

Comune di Bari
Regione Puglia

**Fondazione
Apulia Film
Commission**



Restauro e Ristrutturazione

del Palazzo del Mezzogiorno -

Padiglione 81 della Fiera del Levante -

per la sede della

APULIA FILM HOUSE

progetto esecutivo

coordinamento generale progettazione

progettazione esecutiva architettonica:

arch. Mauro Sàito

via Cardinale M. Mimmi, n. 32 - 70124 Bari - 080.5093952 - saitoba@maurosaito.it

con: arch. Rosa Giacomobello, arch. Michele Liuzzi

**progetto esecutivo strutture, interventi di miglioramento sismico,
coordinamento della sicurezza:**

esse ingegneria s.r.l

corso Vittorio Emanuele II, n. 171 - 70122 Bari - 080.5210493 - info@esseingegneria.it

ing. Nicola Stefanelli

arch. Micaela Pignatelli

con: geom. Paolo Danza, Felice Di Chito, ing. Umberto Gallo,

geom. Mauro Modugno, ing. Giada Paolotti, ing. Giuseppe Sofia

impianti tecnologici e speciali, piano di manutenzione:

ing. Massimiliano Quarta

via Cardinale M. Mimmi, n. 32 - 70124 Bari - 080.5093952 - quartaingegneria@gmail.com

con: ing. Sabrina Soffietto, ing. Roberto Sabato,

p.i. Francesco Di Pompa, ing. Nicola M. Ugenti

consulente per la museologia e le tecnologie audiovisive:

ing. Raphael Mayer Aboav

geologia: dott. geol. Antonino Greco

indagini e diagnostica: Landnet di U. Calò & C. s.n.c.

responsabile unico del procedimento (Fondazione Apulia Film Commission)

dott. Silvio Maselli

**RELAZIONE GEOTECNICA -
AMPLIAMENTO FAVIA
(BLOCCO 2)**

R.03H

archivio 1111

settembre 2013

1 RELAZIONE GEOTECNICA

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEGLI INTERVENTI.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati delle elaborazioni a carattere geotecnico eseguite per le opere di fondazione del nuovo ampliamento “Favia” da realizzare nell’ambito dei lavori di restauro e ristrutturazione del Palazzo del Mezzogiorno per la sede della Apulia Film House.

I risultati delle indagini effettuate, degli studi eseguiti e delle valutazioni geotecniche operate, parte integrante degli elaborati progettuali relativi ai lavori in oggetto, faranno riferimento per le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione ai dati riportati nella Relazione geologico-tecnica redatta dal dott. geol. Antonino Greco.

TIPOLOGIA STRUTTURALE IN DIREZIONE X:

Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste

TIPOLOGIA STRUTTURALE IN DIREZIONE Y:

Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste

TIPOLOGIA FONDAZIONI:

Fondazioni superficiali, quindi del tipo dirette, costituite da platee di fondazione.

Descrizione delle tipologie di fondazione utilizzate.

