



COMUNE DI GALLICANO NEL LAZIO

CITTA' METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE

LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA
"SUOR GIOVANNA ROMANO" NEL COMUNE DI GALLICANO NEL LAZIO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICO-STRUTTURALE "SCUOLA"

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti (R.T.P.)

Capogruppo: Dott.Ing. Alessandro VERRECCHIA
Membro: Dott.Ing. Francesco VILO
Membro: Geom. Emiliano CAMPOLI

Scala:

Allegati n. 89

Progr. n. PR-03

Tav. n.

Data: 11/2017

Agg.:

Agg.:

IL TECNICO INCARICATO

Dott.Ing. Alessandro VERRECCHIA



IL TECNICO INCARICATO

Dott.Ing. Francesco VILO



IL TECNICO INCARICATO

Geom. Emiliano CAMPOLI



Premessa

La presente relazione illustra le scelte inerenti il progetto delle strutture per i "Intervento di miglioramento sismico sulla scuola dell'Infanzia Suor Giovanna Romano "corpo A" nel Comune di Gallicano nel Lazio (RM).

L'edificio è composto da un unico corpo di fabbrica, articolato su livelli differenti, infatti, sono presenti fondazioni poste a quote differenti, la aule didattiche sono però disposte su un unico livello.

La struttura in elevazione del fabbricato è del tipo puntiforme in c.a. debolmente armato (travi e pilastri) mentre le fondazioni sono costituite dal plinti isolati collegati da travi in cls, essi si attestano secondo le risultanze della relazione geologica su litotipi di diversa consistenza a seconda del livello fondale, come meglio specificato nella relazione e nel modello geotecnico. I solai esistenti sono del tipo latero cementizio gettato in opera, il cui pacchetto ha uno spessore complessivo di 25 cm per il primo impalcato, che costituisce il piano di calpestio delle aule didattiche, mentre, il solaio di copertura anch'esso del tipo latero cementizio gettato in opera ha spessore 16+4.

L'intera struttura dovrà rispondere alle norme dettate dalla legge sismica, nel rispetto della seguente normativa:

- Legge 5 Novembre 1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio normale, precompresso ed a struttura metallica";
- Decreto Ministeriale LL.PP. 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare Ministeriale LL.PP. n°617: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni";
- UNI EN 206 – 1:2006: "Calcestruzzo Specificazione, Prestazione, Produzione e Conformità";
- Eurocodice 3 "Progettazione delle strutture in acciaio";
- CNR-UNI 10011 "Costruzioni in acciaio, istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione";

Si prevede inoltre la realizzazione di una nuova struttura in elementi portanti in acciaio per la copertura dell'ingresso principale.

CALCOLO DEI CARICHI ACCIDENTALI AGENTI IN COPERTURA

Il carico accidentale, agente a livello della copertura accessibile per sola manutenzione, è pari a 50 kg/mq, è stato definito secondo normativa.

Il carico neve è stato valutato secondo quanto indicato nel Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 gennaio 2008 e precisamente secondo la espressione seguente:

<u>Provincia</u> :	ROMA;
<u>Zona</u> :	3;
<u>Altitudine a_s</u> :	280 m s.l.m.;
<u>Esposizione</u> :	Normale;
<u>Periodo di ritorno</u> :	50 anni;

Il carico neve sulle coperture viene valutato con la seguente espressione:

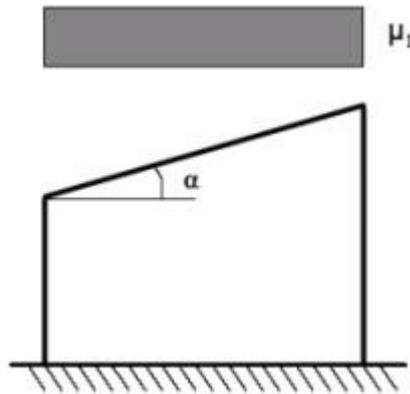
$$q_s = m_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \text{ KN/m}^2$$

dove:

- m_i Coefficiente di forma della copertura;
- $C_E = 1.0$ Coefficiente di esposizione;
- $C_t = 1.0$ Coefficiente termico;
- $q_{sk} = 0.68 \text{ KN/m}^2$ Carico neve al suolo.

