



COMUNE DI SALERNO
COMUNE DI SALERNO

PIRU

(ai sensi della Legge Regionale n. 16 del 22/12/2004)

PROGETTO:

PROGRAMMA INTEGRATO DI RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA,
EDILIZIA E AMBIENTALE DELL' AREA DELLE MANIFATTURE COTONIERE
S.P.A. "MCM" IN FRATTE - SALERNO

variante al PIRU approvato con delibera giunta comunale
n.715 del 22/08/2011



TIMBRO E FIRMA

PROGETTISTI

Architettonico



Stefano Esposito Fabiana Longo Rosa Troja - Studio d'Architetti Associati
Calata Trinità Maggiore, 53 - 80134 Napoli - tel. +39 081 19320491
fax +39 081 19320492 info@studioelt.eu - www.studioelt.eu

GRUPPO DI LAVORO:

archh. Claudia Casale, Sara Palmieri

TIMBRO E FIRMA

Committente

Salerno Invest S.r.l.

REVISIONI/REVISIONS

APPROVATO DA:

IL COMMITTENTE

IL PROGETTISTA

05				
04				
03				
02				
01				
00				
REV.	DATA	DIS.	CONT.	

OGGETTO REVISIONE

OGGETTO

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo

RELAZIONE TECNICO SPECIALISTICA: PARCHEGGIO AD USO PUBBLICO:
Relazione calcoli statici - Fondazioni
I° STRALCIO

Commessa

PU_SA_VP2015_PR

Data emissione

02/03/2016

Redatto da

Scala

Nome file

E25.pdf

TAVOLA

E25

INDICE

1. – PREMESSA.....	2
1.1 – Generalità	2
1.2 – Normative di riferimento	2
1.3 – Materiali	2
1.4 – Caratterizzazione sismica del sito.....	3
2. – DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	4
3. – ANALISI DELLE CONDIZIONI DI CARICO E COMBINAZIONI DI CARICO.....	5
4. – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, SISMICA E TOPOGRAFICA DEL SOTTOSUOLO.....	6
5. –METODI DI ANALISI	8
6. – IPOTESI E SCHEMI DI CALCOLO.....	9
7. – COMBINAZIONI DI CARICO	10
8. – ANALISI, VERIFICA E SINTESI DEI PRINCIPALI RISULTATI CONSEGUITI	12

1. – PREMESSA

1.1 – Generalità

La presente relazione ha per oggetto i calcoli statici delle opere di fondazione previste per la realizzazione dell' "Edificio P1" del "Centro Commerciale LE COTONIERE", che verrà realizzato nel comune di Salerno (Sa).

Il manufatto previsto sarà realizzato in c.a. gettato in opera e consiste in una fondazione a platea.

Le opere sono state progettate nel rispetto delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 e sono state verificate con il metodo degli stati limite.

1.2 – Normative di riferimento

- Legge 05-11-1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso.
- Legge 02-02-1974 n. 64 - Normativa tecnica relativa alle costruzioni in zona sismica.
- Circolare Ministero LL.PP. del 14-02-1974 n. 11951 - Istruzioni per l'applicazione delle norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso e le strutture metalliche.
- D.M. 14/01/2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Circolare Ministeriale 02/02/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008".
- Eurocodice 2 - Progetto di strutture in calcestruzzo.

1.3 – Materiali

I materiali che verranno utilizzati per la realizzazione delle opere strutturali in progetto sono:

- Calcestruzzo C25/30:

Resistenza cubica a compressione (valore caratteristico), $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$;

Resistenza cilindrica a compressione (valore caratteristico), $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$;

Modulo di elasticità (valore medio), $E_{cm} = 31475 \text{ N/mm}^2$;

Densità (valore nominale), $\gamma = 2500 \text{ kg/m}^3$;

- Acciaio per c.a. B450C:

Tensione caratteristica di snervamento (valore nominale), $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$;

Tensione caratteristica di rottura (valore nominale), $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$;

Modulo elastico (valore nominale), $E = 210000 \text{ N/mm}^2$;

Densità (valore nominale), $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$.

1.4 – Caratterizzazione sismica del sito

La pericolosità sismica del sito su cui sorgerà il centro commerciale è stata valutata sulla base dei dati pubblicati in allegato alle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 ed in condizioni ideali di campo libero, su sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale.

