

Provincia di Ancona

Comune di Osimo



PROGETTO DI RISTRUTTURAZIONE CON RIFACIMENTO DELLA COPERTURA DELL'EDIFICIO SEDE DEL CENTRO DI EDUCAZIONE AMBIENTALE "LA CONFLUENZA", IN VIA CAPANNE N.11 AD OSIMO (AN).

PROGETTISTA

Dott.Arch. Sauro PELONARA
Via A. De Gasperi, 61 - Agugliano

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott.Arch. Viviana CARAVAGGI

PROGETTO ESECUTIVO Progetto Strutturale: RELAZIONE GEOTECNICA	TAV. SC
File:	Data: Novembre 2015 Scala:



PELONARA ARCHITETTI ASSOCIATI

via A. De Gasperi n. 61 - 60020 Agugliano - P.IVA 02640190423
email: silvia.pelonara@gmail.com - arch.sauropelonara@libero.it
Tel.: 339 1313602 - 333 9368228 - 071 908020

6 RELAZIONE GEOTECNICA

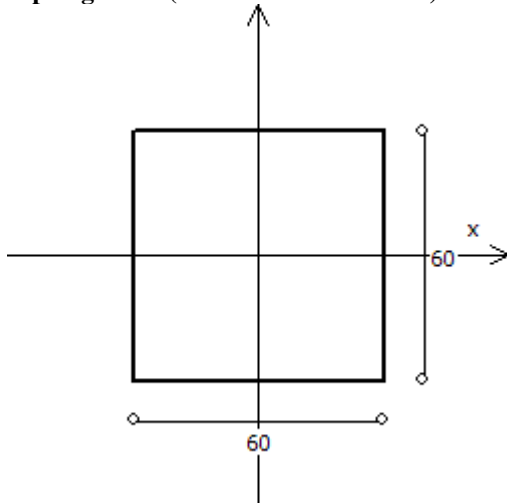
6.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEGLI INTERVENTI.

Descrizione delle tipologie di fondazione utilizzate.

Nell'ambito dei lavori in oggetto si sono utilizzate le seguenti tipologie di fondazione: travi rovesce, platee, le cui dimensioni e la loro ubicazione vengono di seguito meglio descritte.

Descrizione delle tipologie di travi di fondazione utilizzate.

Tipologia N.2 (Sezione di Fondazione)



A	= 3600 cm ²
J _x	= 1080000 cm ⁴
J _y	= 1080000 cm ⁴
J _t	= 1611360 cm ⁴
Materiale	= Muratura I
Peso	= 648 daN/ml

Caratteristiche delle travi di fondazione con la loro ubicazione in pianta.

Asta	: numerazione dell'asta;
Fili	: fili fissi ai quali appartiene l'asta;
Nodo Iniziale	: nodo iniziale dell'asta;
Nodo Finale	: nodo finale dell'asta;
SEZIONE	: sezione trasversale associata all'asta;
L	: lunghezza teorica (nodo-nodo) dell'asta;
Impalcato	: impalcato di appartenenza dell'asta;
K _{wN}	: modulo di Winkler normale;
K _{wT}	: modulo di Winkler tangenziale;

Asta	Fili	Nodo Iniziale	Nodo Finale	SEZIONE	L [cm]	Impalcato	K _{wN} [daN/cm ³]	K _{wT} [daN/cm ³]
1	1, 2	1	253	2	60.00	Fond.	5.00	2.50
2	1, 2	253	53	2	60.00	Fond.	5.00	2.50
3	1, 2	53	57	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
4	1, 2	57	254	2	83.33	Fond.	5.00	2.50
5	1, 2	254	255	2	83.33	Fond.	5.00	2.50
6	1, 2	255	56	2	83.33	Fond.	5.00	2.50
7	1, 2	56	59	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
8	1, 2	59	2	2	75.00	Fond.	5.00	2.50
9	1, 5	1	61	2	90.00	Fond.	5.00	2.50
10	1, 5	61	264	2	73.33	Fond.	5.00	2.50

