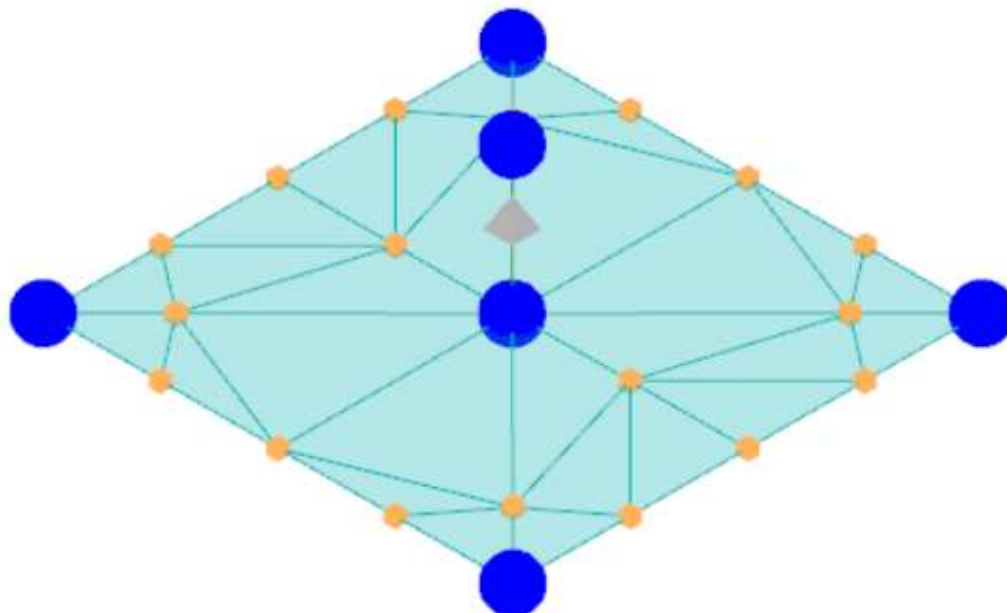
### 5.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.



Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.



**Figura 2: modello strutturale della fondazione**

## 6 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15



Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q = \gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

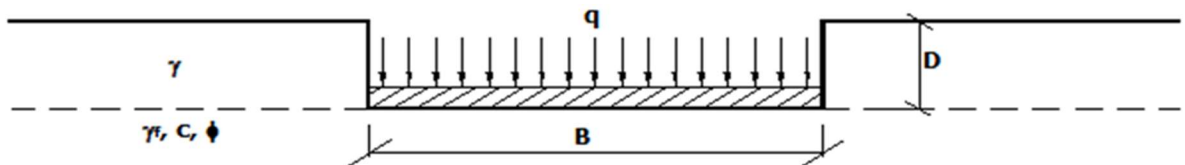
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



### Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p.cmp</sub>	Z <sub>Fid</sub>	Cmp T	C. Terzaghi								
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>	Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]							[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Platea 1	7,99	1,60	1,60	90,00	0,95	16,50	NON Coesivo	1,60	1,64	0,64	20,63	32,67	25,99	0,044	0,351	NO

### LEGENDA:

<b>Id<sub>Fnd</sub></b>	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b>L<sub>x/y</sub></b>	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
<b>R<sub>tz</sub></b>	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
<b>Z<sub>p.cmp</sub></b>	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
<b>Z<sub>Fid</sub></b>	Profondità della falda dal piano campagna.
<b>Cmp T</b>	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
<b>C.</b>	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
<b>Terzaghi</b>	
<b>Q<sub>Ed</sub></b>	Carico di progetto sul terreno.
<b>Q<sub>Rd</sub></b>	Resistenza di progetto del terreno.
<b>R<sub>f</sub></b>	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

## 6.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

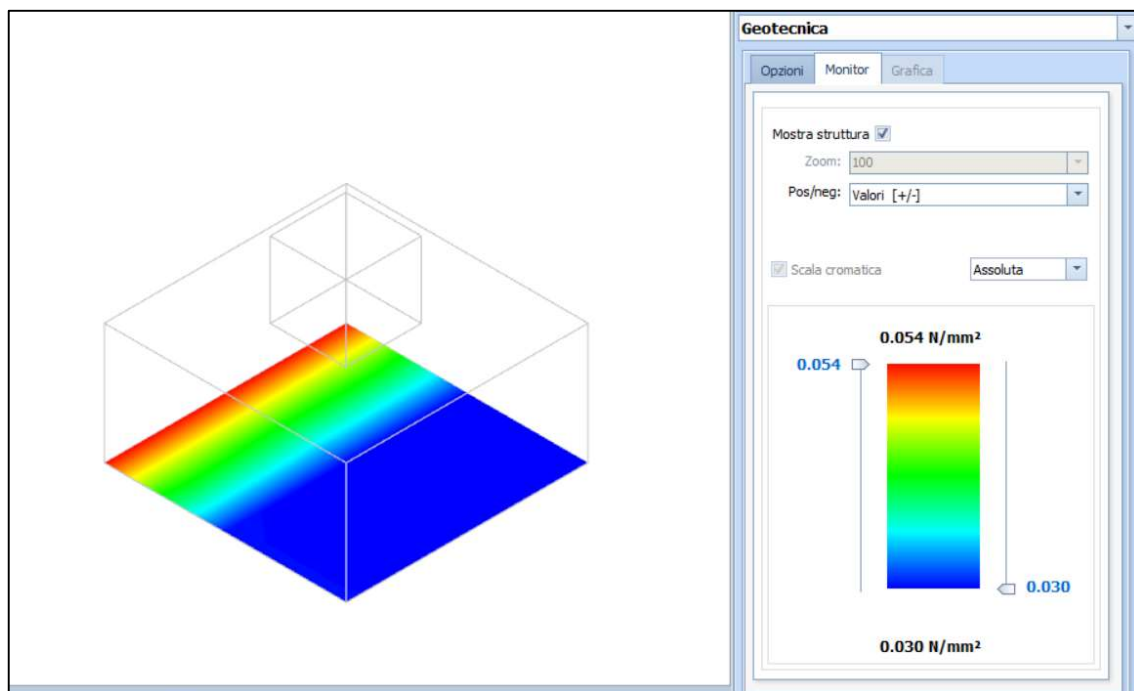


Figura 3: tensioni sul terreno

## 6.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

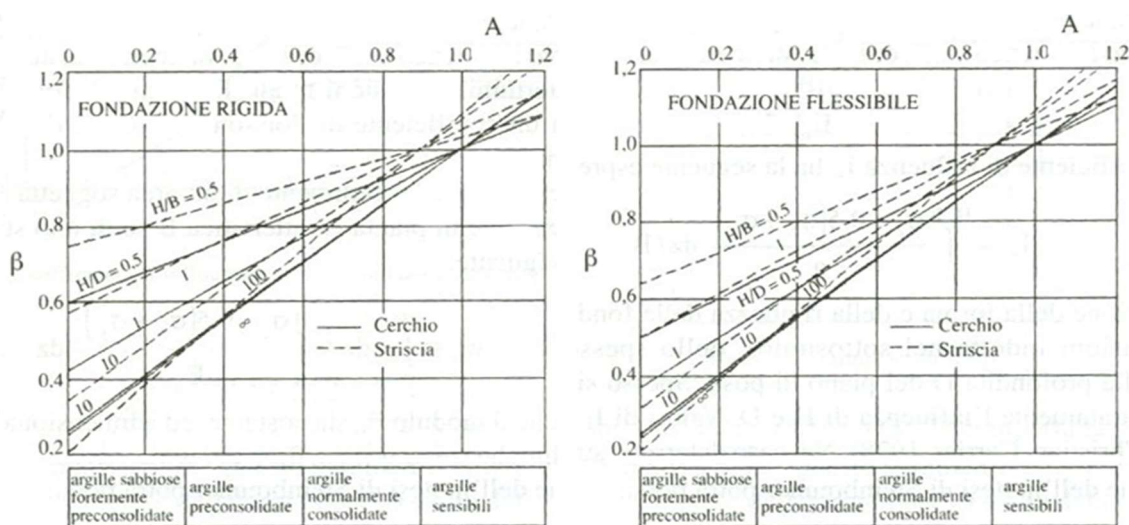
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$w_c = \beta \cdot w_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;
- $B$  è la larghezza caratteristica della fondazione,
- $I_w$  è il coefficiente di influenza.



Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:

$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$

in cui  $H$  è lo spessore dello strato deformabile e le  $s_x$  e  $s_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta W_{ij}/L_{ij};$$

dove:

$D_{w_{ij}}$ : cedimento differenziale tra i punti  $i$  e  $j$ ;

$L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti  $i$  e  $j$ .

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
Idw	Nps	Nid	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>o</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C1_SLE_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,08	0,08	0,00	0,08
C0003	00005		0,08	0,08	0,00	0,08
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C2_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C3_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C4_SLE_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,05	0,05	0,00	0,05
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,07	0,07	0,00	0,07
C0005	00003		0,05	0,05	0,00	0,05
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C5_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,05	0,05	0,00	0,05
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,07	0,07	0,00	0,07
C0005	00003		0,05	0,05	0,00	0,05
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C6_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,06	0,06	0,00	0,06
C0003	00005		0,08	0,08	0,00	0,08
C0004	00004		0,08	0,08	0,00	0,08
C0005	00003		0,06	0,06	0,00	0,06
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C13_SLE * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03



Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
Id <sub>w</sub>	N <sub>ps</sub>	N <sub>id</sub>	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>0</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C14_SLU,C(X) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,15	0,15	0,00	0,15
C0003	00005		0,17	0,17	0,00	0,17
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C15_SLU,C(Y) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07
C0003	00005		0,11	0,11	0,00	0,11
C0004	00004		0,05	0,05	0,00	0,05
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C16_SLU,C(Z) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,10	0,10	0,00	0,10
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C17_SLE * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,06	0,06	0,00	0,06
C0003	00005		0,06	0,06	0,00	0,06
C0004	00004		0,06	0,06	0,00	0,06
C0005	00003		0,06	0,06	0,00	0,06
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C18_SLU * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,06	0,06	0,00	0,06
C0003	00005		0,06	0,06	0,00	0,06
C0004	00004		0,06	0,06	0,00	0,06
C0005	00003		0,06	0,06	0,00	0,06
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C19_SLU * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,07	0,07	0,00	0,07
C0005	00003		0,07	0,07	0,00	0,07
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04

#### LEGENDA:

<b>Id<sub>w</sub></b>	Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).
<b>N<sub>ps</sub></b>	Numero identificativo del Punto Significativo.
<b>N<sub>id</sub></b>	Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto). [*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.
<b>W<sub>ed</sub></b>	Cedimento edometrico.
<b>W<sub>0</sub></b>	Cedimento istantaneo.
<b>W<sub>c</sub></b>	Cedimento di consolidazione.
<b>W<sub>f</sub></b>	Cedimento finale.

## 6.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione, F<sub>d</sub>) e la resistenza (R<sub>d</sub>), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.



La resistenza  $R_d$  della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:

1. Componente dovuta all'attrito  $FRD1$ , pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi;$$

dove:

$N_d$  = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

$\phi$  = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

2. Componente dovuta all'adesione  $FRD2$ , pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

$A'$  = superficie efficace della base della fondazione;

$c$  = coesione del terreno, pari alla coesione efficace ( $c'$ ) in condizioni drenate o alla coesione non drenata ( $c_u$ ) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento  $FRD3$  della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna  $FR_d$ , di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento  $R_d$ , ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	$N_{Ed}$ [N]	$M_{Ed}$ [N-m]	$V_{Ed}$ [N]	$FRD1$ [N]	$FRD2$ [N]	$FRD3$ [N]	$FRD$ [N]	CS
Platea 1	B	74 307	2 802	4 717	40589	3924	17895	62408	13,23
	L	74 304	22 805	-4 722	40588	2828	17895	61310	12,98

#### LEGENDA:

<b>Elm</b>	Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
<b>Dir</b>	Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
<b>FRD1</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
<b>FRD2</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
<b>FRD3</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
<b>FRD</b>	Resistenza allo scorrimento.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b><math>N_{Ed}</math>, <math>M_{Ed}</math>, <math>V_{Ed}</math></b>	Sollecitazioni di progetto.





## 7 Verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 7.1 Verifica a pressoflessione retta del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. del plinto di fondazione dello scaricatore di sovratensione.

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLU																			
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>Fondazione</b>																			
<b>Platea 1</b>																			
P	S	00002	0	0	0,06158	0,06158	-	00003	0	0	0,06158	0,06158	-	00004	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	2	0,06158	0,06158	69,61		0	450	0,06158	0,06158	NS		0	449	0,06158	0,06158	NS
				655															
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	2	0,06158	0,06158	72,71		0	286	0,06158	0,06158	NS		0	285	0,06158	0,06158	NS
				542															
P	S	00005	0	120	0,06158	0,06158	NS	00006	0	125	0,06158	0,06158	NS	00007	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	181	0,06158	0,06158	NS		0	77	0,06158	0,06158	NS		0	136	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	482	0,06158	0,06158	NS		0	484	0,06158	0,06158	NS		0	1	0,06158	0,06158	NS
																044			
P	S	00008	0	168	0,06158	0,06158	NS	00009	0	0	0,06158	0,06158	-	00010	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	133	0,06158	0,06158	NS		0	2	0,06158	0,06158	65,82
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	145	0,06158	0,06158	NS
	I		0	5	0,06158	0,06158	36,91		0	992	0,06158	0,06158	NS		0	445	0,06158	0,06158	NS
				007															
P	S	00011	0	0	0,06158	0,06158	-	00012	0	1	0,06158	0,06158	NS	00013	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1	0,06158	0,06158	NS		0	892	0,06158	0,06158	NS		0	277	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	735	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	492	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	1	0,06158	0,06158	NS
																363			
P	S	00014	0	0	0,06158	0,06158	-	00015	0	0	0,06158	0,06158	-	00016	0	1	0,06158	0,06158	NS
	I		0	275	0,06158	0,06158	NS		0	275	0,06158	0,06158	NS		0	889	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	1	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	728	0,06158	0,06158	NS
	I		0	1	0,06158	0,06158	98,47		0	1	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
				877						389									
P	S	00017	0	0	0,06158	0,06158	-	00018	0	0	0,06158	0,06158	-	00019	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1	0,06158	0,06158	NS		0	2	0,06158	0,06158	66,29		0	2	0,06158	0,06158	82,51
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	134	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	498	0,06158	0,06158	NS		0	448	0,06158	0,06158	NS		0	688	0,06158	0,06158	NS
P	S	00020	0	1	0,06158	0,06158	NS	00021	0	1	0,06158	0,06158	NS	00022	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	281	0,06158	0,06158	NS		0	259	0,06158	0,06158	NS		0	2	0,06158	0,06158	82,62
																237			



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS		
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]		[N]	[N-m]
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		
			0	1 125	0,06158	0,06158	NS		0	1 141	0,06158	0,06158	NS		0	653	0,06158	0,06158	NS		
P	S	00023	0	0	0,06158	0,06158	-	00024	0	2 737	0,06158	0,06158	67,53								
			0	4 198	0,06158	0,06158	44,03		0	827	0,06158	0,06158	NS								
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	3 205	0,06158	0,06158	57,67								
			0	6 328	0,06158	0,06158	29,21		0	1 892	0,06158	0,06158	97,69								

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Pos** Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.
- A<sub>s</sub>** Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.
- A<sub>df</sub>** Armatura disponibile per la flessione
- CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.

## 7.2 Verifica delle tensioni di esercizio del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio del plinto di fondazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

### VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)

Nodo/ Tp <sub>rnf</sub>	Dir	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio						
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo						
		Idcmb	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Idcmb	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				
<b>Fondazione</b>															
<b>Platea 1</b>															
00010	P	RAR	0,024	17,43	0	-2 695	NS	SI	RAR	0,331	360,00	0	-2 695	NS	SI
		QPR	0,003	13,07	0	-378	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	0,004	17,43	0	-456	NS	SI	RAR	0,056	360,00	0	-456	NS	SI
		QPR	0,000	13,07	0	35	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-

**LEGENDA:**

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Idcmb** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.
- σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ<sub>cd,amm</sub>/σ<sub>cc</sub> ; σ<sub>td,amm</sub>/σ<sub>at</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> ≤ σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> ≤ σ<sub>td,amm</sub>). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> > σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> > σ<sub>td,amm</sub>).
- Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

## 7.3 Verifica a fessurazione del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione del plinto di fondazione.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE



verifica allo stato limite di fessurazione

Nodo	Dir	IdCmb	N <sub>Ed</sub>		M <sub>Ed</sub>		σ <sub>ct,f</sub>		ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]							
<b>Fondazione</b>			<b>Platea 1</b>				<b>AA= PCA</b>								
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max σ<sub>ct,f</sub>)</b>															
00014	P	FRQ	-	-34	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0	0,000	0,400	-	SI	
		QPR	-	-34	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0	0,000	0,300	-	SI	
	S	FRQ	-	-850	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0	0,000	0,400	-	SI	
		QPR	-	-850	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0	0,000	0,300	-	SI	

LEGENDA:

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- IdCmb** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- σ<sub>ct,f</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ<sub>t</sub> la sezione è soggetta a fessurazione.  
N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
- σ<sub>t</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
- ε<sub>sm</sub>** Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
- A<sub>e</sub>** Area efficace del calcestruzzo teso.
- Δ<sub>sm</sub>** Distanza media tra le fessure.
- W<sub>d</sub>** Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
- W<sub>amm</sub>** Valore ammissibile di apertura delle fessure.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=W<sub>d</sub> / W<sub>amm</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W<sub>d</sub> = 0).
- Verificato** [SI] = W<sub>d</sub> ≤ W<sub>amm</sub>; [NO] = W<sub>d</sub> > W<sub>amm</sub>



# TRASFORMATORE DI CORRENTE





## Sommario

<b>TRASFORMATORE DI CORRENTE</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione – Trasformatore di corrente</b>	<b>3</b>
<b>2 Materiali impiegati</b>	<b>6</b>
<b>3 Terreni</b>	<b>7</b>
<b>4 Analisi dei carichi</b>	<b>8</b>
4.1 Combinazioni di carico	8
<b>5 Codice di calcolo impiegato</b>	<b>9</b>
5.1 Modello di calcolo	9
<b>6 Verifiche geotecniche</b>	<b>11</b>
6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette	12
6.2 Tensioni sul terreno	13
6.3 Calcolo dei cedimenti	13
6.4 Verifica a scorrimento	16
<b>7 Verifiche strutturali</b>	<b>18</b>
7.1 Verifica a pressoflessione retta del plinto	18
7.2 Verifica delle tensioni di esercizio del plinto	19
7.3 Verifica a fessurazione del plinto	19



## 1 Introduzione – Trasformatore di corrente

La fondazione per il trasformatore di corrente ha una superficie in pianta di 1.30 x 1.30 m; per un opportuno ancoraggio con la struttura in acciaio di supporto è stato previsto un elemento in cemento armato di dimensioni pari a 0.7 x 0.5 m. I carichi che agiscono sul plinto sono i seguenti:

- Peso trasformatore: 340 daN= 3400 N
- Peso cassetta di centralizzazione: 50 daN= 500 N
- Carico di montaggio: 100 daN= 1000 N
- Peso del supporto: 180 daN= 1800 N

Le azioni elementari al piede di fondazione, sono state fattorizzate a 1 di seguito vengono, perciò, riportate le differenti combinazioni utilizzate nel calcolo:

SLU: Non Sismica - Strutturale senza azioni geotecniche														
Id <sub>Comb</sub>	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

### LEGENDA:

Id<sub>Comb</sub>  
CC

Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
Id <sub>Comb</sub>	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00



SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

#### LEGENDA:

<b>IdComb</b>	Numero identificativo della Combinazione di Carico.
<b>CC</b>	Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.
	CC 01= Carico Permanente
	CC 02= C1_SLE_X
	CC 03= C2_SLU_X
	CC 04= C3_SLU_X
	CC 05= C4_SLE_Y
	CC 06= C5_SLU_Y
	CC 07= C6_SLU_Y
	CC 08= C13_SLE
	CC 09= C14_SLU,C(X)
	CC 10= C15_SLU,C(Y)
	CC 11= C16_SLU,C(Z)
	CC 12= C17_SLE
	CC 13= C18_SLU
	CC 14= C19_SLU

SERVIZIO(SLE): Frequente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### LEGENDA:

<b>IdComb</b>	Numero identificativo della Combinazione di Carico.
<b>CC</b>	Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.
	CC 01= Carico Permanente
	CC 02= C1_SLE_X
	CC 03= C2_SLU_X
	CC 04= C3_SLU_X
	CC 05= C4_SLE_Y
	CC 06= C5_SLU_Y
	CC 07= C6_SLU_Y
	CC 08= C13_SLE
	CC 09= C14_SLU,C(X)
	CC 10= C15_SLU,C(Y)
	CC 11= C16_SLU,C(Z)
	CC 12= C17_SLE
	CC 13= C18_SLU
	CC 14= C19_SLU

SERVIZIO(SLE): Quasi permanente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### LEGENDA:

<b>IdComb</b>	Numero identificativo della Combinazione di Carico.
<b>CC</b>	Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.
	CC 01= Carico Permanente
	CC 02= C1_SLE_X
	CC 03= C2_SLU_X
	CC 04= C3_SLU_X
	CC 05= C4_SLE_Y
	CC 06= C5_SLU_Y
	CC 07= C6_SLU_Y
	CC 08= C13_SLE
	CC 09= C14_SLU,C(X)
	CC 10= C15_SLU,C(Y)
	CC 11= C16_SLU,C(Z)
	CC 12= C17_SLE
	CC 13= C18_SLU
	CC 14= C19_SLU

Viene riportate di seguito una vista assonometrica del modello utilizzato per il calcolo:

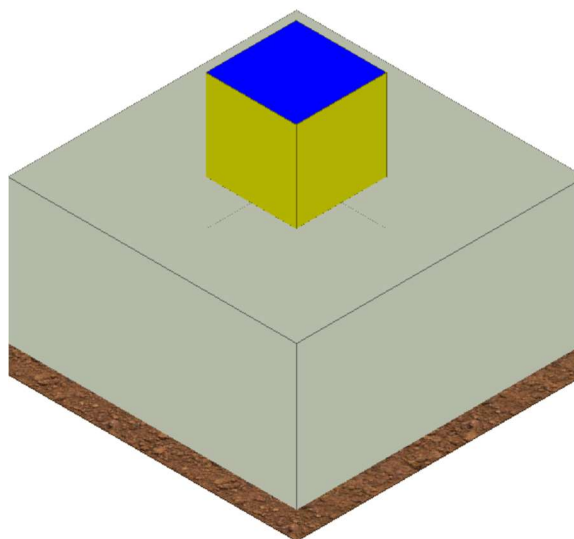


Figura 1: vista tridimensionale della fondazione del TRASFORMATORE DI CORRENTE





## 2 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato				N	n Ac
											f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>			
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>																
002	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	003	

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E · C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>cfm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	LMT	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>	
																NCnt	Cnt
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																	
003	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**f<sub>yk</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**f<sub>tk</sub>** Resistenza caratteristica a rottura  
**f<sub>yd</sub>** Resistenza di calcolo  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.



## 3 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	c <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]						
<b>CONGLOMERATI</b>										
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000
<b>SABBIE FINI</b>										
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	10	0	0,000
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>										
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000
<b>ARGILLE</b>										
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000

#### LEGENDA:

<b>N<sub>TRN</sub></b>	Numero identificativo del terreno.
<b>γ<sub>T</sub></b>	Peso specifico del terreno.
<b>K<sub>1</sub></b>	Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K <sub>1X</sub> ), Y (K <sub>1Y</sub> ), e Z (K <sub>1Z</sub> ).
<b>φ</b>	Angolo di attrito del terreno.
<b>c<sub>u</sub></b>	Coesione non drenata.
<b>c'</b>	Coesione efficace.
<b>E<sub>d</sub></b>	Modulo edometrico.
<b>E<sub>cu</sub></b>	Modulo elastico in condizione non drenate.
<b>A<sub>S-B</sub></b>	Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]	Q <sub>f</sub> [m]	Cmp. S.	Add	Stratigrafie
					ΔEd
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>					
T001	0,00	-4,00	incoerente	sciolto	nulla
T002	-4,00	-12,00	incoerente	sciolto	nulla
T003	-12,00	-20,00	incoerente	sciolto	nulla
T004	-20,00	INF	coerente	sciolto	nulla

#### LEGENDA:

<b>N<sub>TRN</sub></b>	Numero identificativo della stratigrafia.
<b>Q<sub>i</sub></b>	Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).
<b>Q<sub>f</sub></b>	Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).
<b>Cmp. S.</b>	Comportamento dello strato.
<b>Add</b>	Addensamento dello strato.
<b>ΔEd</b>	Variazione con la profondità del modulo edometrico.

## 4 Analisi dei carichi

### 4.1 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{kj}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.



## 5 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

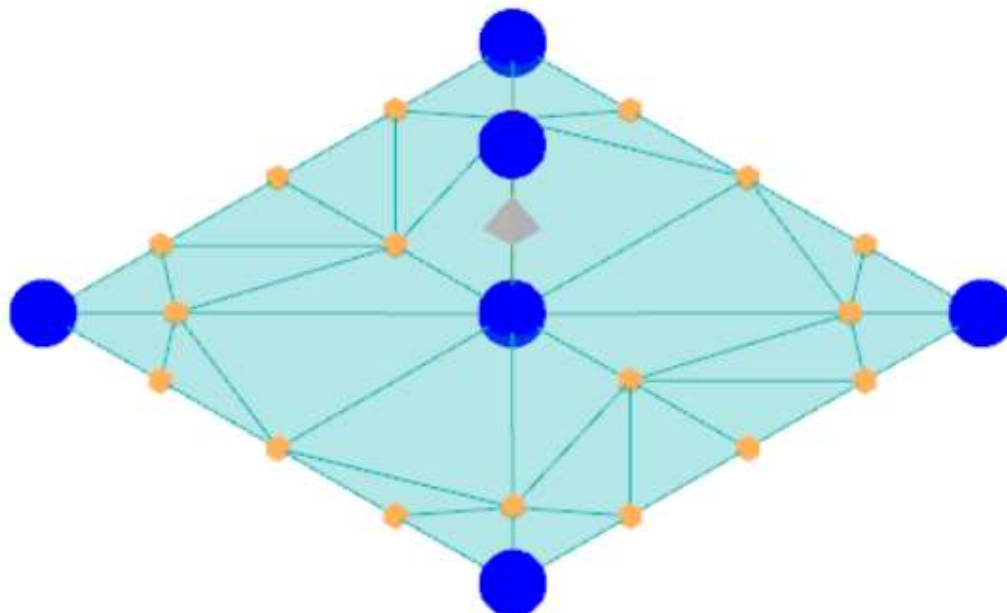
Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

### 5.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.



**Figura 2: modello strutturale della fondazione**

## 6 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	$\gamma_s$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15



Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q = \gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

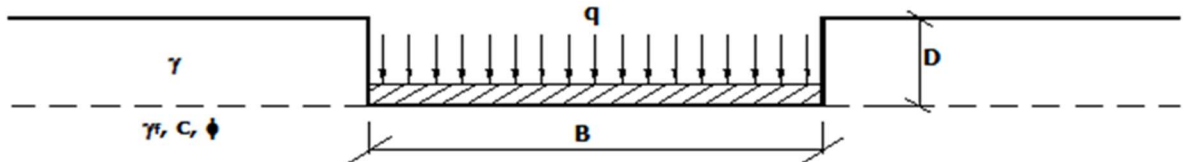
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p,cmp</sub>	Z <sub>Fld</sub>	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>			
Platea 1	9,98	1,30	1,30	90,00	0,95	16,50	NON Coesivo	1,77	1,81	0,64	20,63	32,67	25,99	0,038	0,378	NO

### LEGENDA:

<b>Id<sub>Fnd</sub></b>	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b>L<sub>x/y</sub></b>	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
<b>R<sub>tz</sub></b>	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
<b>Z<sub>p,cmp</sub></b>	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
<b>Z<sub>Fld</sub></b>	Profondità della falda dal piano campagna.
<b>Cmp T</b>	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
<b>C.</b>	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
<b>Terzaghi</b>	
<b>Q<sub>Ed</sub></b>	Carico di progetto sul terreno.
<b>Q<sub>Rd</sub></b>	Resistenza di progetto del terreno.
<b>R<sub>f</sub></b>	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

## 6.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

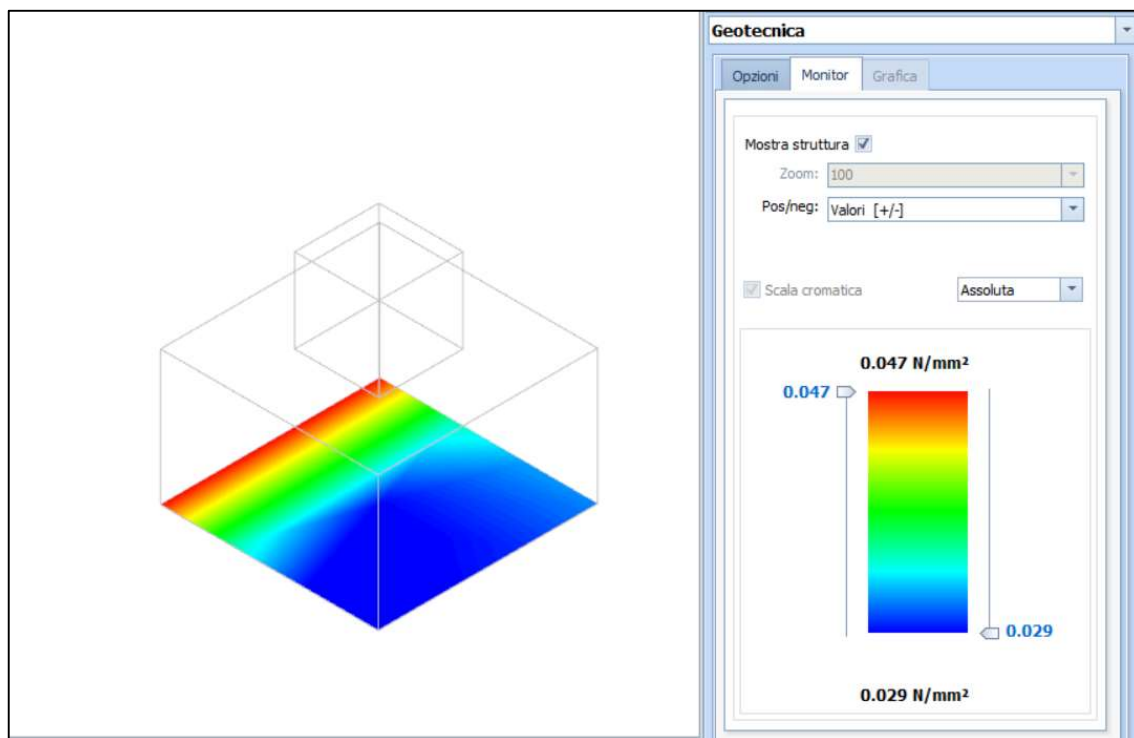


Figura 3: tensioni sul terreno

## 6.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**



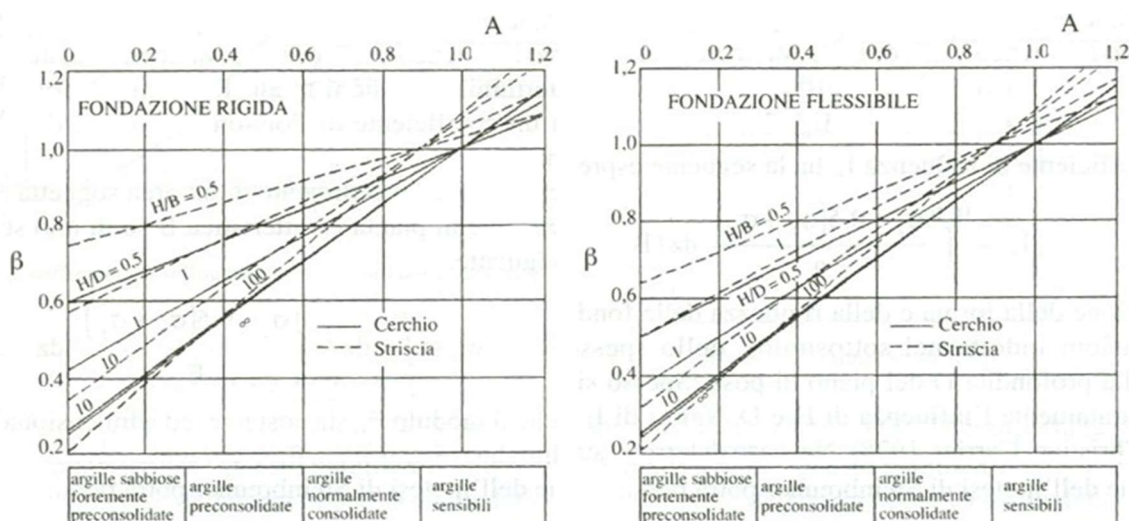
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$w_c = \beta \cdot w_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;



B è la larghezza caratteristica della fondazione,  
 $I_w$  è il coefficiente di influenza.

Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:

$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$

in cui H è lo spessore dello strato deformabile e le  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta W_{ij}/L_{ij};$$

dove:

$D_{w_{ij}}$ : cedimento differenziale tra i punti i e j;

$L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti i e j.

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
$I_{dw}$	$N_{ps}$	$N_{id}$	$W_{ed}$ [cm]	$W_0$ [cm]	$W_c$ [cm]	$W_f$ [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C1_SLE_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C2_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,01	0,01	0,00	0,01
C0005	00003		0,01	0,01	0,00	0,01
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C3_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C4_SLE_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C5_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C6_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,05	0,05	0,00	0,05
C0003	00005		0,05	0,05	0,00	0,05
C0004	00004		0,05	0,05	0,00	0,05
C0005	00003		0,05	0,05	0,00	0,05
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C13_SLE * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04



Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
Idw	Nps	Nid	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>o</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C14_SLU,C(X) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,08	0,08	0,00	0,08
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C15_SLU,C(Y) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,06	0,06	0,00	0,06
C0003	00005		0,05	0,05	0,00	0,05
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C16_SLU,C(Z) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,05	0,05	0,00	0,05
C0003	00005		0,05	0,05	0,00	0,05
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C17_SLE * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C18_SLU * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C19_SLU * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,05	0,05	0,00	0,05
C0003	00005		0,05	0,05	0,00	0,05
C0004	00004		0,05	0,05	0,00	0,05
C0005	00003		0,05	0,05	0,00	0,05
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00006		0,03	0,03	0,00	0,03
C0003	00005		0,03	0,03	0,00	0,03
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00006		0,03	0,03	0,00	0,03
C0003	00005		0,03	0,03	0,00	0,03
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03

#### LEGENDA:

<b>Idw</b>	Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).
<b>Nps</b>	Numero identificativo del Punto Significativo.
<b>Nid</b>	Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto). [*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.
<b>W<sub>ed</sub></b>	Cedimento edometrico.
<b>W<sub>o</sub></b>	Cedimento istantaneo.
<b>W<sub>c</sub></b>	Cedimento di consolidazione.
<b>W<sub>f</sub></b>	Cedimento finale.

## 6.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione, Fd) e la resistenza (Rd), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.



La resistenza  $R_d$  della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:

1. Componente dovuta all'attrito  $FRD1$ , pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi;$$

dove:

$N_d$  = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

$\phi$  = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

2. Componente dovuta all'adesione  $FRD2$ , pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

$A'$  = superficie efficace della base della fondazione;

$c$  = coesione del terreno, pari alla coesione efficace ( $c'$ ) in condizioni drenate o alla coesione non drenata ( $c_u$ ) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento  $FRD3$  della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna  $FR_d$ , di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento  $R_d$ , ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	$N_{Ed}$	$M_{Ed}$	$V_{Ed}$	$FRD1$	$FRD2$	$FRD3$	$FRD$	CS
		[N]	[N-m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	
Platea 1	B	48 035	-1 466	1 430	26238	2759	14484	43481	30,41
	L	48 036	8 154	-1 698	26239	2269	14581	43089	25,38

#### LEGENDA:

<b>Elm</b>	Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
<b>Dir</b>	Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
<b>FRD1</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
<b>FRD2</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
<b>FRD3</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
<b>FRD</b>	Resistenza allo scorrimento.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b><math>N_{Ed}</math>, <math>M_{Ed}</math>, <math>V_{Ed}</math></b>	Sollecitazioni di progetto.



## 7 Verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 7.1 Verifica a pressoflessione retta del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. del plinto di fondazione del trasformatore di corrente.

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLU																			
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>Fondazione</b>																			
<b>Platea 1</b>																			
P	S	00002	0	0	0,06158	0,06158	-	00003	0	0	0,06158	0,06158	-	00004	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1290	0,06158	0,06158	NS		0	145	0,06158	0,06158	NS		0	166	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1425	0,06158	0,06158	NS		0	254	0,06158	0,06158	NS		0	273	0,06158	0,06158	NS
P	S	00005	0	0	0,06158	0,06158	-	00006	0	0	0,06158	0,06158	-	00007	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	419	0,06158	0,06158	NS		0	416	0,06158	0,06158	NS		0	121	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	242	0,06158	0,06158	NS		0	241	0,06158	0,06158	NS		0	1227	0,06158	0,06158	NS
P	S	00008	0	0	0,06158	0,06158	-	00009	0	0	0,06158	0,06158	-	00010	0	237	0,06158	0,06158	NS
	I		0	222	0,06158	0,06158	NS		0	166	0,06158	0,06158	NS		0	470	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	386	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1244	0,06158	0,06158	NS		0	449	0,06158	0,06158	NS		0	1238	0,06158	0,06158	NS
P	S	00011	0	0	0,06158	0,06158	-	00012	0	0	0,06158	0,06158	-	00013	0	218	0,06158	0,06158	NS
	I		0	216	0,06158	0,06158	NS		0	94	0,06158	0,06158	NS		0	557	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	839	0,06158	0,06158	NS		0	919	0,06158	0,06158	NS		0	1239	0,06158	0,06158	NS
P	S	00014	0	0	0,06158	0,06158	-	00015	0	0	0,06158	0,06158	-	00016	0	308	0,06158	0,06158	NS
	I		0	1147	0,06158	0,06158	NS		0	907	0,06158	0,06158	NS		0	432	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	377	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	413	0,06158	0,06158	NS		0	621	0,06158	0,06158	NS		0	540	0,06158	0,06158	NS
P	S	00017	0	302	0,06158	0,06158	NS	00018	0	0	0,06158	0,06158	-	00019	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	298	0,06158	0,06158	NS		0	897	0,06158	0,06158	NS		0	1675	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	898	0,06158	0,06158	NS		0	914	0,06158	0,06158	NS		0	3119	0,06158	0,06158	59,26
P	S	00020	0	954	0,06158	0,06158	NS												
	I		0	306	0,06158	0,06158	NS												
S	S		0	1098	0,06158	0,06158	NS												
	I		0	1097	0,06158	0,06158	NS												

#### LEGENDA:

**Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).

**Pos** Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.

**A<sub>s</sub>** Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>A<sub>df</sub></b>			Armatura disponibile per la flessione																
<b>CS</b>			Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).																
<b>N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub></b>			Sollecitazioni di progetto.																

## 7.2 Verifica delle tensioni di esercizio del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio del plinto di fondazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

### VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)

Nodo/ T <sub>prinf</sub>	Dir	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio							
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo							
		Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	
		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				
<b>Fondazione</b>																
<b>Platea 1</b>																
00012	P	RAR	0,001	17,43	0	-108	NS	SI	RAR	0,013	360,00	0	-108	NS	SI	
		QPR	0,001	13,07	0	-133	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-	
	S	RAR	0,008	17,43	0	-871	NS	SI	RAR	0,107	360,00	0	-871	NS	SI	
		QPR	0,004	13,07	0	-416	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-	

**LEGENDA:**

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Id<sub>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.
- σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ<sub>cd,amm</sub>/σ<sub>cc</sub>; σ<sub>td,amm</sub>/σ<sub>at</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> ≤ σ<sub>cd,amm</sub>; σ<sub>at</sub> ≤ σ<sub>td,amm</sub>). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> > σ<sub>cd,amm</sub>; σ<sub>at</sub> > σ<sub>td,amm</sub>).
- Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

## 7.3 Verifica a fessurazione del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione del plinto di fondazione.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Nodo	Dir	Id <sub>Cmb</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
<b>Fondazione</b>													
<b>Platea 1</b>													
<b>AA= PCA</b>													
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max σ<sub>ct,f</sub>)</b>													
00007	P	FRQ	-	-133	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-133	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
	S	FRQ	-	-418	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-418	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- Id<sub>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- σ<sub>ct,f</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ<sub>t</sub> la sezione è soggetta a fessurazione.
- σ<sub>t</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM].





verifica allo stato limite di fessurazione

Nodo	Dir	Id <sub>Cmb</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]		

2018].

ε<sub>sm</sub> Deformazione unitaria media delle barre di armatura.

A<sub>e</sub> Area efficace del calcestruzzo teso.

Δ<sub>sm</sub> Distanza media tra le fessure.

W<sub>d</sub> Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.

W<sub>amm</sub> Valore ammissibile di apertura delle fessure.

CS Coefficiente di Sicurezza (=W<sub>d</sub> / W<sub>amm</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W<sub>d</sub> = 0).