Nel caso in esame (copertura ad una falda), con $\alpha = 0.00^\circ$ il coefficiente di forma vale:

$$m_1(\alpha) = 0.80 \Rightarrow q_s = 0,54 \text{ KN/m}^2 = 55,06 \text{ kg/m}^2$$



Il coefficiente di forma della copertura, agendo a favore di sicurezza, viene definito in funzione della pendenza della stessa utilizzando le tabelle indicate nella normativa è stato posto pari a 0,80.

Nel calcolo per la verifica della scuola in c.a. si assume per q_s il valore di 55,00 kg/mq.

Nel caso della pensilina con elementi resistenti in acciaio si ha invece (copertura a due falde), con

$$\alpha_1 = 11.00^\circ$$

$$\alpha_2 = 11.00^\circ$$

il coefficiente di forma vale:

Caso I

$$m_1(\alpha) = 0.80 \Rightarrow q_s = 0.54 \text{ KN/m}^2$$

$$m_1(\alpha) = 0.80 \Rightarrow q_s = 0.54 \text{ KN/m}^2$$

in caso di neve non accumulata, oppure, in caso di neve accumulata, si assume la più gravosa tra:

Caso II

$$0.5 \cdot m_1(\alpha) = 0.40 \Rightarrow q_s = 0.27 \text{ KN/m}^2$$

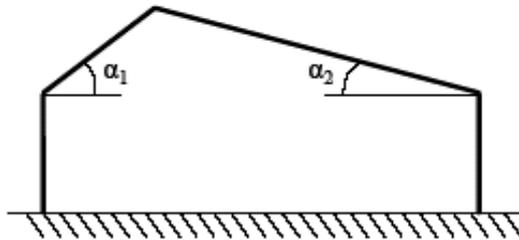
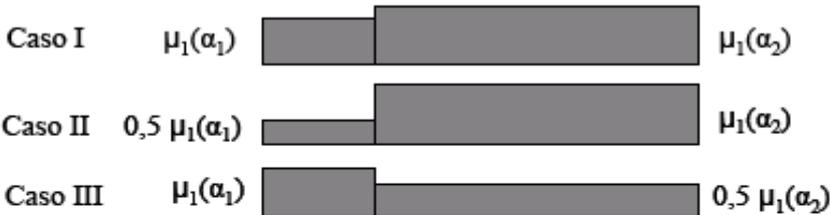
$$m_1(\alpha) = 0.80 \Rightarrow q_s = 0.54 \text{ KN/m}^2$$

e

Caso III

$$m_1(\alpha) = 0.80 \Rightarrow q_s = 0.54 \text{ KN/m}^2$$

$$0.5 \cdot m_1(\alpha) = 0.40 \Rightarrow q_s = 0.27 \text{ KN/m}^2$$



Sovraccarico vento

Pressione cinetica di riferimento

$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2$ ($\rho = 1,25 \text{ kg/mc}$)

q_b [N/mq]	456,29
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

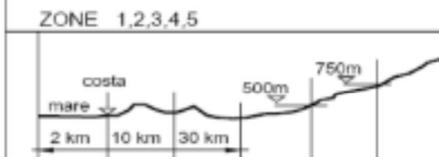
Esso può essere assunto anzitutto parimenti ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

B) Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive

Categoria di esposizione

ZONE	1,2,3,4,5
	
A	-- IV IV V V V
B	-- III III IV IV IV
C	-- * III III IV IV
D	I II II II III **
	* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5
	** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1