Per l' "Edificio P1" è stata definita una vita nominale, V_N , di 50 anni (*"Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"*) ed un coefficiente d'uso, C_U , pari a 1,5 (Classe d'Uso III, *"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'Uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso"*). Pertanto, il periodo di riferimento, V_R , per l'azione sismica è pari a 75 anni.

I parametri caratteristici delle forme spettrali di progetto corrispondenti ai su indicati periodi di riferimento sono riassunti nelle tabelle che seguono:

Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
Stato limite di operatività, SLO	45	0,045	2,379	0,317
Stato limite di danno, SLD	75	0,055	2,436	0,345
Stato limite di salvaguardia della vita, SLV	712	0,114	2,664	0,454

Tabella 1. Parametri descrittivi delle forme spettrali di progetto per V_R 75 anni

2. – DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Le opere oggetto della presente relazione rappresentano il sistema di fondazione dell' "Edificio P1" del Centro Commerciale "Le Cotoniere" di Salerno.

La sovrastruttura dell' "Edificio P1" consiste in un parcheggio multipiano a 7 livelli e tetto-giardino da realizzare con struttura intelaiata prefabbricata; i primi 3 livelli si sviluppano su tutta la superficie dell'edificio, gli ulteriori 4 livelli si sviluppano solo tra gli allineamenti "G" ed "A".

Il sistema fondale progettato consta di una platea in c.a. di spessore variabile. Tra gli allineamenti "N" ed "I" lo spessore previsto è di 0,80 m, nella restante parte la platea presenta uno spessore di 1,00 m; il tratto di raccordo tra i diversi spessori si sviluppa a partire dall'allineamento "I". Per maggiori dettagli si rimanda agli allegati grafici.

3. – ANALISI DELLE CONDIZIONI DI CARICO E COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni sulla struttura sono state raggruppate nelle seguenti condizioni di carico:

- Condizioni di carico permanente, G, azioni caratterizzate da variazioni di intensità trascurabili nel tempo e quindi considerate costanti;
- Condizioni di carico variabili, Q, azioni caratterizzate da sensibili variazioni di intensità nel tempo;
- Condizioni di carico sismiche, E, derivanti da terremoti.

Per l'analisi dei carichi della sovrastruttura si rimanda agli elaborati specifici delle opere prefabbricate. Le strutture di fondazione sono state progettate utilizzando le azioni derivanti dal comportamento dell'intera opera, condotta esaminando la sola struttura in elevazione alla quale sono state applicate le azioni statiche e sismiche di progetto.

4. – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, SISMICA E TOPOGRAFICA DEL SOTTOSUOLO

Di seguito viene riportata la schematizzazione geotecnica del sottosuolo adottata per il dimensionamento delle opere in progetto :

- **Strato 1:**
peso specifico, $\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$;
angolo di attrito interno, $\varphi = 28,00^\circ$;
coesione, $c = 0,01 \text{ N/mm}^2$;
modulo edometrico, $E_{ed} = 7,00 \text{ N/mm}^2$;
- **Strato 2:**
peso specifico, $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$;
angolo di attrito interno, $\varphi = 32,00^\circ$;
coesione, $c = 0,005 \text{ N/mm}^2$;
modulo edometrico, $E_{ed} = 20,00 \text{ N/mm}^2$;
- **Strato 3:**
peso specifico, $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$;
angolo di attrito interno, $\varphi = 35,00^\circ$;
coesione, $c = 0,00 \text{ N/mm}^2$;
modulo edometrico, $E_{ed} = 40,00 \text{ N/mm}^2$.

Il modulo edometrico relativo al litotipo strato 1 è stato valutato facendo riferimento alle specifiche prove di compressione effettuate, considerando lo stato tensionale indotto sul terreno dalla struttura in progetto, corrispondente a circa 100 kPa.

La categoria di sottosuolo individuata ai fini della valutazione dell'azione sismica è la B, alla quale corrispondono i seguenti parametri di amplificazione stratigrafica:

Categoria sottosuolo	T_R [anni]	S_s [-]	T_C [s]
B	45	1.20	0.44
	75	1.20	0.47
	712	1.20	0.58

Tabella 2. Parametri di amplificazione stratigrafica V_R 75 anni

Infine viene assunto un coefficiente di amplificazione topografica, S_T , pari a 1, corrispondente a condizioni topografiche del tipo "T1" (superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media $i \leq 15^\circ$).

Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni geologica e geotecnica allegate.