Verificato [SI] = W<sub>d</sub> ≤ W<sub>amm</sub>; [NO] = W<sub>d</sub> > W<sub>amm</sub>



# INTERRUTTORE TRIPOLARE







## Sommario

<b>INTERRUTTORE TRIPOLARE</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione – Interruttore tripolare</b>	<b>3</b>
<b>2 Materiali impiegati</b>	<b>4</b>
<b>3 Terreni</b>	<b>5</b>
<b>4 Analisi dei carichi</b>	<b>6</b>
4.1 Combinazioni di carico	6
<b>5 Codice di calcolo impiegato</b>	<b>7</b>
5.1 Modello di calcolo	7
<b>6 Verifiche geotecniche</b>	<b>9</b>
6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette	10
6.2 Tensioni sul terreno	11
6.3 Calcolo dei cedimenti	11
6.4 Verifica a scorrimento	13
<b>7 Verifiche strutturali</b>	<b>15</b>
7.1 Verifica a pressoflessione retta della fondazione	15
7.2 Verifica delle tensioni di esercizio della fondazione	16
7.3 Verifica a fessurazione della fondazione	17

## 1 Introduzione – Interruttore tripolare

La fondazione per l'interruttore tripolare ha una superficie in pianta di 6.20 x 1.80 m; per un opportuno ancoraggio con la struttura in acciaio di supporto sono stati previsti tre elementi in cemento armato di dimensioni pari a 0.8 x 0.5 m. Il peso dell'apparecchiatura viene letto direttamente dalla scheda tecnica del fornitore, in quanto queste strutture metalliche vengono comprate direttamente con l'apparecchiatura.

Viene riportate di seguito una vista assometrica del modello utilizzato per il calcolo:

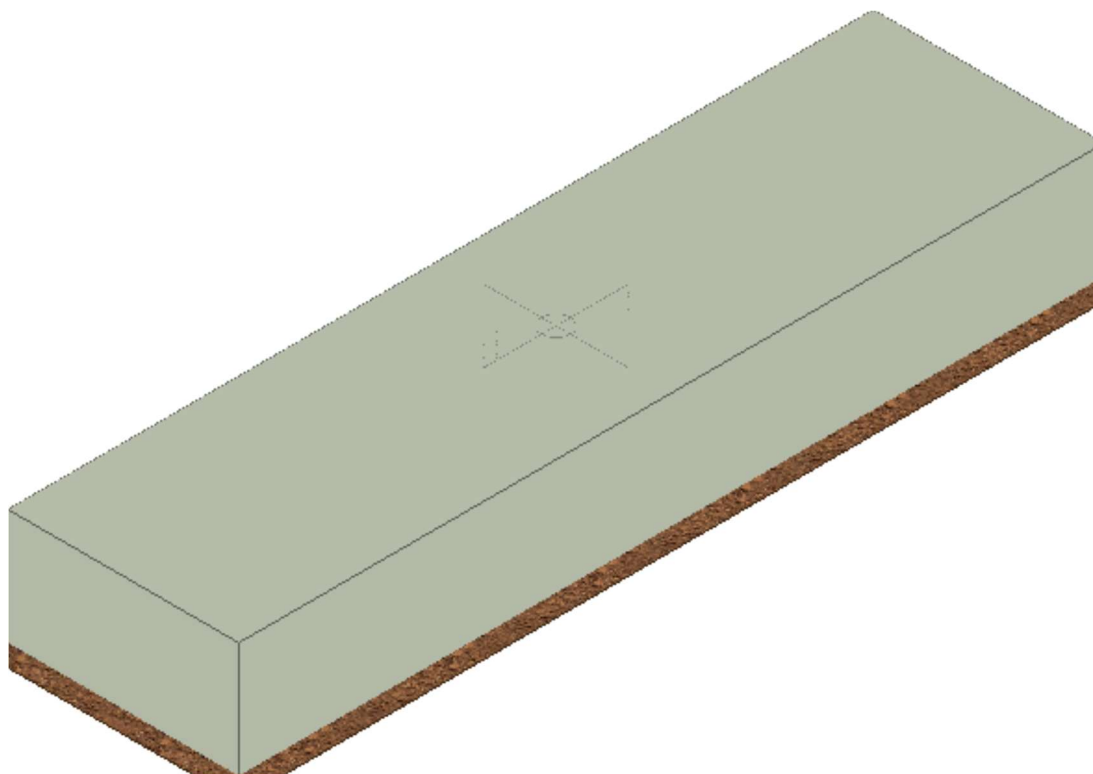


Figura 1: vista tridimensionale della fondazione dell'INTERRUTTORE TRIPOLARE



## 2 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato					N	n Ac
											f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>ctm</sub>				
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>																	
002	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	003		

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E·C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>ctm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	LMT	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>	
																NCnt	Cnt
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																	
003	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**f<sub>yk</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**f<sub>tk</sub>** Resistenza caratteristica a rottura  
**f<sub>yd</sub>** Resistenza di calcolo  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.





### 3 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

#### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	C <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]						
<b>CONGLOMERATI</b>										
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000
<b>SABBIE FINI</b>										
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	10	0	0,000
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>										
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000
<b>ARGILLE</b>										
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo del terreno.  
**γ<sub>T</sub>** Peso specifico del terreno.  
**K<sub>1</sub>** Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K<sub>1X</sub>), Y (K<sub>1Y</sub>), e Z (K<sub>1Z</sub>).  
**φ** Angolo di attrito del terreno.  
**C<sub>u</sub>** Coesione non drenata.  
**c'** Coesione efficace.  
**E<sub>d</sub>** Modulo edometrico.  
**E<sub>cu</sub>** Modulo elastico in condizione non drenate.  
**A<sub>S-B</sub>** Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

#### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]	Q <sub>f</sub> [m]	Cmp. S.	Add	Stratigrafie
					ΔEd
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>					
T001	0,00	-4,00	incoerente	sciolto	nulla
T002	-4,00	-12,00	incoerente	sciolto	nulla
T003	-12,00	-20,00	incoerente	sciolto	nulla
T004	-20,00	INF	coerente	sciolto	nulla

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo della stratigrafia.  
**Q<sub>i</sub>** Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).  
**Q<sub>f</sub>** Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).  
**Cmp. S.** Comportamento dello strato.  
**Add** Addensamento dello strato.  
**ΔEd** Variazione con la profondità del modulo edometrico.



## 4 Analisi dei carichi

### 4.1 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{kj}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.



## 5 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

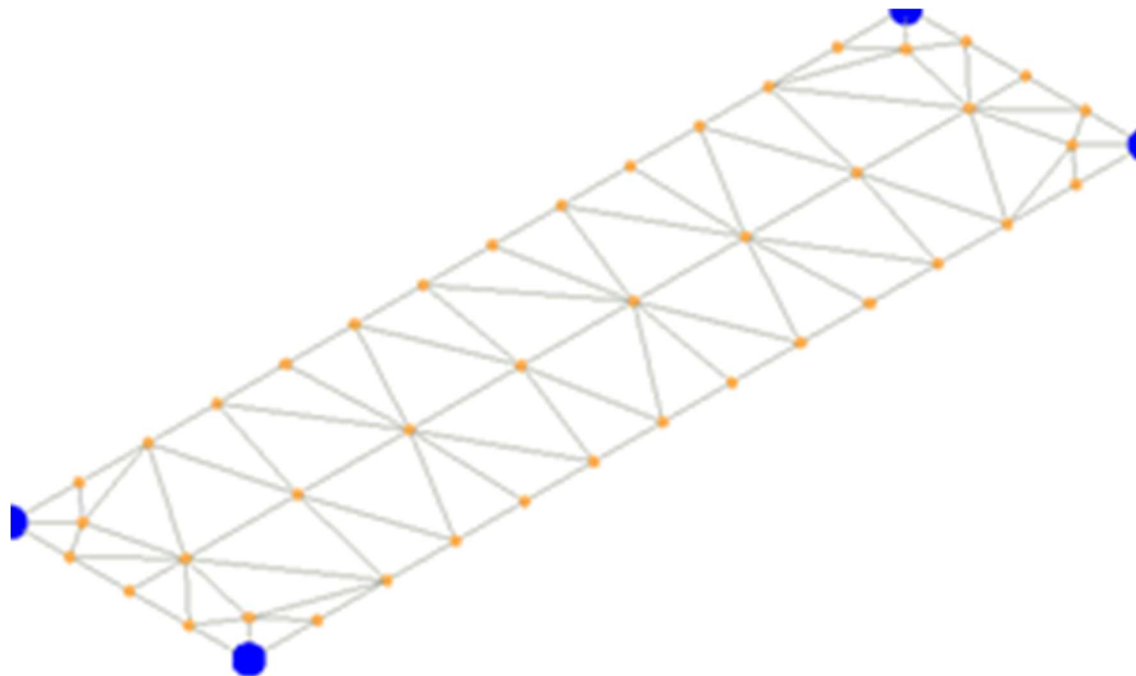
Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

### 5.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.



**Figura 2: modello strutturale della fondazione**



## 6 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	$\gamma_s$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15





Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione;

$q$  =  $\gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

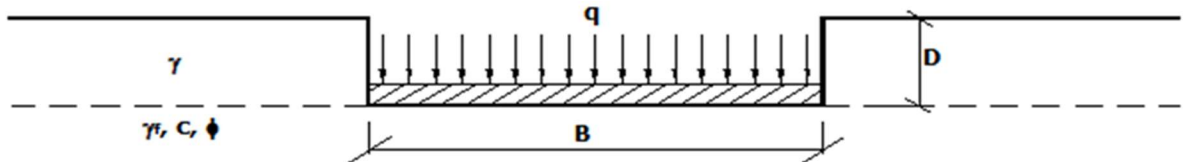
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p,cmp</sub>	Z <sub>Fld</sub>	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>			
Platea 1	15,25	6,20	1,80	0,00	0,95	16,50	NON Coesivo	1,35	1,37	0,88	20,63	32,67	25,99	0,026	0,396	NO

### LEGENDA:

<b>Id<sub>Fnd</sub></b>	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b>L<sub>x/y</sub></b>	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
<b>R<sub>tz</sub></b>	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
<b>Z<sub>p,cmp</sub></b>	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
<b>Z<sub>Fld</sub></b>	Profondità della falda dal piano campagna.
<b>Cmp T</b>	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
<b>C.</b>	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
<b>Terzaghi</b>	
<b>Q<sub>Ed</sub></b>	Carico di progetto sul terreno.
<b>Q<sub>Rd</sub></b>	Resistenza di progetto del terreno.
<b>R<sub>f</sub></b>	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

## 6.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

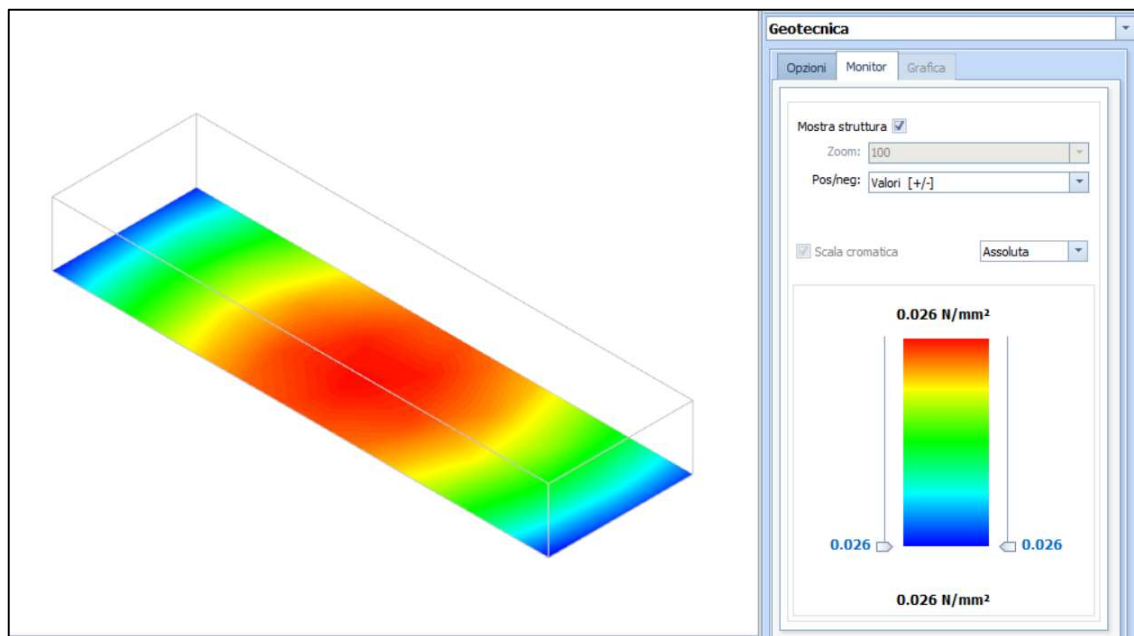


Figura 3: tensioni sul terreno

## 6.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

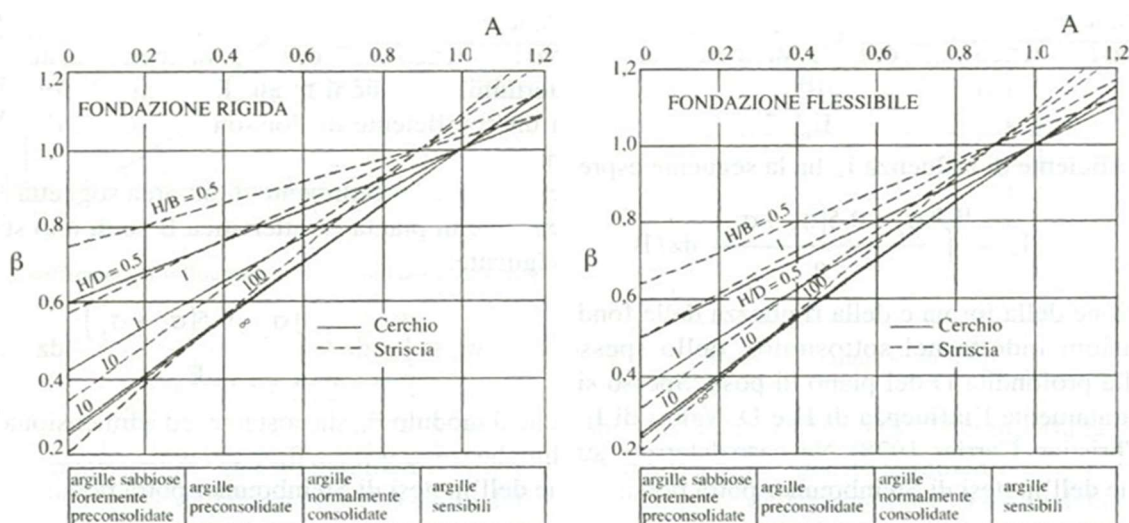
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$w_c = \beta \cdot w_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;
- $B$  è la larghezza caratteristica della fondazione,
- $I_w$  è il coefficiente di influenza.



Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:

$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$

in cui  $H$  è lo spessore dello strato deformabile e le  $s_x$  e  $s_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta w_{ij}/L_{ij};$$

dove:

$D_{wij}$ : cedimento differenziale tra i punti  $i$  e  $j$ ;

$L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti  $i$  e  $j$ .

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
$I_{dw}$	$N_{ps}$	$N_{id}$	$W_{ed}$ [cm]	$W_o$ [cm]	$W_c$ [cm]	$W_f$ [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00050		0,03	0,03	0,00	0,03
C0002	00004		0,08	0,08	0,00	0,08
C0003	00003		0,08	0,08	0,00	0,08
C0004	00002		0,08	0,08	0,00	0,08
C0005	00001		0,08	0,08	0,00	0,08
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00050		0,03	0,03	0,00	0,03
C0002	00004		0,08	0,08	0,00	0,08
C0003	00003		0,08	0,08	0,00	0,08
C0004	00002		0,08	0,08	0,00	0,08
C0005	00001		0,08	0,08	0,00	0,08
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00050		0,03	0,03	0,00	0,03
C0002	00004		0,08	0,08	0,00	0,08
C0003	00003		0,08	0,08	0,00	0,08
C0004	00002		0,08	0,08	0,00	0,08
C0005	00001		0,08	0,08	0,00	0,08

#### LEGENDA:

<b><math>I_{dw}</math></b>	Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).
<b><math>N_{ps}</math></b>	Numero identificativo del Punto Significativo.
<b><math>N_{id}</math></b>	Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto). [*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.
<b><math>W_{ed}</math></b>	Cedimento edometrico.
<b><math>W_o</math></b>	Cedimento istantaneo.
<b><math>W_c</math></b>	Cedimento di consolidazione.
<b><math>W_f</math></b>	Cedimento finale.

## 6.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione,  $F_d$ ) e la resistenza ( $R_d$ ), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.

La resistenza  $R_d$  della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:



1. Componente dovuta all'attrito FRD1, pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi;$$

dove:

$N_d$  = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

$\phi$  = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

2. Componente dovuta all'adesione FRD2, pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

$A'$  = superficie efficace della base della fondazione;

$c$  = coesione del terreno, pari alla coesione efficace ( $c'$ ) in condizioni drenate o alla coesione non drenata ( $c_u$ ) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento FRD3 della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna FRd, di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento  $R_d$ , ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	$N_{Ed}$ [N]	$M_{Ed}$ [N·m]	$V_{Ed}$ [N]	$F_{RD1}$ [N]	$F_{RD2}$ [N]	$F_{RD3}$ [N]	$F_{RD}$ [N]	CS
Platea 1	B	290 051	1	0	158437	20283	20132	198852	NS
	L	290 051	-9	0	158437	20283	69318	248038	NS

#### LEGENDA:

<b>Elm</b>	Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
<b>Dir</b>	Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
<b>FRD1</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
<b>FRD2</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
<b>FRD3</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
<b>FRd</b>	Resistenza allo scorrimento.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b><math>N_{Ed}</math>, <math>M_{Ed}</math>, <math>V_{Ed}</math></b>	Sollecitazioni di progetto.



## 7 verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 7.1 Verifica a pressoflessione retta della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. della fondazione dell'interruttore tripolare.

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLU																				
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]					[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]		[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>Fondazione</b>																				
<b>Platea 1</b>																				
P	S	00001	0	0	0,08042	0,08042	-	00002	0	0	0,08042	0,08042	-	00003	0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	236	0,08042	0,08042	NS		0	223	0,08042	0,08042	NS		0	222	0,08042	0,08042	NS	
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	200	0,08042	0,08042	NS		0	196	0,08042	0,08042	NS		0	195	0,08042	0,08042	NS	
P	S	00004	0	0	0,08042	0,08042	-	00005	0	0	0,08042	0,08042	-	00006	0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	236	0,08042	0,08042	NS		0	82	0,08042	0,08042	NS		0	722	0,08042	0,08042	NS	
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	200	0,08042	0,08042	NS		0	322	0,08042	0,08042	NS		0	592	0,08042	0,08042	NS	
P	S	00007	0	0	0,08042	0,08042	-	00008	0	0	0,08042	0,08042	-	00009	0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	541	0,08042	0,08042	NS		0	738	0,08042	0,08042	NS		0	771	0,08042	0,08042	NS	
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	608	0,08042	0,08042	NS		0	264	0,08042	0,08042	NS		0	892	0,08042	0,08042	NS	
P	S	00010	0	0	0,08042	0,08042	-	00011	0	0	0,08042	0,08042	-	00012	0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	955	0,08042	0,08042	NS		0	826	0,08042	0,08042	NS		0	944	0,08042	0,08042	NS	
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	159	0,08042	0,08042	NS		0	966	0,08042	0,08042	NS		0	153	0,08042	0,08042	NS	
P	S	00013	0	0	0,08042	0,08042	-	00014	0	0	0,08042	0,08042	-	00015	0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	777	0,08042	0,08042	NS		0	772	0,08042	0,08042	NS		0	897	0,08042	0,08042	NS	
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	846	0,08042	0,08042	NS		0	842	0,08042	0,08042	NS		0	157	0,08042	0,08042	NS	
P	S	00016	0	0	0,08042	0,08042	-	00017	0	0	0,08042	0,08042	-	00018	0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	808	0,08042	0,08042	NS		0	930	0,08042	0,08042	NS		0	767	0,08042	0,08042	NS	
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	950	0,08042	0,08042	NS		0	164	0,08042	0,08042	NS		0	882	0,08042	0,08042	NS	
P	S	00019	0	0	0,08042	0,08042	-	00020	0	0	0,08042	0,08042	-	00021	0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	735	0,08042	0,08042	NS		0	540	0,08042	0,08042	NS		0	724	0,08042	0,08042	NS	
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	262	0,08042	0,08042	NS		0	602	0,08042	0,08042	NS		0	585	0,08042	0,08042	NS	
P	S	00022	0	0	0,08042	0,08042	-	00023	0	0	0,08042	0,08042	-	00024	0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	82	0,08042	0,08042	NS		0	709	0,08042	0,08042	NS		0	840	0,08042	0,08042	NS	
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	319	0,08042	0,08042	NS		0	166	0,08042	0,08042	NS		0	745	0,08042	0,08042	NS	
P	S	00025	0	0	0,08042	0,08042	-	00026	0	0	0,08042	0,08042	-	00027	0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	774	0,08042	0,08042	NS		0	894	0,08042	0,08042	NS		0	807	0,08042	0,08042	NS	
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	835	0,08042	0,08042	NS		0	153	0,08042	0,08042	NS		0	962	0,08042	0,08042	NS	
P	S	00028	0	0	0,08042	0,08042	-	00029	0	0	0,08042	0,08042	-	00030	0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	942	0,08042	0,08042	NS		0	772	0,08042	0,08042	NS		0	747	0,08042	0,08042	NS	
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	160	0,08042	0,08042	NS		0	846	0,08042	0,08042	NS		0	854	0,08042	0,08042	NS	
P	S	00031	0	0	0,08042	0,08042	-	00032	0	0	0,08042	0,08042	-	00033	0	0	0,08042	0,08042	-	
	I		0	883	0,08042	0,08042	NS		0	763	0,08042	0,08042	NS		0	841	0,08042	0,08042	NS	
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-	



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
	I		0	158	0,08042	0,08042	NS		0	854	0,08042	0,08042	NS		0	749	0,08042	0,08042	NS
P	S	00034	0	0	0,08042	0,08042	-	00035	0	0	0,08042	0,08042	-	00036	0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	710	0,08042	0,08042	NS		0	556	0,08042	0,08042	NS		0	555	0,08042	0,08042	NS
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	164	0,08042	0,08042	NS		0	466	0,08042	0,08042	NS		0	463	0,08042	0,08042	NS
P	S	00037	0	0	0,08042	0,08042	-	00038	0	0	0,08042	0,08042	-	00039	0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	450	0,08042	0,08042	NS		0	451	0,08042	0,08042	NS		0	690	0,08042	0,08042	NS
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	303	0,08042	0,08042	NS		0	305	0,08042	0,08042	NS		0	640	0,08042	0,08042	NS
P	S	00040	0	0	0,08042	0,08042	-	00041	0	0	0,08042	0,08042	-	00042	0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	765	0,08042	0,08042	NS		0	731	0,08042	0,08042	NS		0	768	0,08042	0,08042	NS
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	865	0,08042	0,08042	NS		0	831	0,08042	0,08042	NS		0	845	0,08042	0,08042	NS
P	S	00043	0	0	0,08042	0,08042	-	00044	0	0	0,08042	0,08042	-	00045	0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	810	0,08042	0,08042	NS		0	752	0,08042	0,08042	NS		0	769	0,08042	0,08042	NS
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	772	0,08042	0,08042	NS		0	755	0,08042	0,08042	NS		0	848	0,08042	0,08042	NS
P	S	00046	0	0	0,08042	0,08042	-	00047	0	0	0,08042	0,08042	-	00048	0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	691	0,08042	0,08042	NS		0	880	0,08042	0,08042	NS		0	830	0,08042	0,08042	NS
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	633	0,08042	0,08042	NS		0	747	0,08042	0,08042	NS		0	741	0,08042	0,08042	NS
P	S	00049	0	0	0,08042	0,08042	-	00050	0	0	0,08042	0,08042	-	00051	0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	806	0,08042	0,08042	NS		0	773	0,08042	0,08042	NS		0	756	0,08042	0,08042	NS
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-
	I		0	793	0,08042	0,08042	NS		0	841	0,08042	0,08042	NS		0	758	0,08042	0,08042	NS
P	S	00052	0	0	0,08042	0,08042	-	00053	0	0	0,08042	0,08042	-						
	I		0	824	0,08042	0,08042	NS		0	880	0,08042	0,08042	NS						
S	S		0	0	0,08042	0,08042	-		0	0	0,08042	0,08042	-						
	I		0	709	0,08042	0,08042	NS		0	734	0,08042	0,08042	NS						

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Pos** Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.
- A<sub>s</sub>** Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.
- A<sub>df</sub>** Armatura disponibile per la flessione
- CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.

## 7.2 Verifica delle tensioni di esercizio della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio della fondazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

### VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)

Nodo/ T <sub>prnf</sub>	Dir	verifiche delle tensioni di esercizio															
		Compressione calcestruzzo								Trazione acciaio							
		Compressione calcestruzzo rinforzo								Trazione acciaio/FRP rinforzo							
		Id <sub>cmb</sub>	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Id <sub>cmb</sub>	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato		
			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				
<b>Platea 1</b>																	
Fondazione 00020	P	RAR	0,004	17,43	0	-416	NS	SI	RAR	0,049	360,00	0	-416	NS	SI		
		QPR	0,004	13,07	0	-416	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-		
	S	RAR	0,004	17,43	0	-463	NS	SI	RAR	0,055	360,00	0	-463	NS	SI		
		QPR	0,004	13,07	0	-463	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-		

**LEGENDA:**

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Id<sub>cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.
- σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ<sub>cd,amm</sub>/σ<sub>cc</sub> ; σ<sub>td,amm</sub>/σ<sub>at</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> ≤ σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> ≤ σ<sub>td,amm</sub>). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> > σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> > σ<sub>td,amm</sub>).
- Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.





## 7.3 Verifica a fessurazione della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione della fondazione.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Nodo	Dir	Id <sub>Cmb</sub>	verifica allo stato limite di fessurazione										CS	Verificato
			N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	σ <sub>ct,f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	σ <sub>t</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub> [cm <sup>2</sup> ]	Δ <sub>sm</sub> [mm]	W <sub>d</sub> [mm]	W <sub>amm</sub> [mm]			
<b>Fondazione</b>			<b>Platea 1</b>			<b>AA= PCA</b>								
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max σ<sub>ct,f</sub>)</b>														
00011	P	FRQ	-	-635	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI	
		QPR	-	-635	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI	
	S	FRQ	-	-743	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI	
		QPR	-	-743	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI	

#### LEGENDA:

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- Id<sub>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- σ<sub>ct,f</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ<sub>t</sub> la sezione è soggetta a fessurazione.
- σ<sub>t</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
- ε<sub>sm</sub>** Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
- A<sub>e</sub>** Area efficace del calcestruzzo teso.
- Δ<sub>sm</sub>** Distanza media tra le fessure.
- W<sub>d</sub>** Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
- W<sub>amm</sub>** Valore ammissibile di apertura delle fessure.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=W<sub>d</sub> / W<sub>amm</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W<sub>d</sub> = 0).
- Verificato** [SI] = W<sub>d</sub> ≤ W<sub>amm</sub>; [NO] = W<sub>d</sub> > W<sub>amm</sub>





# TRASFORMATORE DI TENSIONE INDUTTIVO





## Sommario

<b>TRASFORMATORE DI TENSIONE INDUTTIVO</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione – Trasformatore di tensione induttivo</b>	<b>3</b>
<b>2 Materiali impiegati</b>	<b>6</b>
<b>3 Terreni</b>	<b>7</b>
<b>4 Analisi dei carichi</b>	<b>8</b>
4.1 Combinazioni di carico	8
<b>5 Codice di calcolo impiegato</b>	<b>9</b>
5.1 Modello di calcolo	9
<b>6 Verifiche geotecniche</b>	<b>11</b>
6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette	12
6.2 Tensioni sul terreno	13
6.3 Calcolo dei cedimenti	13
6.4 Verifica a scorrimento	16
<b>7 Verifiche strutturali</b>	<b>18</b>
7.1 Verifica a pressoflessione retta del plinto	18
7.2 Verifica delle tensioni di esercizio del plinto	19
7.3 Verifica a fessurazione del plinto	19



# 1 Introduzione – Trasformatore di tensione induttivo

La fondazione per il trasformatore di tensione induttivo ha una superficie in pianta di 1.30 x 1.30 m; per un opportuno ancoraggio con la struttura in acciaio di supporto è stato previsto un elemento in cemento armato di dimensioni pari a 0.7 x 0.5 m. I carichi che agiscono sul plinto sono i seguenti:

- Peso trasformatore: 400 daN= 4000 N
- Peso cassetta di centralizzazione: 50 daN= 500 N
- Carico di montaggio: 100 daN= 1000 N
- Peso del supporto: 180 daN= 1800 N

Le azioni elementari al piede di fondazione, sono state fattorizzate a 1 di seguito vengono, perciò, riportate le differenti combinazioni utilizzate nel calcolo:

SLU: Non Sismica - Strutturale senza azioni geotecniche														
Id <sub>Comb</sub>	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

## LEGENDA:

Id <sub>Comb</sub>	Numero identificativo della Combinazione di Carico.
CC	Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.
	CC 01= Carico Permanente
	CC 02= C1_SLE_X
	CC 03= C2_SLU_X
	CC 04= C3_SLU_X
	CC 05= C4_SLE_Y
	CC 06= C5_SLU_Y
	CC 07= C6_SLU_Y
	CC 08= C13_SLE
	CC 09= C14_SLU,C(X)
	CC 10= C15_SLU,C(Y)
	CC 11= C16_SLU,C(Z)
	CC 12= C17_SLE
	CC 13= C18_SLU
	CC 14= C19_SLU

SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
Id <sub>Comb</sub>	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



IdComb	SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)													
	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

#### LEGENDA:

**IdComb**  
**CC**

Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

IdComb	SERVIZIO(SLE): Frequente													
	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### LEGENDA:

**IdComb**  
**CC**

Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

IdComb	SERVIZIO(SLE): Quasi permanente													
	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

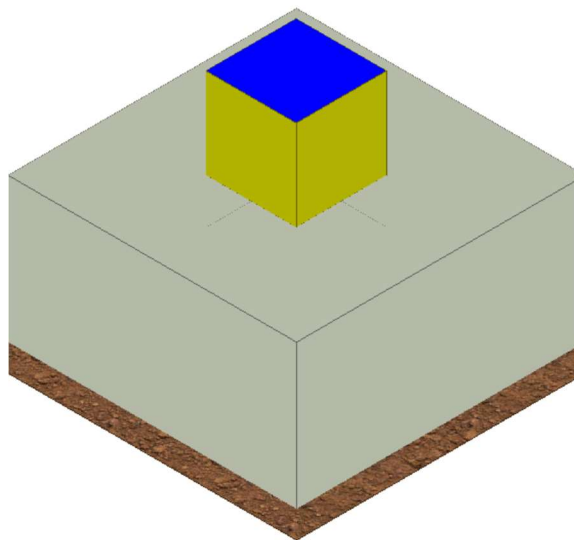
#### LEGENDA:

**IdComb**  
**CC**

Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU



Viene riportate di seguito una vista assonometrica del modello utilizzato per il calcolo:



**Figura 1: vista tridimensionale della fondazione del TRASFORMATORE DI TENSIONE INDUTTIVO**





## 2 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato				
											f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>	N	n Ac
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>															
002	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	003

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E·C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>cfm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	LMT	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>	
																NCnt	Cnt
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																	
003	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**f<sub>yk</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**f<sub>tk</sub>** Resistenza caratteristica a rottura  
**f<sub>yd</sub>** Resistenza di calcolo  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.



### 3 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

#### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	C <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]						
<b>CONGLOMERATI</b>										
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000
<b>SABBIE FINI</b>										
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	10	0	0,000
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>										
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000
<b>ARGILLE</b>										
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo del terreno.  
**γ<sub>T</sub>** Peso specifico del terreno.  
**K<sub>1</sub>** Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K<sub>1X</sub>), Y (K<sub>1Y</sub>), e Z (K<sub>1Z</sub>).  
**φ** Angolo di attrito del terreno.  
**C<sub>u</sub>** Coesione non drenata.  
**c'** Coesione efficace.  
**E<sub>d</sub>** Modulo edometrico.  
**E<sub>cu</sub>** Modulo elastico in condizione non drenate.  
**A<sub>S-B</sub>** Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

#### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]	Q <sub>f</sub> [m]	Cmp. S.	Add	Stratigrafie	
					ΔEd	
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>						
T001	0,00	-4,00	incoerente	sciolto	nessuna	nulla
T002	-4,00	-12,00	incoerente	sciolto	nessuna	nulla
T003	-12,00	-20,00	incoerente	sciolto	nessuna	nulla
T004	-20,00	INF	coerente	sciolto	nessuna	nulla

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo della stratigrafia.  
**Q<sub>i</sub>** Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).  
**Q<sub>f</sub>** Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).  
**Cmp. S.** Comportamento dello strato.  
**Add** Addensamento dello strato.  
**ΔEd** Variazione con la profondità del modulo edometrico.



## 4 Analisi dei carichi

### 4.1 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{kj}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.





## 5 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

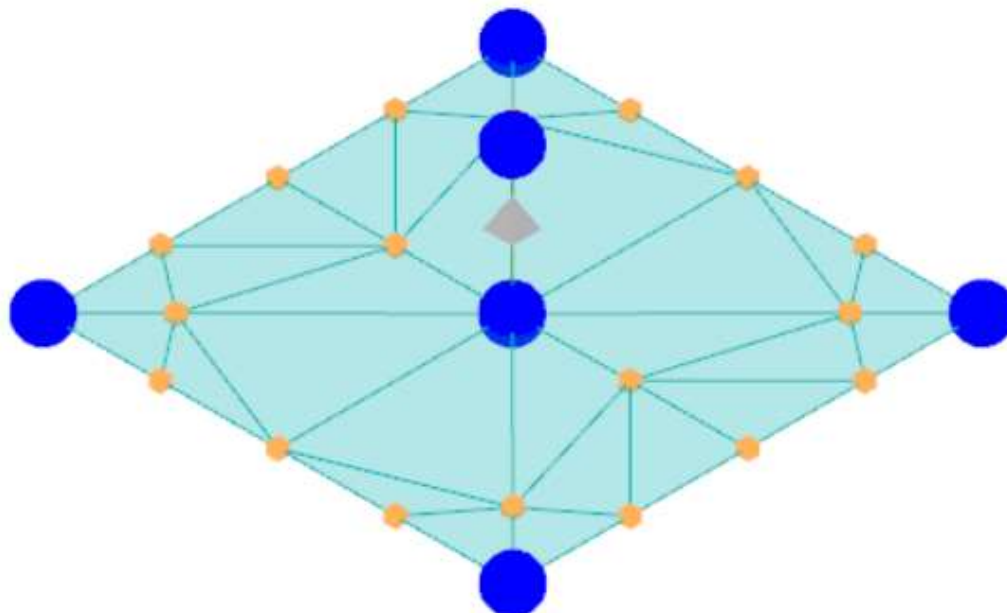
### 5.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.



Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.



**Figura 2: modello strutturale della fondazione**



## 6 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan\phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	$\gamma_s$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15



Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione;

$q = \gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

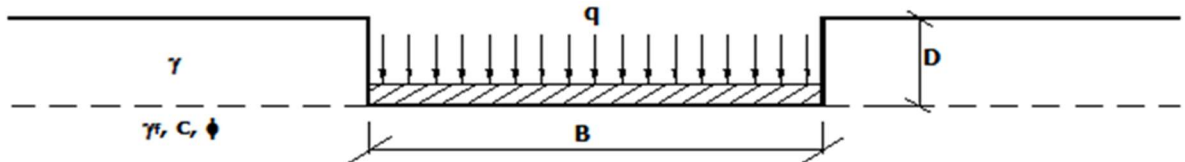
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p,cmp</sub>	Z <sub>Fld</sub>	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>			
Platea 1	9,98	1,30	1,30	90,00	0,95	16,50	NON Coesivo	1,77	1,81	0,64	20,63	32,67	25,99	0,038	0,378	NO

### LEGENDA:

<b>Id<sub>Fnd</sub></b>	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b>L<sub>x/y</sub></b>	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
<b>R<sub>tz</sub></b>	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
<b>Z<sub>p,cmp</sub></b>	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
<b>Z<sub>Fld</sub></b>	Profondità della falda dal piano campagna.
<b>Cmp T</b>	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
<b>C.</b>	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
<b>Terzaghi</b>	
<b>Q<sub>Ed</sub></b>	Carico di progetto sul terreno.
<b>Q<sub>Rd</sub></b>	Resistenza di progetto del terreno.
<b>R<sub>f</sub></b>	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

## 6.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

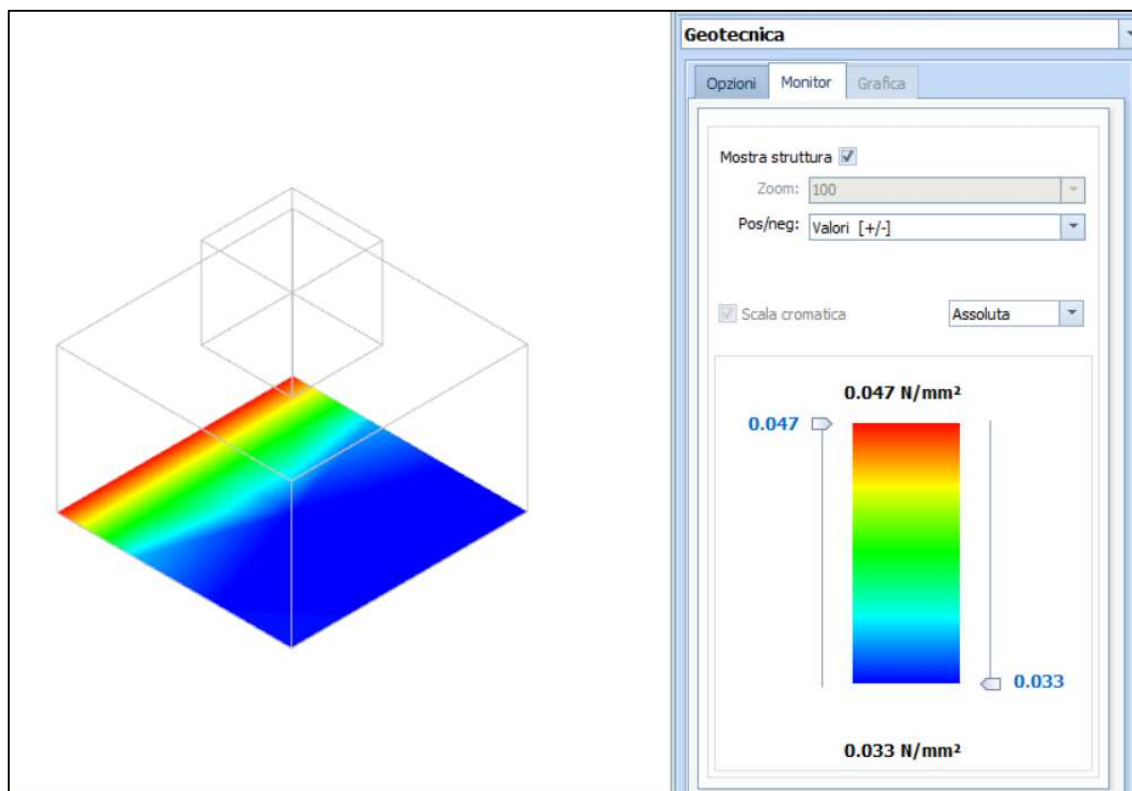


Figura 3: tensioni sul terreno

## 6.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

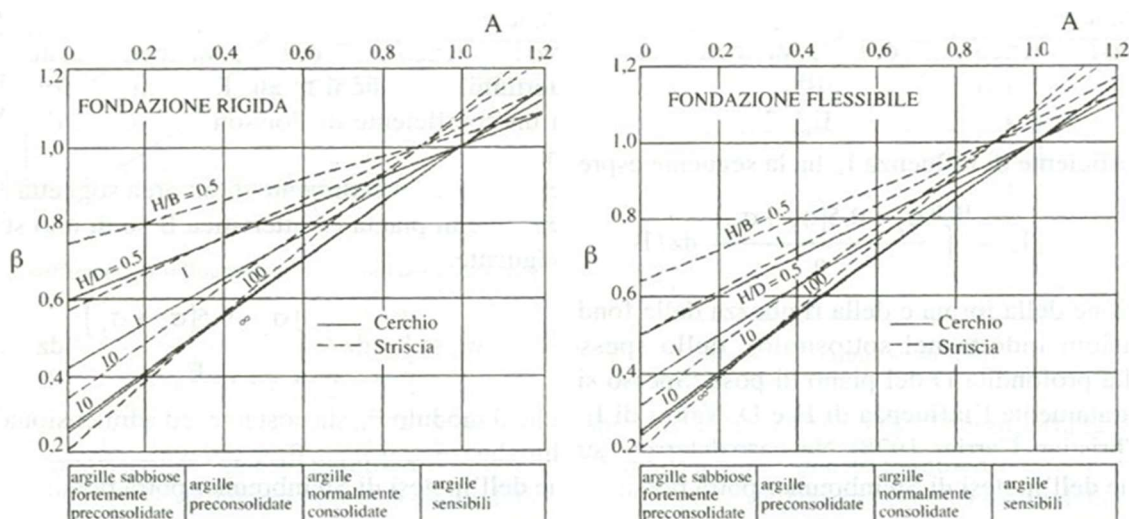
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$w_c = \beta \cdot w_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;



B è la larghezza caratteristica della fondazione,  
 $I_w$  è il coefficiente di influenza.

Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:

$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$

in cui H è lo spessore dello strato deformabile e le  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta W_{ij}/L_{ij};$$

dove:

$D_{w_{ij}}$ : cedimento differenziale tra i punti i e j;

$L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti i e j.

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
$I_{dw}$	$N_{ps}$	$N_{id}$	$W_{ed}$ [cm]	$W_0$ [cm]	$W_c$ [cm]	$W_f$ [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C1_SLE_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C2_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,01	0,01	0,00	0,01
C0005	00003		0,01	0,01	0,00	0,01
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C3_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C4_SLE_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C5_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C6_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,05	0,05	0,00	0,05
C0003	00005		0,05	0,05	0,00	0,05
C0004	00004		0,05	0,05	0,00	0,05
C0005	00003		0,05	0,05	0,00	0,05
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C13_SLE * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04



**Geotecnica - Calcolo dei cedimenti**

<b>Idw</b>	<b>Nps</b>	<b>Nid</b>	<b>W<sub>ed</sub></b> [cm]	<b>W<sub>o</sub></b> [cm]	<b>W<sub>c</sub></b> [cm]	<b>W<sub>f</sub></b> [cm]
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C14_SLU,C(X) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,08	0,08	0,00	0,08
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C15_SLU,C(Y) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,06	0,06	0,00	0,06
C0003	00005		0,05	0,05	0,00	0,05
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C16_SLU,C(Z) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,01	0,01	0,00	0,01
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C17_SLE * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C18_SLU * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C19_SLU * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,09	0,09	0,00	0,09
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,07	0,07	0,00	0,07
C0005	00003		0,07	0,07	0,00	0,07
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00006		0,03	0,03	0,00	0,03
C0003	00005		0,03	0,03	0,00	0,03
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00006		0,03	0,03	0,00	0,03
C0003	00005		0,03	0,03	0,00	0,03
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03

**LEGENDA:**

- Idw** Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).
- Nps** Numero identificativo del Punto Significativo.
- Nid** Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto).  
[\*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.
- W<sub>ed</sub>** Cedimento edometrico.
- W<sub>o</sub>** Cedimento istantaneo.
- W<sub>c</sub>** Cedimento di consolidazione.
- W<sub>f</sub>** Cedimento finale.

## 6.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione, Fd) e la resistenza (Rd), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.





La resistenza  $R_d$  della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:

1. Componente dovuta all'attrito  $FRD1$ , pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi;$$

dove:

$N_d$  = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

$\phi$  = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

2. Componente dovuta all'adesione  $FRD2$ , pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

$A'$  = superficie efficace della base della fondazione;

$c$  = coesione del terreno, pari alla coesione efficace ( $c'$ ) in condizioni drenate o alla coesione non drenata ( $c_u$ ) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento  $FRD3$  della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna  $FR_d$ , di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento  $R_d$ , ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	$N_{Ed}$	$M_{Ed}$	$V_{Ed}$	$FRD1$	$FRD2$	$FRD3$	$FRD$	CS
		[N]	[N-m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	
Platea 1	B	48 037	853	1 422	26240	2333	14484	43057	30,28
	L	48 036	8 154	-1 698	26239	2269	14581	43089	25,38

#### LEGENDA:

<b>Elm</b>	Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
<b>Dir</b>	Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
<b><math>FRD1</math></b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
<b><math>FRD2</math></b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
<b><math>FRD3</math></b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
<b><math>FRD</math></b>	Resistenza allo scorrimento.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b><math>N_{Ed}</math>, <math>M_{Ed}</math>, <math>V_{Ed}</math></b>	Sollecitazioni di progetto.



## 7 Verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 7.1 Verifica a pressoflessione retta del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. del plinto di fondazione del trasformatore di tensione induttivo.

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLU																			
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>Fondazione</b>																			
<b>Platea 1</b>																			
P	S	00002	0	0	0,06158	0,06158	-	00003	0	0	0,06158	0,06158	-	00004	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	2 275	0,06158	0,06158	81,24		0	145	0,06158	0,06158	NS		0	166	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	2 347	0,06158	0,06158	78,75		0	254	0,06158	0,06158	NS		0	273	0,06158	0,06158	NS
P	S	00005	0	0	0,06158	0,06158	-	00006	0	0	0,06158	0,06158	-	00007	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	419	0,06158	0,06158	NS		0	416	0,06158	0,06158	NS		0	121	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	242	0,06158	0,06158	NS		0	241	0,06158	0,06158	NS		0	1 227	0,06158	0,06158	NS
P	S	00008	0	0	0,06158	0,06158	-	00009	0	0	0,06158	0,06158	-	00010	0	237	0,06158	0,06158	NS
	I		0	222	0,06158	0,06158	NS		0	1 166	0,06158	0,06158	NS		0	754	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	386	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1 244	0,06158	0,06158	NS		0	449	0,06158	0,06158	NS		0	1 238	0,06158	0,06158	NS
P	S	00011	0	0	0,06158	0,06158	-	00012	0	0	0,06158	0,06158	-	00013	0	218	0,06158	0,06158	NS
	I		0	216	0,06158	0,06158	NS		0	94	0,06158	0,06158	NS		0	752	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1 137	0,06158	0,06158	NS		0	1 135	0,06158	0,06158	NS		0	1 239	0,06158	0,06158	NS
P	S	00014	0	0	0,06158	0,06158	-	00015	0	0	0,06158	0,06158	-	00016	0	308	0,06158	0,06158	NS
	I		0	1 147	0,06158	0,06158	NS		0	907	0,06158	0,06158	NS		0	432	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	377	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	413	0,06158	0,06158	NS		0	758	0,06158	0,06158	NS		0	757	0,06158	0,06158	NS
P	S	00017	0	302	0,06158	0,06158	NS	00018	0	0	0,06158	0,06158	-	00019	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	420	0,06158	0,06158	NS		0	897	0,06158	0,06158	NS		0	1 675	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	898	0,06158	0,06158	NS		0	914	0,06158	0,06158	NS		0	3 119	0,06158	0,06158	59,26
P	S	00020	0	954	0,06158	0,06158	NS												
	I		0	543	0,06158	0,06158	NS												
S	S		0	1 098	0,06158	0,06158	NS												
	I		0	1 636	0,06158	0,06158	NS												

#### LEGENDA:

**Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).

**Pos** Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.

**A<sub>s</sub>** Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
A <sub>df</sub>			Armatura disponibile per la flessione																
CS			Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).																
N <sub>Ed</sub> , M <sub>Ed</sub>			Sollecitazioni di progetto.																

## 7.2 Verifica delle tensioni di esercizio del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio del plinto di fondazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

### VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)

Nodo/ T <sub>prinf</sub>	Dir	Compressione calcestruzzo							verifiche delle tensioni di esercizio						
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio						
		Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato
		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]			
<b>Fondazione</b>															
<b>Platea 1</b>															
00012	P	RAR	0,001	17,43	0	-108	NS	SI	RAR	0,013	360,00	0	-108	NS	SI
		QPR	0,001	13,07	0	-133	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	0,009	17,43	0	-1 011	NS	SI	RAR	0,124	360,00	0	-1 011	NS	SI
		QPR	0,004	13,07	0	-416	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-

**LEGENDA:**

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Id<sub>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.
- σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ<sub>cd,amm</sub>/σ<sub>cc</sub>; σ<sub>td,amm</sub>/σ<sub>at</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> ≤ σ<sub>cd,amm</sub>; σ<sub>at</sub> ≤ σ<sub>td,amm</sub>). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> > σ<sub>cd,amm</sub>; σ<sub>at</sub> > σ<sub>td,amm</sub>).
- Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

## 7.3 Verifica a fessurazione del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione del plinto di fondazione.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Nodo	Dir	Id <sub>Cmb</sub>	verifica allo stato limite di fessurazione										
			N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]		
<b>Fondazione</b>													
<b>Platea 1</b>													
<b>AA= PCA</b>													
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max σ<sub>ct,f</sub>)</b>													
00007	P	FRQ	-	-133	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-133	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
	S	FRQ	-	-418	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-418	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- Id<sub>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- σ<sub>ct,f</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ<sub>t</sub> la sezione è soggetta a fessurazione.  
N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
- σ<sub>t</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM





verifica allo stato limite di fessurazione

Nodo	Dir	Id <sub>Cmb</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]		

2018].

ε<sub>sm</sub> Deformazione unitaria media delle barre di armatura.

A<sub>e</sub> Area efficace del calcestruzzo teso.

Δ<sub>sm</sub> Distanza media tra le fessure.

W<sub>d</sub> Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.

W<sub>amm</sub> Valore ammissibile di apertura delle fessure.

CS Coefficiente di Sicurezza (=W<sub>d</sub> / W<sub>amm</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W<sub>d</sub> = 0).

Verificato [SI] = W<sub>d</sub> ≤ W<sub>amm</sub>; [NO] = W<sub>d</sub> > W<sub>amm</sub>



# SEZIONATORE ORIZZONTALE AT, CON LAME DI MESSA A TERRA





## Sommario

<b>SEZIONATORE ORIZZONTALE AT, CON LAME DI MESSA A TERRA</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione – Sezionatore orizzontale AT, con lame di messa a terra</b>	<b>3</b>
<b>2 Materiali impiegati</b>	<b>6</b>
<b>3 Terreni</b>	<b>7</b>
<b>4 Analisi dei carichi</b>	<b>8</b>
4.1 Combinazioni di carico	8
<b>5 Codice di calcolo impiegato</b>	<b>9</b>
5.1 Modello di calcolo	9
<b>6 Verifiche geotecniche</b>	<b>11</b>
6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette	12
6.2 Tensioni sul terreno	13
6.3 Calcolo dei cedimenti	13
6.4 Verifica a scorrimento	17
<b>7 Verifiche strutturali</b>	<b>19</b>
7.1 Verifica a pressoflessione retta della fondazione	19
7.2 Verifica delle tensioni di esercizio della fondazione	20
7.3 Verifica a fessurazione della fondazione	21



# 1 Introduzione – Sezionatore orizzontale AT, con lame di messa a terra

La fondazione per il sezionatore orizzontale AT, con lame di messa a terra ha una superficie in pianta pari a 5.10 x 1.70 m. Per favorire il collegamento con le strutture di supporto in acciaio sono stati definiti tre elementi di cemento armato di dimensioni pari a 0.70 x 0.5 m, dove due vengono disposti lungo la linea d'asse della fondazione ad interasse pari a 1.70 m dal centro in entrambi i lati, mentre il terzo è posizionato al centro, ma con una eccentricità rispetto ai centri di 0.45 m. I carichi utilizzati per il calcolo della fondazione sono i seguenti:

- Somma dei pesi delle strutture di supporto: 1050 + 55= 1105 daN = 11050 N
- Carico montaggio: 100 daN= 1000 N
- Peso del supporto: 650 daN= 6500 N

I carichi agenti sull'elemento centrale sono:

- Somma dei pesi delle strutture di supporto: 1050 + 55= 1105 daN = 11050 N
- Carico montaggio: 100 daN= 1000 N
- Peso del supporto: 85 daN= 850 N

Le azioni elementari al piede di fondazione, sono state fattorizzate a 1 di seguito vengono, perciò, riportate le differenti combinazioni utilizzate nel calcolo:

SLU: Non Sismica - Strutturale senza azioni geotecniche														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

## LEGENDA:

IdComb  
CC

Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU



SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

**LEGENDA:**

**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

SERVIZIO(SLE): Frequente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**LEGENDA:**

**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

SERVIZIO(SLE): Quasi permanente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**LEGENDA:**

**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y

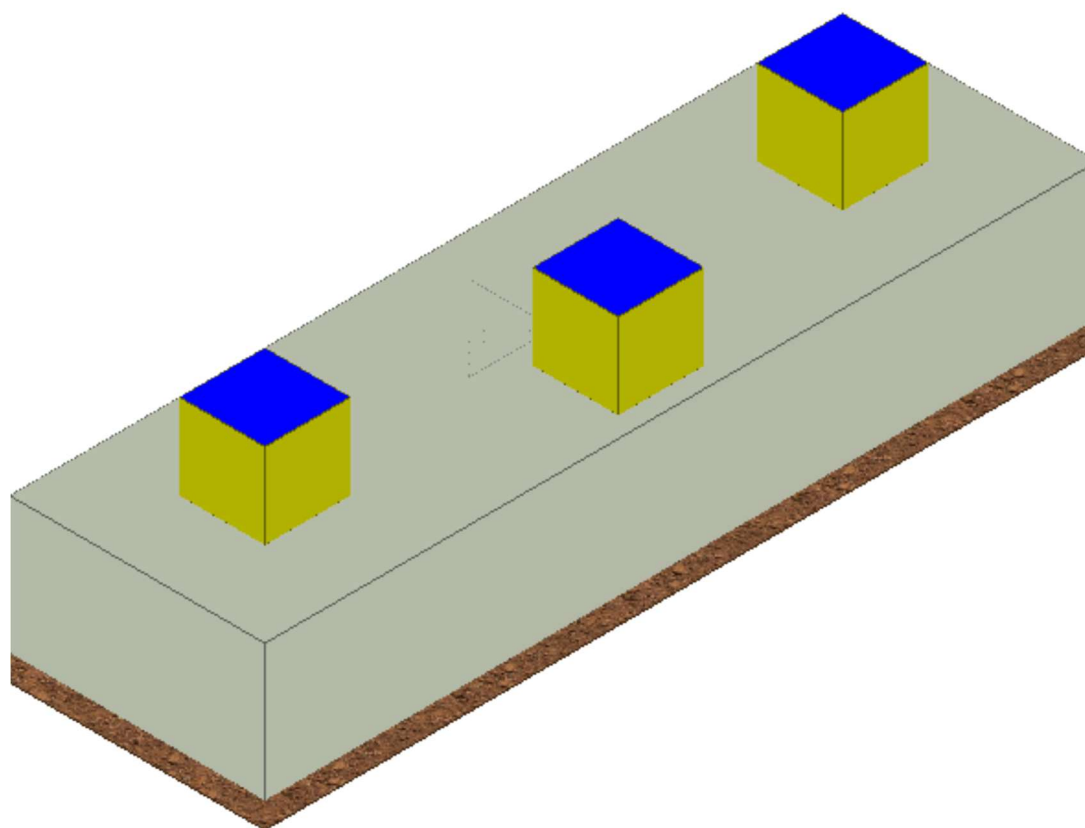




**SERVIZIO(SLE): Quasi permanente**

IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
			CC 08= C13_SLE											
			CC 09= C14_SLU,C(X)											
			CC 10= C15_SLU,C(Y)											
			CC 11= C16_SLU,C(Z)											
			CC 12= C17_SLE											
			CC 13= C18_SLU											
			CC 14= C19_SLU											

Viene riportate di seguito una vista assonometrica del modello utilizzato per il calcolo:



**Figura 1: vista tridimensionale della fondazione del SEZIONATORE ORIZZONATLE AT, CON LAME DI MESSA A TERRA**



## 2 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato				
											f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>	N	n Ac
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>															
002	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	003

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E·C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>cfm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	LMT	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	Caratteristiche acciaio		
																γ <sub>M7</sub>	Cnt	
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]								
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																		
003	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**f<sub>yk</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**f<sub>tk</sub>** Resistenza caratteristica a rottura  
**f<sub>yd</sub>** Resistenza di calcolo  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.



### 3 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

#### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	C <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]						
<b>CONGLOMERATI</b>										
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000
<b>SABBIE FINI</b>										
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	10	0	0,000
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>										
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000
<b>ARGILLE</b>										
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo del terreno.  
**γ<sub>T</sub>** Peso specifico del terreno.  
**K<sub>1</sub>** Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K<sub>1X</sub>), Y (K<sub>1Y</sub>), e Z (K<sub>1Z</sub>).  
**φ** Angolo di attrito del terreno.  
**C<sub>u</sub>** Coesione non drenata.  
**c'** Coesione efficace.  
**E<sub>d</sub>** Modulo edometrico.  
**E<sub>cu</sub>** Modulo elastico in condizione non drenate.  
**A<sub>S-B</sub>** Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

#### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]		Q <sub>f</sub> [m]		Cmp. S.	Add	ΔEd
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>							
T001		0,00		-4,00	incoerente	sciolto	nulla
T002		-4,00		-12,00	incoerente	sciolto	nulla
T003		-12,00		-20,00	incoerente	sciolto	nulla
T004		-20,00	INF		coerente	sciolto	nulla

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo della stratigrafia.  
**Q<sub>i</sub>** Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).  
**Q<sub>f</sub>** Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).  
**Cmp. S.** Comportamento dello strato.  
**Add** Addensamento dello strato.  
**ΔEd** Variazione con la profondità del modulo edometrico.

## 4 Analisi dei carichi

### 4.1 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{kj}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.



## 5 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

### 5.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.

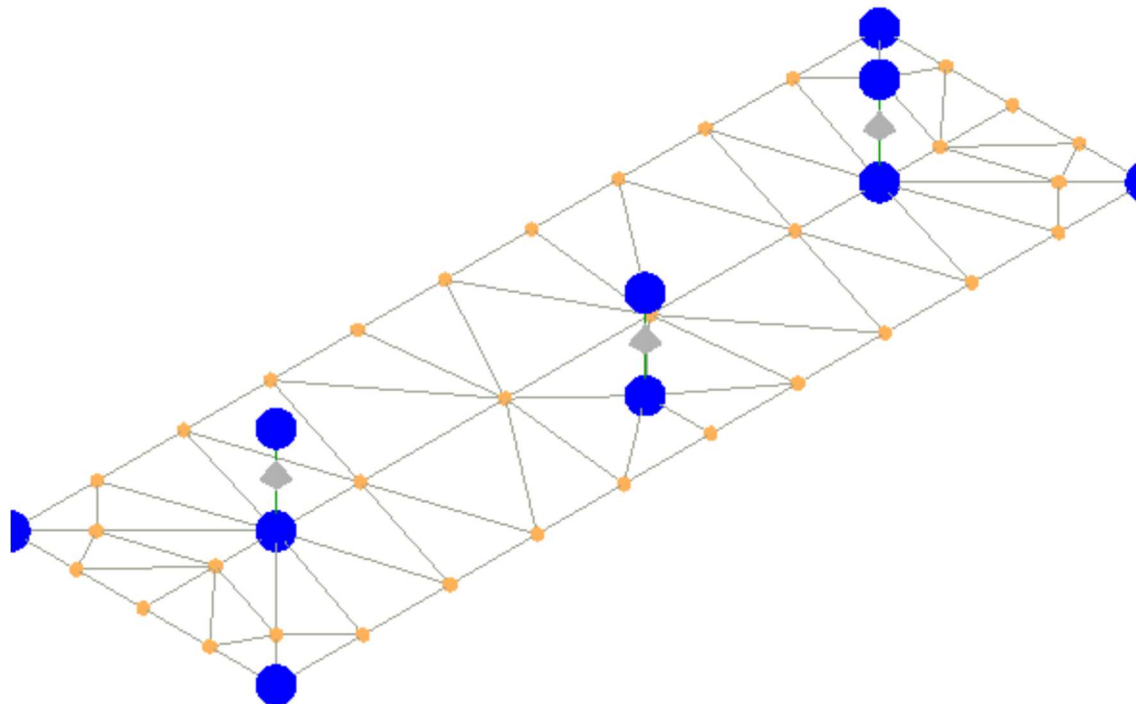


Figura 2: modello strutturale della fondazione

## 6 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15



Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q$  =  $\gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

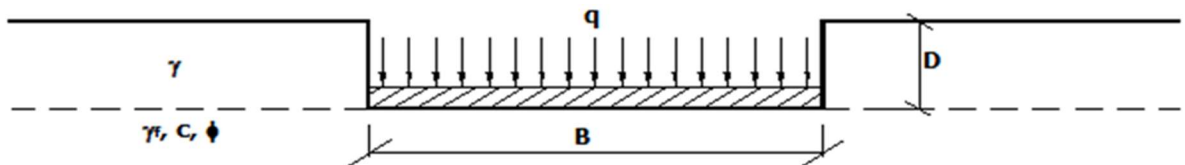
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub> [m]	L <sub>y</sub> [m]	Rt <sub>z</sub> [°]	Z <sub>p,cmp</sub> [m]	Z <sub>Fld</sub> [m]	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Q <sub>Rd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>			
Platea 1	10,66	4,90	1,50	180,00	0,95	16,50	NON Coesivo	1,26	1,27	0,74	20,63	32,67	25,99	0,031	0,331	NO

### LEGENDA:

**Id<sub>Fnd</sub>** Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.

**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR] = Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

**L<sub>x/y</sub>** Dimensioni dell'elemento di fondazione.

**Rt<sub>z</sub>** Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.

**Z<sub>p,cmp</sub>** Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.

**Z<sub>Fld</sub>** Profondità della falda dal piano campagna.

**Cmp T** Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.

**C.** Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.

### Terzaghi

**Q<sub>Ed</sub>** Carico di progetto sul terreno.

**Q<sub>Rd</sub>** Resistenza di progetto del terreno.

**R<sub>f</sub>** [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.



## 6.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

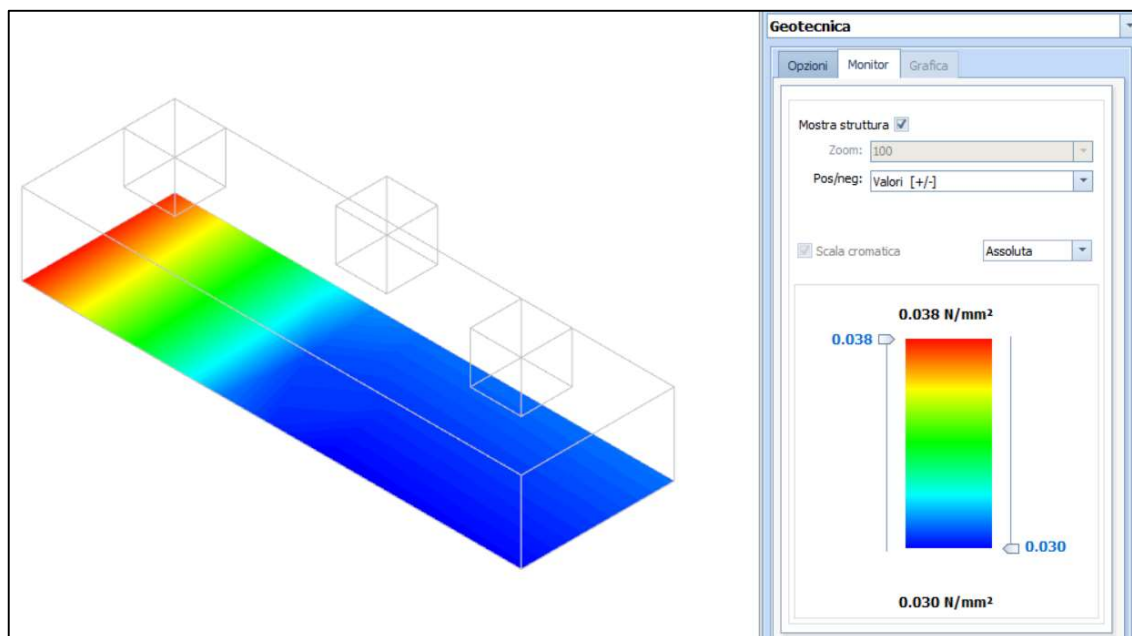


Figura 3: tensioni sul terreno

## 6.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

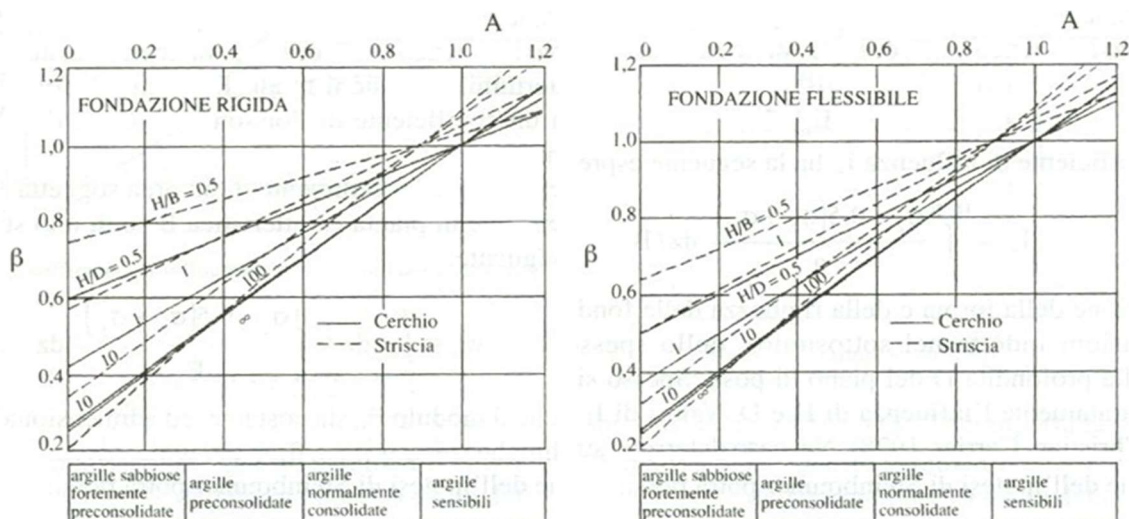
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$W_c = \beta \cdot W_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;
- $B$  è la larghezza caratteristica della fondazione,
- $I_w$  è il coefficiente di influenza.

Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:



$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz / B$$

in cui H è lo spessore dello strato deformabile e le  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta W_{ij} / L_{ij}$$

dove:

$D_{wij}$ : cedimento differenziale tra i punti i e j;

$L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti i e j.

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
<b>Idw</b>	<b>Nps</b>	<b>Nid</b>	<b>Wed</b> [cm]	<b>Wo</b> [cm]	<b>Wc</b> [cm]	<b>Wf</b> [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C1_SLE_X * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00004	G3	0,12	0,12	0,00	0,12
C0003	00006	G1	0,16	0,16	0,00	0,16
C0004	00010		0,11	0,11	0,00	0,11
C0005	00009		0,08	0,08	0,00	0,08
C0006	00008		0,09	0,09	0,00	0,09
C0007	00007		0,12	0,12	0,00	0,12
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C2_SLU_X * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00004	G3	0,11	0,11	0,00	0,11
C0003	00006	G1	0,17	0,17	0,00	0,17
C0004	00010		0,12	0,12	0,00	0,12
C0005	00009		0,08	0,08	0,00	0,08
C0006	00008		0,08	0,08	0,00	0,08
C0007	00007		0,12	0,12	0,00	0,12
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C3_SLU_X * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,08	0,08	0,00	0,08
C0002	00004	G3	0,13	0,13	0,00	0,13
C0003	00006	G1	0,19	0,19	0,00	0,19
C0004	00010		0,14	0,14	0,00	0,14
C0005	00009		0,09	0,09	0,00	0,09
C0006	00008		0,09	0,09	0,00	0,09
C0007	00007		0,14	0,14	0,00	0,14
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C4_SLE_Y * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00004	G3	0,14	0,14	0,00	0,14
C0003	00006	G1	0,14	0,14	0,00	0,14
C0004	00010		0,10	0,10	0,00	0,10
C0005	00009		0,10	0,10	0,00	0,10
C0006	00008		0,10	0,10	0,00	0,10
C0007	00007		0,10	0,10	0,00	0,10
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C5_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00004	G3	0,14	0,14	0,00	0,14
C0003	00006	G1	0,14	0,14	0,00	0,14
C0004	00010		0,11	0,11	0,00	0,11
C0005	00009		0,11	0,11	0,00	0,11
C0006	00008		0,09	0,09	0,00	0,09
C0007	00007		0,09	0,09	0,00	0,09
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C6_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,08	0,08	0,00	0,08
C0002	00004	G3	0,16	0,16	0,00	0,16
C0003	00006	G1	0,16	0,16	0,00	0,16
C0004	00010		0,12	0,12	0,00	0,12
C0005	00009		0,12	0,12	0,00	0,12
C0006	00008		0,11	0,11	0,00	0,11
C0007	00007		0,11	0,11	0,00	0,11



Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
Idw	Nps	Nid	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>o</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C13_SLE * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00004	G3	0,12	0,12	0,00	0,12
C0003	00006	G1	0,16	0,16	0,00	0,16
C0004	00010		0,11	0,11	0,00	0,11
C0005	00009		0,09	0,09	0,00	0,09
C0006	00008		0,09	0,09	0,00	0,09
C0007	00007		0,11	0,11	0,00	0,11
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C14_SLU,C(X) * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00004	G3	0,07	0,07	0,00	0,07
C0003	00006	G1	0,22	0,22	0,00	0,22
C0004	00010		0,17	0,17	0,00	0,17
C0005	00009		0,05	0,05	0,00	0,05
C0006	00008		0,04	0,04	0,00	0,04
C0007	00007		0,15	0,15	0,00	0,15
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C15_SLU,C(Y) * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00004	G3	0,12	0,12	0,00	0,12
C0003	00006	G1	0,17	0,17	0,00	0,17
C0004	00010		0,14	0,14	0,00	0,14
C0005	00009		0,11	0,11	0,00	0,11
C0006	00008		0,07	0,07	0,00	0,07
C0007	00007		0,10	0,10	0,00	0,10
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C16_SLU,C(Z) * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00004	G3	0,13	0,13	0,00	0,13
C0003	00006	G1	0,18	0,18	0,00	0,18
C0004	00010		0,13	0,13	0,00	0,13
C0005	00009		0,10	0,10	0,00	0,10
C0006	00008		0,09	0,09	0,00	0,09
C0007	00007		0,12	0,12	0,00	0,12
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C17_SLE * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00004	G3	0,14	0,14	0,00	0,14
C0003	00006	G1	0,14	0,14	0,00	0,14
C0004	00010		0,10	0,10	0,00	0,10
C0005	00009		0,10	0,10	0,00	0,10
C0006	00008		0,10	0,10	0,00	0,10
C0007	00007		0,10	0,10	0,00	0,10
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C18_SLU * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00004	G3	0,15	0,15	0,00	0,15
C0003	00006	G1	0,15	0,15	0,00	0,15
C0004	00010		0,10	0,10	0,00	0,10
C0005	00009		0,10	0,10	0,00	0,10
C0006	00008		0,11	0,11	0,00	0,11
C0007	00007		0,11	0,11	0,00	0,11
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C19_SLU * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,09	0,09	0,00	0,09
C0002	00004	G3	0,17	0,17	0,00	0,17
C0003	00006	G1	0,17	0,17	0,00	0,17
C0004	00010		0,12	0,12	0,00	0,12
C0005	00009		0,12	0,12	0,00	0,12
C0006	00008		0,12	0,12	0,00	0,12
C0007	00007		0,12	0,12	0,00	0,12
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00004	G3	0,08	0,08	0,00	0,08
C0003	00006	G1	0,08	0,08	0,00	0,08
C0004	00010		0,06	0,06	0,00	0,06
C0005	00009		0,06	0,06	0,00	0,06
C0006	00008		0,06	0,06	0,00	0,06
C0007	00007		0,06	0,06	0,00	0,06
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00005	G2	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00004	G3	0,08	0,08	0,00	0,08
C0003	00006	G1	0,08	0,08	0,00	0,08
C0004	00010		0,06	0,06	0,00	0,06
C0005	00009		0,06	0,06	0,00	0,06
C0006	00008		0,06	0,06	0,00	0,06
C0007	00007		0,06	0,06	0,00	0,06

**LEGENDA:**

**Idw** Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).  
**Nps** Numero identificativo del Punto Significativo.



Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
Idw	Nps	N <sub>id</sub>	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>o</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
N <sub>id</sub>	Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto). [*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.					
W <sub>ed</sub>	Cedimento edometrico.					
W <sub>o</sub>	Cedimento istantaneo.					
W <sub>c</sub>	Cedimento di consolidazione.					
W <sub>f</sub>	Cedimento finale.					

## 6.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione, F<sub>d</sub>) e la resistenza (R<sub>d</sub>), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.

La resistenza R<sub>d</sub> della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:

1. Componente dovuta all'attrito FRD1, pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan\phi;$$

dove:

N<sub>d</sub> = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

φ = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

2. Componente dovuta all'adesione FRD2, pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

A' = superficie efficace della base della fondazione;

c = coesione del terreno, pari alla coesione efficace (c') in condizioni drenate o alla coesione non drenata (c<sub>u</sub>) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento FRD3 della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna FR<sub>d</sub>, di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento R<sub>d</sub>, ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza γ<sub>R</sub> relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza γ<sub>R</sub> è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).



Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	V <sub>Ed</sub>	F <sub>RD1</sub>	F <sub>RD2</sub>	F <sub>RD3</sub>	F <sub>RD</sub>	CS
		[N]	[N·m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
Platea 1	B	216 994	11 053	14 393	118530	12029	16776	147335	10,24
	L	216 932	60 798	-14 391	118496	11636	54803	184935	12,85

#### LEGENDA:

- Elm** Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.  
**Dir** Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.  
**F<sub>RD1</sub>** Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.  
**F<sub>RD2</sub>** Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.  
**F<sub>RD3</sub>** Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.  
**F<sub>RD</sub>** Resistenza allo scorrimento.  
**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se  $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).  
**N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>, V<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.



## 7 Verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 7.1 Verifica a pressoflessione retta della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. della fondazione del sezionatore orizzontale AT, con lame di messa a terra.

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLU																			
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>Fondazione</b>																			
<b>Platea 1</b>																			
P	S	00004	0	0	0,06158	0,06158	-	00005	0	2 954	0,06158	0,06158	62,44	00006	0	590	0,06158	0,06158	NS
	I		0	4 958	0,06158	0,06158	37,20		0	0	0,06158	0,06158	-		0	2 871	0,06158	0,06158	64,24
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	3 836	0,06158	0,06158	48,08		0	1 167	0,06158	0,06158	NS		0	4 927	0,06158	0,06158	37,43
P	S	00007	0	0	0,06158	0,06158	-	00008	0	527	0,06158	0,06158	NS	00009	0	560	0,06158	0,06158	NS
	I		0	938	0,06158	0,06158	NS		0	101	0,06158	0,06158	NS		0	182	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	522	0,06158	0,06158	NS		0	586	0,06158	0,06158	NS
	I		0	908	0,06158	0,06158	NS		0	138	0,06158	0,06158	NS		0	200	0,06158	0,06158	NS
P	S	00010	0	0	0,06158	0,06158	-	00011	0	82	0,06158	0,06158	NS	00012	0	12 029	0,06158	0,06158	15,33
	I		0	907	0,06158	0,06158	NS		0	1 017	0,06158	0,06158	NS		0	123	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	2 149	0,06158	0,06158	85,82		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	847	0,06158	0,06158	NS		0	508	0,06158	0,06158	NS		0	3 900	0,06158	0,06158	47,29
P	S	00013	0	9 840	0,06158	0,06158	18,74	00014	0	6 773	0,06158	0,06158	27,23	00015	0	3 610	0,06158	0,06158	51,09
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1 478	0,06158	0,06158	NS		0	885	0,06158	0,06158	NS		0	1 434	0,06158	0,06158	NS
P	S	00016	0	2 903	0,06158	0,06158	63,53	00017	0	1 837	0,06158	0,06158	NS	00018	0	15	0,06158	0,06158	NS
	I		0	2 947	0,06158	0,06158	62,58		0	7 574	0,06158	0,06158	24,35		0	12 365	0,06158	0,06158	14,92
S	S		0	348	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	1 230	0,06158	0,06158	NS
	I		0	171	0,06158	0,06158	NS		0	2 298	0,06158	0,06158	80,26		0	1 232	0,06158	0,06158	NS
P	S	00019	0	0	0,06158	0,06158	-	00020	0	0	0,06158	0,06158	-	00021	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1 939	0,06158	0,06158	95,12		0	324	0,06158	0,06158	NS		0	104	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	2 785	0,06158	0,06158	66,22
	I		0	3 168	0,06158	0,06158	58,22		0	1 727	0,06158	0,06158	NS		0	2 397	0,06158	0,06158	76,94
P	S	00022	0	0	0,06158	0,06158	-	00023	0	0	0,06158	0,06158	-	00024	0	38	0,06158	0,06158	NS
	I		0	335	0,06158	0,06158	NS		0	1 723	0,06158	0,06158	NS		0	12 198	0,06158	0,06158	15,12



## Verifiche pressoflessione retta allo SLU

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
S	S		0	108	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	1382	0,06158	0,06158	NS
	I		0	1750	0,06158	0,06158	NS		0	3131	0,06158	0,06158	58,91		0	1311	0,06158	0,06158	NS
P	S	00025	0	1951	0,06158	0,06158	94,53	00026	0	3041	0,06158	0,06158	60,65	00027	0	2783	0,06158	0,06158	66,27
	I		0	7474	0,06158	0,06158	24,68		0	1760	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	208	0,06158	0,06158	NS
	I		0	2150	0,06158	0,06158	85,78		0	946	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
P	S	00028	0	5329	0,06158	0,06158	34,61	00029	0	9759	0,06158	0,06158	18,90	00030	0	12140	0,06158	0,06158	15,19
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	93	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	589	0,06158	0,06158	NS		0	1346	0,06158	0,06158	NS		0	3786	0,06158	0,06158	48,72
P	S	00031	0	274868	0,06158	0,06158	NS	00032	0	6338	0,06158	0,06158	NS	00033	0	094	0,06158	0,06158	-
	I		0	2176	0,06158	0,06158	84,76		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	495	0,06158	0,06158	NS		0	2780	0,06158	0,06158	66,34		0	6915	0,06158	0,06158	26,67
P	S	00034	0	76151	0,06158	0,06158	NS	00035	0	0508	0,06158	0,06158	-	00036	0	0457	0,06158	0,06158	-
	I		0	0	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	3050	0,06158	0,06158	60,47		0	1138	0,06158	0,06158	NS		0	1101	0,06158	0,06158	NS
P	S	00037	0	0	0,06158	0,06158	-	00038	0	0	0,06158	0,06158	-	00039	0	03	0,06158	0,06158	-
	I		0	782	0,06158	0,06158	NS		0	722	0,06158	0,06158	NS		0	3445	0,06158	0,06158	53,54
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1473	0,06158	0,06158	NS		0	1673	0,06158	0,06158	NS		0	8826	0,06158	0,06158	20,90
P	S	00040	0	12173	0,06158	0,06158	15,15	00041	0	5554	0,06158	0,06158	33,21	00042	0	3302	0,06158	0,06158	55,86
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	1186	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	2552	0,06158	0,06158	72,27		0	92	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	2187	0,06158	0,06158	84,33		0	1191	0,06158	0,06158	NS		0	2223	0,06158	0,06158	82,97
P	S	00043	0	1077	0,06158	0,06158	NS	00044	0	2145	0,06158	0,06158	85,98						
	I		0	10924	0,06158	0,06158	16,88		0	718	0,06158	0,06158	NS						
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	4260	0,06158	0,06158	43,29						
	I		0	6455	0,06158	0,06158	28,57		0	2755	0,06158	0,06158	66,95						

## LEGENDA:

Dir Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).

Pos Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.

A<sub>s</sub> Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.A<sub>df</sub> Armatura disponibile per la flessione

CS Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR] = Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub> Sollecitazioni di progetto.