ZONA	6
	
A	-- III IV V V
B	-- II III IV IV
C	-- II III III IV
D	I I II II III

ZONE	7,8
	
A	-- IV
B	-- IV
C	-- III
D	I II *
	* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7

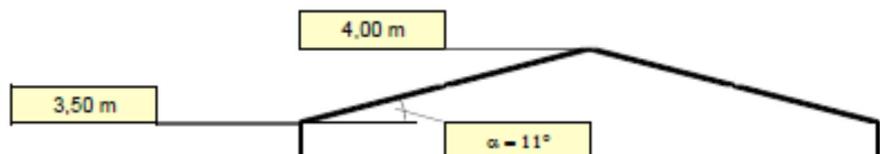
ZONA	9
	
A	-- I
B	-- I
C	-- I
D	I I

$c_w(z) = k_f^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) (7+c_t \cdot \ln(z/z_0))$ per $z \geq z_{min}$
 $c_w(z) = c_w(z_{min})$ per $z < z_{min}$

z [m]	c_w
$z \leq 8$	1,634
$z = 3,5$	1,634
$z = 4$	1,634

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
3	B	280

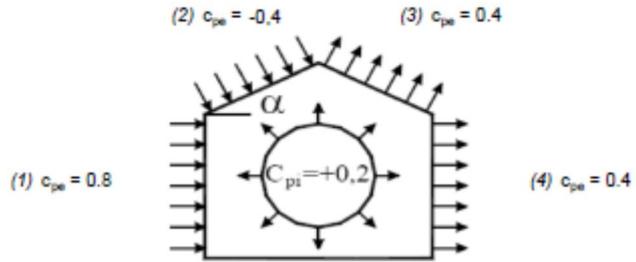
Cat. Esposiz.	k_f	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
IV	0,22	0,3	8	1



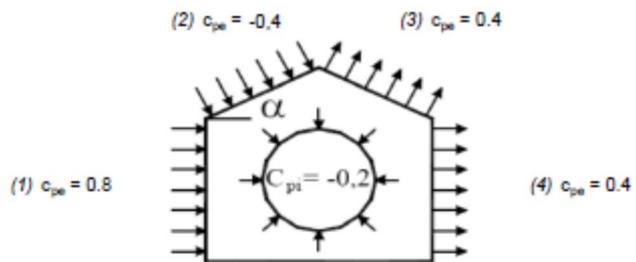
Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

Strutture non stagne

(1)	c_p	p [kN/mq]
	0,60	0,447
(2)	c_p	p [kN/mq]
	-0,60	-0,447
(3)	c_p	p [kN/mq]
	0,60	0,447
(4)	c_p	p [kN/mq]
	0,60	0,447



(1)	c_p	p [kN/mq]
	1,00	0,748
(2)	c_p	p [kN/mq]
	-0,20	-0,149
(3)	c_p	p [kN/mq]
	0,20	0,149
(4)	c_p	p [kN/mq]
	0,20	0,149



CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
3	27	500	0,02
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			280
T_R (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
v_b ($T_R = 50$ [m/s])			27,000
α_R (T_R)			1,00073
v_b (T_R) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s]			27,020

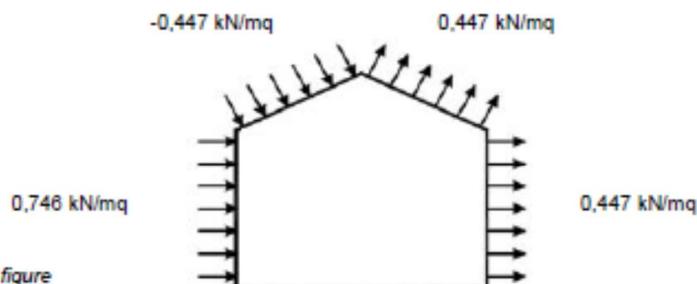
p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
 q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
 c_e (coefficiente di esposizione)
 c_p (coefficiente di forma)
 c_d (coefficiente dinamico)