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

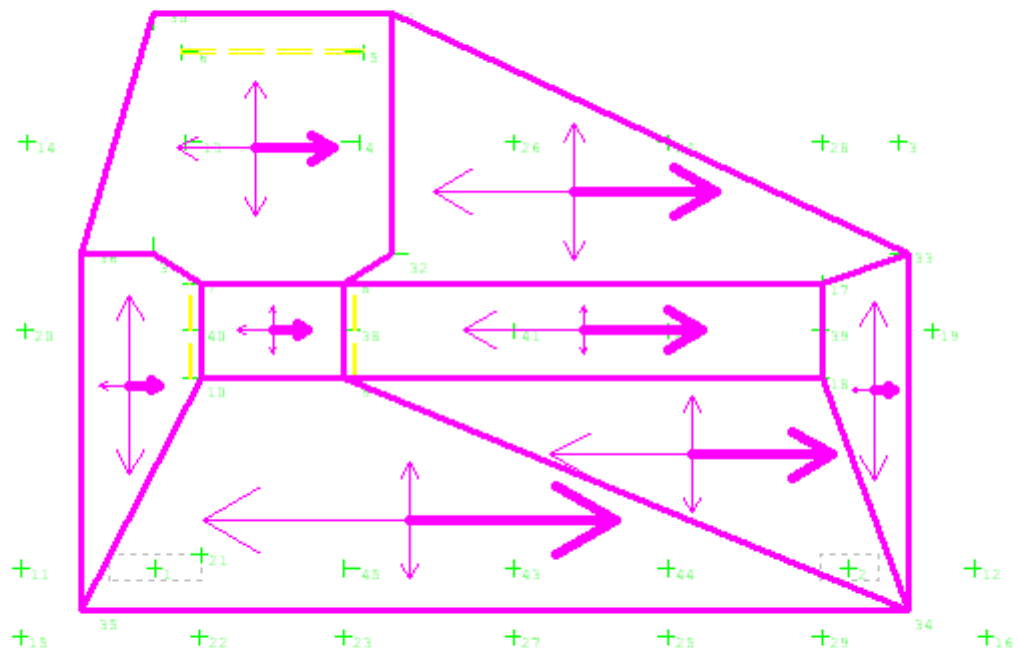
Descrizione delle platee di fondazione e loro ubicazione in pianta.

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/cm ³]	KwT [daN/cm ³]
1	Fondazione	7, 8, 38, 9, 10, 40	60	13.00	1.00
2	Fondazione	8, 17, 39, 18, 9, 38	60	13.00	1.00
3	Fondazione	36, 37, 7, 40, 10, 35	60	13.00	1.00
4	Fondazione	35, 10, 9, 34	60	13.00	1.00
5	Fondazione	34, 9, 18	60	13.00	1.00
6	Fondazione	34, 18, 39, 17, 33	60	13.00	1.00
7	Fondazione	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	60	13.00	1.00
8	Fondazione	31, 33, 17, 8, 32	60	13.00	1.00

Piante fondazioni.

Fondazione



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

Problemi geotecnici e scelte tipologiche.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione compresi nel volume significativo, ovvero in quella parte di sottosuolo che viene influenzata direttamente o indirettamente dalle opere in oggetto, viene riportata in dettaglio nella relazione geologico-tecnica allegata.

Vengono di seguito indicati i parametri fondamentali per la valutazione della capacità portante del terreno di fondazione e le scelte tipologiche adottate per il dimensionamento delle opere di fondazione, non avendo riscontrato altre particolari problematiche di tipo geotecnico.

Al fine d'identificare la categoria di sottosuolo, tramite la conoscenza dello spessore e natura dei diversi strati che compongono il terreno sottostante il piano di posa delle fondazioni, per il dimensionamento strutturale e geotecnico delle stesse sono state effettuate delle indagini in sito ubicate nell'area oggetto dell'intervento.

L'area in esame è sostanzialmente pianeggiante, caratterizzata da un fattore di amplificazione topografico pari a T1, pertanto non si osservano variazioni di quota della superficie topografica degne di valutazioni particolari.

Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche.

Per definire la stratigrafia di progetto, dei terreni di sedime dei lavori in oggetto e per acquisire i parametri fisico-meccanici dei terreni in esame è stata condotta sull'area interessata dall'intervento di progetto una campagna di indagini.

Il programma delle indagini e delle prove con l'ubicazione delle stesse è stato definito a seguito di un attento sopralluogo dell'area in oggetto e risulta più ampiamente descritto nella relazione geologica allegata.

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
7	Colonna 1	Calcare	Calcare

- 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. : Posizione del piano campagna rispetto allo spiccato delle fondazioni;
 No. Strati : Numero degli strati della colonna stratigrafica.