## 7.2 Verifica delle tensioni di esercizio della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio della fondazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

## VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)





**verifiche delle tensioni di esercizio**

Nodo/ Tp <sub>mf</sub>	Dir	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio						
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo						
		Id <sub>cmb</sub>	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Id <sub>cmb</sub>	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato
			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]		
<b>Fondazione</b>		<b>Platea 1</b>													
00021	P	RAR	0,001	17,43	0	-115	NS	SI	RAR	0,014	360,00	0	-115	NS	SI
		QPR	0,001	13,07	0	-75	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	0,027	17,43	0	3 061	NS	SI	RAR	0,367	360,00	0	3 061	NS	SI
		QPR	0,008	13,07	0	-920	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-

**LEGENDA:**

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Id<sub>cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.
- σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=  $\sigma_{cd,amm}/\sigma_{cc}$  ;  $\sigma_{td,amm}/\sigma_{at}$ ). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta ( $\sigma_{cc} \leq \sigma_{cd,amm}$  ;  $\sigma_{at} \leq \sigma_{td,amm}$ ). [NO] = La verifica NON è soddisfatta ( $\sigma_{cc} > \sigma_{cd,amm}$  ;  $\sigma_{at} > \sigma_{td,amm}$ ).
- Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

### 7.3 Verifica a fessurazione della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione della fondazione.

#### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Nodo	Dir	Id <sub>cmb</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
<b>Fondazione</b>		<b>Platea 1 AA= PCA</b>											
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max σ<sub>ct,f</sub>)</b>													
00015	P	FRQ	-	-520	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-520	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
	S	FRQ	-	-1 155	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-1 155	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- Id<sub>cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- σ<sub>ct,f</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ<sub>t</sub> la sezione è soggetta a fessurazione.  
N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
- σ<sub>t</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
- ε<sub>sm</sub>** Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
- A<sub>e</sub>** Area efficace del calcestruzzo teso.
- Δ<sub>sm</sub>** Distanza media tra le fessure.
- W<sub>d</sub>** Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
- W<sub>amm</sub>** Valore ammissibile di apertura delle fessure.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=  $W_d / W_{amm}$ ). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle ( $W_d = 0$ ).
- Verificato** [SI] =  $W_d \leq W_{amm}$  ; [NO] =  $W_d > W_{amm}$





# ISOLATORE SBARRE AT





## Sommario

<b>ISOLATORE SBARRE AT</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione – Isolatore sbarre AT</b>	<b>3</b>
<b>2 Materiali impiegati</b>	<b>6</b>
<b>3 Terreni</b>	<b>7</b>
<b>4 Analisi dei carichi</b>	<b>8</b>
4.1 Combinazioni di carico	8
<b>5 Codice di calcolo impiegato</b>	<b>9</b>
5.1 Modello di calcolo	9
<b>6 Verifiche geotecniche</b>	<b>11</b>
6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette	12
6.2 Tensioni sul terreno	13
6.3 Calcolo dei cedimenti	13
6.4 Verifica a scorrimento	16
<b>7 Verifiche strutturali</b>	<b>18</b>
7.1 Verifica a pressoflessione retta del plinto	18
7.2 Verifica delle tensioni di esercizio del plinto	19
7.3 Verifica a fessurazione del plinto	19



## 1 Introduzione – Isolatore sbarre AT

La fondazione per l'isolatore sbarre AT ha una superficie in pianta di 1.60 x 1.60 m; per un opportuno ancoraggio con la struttura in acciaio di supporto è stato previsto un elemento in cemento armato di dimensioni pari a 0.7 x 0.5 m. I carichi che agiscono sul plinto sono i seguenti:

- Peso isolatore: 42 daN= 420 N
- Carico di montaggio: 100 daN= 1000 N
- Peso del supporto: 340 daN= 3400 N

Le azioni elementari al piede di fondazione, sono state fattorizzate a 1 di seguito vengono, perciò, riportate le differenti combinazioni utilizzate nel calcolo:

SLU: Non Sismica - Strutturale senza azioni geotecniche														
Id <sub>comb</sub>	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

### LEGENDA:

<b>Id<sub>comb</sub></b>	Numero identificativo della Combinazione di Carico.
<b>CC</b>	Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella. CC 01= Carico Permanente CC 02= C1_SLE_X CC 03= C2_SLU_X CC 04= C3_SLU_X CC 05= C4_SLE_Y CC 06= C5_SLU_Y CC 07= C6_SLU_Y CC 08= C13_SLE CC 09= C14_SLU,C(X) CC 10= C15_SLU,C(Y) CC 11= C16_SLU,C(Z) CC 12= C17_SLE CC 13= C18_SLU CC 14= C19_SLU

SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
Id <sub>comb</sub>	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00



SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

**LEGENDA:**

**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

SERVIZIO(SLE): Frequente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**LEGENDA:**

**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

SERVIZIO(SLE): Quasi permanente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**LEGENDA:**

**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

Viene riportate di seguito una vista assonometrica del modello utilizzato per il calcolo:

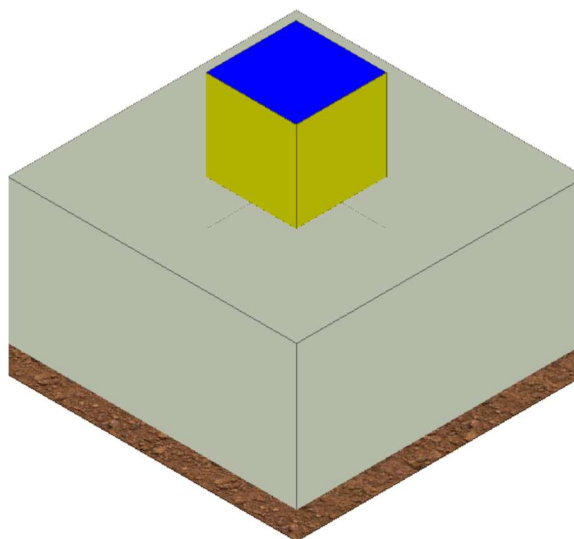


Figura 1: vista tridimensionale della fondazione dell'ISOLATORE SBARRE AT



## 2 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato					N	n Ac
											f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>ctm</sub>				
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>																	
002	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	003		

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E · C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>ctm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	LMT	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>	
																NCnt	Cnt
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																	
003	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**f<sub>yk</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**f<sub>tk</sub>** Resistenza caratteristica a rottura  
**f<sub>yd</sub>** Resistenza di calcolo  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.



### 3 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

#### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	c <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]						
<b>CONGLOMERATI</b>										
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000
<b>SABBIE FINI</b>										
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	10	0	0,000
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>										
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000
<b>ARGILLE</b>										
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo del terreno.  
**γ<sub>T</sub>** Peso specifico del terreno.  
**K<sub>1</sub>** Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K<sub>1X</sub>), Y (K<sub>1Y</sub>), e Z (K<sub>1Z</sub>).  
**φ** Angolo di attrito del terreno.  
**c<sub>u</sub>** Coesione non drenata.  
**c'** Coesione efficace.  
**E<sub>d</sub>** Modulo edometrico.  
**E<sub>cu</sub>** Modulo elastico in condizione non drenate.  
**A<sub>S-B</sub>** Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

#### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]	Q <sub>f</sub> [m]	Cmp. S.	Add	Stratigrafie
					ΔEd
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>					
T001	0,00	-4,00	incoerente	sciolto	nulla
T002	-4,00	-12,00	incoerente	sciolto	nulla
T003	-12,00	-20,00	incoerente	sciolto	nulla
T004	-20,00	INF	coerente	sciolto	nulla

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo della stratigrafia.  
**Q<sub>i</sub>** Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).  
**Q<sub>f</sub>** Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).  
**Cmp. S.** Comportamento dello strato.  
**Add** Addensamento dello strato.  
**ΔEd** Variazione con la profondità del modulo edometrico.



## 4 Analisi dei carichi

### 4.1 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{kj}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.



## 5 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

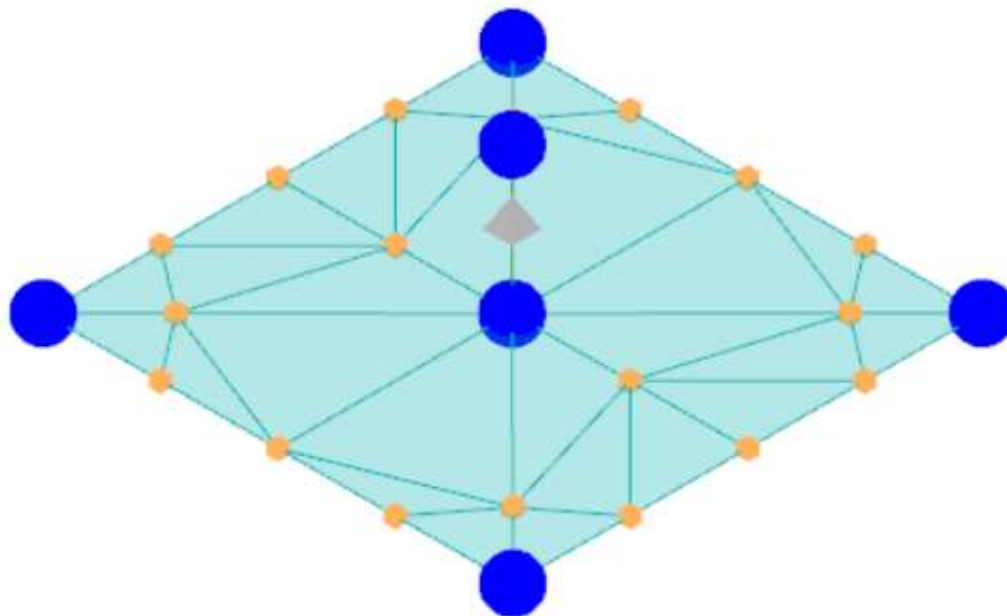
Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

### 5.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.



**Figura 2: modello strutturale della fondazione**



## 6 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	$\gamma_s$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15



Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q = \gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

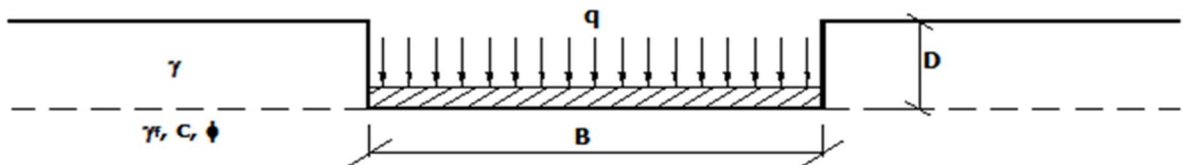
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



### Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p.cmp</sub>	Z <sub>Fid</sub>	Cmp T	C. Terzaghi								
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>	Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
		[m]	[m]	[°]	[m]	[m]								[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
Platea 1	7,99	1,60	1,60	90,00	0,95	16,50	NON Coesivo	1,60	1,64	0,64	20,63	32,67	25,99	0,044	0,351	NO

### LEGENDA:

<b>Id<sub>Fnd</sub></b>	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b>L<sub>x/y</sub></b>	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
<b>R<sub>tz</sub></b>	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
<b>Z<sub>p.cmp</sub></b>	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
<b>Z<sub>Fid</sub></b>	Profondità della falda dal piano campagna.
<b>Cmp T</b>	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
<b>C.</b>	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
<b>Terzaghi</b>	
<b>Q<sub>Ed</sub></b>	Carico di progetto sul terreno.
<b>Q<sub>Rd</sub></b>	Resistenza di progetto del terreno.
<b>R<sub>f</sub></b>	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

## 6.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

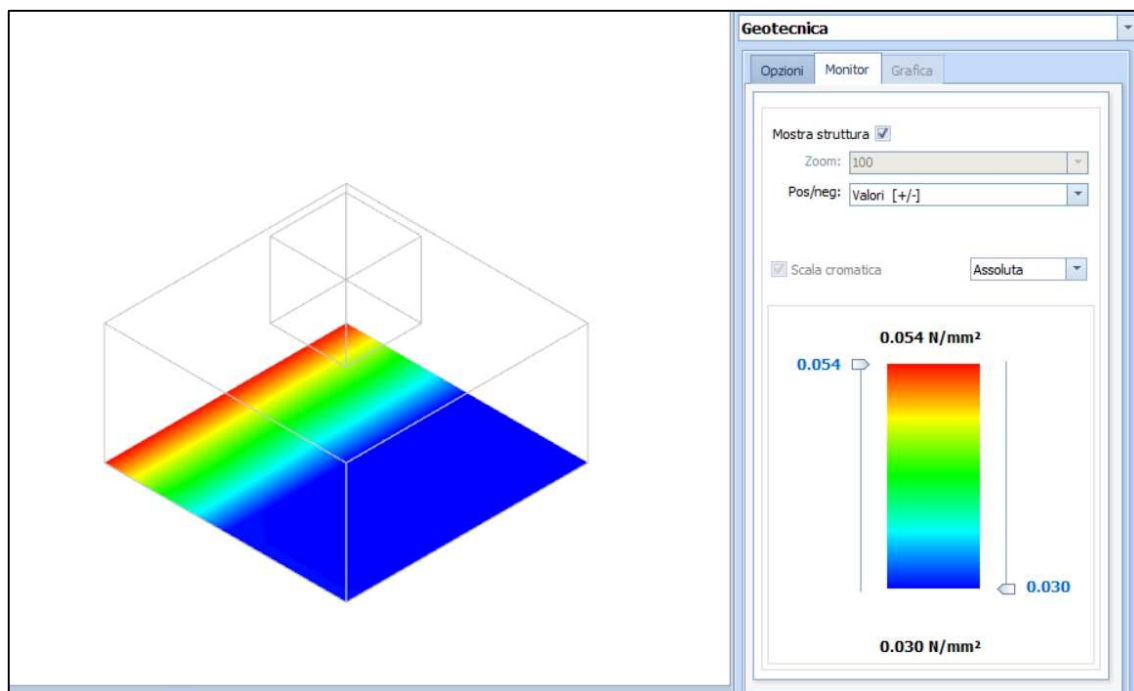


Figura 3: tensioni sul terreno

## 6.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

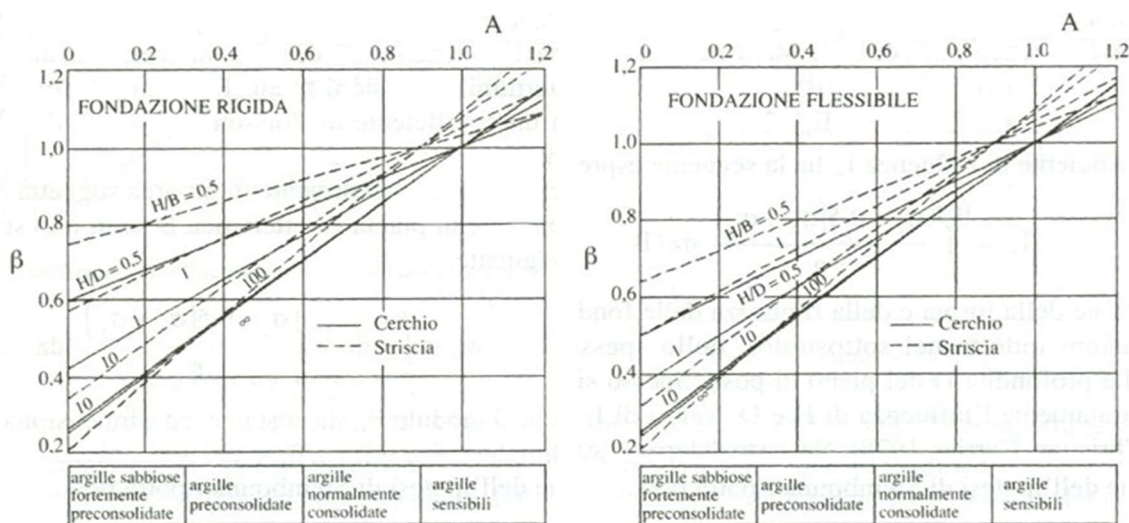
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$w_c = \beta \cdot w_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;
- $B$  è la larghezza caratteristica della fondazione,
- $I_w$  è il coefficiente di influenza.



Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:

$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$

in cui  $H$  è lo spessore dello strato deformabile e le  $s_x$  e  $s_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta W_{ij}/L_{ij};$$

dove:

$D_{wij}$ : cedimento differenziale tra i punti  $i$  e  $j$ ;

$L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti  $i$  e  $j$ .

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
Idw	Nps	Nid	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>o</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C1_SLE_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,08	0,08	0,00	0,08
C0003	00005		0,08	0,08	0,00	0,08
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C2_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C3_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C4_SLE_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,05	0,05	0,00	0,05
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,07	0,07	0,00	0,07
C0005	00003		0,05	0,05	0,00	0,05
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C5_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,05	0,05	0,00	0,05
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,07	0,07	0,00	0,07
C0005	00003		0,05	0,05	0,00	0,05
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C6_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,06	0,06	0,00	0,06
C0003	00005		0,08	0,08	0,00	0,08
C0004	00004		0,08	0,08	0,00	0,08
C0005	00003		0,06	0,06	0,00	0,06
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C13_SLE * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C14_SLU,C(X) * 1</b>						





Geotecnica - Calcolo dei cedimenti

Idw	Nps	Nid	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>0</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,15	0,15	0,00	0,15
C0003	00005		0,17	0,17	0,00	0,17
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C15_SLU,C(Y) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07
C0003	00005		0,11	0,11	0,00	0,11
C0004	00004		0,05	0,05	0,00	0,05
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C16_SLU,C(Z) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,10	0,10	0,00	0,10
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C17_SLE * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,06	0,06	0,00	0,06
C0003	00005		0,06	0,06	0,00	0,06
C0004	00004		0,06	0,06	0,00	0,06
C0005	00003		0,06	0,06	0,00	0,06
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C18_SLU * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,06	0,06	0,00	0,06
C0002	00006		0,06	0,06	0,00	0,06
C0003	00005		0,06	0,06	0,00	0,06
C0004	00004		0,06	0,06	0,00	0,06
C0005	00003		0,06	0,06	0,00	0,06
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C19_SLU * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,07	0,07	0,00	0,07
C0005	00003		0,07	0,07	0,00	0,07
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04

LEGENDA:

<b>Idw</b>	Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).
<b>Nps</b>	Numero identificativo del Punto Significativo.
<b>Nid</b>	Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto). [*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.
<b>W<sub>ed</sub></b>	Cedimento edometrico.
<b>W<sub>0</sub></b>	Cedimento istantaneo.
<b>W<sub>c</sub></b>	Cedimento di consolidazione.
<b>W<sub>f</sub></b>	Cedimento finale.

## 6.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione, F<sub>d</sub>) e la resistenza (R<sub>d</sub>), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.



La resistenza  $R_d$  della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:

1. Componente dovuta all'attrito  $FRD1$ , pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi;$$

dove:

$N_d$  = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

$\phi$  = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

2. Componente dovuta all'adesione  $FRD2$ , pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

$A'$  = superficie efficace della base della fondazione;

$c$  = coesione del terreno, pari alla coesione efficace ( $c'$ ) in condizioni drenate o alla coesione non drenata ( $c_u$ ) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento  $FRD3$  della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna  $FR_d$ , di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento  $R_d$ , ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	$N_{Ed}$ [N]	$M_{Ed}$ [N·m]	$V_{Ed}$ [N]	$FRD1$ [N]	$FRD2$ [N]	$FRD3$ [N]	$FRD$ [N]	CS
Platea 1	B	74 307	2 802	4 717	40589	3924	17895	62408	13,23
	L	74 304	22 805	-4 722	40588	2828	17895	61310	12,98

#### LEGENDA:

<b>Elm</b>	Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
<b>Dir</b>	Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
<b>FRD1</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
<b>FRD2</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
<b>FRD3</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
<b>FRD</b>	Resistenza allo scorrimento.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b><math>N_{Ed}</math>, <math>M_{Ed}</math>, <math>V_{Ed}</math></b>	Sollecitazioni di progetto.



## 7 Verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 7.1 Verifica a pressoflessione retta del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. del plinto di fondazione dell'isolatore sbarre AT.

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLU																			
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>Fondazione</b>																			
<b>Platea 1</b>																			
P	S	00002	0	0	0,06158	0,06158	-	00003	0	0	0,06158	0,06158	-	00004	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	2 655	0,06158	0,06158	69,61		0	450	0,06158	0,06158	NS		0	449	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	2 542	0,06158	0,06158	72,71		0	286	0,06158	0,06158	NS		0	285	0,06158	0,06158	NS
P	S	00005	0	120	0,06158	0,06158	NS	00006	0	125	0,06158	0,06158	NS	00007	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	181	0,06158	0,06158	NS		0	77	0,06158	0,06158	NS		0	136	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	482	0,06158	0,06158	NS		0	484	0,06158	0,06158	NS		0	1 044	0,06158	0,06158	NS
P	S	00008	0	168	0,06158	0,06158	NS	00009	0	0	0,06158	0,06158	-	00010	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	133	0,06158	0,06158	NS		0	2 808	0,06158	0,06158	65,82
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	145	0,06158	0,06158	NS
	I		0	5 007	0,06158	0,06158	36,91		0	992	0,06158	0,06158	NS		0	445	0,06158	0,06158	NS
P	S	00011	0	0	0,06158	0,06158	-	00012	0	1 273	0,06158	0,06158	NS	00013	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1 489	0,06158	0,06158	NS		0	892	0,06158	0,06158	NS		0	277	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	735	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	492	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	1 363	0,06158	0,06158	NS
P	S	00014	0	0	0,06158	0,06158	-	00015	0	0	0,06158	0,06158	-	00016	0	1 247	0,06158	0,06158	NS
	I		0	275	0,06158	0,06158	NS		0	275	0,06158	0,06158	NS		0	889	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	1 719	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	728	0,06158	0,06158	NS
	I		0	1 877	0,06158	0,06158	98,47		0	1 389	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
P	S	00017	0	0	0,06158	0,06158	-	00018	0	0	0,06158	0,06158	-	00019	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1 462	0,06158	0,06158	NS		0	2 788	0,06158	0,06158	66,29		0	2 240	0,06158	0,06158	82,51
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	134	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	498	0,06158	0,06158	NS		0	448	0,06158	0,06158	NS		0	688	0,06158	0,06158	NS
P	S	00020	0	1 281	0,06158	0,06158	NS	00021	0	1 259	0,06158	0,06158	NS	00022	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	491	0,06158	0,06158	NS		0	547	0,06158	0,06158	NS		0	2 237	0,06158	0,06158	82,62



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS		
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]		[N]	[N-m]
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		
			0	1 125	0,06158	0,06158	NS		0	1 141	0,06158	0,06158	NS		0	653	0,06158	0,06158	NS		
P	S	00023	0	0	0,06158	0,06158	-	00024	0	2 737	0,06158	0,06158	67,53								
			0	4 198	0,06158	0,06158	44,03		0	827	0,06158	0,06158	NS								
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	3 205	0,06158	0,06158	57,67								
			0	6 328	0,06158	0,06158	29,21		0	1 892	0,06158	0,06158	97,69								

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Pos** Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.
- A<sub>s</sub>** Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.
- A<sub>df</sub>** Armatura disponibile per la flessione
- CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.

## 7.2 Verifica delle tensioni di esercizio del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio del plinto di fondazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

### VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)

Nodo/ Tp <sub>rnf</sub>	Dir	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio						
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo						
		Idcmb	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Idcmb	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato
		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]			
<b>Fondazione</b>															
<b>Platea 1</b>															
00010	P	RAR	0,024	17,43	0	-2 695	NS	SI	RAR	0,331	360,00	0	-2 695	NS	SI
		QPR	0,003	13,07	0	-378	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	0,004	17,43	0	-456	NS	SI	RAR	0,056	360,00	0	-456	NS	SI
		QPR	0,000	13,07	0	35	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-

**LEGENDA:**

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Idcmb** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.
- σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ<sub>cd,amm</sub>/σ<sub>cc</sub> ; σ<sub>td,amm</sub>/σ<sub>at</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> ≤ σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> ≤ σ<sub>td,amm</sub>). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> > σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> > σ<sub>td,amm</sub>).
- Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

## 7.3 Verifica a fessurazione del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione del plinto di fondazione.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE



verifica allo stato limite di fessurazione

Nodo	Dir	IdCmb	N <sub>Ed</sub>		M <sub>Ed</sub>		σ <sub>ct,f</sub>		ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]							
Fondazione			Platea 1				AA= PCA								
NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max σ <sub>ct,f</sub> )															
00014	P	FRQ	-	-34	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0	0,000	0,400	-	SI	
		QPR	-	-34	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0	0,000	0,300	-	SI	
	S	FRQ	-	-850	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0	0,000	0,400	-	SI	
		QPR	-	-850	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0	0,000	0,300	-	SI	

LEGENDA:

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- IdCmb** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- σ<sub>ct,f</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ<sub>t</sub> la sezione è soggetta a fessurazione.  
N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
- σ<sub>t</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
- ε<sub>sm</sub>** Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
- A<sub>e</sub>** Area efficace del calcestruzzo teso.
- Δ<sub>sm</sub>** Distanza media tra le fessure.
- W<sub>d</sub>** Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
- W<sub>amm</sub>** Valore ammissibile di apertura delle fessure.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=W<sub>d</sub> / W<sub>amm</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W<sub>d</sub> = 0).
- Verificato** [SI] = W<sub>d</sub> ≤ W<sub>amm</sub>; [NO] = W<sub>d</sub> > W<sub>amm</sub>



# **SUPPORTO SBARRE A CANDELABRO**





## 1 Introduzione – Supporto sbarre a candelabro

La fondazione per il supporto sbarre a candelabro ha una superficie in pianta di 1.30 x 1.30 m; per un opportuno ancoraggio con la struttura in acciaio di supporto è stato previsto un elemento in cemento armato di dimensioni pari a 0.7 x 0.5 m. I carichi che agiscono sul plinto sono i seguenti:

- Peso apparecchiatura: 340 daN= 3400 N
- Peso sbarre: 50 daN= 500 N
- Carico di montaggio: 100 daN= 1000 N
- Peso del supporto: 180 daN= 1800 N

Le azioni elementari al piede di fondazione, sono state fattorizzate a 1 di seguito vengono, perciò, riportate le differenti combinazioni utilizzate nel calcolo:

SLU: Non Sismica - Strutturale senza azioni geotecniche														
Id <sub>Comb</sub>	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

### LEGENDA:

Id <sub>Comb</sub>	Numero identificativo della Combinazione di Carico.
CC	Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.
	CC 01= Carico Permanente
	CC 02= C1_SLE_X
	CC 03= C2_SLU_X
	CC 04= C3_SLU_X
	CC 05= C4_SLE_Y
	CC 06= C5_SLU_Y
	CC 07= C6_SLU_Y
	CC 08= C13_SLE
	CC 09= C14_SLU,C(X)
	CC 10= C15_SLU,C(Y)
	CC 11= C16_SLU,C(Z)
	CC 12= C17_SLE
	CC 13= C18_SLU
	CC 14= C19_SLU

SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
Id <sub>Comb</sub>	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00



SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

**LEGENDA:**

**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

SERVIZIO(SLE): Frequente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**LEGENDA:**

**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

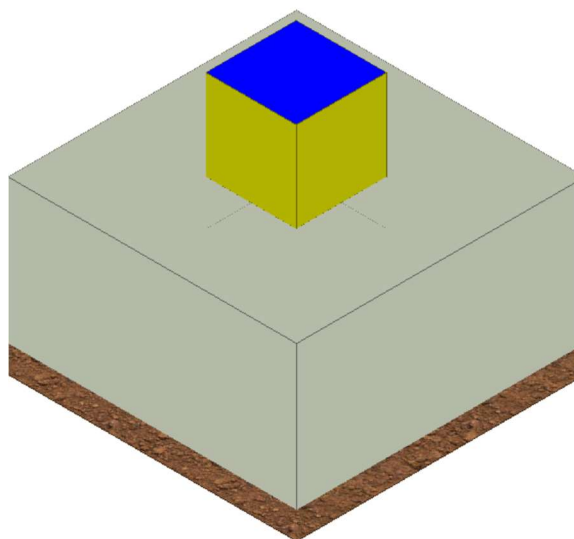
SERVIZIO(SLE): Quasi permanente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**LEGENDA:**

**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

Viene riportate di seguito una vista assonometrica del modello utilizzato per il calcolo:





**Figura 1: vista tridimensionale della fondazione del SUPPORTO SBARRE A CANDELABRO**



## 2 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato				
											f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>	N	n Ac
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>															
002	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	003

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E · C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>cfm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	LMT	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>		
																NCnt	Cnt	
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]								
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																		
003	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**f<sub>yk</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**f<sub>tk</sub>** Resistenza caratteristica a rottura  
**f<sub>yd</sub>** Resistenza di calcolo  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.



## 3 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	C <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>	Terreni
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]							A <sub>S-B</sub>
<b>CONGLOMERATI</b>											
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000	
<b>SABBIE FINI</b>											
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	10	0	0,000	
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>											
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000	
<b>ARGILLE</b>											
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000	

#### LEGENDA:

<b>N<sub>TRN</sub></b>	Numero identificativo del terreno.
<b>γ<sub>T</sub></b>	Peso specifico del terreno.
<b>K<sub>1</sub></b>	Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K <sub>1X</sub> ), Y (K <sub>1Y</sub> ), e Z (K <sub>1Z</sub> ).
<b>φ</b>	Angolo di attrito del terreno.
<b>C<sub>u</sub></b>	Coesione non drenata.
<b>c'</b>	Coesione efficace.
<b>E<sub>d</sub></b>	Modulo edometrico.
<b>E<sub>cu</sub></b>	Modulo elastico in condizione non drenate.
<b>A<sub>S-B</sub></b>	Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]	Q <sub>f</sub> [m]	Cmp. S.	Add	Stratigrafie
					ΔEd
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>					
T001	0,00	-4,00	incoerente	sciolto	nulla
T002	-4,00	-12,00	incoerente	sciolto	nulla
T003	-12,00	-20,00	incoerente	sciolto	nulla
T004	-20,00	INF	coerente	sciolto	nulla

#### LEGENDA:

<b>N<sub>TRN</sub></b>	Numero identificativo della stratigrafia.
<b>Q<sub>i</sub></b>	Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).
<b>Q<sub>f</sub></b>	Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).
<b>Cmp. S.</b>	Comportamento dello strato.
<b>Add</b>	Addensamento dello strato.
<b>ΔEd</b>	Variazione con la profondità del modulo edometrico.

## 4 Analisi dei carichi

### 4.1 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{kj}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.



## 5 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

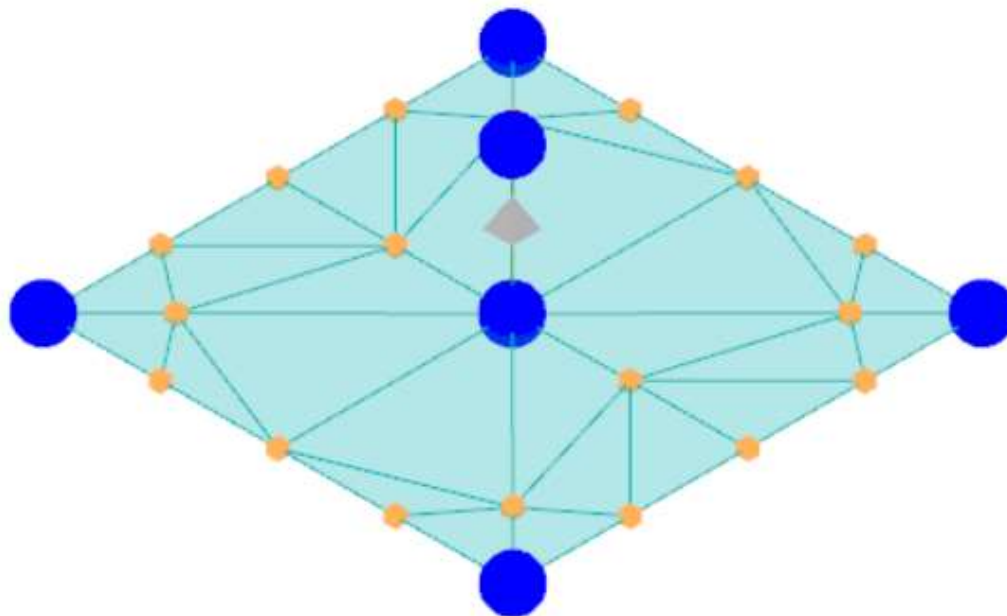
Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

### 5.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.



**Figura 2: modello strutturale della fondazione**

## 6 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	$\gamma_s$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15



Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q$  =  $\gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

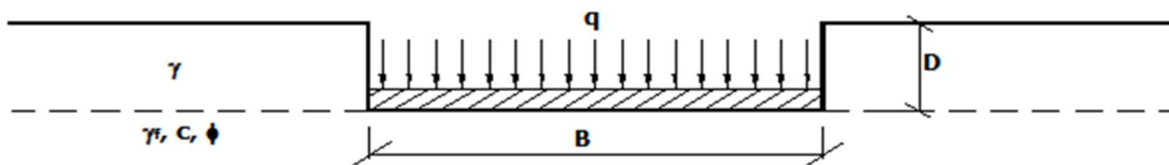
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p,cmp</sub>	Z <sub>Fld</sub>	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>			
Platea 1	9,98	1,30	1,30	90,00	0,95	16,50	NON Coesivo	1,77	1,81	0,64	20,63	32,67	25,99	0,038	0,378	NO

### LEGENDA:

<b>Id<sub>Fnd</sub></b>	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b>L<sub>x/y</sub></b>	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
<b>R<sub>tz</sub></b>	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
<b>Z<sub>p,cmp</sub></b>	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
<b>Z<sub>Fld</sub></b>	Profondità della falda dal piano campagna.
<b>Cmp T</b>	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
<b>C.</b>	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
<b>Terzaghi</b>	
<b>Q<sub>Ed</sub></b>	Carico di progetto sul terreno.
<b>Q<sub>Rd</sub></b>	Resistenza di progetto del terreno.
<b>R<sub>f</sub></b>	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.



## 6.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

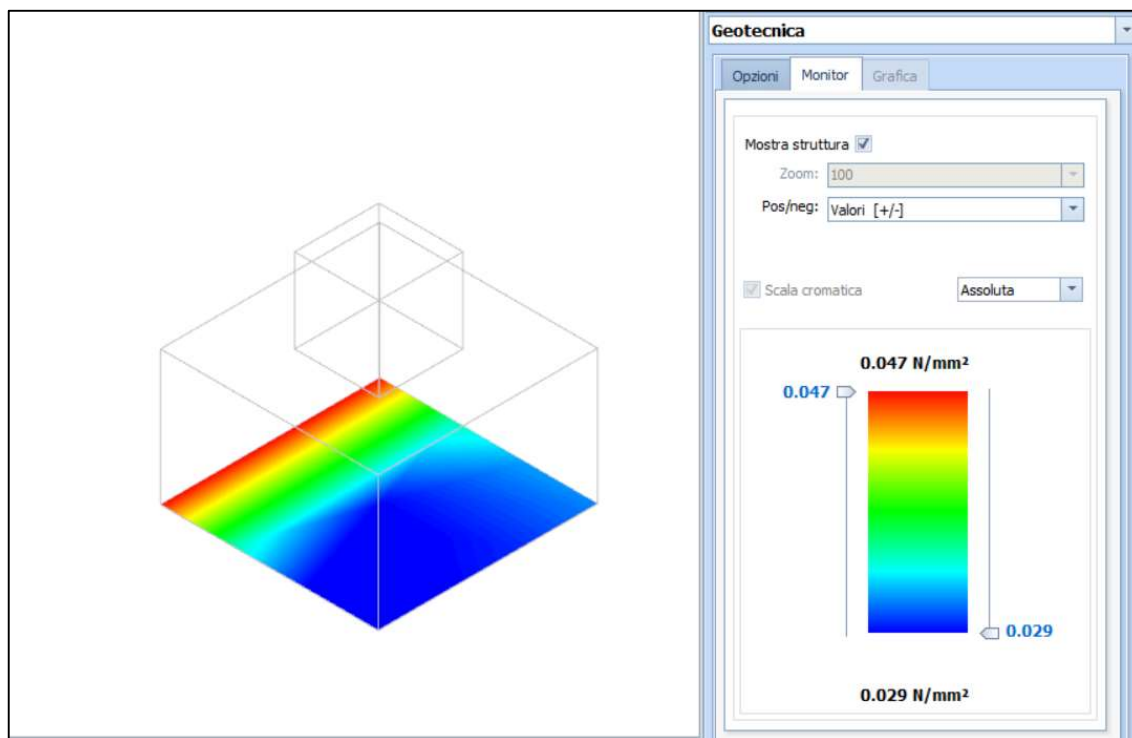


Figura 3: tensioni sul terreno

## 6.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

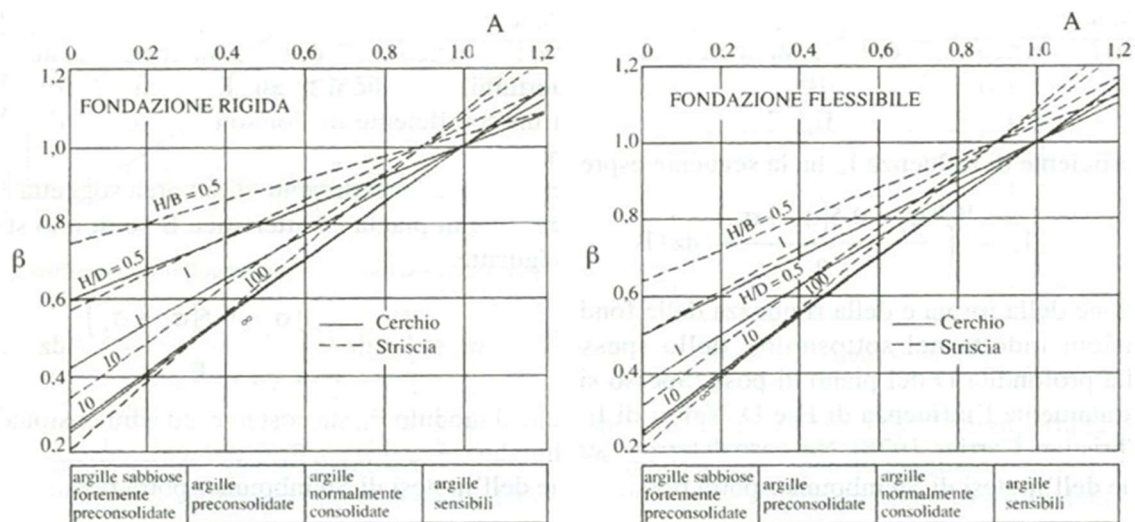
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$w_c = \beta \cdot w_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;



B è la larghezza caratteristica della fondazione,  
 $I_w$  è il coefficiente di influenza.

Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:

$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$

in cui H è lo spessore dello strato deformabile e le  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta W_{ij}/L_{ij};$$

dove:

$D_{w_{ij}}$ : cedimento differenziale tra i punti i e j;

$L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti i e j.

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
Idw	Nps	Nid	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>o</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C1_SLE_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C2_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,01	0,01	0,00	0,01
C0005	00003		0,01	0,01	0,00	0,01
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C3_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C4_SLE_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C5_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C6_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,05	0,05	0,00	0,05
C0003	00005		0,05	0,05	0,00	0,05
C0004	00004		0,05	0,05	0,00	0,05
C0005	00003		0,05	0,05	0,00	0,05
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C13_SLE * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04



Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
Idw	Nps	Nid	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>o</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C14_SLU,C(X) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,08	0,08	0,00	0,08
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C15_SLU,C(Y) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,06	0,06	0,00	0,06
C0003	00005		0,05	0,05	0,00	0,05
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C16_SLU,C(Z) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,05	0,05	0,00	0,05
C0003	00005		0,05	0,05	0,00	0,05
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C17_SLE * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C18_SLU * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C19_SLU * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,05	0,05	0,00	0,05
C0002	00006		0,05	0,05	0,00	0,05
C0003	00005		0,05	0,05	0,00	0,05
C0004	00004		0,05	0,05	0,00	0,05
C0005	00003		0,05	0,05	0,00	0,05
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00006		0,03	0,03	0,00	0,03
C0003	00005		0,03	0,03	0,00	0,03
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02
C0002	00006		0,03	0,03	0,00	0,03
C0003	00005		0,03	0,03	0,00	0,03
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03

#### LEGENDA:

<b>Idw</b>	Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).
<b>Nps</b>	Numero identificativo del Punto Significativo.
<b>Nid</b>	Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto). [*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.
<b>W<sub>ed</sub></b>	Cedimento edometrico.
<b>W<sub>o</sub></b>	Cedimento istantaneo.
<b>W<sub>c</sub></b>	Cedimento di consolidazione.
<b>W<sub>f</sub></b>	Cedimento finale.

## 6.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione, F<sub>d</sub>) e la resistenza (R<sub>d</sub>), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.



La resistenza  $R_d$  della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:

1. Componente dovuta all'attrito  $FRD1$ , pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi;$$

dove:

$N_d$  = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

$\phi$  = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

2. Componente dovuta all'adesione  $FRD2$ , pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

$A'$  = superficie efficace della base della fondazione;

$c$  = coesione del terreno, pari alla coesione efficace ( $c'$ ) in condizioni drenate o alla coesione non drenata ( $c_u$ ) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento  $FRD3$  della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna  $FR_d$ , di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento  $R_d$ , ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	$N_{Ed}$	$M_{Ed}$	$V_{Ed}$	$FRD1$	$FRD2$	$FRD3$	$FRD$	CS
		[N]	[N-m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	
Platea 1	B	48 035	-1 466	1 430	26238	2759	14484	43481	30,41
	L	48 036	8 154	-1 698	26239	2269	14581	43089	25,38

#### LEGENDA:

<b>Elm</b>	Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
<b>Dir</b>	Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
<b>FRD1</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
<b>FRD2</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
<b>FRD3</b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
<b>FRD</b>	Resistenza allo scorrimento.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b><math>N_{Ed}</math>, <math>M_{Ed}</math>, <math>V_{Ed}</math></b>	Sollecitazioni di progetto.



## 7 Verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 7.1 Verifica a pressoflessione retta del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. del plinto di fondazione del supporto sbarre a candelabro .