5. –METODI DI ANALISI

L'analisi del sistema fondale è stata realizzata attraverso un modello agli elementi finiti, quindi ottenute le sollecitazioni di progetto si è proceduto ad eseguire le necessarie verifiche utilizzando fogli di calcolo validati ed appositamente compilati, nonché il codice di calcolo "Verifiche C.A. 2010 SP2", licenza d'uso 35865, prodotto dalla AMV s.r.l., con sede in Via San Lorenzo 106, Ronchi dei Legionari (GO), dedicato alla verifica di tipo strutturale delle sezioni in c.a. e c.a.p. con riferimento agli stati limite ultimi e di esercizio.

Il modello strutturale è stato costruito utilizzando elementi piani di tipo "*shell*"; questo tipo di elemento implementa il modello del guscio ortotropo (orthotropic flat shell) nello spazio tridimensionale. E' caratterizzato da 3 o 4 nodi posti nei vertici e 6 gradi di libertà per ogni nodo. Il comportamento flessionale e quello membranale sono disaccoppiati. Lo stato di tensione che interessa questo tipo di elemento è piano sia per la parte lastra che per la parte piastra. L'elemento *shell* supporta vari tipi di carico: peso proprio, carico inerziale, carico termico, pressione uniforme, carico uniformemente distribuito, carico su di un singolo lato.

Per le verifiche geotecniche è stato utilizzato il codice di calcolo "CARL v. 10.05b", licenza d'uso AIU2515D3, prodotto dalla AZTEC INFORMATICA s.r.l., con sede in C.so Umberto 43, Casole Bruzio (CS). Il codice è dedicato al calcolo ed all'analisi di fondazioni ed è basato sui metodi dell'equilibrio limite applicato alle sezioni piane. In generale il software una volta definite tipologia e geometria delle opere, nonché la stratigrafia del sottosuolo, procede a ad eseguire le necessarie verifiche geotecniche.

6. – IPOTESI E SCHEMI DI CALCOLO

Le azioni sul sistema fondale sono state ricavate dall'analisi del comportamento della struttura in elevazione considerata vincolata attraverso degli incastri alla base e soggetta alle azioni statiche e sismiche di progetto.

L'interazione tra la struttura di fondazione ed il terreno è stata modellata attraverso il modello di WINKLER, con molle di adeguata rigidezza. Tale parametro è stato valutato calcolando i cedimenti, attraverso il metodo edometrico, per ognuna delle zone del sistema fondale caratterizzate da una diversa successione stratigrafica. Successivamente è stata verificata la congruenza degli spostamenti calcolati con il metodo edometrico con quelli dedotti dal modello di interazione tridimensionale.

Dalle analisi effettuate sono state individuate tre aree caratterizzate da una costante di WINKLER variabile tra 1,0 e 0,2 kg/cm³.

Le azioni trasmesse alla fondazione sono state opportunamente amplificate, come richiesto per le strutture progettate in classe di duttilità bassa (CD "B") al §7.2.5 delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

7. – COMBINAZIONI DI CARICO

Il sistema fondale è stato verificato secondo quanto indicato al § 6.4.2.1 delle Norme Tecniche per le costruzioni. In particolare è stato utilizzato l'approccio 2 (A1 + M1 + R3) per le verifiche rispetto agli stati limite ultimi di tipo geotecnico e strutturale e la combinazione 2 dell'approccio 1 per la verifica di stabilità globale (A2 + M2 + R2).

Nelle tabelle che seguono sono riportate le combinazioni di carico utilizzate per la progettazione della sovrastruttura e della struttura fondale.

Nome breve	Pesi	Port.	Parcheggi	Copertura	Dt
SLU 1	1	0	0	0	0
SLU 2	1	0	0	1.5	0
SLU 3	1	0	1.05	1.5	0
SLU 4	1	0	1.5	0	0
SLU 5	1	0	1.5	0.75	0
SLU 6	1	1.5	0	0	0
SLU 7	1	1.5	0	1.5	0
SLU 8	1	1.5	1.05	1.5	0
SLU 9	1	1.5	1.5	0	0
SLU 10	1	1.5	1.5	0.75	0
SLU 11	1.3	0	0	0	0
SLU 12	1.3	0	0	1.5	0
SLU 13	1.3	0	1.05	1.5	0
SLU 14	1.3	0	1.5	0	0
SLU 15	1.3	0	1.5	0.75	0
SLU 16	1.3	1.5	0	0	0
SLU 17	1.3	1.5	0	1.5	0
SLU 18	1.3	1.5	1.05	1.5	0
SLU 19	1.3	1.5	1.5	0	0
SLU 20	1.3	1.5	1.5	0.75	0