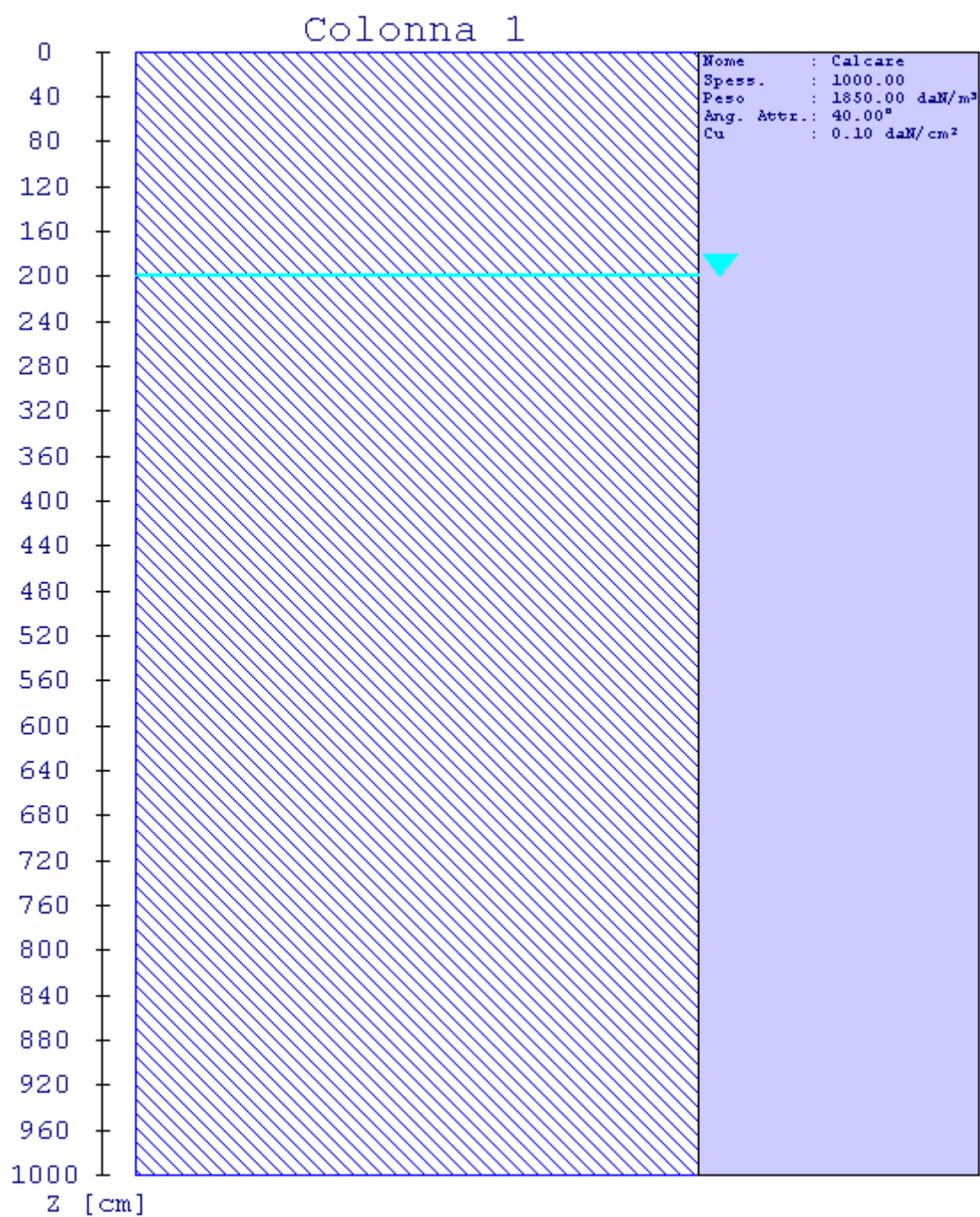
Filo	Colonna	Impalcato	Falda	Prof. Falda [cm]	Spicc. Fond. [cm]	No. Strati
7	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
8	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
9	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
10	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
17	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
18	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
30	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
31	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
32	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
33	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
34	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
35	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
36	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
37	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
38	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
39	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	1
40	Colonna 1	Fondazione	Presente	200.00	-150.00	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]	NSPT	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]	OCR
Colonna 1	Calcare	1000.00	1850.00	1500.00	-	-	40.00	0.30	0.10	35000.00	7000.00	0.20	-	0.00

- Sezioni Geologiche:



- Caratterizzazione sismica del suolo di fondazione:

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

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 ($k_v = 13.00 \text{ daN/cm}^3$), con riferimento ai dati geologico-geotecnici fornitici, 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 $k_o = 1.00 \text{ daN/cm}^3$.