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLU																			
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>Fondazione</b>																			
<b>Platea 1</b>																			
P	S	00002	0	0	0,06158	0,06158	-	00003	0	0	0,06158	0,06158	-	00004	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1290	0,06158	0,06158	NS		0	145	0,06158	0,06158	NS		0	166	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1425	0,06158	0,06158	NS		0	254	0,06158	0,06158	NS		0	273	0,06158	0,06158	NS
P	S	00005	0	0	0,06158	0,06158	-	00006	0	0	0,06158	0,06158	-	00007	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	419	0,06158	0,06158	NS		0	416	0,06158	0,06158	NS		0	121	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	242	0,06158	0,06158	NS		0	241	0,06158	0,06158	NS		0	1227	0,06158	0,06158	NS
P	S	00008	0	0	0,06158	0,06158	-	00009	0	0	0,06158	0,06158	-	00010	0	237	0,06158	0,06158	NS
	I		0	222	0,06158	0,06158	NS		0	166	0,06158	0,06158	NS		0	470	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	386	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1244	0,06158	0,06158	NS		0	449	0,06158	0,06158	NS		0	1238	0,06158	0,06158	NS
P	S	00011	0	0	0,06158	0,06158	-	00012	0	0	0,06158	0,06158	-	00013	0	218	0,06158	0,06158	NS
	I		0	216	0,06158	0,06158	NS		0	94	0,06158	0,06158	NS		0	557	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	839	0,06158	0,06158	NS		0	919	0,06158	0,06158	NS		0	1239	0,06158	0,06158	NS
P	S	00014	0	0	0,06158	0,06158	-	00015	0	0	0,06158	0,06158	-	00016	0	308	0,06158	0,06158	NS
	I		0	1147	0,06158	0,06158	NS		0	907	0,06158	0,06158	NS		0	432	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	377	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	413	0,06158	0,06158	NS		0	621	0,06158	0,06158	NS		0	540	0,06158	0,06158	NS
P	S	00017	0	302	0,06158	0,06158	NS	00018	0	0	0,06158	0,06158	-	00019	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	298	0,06158	0,06158	NS		0	897	0,06158	0,06158	NS		0	1675	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	898	0,06158	0,06158	NS		0	914	0,06158	0,06158	NS		0	3119	0,06158	0,06158	59,26
P	S	00020	0	954	0,06158	0,06158	NS												
	I		0	306	0,06158	0,06158	NS												
S	S		0	1098	0,06158	0,06158	NS												
	I		0	1097	0,06158	0,06158	NS												

#### LEGENDA:

**Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).

**Pos** Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.

**A<sub>s</sub>** Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>A<sub>df</sub></b>			Armatura disponibile per la flessione																
<b>CS</b>			Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).																
<b>N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub></b>			Sollecitazioni di progetto.																

## 7.2 Verifica delle tensioni di esercizio del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio del plinto di fondazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

### VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)

Nodo/ T <sub>prinf</sub>	Dir	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio							
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo							
		Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	
		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				
<b>Fondazione</b>																
<b>Platea 1</b>																
00012	P	RAR	0,001	17,43	0	-108	NS	SI	RAR	0,013	360,00	0	-108	NS	SI	
		QPR	0,001	13,07	0	-133	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-	
	S	RAR	0,008	17,43	0	-871	NS	SI	RAR	0,107	360,00	0	-871	NS	SI	
		QPR	0,004	13,07	0	-416	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-	

**LEGENDA:**

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Id<sub>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.
- σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ<sub>cd,amm</sub>/σ<sub>cc</sub>; σ<sub>td,amm</sub>/σ<sub>at</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> ≤ σ<sub>cd,amm</sub>; σ<sub>at</sub> ≤ σ<sub>td,amm</sub>). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> > σ<sub>cd,amm</sub>; σ<sub>at</sub> > σ<sub>td,amm</sub>).
- Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

## 7.3 Verifica a fessurazione del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione del plinto di fondazione.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Nodo	Dir	Id <sub>Cmb</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
<b>Fondazione</b>													
<b>Platea 1</b>													
<b>AA= PCA</b>													
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max σ<sub>ct,f</sub>)</b>													
00007	P	FRQ	-	-133	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-133	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
	S	FRQ	-	-418	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-418	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- Id<sub>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- σ<sub>ct,f</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ<sub>t</sub> la sezione è soggetta a fessurazione.
- σ<sub>t</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM]. N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.



verifica allo stato limite di fessurazione

Nodo	Dir	Id <sub>Cmb</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]		

2018].

ε<sub>sm</sub> Deformazione unitaria media delle barre di armatura.

A<sub>e</sub> Area efficace del calcestruzzo teso.

Δ<sub>sm</sub> Distanza media tra le fessure.

W<sub>d</sub> Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.

W<sub>amm</sub> Valore ammissibile di apertura delle fessure.

CS Coefficiente di Sicurezza (=W<sub>d</sub> / W<sub>amm</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W<sub>d</sub> = 0).

Verificato [SI] = W<sub>d</sub> ≤ W<sub>amm</sub>; [NO] = W<sub>d</sub> > W<sub>amm</sub>





# TERMINALE CAVO





## Sommario

<b>TERMINALE CAVO</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione – Terminale cavo</b>	<b>3</b>
<b>2 Materiali impiegati</b>	<b>6</b>
<b>3 Terreni</b>	<b>7</b>
<b>4 Analisi dei carichi</b>	<b>8</b>
4.1 Combinazioni di carico	8
<b>5 Codice di calcolo impiegato</b>	<b>9</b>
5.1 Modello di calcolo	9
<b>6 Verifiche geotecniche</b>	<b>11</b>
6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette	12
6.2 Tensioni sul terreno	13
6.3 Calcolo dei cedimenti	13
6.4 Verifica a scorrimento	16
<b>7 Verifiche strutturali</b>	<b>18</b>
7.1 Verifica a pressoflessione retta del plinto	18
7.2 Verifica delle tensioni di esercizio del plinto	19
7.3 Verifica a fessurazione del plinto	19



## 1 Introduzione – Terminale cavo

La fondazione per il terminale cavo ha una superficie in pianta di 1.60 x 1.60 m; per un opportuno ancoraggio con la struttura in acciaio di supporto è stato previsto un elemento in cemento armato di dimensioni pari a 0.7 x 0.5 m. I carichi che agiscono sul plinto sono i seguenti:

- Peso apparecchiature terminale: 28+136 daN= 164 daN= 1640 N
- Peso scaricatore di sovratensione: 42 daN= 420 N
- Carico di montaggio: 100 daN= 1000 N
- Peso del supporto: 340 daN= 3400 N

Le azioni elementari al piede di fondazione, sono state fattorizzate a 1 di seguito vengono, perciò, riportate le differenti combinazioni utilizzate nel calcolo:

SLU: Non Sismica - Strutturale senza azioni geotecniche														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,30	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,30	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

### LEGENDA:

IdComb  
CC

Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

#### LEGENDA:

**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

SERVIZIO(SLE): Frequente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### LEGENDA:

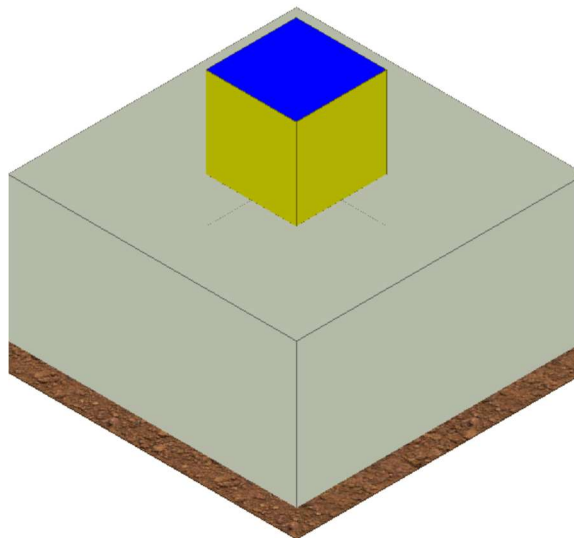
**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

SERVIZIO(SLE): Quasi permanente														
IdComb	CC 01	CC 02	CC 03	CC 04	CC 05	CC 06	CC 07	CC 08	CC 09	CC 10	CC 11	CC 12	CC 13	CC 14
01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### LEGENDA:

**IdComb** Numero identificativo della Combinazione di Carico.  
**CC** Identificativo della tipologia di carico nella relativa tabella.  
CC 01= Carico Permanente  
CC 02= C1\_SLE\_X  
CC 03= C2\_SLU\_X  
CC 04= C3\_SLU\_X  
CC 05= C4\_SLE\_Y  
CC 06= C5\_SLU\_Y  
CC 07= C6\_SLU\_Y  
CC 08= C13\_SLE  
CC 09= C14\_SLU,C(X)  
CC 10= C15\_SLU,C(Y)  
CC 11= C16\_SLU,C(Z)  
CC 12= C17\_SLE  
CC 13= C18\_SLU  
CC 14= C19\_SLU

Viene riportate di seguito una vista assonometrica del modello utilizzato per il calcolo:



**Figura 1: vista tridimensionale della fondazione del TERMINALE CAVO**



## 2 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato					N	n Ac
											f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>ctm</sub>				
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>																	
002	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	003		

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E · C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>ctm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	LMT	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>	
																NCnt	Cnt
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																	
003	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**f<sub>yk</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**f<sub>tk</sub>** Resistenza caratteristica a rottura  
**f<sub>yd</sub>** Resistenza di calcolo  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.



## 3 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	c <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>	Terreni
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]							A <sub>S-B</sub>
<b>CONGLOMERATI</b>											
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000	
<b>SABBIE FINI</b>											
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	10	0	0,000	
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>											
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000	
<b>ARGILLE</b>											
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000	

#### LEGENDA:

<b>N<sub>TRN</sub></b>	Numero identificativo del terreno.
<b>γ<sub>T</sub></b>	Peso specifico del terreno.
<b>K<sub>1</sub></b>	Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K <sub>1X</sub> ), Y (K <sub>1Y</sub> ), e Z (K <sub>1Z</sub> ).
<b>φ</b>	Angolo di attrito del terreno.
<b>c<sub>u</sub></b>	Coesione non drenata.
<b>c'</b>	Coesione efficace.
<b>E<sub>d</sub></b>	Modulo edometrico.
<b>E<sub>cu</sub></b>	Modulo elastico in condizione non drenate.
<b>A<sub>S-B</sub></b>	Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]	Q <sub>f</sub> [m]	Cmp. S.	Add	Stratigrafie
					ΔEd
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>					
T001	0,00	-4,00	incoerente	sciolto	nulla
T002	-4,00	-12,00	incoerente	sciolto	nulla
T003	-12,00	-20,00	incoerente	sciolto	nulla
T004	-20,00	INF	coerente	sciolto	nulla

#### LEGENDA:

<b>N<sub>TRN</sub></b>	Numero identificativo della stratigrafia.
<b>Q<sub>i</sub></b>	Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).
<b>Q<sub>f</sub></b>	Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).
<b>Cmp. S.</b>	Comportamento dello strato.
<b>Add</b>	Addensamento dello strato.
<b>ΔEd</b>	Variazione con la profondità del modulo edometrico.



## 4 Analisi dei carichi

### 4.1 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{kj}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.





## 5 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

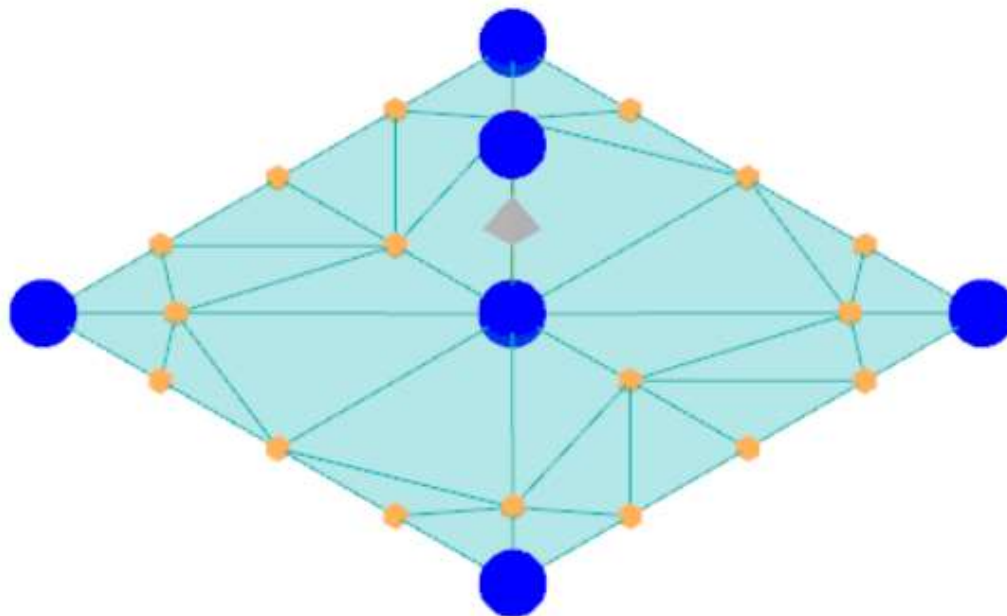
Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

### 5.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.



**Figura 2: modello strutturale della fondazione**

## 6 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	$\gamma_s$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15



Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q$  =  $\gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

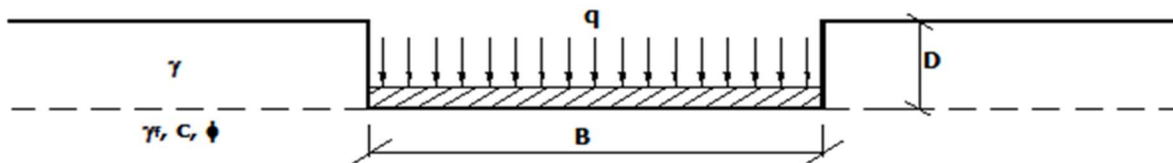
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p,cmp</sub>	Z <sub>Fld</sub>	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>			
Platea 1	8,68	1,60	1,60	0,00	0,95	16,50	NON Coesivo	1,59	1,62	0,69	20,63	32,67	25,99	0,045	0,391	NO

### LEGENDA:

<b>Id<sub>Fnd</sub></b>	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b>L<sub>x/y</sub></b>	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
<b>R<sub>tz</sub></b>	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
<b>Z<sub>p,cmp</sub></b>	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
<b>Z<sub>Fld</sub></b>	Profondità della falda dal piano campagna.
<b>Cmp T</b>	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
<b>C.</b>	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
<b>Terzaghi</b>	
<b>Q<sub>Ed</sub></b>	Carico di progetto sul terreno.
<b>Q<sub>Rd</sub></b>	Resistenza di progetto del terreno.
<b>R<sub>f</sub></b>	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

## 6.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

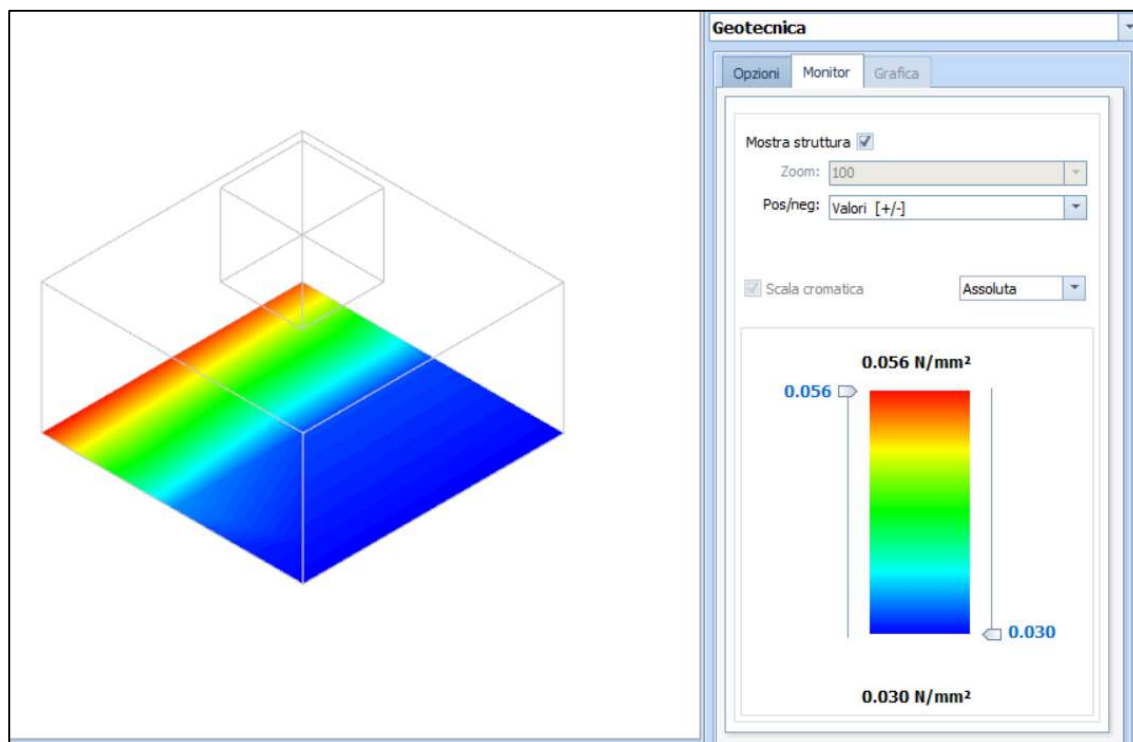


Figura 3: tensioni sul terreno

## 6.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

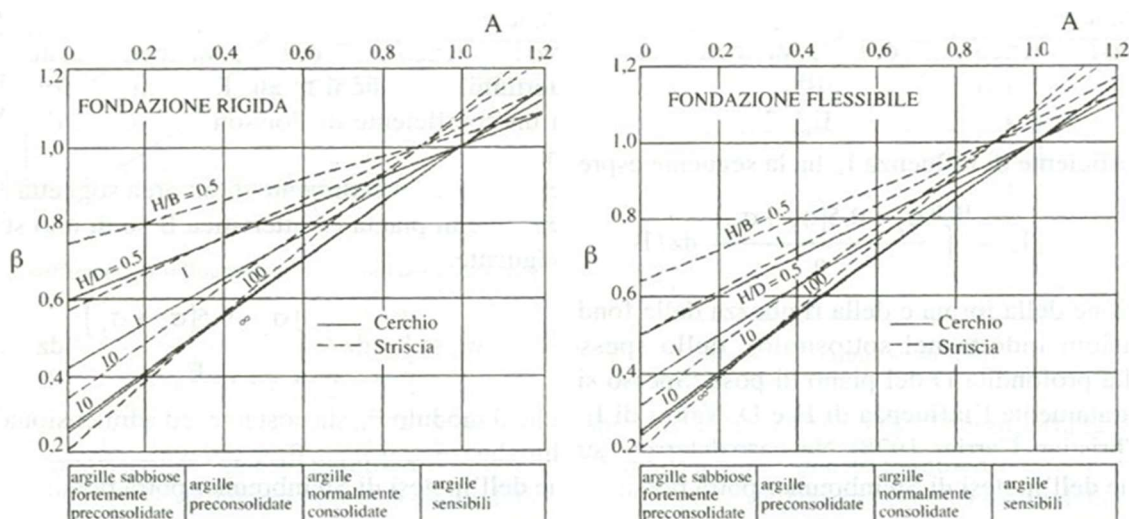
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$w_c = \beta \cdot w_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;



B è la larghezza caratteristica della fondazione,  
 $I_w$  è il coefficiente di influenza.

Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:

$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$

in cui H è lo spessore dello strato deformabile e le  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta W_{ij}/L_{ij};$$

dove:

$D_{wij}$ : cedimento differenziale tra i punti i e j;

$L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti i e j.

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
Idw	Nps	Nid	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>o</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C1_SLE_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,10	0,10	0,00	0,10
C0003	00005		0,10	0,10	0,00	0,10
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C2_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,11	0,11	0,00	0,11
C0003	00005		0,11	0,11	0,00	0,11
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C3_SLU_X * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,09	0,09	0,00	0,09
C0002	00006		0,12	0,12	0,00	0,12
C0003	00005		0,12	0,12	0,00	0,12
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C4_SLE_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,06	0,06	0,00	0,06
C0003	00005		0,08	0,08	0,00	0,08
C0004	00004		0,07	0,07	0,00	0,07
C0005	00003		0,06	0,06	0,00	0,06
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C5_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,06	0,06	0,00	0,06
C0003	00005		0,08	0,08	0,00	0,08
C0004	00004		0,07	0,07	0,00	0,07
C0005	00003		0,05	0,05	0,00	0,05
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C6_SLU_Y * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,08	0,08	0,00	0,08
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07
C0003	00005		0,10	0,10	0,00	0,10
C0004	00004		0,08	0,08	0,00	0,08
C0005	00003		0,06	0,06	0,00	0,06
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C13_SLE * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07
C0002	00006		0,10	0,10	0,00	0,10
C0003	00005		0,10	0,10	0,00	0,10
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03



Geotecnica - Calcolo dei cedimenti							
Idw	Nps	Nid	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>o</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]	
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03	
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C14_SLU,C(X) * 1</b>							
C0001	00002	G1	0,08	0,08	0,00	0,08	
C0002	00006		0,16	0,16	0,00	0,16	
C0003	00005		0,19	0,19	0,00	0,19	
C0004	00004		0,02	0,02	0,00	0,02	
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02	
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C15_SLU,C(Y) * 1</b>							
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07	
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07	
C0003	00005		0,14	0,14	0,00	0,14	
C0004	00004		0,07	0,07	0,00	0,07	
C0005	00003		0,02	0,02	0,00	0,02	
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C16_SLU,C(Z) * 1</b>							
C0001	00002	G1	0,09	0,09	0,00	0,09	
C0002	00006		0,12	0,12	0,00	0,12	
C0003	00005		0,14	0,14	0,00	0,14	
C0004	00004		0,03	0,03	0,00	0,03	
C0005	00003		0,03	0,03	0,00	0,03	
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C17_SLE * 1</b>							
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07	
C0002	00006		0,07	0,07	0,00	0,07	
C0003	00005		0,07	0,07	0,00	0,07	
C0004	00004		0,07	0,07	0,00	0,07	
C0005	00003		0,07	0,07	0,00	0,07	
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C18_SLU * 1</b>							
C0001	00002	G1	0,07	0,07	0,00	0,07	
C0002	00006		0,08	0,08	0,00	0,08	
C0003	00005		0,08	0,08	0,00	0,08	
C0004	00004		0,06	0,06	0,00	0,06	
C0005	00003		0,06	0,06	0,00	0,06	
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C19_SLU * 1</b>							
C0001	00002	G1	0,09	0,09	0,00	0,09	
C0002	00006		0,09	0,09	0,00	0,09	
C0003	00005		0,09	0,09	0,00	0,09	
C0004	00004		0,08	0,08	0,00	0,08	
C0005	00003		0,08	0,08	0,00	0,08	
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1</b>							
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02	
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04	
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04	
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04	
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04	
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1</b>							
C0001	00002	G1	0,02	0,02	0,00	0,02	
C0002	00006		0,04	0,04	0,00	0,04	
C0003	00005		0,04	0,04	0,00	0,04	
C0004	00004		0,04	0,04	0,00	0,04	
C0005	00003		0,04	0,04	0,00	0,04	

#### LEGENDA:

<b>Idw</b>	Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).
<b>Nps</b>	Numero identificativo del Punto Significativo.
<b>Nid</b>	Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto). [*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.
<b>W<sub>ed</sub></b>	Cedimento edometrico.
<b>W<sub>o</sub></b>	Cedimento istantaneo.
<b>W<sub>c</sub></b>	Cedimento di consolidazione.
<b>W<sub>f</sub></b>	Cedimento finale.

## 6.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione, F<sub>d</sub>) e la resistenza (R<sub>d</sub>), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.





La resistenza  $R_d$  della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:

1. Componente dovuta all'attrito  $FRD1$ , pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi;$$

dove:

$N_d$  = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

$\phi$  = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

2. Componente dovuta all'adesione  $FRD2$ , pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

$A'$  = superficie efficace della base della fondazione;

$c$  = coesione del terreno, pari alla coesione efficace ( $c'$ ) in condizioni drenate o alla coesione non drenata ( $c_u$ ) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento  $FRD3$  della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna  $FR_d$ , di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento  $R_d$ , ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	$N_{Ed}$	$M_{Ed}$	$V_{Ed}$	$FRD1$	$FRD2$	$FRD3$	$FRD$	CS
		[N]	[N-m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	
Platea 1	B	77 071	6 354	6 281	42099	3635	17869	63603	10,13
	L	77 071	23 937	-6 282	42099	2763	17927	62790	10,00

#### LEGENDA:

**Elm** Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.

**Dir** Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.

**$FRD1$**  Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.

**$FRD2$**  Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.

**$FRD3$**  Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.

**$FRD$**  Resistenza allo scorrimento.

**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se  $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

**$N_{Ed}$ ,  $M_{Ed}$ ,  $V_{Ed}$**  Sollecitazioni di progetto.



## 7 Verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 7.1 Verifica a pressoflessione retta del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. del plinto di fondazione del terminale cavo.

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLU																			
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>Fondazione</b>																			
<b>Platea 1</b>																			
P	S	00002	0	0	0,06158	0,06158	-	00003	0	0	0,06158	0,06158	-	00004	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	3 296	0,06158	0,06158	56,08		0	441	0,06158	0,06158	NS		0	473	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	3 124	0,06158	0,06158	59,16		0	275	0,06158	0,06158	NS		0	267	0,06158	0,06158	NS
P	S	00005	0	103	0,06158	0,06158	NS	00006	0	139	0,06158	0,06158	NS	00007	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	160	0,06158	0,06158	NS		0	155	0,06158	0,06158	NS		0	221	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	482	0,06158	0,06158	NS		0	499	0,06158	0,06158	NS		0	1 131	0,06158	0,06158	NS
P	S	00008	0	166	0,06158	0,06158	NS	00009	0	0	0,06158	0,06158	-	00010	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	0	0,06158	0,06158	-		0	103	0,06158	0,06158	NS		0	2 903	0,06158	0,06158	63,67
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	135	0,06158	0,06158	NS
	I		0	5 224	0,06158	0,06158	35,38		0	1 271	0,06158	0,06158	NS		0	386	0,06158	0,06158	NS
P	S	00011	0	0	0,06158	0,06158	-	00012	0	1 250	0,06158	0,06158	NS	00013	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1 944	0,06158	0,06158	95,07		0	863	0,06158	0,06158	NS		0	147	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	808	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	486	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	1 591	0,06158	0,06158	NS
P	S	00014	0	0	0,06158	0,06158	-	00015	0	0	0,06158	0,06158	-	00016	0	1 158	0,06158	0,06158	NS
	I		0	280	0,06158	0,06158	NS		0	273	0,06158	0,06158	NS		0	863	0,06158	0,06158	NS
S	S		0	1 549	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-		0	732	0,06158	0,06158	NS
	I		0	1 848	0,06158	0,06158	NS		0	1 315	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
P	S	00017	0	0	0,06158	0,06158	-	00018	0	0	0,06158	0,06158	-	00019	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1 701	0,06158	0,06158	NS		0	2 969	0,06158	0,06158	62,25		0	2 223	0,06158	0,06158	83,14
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	108	0,06158	0,06158	NS		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	489	0,06158	0,06158	NS		0	460	0,06158	0,06158	NS		0	681	0,06158	0,06158	NS
P	S	00020	0	1 345	0,06158	0,06158	NS	00021	0	1 168	0,06158	0,06158	NS	00022	0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	439	0,06158	0,06158	NS		0	459	0,06158	0,06158	NS		0	2 387	0,06158	0,06158	77,43
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-		0	0	0,06158	0,06158	-
	I		0	1 237	0,06158	0,06158	NS		0	1 116	0,06158	0,06158	NS		0	654	0,06158	0,06158	NS



**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]		[N]
P	S	00023	0	0	0,06158	0,06158	-	00024	0	2 686	0,06158	0,06158	68,81							
			0	4 331	0,06158	0,06158	42,67		0	700	0,06158	0,06158	NS							
S	S		0	0	0,06158	0,06158	-		0	2 987	0,06158	0,06158	61,88							
			0	6 653	0,06158	0,06158	27,78	0	1 851	0,06158	0,06158	99,85								

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).  
**Pos** Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.  
**A<sub>s</sub>** Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.  
**A<sub>df</sub>** Armatura disponibile per la flessione  
**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).  
**N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.

## 7.2 Verifica delle tensioni di esercizio del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio del plinto di fondazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

### VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)

Nodo/ T <sub>prf</sub>	Dir	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio						
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo						
		Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Id <sub>Cmb</sub>	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				
<b>Fondazione</b>															
<b>Platea 1</b>															
00010	P	RAR	0,025	17,43	0	-2 789	NS	SI	RAR	0,342	360,00	0	-2 789	NS	SI
		QPR	0,003	13,07	0	-380	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	0,004	17,43	0	-396	NS	SI	RAR	0,049	360,00	0	-396	NS	SI
		QPR	0,000	13,07	0	35	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-

**LEGENDA:**

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.  
**Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).  
**Id<sub>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.  
**σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.  
**σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.  
**σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.  
**σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.  
**N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.  
**CS** Coefficiente di Sicurezza (= σ<sub>cd,amm</sub>/σ<sub>cc</sub> ; σ<sub>td,amm</sub>/σ<sub>at</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).  
**Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> ≤ σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> ≤ σ<sub>td,amm</sub>). [NO] = La verifica NON è soddisfatta (σ<sub>cc</sub> > σ<sub>cd,amm</sub> ; σ<sub>at</sub> > σ<sub>td,amm</sub>).  
**Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

## 7.3 Verifica a fessurazione del plinto

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione del plinto di fondazione.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Nodo	Dir	Id <sub>Cmb</sub>	verifica allo stato limite di fessurazione										
			N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]		
<b>Fondazione</b>													
<b>Platea 1</b>													
<b>AA= PCA</b>													
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per il quale si riscontra la massima tensione di trazione(max σ<sub>ct,f</sub>)</b>													
00014	P	FRQ	-	-34	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI



verifica allo stato limite di fessurazione													
Nodo	Dir	Id <sub>Cmb</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]		
		QPR	-	-34	0,00	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
	S	FRQ	-	-850	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-850	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

#### LEGENDA:

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- Id<sub>Cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- σ<sub>ct,f</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ<sub>t</sub> la sezione è soggetta a fessurazione.
- σ<sub>t</sub>** N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.  
Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
- ε<sub>sm</sub>** Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
- A<sub>e</sub>** Area efficace del calcestruzzo teso.
- Δ<sub>sm</sub>** Distanza media tra le fessure.
- W<sub>d</sub>** Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
- W<sub>amm</sub>** Valore ammissibile di apertura delle fessure.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=W<sub>d</sub> / W<sub>amm</sub>). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W<sub>d</sub> = 0).
- Verificato** [SI] = W<sub>d</sub> ≤ W<sub>amm</sub>; [NO] = W<sub>d</sub> > W<sub>amm</sub>



## PLATEA PER AREA DI ACCUMULO





## Sommario

<b>PLATEA PER AREA DI ACCUMULO</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione – Platea per area di accumulo</b>	<b>3</b>
<b>2 Materiali impiegati</b>	<b>4</b>
<b>3 Terreni</b>	<b>5</b>
<b>4 Analisi dei carichi</b>	<b>6</b>
4.1 Combinazioni di carico	6
<b>5 Codice di calcolo impiegato</b>	<b>7</b>
5.1 Modello di calcolo	7
<b>6 Verifiche geotecniche</b>	<b>9</b>
6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette	10
6.2 Tensioni sul terreno	11
6.3 Calcolo dei cedimenti	11
6.4 Verifica a scorrimento	13
<b>7 Verifiche strutturali</b>	<b>15</b>
7.1 Verifica a pressoflessione retta della platea	15
7.2 Verifica delle tensioni di esercizio della platea	17
7.3 Verifica a fessurazione della platea	18

# 1 Introduzione – Platea per area di accumulo

La fondazione per la platea di area di accumulo ha una superficie in pianta di 12.40 x 2.50 m con spessore pari a 0.40 m. E' stata calcolata un'unica platea per tutti i container dell'area di accumulo considerando il carico più gravoso ovvero quello pari a 16.20 t che cautelativamente è stato aumentato a 20 t per portare in conto anche l'incidenza dei cavi. Il peso del container è stato letto all'interno della scheda tecnica "Sungrow, Samnsung SDI- STORAGE SYSTEM".

N <sub>id</sub>	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Analisi carichi						
				Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico Neve
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA	
001	S	Container Storage system	Carico Permanente	-	-		0	200000/31	6 452	0

## LEGENDA:

**N<sub>id</sub>** Numero identificativo dell'analisi di carico.

**T. C.** Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.

**PP, PNS, SA** Valori, rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente NON strutturale, del Sovraccarico Accidentale. Secondo il tipo di carico indicato nella colonna "T.C." ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "PNS" e "SA", sono espressi in [N/m<sup>2</sup>] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.

Viene riportate di seguito una vista assonometrica del modello utilizzato per il calcolo:

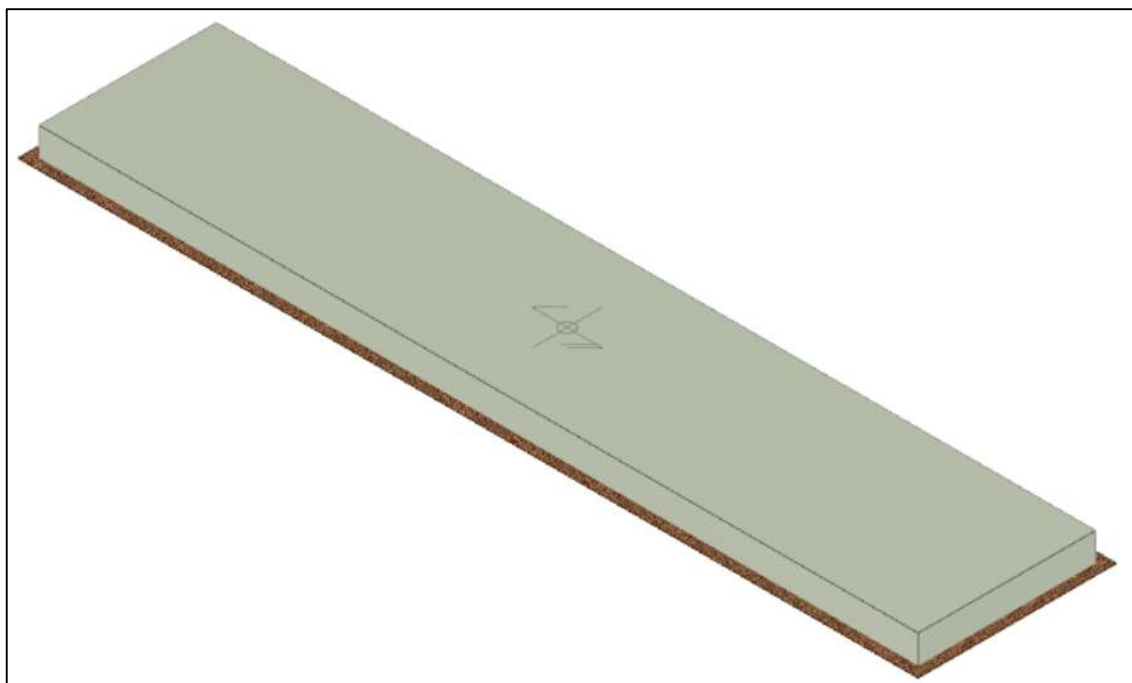


Figura 1: vista tridimensionale della fondazione della PLATEA PER L'AREA DI ACCUMULO



## 2 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato					N	n Ac
											f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>ctm</sub>				
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>																	
002	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	003		

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E · C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>ctm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	LMT	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>	
																NCnt	Cnt
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																	
003	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**f<sub>yk</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**f<sub>tk</sub>** Resistenza caratteristica a rottura  
**f<sub>yd</sub>** Resistenza di calcolo  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.





### 3 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

#### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	C <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]						
<b>CONGLOMERATI</b>										
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000
<b>SABBIE FINI</b>										
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	10	0	0,000
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>										
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000
<b>ARGILLE</b>										
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo del terreno.  
**γ<sub>T</sub>** Peso specifico del terreno.  
**K<sub>1</sub>** Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K<sub>1X</sub>), Y (K<sub>1Y</sub>), e Z (K<sub>1Z</sub>).  
**φ** Angolo di attrito del terreno.  
**C<sub>u</sub>** Coesione non drenata.  
**c'** Coesione efficace.  
**E<sub>d</sub>** Modulo edometrico.  
**E<sub>cu</sub>** Modulo elastico in condizione non drenate.  
**A<sub>S-B</sub>** Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

#### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]	Q <sub>f</sub> [m]	Cmp. S.	Add	Stratigrafie
					ΔEd
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>					
T001	0,00	-4,00	incoerente	sciolto	nulla
T002	-4,00	-12,00	incoerente	sciolto	nulla
T003	-12,00	-20,00	incoerente	sciolto	nulla
T004	-20,00	INF	coerente	sciolto	nulla

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo della stratigrafia.  
**Q<sub>i</sub>** Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).  
**Q<sub>f</sub>** Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).  
**Cmp. S.** Comportamento dello strato.  
**Add** Addensamento dello strato.  
**ΔEd** Variazione con la profondità del modulo edometrico.



## 4 Analisi dei carichi

### 4.1 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{kj}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.



## 5 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

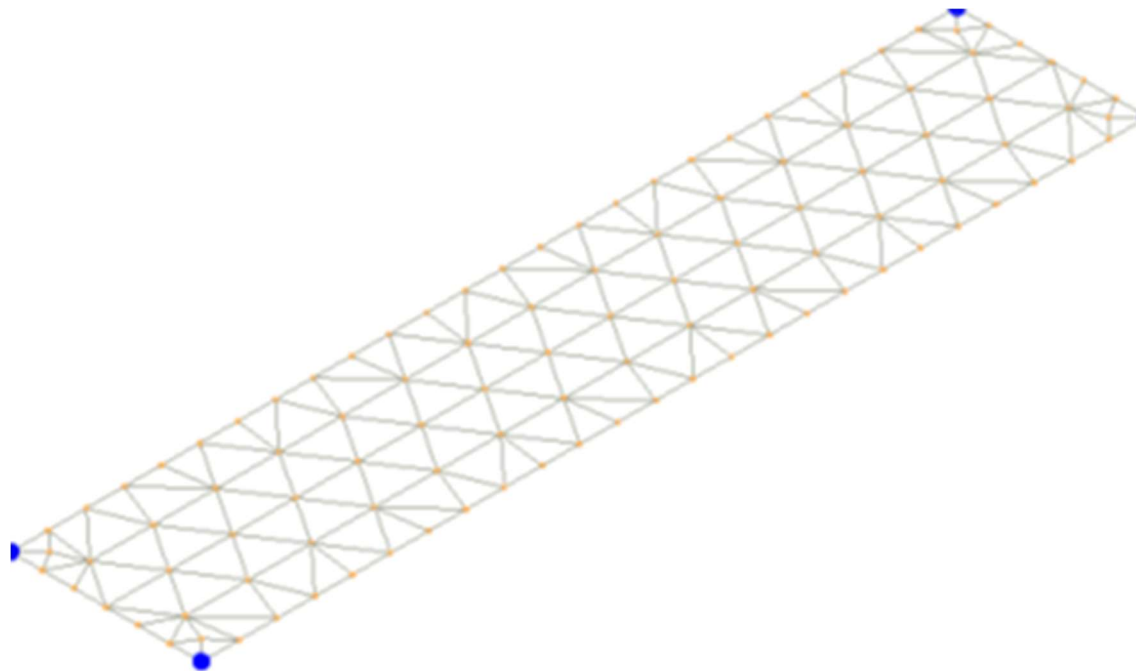
Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

### 5.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.



**Figura 2: modello strutturale della fondazione**



## 6 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_f$	$\gamma_f$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15



Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q = \gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

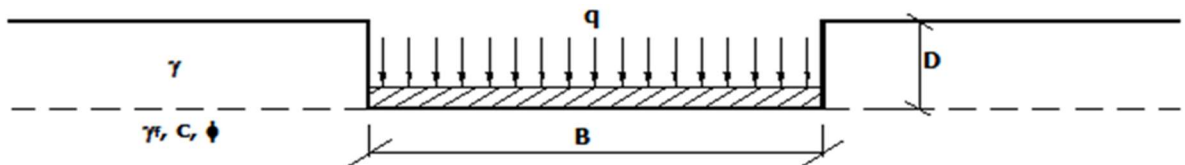
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p,cmp</sub>	Z <sub>Fld</sub>	Cmp T	C. Terzaghi					Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>	
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>				N <sub>γ</sub>
Platea 1	16,85	12,40	2,50	0,00	0,55	16,50	NON Coesivo	1,19	1,20	0,90	20,63	32,67	25,99	0,021	0,360	NO

### LEGENDA:

<b>Id<sub>Fnd</sub></b>	Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b>L<sub>x/y</sub></b>	Dimensioni dell'elemento di fondazione.
<b>R<sub>tz</sub></b>	Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.
<b>Z<sub>p,cmp</sub></b>	Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
<b>Z<sub>Fld</sub></b>	Profondità della falda dal piano campagna.
<b>Cmp T</b>	Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
<b>C.</b>	Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
<b>Terzaghi</b>	
<b>Q<sub>Ed</sub></b>	Carico di progetto sul terreno.
<b>Q<sub>Rd</sub></b>	Resistenza di progetto del terreno.
<b>R<sub>f</sub></b>	[SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

## 6.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

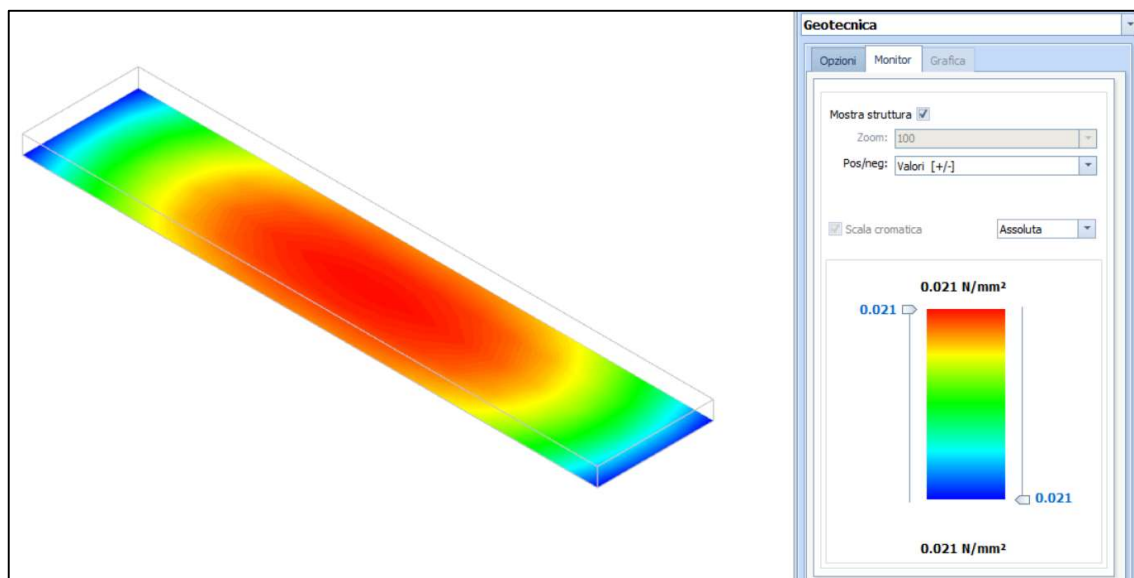


Figura 3: tensioni sul terreno

## 6.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

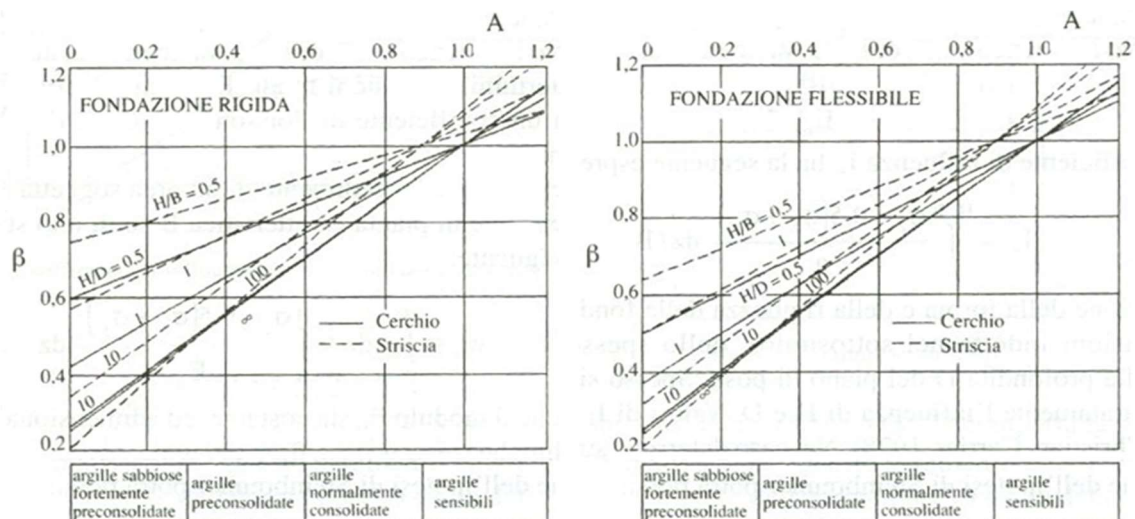
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$W_c = \beta \cdot W_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;
- $B$  è la larghezza caratteristica della fondazione,
- $I_w$  è il coefficiente di influenza.

Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:





$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$

in cui H è lo spessore dello strato deformabile e le  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta W_{ij}/L_{ij}$$

dove:

$D_{wij}$ : cedimento differenziale tra i punti i e j;

$L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti i e j.

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
Idw	Nps	Nid	W <sub>ed</sub> [cm]	W <sub>o</sub> [cm]	W <sub>c</sub> [cm]	W <sub>f</sub> [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00089		0,19	0,19	0,00	0,19
C0002	00004		0,14	0,14	0,00	0,14
C0003	00003		0,14	0,14	0,00	0,14
C0004	00002		0,14	0,14	0,00	0,14
C0005	00001		0,14	0,14	0,00	0,14
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00089		0,19	0,19	0,00	0,19
C0002	00004		0,14	0,14	0,00	0,14
C0003	00003		0,14	0,14	0,00	0,14
C0004	00002		0,14	0,14	0,00	0,14
C0005	00001		0,14	0,14	0,00	0,14
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00089		0,19	0,19	0,00	0,19
C0002	00004		0,14	0,14	0,00	0,14
C0003	00003		0,14	0,14	0,00	0,14
C0004	00002		0,14	0,14	0,00	0,14
C0005	00001		0,14	0,14	0,00	0,14

#### LEGENDA:

- Idw** Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).  
**Nps** Numero identificativo del Punto Significativo.  
**Nid** Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto).  
 [\*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.  
**W<sub>ed</sub>** Cedimento edometrico.  
**W<sub>o</sub>** Cedimento istantaneo.  
**W<sub>c</sub>** Cedimento di consolidazione.  
**W<sub>f</sub>** Cedimento finale.

## 6.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione,  $F_d$ ) e la resistenza ( $R_d$ ), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.

La resistenza  $R_d$  della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:

1. Componente dovuta all'attrito FRD1, pari a:



$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi;$$

dove:

$N_d$  = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;  
 $\phi$  = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

2. Componente dovuta all'adesione  $F_{RD2}$ , pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

$A'$  = superficie efficace della base della fondazione;  
 $c$  = coesione del terreno, pari alla coesione efficace ( $c'$ ) in condizioni drenate o alla coesione non drenata ( $c_u$ ) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento  $F_{RD3}$  della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna  $F_{RD}$ , di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento  $R_d$ , ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	$N_{Ed}$ [N]	$M_{Ed}$ [N·m]	$V_{Ed}$ [N]	$F_{RD1}$ [N]	$F_{RD2}$ [N]	$F_{RD3}$ [N]	$F_{RD}$ [N]	CS
Platea 1	B	663 018	1	0	362165	56363	10834	429362	NS
	L	663 018	14	0	362165	56363	53735	472264	NS

#### LEGENDA:

<b>Elm</b>	Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
<b>Dir</b>	Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
<b><math>F_{RD1}</math></b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
<b><math>F_{RD2}</math></b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
<b><math>F_{RD3}</math></b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
<b><math>F_{RD}</math></b>	Resistenza allo scorrimento.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b><math>N_{Ed}</math>, <math>M_{Ed}</math>, <math>V_{Ed}</math></b>	Sollecitazioni di progetto.



## 7 Verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 7.1 Verifica a pressoflessione retta della platea

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. della platea:

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLU																			
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>Fondazione</b>																			
<b>Platea 1</b>																			
P	S	00001	0	0	0,04524	0,04524	-	00002	0	0	0,04524	0,04524	-	00003	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	190	0,04524	0,04524	NS		0	190	0,04524	0,04524	NS		0	190	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	125	0,04524	0,04524	NS		0	125	0,04524	0,04524	NS		0	125	0,04524	0,04524	NS
P	S	00004	0	0	0,04524	0,04524	-	00005	0	0	0,04524	0,04524	-	00006	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	190	0,04524	0,04524	NS		0	151	0,04524	0,04524	NS		0	112	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	125	0,04524	0,04524	NS		0	332	0,04524	0,04524	NS		0	272	0,04524	0,04524	NS
P	S	00007	0	0	0,04524	0,04524	-	00008	0	0	0,04524	0,04524	-	00009	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	615	0,04524	0,04524	NS		0	112	0,04524	0,04524	NS		0	151	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	756	0,04524	0,04524	87,73		0	272	0,04524	0,04524	NS		0	332	0,04524	0,04524	NS
P	S	00010	0	0	0,04524	0,04524	-	00011	0	0	0,04524	0,04524	-	00012	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	573	0,04524	0,04524	NS		0	721	0,04524	0,04524	91,99		0	626	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	177	0,04524	0,04524	NS		0	660	0,04524	0,04524	NS		0	764	0,04524	0,04524	86,81
P	S	00013	0	0	0,04524	0,04524	-	00014	0	0	0,04524	0,04524	-	00015	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	701	0,04524	0,04524	94,61		0	519	0,04524	0,04524	NS		0	547	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	130	0,04524	0,04524	NS		0	871	0,04524	0,04524	76,14		0	141	0,04524	0,04524	NS
P	S	00016	0	0	0,04524	0,04524	-	00017	0	0	0,04524	0,04524	-	00018	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	272	0,04524	0,04524	NS		0	217	0,04524	0,04524	NS		0	288	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	746	0,04524	0,04524	88,90		0	759	0,04524	0,04524	87,38		0	133	0,04524	0,04524	NS
P	S	00019	0	0	0,04524	0,04524	-	00020	0	0	0,04524	0,04524	-	00021	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	179	0,04524	0,04524	NS		0	237	0,04524	0,04524	NS		0	126	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	867	0,04524	0,04524	76,50		0	138	0,04524	0,04524	NS		0	750	0,04524	0,04524	88,43
P	S	00022	0	0	0,04524	0,04524	-	00023	0	0	0,04524	0,04524	-	00024	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	126	0,04524	0,04524	NS		0	237	0,04524	0,04524	NS		0	179	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	750	0,04524	0,04524	88,43		0	138	0,04524	0,04524	NS		0	867	0,04524	0,04524	76,50
P	S	00025	0	0	0,04524	0,04524	-	00026	0	0	0,04524	0,04524	-	00027	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	288	0,04524	0,04524	NS		0	217	0,04524	0,04524	NS		0	272	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	133	0,04524	0,04524	NS		0	759	0,04524	0,04524	87,38		0	746	0,04524	0,04524	88,90
P	S	00028	0	0	0,04524	0,04524	-	00029	0	0	0,04524	0,04524	-	00030	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	547	0,04524	0,04524	NS		0	519	0,04524	0,04524	NS		0	701	0,04524	0,04524	94,61
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	141	0,04524	0,04524	NS		0	871	0,04524	0,04524	76,14		0	130	0,04524	0,04524	NS
P	S	00031	0	0	0,04524	0,04524	-	00032	0	0	0,04524	0,04524	-	00033	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	626	0,04524	0,04524	NS		0	721	0,04524	0,04524	91,99		0	573	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-





**Verifiche pressoflessione retta allo SLU**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
	I		0	176	0,04524	0,04524	NS		0	176	0,04524	0,04524	NS		0	139	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	683	0,04524	0,04524	97,10		0	683	0,04524	0,04524	97,10		0	673	0,04524	0,04524	98,55
P	S	00091	0	0	0,04524	0,04524	-	00092	0	0	0,04524	0,04524	-	00093	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	256	0,04524	0,04524	NS		0	330	0,04524	0,04524	NS		0	465	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	686	0,04524	0,04524	96,68		0	690	0,04524	0,04524	96,12		0	684	0,04524	0,04524	96,96
P	S	00094	0	0	0,04524	0,04524	-	00095	0	0	0,04524	0,04524	-	00096	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	677	0,04524	0,04524	97,96		0	797	0,04524	0,04524	83,21		0	535	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	699	0,04524	0,04524	94,88		0	717	0,04524	0,04524	92,50		0	527	0,04524	0,04524	NS
P	S	00097	0	0	0,04524	0,04524	-	00098	0	0	0,04524	0,04524	-	00099	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	653	0,04524	0,04524	NS		0	566	0,04524	0,04524	NS		0	439	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	791	0,04524	0,04524	83,84		0	720	0,04524	0,04524	92,11		0	714	0,04524	0,04524	92,89
P	S	00100	0	0	0,04524	0,04524	-	00101	0	0	0,04524	0,04524	-	00102	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	231	0,04524	0,04524	NS		0	190	0,04524	0,04524	NS		0	149	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	771	0,04524	0,04524	86,02		0	709	0,04524	0,04524	93,54		0	707	0,04524	0,04524	93,81
P	S	00103	0	0	0,04524	0,04524	-	00104	0	0	0,04524	0,04524	-	00105	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	113	0,04524	0,04524	NS		0	149	0,04524	0,04524	NS		0	190	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	767	0,04524	0,04524	86,47		0	707	0,04524	0,04524	93,81		0	709	0,04524	0,04524	93,54
P	S	00106	0	0	0,04524	0,04524	-	00107	0	0	0,04524	0,04524	-	00108	0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	231	0,04524	0,04524	NS		0	439	0,04524	0,04524	NS		0	566	0,04524	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-
	I		0	771	0,04524	0,04524	86,02		0	714	0,04524	0,04524	92,89		0	720	0,04524	0,04524	92,11
P	S	00109	0	0	0,04524	0,04524	-	00110	0	0	0,04524	0,04524	-						-
	I		0	653	0,04524	0,04524	NS		0	535	0,04524	0,04524	NS						-
S	S		0	0	0,04524	0,04524	-		0	0	0,04524	0,04524	-						-
	I		0	791	0,04524	0,04524	83,84		0	527	0,04524	0,04524	NS						-

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Pos** Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.
- A<sub>s</sub>** Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.
- A<sub>df</sub>** Armatura disponibile per la flessione
- CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
- N<sub>Ed</sub>**, **M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.

**7.2 Verifica delle tensioni di esercizio della platea**

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio della platea di fondazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

**VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)**

Nodo/ T <sub>prf</sub>	Dir	verifiche delle tensioni di esercizio														
		Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio							
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo							
		IdCmb	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	IdCmb	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	
			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]			
<b>Fondazione</b>		<b>Platea 1</b>														
00034	P	RAR	0,005	17,43	0	-151	NS	SI	RAR	0,067	360,00	0	-151	NS	SI	
		QPR	0,005	13,07	0	-151	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-	
	S	RAR	0,012	17,43	0	-332	NS	SI	RAR	0,148	360,00	0	-332	NS	SI	
		QPR	0,012	13,07	0	-332	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-	

**LEGENDA:**

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- IdCmb** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.
- σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.





## verifiche delle tensioni di esercizio

Nodo/ Tp <sub>mf</sub>	Dir	Compressione calcestruzzo						Trazione acciaio							
		Compressione calcestruzzo			Compressione calcestruzzo rinforzo			Trazione acciaio/FRP rinforzo			Trazione acciaio/FRP rinforzo				
		Id <sub>cmb</sub>	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Id <sub>cmb</sub>	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato
			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]		

**N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.

**CS** Coefficiente di Sicurezza (=  $\sigma_{cd,amm}/\sigma_{cc}$ ;  $\sigma_{td,amm}/\sigma_{at}$ ). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).

**Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta ( $\sigma_{cc} \leq \sigma_{cd,amm}$ ;  $\sigma_{at} \leq \sigma_{td,amm}$ ). [NO] = La verifica NON è soddisfatta ( $\sigma_{cc} > \sigma_{cd,amm}$ ;  $\sigma_{at} > \sigma_{td,amm}$ ).

**Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

## 7.3 Verifica a fessurazione della platea

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione della platea di fondazione.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Nodo	Dir	Id <sub>cmb</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
<b>verifica allo stato limite di fessurazione</b>													
<b>Fondazione Platea 1 AA= PCA</b>													
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max σ<sub>ct,f</sub>)</b>													
00058	P	FRQ	-	-399	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-399	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
	S	FRQ	-	-670	0,02	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-670	0,02	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

#### LEGENDA:

**Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).

**AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".

**Id<sub>cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.

**N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.

**σ<sub>ct,f</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ<sub>t</sub> la sezione è soggetta a fessurazione.

**σ<sub>t</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].

**ε<sub>sm</sub>** Deformazione unitaria media delle barre di armatura.

**A<sub>e</sub>** Area efficace del calcestruzzo teso.

**Δ<sub>sm</sub>** Distanza media tra le fessure.

**W<sub>d</sub>** Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.

**W<sub>amm</sub>** Valore ammissibile di apertura delle fessure.

**CS** Coefficiente di Sicurezza (=  $W_d / W_{amm}$ ). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W<sub>d</sub> = 0).

**Verificato** [SI] =  $W_d \leq W_{amm}$ ; [NO] =  $W_d > W_{amm}$



## FONDAZIONI SHELTER





## Sommario

<b>FONDAZIONI SHELTER</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione – Fondazioni shelter</b>	<b>3</b>
<b>2 Materiali impiegati</b>	<b>4</b>
<b>3 Terreni</b>	<b>5</b>
<b>4 Analisi dei carichi</b>	<b>6</b>
4.1 Combinazioni di carico	6
<b>5 Codice di calcolo impiegato</b>	<b>7</b>
5.1 Modello di calcolo	7
<b>6 Verifiche geotecniche</b>	<b>9</b>
6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette	10
6.2 Tensioni sul terreno	11
6.3 Calcolo dei cedimenti	11
6.4 Verifica a scorrimento	15
<b>7 Verifiche strutturali</b>	<b>17</b>
7.1 Verifica a pressoflessione retta delle fondazioni dello shelter	17
7.2 Verifica delle tensioni di esercizio delle fondazioni dello shelter	24
7.3 Verifica a fessurazione delle fondazioni dello shelter	24



# 1 Introduzione – Fondazioni shelter

Le fondazioni per la posa in opera dello shelter prefabbricato sono state pensate considerando lo spazio necessario per poter far passare i cavi derivanti dal parco eolico e l'uscita degli stessi dallo shelter. Come carico agente sulle fondazioni è stato considerato, per il calcolo, il peso proprio, comprensivo di quadri ed apparecchiature elettriche, di uno shelter base di 12 m, che risulta pari a circa 30 t.

N <sub>id</sub>	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA	Neve
								[N/m <sup>2</sup> ]	[N/m <sup>2</sup> ]	
001	S	fondazione	Carico Permanente	-	-		0	Incidenza Tubi	1 000	0

## LEGENDA:

**N<sub>id</sub>** Numero identificativo dell'analisi di carico.

**T. C.** Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.

**PP, PNS, SA** Valori, rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente NON strutturale, del Sovraccarico Accidentale. Secondo il tipo di carico indicato nella colonna "T.C." ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "PNS" e "SA", sono espressi in [N/m<sup>2</sup>] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.

Viene riportate di seguito una vista assometrica del modello utilizzato per il calcolo:

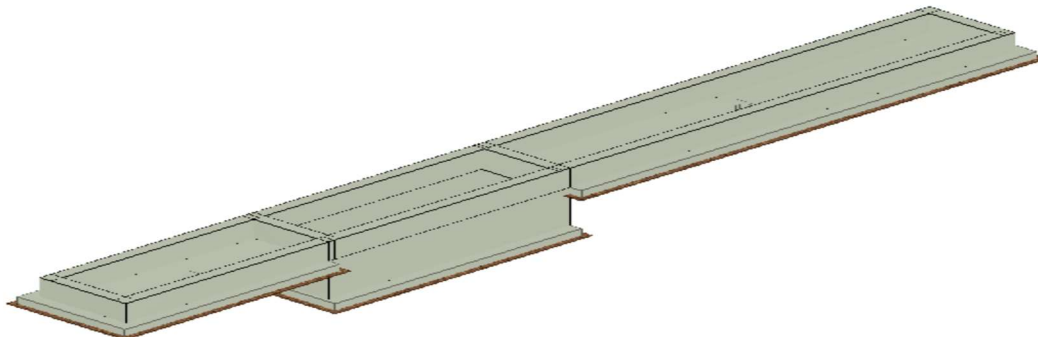


Figura 1: vista tridimensionale delle FONDAZIONI DELLO SHELTER



## 2 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato				
											f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>	N	n Ac
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>															
002	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	003

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E · C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>cfm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	LMT	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>		
																NCnt	Cnt	
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]								
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																		
003	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**f<sub>yk</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**f<sub>tk</sub>** Resistenza caratteristica a rottura  
**f<sub>yd</sub>** Resistenza di calcolo  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.



### 3 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

#### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	C <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]						
<b>CONGLOMERATI</b>										
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000
<b>SABBIE FINI</b>										
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	10	0	0,000
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>										
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000
<b>ARGILLE</b>										
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo del terreno.  
**γ<sub>T</sub>** Peso specifico del terreno.  
**K<sub>1</sub>** Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K<sub>1X</sub>), Y (K<sub>1Y</sub>), e Z (K<sub>1Z</sub>).  
**φ** Angolo di attrito del terreno.  
**C<sub>u</sub>** Coesione non drenata.  
**c'** Coesione efficace.  
**E<sub>d</sub>** Modulo edometrico.  
**E<sub>cu</sub>** Modulo elastico in condizione non drenate.  
**A<sub>S-B</sub>** Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

#### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]	Q <sub>f</sub> [m]	Cmp. S.	Add	Stratigrafie
					ΔEd
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>					
T001	0,00	-4,00	incoerente	sciolto	nulla
T002	-4,00	-12,00	incoerente	sciolto	nulla
T003	-12,00	-20,00	incoerente	sciolto	nulla
T004	-20,00	INF	coerente	sciolto	nulla

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo della stratigrafia.  
**Q<sub>i</sub>** Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).  
**Q<sub>f</sub>** Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).  
**Cmp. S.** Comportamento dello strato.  
**Add** Addensamento dello strato.  
**ΔEd** Variazione con la profondità del modulo edometrico.



## 4 Analisi dei carichi

### 4.1 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{kj}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.



## 5 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

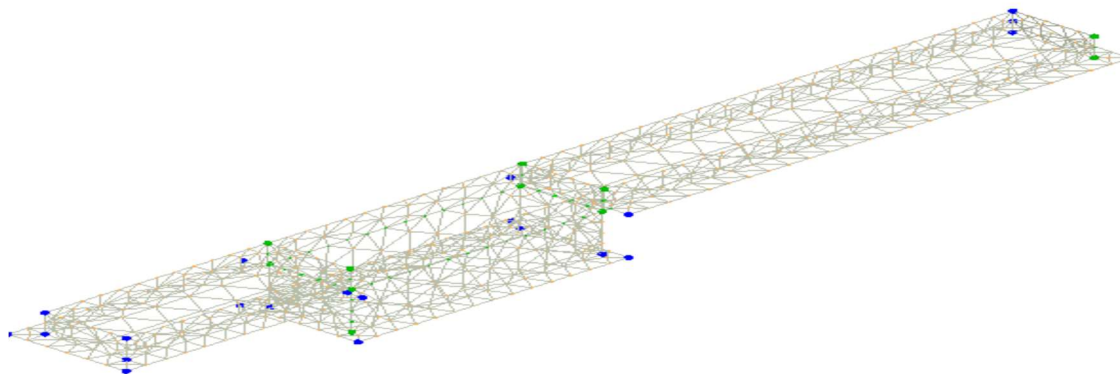
### 5.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.



Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.



**Figura 2: modello strutturale della fondazione**



## 6 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_s$	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15



Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q$  =  $\gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

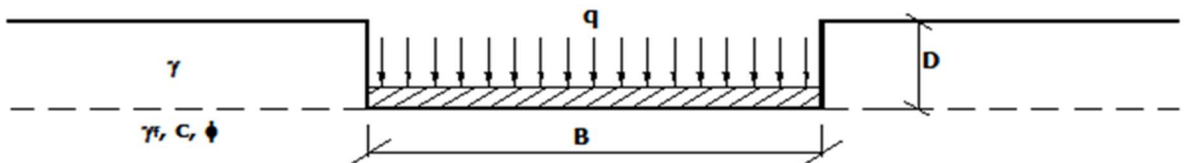
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p.cmp</sub>	Z <sub>fid</sub>	Cmp T	C. Terzaghi					Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>	
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>				N <sub>γ</sub>
Platea 1	8,41	5,81	2,92	0,00	1,20	16,50	NON Coesivo	1,47	1,49	0,76	20,63	32,67	25,99	0,063	0,534	NO
Platea 2	11,02	12,38	2,92	0,00	1,20	16,50	NON Coesivo	1,28	1,29	0,86	20,63	32,67	25,99	0,048	0,524	NO
Platea 1	11,49	6,68	2,92	180,00	1,55	16,50	NON Coesivo	1,46	1,48	0,79	20,63	32,67	25,99	0,054	0,621	NO

### LEGENDA:

**Id<sub>Fnd</sub>** Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.

**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR] = Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

**L<sub>x/y</sub>** Dimensioni dell'elemento di fondazione.

**R<sub>tz</sub>** Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono delle fondazioni dello shelter.

**Z<sub>p.cmp</sub>** Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.

**Z<sub>fid</sub>** Profondità della falda dal piano campagna.

**Cmp T** Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.

**C.** Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.

#### Terzaghi

**Q<sub>Ed</sub>** Carico di progetto sul terreno.

**Q<sub>Rd</sub>** Resistenza di progetto del terreno.

**R<sub>f</sub>** [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.



**Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLD**

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>P.cmp</sub>	Z <sub>Fld</sub>	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>r</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>r</sub>			
Platea 1	12,77	5,81	2,92	0,00	1,20	16,50	NON Coesivo	1,35	1,43	0,68	20,63	32,67	25,99	0,049	0,623	NO
Platea 2	16,72	12,38	2,92	0,00	1,20	16,50	NON Coesivo	1,18	1,24	0,78	20,63	32,67	25,99	0,037	0,611	NO
Platea 1	17,47	6,68	2,92	180,00	1,55	16,50	NON Coesivo	1,34	1,42	0,71	20,63	32,67	25,99	0,042	0,726	NO

**LEGENDA:**

- Id<sub>Fnd</sub>** Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.
- CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
- L<sub>x</sub>/L<sub>y</sub>** Dimensioni dell'elemento di fondazione.
- R<sub>tz</sub>** Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono delle fondazioni dello shelter.
- Z<sub>P.cmp</sub>** Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.
- Z<sub>Fld</sub>** Profondità della falda dal piano campagna.
- Cmp T** Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.
- C.** Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.
- Terzaghi**
- Q<sub>Ed</sub>** Carico di progetto sul terreno.
- Q<sub>Rd</sub>** Resistenza di progetto del terreno.
- R<sub>f</sub>** [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

## 6.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

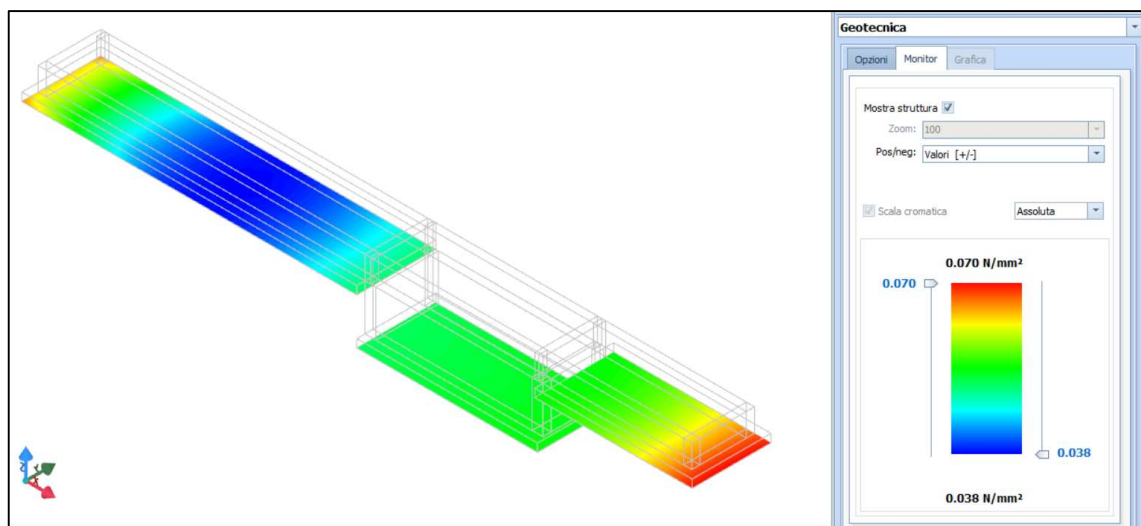


Figura 3: tensioni sul terreno

## 6.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.



- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

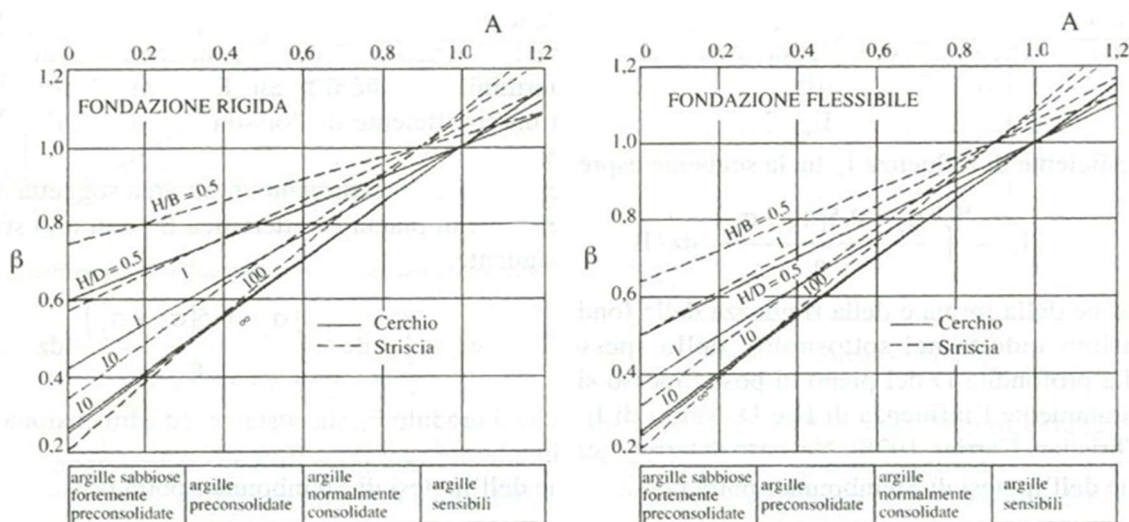
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$w_c = \beta \cdot w_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25



Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;
- $B$  è la larghezza caratteristica della fondazione,
- $I_w$  è il coefficiente di influenza.

Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:

$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$

in cui  $H$  è lo spessore dello strato deformabile e le  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta W_{ij}/L_{ij}$$

dove:

- $D_{wij}$ : cedimento differenziale tra i punti  $i$  e  $j$ ;
- $L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti  $i$  e  $j$ .

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
$I_{dw}$	$N_{ps}$	$N_{id}$	$W_{ed}$ [cm]	$W_0$ [cm]	$W_c$ [cm]	$W_f$ [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + Spinta Terreno (statica) * 1</b>						
C0001	00010	P8	0,48	0,48	0,00	0,48
C0002	00012	P4	0,48	0,48	0,00	0,48
C0003	00627		0,42	0,42	0,00	0,42
C0004	00021		0,53	0,53	0,00	0,53
C0005	00020		0,26	0,26	0,00	0,26
C0006	00019		0,26	0,26	0,00	0,26
C0007	00018		0,49	0,49	0,00	0,49
C0008	00017		0,58	0,58	0,00	0,58
C0009	00007	P5	0,30	0,30	0,00	0,30
C0010	00008	P1	0,30	0,30	0,00	0,30
C0011	00554		0,24	0,24	0,00	0,24
C0012	00027		0,19	0,19	0,00	0,19
C0013	00026		0,19	0,19	0,00	0,19
C0014	00025		0,47	0,47	0,00	0,47
C0015	00024		0,47	0,47	0,00	0,47
C0016	00033	P2	0,56	0,56	0,00	0,56
C0017	00032	P6	0,56	0,56	0,00	0,56
C0018	00023	P3	0,59	0,59	0,00	0,59
C0019	00022	P7	0,57	0,57	0,00	0,57



**Geotecnica - Calcolo dei cedimenti**

<b>Idw</b>	<b>Nps</b>	<b>Nid</b>	<b>W<sub>ed</sub></b> [cm]	<b>W<sub>o</sub></b> [cm]	<b>W<sub>c</sub></b> [cm]	<b>W<sub>f</sub></b> [cm]
C0020	00589		0,40	0,40	0,00	0,40
C0021	00031		0,47	0,47	0,00	0,47
C0022	00030		0,47	0,47	0,00	0,47
C0023	00029		0,60	0,60	0,00	0,60
C0024	00028		0,56	0,56	0,00	0,56
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1 + Spinta Terreno (statica) * 1</b>						
C0001	00010	P8	0,48	0,48	0,00	0,48
C0002	00012	P4	0,48	0,48	0,00	0,48
C0003	00627		0,42	0,42	0,00	0,42
C0004	00021		0,53	0,53	0,00	0,53
C0005	00020		0,26	0,26	0,00	0,26
C0006	00019		0,26	0,26	0,00	0,26
C0007	00018		0,49	0,49	0,00	0,49
C0008	00017		0,58	0,58	0,00	0,58
C0009	00007	P5	0,30	0,30	0,00	0,30
C0010	00008	P1	0,30	0,30	0,00	0,30
C0011	00554		0,24	0,24	0,00	0,24
C0012	00027		0,19	0,19	0,00	0,19
C0013	00026		0,19	0,19	0,00	0,19
C0014	00025		0,47	0,47	0,00	0,47
C0015	00024		0,47	0,47	0,00	0,47
C0016	00033	P2	0,56	0,56	0,00	0,56
C0017	00032	P6	0,56	0,56	0,00	0,56
C0018	00023	P3	0,59	0,59	0,00	0,59
C0019	00022	P7	0,57	0,57	0,00	0,57
C0020	00589		0,40	0,40	0,00	0,40
C0021	00031		0,47	0,47	0,00	0,47
C0022	00030		0,47	0,47	0,00	0,47
C0023	00029		0,60	0,60	0,00	0,60
C0024	00028		0,56	0,56	0,00	0,56
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1 + Spinta Terreno (statica) * 1</b>						
C0001	00010	P8	0,48	0,48	0,00	0,48
C0002	00012	P4	0,48	0,48	0,00	0,48
C0003	00627		0,42	0,42	0,00	0,42
C0004	00021		0,53	0,53	0,00	0,53
C0005	00020		0,26	0,26	0,00	0,26
C0006	00019		0,26	0,26	0,00	0,26
C0007	00018		0,49	0,49	0,00	0,49
C0008	00017		0,58	0,58	0,00	0,58
C0009	00007	P5	0,30	0,30	0,00	0,30
C0010	00008	P1	0,30	0,30	0,00	0,30
C0011	00554		0,24	0,24	0,00	0,24
C0012	00027		0,19	0,19	0,00	0,19
C0013	00026		0,19	0,19	0,00	0,19
C0014	00025		0,47	0,47	0,00	0,47
C0015	00024		0,47	0,47	0,00	0,47
C0016	00033	P2	0,56	0,56	0,00	0,56
C0017	00032	P6	0,56	0,56	0,00	0,56
C0018	00023	P3	0,59	0,59	0,00	0,59
C0019	00022	P7	0,57	0,57	0,00	0,57
C0020	00589		0,40	0,40	0,00	0,40
C0021	00031		0,47	0,47	0,00	0,47
C0022	00030		0,47	0,47	0,00	0,47
C0023	00029		0,60	0,60	0,00	0,60
C0024	00028		0,56	0,56	0,00	0,56

**LEGENDA:**

- Idw** Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).
- Nps** Numero identificativo del Punto Significativo.
- Nid** Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto).  
[\*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.
- W<sub>ed</sub>** Cedimento edometrico.
- W<sub>o</sub>** Cedimento istantaneo.
- W<sub>c</sub>** Cedimento di consolidazione.
- W<sub>f</sub>** Cedimento finale.

**Geotecnica - Cedimenti differenziali**

<b>Idw</b>	<b>Id<sub>Δw</sub></b>	<b>Nodo i</b>	<b>Nodo f</b>	<b>L<sub>i-f</sub></b> [cm]	<b>ΔW<sub>i-f</sub></b> [cm]	<b>(L/ΔW)<sub>i-f</sub></b>	<b>(L/ΔW)<sub>lim</sub></b>	<b>CS</b>
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + Spinta Terreno (statica) * 1</b>								
001	C0018-C0016	00023	00033	618	0,03	18 940,33	200	94,70
002	C0017-C0019	00032	00022	618	0,01	NS	200	NS
003	C0010-C0009	00008	00007	201	0,00	NS	200	NS
004	C0016-C0017	00033	00032	201	0,00	NS	200	NS
005	C0018-C0019	00023	00022	201	0,02	8 815,94	200	44,08





Geotecnica - Cedimenti differenziali								
Id <sub>w</sub>	Id <sub>Δw</sub>	Nodo i	Nodo f	L <sub>i-f</sub> [cm]	ΔW <sub>i-f</sub> [cm]	(L/ΔW) <sub>i-f</sub>	(L/ΔW) <sub>lim</sub>	CS
006	C0002-C0001	00012	00010	202	0,00	NS	200	NS
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1 + Spinta Terreno (statica) * 1</b>								
001	C0018-C0016	00023	00033	618	0,03	18 940,33	200	94,70
002	C0017-C0019	00032	00022	618	0,01	NS	200	NS
003	C0010-C0009	00008	00007	201	0,00	NS	200	NS
004	C0016-C0017	00033	00032	201	0,00	NS	200	NS
005	C0018-C0019	00023	00022	201	0,02	8 815,94	200	44,08
006	C0002-C0001	00012	00010	202	0,00	NS	200	NS
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1 + Spinta Terreno (statica) * 1</b>								
001	C0018-C0016	00023	00033	618	0,03	18 940,33	200	94,70
002	C0017-C0019	00032	00022	618	0,01	NS	200	NS
003	C0010-C0009	00008	00007	201	0,00	NS	200	NS
004	C0016-C0017	00033	00032	201	0,00	NS	200	NS
005	C0018-C0019	00023	00022	201	0,02	8 815,94	200	44,08
006	C0002-C0001	00012	00010	202	0,00	NS	200	NS

#### LEGENDA:

- Id<sub>w</sub>** Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).  
**Id<sub>Δw</sub>** Identificativo del cedimento differenziale.  
**L<sub>i-f</sub>** Lunghezza del tratto ai cui estremi si valuta il cedimento differenziale.  
**ΔW<sub>i-f</sub>** Cedimento differenziale.  
**(L/ΔW)<sub>i-f</sub>** Distorsione angolare ([NS] = Non Significativo - per valori di (L/ΔW)<sub>i-f</sub> maggiori o uguali di 50.000).  
**(L/ΔW)<sub>lim</sub>** Distorsione angolare limite.  
**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).  
**Nodo i, f** Identificativo dei nodi di estremità su cui si valuta il cedimento differenziale: [i] = Iniziale - [f] = Finale.

Geotecnica - Verifiche dei cedimenti differenziali				
Id <sub>w</sub>	Id <sub>Δw</sub>	(L/ΔW) <sub>i-f</sub>	(L/ΔW) <sub>lim</sub>	CS
001	C0018-C0016	18 940,33	200	94,70
002	C0017-C0019	NS	200	NS
003	C0010-C0009	NS	200	NS
004	C0016-C0017	NS	200	NS
005	C0018-C0019	8 815,94	200	44,08
006	C0002-C0001	NS	200	NS

#### LEGENDA:

- Id<sub>w</sub>** Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).  
**Id<sub>Δw</sub>** Identificativo del cedimento differenziale.  
**(L/ΔW)<sub>i-f</sub>** Distorsione angolare ([NS] = Non Significativo - per valori di (L/ΔW)<sub>i-f</sub> maggiori o uguali di 50.000).  
**(L/ΔW)<sub>lim</sub>** Distorsione angolare limite.  
**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

## 6.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione, F<sub>d</sub>) e la resistenza (R<sub>d</sub>), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.

La resistenza R<sub>d</sub> della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:

1. Componente dovuta all'attrito FRD<sub>1</sub>, pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi;$$

dove:

N<sub>d</sub> = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

φ = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.



2. Componente dovuta all'adesione FRD2, pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

$A'$  = superficie efficace della base della fondazione;

$c$  = coesione del terreno, pari alla coesione efficace ( $c'$ ) in condizioni drenate o alla coesione non drenata ( $c_u$ ) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento FRD3 della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna FRd, di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento Rd, ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $g_R$  è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	V <sub>Ed</sub> [N]	F <sub>RD1</sub> [N]	F <sub>RD2</sub> [N]	F <sub>RD3</sub> [N]	F <sub>RD</sub> [N]	CS
Platea 1	B	740 952	5 837	165 288	404735	30300	28216	463251	2,80
	L	758 902	-30 870	90 793	414540	30341	56258	501139	5,52
Platea 2	B	1 277 520	-8 235	-226 556	697829	63070	28223	789121	3,48
	L	1 265 585	-308 587	338 739	691309	62946	119819	874075	2,58
Platea 1	B	812 516	-4 882	129 473	443826	34704	37165	515695	3,98
	L	1 053 660	-54 342	-296 255	575548	34869	85136	695553	2,35

#### LEGENDA:

<b>Elm</b>	Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.
<b>Dir</b>	Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.
<b>F<sub>RD1</sub></b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.
<b>F<sub>RD2</sub></b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.
<b>F<sub>RD3</sub></b>	Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.
<b>F<sub>RD</sub></b>	Resistenza allo scorrimento.
<b>CS</b>	Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
<b>N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>, V<sub>Ed</sub></b>	Sollecitazioni di progetto.