Tabella 3. Combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimo

Nome breve	Pesi	Port.	Parcheggi	Copertura	Dt
SLE R 1	1	1	0	0	0
SLE R 2	1	1	0	1	0
SLE R 3	1	1	0.7	1	0
SLE R 4	1	1	1	0	0
SLE R 5	1	1	1	0.5	0

Tabella 4. Combinazioni di carico allo Stato Limite Esercizio – Rara

Nome breve	Pesi	Port.	Parcheggi	Copertura	Dt
SLE F 1	1	1	0	0	0
SLE F 2	1	1	0	0.2	0
SLE F 3	1	1	0.6	0.2	0
SLE F 4	1	1	0.7	0	0

Tabella 5. Combinazioni di carico allo Stato Limite Esercizio - Frequente

Nome breve	Pesi	Port.	Parcheggi	Copertura	Dt
SLE QP 1	1	1	0	0	0
SLE QP 2	1	1	0.6	0	0

Tabella 6. Combinazioni di carico allo Stato Limite Esercizio - Quasi permanente

Nome breve	Pesi	Port.	Parc.	Cop.	Dt	X SLO	Y SLO	Z SLO	EY SLO	EX SLO
SLO 1	1	1	0.6	0	0	-1	-0.3	0	-1	0.3
SLO 2	1	1	0.6	0	0	-1	-0.3	0	1	-0.3
SLO 3	1	1	0.6	0	0	-1	0.3	0	-1	0.3
SLO 4	1	1	0.6	0	0	-1	0.3	0	1	-0.3
SLO 5	1	1	0.6	0	0	-0.3	-1	0	-0.3	1
SLO 6	1	1	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0.3	-1
SLO 7	1	1	0.6	0	0	-0.3	1	0	-0.3	1
SLO 8	1	1	0.6	0	0	-0.3	1	0	0.3	-1
SLO 9	1	1	0.6	0	0	0.3	-1	0	-0.3	1
SLO 10	1	1	0.6	0	0	0.3	-1	0	0.3	-1
SLO 11	1	1	0.6	0	0	0.3	1	0	-0.3	1
SLO 12	1	1	0.6	0	0	0.3	1	0	0.3	-1
SLO 13	1	1	0.6	0	0	1	-0.3	0	-1	0.3
SLO 14	1	1	0.6	0	0	1	-0.3	0	1	-0.3
SLO 15	1	1	0.6	0	0	1	0.3	0	-1	0.3
SLO 16	1	1	0.6	0	0	1	0.3	0	1	-0.3

Tabella 7. Combinazioni di carico allo Stato Limite Operativo

Nome breve	Pesi	Port.	Parc.	Cop.	Dt	X SLV	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV
SLV 1	1	1	0.6	0	0	-1	-0.3	0	-1	0.3
SLV 2	1	1	0.6	0	0	-1	-0.3	0	1	-0.3
SLV 3	1	1	0.6	0	0	-1	0.3	0	-1	0.3
SLV 4	1	1	0.6	0	0	-1	0.3	0	1	-0.3
SLV 5	1	1	0.6	0	0	-0.3	-1	0	-0.3	1
SLV 6	1	1	0.6	0	0	-0.3	-1	0	0.3	-1
SLV 7	1	1	0.6	0	0	-0.3	1	0	-0.3	1
SLV 8	1	1	0.6	0	0	-0.3	1	0	0.3	-1
SLV 9	1	1	0.6	0	0	0.3	-1	0	-0.3	1
SLV 10	1	1	0.6	0	0	0.3	-1	0	0.3	-1
SLV 11	1	1	0.6	0	0	0.3	1	0	-0.3	1
SLV 12	1	1	0.6	0	0	0.3	1	0	0.3	-1
SLV 13	1	1	0.6	0	0	1	-0.3	0	-1	0.3
SLV 14	1	1	0.6	0	0	1	-0.3	0	1	-0.3
SLV 15	1	1	0.6	0	0	1	0.3	0	-1	0.3
SLV 16	1	1	0.6	0	0	1	0.3	0	1	-0.3

Tabella 8. Combinazioni di carico allo Stato Limite Salvaguardia della Vita

8. – ANALISI, VERIFICA E SINTESI DEI PRINCIPALI RISULTATI CONSEGUITI

Per ogni combinazione di carico considerata sono state eseguite le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite ultimi:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 - collasso per scorrimento sul piano di posa;
 - stabilità globale;
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali;
- Verifiche agli S.L.E.:
 - fessurazione;
 - tensioni in esercizio.