11	1, 5	264	263	2	73.33	Fond.	5.00	2.50
12	1, 5	263	63	2	73.33	Fond.	5.00	2.50
13	1, 5	63	5	2	70.00	Fond.	5.00	2.50
14	2, 3	2	65	2	60.00	Fond.	5.00	2.50
15	2, 3	65	69	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
16	2, 3	69	265	2	83.33	Fond.	5.00	2.50
17	2, 3	265	266	2	83.33	Fond.	5.00	2.50
18	2, 3	266	68	2	83.33	Fond.	5.00	2.50
19	2, 3	68	71	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
20	2, 3	71	3	2	95.00	Fond.	5.00	2.50
21	2, 6	2	256	2	70.00	Fond.	5.00	2.50
22	2, 6	256	73	2	70.00	Fond.	5.00	2.50
23	2, 6	73	257	2	65.00	Fond.	5.00	2.50
24	2, 6	257	75	2	65.00	Fond.	5.00	2.50
25	2, 6	75	258	2	55.00	Fond.	5.00	2.50
26	2, 6	258	6	2	55.00	Fond.	5.00	2.50
27	3, 7	3	267	2	95.00	Fond.	5.00	2.50
28	3, 7	267	77	2	95.00	Fond.	5.00	2.50
29	3, 7	77	79	2	70.00	Fond.	5.00	2.50
30	3, 7	79	268	2	60.00	Fond.	5.00	2.50
31	3, 7	268	7	2	60.00	Fond.	5.00	2.50
32	4, 5	4	81	2	55.00	Fond.	5.00	2.50
33	4, 5	81	83	2	70.00	Fond.	5.00	2.50
34	4, 5	83	5	2	30.00	Fond.	5.00	2.50
35	9, 4	9	350	2	90.00	Fond.	5.00	2.50
36	9, 4	350	349	2	90.00	Fond.	5.00	2.50
37	9, 4	349	348	2	90.00	Fond.	5.00	2.50
38	9, 4	348	87	2	90.00	Fond.	5.00	2.50
39	9, 4	87	85	2	75.00	Fond.	5.00	2.50
40	9, 4	85	4	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
41	5, 6	5	262	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
42	5, 6	262	89	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
43	5, 6	89	91	2	100.00	Fond.	5.00	2.50
44	5, 6	91	261	2	86.25	Fond.	5.00	2.50
45	5, 6	261	260	2	86.25	Fond.	5.00	2.50
46	5, 6	260	259	2	86.25	Fond.	5.00	2.50
47	5, 6	259	6	2	86.25	Fond.	5.00	2.50
48	5, 10	5	283	2	100.00	Fond.	5.00	2.50
49	5, 10	283	282	2	100.00	Fond.	5.00	2.50
50	5, 10	282	93	2	100.00	Fond.	5.00	2.50
51	5, 10	93	95	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
52	5, 10	95	281	2	65.00	Fond.	5.00	2.50
53	5, 10	281	10	2	65.00	Fond.	5.00	2.50
54	6, 7	6	271	2	95.00	Fond.	5.00	2.50
55	6, 7	271	270	2	95.00	Fond.	5.00	2.50
56	6, 7	270	269	2	95.00	Fond.	5.00	2.50
57	6, 7	269	97	2	95.00	Fond.	5.00	2.50
58	6, 7	97	99	2	100.00	Fond.	5.00	2.50
59	6, 7	99	7	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
60	7, 8	7	101	2	80.48	Fond.	5.00	2.50
61	7, 8	101	294	2	87.11	Fond.	5.00	2.50
62	7, 8	294	295	2	87.11	Fond.	5.00	2.50
63	7, 8	295	296	2	87.11	Fond.	5.00	2.50
64	7, 8	296	103	2	87.11	Fond.	5.00	2.50
65	7, 8	103	8	2	48.20	Fond.	5.00	2.50
66	7, 11	7	105	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
67	7, 11	105	109	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
68	7, 11	109	272	2	90.00	Fond.	5.00	2.50
69	7, 11	272	108	2	90.00	Fond.	5.00	2.50
70	7, 11	108	111	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
71	7, 11	111	11	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
72	8, 15	8	297	2	77.50	Fond.	5.00	2.50
73	8, 15	297	115	2	77.50	Fond.	5.00	2.50
74	8, 15	115	113	2	75.00	Fond.	5.00	2.50
75	8, 15	113	298	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
76	8, 15	298	15	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
77	9, 10	9	10	2	155.00	Fond.	5.00	2.50
78	10, 11	10	280	2	75.00	Fond.	5.00	2.50
79	10, 11	280	117	2	75.00	Fond.	5.00	2.50
80	10, 11	117	279	2	73.33	Fond.	5.00	2.50
81	10, 11	279	278	2	73.33	Fond.	5.00	2.50
82	10, 11	278	121	2	73.33	Fond.	5.00	2.50
83	10, 11	121	277	2	60.00	Fond.	5.00	2.50

84	10, 11	277	120	2	60.00	Fond.	5.00	2.50
85	10, 11	120	276	2	88.33	Fond.	5.00	2.50
86	10, 11	276	275	2	88.33	Fond.	5.00	2.50
87	10, 11	275	125	2	88.33	Fond.	5.00	2.50
88	10, 11	125	124	2	95.00	Fond.	5.00	2.50
89	10, 11	124	274	2	75.00	Fond.	5.00	2.50
90	10, 11	274	273	2	75.00	Fond.	5.00	2.50
91	10, 11	273	127	2	75.00	Fond.	5.00	2.50
92	10, 11	127	11	2	95.00	Fond.	5.00	2.50
93	10, 12	10	129	2	50.00	Fond.	5.00	2.50
94	10, 12	129	133	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
95	10, 12	133	293	2	72.50	Fond.	5.00	2.50
96	10, 12	293	132	2	72.50	Fond.	5.00	2.50
97	10, 12	132	135	2	100.00	Fond.	5.00	2.50
98	10, 12	135	292	2	55.00	Fond.	5.00	2.50
99	10, 12	292	12	2	55.00	Fond.	5.00	2.50
100	11, 13	11	137	2	20.00	Fond.	5.00	2.50
101	11, 13	137	284	2	55.00	Fond.	5.00	2.50
102	11, 13	284	141	2	55.00	Fond.	5.00	2.50
103	11, 13	141	285	2	77.50	Fond.	5.00	2.50
104	11, 13	285	140	2	77.50	Fond.	5.00	2.50
105	11, 13	140	143	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
106	11, 13	143	286	2	60.00	Fond.	5.00	2.50
107	11, 13	286	13	2	60.00	Fond.	5.00	2.50
108	15, 11	15	299	2	96.03	Fond.	5.00	2.50
109	15, 11	299	300	2	96.03	Fond.	5.00	2.50
110	15, 11	300	301	2	96.03	Fond.	5.00	2.50
111	15, 11	301	302	2	96.03	Fond.	5.00	2.50
112	15, 11	302	11	2	96.03	Fond.	5.00	2.50
113	12, 13	12	291	2	90.00	Fond.	5.00	2.50
114	12, 13	291	145	2	90.00	Fond.	5.00	2.50
115	12, 13	145	149	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
116	12, 13	149	290	2	82.50	Fond.	5.00	2.50
117	12, 13	290	148	2	82.50	Fond.	5.00	2.50
118	12, 13	148	153	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
119	12, 13	153	289	2	87.50	Fond.	5.00	2.50
120	12, 13	289	152	2	87.50	Fond.	5.00	2.50
121	12, 13	152	157	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
122	12, 13	157	288	2	87.50	Fond.	5.00	2.50
123	12, 13	288	156	2	87.50	Fond.	5.00	2.50
124	12, 13	156	159	2	85.00	Fond.	5.00	2.50
125	12, 13	159	287	2	67.50	Fond.	5.00	2.50
126	12, 13	287	13	2	67.50	Fond.	5.00	2.50
127	13, 14	13	161	2	75.00	Fond.	5.00	2.50
128	13, 14	161	313	2	86.25	Fond.	5.00	2.50
129	13, 14	313	312	2	86.25	Fond.	5.00	2.50
130	13, 14	312	311	2	86.25	Fond.	5.00	2.50
131	13, 14	311	163	2	86.25	Fond.	5.00	2.50
132	13, 14	163	14	2	55.00	Fond.	5.00	2.50
133	15, 14	15	307	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
134	15, 14	307	308	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
135	15, 14	308	167	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
136	15, 14	167	165	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
137	15, 14	165	309	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
138	15, 14	309	310	2	80.00	Fond.	5.00	2.50
139	15, 14	310	14	2	80.00	Fond.	5.00	2.50