## 7 Verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 7.1 Verifica a pressoflessione retta delle fondazioni dello shelter

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. delle fondazioni dello shelter:

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLD																	
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> ]	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> ]	CS	
<b>Piano Terra</b>																	
Platea 1																	
P	S	00010	0	0	0,04524	-	00012	0	0	0,04524	-	00017	0	0	0,04524	-	
I	I		-515	8 739	0,04524	6,60		-529	8 900	0,04524	6,48		13 270	0	351	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
I	I		525	5 579	0,04524	10,32		538	5 823	0,04524	9,88		-35 482	2 169	0,04524	28,73	
P	S	00018	0	0	0,04524	-	00019	35	45	0,04524	NS	00020	50	62	0,04524	NS	
I	I		-403	976	0,04524	59,09		-1	139	0,04524	NS		29	115	0,04524	NS	
S	S		102	1 035	0,04524	55,66		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
I	I		0	0	0,04524	-		-49	216	0,04524	NS		-43	201	0,04524	NS	
P	S	00021	-1 211	416	0,04524	NS	00037	0	0	0,04524	-	00038	0	0	0,04524	-	
I	I		0	0	0,04524	-		23 438	16 641	0,04524	3,27		1 615	19 010	0,04524	3,02	
S	S		-875	2 286	0,04524	25,26		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
I	I		0	0	0,04524	-		26 496	14 318	0,04524	3,78		-4 758	14 699	0,04524	3,96	
P	S	00212	-1 044	2 508	0,04524	23,03	00213	-1 257	5 755	0,04524	10,04	00214	292	6 437	0,04524	8,95	
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
S	S		0	0	0,04524	-		-783	337	0,04524	NS		-526	430	0,04524	NS	
I	I		-316	990	0,04524	58,25		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
P	S	00215	-55	5 941	0,04524	9,70	00216	-59	6 889	0,04524	8,37	00217	174	6 211	0,04524	9,27	
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
S	S		122	165	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		-46	47	0,04524	NS	
I	I		58	17	0,04524	NS		-54	393	0,04524	NS		-74	97	0,04524	NS	
P	S	00218	-161	5 354	0,04524	10,77	00219	175	4 942	0,04524	11,66	00220	-174	3 741	0,04524	15,41	
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
I	I		162	445	0,04524	NS		-253	861	0,04524	66,96		58	541	0,04524	NS	
P	S	00221	200	1 971	0,04524	29,22	00222	0	0	0,04524	-	00223	142	172	0,04524	NS	
I	I		0	0	0,04524	-		460	3 769	0,04524	15,27		-97	748	0,04524	77,05	
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		-574	1 165	0,04524	49,53	
I	I		-108	1 257	0,04524	45,85		-99	1 091	0,04524	52,83		-261	2 285	0,04524	25,23	
P	S	00224	0	0	0,04524	-	00225	0	0	0,04524	-	00226	0	0	0,04524	-	
I	I		-429	1 037	0,04524	55,62		645	1 506	0,04524	38,21		-945	1 086	0,04524	53,18	
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
I	I		83	2 546	0,04524	22,63		-1 162	2 524	0,04524	22,89		1 128	2 251	0,04524	25,53	
P	S	00227	291	269	0,04524	NS	00228	0	0	0,04524	-	00229	238	2 084	0,04524	27,63	
I	I		241	626	0,04524	92,00		426	3 636	0,04524	15,83		0	0	0,04524	-	
S	S		-730	1 199	0,04524	48,14		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
I	I		-576	2 214	0,04524	26,06		-61	1 048	0,04524	54,99		-92	1 244	0,04524	46,33	
P	S	00230	-136	3 731	0,04524	15,45	00231	171	4 832	0,04524	11,92	00232	-153	5 243	0,04524	10,99	
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-	
I	I		98	519	0,04524	NS		-256	865	0,04524	66,66		199	486	0,04524	NS	



**Verifiche pressoflessione retta allo SLD**

Dir	Pos	Nodo	NEd	MEd	As	CS	Nodo	NEd	MEd	As	CS	Nodo	NEd	MEd	As	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> ]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> ]	
P	S	00233	178	6 035	0,04524	9,54	00234	-53	6 707	0,04524	8,59	00235	-52	5 761	0,04524	10,00
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-39	49	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		123	164	0,04524	NS
	I		-64	115	0,04524	NS		-70	372	0,04524	NS		63	20	0,04524	NS
P	S	00236	288	6 276	0,04524	9,18	00237	-1 335	5 615	0,04524	10,29	00238	-641	2 364	0,04524	24,41
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-542	429	0,04524	NS		-841	323	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		-1 131	653	0,04524	88,47
P	S	00392	0	0	0,04524	-	00393	0	0	0,04524	-	00394	0	0	0,04524	-
	I		-565	8 666	0,04524	6,66		93	10 462	0,04524	5,51		-97	10 625	0,04524	5,42
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		300	4 870	0,04524	11,82		-9	6 020	0,04524	9,57		-53	6 279	0,04524	9,18
P	S	00395	0	0	0,04524	-	00447	-96	213	0,04524	NS	00448	42	2 880	0,04524	20,01
	I		-307	8 570	0,04524	6,73		-10	288	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		335	4 697	0,04524	12,26		627	3 289	0,04524	17,49		-262	5 495	0,04524	10,49
P	S	00449	0	4 133	0,04524	13,94	00450	-7	3 491	0,04524	16,51	00451	-15	6 420	0,04524	8,98
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		-236	7 610	0,04524	7,58		-115	6 960	0,04524	8,28		209	6 881	0,04524	8,37
P	S	00452	4	4 887	0,04524	11,79	00453	35	4 211	0,04524	13,68	00454	-53	5 418	0,04524	10,64
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		21	5 791	0,04524	9,95		79	7 711	0,04524	7,47		-13	5 470	0,04524	10,53
P	S	00455	-38	4 491	0,04524	12,83	00456	618	3 622	0,04524	15,89	00457	-155	457	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		-4 322	3 511	0,04524	16,58
	I		617	5 291	0,04524	10,88		4 305	4 796	0,04524	11,90		0	0	0,04524	-
P	S	00458	396	1 800	0,04524	31,98	00459	432	1 812	0,04524	31,77	00460	-185	322	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-33	9 015	0,04524	6,39		-54	9 046	0,04524	6,37		-4 855	3 531	0,04524	16,50
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00461	-68	136	0,04524	NS	00462	51	2 942	0,04524	19,58	00463	1	4 241	0,04524	13,59
	I		45	300	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		330	3 333	0,04524	17,28		-248	5 480	0,04524	10,52		-228	7 605	0,04524	7,58
P	S	00464	-6	3 622	0,04524	15,91	00465	-16	6 586	0,04524	8,75	00466	4	5 043	0,04524	11,43
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		-116	6 945	0,04524	8,30		209	6 913	0,04524	8,33		22	5 778	0,04524	9,97
P	S	00467	37	4 364	0,04524	13,20	00468	-54	5 555	0,04524	10,37	00469	-30	4 634	0,04524	12,44
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		73	7 706	0,04524	7,48		-14	5 435	0,04524	10,60		516	5 238	0,04524	10,99
P	S	00470	1 123	3 787	0,04524	15,18	00615	-195	370	0,04524	NS	00616	-186	470	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		-339	3 292	0,04524	17,52		-331	3 183	0,04524	18,12
S	S		0	0	0,04524	-		246	302	0,04524	NS		242	400	0,04524	NS
	I		4 507	4 452	0,04524	12,81		350	3 013	0,04524	19,11		355	2 888	0,04524	19,94
P	S	00617	0	0	0,04524	-	00618	2 144	319	0,04524	NS	00619	-2 650	2 770	0,04524	20,93
	I		2 699	3 291	0,04524	17,40		-1 705	986	0,04524	58,67		0	0	0,04524	-
S	S		15 939	3 349	0,04524	16,57		0	0	0,04524	-		3 094	1 553	0,04524	36,84
	I		0	0	0,04524	-		1 218	978	0,04524	58,75		0	0	0,04524	-
P	S	00620	-51	6 775	0,04524	8,51	00621	6	6 998	0,04524	8,23	00622	1	7 502	0,04524	7,68
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		461	4 918	0,04524	11,70		-148	5 309	0,04524	10,86		10	5 204	0,04524	11,07
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00623	17	7 063	0,04524	8,16	00624	-88	5 252	0,04524	10,97	00625	22	6 106	0,04524	9,44
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		50	4 384	0,04524	13,14		-318	2 429	0,04524	23,74		-35	10 272	0,04524	5,61
	I		0	0	0,04524	-		27	197	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
P	S	00626	4	8 853	0,04524	6,51	00627	-12	9 655	0,04524	5,97	00628	10	9 339	0,04524	6,17
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-4	10 660	0,04524	5,41		12	10 875	0,04524	5,30		-14	10 440	0,04524	5,52
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00629	4	8 562	0,04524	6,73	00630	-279	2 117	0,04524	27,24	00631	-3 002	2 818	0,04524	20,59
	I		0	0	0,04524	-		756	455	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
S	S		2	8 074	0,04524	7,14		-510	1 636	0,04524	35,26		3 489	1 438	0,04524	39,75
	I		0	0	0,04524	-		153	626	0,04524	92,02		0	0	0,04524	-
P	S	00632	-56	6 875	0,04524	8,38	00633	3	7 199	0,04524	8,00	00634	2	7 634	0,04524	7,55
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		450	4 852	0,04524	11,86		-156	5 216	0,04524	11,05		21	5 117	0,04524	11,26
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00635	16	7 185	0,04524	8,02	00636	92	5 310	0,04524	10,85					
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-					





<b>Verifiche pressoflessione retta allo SLD</b>																
<b>Dir</b>	<b>Pos</b>	<b>Nodo</b>	<b>N<sub>Ed</sub></b> [N]	<b>M<sub>Ed</sub></b> [N·m]	<b>A<sub>s</sub></b> [cm <sup>2</sup> /cm]	<b>CS</b>	<b>Nodo</b>	<b>N<sub>Ed</sub></b> [N]	<b>M<sub>Ed</sub></b> [N·m]	<b>A<sub>s</sub></b> [cm <sup>2</sup> ]	<b>CS</b>	<b>Nodo</b>	<b>N<sub>Ed</sub></b> [N]	<b>M<sub>Ed</sub></b> [N·m]	<b>A<sub>s</sub></b> [cm <sup>2</sup> ]	<b>CS</b>
S	S		49	4 387	0,04524	13,13		-298	2 431	0,04524	23,72					
	I		0	0	0,04524	-		16	142	0,04524	NS					
<b>Piano Terra</b>																
<b>Platea 2</b>																
P	S	00007	0	0	0,04524	-	00008	0	0	0,04524	-	00024	-6 860	736	0,04524	79,53
	I		-667	9 036	0,04524	6,39		-662	8 964	0,04524	6,44		0	0	0,04524	-
S	S		432	55	0,04524	NS		435	89	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
	I		624	5 779	0,04524	9,96		611	5 748	0,04524	10,01		4 886	804	0,04524	70,86
P	S	00025	-6 828	734	0,04524	79,74	00026	22	129	0,04524	NS	00027	3	124	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		16	130	0,04524	NS		-21	121	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		5 071	858	0,04524	66,37		-27	261	0,04524	NS		-47	283	0,04524	NS
P	S	00034	633	2 735	0,04524	21,04	00036	726	3 228	0,04524	17,82	00110	313	357	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		290	651	0,04524	88,45
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		-746	1 908	0,04524	30,25
	I		3 790	6 290	0,04524	9,08		3 597	5 991	0,04524	9,54		-626	2 870	0,04524	20,11
P	S	00111	0	0	0,04524	-	00112	0	0	0,04524	-	00113	0	0	0,04524	-
	I		-675	1 006	0,04524	57,37		710	1 420	0,04524	40,51		-478	953	0,04524	60,53
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		1 169	2 988	0,04524	19,23		-1 195	2 986	0,04524	19,35		160	3 247	0,04524	17,74
P	S	00114	120	292	0,04524	NS	00115	129	847	0,04524	68,01	00116	-3	3 104	0,04524	18,56
	I		-70	749	0,04524	76,95		543	4 520	0,04524	12,73		-580	598	0,04524	96,49
S	S		-553	2 019	0,04524	28,58		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		-299	2 769	0,04524	20,82		-336	1 282	0,04524	44,98		31	1 275	0,04524	45,19
P	S	00117	-20	4 133	0,04524	13,94	00118	-35	4 470	0,04524	12,89	00119	158	6 012	0,04524	9,58
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		8	568	0,04524	NS		86	988	0,04524	58,31		-223	713	0,04524	80,86
P	S	00120	-92	8 273	0,04524	6,97	00121	35	8 886	0,04524	6,48	00122	-52	8 931	0,04524	6,45
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-5	249	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		250	478	0,04524	NS		45	905	0,04524	63,67		-220	502	0,04524	NS
P	S	00123	84	9 487	0,04524	6,07	00124	-120	9 790	0,04524	5,89	00125	-68	9 447	0,04524	6,10
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-126	388	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		129	15	0,04524	NS		6	571	0,04524	NS		-128	467	0,04524	NS
P	S	00126	132	8 877	0,04524	6,49	00127	-92	9 234	0,04524	6,24	00128	-40	8 780	0,04524	6,56
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-46	355	0,04524	NS		46	234	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
	I		0	0	0,04524	-		-29	101	0,04524	NS		-88	450	0,04524	NS
P	S	00129	128	7 306	0,04524	7,88	00130	10	7 621	0,04524	7,56	00131	61	6 873	0,04524	8,38
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		19	227	0,04524	NS		10	432	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
	I		112	34	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		-4	321	0,04524	NS
P	S	00132	-141	4 717	0,04524	12,22	00133	67	4 943	0,04524	11,66	00134	-19	3 869	0,04524	14,89
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		54	313	0,04524	NS		8	404	0,04524	NS		-32	74	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00135	-61	2 215	0,04524	26,02	00136	167	1 689	0,04524	34,10	00137	0	0	0,04524	-
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		-159	1 433	0,04524	40,23
S	S		124	354	0,04524	NS		-338	177	0,04524	NS		779	381	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		34	15	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
P	S	00138	-275	886	0,04524	65,08	00139	-313	887	0,04524	65,01	00140	0	0	0,04524	-
	I		306	486	0,04524	NS		336	490	0,04524	NS		184	1 255	0,04524	45,90
S	S		1 234	223	0,04524	NS		1 234	212	0,04524	NS		727	359	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00141	-274	1 513	0,04524	38,11	00142	126	2 485	0,04524	23,18	00143	103	4 463	0,04524	12,91
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		166	161	0,04524	NS		-77	448	0,04524	NS		91	121	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00144	-82	5 402	0,04524	10,67	00145	-62	5 872	0,04524	9,81	00146	126	7 248	0,04524	7,95
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		132	443	0,04524	NS		10	396	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		51	332	0,04524	NS
P	S	00147	-92	7 731	0,04524	7,46	00148	14	7 853	0,04524	7,34	00149	107	8 478	0,04524	6,80
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		101	503	0,04524	NS		-36	279	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		63	509	0,04524	NS
P	S	00150	-82	8 876	0,04524	6,49	00151	-17	8 488	0,04524	6,79	00152	9	7 828	0,04524	7,36
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		113	358	0,04524	NS		-19	298	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		20	393	0,04524	NS
P	S	00153	4	9 253	0,04524	6,23	00154	17	9 088	0,04524	6,34	00155	-94	8 027	0,04524	7,18
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	305	0,04524	NS		0	0	0,04524	-





**Verifiche pressoflessione retta allo SLD**

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> ]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> ]	
	I		-1	435	0,04524	NS		-40	110	0,04524	NS		17	521	0,04524	NS
P	S	00156	51	9 000	0,04524	6,40	00157	96	7 947	0,04524	7,25	00158	-47	5 529	0,04524	10,42
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00159	0	0	0,04524	-	00160	2	171	0,04524	NS	00161	0	0	0,04524	-
	I		14	917	0,04524	62,84		-69	571	0,04524	NS		204	737	0,04524	78,15
P	S	00162	151	4 795	0,04524	12,01	00324	134	4 008	0,04524	14,37	00325	166	3 172	0,04524	18,16
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		-287	492	0,04524	NS
S	S	00326	0	0	0,04524	-	00327	0	0	0,04524	-	00345	0	0	0,04524	-
	I		8	985	0,04524	58,50		103	647	0,04524	89,04		-129	1 379	0,04524	41,80
P	S	00346	0	802	0,04524	71,85	00347	0	0	0,04524	-	00348	0	0	0,04524	-
	I		440	4 615	0,04524	12,47		-551	8 062	0,04524	7,16		80	9 432	0,04524	6,11
S	S	00349	0	0	0,04524	-	00350	0	0	0,04524	-	00351	0	0	0,04524	-
	I		-162	1 244	0,04524	46,34		443	5 530	0,04524	10,41		-6	6 084	0,04524	9,47
P	S	00352	0	0	0,04524	-	00353	0	0	0,04524	-	00354	0	0	0,04524	-
	I		-120	9 581	0,04524	6,02		-297	8 023	0,04524	7,19		-97	3 592	0,04524	16,05
S	S	00355	0	0	0,04524	-	00356	0	0	0,04524	-	00357	0	0	0,04524	-
	I		-37	6 263	0,04524	9,20		334	5 323	0,04524	10,82		4 243	6 501	0,04524	8,78
P	S	00358	0	0	0,04524	-	00359	0	0	0,04524	-	00360	35	924	0,04524	62,36
	I		37	3 793	0,04524	15,19		-3	1 327	0,04524	43,42		0	0	0,04524	-
S	S	00361	0	0	0,04524	-	00362	0	0	0,04524	-	00363	0	0	0,04524	-
	I		465	7 118	0,04524	8,09		7	4 937	0,04524	11,67		11	5 991	0,04524	9,62
P	S	00364	1	2 093	0,04524	27,53	00365	18	4 850	0,04524	11,88	00366	6	2 763	0,04524	20,85
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00367	0	0	0,04524	-	00420	0	0	0,04524	-	00421	0	0	0,04524	-
	I		3	3 876	0,04524	14,87		106	3 482	0,04524	16,54		-37	4 255	0,04524	13,54
P	S	00422	-8	4 572	0,04524	12,60	00423	-28	8 005	0,04524	7,20	00424	-14	5 304	0,04524	10,86
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00425	0	0	0,04524	-	00426	0	0	0,04524	-	00427	0	0	0,04524	-
	I		34	3 052	0,04524	18,88		-110	2 847	0,04524	20,24		-10	3 212	0,04524	17,94
P	S	00428	27	6 831	0,04524	8,43	00429	-11	8 911	0,04524	6,47	00430	-7	8 215	0,04524	7,01
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00431	0	0	0,04524	-	00432	0	0	0,04524	-	00433	0	0	0,04524	-
	I		-2	3 591	0,04524	16,05		-94	2 062	0,04524	27,95		37	2 357	0,04524	24,45
P	S	00434	45	7 677	0,04524	7,51	00435	11	8 062	0,04524	7,15	00436	-3	10 149	0,04524	5,68
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00437	0	0	0,04524	-	00438	0	0	0,04524	-	00439	0	0	0,04524	-
	I		-137	4 012	0,04524	14,37		10	2 732	0,04524	21,09		-40	3 301	0,04524	17,46
P	S	00440	10	7 138	0,04524	8,07	00441	-8	6 508	0,04524	8,85	00442	-11	8 936	0,04524	6,45
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00441	0	0	0,04524	-	00442	0	0	0,04524	-	00443	0	0	0,04524	-
	I		118	3 692	0,04524	15,60		-2	4 443	0,04524	12,97		-43	4 426	0,04524	13,02
P	S	00442	-8	5 065	0,04524	11,38	00443	14	3 437	0,04524	16,76	00444	54	3 476	0,04524	16,58
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00443	0	0	0,04524	-	00444	0	0	0,04524	-	00445	0	0	0,04524	-
	I		114	5 033	0,04524	11,45		-101	7 011	0,04524	8,22		-244	3 918	0,04524	14,72
P	S	00444	-40	1 168	0,04524	49,34	00445	0	0	0,04524	-	00446	-120	1 223	0,04524	47,13
	I		53	1 346	0,04524	42,81		-345	2 011	0,04524	28,68		0	0	0,04524	-
S	S	00445	0	0	0,04524	-	00446	0	0	0,04524	-	00447	0	0	0,04524	-
	I		106	3 370	0,04524	17,09		-9 523	2 939	0,04524	20,04		190	6 992	0,04524	8,24
P	S	00446	-103	1 254	0,04524	45,96	00447	0	0	0,04524	-	00448	-78	1 414	0,04524	40,76
	I		0	0	0,04524	-		-347	1 977	0,04524	29,17		-15	1 088	0,04524	52,96
S	S	00447	146	7 072	0,04524	8,15	00448	-9 180	3 006	0,04524	19,58	00449	0	0	0,04524	-
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		533	3 235	0,04524	17,79
P	S	00448	37	2 739	0,04524	21,04	00449	23	4 261	0,04524	13,52	00450	-8	4 474	0,04524	12,88
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00449	0	0	0,04524	-	00450	0	0	0,04524	-	00451	0	0	0,04524	-
	I		-198	4 418	0,04524	13,05		-220	6 433	0,04524	8,96		-103	5 502	0,04524	10,48
P	S	00450	-12	8 455	0,04524	6,82	00451	-2	7 184	0,04524	8,02	00452	10	5 908	0,04524	9,75
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00451	0	0	0,04524	-	00452	0	0	0,04524	-	00453	0	0	0,04524	-
	I		163	4 704	0,04524	12,25		33	3 844	0,04524	14,99		14	4 206	0,04524	13,70
P	S	00452	20	9 817	0,04524	5,87	00453	0	8 208	0,04524	7,02	00454	-1	5 491	0,04524	10,49
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00453	0	0	0,04524	-	00454	0	0	0,04524	-	00455	0	0	0,04524	-
	I		-11	3 218	0,04524	17,91		-1	2 067	0,04524	27,88		-6	4 976	0,04524	11,58
P	S	00454	-1	8 011	0,04524	7,19	00455	-7	8 697	0,04524	6,63	00456	-8	5 971	0,04524	9,65
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00455	0	0	0,04524	-	00456	0	0	0,04524	-	00457	0	0	0,04524	-
	I		-5	2 127	0,04524	27,09		-109	1 932	0,04524	29,83		21	4 084	0,04524	14,11
P	S	00456	-5	6 165	0,04524	9,35	00457	22	7 966	0,04524	7,23	00458	-9	4 498	0,04524	12,81
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S	00457	0	0	0,04524	-	00458	0	0	0,04524	-	00459	0	0	0,04524	-
	I		6	2 601	0,04524	22,15		23	2 981	0,04524	19,33		32	3 315	0,04524	17,38
P	S	00440	-5	4 280	0,04524	13,46	00441	31	4 886	0,04524	11,79	00442	-11	2 265	0,04524	25,44





## Verifiche pressoflessione retta allo SLD

Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> /cm]	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> ]	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub> [N]	M <sub>Ed</sub> [N-m]	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> ]	CS
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		-42	3 497	0,04524	16,48		54	3 732	0,04524	15,44		-25	3 777	0,04524	15,26
P	S	00443	-51	1 317	0,04524	43,76	00444	0	0	0,04524	-	00445	0	0	0,04524	-
I	I		0	0	0,04524	-		23	1 751	0,04524	32,91		-28	3 454	0,04524	16,68
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		-148	5 679	0,04524	10,15		-81	5 286	0,04524	10,90		449	6 990	0,04524	8,24
P	S	00446	0	0	0,04524	-	00529	-243	1 113	0,04524	51,80	00530	366	2 619	0,04524	21,98
I	I		-174	3 689	0,04524	15,63		-380	3 695	0,04524	15,61		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		286	967	0,04524	59,55		-8 102	1 147	0,04524	51,18
I	I		4 041	6 559	0,04524	8,70		394	3 394	0,04524	16,96		7 620	1 066	0,04524	53,10
P	S	00531	318	2 527	0,04524	22,79	00532	-228	1 083	0,04524	53,23	00533	-84	4 744	0,04524	12,15
I	I		0	0	0,04524	-		-377	3 740	0,04524	15,42		0	0	0,04524	-
S	S		-7 791	1 209	0,04524	48,52		288	940	0,04524	61,26		-301	1 440	0,04524	40,04
I	I		7 641	1 143	0,04524	49,52		415	3 428	0,04524	16,79		-46	244	0,04524	NS
P	S	00534	13	7 013	0,04524	8,22	00535	-4	7 897	0,04524	7,30	00536	-6	8 608	0,04524	6,69
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-91	3 126	0,04524	18,44		9	2 957	0,04524	19,49		-69	3 061	0,04524	18,83
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00537	0	9 219	0,04524	6,25	00538	0	8 108	0,04524	7,11	00539	0	8 780	0,04524	6,56
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		57	4 025	0,04524	14,31		-74	3 684	0,04524	15,64		29	4 061	0,04524	14,19
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00540	7	7 809	0,04524	7,38	00541	0	7 757	0,04524	7,43	00542	-7	6 543	0,04524	8,81
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-69	3 735	0,04524	15,43		223	4 311	0,04524	13,36		-172	3 915	0,04524	14,72
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00543	-1	5 147	0,04524	11,20	00544	-1	3 202	0,04524	18,00	00545	14	1 176	0,04524	49,00
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		58	4 163	0,04524	13,84		-73	3 879	0,04524	14,86		-243	3 117	0,04524	18,50
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00546	-2 211	778	0,04524	74,44	00547	-319	2 068	0,04524	27,88	00548	1	7 814	0,04524	7,37
I	I		2 198	151	0,04524	NS		743	542	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
S	S		7 304	812	0,04524	69,77		-539	754	0,04524	76,52		4	6 013	0,04524	9,58
I	I		-6 673	1 218	0,04524	48,04		127	1 111	0,04524	51,85		0	0	0,04524	-
P	S	00549	-5	9 168	0,04524	6,29	00550	-5	9 764	0,04524	5,90	00551	4	10 052	0,04524	5,73
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		5	7 842	0,04524	7,35		-3	8 229	0,04524	7,00		-1	8 105	0,04524	7,11
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00552	-3	10 539	0,04524	5,47	00553	-1	10 085	0,04524	5,71	00554	-2	9 862	0,04524	5,84
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	7 869	0,04524	7,32		0	7 785	0,04524	7,40		1	7 657	0,04524	7,53
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00555	1	9 089	0,04524	6,34	00556	0	8 270	0,04524	6,97	00557	-1	7 245	0,04524	7,95
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-2	7 704	0,04524	7,48		0	7 784	0,04524	7,40		0	8 024	0,04524	7,18
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00558	0	5 955	0,04524	9,68	00559	0	3 927	0,04524	14,67	00560	-6	2 118	0,04524	27,21
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		2	8 146	0,04524	7,07		-1	8 482	0,04524	6,79		-12	8 548	0,04524	6,74
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00561	65	4 822	0,04524	11,95	00562	2	6 769	0,04524	8,51	00563	6	8 256	0,04524	6,98
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-531	1 451	0,04524	39,76		-81	3 069	0,04524	18,78		41	2 862	0,04524	20,13
I	I		-131	168	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00564	-6	8 906	0,04524	6,47	00565	-1	9 541	0,04524	6,04	00566	-2	9 059	0,04524	6,36
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		220	3 156	0,04524	18,25		-211	3 959	0,04524	14,56		281	3 583	0,04524	16,07
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00567	-6	8 927	0,04524	6,45	00568	3	7 949	0,04524	7,25	00569	-2	7 507	0,04524	7,68
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-224	4 068	0,04524	14,17		188	3 703	0,04524	15,55		-54	4 202	0,04524	13,71
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00570	-1	6 066	0,04524	9,50	00571	2	5 258	0,04524	10,96	00572	-1	3 291	0,04524	17,51
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		-60	3 931	0,04524	14,66		61	4 232	0,04524	13,61		-169	3 856	0,04524	14,95
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00573	-48	1 301	0,04524	44,30	00574	-2 303	812	0,04524	71,34					
I	I		0	0	0,04524	-		2 173	139	0,04524	NS					
S	S		325	3 055	0,04524	18,85		7 037	731	0,04524	77,55					
I	I		0	0	0,04524	-		-6 918	1 095	0,04524	53,46					
<b>Fondazione</b>			<b>Platea 1</b>													
P	S	00023	0	0	0,04524	-	00028	0	0	0,04524	-	00029	0	0	0,04524	-
I	I		46	3 066	0,04524	18,79		-93	328	0,04524	NS		-97	321	0,04524	NS



<b>Verifiche pressoflessione retta allo SLD</b>																
<b>Dir</b>	<b>Pos</b>	<b>Nodo</b>	<b>N<sub>Ed</sub></b>	<b>M<sub>Ed</sub></b>	<b>A<sub>s</sub></b>	<b>CS</b>	<b>Nodo</b>	<b>N<sub>Ed</sub></b>	<b>M<sub>Ed</sub></b>	<b>A<sub>s</sub></b>	<b>CS</b>	<b>Nodo</b>	<b>N<sub>Ed</sub></b>	<b>M<sub>Ed</sub></b>	<b>A<sub>s</sub></b>	<b>CS</b>
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> ]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> ]	
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		-228	4 576	0,04524	12,60		44	295	0,04524	NS		69	345	0,04524	NS
P	S	00030	128	11	0,04524	NS	00031	2	33	0,04524	NS	00032	0	0	0,04524	-
	I		164	72	0,04524	NS		-11	25	0,04524	NS		196	548	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		-105	235	0,04524	NS		-54	255	0,04524	NS		12	3 959	0,04524	14,55
P	S	00033	0	0	0,04524	-	00163	0	0	0,04524	-	00164	901	140	0,04524	NS
	I		-74	545	0,04524	NS		-439	210	0,04524	NS		660	50	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		-71	62	0,04524	NS
	I		-390	3 991	0,04524	14,45		58	2 305	0,04524	25,00		0	0	0,04524	-
P	S	00165	-57	74	0,04524	NS	00166	-858	94	0,04524	NS	00167	0	0	0,04524	-
	I		165	16	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		-139	213	0,04524	NS
S	S		-4	302	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		0	0	0,04524	-		56	118	0,04524	NS		266	2 290	0,04524	25,15
P	S	00168	-363	542	0,04524	NS	00169	1 291	507	0,04524	NS	00170	-1 054	558	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		575	135	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		775	85	0,04524	NS		-1 211	463	0,04524	NS		869	613	0,04524	93,81
P	S	00171	-998	529	0,04524	NS	00172	2 156	627	0,04524	91,44	00173	-1 284	816	0,04524	70,83
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		547	365	0,04524	NS		-1 482	423	0,04524	NS		883	366	0,04524	NS
P	S	00174	-632	668	0,04524	86,39	00175	1 860	977	0,04524	58,73	00176	-1 261	730	0,04524	79,17
	I		-625	10	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		242	11	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		1 139	36	0,04524	NS
	I		302	273	0,04524	NS		-1 215	257	0,04524	NS		988	305	0,04524	NS
P	S	00177	-378	543	0,04524	NS	00178	1 299	103	0,04524	NS	00179	-710	294	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		1 334	66	0,04524	NS		-493	33	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		149	375	0,04524	NS		-1 148	352	0,04524	NS		431	775	0,04524	74,28
P	S	00180	0	0	0,04524	-	00181	409	119	0,04524	NS	00182	0	0	0,04524	-
	I		98	1 258	0,04524	45,79		0	0	0,04524	-		-56	227	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		-196	502	0,04524	NS		88	1 610	0,04524	35,78		54	324	0,04524	NS
P	S	00183	0	0	0,04524	-	00184	-205	15	0,04524	NS	00185	-50	147	0,04524	NS
	I		302	256	0,04524	NS		-260	288	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		-1	333	0,04524	NS		37	292	0,04524	NS		209	1 681	0,04524	34,26
P	S	00186	0	0	0,04524	-	00187	653	81	0,04524	NS	00188	-833	120	0,04524	NS
	I		-25	1 093	0,04524	52,72		748	280	0,04524	NS		-861	285	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		119	546	0,04524	NS		-684	704	0,04524	81,98		650	356	0,04524	NS
P	S	00189	-843	679	0,04524	85,03	00190	2 129	550	0,04524	NS	00191	-1 152	824	0,04524	70,12
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		-1 637	79	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
	I		906	380	0,04524	NS		-1 438	196	0,04524	NS		694	321	0,04524	NS
P	S	00192	-936	642	0,04524	89,95	00193	2 180	787	0,04524	72,85	00194	-1 354	544	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		874	275	0,04524	NS		-1 381	295	0,04524	NS		858	352	0,04524	NS
P	S	00195	-371	502	0,04524	NS	00196	1 322	638	0,04524	90,04	00197	-516	498	0,04524	NS
	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		536	516	0,04524	NS		-1 100	489	0,04524	NS		307	344	0,04524	NS
P	S	00198	15	550	0,04524	NS	00264	0	0	0,04524	-	00265	0	0	0,04524	-
	I		0	0	0,04524	-		-224	1 274	0,04524	45,25		-160	1 832	0,04524	31,47
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		42	113	0,04524	NS		-436	4 205	0,04524	13,72		-269	7 152	0,04524	8,06
P	S	00266	0	0	0,04524	-	00267	0	0	0,04524	-	00268	0	0	0,04524	-
	I		21	2 278	0,04524	25,29		334	1 500	0,04524	38,39		-73	2 645	0,04524	21,79
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		208	7 652	0,04524	7,53		898	8 779	0,04524	6,55		-23	9 141	0,04524	6,30
P	S	00269	0	0	0,04524	-	00270	0	0	0,04524	-	00271	0	0	0,04524	-
	I		79	2 341	0,04524	24,61		345	1 665	0,04524	34,58		59	3 173	0,04524	18,16
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		750	9 203	0,04524	6,25		976	9 469	0,04524	6,07		669	8 926	0,04524	6,45
P	S	00272	0	0	0,04524	-	00273	0	0	0,04524	-	00274	0	0	0,04524	-
	I		-224	1 547	0,04524	37,27		-60	2 621	0,04524	21,99		-128	1 180	0,04524	48,85
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		-770	9 186	0,04524	6,28		-893	7 785	0,04524	7,42		-342	6 994	0,04524	8,25
P	S	00275	0	0	0,04524	-	00294	0	0	0,04524	-	00295	0	0	0,04524	-
	I		-56	422	0,04524	NS		-74	663	0,04524	86,93		-128	845	0,04524	68,21
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
	I		330	4 803	0,04524	11,99		-449	4 946	0,04524	11,66		-389	6 911	0,04524	8,35



**Verifiche pressoflessione retta allo SLD**

Dir	Pos	Nodo	NEd	MEd	As	CS	Nodo	NEd	MEd	As	CS	Nodo	NEd	MEd	As	CS
			[N]	[N.m]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N.m]	[cm <sup>2</sup> ]			[N]	[N.m]	[cm <sup>2</sup> ]	
P	S	00296	0	0	0,04524	-	00297	0	0	0,04524	-	00298	0	0	0,04524	-
I	I		22	2 646	0,04524	21,78		336	1 752	0,04524	32,86		-11	2 842	0,04524	20,28
S	S	00299	0	0	0,04524	-	00300	0	0	0,04524	-	00301	0	0	0,04524	-
I	I		446	7 686	0,04524	7,49		990	9 158	0,04524	6,28		66	8 688	0,04524	6,63
P	S	00302	0	0	0,04524	-	00303	0	0	0,04524	-	00304	0	0	0,04524	-
I	I		-212	1 809	0,04524	31,87		-137	2 440	0,04524	23,62		134	2 371	0,04524	24,30
S	S	00305	0	0	0,04524	-	00334	0	0	0,04524	-	00335	0	0	0,04524	-
I	I		-367	9 561	0,04524	6,03		-1 422	9 086	0,04524	6,36		807	8 973	0,04524	6,41
P	S	00336	0	0	0,04524	-	00337	0	0	0,04524	-	00401	-21	223	0,04524	NS
I	I		-279	1 764	0,04524	32,69		-21	2 335	0,04524	24,68		-405	159	0,04524	NS
S	S	00402	0	0	0,04524	-	00403	0	0	0,04524	-	00404	307	318	0,04524	NS
I	I		-716	8 925	0,04524	6,47		-704	7 561	0,04524	7,63		-183	124	0,04524	NS
P	S	00575	0	0	0,04524	-	00576	0	0	0,04524	-	00577	0	0	0,04524	-
I	I		59	1 464	0,04524	39,35		-38	1 942	0,04524	29,67		-82	215	0,04524	NS
S	S	00578	0	0	0,04524	-	00579	0	0	0,04524	-	00580	81	619	0,04524	93,07
I	I		-73	4 209	0,04524	13,69		13	1 516	0,04524	38,01		0	0	0,04524	-
P	S	00581	0	0	0,04524	-	00582	0	0	0,04524	-	00583	0	0	0,04524	-
I	I		111	258	0,04524	NS		-82	101	0,04524	NS		83	931	0,04524	61,88
S	S	00584	0	0	0,04524	-	00585	0	0	0,04524	-	00586	-28	3 327	0,04524	17,32
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S	00587	0	0	0,04524	-	00588	0	0	0,04524	-	00589	18	1 535	0,04524	37,54
I	I		-163	997	0,04524	57,82		-62	2 745	0,04524	20,99		0	0	0,04524	-
S	S	00589	0	0	0,04524	-	00590	0	0	0,04524	-	00591	133	2 206	0,04524	26,11
I	I		424	1 675	0,04524	34,37		399	2 072	0,04524	27,78		0	0	0,04524	-
P	S	00593	0	0	0,04524	-	00594	0	0	0,04524	-	00595	0	0	0,04524	-
I	I		0	0	0,04524	-		314	1 484	0,04524	38,80		81	619	0,04524	93,07
S	S	00596	0	0	0,04524	-	00597	0	0	0,04524	-	00598	67	250	0,04524	NS
I	I		5	1 677	0,04524	34,36		-34	118	0,04524	NS		74	500	0,04524	NS
P	S	00599	0	0	0,04524	-	00770	0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		-94	913	0,04524	63,13		38	207	0,04524	NS		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		-147	1 460	0,04524	39,48		-98	760	0,04524	75,84		-13	949	0,04524	60,72
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		-957	137	0,04524	NS		216	1 818	0,04524	31,68		1 589	4 362	0,04524	13,16
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
P	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		-42	1 094	0,04524	52,68		-140	1 139	0,04524	50,61		74	500	0,04524	NS
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		-2 724	5 463	0,04524	10,61		2 180	5 434	0,04524	10,55		-1 911	4 190	0,04524	13,81
P	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		8	229	0,04524	NS		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
S	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		16	14	0,04524	NS		3	3 173	0,04524	18,16					
P	S		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-		0	0	0,04524	-
I	I		1 164	2 263	0,04524	25,39		-336	4 651	0,04524	12,40					

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).  
**Pos** Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.  
**As** Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.  
**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se  $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).  
**NEd, MEd** Sollecitazioni di progetto.





## 7.2 Verifica delle tensioni di esercizio delle fondazioni dello shelter

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio delle fondazioni dello shelter, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

### VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)

Nodo/ Tp <sub>rnf</sub>	Dir	verifiche delle tensioni di esercizio													
		Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio						
		IdCmb	Compressione calcestruzzo			Trazione acciaio/FRP rinforzo			Verificato	IdCmb	Trazione acciaio/FRP rinforzo			Verificato	
$\sigma_{cc}$	$\sigma_{cd,amm}$		$N_{Ed}$	$M_{Ed}$	CS	$\sigma_{at}$	$\sigma_{td,amm}$	$N_{Ed}$			$M_{Ed}$	CS			
		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				
<b>Piano Terra</b>		<b>Platea 1</b>													
00038	P	RAR	1,085	17,43	64	-17 466	16,06	SI	RAR	11,934	360,00	64	-17 466	30,17	SI
		QPR	1,085	13,07	64	-17 466	12,04	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	0,842	17,43	-163	-13 563	20,70	SI	RAR	9,277	360,00	-163	-13 563	38,80	SI
		QPR	0,842	13,07	-163	-13 563	15,52	SI	-	-	-	-	-	-	-
<b>Piano Terra</b>		<b>Platea 2</b>													
00552	P	RAR	0,634	17,43	1	10 202	27,50	SI	RAR	6,973	360,00	1	10 202	51,63	SI
		QPR	0,634	13,07	1	10 202	20,62	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	0,501	17,43	-1	8 065	34,78	SI	RAR	5,512	360,00	-1	8 065	65,31	SI
		QPR	0,501	13,07	-1	8 065	26,09	SI	-	-	-	-	-	-	-
<b>Fondazione</b>		<b>Platea 1</b>													
00297	P	RAR	0,103	17,43	-233	-1 669	NS	SI	RAR	1,152	360,00	-233	-1 669	NS	SI
		QPR	0,103	13,07	-233	-1 669	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	0,456	17,43	-681	-7 370	38,25	SI	RAR	5,070	360,00	-681	-7 370	71,01	SI
		QPR	0,456	13,07	-681	-7 370	28,68	SI	-	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.  
**Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).  
**IdCmb** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.  
 $\sigma_{cc}$  Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.  
 $\sigma_{cd,amm}$  Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.  
 $\sigma_{at}$  Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.  
 $\sigma_{td,amm}$  Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.  
 $N_{Ed}, M_{Ed}$  Sollecitazioni di progetto.  
**CS** Coefficiente di Sicurezza (=  $\sigma_{cd,amm}/\sigma_{cc}$  ;  $\sigma_{td,amm}/\sigma_{at}$ ). [NS] = Non Significativo (CS  $\geq$  100).  
**Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta ( $\sigma_{cc} \leq \sigma_{cd,amm}$  ;  $\sigma_{at} \leq \sigma_{td,amm}$ ). [NO] = La verifica NON è soddisfatta ( $\sigma_{cc} > \sigma_{cd,amm}$  ;  $\sigma_{at} > \sigma_{td,amm}$ ).  
**Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

## 7.3 Verifica a fessurazione delle fondazioni dello shelter

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione delle fondazioni dello shelter.

