

Regione ABRUZZO

Legge 24.06.2009 n. 77 – O.P.C.M. n. 3790 del 09.07.2009

Città di L'AQUILA

PROGETTO DEI LAVORI PER LA RIPARAZIONE
DI UN FABBRICATO CONDOMINIALE DANNEGGIATO
DAL TERREMOTO DEL 06.04.2009

Condominio EDILGISA

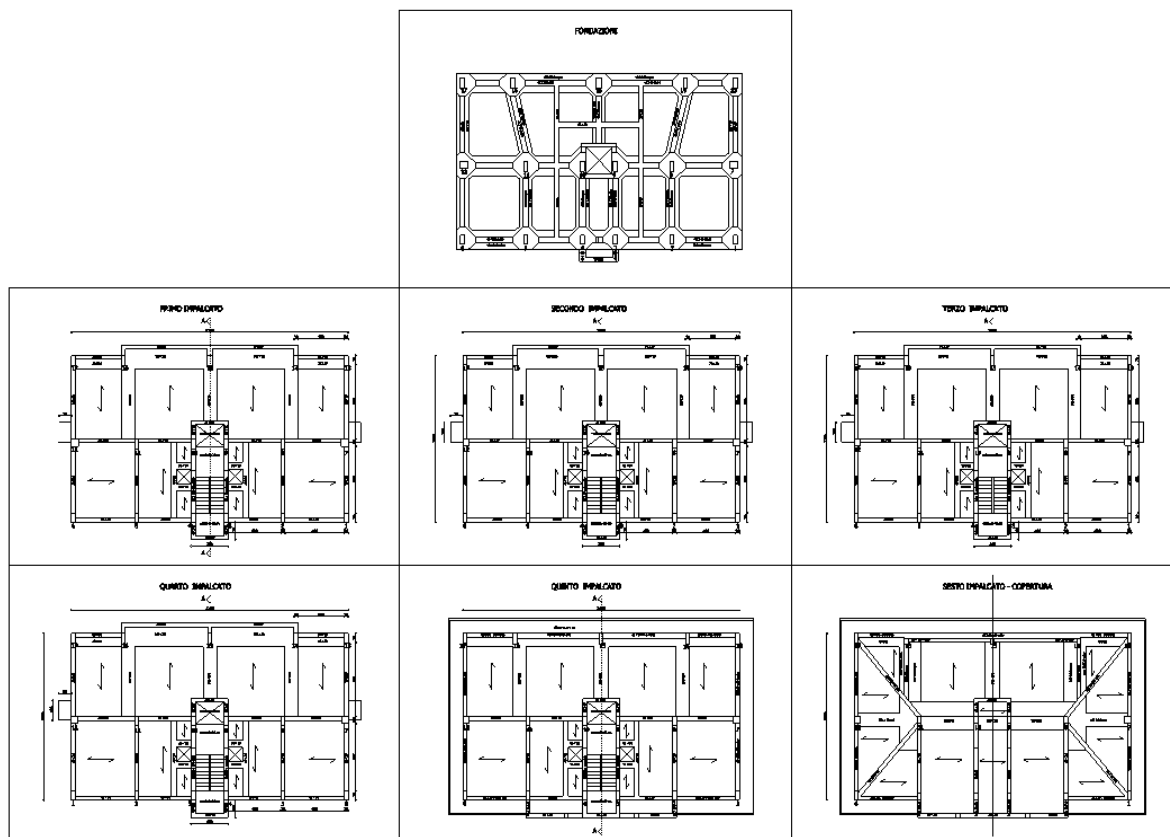
Via Antica Arischia , 36 – L'AQUILA

ELABORATO	03.08.	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI
SCALA		
REPERTORIO		
EMISSIONE/REVISIONE	DATA	
0	11/2009	
1		
2		
3		