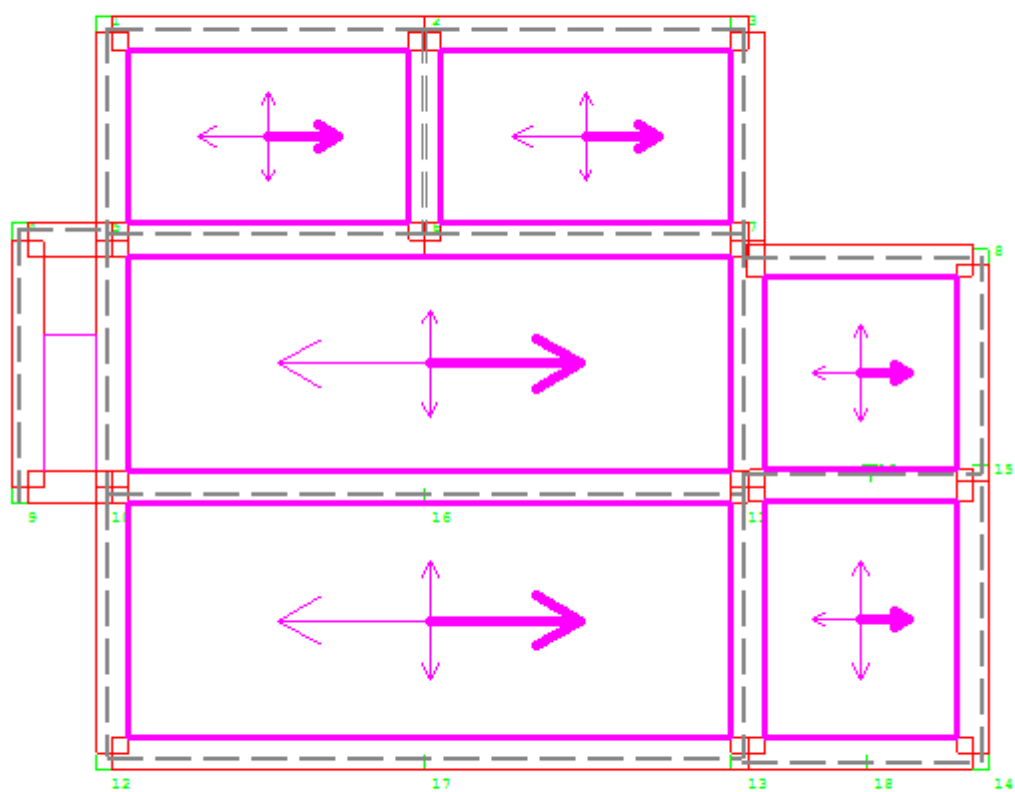
Descrizione delle platee di fondazione e loro ubicazione in pianta.

Platea : numero della platea;
 Impalcato : impalcato al quale appartiene la piastra;
 Fili : fili fissi ai quali appartiene la piastra;
 Spessore : spessore della Piastra;
 KwN : modulo di Winkler normale;
 KwT : modulo di Winkler tangenziale;

Platea	Impalcato	Fili	Spessore [cm]	KwN [daN/cm³]	KwT [daN/cm³]
1	Fond.	1, 2, 6, 5	15	5.00	2.50
2	Fond.	2, 3, 7, 6	15	5.00	2.50
3	Fond.	5, 6, 7, 11, 10	15	5.00	2.50
4	Fond.	10, 11, 13, 12	15	5.00	2.50
5	Fond.	7, 8, 15, 11	15	5.00	2.50
6	Fond.	15, 14, 13, 11	15	5.00	2.50

Piante fondazioni.

Fond.



6.2 RELAZIONE GEOTECNICA (DM 14/01/2008 CAP. 6 e CIRCOLARE 617/2009 punto C6.2.2.5)

Problemi geotecnici e scelte tipologiche.

Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche.

Caratterizzazione fisico meccanica dei terreni e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.

- Caratteristiche litostratigrafiche

L'analisi dei risultati ottenuti dalle indagini per la caratterizzazione del suolo di fondazione sono meglio indicati nella relazione geologico-tecnica allegata. Per quanto riguarda l'aspetto geologico a seguito il rilevamento di un significativo intorno della zona in esame si è riscontrata la presenza delle seguenti successioni litostratigrafiche nelle relative sezioni geologiche (colonne stratigrafiche):

Filo : filo fisso al quale appartiene la colonna stratigrafica;
Colonna : nome della colonna stratigrafica;
Strato : nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica;
Descrizione : descrizione dello strato;

Filo	Colonna	Strato	Descrizione
1	Colonna 1	Strato1	Strato1

- Caratteristiche fisico meccaniche dei terreni di fondazione

Nell'ambito del progetto si è fatto uso delle seguenti colonne stratigrafiche:

Caratteristiche delle colonne stratigrafiche:

Colonna : nome della colonna stratigrafica;
Filo : filo fisso al quale appartiene la colonna stratigrafica;
Impalcato : Impalcato al quale appartiene la colonna stratigrafica;
Falda : Presenza della falda;
Prof. Falda : Profondità della falda (se è presente);
Spicc. Fond. : Quota dell'estradosso della fondazione rispetto al piano campagna;
No. Strati : Numero degli strati della colonna stratigrafica.
RQD : (Rock Quality Designation) grado di fratturazione dell'ammasso roccioso in [0-1]