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

Nodo	Dir	IdCmb	verifica allo stato limite di fessurazione												
			$N_{Ed}$	$M_{Ed}$	$\sigma_{ct,f}$	$\sigma_t$	$\epsilon_{sm}$	$A_e$	$\Delta_{sm}$	$W_d$	$W_{amm}$	CS	Verificato		
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]				
<b>Piano Terra</b>		<b>Platea 1</b>													
		<b>AA= PCA</b>													
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max <math>\sigma_{ct,f}</math>)</b>															
00038	P	FRQ	64	-17 466	1,08	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI		
		QPR	64	-17 466	1,08	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI		
	S	FRQ	-163	-13 563	0,84	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI		
		QPR	-163	-13 563	0,84	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI		
<b>Piano Terra</b>		<b>Platea 2</b>													
		<b>AA= PCA</b>													
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max <math>\sigma_{ct,f}</math>)</b>															
00552	P	FRQ	1	10 202	0,63	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI		
		QPR	1	10 202	0,63	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI		
	S	FRQ	-1	8 065	0,50	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI		
		QPR	-1	8 065	0,50	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI		



verifica allo stato limite di fessurazione													
Nodo	Dir	Id <sub>Cmb</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]		
<b>Fondazione</b>			<b>Platea 1</b>				<b>AA= PCA</b>						
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max σ<sub>ct,f</sub>)</b>													
00297	P	FRQ	-233	-1 669	0,10	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-233	-1 669	0,10	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
	S	FRQ	-681	-7 370	0,46	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-681	-7 370	0,46	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

#### LEGENDA:

<b>Dir</b>	Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
<b>AA</b>	Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
<b>Id<sub>Cmb</sub></b>	Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
<b>N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub></b>	Sollecitazioni di progetto.
<b>σ<sub>ct,f</sub></b>	Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ <sub>t</sub> la sezione è soggetta a fessurazione.
<b>σ<sub>t</sub></b>	N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione. Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
<b>ε<sub>sm</sub></b>	Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
<b>A<sub>e</sub></b>	Area efficace del calcestruzzo teso.
<b>Δ<sub>sm</sub></b>	Distanza media tra le fessure.
<b>W<sub>d</sub></b>	Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
<b>W<sub>amm</sub></b>	Valore ammissibile di apertura delle fessure.
<b>CS</b>	Coefficiente di Sicurezza (=W <sub>d</sub> / W <sub>amm</sub> ). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W <sub>d</sub> = 0).
<b>Verificato</b>	[SI] = W <sub>d</sub> ≤ W <sub>amm</sub> ; [NO] = W <sub>d</sub> > W <sub>amm</sub>



## **PALO TELECOMUNICAZIONI**







## Sommario

<b>PALO TELECOMUNICAZIONI</b>	<b>1</b>
<b>1 Introduzione – Palo telecomunicazioni</b>	<b>3</b>
<b>2 Materiali impiegati</b>	<b>4</b>
<b>3 Terreni</b>	<b>5</b>
<b>4 Analisi dei carichi</b>	<b>6</b>
4.1 Combinazioni di carico	6
<b>5 Codice di calcolo impiegato</b>	<b>7</b>
5.1 Modello di calcolo	7
<b>6 Verifiche geotecniche</b>	<b>9</b>
6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette	10
6.2 Tensioni sul terreno	11
6.3 Calcolo dei cedimenti	11
6.4 Verifica a scorrimento	13
<b>7 Verifiche strutturali</b>	<b>15</b>
7.1 Verifica a pressoflessione retta della fondazione	15
7.2 Verifica delle tensioni di esercizio della fondazione	16
7.3 Verifica a fessurazione della fondazione	17



# 1 Introduzione – Palo telecomunicazioni

La fondazione per il palo telecomunicazioni ha una superficie in pianta di 3.00 x 3.00 m per uno spessore di 1.70 m. Il carico permanente agente utilizzato nel calcolo è pari a 1300 kg

N <sub>id</sub>	Descrizione	F+E	+/- F	CDC	Tipologie di carico		
					ψ <sub>0</sub>	ψ <sub>1</sub>	ψ <sub>2</sub>
0001	Carico Permanente	-	NO	Permanente	1,00	1,00	1,00
0002	C16_SLU,C(Z)	-	NO	Media	0,00	0,00	0,00

## LEGENDA:

**N<sub>id</sub>** Numero identificativo della Tipologia di Carico.

**F+E** Indica se la tipologia di carico considerata è AGENTE con il sisma.

**+/-** Indica se la tipologia di carico è ALTERNATA (cioè considerata due volte con segno opposto) o meno.

**F**

**CDC** Indica la classe di durata del carico.

NOTA: dato significativo solo per elementi in materiale legnoso.

**ψ<sub>0</sub>** Coefficiente riduttivo dei carichi allo SLU e SLE (carichi rari).

**ψ<sub>1</sub>** Coefficiente riduttivo dei carichi allo SLE (carichi frequenti).

**ψ<sub>2</sub>** Coefficiente riduttivo dei carichi allo SLE (carichi frequenti e quasi permanenti).

Viene riportate di seguito una vista assonometrica del modello utilizzato per il calcolo:

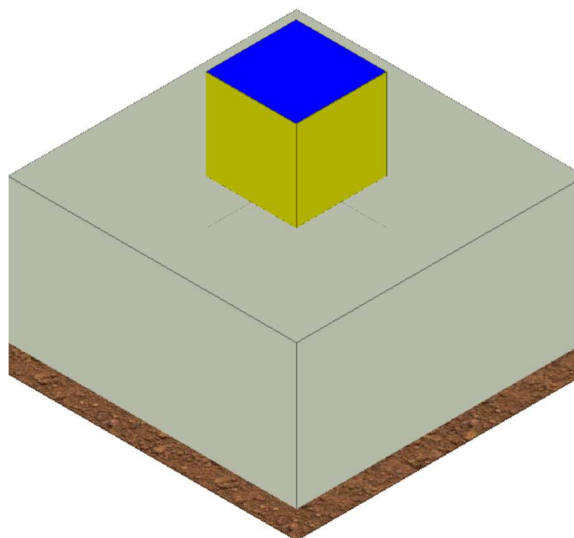


Figura 1: vista tridimensionale della fondazione del PALO TELECOMUNICAZIONI



## 2 Materiali impiegati

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE" ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

### CALCESTRUZZO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	Caratteristiche calcestruzzo armato				
											f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>	N	n Ac
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
<b>Cls C28/35_B450C - (C28/35)</b>															
002	25 000	0,000010	32 588	13 578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	003

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**C<sub>Erid</sub>** Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E<sub>sisma</sub> = E·C<sub>Erid</sub>].  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**R<sub>ck</sub>** Resistenza caratteristica cubica.  
**R<sub>cm</sub>** Resistenza media cubica.  
**%R<sub>ck</sub>** Percentuale di riduzione della R<sub>ck</sub>.  
**γ<sub>c</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.  
**f<sub>cd</sub>** Resistenza di calcolo a compressione.  
**f<sub>ctd</sub>** Resistenza di calcolo a trazione.  
**f<sub>cfm</sub>** Resistenza media a trazione per flessione.  
**n Ac** Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

### ACCIAIO

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	LMT	f <sub>yk</sub>	f <sub>tk</sub>	f <sub>yd</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>	
																NCnt	Cnt
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)</b>																	
003	78 500	0,000010	210 000	80 769	P	-	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-

#### LEGENDA:

- N<sub>id</sub>** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.  
**γ<sub>k</sub>** Peso specifico.  
**α<sub>T, i</sub>** Coefficiente di dilatazione termica.  
**E** Modulo elastico normale.  
**G** Modulo elastico tangenziale.  
**Stz** Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).  
**LMT** Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)  
**f<sub>yk</sub>** Resistenza caratteristica allo snervamento  
**f<sub>tk</sub>** Resistenza caratteristica a rottura  
**f<sub>yd</sub>** Resistenza di calcolo  
**f<sub>td</sub>** Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).  
**γ<sub>s</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.  
**γ<sub>M1</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.  
**γ<sub>M2</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.  
**γ<sub>M3,SLV</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).  
**γ<sub>M3,SLE</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).  
**γ<sub>M7</sub>** Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il materiale.



### 3 Terreni

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati di seguito. La stratigrafia è la medesima in corrispondenza di ciascuna fonazione; la condizione peggiore è determinata dalla sola posizione della falda e, nel caso specifico si trova ad una profondità di 16.50 m. Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geologica.

#### TERRENI

N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub> [N/m <sup>3</sup> ]	K <sub>1</sub>			φ [°]	C <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c' [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cu</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	A <sub>S-B</sub>
		K <sub>1X</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Y</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]	K <sub>1Z</sub> [N/cm <sup>2</sup> ]						
<b>CONGLOMERATI</b>										
T001	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	15	0	0,000
<b>SABBIE FINI</b>										
T002	17 450	60	60	30	31	0,000	0,002	10	0	0,000
<b>SABBIE CALCAREO QUARZOSE</b>										
T003	18 030	60	60	300	31	0,000	0,002	12	0	0,000
<b>ARGILLE</b>										
T004	19 750	60	60	300	26	0,000	0,007	25	0	0,000

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo del terreno.  
**γ<sub>T</sub>** Peso specifico del terreno.  
**K<sub>1</sub>** Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K<sub>1X</sub>), Y (K<sub>1Y</sub>), e Z (K<sub>1Z</sub>).  
**φ** Angolo di attrito del terreno.  
**C<sub>u</sub>** Coesione non drenata.  
**c'** Coesione efficace.  
**E<sub>d</sub>** Modulo edometrico.  
**E<sub>cu</sub>** Modulo elastico in condizione non drenate.  
**A<sub>S-B</sub>** Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

#### STRATIGRAFIE

N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub> [m]	Q <sub>f</sub> [m]	Cmp. S.	Add	Stratigrafie
					ΔEd
<b>[S001]-Stratigrafia Gravina</b>					
T001	0,00	-4,00	incoerente	sciolto	nulla
T002	-4,00	-12,00	incoerente	sciolto	nulla
T003	-12,00	-20,00	incoerente	sciolto	nulla
T004	-20,00	INF	coerente	sciolto	nulla

#### LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>** Numero identificativo della stratigrafia.  
**Q<sub>i</sub>** Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).  
**Q<sub>f</sub>** Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).  
**Cmp. S.** Comportamento dello strato.  
**Add** Addensamento dello strato.  
**ΔEd** Variazione con la profondità del modulo edometrico.



## 4 Analisi dei carichi

### 4.1 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile 50 anni. In accordo con il paragrafo 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 la combinazione per le verifiche agli S.L.U. è:

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

dove:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale per peso proprio della struttura e dei pesi permanenti;
- $G_1$  è il valore caratteristico dei carichi permanenti;
- $\gamma_{Q1}$  coefficiente parziale dell'azione variabile;
- $\psi_{0i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore raro dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $\psi_{2i}$  = è il coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile  $Q_{kj}$ ;
- $Q_{kj}$  è il valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

Allo S.L.E. le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- $G_{kj}$ : valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- $P_{kh}$ : valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- $Q_{ki}$ : valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- $Q_{kj}$ : valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- $\psi_{0i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- $\psi_{1i}$ : coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\psi_{2i}$ : coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.



## 5 Codice di calcolo impiegato

L'analisi strutturale della fondazione è stata sviluppata mediante calcolo automatico con modello tridimensionale utilizzando il programma Edilus sviluppato dalla ACCA Software.

Il software consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice, ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

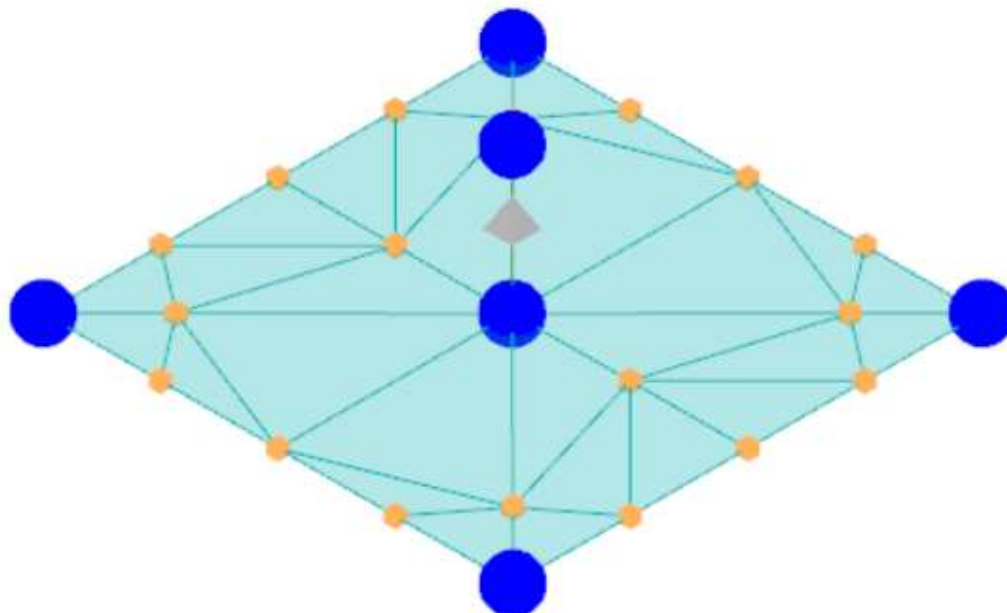
Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

### 5.1 Modello di calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento.

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.



**Figura 2: modello strutturale della fondazione**



## 6 Verifiche geotecniche

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	$\gamma_r$	1,00	1,00

Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.II del D.M. 2018.

**Tabella 6.4.II - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (cfr. D.M. 2018)**

Resistenza	Simbolo	infissi	trivellati	ad elica continua
	$\gamma_R$	R3	R3	R3
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,30
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15





Totale(*)	$\gamma_t$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

## 6.1 Verifica a carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

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

in cui:

$c$  = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q$  =  $\gamma \cdot D$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$B'$  = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi NB);

$L$  = lunghezza della fondazione;

$\gamma_f$  = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s, d, i, g, b, \Psi, r$  = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica,  $B$  e  $L$  saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot eB$$

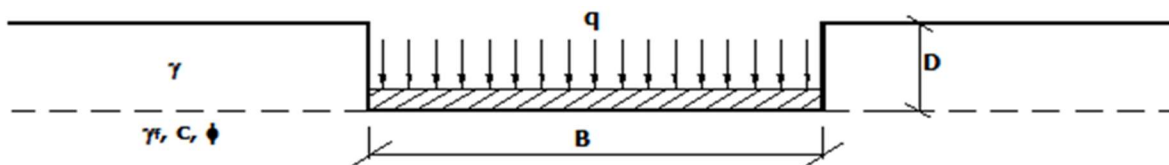
$eB$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $B$ ;

$$L' = L - 2 \cdot eL$$

$eL$  = eccentricità parallela al lato di dimensione  $L$ ;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



Verifiche Carico Limite fondazioni dirette allo SLU

Id <sub>Fnd</sub>	CS	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	R <sub>tz</sub>	Z <sub>p,cmp</sub>	Z <sub>Fld</sub>	Cmp T	C. Terzaghi						Q <sub>Ed</sub>	Q <sub>Rd</sub>	R <sub>f</sub>
								per N <sub>q</sub>	per N <sub>c</sub>	per N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>			
Platea 1	13,20	3,00	3,00	90,00	1,85	16,50	NON Coesivo	1,86	1,91	0,56	20,63	32,67	25,99	0,057	0,758	NO

### LEGENDA:

**Id<sub>Fnd</sub>** Descrizione dell'oggetto di fondazione al quale è riferita la verifica.

**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR] = Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

**L<sub>x/y</sub>** Dimensioni dell'elemento di fondazione.

**R<sub>tz</sub>** Angolo compreso tra l'asse X e il lato più lungo del minimo rettangolo che delimita il poligono della platea.

**Z<sub>p,cmp</sub>** Profondità di posa dell'elemento di fondazione dal piano campagna.

**Z<sub>Fld</sub>** Profondità della falda dal piano campagna.

**Cmp T** Classificazione del comportamento del terreno ai fini del calcolo.

**C.** Coefficienti correttivi per la formula di Terzaghi.

### Terzaghi

**Q<sub>Ed</sub>** Carico di progetto sul terreno.

**Q<sub>Rd</sub>** Resistenza di progetto del terreno.

**R<sub>f</sub>** [SI] = elemento con presenza di rinforzo; [NO] = elemento senza rinforzo.

## 6.2 Tensioni sul terreno

Si riporta, di seguito, un'immagine raffigurante lo stato tensionale massimo allo S.L.U. sul terreno.

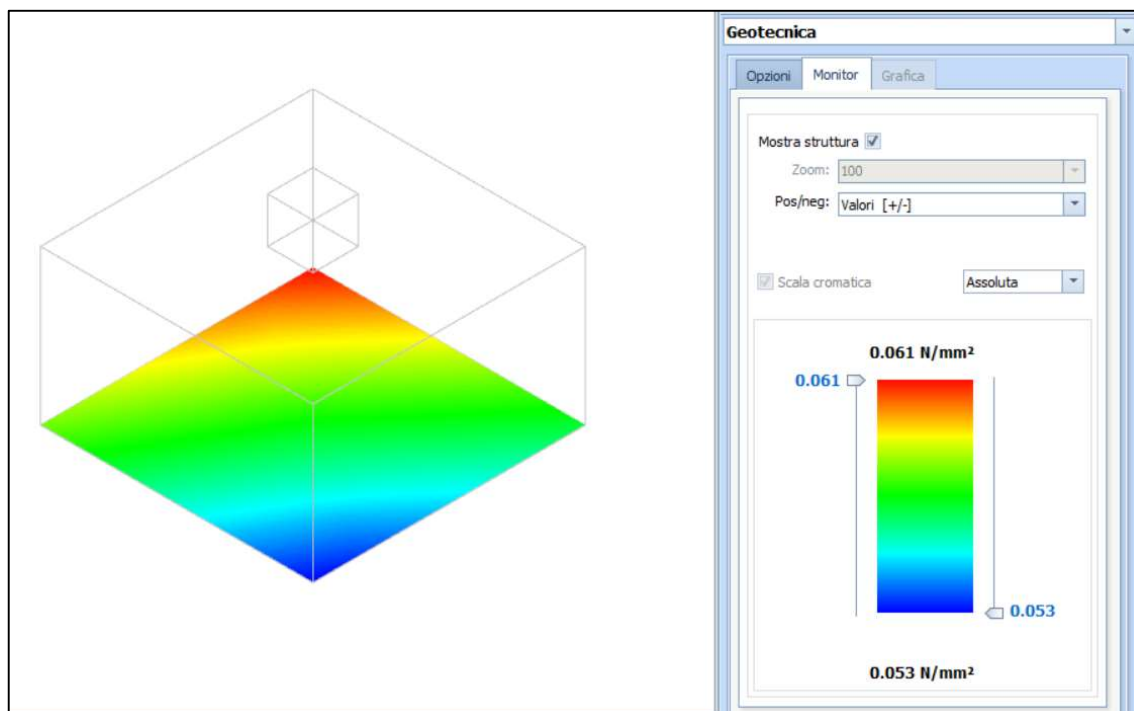


Figura 3: tensioni sul terreno

## 6.3 Calcolo dei cedimenti

Noti gli incrementi di tensione nei vari strati, per il calcolo dei cedimenti viene adottato il metodo edometrico di Terzaghi, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

- **Terreni a grana grossa**

Per questi terreni i cedimenti si estinguono immediatamente per cui il cedimento iniziale ( $w_0$ ) coincide con quello finale ( $w_f$ ).

In tal caso, per il calcolo del cedimento, sarebbe indispensabile far ricorso a procedimenti empirici che utilizzano i risultati di prove in sito.

Viste le difficoltà e l'incertezza nella stima di specifici parametri geotecnici, il cedimento è stato valutato utilizzando il metodo edometrico.

- **Terreni a grana fina**

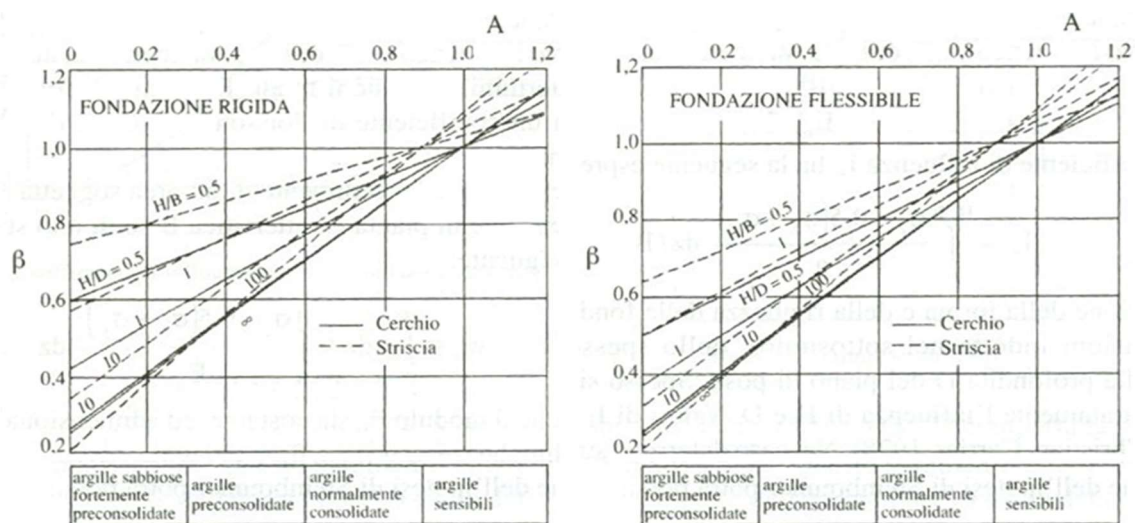
Il metodo edometrico fornisce il cedimento a lungo termine, NON consentendo di valutare il cedimento iniziale. Calcolato l'incremento di tensioni  $D_s$  nei vari strati, ognuno di spessore  $H_i$  e modulo  $E_{ed,i}$ , il cedimento edometrico risulta pari a:

$$w_{ed} = \sum_i \frac{\Delta\sigma_i}{E_{ed,i}} \cdot H_i$$

Per la stima del cedimento di consolidazione si utilizza il metodo di Skempton e Bjerrum che esprime tale cedimento come un'aliquota di quello edometrico, pertanto:

$$w_c = \beta \cdot w_{ed}$$

I valori del coefficiente  $\beta$  sono riportati in grafici in funzione della rigidezza della fondazione, della forma della fondazione, dello spessore dello strato deformabile e del coefficiente di Skempton "A" (vedi figura sottostante).



Il coefficiente "A" di Skempton può essere ricavato in funzione del grado di consolidazione del terreno come indicato nella seguente tabella.

Grado di consolidazione del terreno	$A_{Skempton}$
basso	0,75 ÷ 1,50
normale	0,50 ÷ 1,00
poco sovraconsolidato	0,20 ÷ 0,50
molto sovraconsolidato	0,00 ÷ 0,25

Il software utilizza il valore medio degli intervalli indicati. Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Il cedimento iniziale  $w_0$  è calcolato con la teoria dell'elasticità in termini di tensioni totali secondo la seguente espressione:

$$w_0 = \frac{q \cdot B}{E_u} \cdot I_w$$

in cui:

- $E_u$  è il modulo di elasticità NON drenato;
- $q$  è il carico (medio ripartito) sulla fondazione;
- $B$  è la larghezza caratteristica della fondazione,
- $I_w$  è il coefficiente di influenza.



Il coefficiente di influenza  $I_w$  ha la seguente espressione:

$$I_w = \int_0^{H/B} \frac{\sigma_z - 0.5 \cdot (\sigma_x + \sigma_y)}{q} dz/B$$

in cui  $H$  è lo spessore dello strato deformabile e le  $s_x$  e  $s_y$  sono calcolate con un coefficiente di Poisson che, in condizioni NON drenate, è assunto pari a 0,5.

Il modulo di elasticità NON drenato di un terreno può essere ricavato dalla seguente tabella in cui è messo in relazione con la coesione NON drenata ( $c_u$ ), l'indice di plasticità ( $I_p$ ) e il grado di consolidazione del terreno (OCR). Tuttavia il tecnico è libero di inserire manualmente tali parametri qualora siano state fatte indagini specifiche relative alla loro determinazione.

Noti i cedimenti in un certo numero di punti significativi, è possibile calcolare le distorsioni angolari ( $\beta$ ) come:

$$\beta_{ij} = \Delta W_{ij}/L_{ij};$$

dove:

$D_{w_{ij}}$ : cedimento differenziale tra i punti  $i$  e  $j$ ;

$L_{ij}$ : distanza tra la coppia di punti  $i$  e  $j$ .

Geotecnica - Calcolo dei cedimenti						
$I_{dw}$	$N_{ps}$	$N_{id}$	$W_{ed}$ [cm]	$W_o$ [cm]	$W_c$ [cm]	$W_f$ [cm]
<b>SLE Rare:Carico Permanente * 1 + C16_SLU,C(Z) * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,14	0,14	0,00	0,14
C0002	00006		0,15	0,15	0,00	0,15
C0003	00005		0,16	0,16	0,00	0,16
C0004	00004		0,15	0,15	0,00	0,15
C0005	00003		0,14	0,14	0,00	0,14
<b>SLE Freq:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,14	0,14	0,00	0,14
C0002	00006		0,15	0,15	0,00	0,15
C0003	00005		0,15	0,15	0,00	0,15
C0004	00004		0,15	0,15	0,00	0,15
C0005	00003		0,15	0,15	0,00	0,15
<b>SLE Perm:Carico Permanente * 1</b>						
C0001	00002	G1	0,14	0,14	0,00	0,14
C0002	00006		0,15	0,15	0,00	0,15
C0003	00005		0,15	0,15	0,00	0,15
C0004	00004		0,15	0,15	0,00	0,15
C0005	00003		0,15	0,15	0,00	0,15

#### LEGENDA:

<b><math>I_{dw}</math></b>	Identificativo del Punto Significativo (punto in cui viene calcolato il cedimento).
<b><math>N_{ps}</math></b>	Numero identificativo del Punto Significativo.
<b><math>N_{id}</math></b>	Numero identificativo dell'elemento verticale (pilastro, estremo parete, setto). [*]= indica la presenza di un nodo intermedio calcolato sulla base della parete/setto/muro.
<b><math>W_{ed}</math></b>	Cedimento edometrico.
<b><math>W_o</math></b>	Cedimento istantaneo.
<b><math>W_c</math></b>	Cedimento di consolidazione.
<b><math>W_f</math></b>	Cedimento finale.

## 6.4 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento sul piano di posa della fondazione, eseguita allo SLU (SLV), consiste nel confronto fra la forza agente parallelamente al piano di scorrimento (azione,  $F_d$ ) e la resistenza ( $R_d$ ), ossia la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.

La resistenza  $R_d$  della fondazione allo scorrimento è data dalla somma di tre componenti:



1. Componente dovuta all'attrito FRD1, pari a:

$$F_{RD1} = N_d \cdot \tan \phi;$$

dove:

$N_d$  = carico efficace di progetto, normale alla base della fondazione;

$\phi$  = angolo di resistenza a taglio (d'attrito) del terreno a contatto con la fondazione.

2. Componente dovuta all'adesione FRD2, pari a:

$$F_{RD2} = A' \cdot c;$$

dove:

$A'$  = superficie efficace della base della fondazione;

$c$  = coesione del terreno, pari alla coesione efficace ( $c'$ ) in condizioni drenate o alla coesione non drenata ( $c_u$ ) in condizioni non drenate.

3. Componente dovuta all'affondamento FRD3 della fondazione. Tale eventuale contributo resistente è dovuto alla spinta passiva che si genera sul lato verticale della fondazione quando le forze orizzontali la spingono contro lo scavo (incasso).

Si evidenzia che nel caso in cui lo sforzo normale sia di trazione i primi due contributi vengono annullati.

Inoltre, nel caso in cui il terreno sia dotato di coesione non drenata e attrito, il programma esegue la verifica a scorrimento ignorando il contributo dovuto all'attrito terra-fondazione e calcola l'aliquota dovuta all'adesione con riferimento alla coesione non drenata.

Si precisa che il valore relativo alla colonna FRd, di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza allo scorrimento Rd, ossia il rapporto fra la resistenza ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo allo scorrimento della struttura di fondazione su piano di posa, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  è stato assunto pari a 1,10 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Geotecnica - Verifiche a scorrimento									
Elm	Dir	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	V <sub>Ed</sub>	FRD1	FRD2	FRD3	FRD	CS
		[N]	[N-m]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	
Platea 1	B	497 252	6 683	4 460	271617	16125	113965	401708	90,07
	L	497 252	4 220	-2 824	271617	16125	113965	401708	NS

#### LEGENDA:

**Elm** Elemento di fondazione su cui si esegue la verifica.

**Dir** Direzione di verifica: per Plinti [B]= asse locale 2; [L]= asse locale 3. Per Winkler [B]= asse locale 3; [L]= asse locale 1. Per Platee [B]= asse globale Y; [L]= asse globale X.

**FRD1** Aliquota di resistenza allo scorrimento per attrito terra-fondazione.

**FRD2** Aliquota di resistenza allo scorrimento per adesione.

**FRD3** Aliquota di resistenza allo scorrimento per affondamento.

**FRD** Resistenza allo scorrimento.

**CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se  $CS \geq 100$ ; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).

**N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>, V<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.



## 7 Verifiche strutturali

La verifica degli elementi allo S.L.U. avviene col seguente procedimento: si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni; si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018; per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 7.1 Verifica a pressoflessione retta della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a pressoflessione retta allo S.L.U. della fondazione del palo telecomunicazioni.

#### VERIFICHE PRESSOFLESSIONE RETTA ALLO SLU (Fondazione)

Verifiche pressoflessione retta allo SLU																			
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
<b>Fondazione Platea 1</b>																			
P	S	00002	0	0	0,10263	0,10263	-	00003	0	0	0,10263	0,10263	-	00004	0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	2 189	0,10263	0,10263	NS		0	427	0,10263	0,10263	NS		0	455	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	2 541	0,10263	0,10263	NS		0	772	0,10263	0,10263	NS		0	738	0,10263	0,10263	NS
P	S	00005	0	0	0,10263	0,10263	-	00006	0	0	0,10263	0,10263	-	00007	0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	476	0,10263	0,10263	NS		0	503	0,10263	0,10263	NS		0	510	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	717	0,10263	0,10263	NS		0	699	0,10263	0,10263	NS		0	1 822	0,10263	0,10263	NS
P	S	00008	0	0	0,10263	0,10263	-	00009	0	0	0,10263	0,10263	-	00010	0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	0	0,10263	0,10263	-		0	1 403	0,10263	0,10263	NS		0	1 426	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	2 753	0,10263	0,10263	NS		0	3 168	0,10263	0,10263	NS		0	2 724	0,10263	0,10263	NS
P	S	00011	0	0	0,10263	0,10263	-	00012	0	0	0,10263	0,10263	-	00013	0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	29	0,10263	0,10263	NS		0	392	0,10263	0,10263	NS		0	1 147	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	168	0,10263	0,10263	NS
	I		0	1 455	0,10263	0,10263	NS		0	1 119	0,10263	0,10263	NS		0	0	0,10263	0,10263	-
P	S	00014	0	0	0,10263	0,10263	-	00015	0	0	0,10263	0,10263	-	00016	0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	2 045	0,10263	0,10263	NS		0	1 719	0,10263	0,10263	NS		0	1 916	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	1 958	0,10263	0,10263	NS		0	2 634	0,10263	0,10263	NS		0	998	0,10263	0,10263	NS
P	S	00017	0	0	0,10263	0,10263	-	00018	0	0	0,10263	0,10263	-	00019	0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	2 495	0,10263	0,10263	NS		0	1 598	0,10263	0,10263	NS		0	515	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	247	0,10263	0,10263	NS		0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	2 443	0,10263	0,10263	NS		0	0	0,10263	0,10263	-		0	1 606	0,10263	0,10263	NS
P	S	00020	0	0	0,10263	0,10263	-	00021	0	0	0,10263	0,10263	-	00022	0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	107	0,10263	0,10263	NS		0	1 471	0,10263	0,10263	NS		0	1 362	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-
	I		0	1 764	0,10263	0,10263	NS		0	2 514	0,10263	0,10263	NS		0	2 524	0,10263	0,10263	NS
P	S	00023	0	0	0,10263	0,10263	-	00024	0	0	0,10263	0,10263	-	00025	0	0	0,10263	0,10263	-



Verifiche pressoflessione retta allo SLU																			
Dir	Pos	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS	Nodo	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>df</sub>	CS
			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]			[N]	[N-m]	[cm <sup>2</sup> /cm]	[cm <sup>2</sup> /cm]	
S	I		0	170	0,10263	0,10263	NS		0	375	0,10263	0,10263	NS		0	989	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	109	0,10263	0,10263	NS
S	I		0	1 471	0,10263	0,10263	NS		0	1 286	0,10263	0,10263	NS		0	0	0,10263	0,10263	-
P	S	00026	0	0	0,10263	0,10263	-	00027	0	0	0,10263	0,10263	-	00028	0	0	0,10263	0,10263	-
P	I		0	1 486	0,10263	0,10263	NS		0	1 364	0,10263	0,10263	NS		0	2 473	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-
S	I		0	2 088	0,10263	0,10263	NS		0	2 736	0,10263	0,10263	NS		0	909	0,10263	0,10263	NS
P	S	00029	0	0	0,10263	0,10263	-	00030	0	0	0,10263	0,10263	-	00031	0	0	0,10263	0,10263	-
P	I		0	3 088	0,10263	0,10263	NS		0	1 702	0,10263	0,10263	NS		0	677	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	389	0,10263	0,10263	NS		0	0	0,10263	0,10263	-
S	I		0	2 413	0,10263	0,10263	NS		0	0	0,10263	0,10263	-		0	977	0,10263	0,10263	NS
P	S	00032	0	0	0,10263	0,10263	-	00033	0	0	0,10263	0,10263	-	00034	0	0	0,10263	0,10263	-
P	I		0	898	0,10263	0,10263	NS		0	605	0,10263	0,10263	NS		0	944	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-
S	I		0	1 425	0,10263	0,10263	NS		0	1 121	0,10263	0,10263	NS		0	1 427	0,10263	0,10263	NS
P	S	00035	0	0	0,10263	0,10263	-	00036	0	0	0,10263	0,10263	-	00037	0	0	0,10263	0,10263	-
P	I		0	2 064	0,10263	0,10263	NS		0	3 561	0,10263	0,10263	NS		0	1 136	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-
S	I		0	3 032	0,10263	0,10263	NS		0	4 246	0,10263	0,10263	NS		0	3 047	0,10263	0,10263	NS
P	S	00038	0	0	0,10263	0,10263	-	00039	0	0	0,10263	0,10263	-	00040	0	0	0,10263	0,10263	-
P	I		0	1 050	0,10263	0,10263	NS		0	3 219	0,10263	0,10263	NS		0	1 842	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-
S	I		0	1 887	0,10263	0,10263	NS		0	3 327	0,10263	0,10263	NS		0	2 288	0,10263	0,10263	NS
P	S	00041	0	0	0,10263	0,10263	-	00042	0	0	0,10263	0,10263	-	00043	0	0	0,10263	0,10263	-
P	I		0	1 275	0,10263	0,10263	NS		0	2 167	0,10263	0,10263	NS		0	1 771	0,10263	0,10263	NS
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-		0	0	0,10263	0,10263	-
S	I		0	1 733	0,10263	0,10263	NS		0	2 614	0,10263	0,10263	NS		0	2 896	0,10263	0,10263	NS
P	S	00044	0	0	0,10263	0,10263	-						-						
P	I		0	1 350	0,10263	0,10263	NS												
S	S		0	0	0,10263	0,10263	-						-						
S	I		0	2 019	0,10263	0,10263	NS												

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Pos** Posizione [S] = superiore - [I] = inferiore.
- A<sub>s</sub>** Area delle armature esecutive per unità di lunghezza.
- A<sub>df</sub>** Armatura disponibile per la flessione
- CS** Coefficiente di sicurezza ([NS] = Non Significativo se CS ≥ 100; [VNR]= Verifica Non Richiesta; Informazioni aggiuntive sulla condizione: [V] = statica; [E] = eccezionale; [S] = sismica; [N] = sismica non lineare).
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.

## 7.2 Verifica delle tensioni di esercizio della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica delle tensioni di esercizio della fondazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

### VERIFICHE DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO (Fondazione)



**verifiche delle tensioni di esercizio**

Nodo/ Tp <sub>mf</sub>	Dir	Compressione calcestruzzo							Trazione acciaio						
		Compressione calcestruzzo rinforzo							Trazione acciaio/FRP rinforzo						
		Id <sub>cmb</sub>	σ <sub>cc</sub>	σ <sub>cd,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato	Id <sub>cmb</sub>	σ <sub>at</sub>	σ <sub>td,amm</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	CS	Verificato
			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]				[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N]	[N-m]		
<b>Fondazione</b>		<b>Platea 1</b>													
00041	P	RAR	0,002	17,43	0	-982	NS	SI	RAR	0,028	360,00	0	-982	NS	SI
		QPR	0,002	13,07	0	-989	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-
	S	RAR	0,003	17,43	0	-1 323	NS	SI	RAR	0,038	360,00	0	-1 323	NS	SI
		QPR	0,002	13,07	0	-1 258	NS	SI	-	-	-	-	-	-	-

**LEGENDA:**

- Rinf.** Indica la presenza del rinforzo sulla sezione di verifica.
- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- Id<sub>cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- σ<sub>cc</sub>** Tensione massima di compressione nel calcestruzzo della Trave/Rinforzo.
- σ<sub>cd,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a compressione del calcestruzzo.
- σ<sub>at</sub>** Tensione massima di trazione nell'acciaio della Trave/Rinforzo o nel FRP.
- σ<sub>td,amm</sub>** Tensione ammissibile per la verifica a trazione dell'acciaio/rinforzo.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=  $\sigma_{cc} / \sigma_{cd,amm}$  ;  $\sigma_{td,amm} / \sigma_{at}$ ). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100).
- Verificato** [SI] = La verifica è soddisfatta ( $\sigma_{cc} \leq \sigma_{cd,amm}$  ;  $\sigma_{at} \leq \sigma_{td,amm}$ ). [NO] = La verifica NON è soddisfatta ( $\sigma_{cc} > \sigma_{cd,amm}$  ;  $\sigma_{at} > \sigma_{td,amm}$ ).
- Nota** Nella tabella, per ogni elemento, viene riportato il nodo della shell che ha il coefficiente di sicurezza (CS) più piccolo.

### 7.3 Verifica a fessurazione della fondazione

Si riporta di seguito, in forma tabellare, la verifica a fessurazione della fondazione.

#### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE

<b>verifica allo stato limite di fessurazione</b>													
Nodo	Dir	Id <sub>cmb</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	σ <sub>ct,f</sub>	σ <sub>t</sub>	ε <sub>sm</sub>	A <sub>e</sub>	Δ <sub>sm</sub>	W <sub>d</sub>	W <sub>amm</sub>	CS	Verificato
			[N]	[N-m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]		
<b>Fondazione</b>		<b>Platea 1 AA= PCA</b>											
<b>NOTA: L'elemento NON è fessurato. Di seguito si riporta il nodo strutturale per la quale si riscontra la massima tensione di trazione(max σ<sub>ct,f</sub>)</b>													
00036	P	FRQ	-	-2 718	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-2 718	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI
	S	FRQ	-	-3 433	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,400	-	SI
		QPR	-	-3 433	0,01	2,36	0 E+00	0	0	0,000	0,300	-	SI

**LEGENDA:**

- Dir** Direzione [P] = principale (asse locale 1) - [S] = secondaria (asse locale 2).
- AA** Identificativo dell'aggressività dell'ambiente: [PCA] = "Ordinario"; [MDA] = "Aggressivo"; [MLA] = "Molto aggressivo".
- Id<sub>cmb</sub>** Identificativo della Combinazione di Azione: [QPR] = Quasi Permanente - [FRQ] = Frequente - [RAR] = Rara.
- N<sub>Ed</sub>, M<sub>Ed</sub>** Sollecitazioni di progetto.
- σ<sub>ct,f</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo per la fessurazione, calcolata nell'ipotesi di calcestruzzo resistente a trazione. Se tale valore è maggiore di σ<sub>t</sub> la sezione è soggetta a fessurazione.  
N.B. I valori negativi indicano una sezione interamente compressa. In tal caso le sollecitazioni forniscono il minimo valore di compressione.
- σ<sub>t</sub>** Tensione massima di trazione nel calcestruzzo relativa allo stato limite di formazione delle fessure [relazione (4.1.13) del § 4.1.2.2.4 del DM 2018].
- ε<sub>sm</sub>** Deformazione unitaria media delle barre di armatura.
- A<sub>e</sub>** Area efficace del calcestruzzo teso.
- Δ<sub>sm</sub>** Distanza media tra le fessure.
- W<sub>d</sub>** Valore di calcolo di apertura massima delle fessure.
- W<sub>amm</sub>** Valore ammissibile di apertura delle fessure.
- CS** Coefficiente di Sicurezza (=  $W_d / W_{amm}$ ). [NS] = Non Significativo (CS ≥ 100). [-] = Fessurazioni nulle (W<sub>d</sub> = 0).
- Verificato** [SI] =  $W_d \leq W_{amm}$  ; [NO] =  $W_d > W_{amm}$