LA COMMITTENZA	PROGETTAZIONE “BEVERE – DEL GIACOMO – LO CONTE” Studio Associato di Architettura	
Mauro Basile - Amministratore		
Carissimi Pietro - condomino		
Annibaldi – Sevi - condomino		
Canofari C. ed M. - condomini		
Ferrari – Franchi - condomini		
Alesii – Tamburrini - condomini		
Costanzi Paolo - condomino		
Grande – Lo Muto - condomini		
Rotili Fabio - condomino		
Falcone Luigi Antonio - condomino		
Gianneramo Giorgio - condomino		
	ENTI	IL PROGETTISTA

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

Identificazione Edificio



Condominio Edilgisa

Premessa

La presente relazione ha per oggetto le verifiche delle strutture di fondazione e l'interazione con i terreni di posa al fine di garantire la giusta idoneità di calcolo.

La progettazione strutturale depositata presso il Genio Civile del Comune di L'Aquila è stata integrata con una campagna di indagine a cura del geologo dott. Andrea Marziale.

Le indagini eseguite sono consistite in:

- n. 2 prove geotecniche in sito (tests penetrometrici) per la determinazione dei parametri geotecnici puntuali dei terreni presenti nel sottosuolo;
- n. 1 indagine geofisica di tipo sismica (sismica a rifrazione e MASW) finalizzata alla modellazione sismica del sito;
- l'ispezione di n. 2 scavi eseguiti per verificare la tipologia e la consistenza fondale dell'edificio;
- l'ispezione dei fronti di scavo realizzati per l'edificazione limitrofa.

Tale quadro conoscitivo ha permesso di accertare la situazione geomorfologica della zona d'intervento, ricostruire la locale successione litostratigrafica, estrapolare gli spessori dei vari litotipi, la loro geometria e valutare le caratteristiche litotecniche dei terreni di fondazione ed immediatamente sottostanti.

Descrizione delle fondazioni dell'Edificio

Il fabbricato Condominio Edilgisa, ubicato nel comune di L'Aquila, è un manufatto realizzato con una conformazione planimetrica di base rettangolare, con unica quota fondale, comprendente un piano terra adibito a box auto ed ingresso ed ai piani in elevazioni appartamenti per civile abitazione.

La struttura principale si presenta disposta su sei livelli fuori terra, con interpiano non superiore ai 300 cm, con struttura portante in c.a..

Le fondazioni sono costituite da un reticolo di travi rovesce di sezione a T rovescia di dimensioni:

$$B = 100 \text{ cm} \quad H = 80 \text{ cm} \quad b = 40 \text{ cm} \quad h = 60 \text{ cm}$$

In corrispondenza dei pilastri c'è un allargamento della sezione a forma ottagonale che aumenta la superficie di contatto tra terreno e fondazione; a vantaggio di sicurezza nel modello di calcolo strutturale non si è tenuto conto di questa peculiarità strutturale.

Analisi della struttura e metodologia di calcolo

Tutti i danni riportati dal manufatto non sono riconducibili all'apparato fondale, bensì ad un eccesso di spostamenti relativi della struttura.

Si riporta, a scopo di completezza, una sintesi dell'analisi del danno contenuta già nella relazione di calcolo strutturale a corredo del progetto.

Il rilievo del manufatto ha portato a segnalare alcuni aspetti importanti:

- Le strutture portanti in c.a. hanno subito danni molto limitati o nulli, probabilmente rimanendo in campo elastico;
- I maggiori danni riportati dal fabbricato sono presenti agli elementi non strutturali, tamponature esterne e tramezzature interne;
- L'analisi del danno evidenzia un decremento significativo del danno passando dai piani inferiori a quelli superiori.

L'attività condotta dai progettisti per un'analisi sull'edificio, ai sensi dell'Ordinanza 3790/2009, si è articolata nelle seguenti fasi:

- Modellazione strutturale 3D del manufatto;
- Analisi sismica dell'edificio sottoposto agli spettri previsti dalle NTC 2008, per le verifiche allo SLU;
- Analisi sismica dell'edificio sottoposto agli spettri previsti dalle NTC 2008, per le verifiche allo SLD;
- Analisi sismica dell'edificio sottoposto agli spettri previsti dalle NTC 2008, per le verifiche allo SLU con spettro normalizzato al 60 % di quello previsto dalle NTC 2008;
- Confronto delle armature risultanti dal calcolo con quelle rilevate in cantiere per le analisi agli stati limite ultimi;
- Verifiche degli spostamenti per lo SLD.