Filo	Colonna	Impalcato	Falda	Prof. Falda [cm]	Spicc. Fond. [cm]	No. Strati	RQD
1	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
2	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
3	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
4	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
5	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
6	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
7	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
8	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
9	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
10	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
11	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
12	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
13	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
14	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-
15	Colonna 1	Fond.	Non Presente	-	0.00	1	-

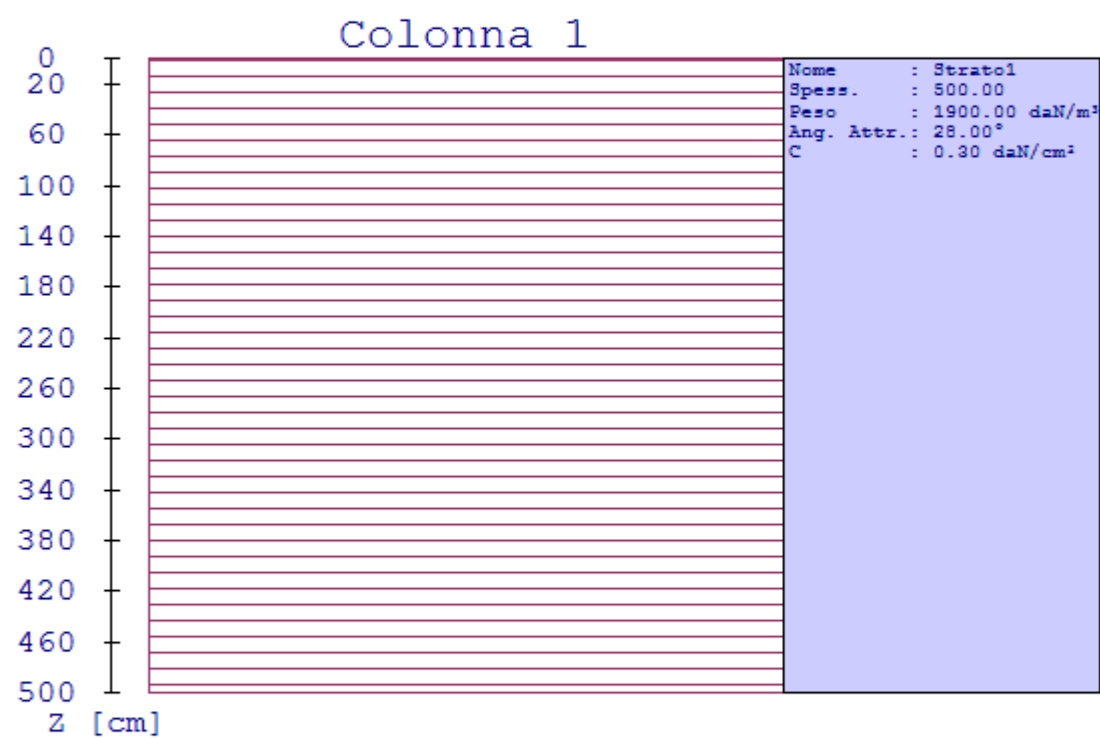
Caratteristiche degli strati appartenenti alle colonne stratigrafiche:

Colonna : nome della colonna stratigrafica;

Strato : nome dello strato appartenente la colonna stratigrafica;
 Spess. : Spessore dello strato;
 Peso : Peso dell'unità di volume dello strato;
 Peso eff. : Peso dell'unità di volume efficace dello strato;
 NSPT : Numero di colpi medio misurato nello strato;
 Qc : Resistenza alla punta media misurata nello strato;
 ϕ : Angolo di attrito del terreno;
 C : Coesione drenata del terreno;
 Cu : Coesione non drenata del terreno;
 E : Modulo elastico del terreno;
 G : Modulo di taglio del terreno;
 ν_t : Coefficiente di Poisson;
 E_{ed} : Modulo Edometrico;
 OCR : Grado di sovraconsolidazione del terreno.

Colonna	Strato	Spess. [cm]	Peso [daN/m ³]]	Peso eff. [daN/m ³]]	NSP T	Qc [daN/cm ²]	ϕ [°]	C [daN/cm ²]	Cu [daN/cm ²]	E [daN/cm ²]	G [daN/cm ²]	ν_t [°]	E _{ed} [daN/cm ²]	OC R
Colonna 1	Strato1	500.0	1900.0	800.0	10	15.00	28.0	0.30	0.70	200.00	100.00	0.35	80.00	1.00

- Sezioni Geologiche:



- Caratterizzazione sismica del suolo di fondazione:

La categoria assunta per il suolo di fondazione per il sito in oggetto è: C

Modelli geotecnici di sottosuolo e metodi di analisi.

L'interazione terreno struttura viene modellata applicando il modello di Winkler, il quale caratterizza il sottosuolo con una relazione lineare fra il cedimento in un punto della superficie limite e la pressione agente nello stesso punto, indipendentemente da altri carichi applicati in punti diversi. Si assume cioè che:

$$p = k_v w$$

dove K_v è detta costante di sottofondo o coefficiente di reazione del terreno e w è l'abbassamento della trave di fondazione tale da comprimere il terreno sottostante.

Il valore di tale coefficiente k adottato nel lavoro in oggetto ($k_v = 5.00 \text{ daN/cm}^3$), con riferimento ai dati geologico-geotecnici forniteci, è stato desunto da valori tabellati riportati in letteratura.

Tale modello viene esteso anche alla componente orizzontale dello spostamento, utilizzando un valore della costante orizzontale pari a $k_o = 2.50 \text{ daN/cm}^3$.

Le travi rovesce di fondazione vengono modellate utilizzando un elemento finito di tipo BEAM vincolato attraverso delle molle traslazionali e rotazionali diffuse atte a simulare l'interazione terreno-fondazione.