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;

EQU - perdita di equilibrio della struttura, del terreno o dell'insieme terreno-struttura, considerati come corpi rigidi;

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.

Verifiche EQU: L'edificio è soggetto ad azioni di tipo verticale e di tipo orizzontale. La verifica a ribaltamento consiste nel valutare l'eventuale perdita di equilibrio della struttura, considerata come corpo rigido, determinando il margine di sicurezza alla rotazione intorno ad un punto esterno della struttura.

Verifiche GEO: Approcci progettuali e valori di progetto dei parametri geotecnici.**TEORIA DI CALCOLO PER FONDAZIONI SUPERFICIALI.**

Il calcolo è stato effettuato seguendo la teoria di Brinch Hansen, la quale tiene conto:

- della forma della fondazione;
- della profondità del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del carico sulla fondazione;
- dell'eccentricità del carico;
- dell'inclinazione del piano di posa della fondazione;
- dell'inclinazione del piano di campagna;
- dell'effetto inerziale nella fondazione;
- dell'effetto cinematico del sottosuolo;

Si riportano di seguito le formule considerate nelle varie colonne stratigrafiche assegnate ai fili fissi:

Il carico limite si ottiene dalla seguente espressione:

$q_{lim} =$

$$0.5 \cdot B \cdot [\gamma_2' + (\gamma_2 - \gamma_2') \cdot d_w / B] \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot z_\gamma \cdot e_\gamma \cdot k_\gamma \cdot e_\gamma + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + z_q$$

Dove: $B' = B - 2 \cdot e_B$

B è il lato minore della fondazione.

e_B è l'eccentricità del carico lungo B .

D è la profondità del piano di posa della fondazione.

γ_1 è il peso del terreno sopra il piano di posa della fondazione.

γ_2 è il peso del terreno sotto il piano di posa della fondazione.

γ_2' è il peso del terreno immerso sotto il piano di posa.

C è la coesione del terreno.

q è il carico uniformemente distribuito ai lati della fondazione.

d_w è la profondità della falda acquifera.

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				
		A1		
		Lt		
Platea	Fili	Nc	Nq	N γ
1	7, 8, 38, 9, 10, 40	75.31	64.20	79.54
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	75.31	64.20	79.54
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	75.31	64.20	79.54
4	35, 10, 9, 34	75.31	64.20	79.54
5	34, 9, 18	75.31	64.20	79.54
6	34, 18, 39, 17, 33	75.31	64.20	79.54
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	75.31	64.20	79.54
8	31, 33, 17, 8, 32	75.31	64.20	79.54

Fattori di forma				
		A1		
		Lt		
Platea	Fili	Sc	Sq	Sy
1	7, 8, 38, 9, 10, 40	1.56	1.55	0.74
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	1.17	1.17	0.92
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	1.29	1.28	0.87
4	35, 10, 9, 34	1.24	1.24	0.89
5	34, 9, 18	1.35	1.35	0.83
6	34, 18, 39, 17, 33	1.21	1.20	0.90
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	1.74	1.73	0.65
8	31, 33, 17, 8, 32	1.41	1.40	0.81

Fattori di profondità				
		A1		
		Lt		
Platea	Fili	Dc	Dq	Dy
1	7, 8, 38, 9, 10, 40	1.37	1.20	1.00
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	1.37	1.20	1.00
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	1.32	1.17	1.00
4	35, 10, 9, 34	1.21	1.11	1.00
5	34, 9, 18	1.21	1.11	1.00
6	34, 18, 39, 17, 33	1.38	1.21	1.00
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	1.18	1.10	1.00
8	31, 33, 17, 8, 32	1.18	1.10	1.00