Combinazione più sfavorevole:

	p [kN/mq]
(1)	0,748
(2)	-0,447
(3)	0,447
(4)	0,447

N.B. Se p (o c_{pe}) è > 0 il verso è concorde con le frecce delle figure



TOMPAGNATURA ESTERNA ED ELEMENTI DI DIVISIONE INTERNI

Il tompagno esterno è stato imposto con spessore pari a 30 cm, a vantaggio di sicurezza è stato ipotizzato composto da un unico blocco, con rivestimento esterno, si riporta i principali dati per la valutazione del peso complessivo del sistema di tompagno calcolato per metro quadrato:

- rivestimento esterno, $0,01 \times 1,00 \times 1,00 \times 21,57 = 0,22 \text{ kN/m}^2$;
- intonaco esterno, $0,015 \times 1,00 \times 1,00 \times 18 = 0,27 \text{ kN/m}^2$;
- laterizio, $0,30 \times 1,00 \times 1,00 \times 9,30 = 2,79 \text{ kN/m}^2$;
- intonaco interno $0,02 \times 1,00 \times 1,00 \times 18 = 0,36 \text{ kN/m}^2$;

Si ha quindi che il totale del tompagno è pari a $3,69 \text{ kN/m}^2$, considerando un'altezza interpiano pari a 3,00 ml, si ha un valore del sistema di tompagno esterno pari a $11,07 \text{ kN/ml}$.

Dall'analisi degli elaborati architettonici, allegati al presente deposito si è potuto verificare che la aperture incidono su circa il 55% della superficie del tompagno esistente, a vantaggio di sicurezza si è considerato in corrispondenza del tompagno con la finestratura una riduzione del 30% del carico di progetto.

Gli elementi di divisione interna sonio realizzati in laterizio forato da 8 cm di spessore la valutazione complessiva del peso sarà quindi pari a:

- intonaco esterno, $0,015 \times 1,00 \times 1,00 \times 18 = 0,27 \text{ kN/m}^2$;
- laterizio, $0,08 \times 1,00 \times 1,00 \times 8,00 = 0,64 \text{ kN/m}^2$;
- intonaco interno $0,015 \times 1,00 \times 1,00 \times 18 = 0,27 \text{ kN/m}^2$;

Si ha quindi che il totale del tompagno è pari a $1,18 \text{ kN/m}^2$, considerando un'altezza interpiano pari a 3,00 ml, si ha un valore del sistema di tompagno esterno pari a $3,54 \text{ kN/ml}$ conformemente al punto 3.1.3.1 "Elementi divisori interni" si ha un carico distribuito sul solaio pari a $1,60 \text{ kN/m}^2$, corrispondenti a $163,15 \text{ kg/m}^2$.

SISTEMA DI ORIZZONTAMENTI

I sovraccarichi sui solai di calpestio saranno differenziati in funzione della destinazione d'uso degli ambienti conformemente alla tabella 3.1.II – *Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edificio*, nello specifico si ha l'edificio avrà come principale destinazione d'uso quella scolastica, quindi appartenente alla Cat. C1, mentre, il solaio di copertura appartiene alla Cat. H, per le altre destinazioni d'uso si rimanda alle specifiche tabelle riepilogative.

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
C	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	5,00	5,00	3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN; da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 — —
	* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati ** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso			

Tab. 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edificio

<u>SOLAIO UFFICI E AULE SCUOLA spessore totale 25 cm (20+5) larghezza 60 cm</u>	
PESO PROPRIO	310 Kg/mq
PERMANENTE	
tramezzi (G2=312 Kg/m p.to 3.1.3.1)	160 Kg/mq
pavimento	30 Kg/mq
Massetto termico alleggerito (5 cm per 700 Kg/mc = 35 Kg/mq)	40 Kg/mq
Impianto a pavimento e telo vapore	40 Kg/mq
Totale	270 Kg/mq
ACCIDENTALE	
Aule Cat.C1	300 Kg/mq
Totale	300 Kg/mq
TOTALE COMPLESSIVO	880 Kg/mq