In pratica viene aggiunto alla matrice di rigidezza elastica dell'asta il contributo delle molle ripartite sulle facce della fondazione. I valori di tali contributi sono calcolate computando i coefficienti funzione delle aree di contatto terreno-fondazione. Tutti i calcoli sono effettuati sulla base di cinematismi unitari.

Questo elemento finito possiede 12 gradi di libertà in quanto i due nodi di estremità hanno 6 gradi di libertà ciascuno: 3 alla traslazione e 3 alla rotazione:

Le platee di fondazione vengono modellate utilizzando un elemento finito che segue sempre la giacitura di un piano. L'elemento lastra-piastra, nel seguito denominato guscio, possiede nel sistema di riferimento locale come in quello globale 6 gradi di libertà per nodo. L'elemento è computato sovrapponendo il comportamento lastra o membrana, che possiede 3 gradi di libertà per nodo (una coppia di spostamenti planari e un grado di libertà alla rotazione intorno ad un asse perpendicolare al piano medio), e il comportamento piastra, che possiede 3 gradi di libertà per nodo (uno spostamento perpendicolare al piano medio e una coppia di rotazioni ortogonali aventi assi sostegno paralleli al piano medio).

La geometria dell'elemento finito SHELL può essere definita attraverso 3 o 4 nodi. La trattazione nei due casi è completamente diversa. L'elemento a 3 nodi viene usato per creare esclusivamente mesh di transizione nel caso di figure irregolari.

La formulazione dell'elemento è basata sulla teoria di Mindlin-Reissner in cui viene considerato anche il contributo della deformazione dovuta al taglio risolvendolo secondo la formulazione isoparametrica. Tutte le caratteristiche sono calcolate attraverso l'integrazione numerica ai punti di Gauss secondo la regola 2x2 ed estrapolate ai nodi.

Nel caso delle platee di fondazione, l'interazione viene modellata attraverso l'introduzione di molle distribuite sulla superficie dell'elemento che vengono automaticamente concentrate (rappresentative della propria area di influenza e calcolate attraverso l'integrazione di Gauss) e applicate ai nodi di estremità.

Verifiche della sicurezza e delle prestazioni: identificazione dei relativi stati limite (SLU).

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono condotte nei riguardi dello stato limite ultimo e dello stato limite di esercizio.

Le verifiche nei riguardi dello stato limite ultimo (SLU) previste dalla Normativa ed eseguite sono:

STR - raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

GEO - raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

Verifiche STR: le verifiche di resistenza degli elementi strutturali di fondazione sono state eseguite contestualmente alla verifica degli elementi strutturali in elevazione. Le relative verifiche sono riportate nella relazione di calcolo allegata;

Verifiche GEO: le verifiche di resistenza del terreno interagente con la struttura sono condotte confrontando i valori di resistenza con quelli di progetto, secondo l'Approccio 2, come riportato nelle pagine seguenti.

43	27	3-7	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44	32	4-5	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	35	9-4	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	41	5-6	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	48	5-10	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	54	6-7	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	60	7-8	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	66	7-11	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	72	8-15	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52	77	9-10	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	78	10-11	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	93	10-12	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	100	11-13	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
56	108	15-11	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
57	113	12-13	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
58	127	13-14	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
59	133	15-14	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di portanza dell'effetto cinematico (Maugeri-Cascone)											
			A1				A2				
			Lt								
Campata	Asta	Fili	eyk	eyi	eyk	eyi	eyk	eyi	eyk	eyi	
39	1	1-2	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
40	9	1-5	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
41	14	2-3	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
42	21	2-6	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
43	27	3-7	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
44	32	4-5	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
45	35	9-4	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
46	41	5-6	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
47	48	5-10	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
48	54	6-7	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
49	60	7-8	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
50	66	7-11	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
51	72	8-15	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
52	77	9-10	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
53	78	10-11	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
54	93	10-12	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
55	100	11-13	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
56	108	15-11	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
57	113	12-13	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
58	127	13-14	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-
59	133	15-14	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di portanza Platee.

Platea : numero della platea;
 Fili : fili fissi ai quali appartiene la platea;
 A1 : verifica della combinazione di carico A1;
 Lt : verifica a lungo termine.

Fattori di carico limite													
		Lt			Bt			Lt			Bt		
Platea	Fili	Nc	Nq	Ny	Nc	Nq	Ny	Nc	Nq	Ny	Nc	Nq	Ny
1	1, 2, 6, 5	25.80	14.72	10.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2, 3, 7, 6	25.80	14.72	10.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	5, 6, 7, 11, 10	25.80	14.72	10.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	10, 11, 13, 12	25.80	14.72	10.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7, 8, 15, 11	25.80	14.72	10.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	15, 14, 13, 11	25.80	14.72	10.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di forma				
	Lt	Bt		Lt
		Bt		

Platea	Fili	Sc	Sq	S γ	Sc	Sq	S γ	Sc	Sq	S γ	Sc	Sq	S γ
1	1, 2, 6, 5	1.36	1.33	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2, 3, 7, 6	1.38	1.36	0.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	5, 6, 7, 11, 10	1.25	1.23	0.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	10, 11, 13, 12	1.24	1.22	0.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7, 8, 15, 11	1.53	1.49	0.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	15, 14, 13, 11	1.48	1.45	0.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di profondità													
		Lt			Bt			Lt			Bt		
Platea	Fili	Dc	Dq	D γ	Dc	Dq	D γ	Dc	Dq	D γ	Dc	Dq	D γ
1	1, 2, 6, 5	1.06	1.05	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2, 3, 7, 6	1.06	1.05	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	5, 6, 7, 11, 10	1.05	1.03	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	10, 11, 13, 12	1.05	1.04	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7, 8, 15, 11	1.05	1.04	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	15, 14, 13, 11	1.05	1.04	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di inclinazione del piano di posa													
		Lt			Bt			Lt			Bt		
Platea	Fili	Bc	Bq	B γ	Bc	Bq	B γ	Bc	Bq	B γ	Bc	Bq	B γ
1	1, 2, 6, 5	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2, 3, 7, 6	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	5, 6, 7, 11, 10	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	10, 11, 13, 12	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7, 8, 15, 11	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	15, 14, 13, 11	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di inclinazione del piano campagna													
		Lt			Bt			Lt			Bt		
Platea	Fili	Gc	Gq	G γ	Gc	Gq	G γ	Gc	Gq	G γ	Gc	Gq	G γ
1	1, 2, 6, 5	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2, 3, 7, 6	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	5, 6, 7, 11, 10	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	10, 11, 13, 12	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7, 8, 15, 11	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	15, 14, 13, 11	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di inclinazione dei carichi													
		Lt			Bt			Lt			Bt		
Platea	Fili	Ic	Iq	I γ	Ic	Iq	I γ	Ic	Iq	I γ	Ic	Iq	I γ
1	1, 2, 6, 5	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2, 3, 7, 6	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	5, 6, 7, 11, 10	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	10, 11, 13, 12	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7, 8, 15, 11	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	15, 14, 13, 11	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di portanza dell'effetto inerziale (Paolucci Pecker)													