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.

Decreto Ministero Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G. U. 4 febbraio 2008, n. 29 - Suppl.Ord.)
"Norme tecniche per le Costruzioni".

Ordinanza 3790/2009

Le NTC 2008 prevedono:

- Definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

Classificazione dei terreni di fondazione

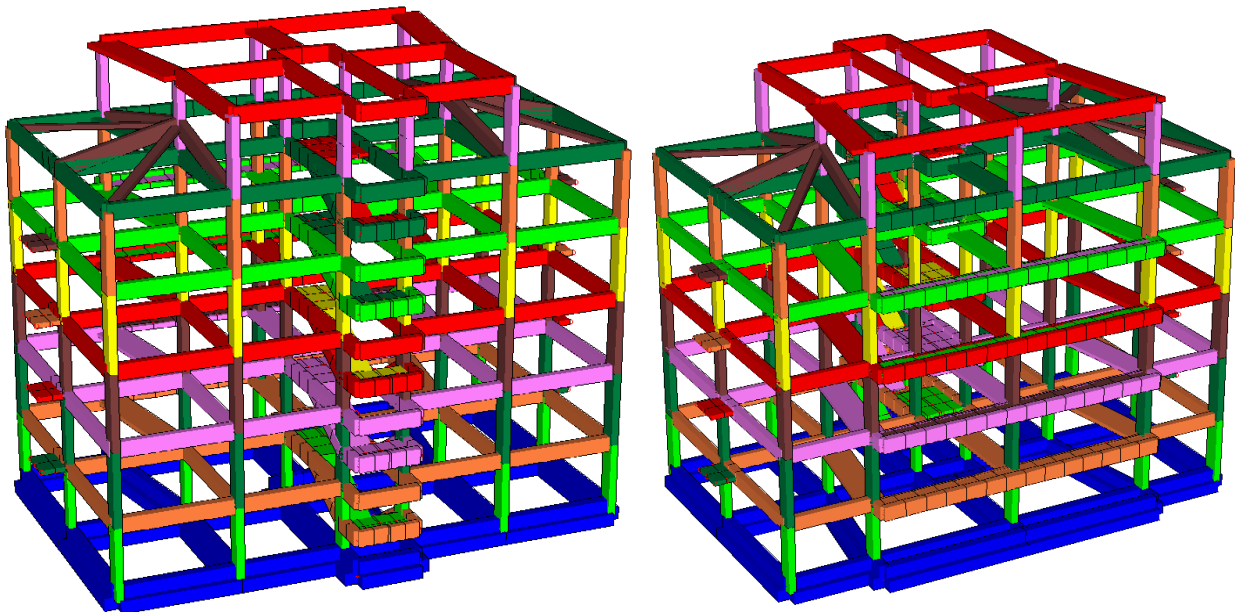
In ordine alle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, per il sito in esame, individuato dalla coppia di coordinate LAT. 42.3733, LONG. 13.3577, il valore convenzionale di a_g , espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g , assume i seguenti valori per una struttura di classe 2 con vita nominale di 50 anni

Stati Limite	Tr (anni)	a_g	F_0	T_c^*
Operatività (SLO)	30	0,080 g	2,401	0,272 s
Danno (SLD)	50	0,106 g	2,333	0,281 s
Salvaguardia della vita (SLV)	475	0,266 g	2,363	0,346 s
Prevenzione dal collasso (SLC)	975	0,341 g	2,399	0,364 s
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Per l'individuazione della categoria del suolo di fondazione dei terreni compresi tra il piano di imposta della fondazione dell'edificio in progetto e il substrato rigido di riferimento (bedrock) necessario per la definizione dell'azione sismica di progetto, ai sensi del D.M. 14/01/08, in ordine a quanto rilevato dalle

indagini eseguite, il profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione è inquadrabile nella Categoria C.