<u>SOLAIO COPERTURA spessore totale 20 cm (16+4) larghezza 60 cm</u>	
PESO PROPRIO	270 Kg/mq
PERMANENTE	
Isolante ed impermeabilizzazione	20 Kg/mq
massetto (5 cm per 1500 Kg/mc)	75 Kg/mq
Argilla espansa (10 cm per 600 Kg/mc)	60 Kg/mq
intonaco	30 Kg/mq
Impianto fotovoltaico	60 Kg/mq
Totale	245 Kg/mq
ACCIDENTALE	
Sola manutenzione	50 Kg/mq
Totale	50 Kg/mq
TOTALE COMPLESSIVO	565 Kg/mq

<u>COPERTURA pensilina con pannello tipo Lexan</u>	
PESO PROPRIO	10 Kg/mq
ACCIDENTALE	
Sola manutenzione	50 Kg/mq
Totale	50 Kg/mq
TOTALE COMPLESSIVO	60 Kg/mq

AZIONE SISMICA

L'azione sismica di progetto attesa nel sito in esame è stata definita grazie alle risultanze riportate negli elaborati della *Relazione geologica* e riportati nella tabella seguente.

<i>Classe d'uso (Cu)</i>	III
<i>Vita nominale (Vn)</i>	50
<i>Coefficiente d'uso</i>	1.5
<i>Vita di riferimento (VR)</i>	175
<i>Fattore di confidenza (FC)</i>	1,2
<i>Tipo di Terreno</i>	C
<i>Categoria Topografica</i>	T1
<i>Comune</i>	Gallicano (RM)
<i>Longitudine</i>	12,8267
<i>Latitudine</i>	41,8701
<i>Eccentricità aggiuntiva (nelle due direzioni)</i>	5%

STATO DI PROGETTO

Al fine di effettuare le dovute analisi strutturali è stato necessario elaborare un modello di calcolo il più possibile rappresentativo del comportamento statico e sismico dell'edificio in oggetto, considerando tutte le informazioni ottenute dalla campagna di indagini effettuata.

La modellazione strutturale e le analisi effettuate sono state affrontate in accordo alle disposizioni delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008" e la "Circolare 2 febbraio 2009 n.617 – Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", con l'ausilio del programma agli elementi finiti IPESPACEMAX .

Sulla base dei risultati dell'analisi sono stati definiti gli interventi di progetto di seguito riportati.

In accordo con gli obiettivi del finanziamento è previsto il miglioramento sismico dell'intero edificio con raggiungimento di un indice di rischio IR_{slv} almeno pari al 60%, da conseguirsi essenzialmente inserendo sistemi di controventamento che mirano a migliorare e a rendere più regolare il comportamento d'insieme dell'intero edificio.

Sono quindi previsti gli interventi di seguito indicati:

- ampliamento delle fondazioni esistenti;
- ringrosso dei pilastri e delle travi esistenti con calcestruzzi altamente performanti ed inserimento di nuove armature per aumentare la resistenza degli elementi;
- miglioramento dei collegamenti (per azioni orizzontali);

Per ulteriori specifiche si rimanda agli elaborati grafici.

Caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati

Per quanto riguarda gli elementi strutturali nuovi, descritti estesamente nell'elaborato *Relazione sui materiali* al quale si rimanda per ulteriori dettagli, si è fatto riferimento alle prescrizioni del Capitolo 11 delle NTC 2008.

In base a quanto detto, le caratteristiche dei materiali introdotti in condizioni Post Operam, ed utilizzati nei calcoli strutturali insieme a quelli precedentemente definiti, sono sintetizzate nelle seguenti tabelle:

ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE					
n°	Tipo	f_y	E	G	w
		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/m ³
1	Acciaio S275	2750	2100000	807690	7800

CALCESTRUZZO ARMATO						
n°	Tipo	R_{ck}	E	G	w	$f_{y,barre}$
		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/m ³	daN/cm ²
1	Calcestruzzo C25/30 con acciaio B450c	300,0	314470	131030	2500	4500

Dove i simboli hanno il significato visto in precedenza.