Platea	Fili	Lt			Bt			Lt			Bt		
		Zc	Zq	Z γ	Zc	Zq	Z γ	Zc	Zq	Z γ	Zc	Zq	Z γ
1	1, 2, 6, 5	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2, 3, 7, 6	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	5, 6, 7, 11, 10	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	10, 11, 13, 12	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7, 8, 15, 11	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	15, 14, 13, 11	0.98	0.96	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fattori di portanza dell'effetto cinematico (Maugeri-Cascone)										-	-		
										-	-		
		Lt								-			
Platea	Fili	e _{yk}	e _{yi}	e _{yk}	e _{yi}	e _{yk}	e _{yi}	e _{yk}	e _{yi}	-	-	-	-
1	1, 2, 6, 5	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2, 3, 7, 6	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	5, 6, 7, 11, 10	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	10, 11, 13, 12	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7, 8, 15, 11	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	15, 14, 13, 11	0.78	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE.

La verifica del sistema di fondazione relativo alla struttura in oggetto, è stata effettuata sulla base dei dati geologici e dei parametri geotecnici forniti, seguendo l'approccio di progetto relativo alla normativa di riferimento:

- (punti 6.4.2.1 del DM 14/01/2008 e 6.4.3 per fondazioni su pali del DM 14/01/2008)

A1 + M1 + R3

dove:

- Coefficienti parziali per le azioni

CARICHI	COEFFICIENTE PARZIALE	Comb. A1
PERMANENTI	γ_{G1ns}	1.3
PERMANENTI NON STRUTTURALI	γ_{G2ns}	1.5
VARIABILI	γ_{Qi}	1.5

- Coefficienti per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPL. IL COEFF. PARZIALE	Comb. M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\tan\phi$	1.0
Coesione drenata del terreno	C	1.0
Coesione non drenata del terreno	Cu	1.0
Peso dell'unità di volume	γ	1.0

- Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati ultimi di fondazioni superficiali

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE R3
Capacità portante	$\gamma_R = 2.3$

Le verifiche vengono riassunte nelle successive tabelle.

			Combinazione A1 - Lt						
Campata	Asta	Fili	B [cm]	D [cm]	X [cm]	qlimd [daN/cm²]	σt [daN/cm²]	S	Esito
39	1	1-2	60.00	60.00	0.00	5.83	0.69	8.45	V
40	9	1-5	60.00	60.00	0.00	5.99	0.69	8.68	V
41	14	2-3	60.00	60.00	595.00	5.82	0.66	8.82	V
42	21	2-6	60.00	60.00	0.00	5.99	0.62	9.66	V
43	27	3-7	60.00	60.00	0.00	5.99	0.66	9.08	V
44	32	4-5	60.00	60.00	0.00	6.68	0.62	10.77	V
45	35	9-4	60.00	60.00	455.00	5.91	0.62	9.53	V
46	41	5-6	60.00	60.00	0.00	5.83	0.58	10.05	V
47	48	5-10	60.00	60.00	455.00	5.91	0.66	8.95	V
48	54	6-7	60.00	60.00	0.00	5.82	0.53	10.98	V
49	60	7-8	60.00	60.00	0.00	5.95	0.48	12.40	V
50	66	7-11	60.00	60.00	436.04	5.91	0.52	11.37	V
51	72	8-15	60.00	60.00	0.00	5.97	0.48	12.44	V
52	77	9-10	60.00	60.00	116.25	6.66	0.67	9.94	V
53	78	10-11	60.00	60.00	0.00	5.67	0.66	8.59	V
54	93	10-12	60.00	60.00	490.00	5.88	0.81	7.26	V
55	100	11-13	60.00	60.00	490.00	5.88	0.67	8.78	V
56	108	15-11	60.00	60.00	394.25	5.95	0.52	11.44	V
57	113	12-13	60.00	60.00	0.00	5.67	0.81	7.00	V
58	127	13-14	60.00	60.00	415.00	5.95	0.73	8.15	V
59	133	15-14	60.00	60.00	500.00	5.88	0.73	8.05	V

Platee.

Platea : numero della platea;
 Fili : fili fissi ai quali appartiene la platea considerata;
 A1 - Lt : verifica della combinazione di carico A1 a lungo termine;
 D : profondità del piano di posa;
 qlimd : carico limite di calcolo;
 σt : tensione di calcolo;
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

		Combinazione A1 - Lt				
Platea	Fili	D [cm]	qlimd [daN/cm²]	σt [daN/cm²]	S	Esito
1	1, 2, 6, 5	60.00	6.42	0.69	9.30	V
2	2, 3, 7, 6	60.00	6.52	0.66	9.88	V
3	5, 6, 7, 11, 10	60.00	6.08	0.66	9.21	V
4	10, 11, 13, 12	60.00	6.02	0.81	7.43	V
5	7, 8, 15, 11	60.00	7.10	0.52	13.65	V
6	15, 14, 13, 11	60.00	6.94	0.73	9.51	V

Verifiche allo Stato Limite di Danno per le fondazioni superficiali (7.11.5.3.1 del DM 14/01/2008).