Di seguito si riporta una vista del modello strutturale in 3D.



Condominio Edilgisa – Vista anteriore e posteriore del modello strutturale

Proprietà geotecniche dei terreni di fondazione

Da quanto riportato nella relazione geologica allegata alla presente progettazione si sono ricavate le proprietà geotecniche dei terreni di fondazione, utili per il calcolo del carico limite allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio.

In ordine a quanto accertato, all'interno della zona di influenza della fondazione dell'edificio in esame si può dedurre un unico intervallo geotecnico i cui parametri meccanici possono essere rappresentati dai seguenti valori cautelativi:

Unità della copertura

- $\gamma = 2,1 \cdot 10^{-3} - 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3 =$ peso dell'unità di volume
- $\varphi = 28 - 25^\circ =$ angolo di attrito
- $c' = 0,05 - 0,08 \text{ Kg/cm}^2 =$ coesione drenata
- $E_d = 130 - 250 \text{ Kg/cm}^2 =$ modulo edometrico
- $K = 8 - 12 \text{ Kg/cm}^3 =$ costante di Winkler
- $\nu = 0,2 - 0,3 =$ Coefficiente di Poisson

I terreni di sedime del fabbricato non sono suscettibili di liquefazione e quindi si omette tale verifica.

Dal punto di vista metodologico la presente relazione conterrà:

- Verifica allo stato limite ultimo secondo l'approccio 2 del DM 14/01/2008;
- Verifica allo stato limite di esercizio.

Metodo di analisi

Il metodo utilizzato per la verifica delle fondazioni è l'approccio 2.

Il secondo approccio progettuale (Approccio 2) prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. Ad essi deve essere fatto riferimento con le precisazioni riportate nel § 2.6.1. Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidità.

Nella valutazione della combinazione delle azioni i coefficienti di combinazione ψ_{ij} devono essere assunti come specificato nel Cap. 2.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato:

- in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella successiva Tab. 6.2.II e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

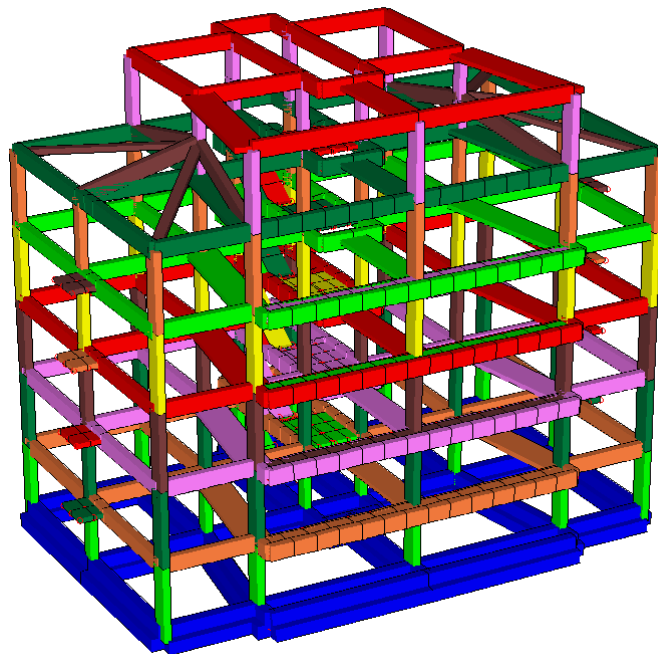
PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

Modello adottato

Modello tridimensionale agli elementi finiti con ipotesi di impalcati infinitamente rigidi nel proprio piano.

Software utilizzato:
AMV -MASTERSAP 2009

Fabbricato Edilgisa



Struttura portante : TRISIMENSIONALE IN C.A.