Fattori di inclinazione del piano di posa				
		A1		
		Lt		
Platea	Fili	Bc	Bq	Bγ
1	7, 8, 38, 9, 10, 40	1.00	1.00	1.00
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	1.00	1.00	1.00
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	1.00	1.00	1.00
4	35, 10, 9, 34	1.00	1.00	1.00
5	34, 9, 18	1.00	1.00	1.00
6	34, 18, 39, 17, 33	1.00	1.00	1.00
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	1.00	1.00	1.00
8	31, 33, 17, 8, 32	1.00	1.00	1.00

Fattori di inclinazione del piano campagna				
		A1		
		Lt		
Platea	Fili	Gc	Gq	Gγ
1	7, 8, 38, 9, 10, 40	1.00	1.00	1.00
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	1.00	1.00	1.00
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	1.00	1.00	1.00
4	35, 10, 9, 34	1.00	1.00	1.00
5	34, 9, 18	1.00	1.00	1.00

6	34, 18, 39, 17, 33	1.00	1.00	1.00
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	1.00	1.00	1.00
8	31, 33, 17, 8, 32	1.00	1.00	1.00

Fattori di inclinazione dei carichi				
		A1		
		Lt		
Platea	Fili	Ic	Iq	Iy
1	7, 8, 38, 9, 10, 40	1.00	1.00	1.00
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	1.00	1.00	1.00
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	1.00	1.00	1.00
4	35, 10, 9, 34	1.00	1.00	1.00
5	34, 9, 18	1.00	1.00	1.00
6	34, 18, 39, 17, 33	1.00	1.00	1.00
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	1.00	1.00	1.00
8	31, 33, 17, 8, 32	1.00	1.00	1.00

Fattori di portanza dell'effetto inerziale (Paolucci Pecker)				
		A1		
		Lt		
Platea	Fili	Zc	Zq	Zy
1	7, 8, 38, 9, 10, 40	0.99	0.99	1.00
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	0.99	0.99	1.00
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	0.99	0.99	1.00
4	35, 10, 9, 34	0.99	0.99	1.00
5	34, 9, 18	0.99	0.99	1.00
6	34, 18, 39, 17, 33	0.99	0.99	1.00
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	0.99	0.99	1.00
8	31, 33, 17, 8, 32	0.99	0.99	1.00

Fattori di portanza dell'effetto cinematico (Maugeri-Cascone)			
		A1	
		Lt	
Platea	Fili	eyk	eyi
1	7, 8, 38, 9, 10, 40	0.96	0.77
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	0.96	0.77
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	0.96	0.77
4	35, 10, 9, 34	0.96	0.77
5	34, 9, 18	0.96	0.77
6	34, 18, 39, 17, 33	0.96	0.77
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	0.96	0.77
8	31, 33, 17, 8, 32	0.96	0.77

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	C_u	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.

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;
 σ_t : tensione di calcolo;
 S : coefficiente di sicurezza;
 Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Platea	Fili	Combinazione A1 - Lt				
		D [cm]	qlimd [daN/cm ²]	σ_t [daN/cm ²]	S	Esito
1	7, 8, 38, 9, 10, 40	210.00	30.18	2.29	13.18	V
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	210.00	23.82	3.03	7.86	V
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	210.00	25.90	4.48	5.78	V
4	35, 10, 9, 34	210.00	27.20	4.59	5.93	V
5	34, 9, 18	210.00	28.63	4.59	6.24	V
6	34, 18, 39, 17, 33	210.00	24.40	4.59	5.32	V
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	210.00	33.93	2.10	16.16	V
8	31, 33, 17, 8, 32	210.00	29.97	3.16	9.48	V

1.0.2.2 EQU - VERIFICA A RIBALTAMENTO.**TEORIA DI CALCOLO**

La verifica a ribaltamento consiste nel valutare lo stato limite di equilibrio come corpo rigido della struttura determinando il margine di sicurezza alla rotazione intorno ad un punto esterno della struttura.

La verifica risulta soddisfatta se le azioni stabilizzanti rispetto a quelle ribaltanti garantiscono un margine di sicurezza maggiore o uguale al coefficiente parziale γ_R pari ad 1.0 dato del rapporto tra (M_{Stab}/γ_R) e M_{Rib} .