Per l'analisi della sicurezza del complesso fondazione-terreno verranno condotte le verifiche nei confronti dello stato limite di danno.

In particolare, saranno valutati gli spostamenti permanenti indotti dal sisma, verificando che essi siano accettabili per la fondazione e siano compatibili con la funzionalità SLD dell'intera opera in oggetto.

Per determinare gli spostamenti permanenti post-sisma nel terreno si effettua un'analisi del sistema fondazione-terreno modellando il terreno con un sistema di molle con legame costitutivo Pressione-Spostamento di tipo iperbolico mediante la seguente relazione:

$$P(u) = \frac{u}{\frac{1}{Es} + \frac{u}{Pu}}$$

dove:

P(u) = pressione di contatto;

u = cedimento del terreno;

Es = rigidezza tangente all'origine del terreno di fondazione valutato come u_e/p ovvero rapporto tra il cedimento elastico

istantaneo e la pressione di contatto che lo provoca;

Pu = pressione ultima valutata per i valori caratteristici del terreno di fondazione;

Lo spostamento permanente Uresiduo sarà quindi valutato dallo spostamento complessivo Usld depurato della parte reversibile elastica:

$$U_{residuo} = U_{sld} - \frac{P_{sld}}{E_s}$$

Travi di fondazione.

Asta : numerazione interna dell'asta;

Fili : fili fissi ai quali appartiene l'asta considerata;

Psld : pressione di contatto SLD;

Plim : pressione ultima del terreno di fondazione;

Usld : cedimento sld del terreno;

Usld_res : cedimento residuo sld del terreno;

ULim. : cedimento residuo limite;

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Campata	Asta	Fili	Psld [daN/cm²]	Plim [daN/cm²]	Usld [mm]	Usld_res [mm]	ULim. [mm]	S	Esito
39	1	1-2	0.59	13.41	1.228	0.054	50.000	930.48	V
40	9	1-5	0.59	13.78	1.226	0.052	50.000	957.18	V
41	14	2-3	0.56	13.39	1.171	0.049	50.000	1018.86	V
42	21	2-6	0.53	13.78	1.094	0.042	50.000	1196.91	V
43	27	3-7	0.56	13.78	1.170	0.048	50.000	1049.92	V
44	32	4-5	0.49	15.36	1.016	0.033	50.000	1536.72	V
45	35	9-4	0.49	13.59	1.021	0.037	50.000	1353.72	V
46	41	5-6	0.46	13.41	0.961	0.033	50.000	1503.58	V
47	48	5-10	0.48	13.59	0.993	0.035	50.000	1427.80	V
48	54	6-7	0.38	13.39	0.787	0.022	50.000	2222.95	V
49	60	7-8	0.40	13.68	0.831	0.024	50.000	2043.71	V
50	66	7-11	0.38	13.59	0.778	0.022	50.000	2307.74	V
51	72	8-15	0.41	13.73	0.848	0.025	50.000	1968.46	V
52	77	9-10	0.49	15.32	1.014	0.032	50.000	1538.74	V
53	78	10-11	0.48	13.04	0.995	0.037	50.000	1367.69	V
54	93	10-12	0.64	13.52	1.339	0.063	50.000	791.96	V
55	100	11-13	0.58	13.52	1.209	0.052	50.000	967.12	V
56	108	15-11	0.41	13.68	0.848	0.025	50.000	1963.65	V
57	113	12-13	0.64	13.04	1.341	0.066	50.000	762.27	V
58	127	13-14	0.63	13.68	1.328	0.061	50.000	813.13	V
59	133	15-14	0.63	13.52	1.329	0.062	50.000	803.10	V

Platee.

Platea : numero della platea;

Fili : fili fissi ai quali appartiene la platea considerata;

Psld : pressione di contatto SLD;

Plim : pressione ultima del terreno di fondazione;

Usld : cedimento sld del terreno;

Usld_res : cedimento residuo sld del terreno;

ULim. : cedimento residuo limite;

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Platea	Fili	Psld [daN/cm²]	Plim [daN/cm²]	Usld [mm]	Usld_res [mm]	ULim. [mm]	S	Esito
--------	------	-------------------	-------------------	-----------	------------------	------------	---	-------

1	1, 2, 6, 5	0.59	14.77	1.222	0.049	50.000	1028.95	V
2	2, 3, 7, 6	0.56	15.00	1.166	0.044	50.000	1146.77	V
3	5, 6, 7, 11, 10	0.48	13.98	0.992	0.034	50.000	1470.37	V
4	10, 11, 13, 12	0.64	13.85	1.337	0.062	50.000	811.75	V
5	7, 8, 15, 11	0.41	16.33	0.843	0.021	50.000	2354.94	V
6	15, 14, 13, 11	0.63	15.96	1.319	0.052	50.000	954.99	V

Dall'analisi delle tabelle relative alle verifiche dei cedimenti SLD per le fondazioni superficiali si evince che i cedimenti permanenti massimi stimati risultano compatibili con la funzionalità dei lavori in oggetto e sensibilmente inferiori ai valori assunti come ammissibili per la letteratura tecnica.

Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE).

Gli stati limite di esercizio (punto 6.4.2.2 del DM 14/01/2008) investigati, si riferiscono al raggiungimento di valori critici dei cedimenti differenziali che possono compromettere la funzionalità dell'opera. Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito per la combinazione di esercizio, quasi permanente

Travi di fondazione.