La resistenza al punzonamento, in accordo con quanto previsto dalle NTC 2008, è stata valutata con formule di comprovata affidabilità, ovvero secondo le procedure di calcolo dell'Eurocodice 2.

Di seguito viene riportata una breve descrizione ed una sintesi dei principali risultati delle verifiche eseguite.

Armature	Azione di progetto max	Resistenza di progetto
$sp. = 1,00\ m$ Sup. Ø24/10' Inf. Ø24/20'	$M_{Ed,min} = -1459\ kNm/m$ $M_{Ed,max} = -822\ kNm/m$	$M_{Rd}^{(-)} = 1604\ kNm/m$ $M_{Rd}^{(+)} = 810\ kNm/m$
$sp. = 1,00\ m$ Sup. Ø24/20' Inf. Ø24/20'+ Ø20/10'	$M_{Ed,min} = 994\ kNm/m$ $M_{Ed,max} = 1916\ kNm/m$	$M_{Rd}^{(-)} = 810\ kNm/m$ $M_{Rd}^{(+)} = 1922\ kNm/m$
$sp. = 0,80\ m$ Sup. Ø22/20' Inf. Ø22/20'	$M_{Ed,min} = -83\ kNm$ $M_{Ed,max} = 421\ kNm$	$M_{Rd}^{(-)} = 534\ kNm$ $M_{Rd}^{(+)} = 534\ kNm$

Tabella 9. Sintesi verifiche STR platea

Tipo di verifica	Azione di progetto max	Resistenza di progetto
Carico limite	$\sigma_d = 1,14 \text{ kg/cm}^2$	$\sigma_u = 13,25 \text{ kg/cm}^2$
Valutazione dei cedimenti	$w_{\max} = 6,50 \text{ cm}$ $w_{\min} = 0,50 \text{ cm}$	---

Tabella 10. Sintesi verifiche GEO platea

Tipo di Verifica	Combinazione	Azione di progetto max	Capacità di progetto
Fessurazione (ampiezza delle fessure)	Quasi Permanente	$w_{d,QP} = 0,17 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$
Fessurazione (ampiezza delle fessure)	Frequente	$w_{d,F} = 0,17 \text{ mm}$	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$
Tensioni in esercizio	Quasi Permanente	$\sigma_{c,QP} = -6,8 \text{ MPa}$ $\sigma_{s,QP} = 247,6 \text{ MPa}$	$\sigma_{c,\min} = -11,1 \text{ MPa}$ $\sigma_{s,\max} = 360,0 \text{ MPa}$
Tensioni in esercizio	Rara	$\sigma_{c,R} = -7,3 \text{ MPa}$ $\sigma_{s,R} = 269,0 \text{ MPa}$	$\sigma_{c,\min} = -14,7 \text{ MPa}$ $\sigma_{s,\max} = 360,0 \text{ MPa}$

Tabella 11. Sintesi verifiche SLE platea (sp.=1,00m)

Tipo di Verifica	Combinazione	Azione di progetto max	Capacità di progetto
Fessurazione (ampiezza delle fessure)	Quasi Permanente	$w_{d,QP} = 0,16 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$
Fessurazione (ampiezza delle fessure)	Frequente	$w_{d,F} = 0,17 \text{ mm}$	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$
Tensioni in esercizio	Quasi Permanente	$\sigma_{c,QP} = -4,0 \text{ MPa}$ $\sigma_{s,QP} = 211,4 \text{ MPa}$	$\sigma_{c,\min} = -11,1 \text{ MPa}$ $\sigma_{s,\max} = 360,0 \text{ MPa}$
Tensioni in esercizio	Rara	$\sigma_{c,R} = -4,4 \text{ MPa}$ $\sigma_{s,R} = 235,6 \text{ MPa}$	$\sigma_{c,\min} = -14,7 \text{ MPa}$ $\sigma_{s,\max} = 360,0 \text{ MPa}$

Tabella 12. Sintesi verifiche SLE platea (sp.=0,80m)