La verifica a ribaltamento è stata effettuata sulla base delle azioni di calcolo agenti sulla struttura considerando il sisma agente rispettivamente lungo due direzioni ortogonali, seguendo le indicazioni della normativa di riferimento (punto 2.6.1 del DM 14/01/2008).

Il momento ribaltante totale M_{Rib} è definito come:

$$M_{Rib} = V_d \cdot \text{bra.}V_d + S_a \cdot \text{bra.}S_a$$

Dove:

- V_d = risultante delle forze agenti sulla struttura in direzione parallela al piano di posa;
 $\text{bra.}V_d$ = braccio della risultante delle forze agenti sulla struttura in direzione parallela al piano di posa;
 S_a = risultante delle spinte attive, di eventuali pareti contro terra ed ortogonali al sisma agente;
 $\text{bra.}S_a$ = braccio risultante delle spinte attive, di eventuali pareti contro terra ed ortogonali al sisma agente;

Il momento stabilizzante totale M_{Stab} è definito come:

$$M_{Stab} = N \cdot \text{bra.}N + \%Sp_{Pass} \cdot Sp \cdot \text{bra.}Sp$$

Dove:

- N = risultante delle forze agenti sulla struttura in direzione normale al piano di posa;
 $\text{bra.}N$ = braccio della risultante delle forze agenti sulla struttura in direzione normale al piano di posa;
 $\%Sp_{Pass}$ = percentuale della spinta passiva considerata nei contributi delle azioni stabilizzanti pari a 50%;
 Sp = risultante delle spinte passive, di eventuali pareti contro terra ed ortogonali al sisma agente;
 $\text{bra.}Sp$ = braccio risultante delle spinte passive, di eventuali pareti contro terra ed ortogonali al sisma agente;

Dati:

- Coefficienti parziali γ_i dei carichi verticali

γ_i	VALORE ASSUNTO γ_i
γ_{G1}	0.90
γ_{G2}	0.00
γ_Q	0.00

- Punti di rotazione

DIREZIONE	Ascissa punto di rotazione [cm]	Quota [cm]
Sisma X+	0.00	0.00
Sisma X-	0.00	0.00
Sisma Y+	0.00	0.00
Sisma Y-	0.00	0.00

Le verifiche vengono riassunte nelle successive tabelle

- VERIFICA A RIBALTAMENTO

DIREZIONE	N [KN]	Bra.N [m]	Vd [KN]	Bra.Vd [m]	Sp [KN]	Bra.Sp [m]	Sa [KN]	Bra.Sa [m]	M _{Rib} [KNm]	M _{Stab} [KNm]	S	Esito
Sisma X+	6163.66	8.12	894.31	5.39	0.00	0.00	0.00	0.00	4816.08	50071.13	10.40	V
Sisma X-	6163.66	8.12	894.31	5.39	0.00	0.00	0.00	0.00	4816.08	50071.13	10.40	V
Sisma Y+	6163.66	4.49	707.39	5.39	0.00	0.00	0.00	0.00	3809.47	27652.48	7.26	V
Sisma Y-	6163.66	4.49	707.39	5.39	0.00	0.00	0.00	0.00	3809.47	27652.48	7.26	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 = rigidità tangente all'origine del terreno di fondazione valutato come ue/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 $U_{residuo}$ sarà quindi valutato dallo spostamento complessivo U_{sld} depurato della parte reversibile elastica:

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

Platee.

Platea : numero della platea;

Fili : fili fissi ai quali appartiene la platea considerata;

P_{sld} : pressione di contatto SLD;

P_{lim} : pressione ultima del terreno di fondazione;

U_{sld} : cedimento sld del terreno;

U_{sld_res} : cedimento residuo sld del terreno;

U_{lim} : cedimento residuo limite;

S : coefficiente di sicurezza;