Campata : campata alla quale appartengono le aste riportate;

Asta : numerazione interna dell'asta;

Fili : fili fissi ai quali appartiene l'asta considerata;

Comb. : tipo inviluppo;

Dist. : distanza tra i punti di massimo cedimento differenziale;

Istant. : cedimento istantaneo;

Consol. : cedimento di consolidamento;

Tot. : cedimento totale;

Diff. : cedimento differenziale;

Lim. : cedimento limite (4‰ x Dist.);

S : Coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Campa ta	As ta	Fili	Comb.	Dist. [cm]	Max			Min			Diff. [cm]	Lim. [cm]	S	Esito
					Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]	Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]				
39	1	1-2	Q. Perm.	605.0	-0.0898	-0.5546	-0.6444	-0.0837	-0.5454	-0.6291	0.0153	2.4200	158.24	V
40	9	1-5	Q. Perm.	380.0	-0.0898	-0.5496	-0.6394	-0.0736	-0.5262	-0.5999	0.0395	1.5200	38.50	V
41	14	2-3	Q. Perm.	565.0	-0.0837	-0.5457	-0.6294	-0.0780	-0.5372	-0.6152	0.0142	2.2600	159.03	V
42	21	2-6	Q. Perm.	380.0	-0.0837	-0.5407	-0.6244	-0.0637	-0.5119	-0.5757	0.0488	1.5200	31.17	V
43	27	3-7	Q. Perm.	380.0	-0.0780	-0.5325	-0.6105	-0.0622	-0.5096	-0.5718	0.0387	1.5200	39.23	V
44	32	4-5	Q. Perm.	155.0	-0.0760	-0.5114	-0.5874	-0.0736	-0.5085	-0.5821	0.0053	0.6200	117.58	V
45	35	9-4	Q. Perm.	515.0	-0.0760	-0.5319	-0.6079	-0.0672	-0.5188	-0.5860	0.0219	2.0600	93.94	V
46	41	5-6	Q. Perm.	605.0	-0.0736	-0.5304	-0.6040	-0.0637	-0.5155	-0.5792	0.0248	2.4200	97.66	V
47	48	5-10	Q. Perm.	515.0	-0.0804	-0.5384	-0.6188	-0.0736	-0.5283	-0.6020	0.0168	2.0600	122.35	V
48	54	6-7	Q. Perm.	565.0	-0.0637	-0.5157	-0.5794	-0.0622	-0.5133	-0.5755	0.0040	2.2600	571.31	V
49	60	7-8	Q. Perm.	477.1	-0.0622	-0.5106	-0.5727	-0.0431	-0.4827	-0.5258	0.0469	1.9085	40.65	V
50	66	7-11	Q. Perm.	515.0	-0.0632	-0.5129	-0.5761	-0.0622	-0.5114	-0.5736	0.0026	2.0600	798.97	V
51	72	8-15	Q. Perm.	400.0	-0.0563	-0.5017	-0.5581	-0.0431	-0.4824	-0.5255	0.0325	1.6000	49.16	V
52	77	9-10	Q. Perm.	155.0	-0.0804	-0.5167	-0.5971	-0.0672	-0.5007	-0.5679	0.0293	0.6200	21.18	V
53	78	10-11	Q. Perm.	1170.0	-0.0804	-0.5433	-0.6238	-0.0632	-0.5168	-0.5800	0.0437	4.6800	107.00	V
54	93	10-12	Q. Perm.	490.0	-0.0974	-0.5643	-0.6616	-0.0804	-0.5392	-0.6196	0.0420	1.9600	46.64	V
55	10 0	11-13	Q. Perm.	490.0	-0.0828	-0.5426	-0.6254	-0.0632	-0.5136	-0.5768	0.0486	1.9600	40.31	V
56	10 8	15-11	Q. Perm.	480.1	-0.0632	-0.5121	-0.5753	-0.0563	-0.5021	-0.5584	0.0169	1.9205	113.82	V
57	11 3	12-13	Q. Perm.	1170.0	-0.0974	-0.5693	-0.6667	-0.0828	-0.5469	-0.6297	0.0370	4.6800	126.48	V
58	12 7	13-14	Q. Perm.	475.0	-0.0828	-0.5407	-0.6235	-0.0780	-0.5337	-0.6117	0.0118	1.9000	161.19	V
59	13 3	15-14	Q. Perm.	560.0	-0.0780	-0.5357	-0.6137	-0.0563	-0.5035	-0.5599	0.0538	2.2400	41.62	V

Platee.

Platea : numero sella platea;
 Fili : fili fissi ai quali appartiene la platea considerata;
 Comb. : tipo involucro;
 Dist. : distanza tra i punti di massimo cedimento differenziale;
 Istant. : cedimento istantaneo;
 Consol. : cedimento di consolidamento;
 Tot. : cedimento totale;
 Diff. : cedimento differenziale;
 Lim. : cedimento limite ($4\text{‰} \times \text{Dist.}$);
 S : Coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Platea	Fili	Comb.	Dist. [cm]	Max			Min			Diff. [cm]	Lim. [cm]	S	Esito
				Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]	Istant. [cm]	Consol. [cm]	Tot. [cm]				
1	1, 2, 6, 5	Q. Perm.	384.7	-0.0898	-0.1847	-0.2745	-0.0152	-0.1047	-0.1200	0.1545	1.5388	9.96	V
2	2, 3, 7, 6	Q. Perm.	326.7	-0.0837	-0.1782	-0.2618	-0.0110	-0.1003	-0.1113	0.1505	1.3068	8.68	V
3	5, 6, 7, 11, 10	Q. Perm.	348.4	-0.0804	-0.1747	-0.2551	-0.0043	-0.0930	-0.0973	0.1578	1.3937	8.83	V
4	10, 11, 13, 12	Q. Perm.	908.3	-0.0974	-0.1928	-0.2902	-0.0032	-0.0919	-0.0951	0.1951	3.6330	18.62	V
5	7, 8, 15, 11	Q. Perm.	378.6	-0.0632	-0.1562	-0.2194	-0.0079	-0.0969	-0.1049	0.1145	1.5144	13.22	V
6	15, 14, 13, 11	Q. Perm.	325.3	-0.0828	-0.1772	-0.2600	-0.0030	-0.0916	-0.0945	0.1654	1.3012	7.87	V

Dalle tabelle relative al cedimento differenziale limite delle fondazioni, si evince che i cedimenti differenziali massimi stimati risultano compatibili con la funzionalità dei lavori in oggetto.