Piano	Pilastri	Travi	Solai	Quota	Destinazione
Terra	c.a.	c.a.	I-c	0.0	Box
Impalcati da1 a 5	c.a.	c.a.	I-c	< 15	Abitazione
Copertura	c.a.	c.a.	I-c	< 18	Abitazione

Valutazione del carico limite

Per il calcolo del carico limite si adotta la nota formula proposta da Terzaghi, modificata per le fondazioni con forma in pianta diversa dalla striscia indefinita.

In particolare nel caso di fondazione circolare sotto carichi assialsimmetrici, la soluzione è possibile sotto alcune ipotesi restrittive (Harr e Von Barman).

In pratica la generale formula di Terzaghi viene completata moltiplicandola per alcuni coefficienti correttivi di forma.

$$q_{lim} = N_q \cdot \gamma_1 \cdot D \cdot \xi_q + N_c \cdot C \cdot \xi_c + N_\gamma \cdot \gamma_2 \cdot B/2 \cdot \xi_\gamma$$

dove:

q_{lim} = carico limite

N_c N_q N_γ = coefficienti dimensionali

γ_1 = peso per unità di volume del terreno posto sopra al p.p.

γ_2 = peso per unità di volume del terreno posto sotto al p.p.

c = coesione

D = profondità del piano di posa

L = lunghezza della fondazione

B = base della fondazione

ξ_c , ξ_q , ξ_γ = coeff. di forma semiempirici calcolati come segue:

RETTANGOLO DI LATI B E L (B<L)		
$\xi_q = 1 + (B/L) \cdot \text{tg } \varphi$	$\xi_c = 1 + (B/L) \cdot (N_q / N_c)$	$\xi_\gamma = 1 - 0.40 B/L$
QUADRATO O CERCHIO (B=L)		
$\xi_q = 1 + \text{tg } \varphi$	$\xi_c = 1 + (N_q / N_c)$	$\xi_\gamma = 0.6$

$$K_\rho = \text{tg} (\pi/4 + \varphi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg } \varphi$$

$$N_q = K_\rho (\pi \cdot \text{tg } \varphi)$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (1 + N_q) \cdot \text{tg } \varphi \cdot \text{tg} (\pi/4 + \varphi/5)$$

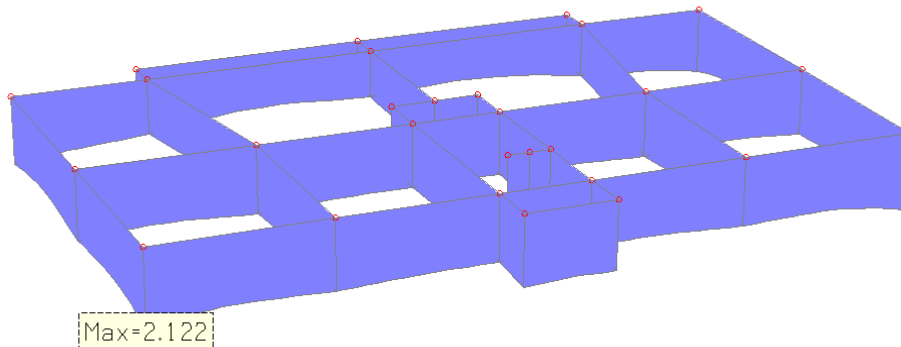
**Calcolo della capacità portante del terreno con approccio 2 delle N.T. 2008
CONDOMINIO EDILGISA**

		capacità portante	Fattori di forma della fondazione	fattori correttivi per inclinazione del carico	fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione	fattori correttivi per l'inclinazione del piano campagna	fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa delle fondazione	coefficiente parziale R3 (γ_p)					
Angolo di attrito (G°)	28	N _y 16,72	S _y 1,01	i _y 0,65	b _y 1,00	g _y 1,00		2,3					
densità terreno (g/cc)	2,1	N _c 25,80	S _c 1,03	i _c 0,73	b _c 1,00	g _c 1,00	d _c 1,32						
coesione terreno (kg/cmq)	0,05	N _q 14,72	S _q 1,01	i _q 0,75	b _q 1,00	g _q 1,00	d _q 1,29						
Lunghezza L fondazione (m)	12												
Larghezza B fondazione (m)	1												
Profondità D fondazione (m)	1,5												
Componente H del carico (t)	12											daN/cmq	
Componente N del carico (t)	75											Q _y	0,7
Quota baricentro (m)	6											Q _c	1,3
Inclinazione del piano delle fondazioni	0											Q _q	4,6
Inclinazione del piano campagna G°	0											R _d	6,5
eccentricità e carico (m)	0,2											R _d /γ _R	2,8