Esito : V = Verificato; NV = Non Verificato

Platea	Fili	P_{sld} [daN/cm ²]	P_{lim} [daN/cm ²]	U_{sld} [mm]	U_{sld_res} [mm]	U_{lim} [mm]	S	Esito
1	7, 8, 38, 9, 10, 40	1.64	69.41	1.291	0.030	50.000	1641.24	V
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	2.15	54.79	1.725	0.068	50.000	737.17	V
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	3.52	59.57	2.876	0.170	50.000	294.40	V
4	35, 10, 9, 34	3.52	62.56	2.867	0.161	50.000	310.11	V
5	34, 9, 18	3.49	65.85	2.835	0.150	50.000	332.80	V
6	34, 18, 39, 17, 33	3.49	56.12	2.863	0.178	50.000	280.88	V
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	1.52	78.04	1.191	0.023	50.000	2156.51	V
8	31, 33, 17, 8, 32	2.46	68.93	1.959	0.070	50.000	716.30	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

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‰ x 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	7, 8, 38, 9, 10, 40	Q. Perm.	292.7	-0.1168	-0.0028	-0.1196	-0.0929	-0.0024	-0.0953	0.0243	1.1708	48.22	V
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	Q. Perm.	458.7	-0.1533	-0.0033	-0.1566	-0.0314	-0.0016	-0.0330	0.1236	1.8346	14.84	V
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	Q. Perm.	606.8	-0.2313	-0.0043	-0.2356	-0.0526	-0.0019	-0.0545	0.1812	2.4272	13.40	V
4	35, 10, 9, 34	Q. Perm.	657.2	-0.2354	-0.0044	-0.2398	-0.0136	-0.0014	-0.0150	0.2248	2.6288	11.69	V
5	34, 9, 18	Q. Perm.	660.6	-0.2354	-0.0044	-0.2398	-0.0265	-0.0015	-0.0281	0.2117	2.6423	12.48	V
6	34, 18, 39, 17, 33	Q. Perm.	575.0	-0.2354	-0.0044	-0.2398	-0.1417	-0.0031	-0.1448	0.0950	2.3001	24.22	V
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	Q. Perm.	319.3	-0.0994	-0.0025	-0.1020	-0.0477	-0.0018	-0.0495	0.0525	1.2772	24.34	V
8	31, 33, 17, 8, 32	Q. Perm.	581.4	-0.1597	-0.0034	-0.1631	-0.0213	-0.0015	-0.0228	0.1403	2.3257	16.58	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.

2 RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

2.1 Tensioni sul Terreno.

I dati seguenti riportano i valori delle tensioni esercitate dalla fondazione sul terreno.

Asta/Piastra : numerazione interna dell'asta/piastra.

X : distanza dal nodo iniziale misurata lungo l'asse dell'asta/piastra.

Comb : combinazione di appartenenza del valore considerato nell'involuppo.

Tensioni (σ_T) : valore della tensione dovuta alla pressione dell'asta/piastra di fondazione:

Tabella 0.II

Tensioni Terreno							
		SLV	SLD	SLO	SLE		
		A1	A1		Caratt.	Freq.	Q. Perm.
Piastra	Fili	σ_t [daN/cm ²]	σ_t [daN/cm ²]	σ_t [daN/cm ²]	σ_t [daN/cm ²]	σ_t [daN/cm ²]	σ_t [daN/cm ²]
1	7, 8, 38, 9, 10, 40	2.29(22)	1.64(20)	1.62(1)	1.64(5)	1.55(1)	1.52(1)
2	8, 17, 39, 18, 9, 38	3.03(22)	2.15(1)	2.12(1)	2.16(5)	2.03(1)	1.99(1)
3	36, 37, 7, 40, 10, 35	4.48(22)	3.52(13)	3.36(13)	3.23(5)	3.06(1)	3.01(1)
4	35, 10, 9, 34	4.59(22)	3.52(13)	3.39(8) *	3.31(5) *	3.12(1) *	3.06(1) *
5	34, 9, 18	4.59(22)	3.49(8)	3.39(8) *	3.31(5) *	3.12(1) *	3.06(1) *
6	34, 18, 39, 17, 33	4.59(22)	3.49(8)	3.39(8) *	3.31(5) *	3.12(1) *	3.06(1) *
7	30, 31, 32, 8, 7, 37, 36	2.10(10)	1.52(10)	1.38(1)	1.40(5)	1.32(1)	1.29(1)
8	31, 33, 17, 8, 32	3.16(22)	2.46(14)	2.28(14)	2.26(5)	2.12(1)	2.08(1)

* valore massimo.