VERIFICA DELL'EDIFICIO IN CONDIZIONI POST OPERAM

Portando in conto gli effetti degli interventi in progetto, ai sensi della normativa vigente sono state effettuate verifiche distinte, ma con lo stesso modello, per i meccanismi fragili e duttili: nel primo caso si è assunto un fattore di struttura $q_{frag.}=1,5$, nel secondo caso un fattore di struttura $q_{dutt.}=2,25$. Si sono quindi definiti due spettri di progetto, basati sullo spettro di progetto allo SLV definito in precedenza, ottenuti scalando lo spettro di partenza al 60% e applicando il rispettivo fattore di struttura; l'azione sismica così considerata è relativa ad un Indice di Rischio allo SLV (IR_{slv}) pari a 0,60. Per le analisi degli Stati Limite di Danno SLD e Stato Limite di Operatività SLO sono stati utilizzati gli spettri riportati nei paragrafi precedenti.

Anche in questo caso per la verifica delle strutture di fondazione, e per l'effettuazione delle verifiche geotecniche di cui all'elaborato *Relazione geotecnica di progetto*, è stato definito un ulteriore modello di calcolo, identico al precedente ma con l'introduzione di elementi di fondazioni del tipo su suolo elastico alla Winckler.

Tutte le verifiche condotte nel rispetto delle NTC08 e relativa circolare esplicativa risultano soddisfatte, le più problematiche con valori molto prossimi all'unità; si desume quindi che la struttura in condizioni Post Operam risulta verificata per l'azione sismica utilizzata nei calcoli, pari al 70,00% di quella del livello corrispondente all'adeguamento sismico ($IR_{slv} = 70,00\%$).

Le verifiche allo SLD risultano soddisfatte e le verifiche condotte nei confronti dello SLO mostrano che gli spostamenti riscontrati sono tali da non produrre danni agli elementi non strutturali e da non produrre interruzioni d'uso degli impianti presenti nell'edificio.

Sono di seguito riportate immagini relative al modello strutturale adottato e alle verifiche eseguite; si segnala che, in accordo con le convenzioni adottate dal programma di calcolo, le verifiche strutturali hanno dato esito soddisfacente poiché i relativi indici di verifica hanno valori non superiori all'unità.

CONCLUSIONI

Nei paragrafi precedenti si sono riportati in sintesi i risultati delle analisi effettuate.

Le verifiche condotte mediante analisi dinamica lineare, che sono state effettuate considerando la struttura in *Classe d'Uso IV* (di cui alla DGR n. 489 del 17/10/2012) in quanto già da diversi anni ospita il centro COC, hanno mostrato che:

- in condizioni Ante Operam l'edificio presenta un Indice di Rischio pari al 13,00%;
- in condizioni Post Operam l'edificio presenta un Indice di Rischio pari al 70,00%.

La presente progettazione mira al miglioramento sismico dell'edificio, da conseguirsi essenzialmente inserendo sistemi di controventamento che mirano a migliorare e a rendere più regolare il comportamento d'insieme dell'intero edificio.

Sulla base di quanto riportato gli interventi progettuali conducono ad un sostanziale miglioramento del comportamento sismico della struttura, in quanto l'Indice di Rischio IR_{siv} passa da un valore pari al 13,00% ad un valore pari al 70,00%.

Quindi, per l'edificio in oggetto, si ha che l'Indice di Rischio in condizioni Post Operam è maggiore del 60% e che l'aumento del suo valore è superiore al 20% del livello corrispondente all'adeguamento sismico.

In conclusione si devono considerare raggiunti gli obiettivi perseguiti dal progetto di miglioramento sismico dell'immobile ai sensi dell'OCDPC 171/2014.