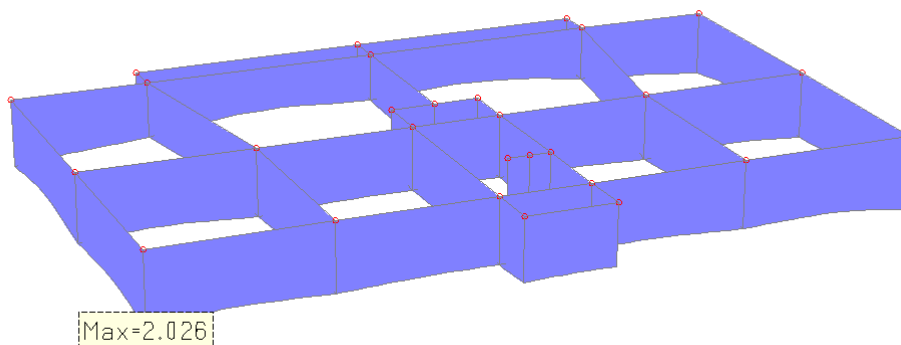
Risultati analisi per S.L.U e S.L.E.

L'edificio è stato progettato per una Vita Nominale pari a 50 e per Classe d'Uso pari a 2.

Di seguito si riportano le pressioni di contatto allo Stato Limite Ultimo ed allo SLE per lo spettro normalizzato al 60%.

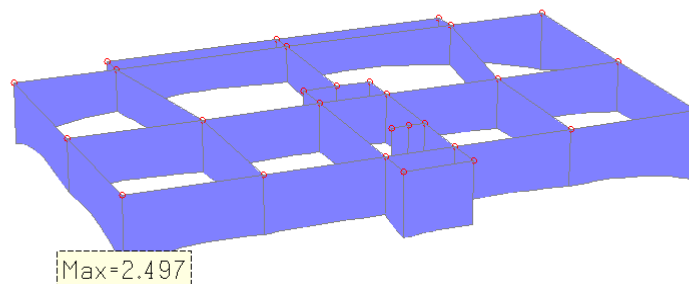


Condominio Edilgisa – Pressione di contatto allo SLU: massimo valore =2.122 Kg/cm²



Condominio Edilgisa – Pressione di contatto allo SLE: massimo valore =2.026 Kg/cm²

A scopo di completezza si riportano anche le mappe relative allo spettro di progetto secondo il valore delle NTC2008.



Condominio Edilgisa – Pressione di contatto allo SLU con spettro NTC2008: massimo valore =2.497 Kg/cm²

Kg/cmq

Il carico limite è comunque superiore anche al valore di pressione allo SLU con spettro derivante dall'applicazione integrale della normativa.

Cedimenti

Non sono stati riscontrati cedimenti, né in condizioni statiche né in occasioni di azioni sismiche e, pertanto, dal momento che i carichi indotti dai lavori di miglioramento sismico non saranno incrementati, può essere omessa una verifica integrativa dei cedimenti.

Interventi di miglioramento

Alla luce delle analisi eseguite e dal confronto strutturale con il progetto depositato presso il Genio Civile del Comune di L'Aquila si evince che la struttura, a livello di apparato fondale ed interazione con i terreni di fondazione, mantiene prestazioni ben superiori al 60% delle prestazioni richieste allo SLU; tale situazione garantisce l'esecuzione di lavori di sola manutenzione ordinaria per quanto concerne le strutture di fondazione.