2.2 Relazione sulle fondazioni (DM 14/01/2008 e CIRCOLARE 617/2009)

Scelta del tipo di fondazioni.

In funzione dei risultati ottenuti dalla campagna di indagini eseguite e della tipologia strutturale adottata per i lavori in oggetto, si è proceduto alla scelta delle tipologie di fondazione superficiali per distribuire i carichi trasmessi dalla sovrastruttura al terreno di fondazione ripartendoli il più possibile in modo uniforme sul suolo di sedime delle fondazioni stesse. La scelta della profondità del piano di posa ha permesso il superamento del suolo vegetale, della zona soggetta a gelo-disgelo e variazioni stagionali di umidità. La profondità del piano di posa delle fondazioni risulta tale da prevenire fenomeni di erosione o scalzamento.

Le dimensioni strutturali delle opere di fondazione, le tipologie usate e la loro ubicazione risultano descritte nella prima parte della presente relazione e vengono meglio evidenziate negli elaborati grafici allegati.

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) ed agli stati limite d'esercizio (SLE) indagati risultano tali da non limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza, la durabilità della struttura garantendo un grado di sicurezza ed un livello di prestazioni nel rispetto della normativa vigente in materia.

Ipotesi assunte ed analisi dei risultati nei riguardi del complesso terreno-opera di fondazione.

Tutte le analisi presentate si riferiscono studio del sottosuolo semplificando la situazione reale con criteri cautelativi, analizzando diverse possibili schematizzazioni ed adottando i risultati meno favorevoli mediante coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni e coefficienti parziali di sicurezza da applicare alle resistenze caratteristiche.

Le analisi delle elaborazioni eseguite permette di evidenziare i seguenti livelli di sicurezza:

Riassunto risultati verifiche:

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	Coeff. Sic Min	Coeff. Sic Max
Platee di fondazione	Capacita' Portante	5.32	16.16
	Cedim. Diff. SLE Q. Perm.	11.69	48.22
ANALISI GLOBALI			
Verifica Ribaltamento		7.26	10.40

La caratterizzazione geologica da un lato, le caratteristiche dimensionali, strutturali e le configurazioni di carico dall'altro, hanno reso possibile effettuare valutazioni che hanno conto del comportamento complessivo delle strutture e delle interazioni terreno-fondazione.

Si rimanda alla Relazione Geologica-Tecnica redatta dal Dott. Geologo Antonino Greco per prendere visione di ogni altra informazione relativa alla stratigrafia che caratterizza il suolo di fondazione.

I coefficienti di sicurezza per tutte le verifiche di resistenza eseguite sulle strutture di fondazione, sono riportate nella Relazione di Calcolo allegata.

Dalle verifiche eseguite su tutti gli elementi di fondazione risultano livelli di sicurezza accettabili e pertanto i lavori in oggetto si valutano realizzabili.

Per quanto sopra esposto, a seguito delle analisi geomorfologiche e dalle verifiche geotecniche svolte l'intervento in oggetto, nel rispetto delle disposizioni progettuali individuate, si ritiene perfettamente compatibile con le caratteristiche del sottosuolo ed attuabile nel rispetto delle Norme vigenti e delle esigenze della Committenza.

Si prescrive che in corso d'opera si debba riscontrare la rispondenza della caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione reale e che la sistemazione esterna dovrà evitare infiltrazioni di acqua tale da variare le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione.

SOMMARIO

1 RELAZIONE GEOTECNICA	1
1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEGLI INTERVENTI.....	1
1.2 RELAZIONE GEOTECNICA (DM 14/01/2008 CAP. 6 e CIRCOLARE 617/2009 punto C6.2.2.5).....	3
2 RELAZIONE SULLE FONDAZIONI.....	14
2.1 Tensioni sul Terreno.	14
2.2 Relazione sulle fondazioni (DM 14/01/2008 e CIRCOLARE 617/2009)	14