



Regione Marche

DIPARTIMENTO PER LE POLITICHE INTEGRATE DI SICUREZZA E PER LA PROTEZIONE CIVILE

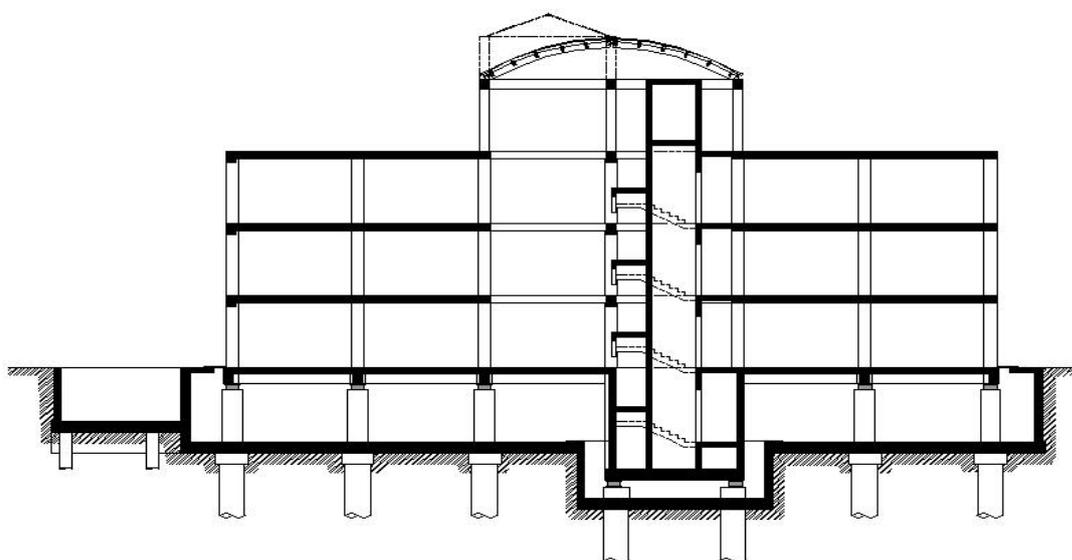
P.F. RISCHIO SISMICO ED OPERE PUBBLICHE D'EMERGENZA

EDIFICIO ISOLATO

REGIONE MARCHE

Comune di Ancona

Nuova Sede della Protezione Civile Località Passo Varano - Ancona



Progetto Esecutivo delle Strutture

seitec *Seismotechnologies* srl

Via S.Giacomo , 50 - 63033 Monteprandone (AP)

Prof. Ing. Luigino Dezi
Prof. Ing. Roberto Giacchetti
Prof. Ing. Graziano Leoni
Dott. Ing. Massimo Formica
Dott. Ing. Alessandro Balducci

Collaborazione

Dott. Ing. Pierluigi Bonfitto

RELAZIONE DI CALCOLO

TAV. 00

SCALA 1:

Novembre 2006

**INDICE**

Relazione tecnico-illustrativa	3
Riferimenti normativi	8
Materiali.....	9
Conglomerato cementizio	9
Acciaio	10
Isolatori elastomerici	11
Calcoli statici	13
Analisi dei carichi	13
Neve	19
Vento	21
Azione sismica	23
Pesi sismici	25
Sistema di isolamento	27
Modello di calcolo e criteri per l'analisi strutturale	29
Combinazioni di carico	37
Verifica dei dispositivi di isolamento	38
Verifiche connessioni isolatori	44
Verifiche degli SLU della struttura	46
Verifiche degli SLE della struttura	50
Verifiche degli SLD della struttura	51



Relazione tecnico-illustrativa

L'edificio destinato ad ospitare la nuova sede della Protezione Civile della Regione Marche sarà realizzato in un'area situata in località Passo Varano di Ancona sul sedime di un fabbricato che sarà demolito e che attualmente fa parte del complesso denominato C.A.P.I..

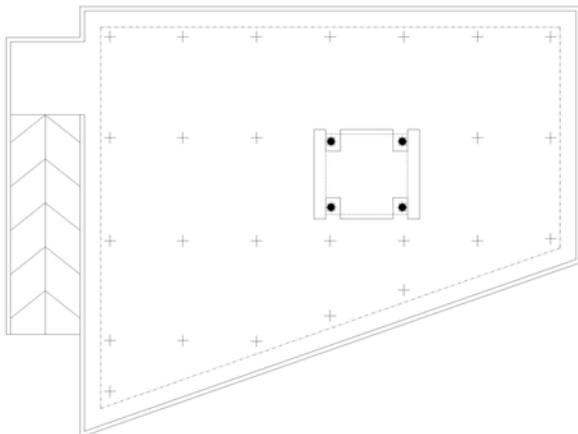
Trattandosi di un edificio la cui funzionalità deve essere assicurata in situazione di emergenza sismica, la Regione Marche ha richiesto un livello di protezione contro il terremoto che garantisca non soltanto la salvaguardia dell'incolumità pubblica ma anche la minimizzazione dei danni all'organismo edilizio ed alle attrezzature che vi sono contenute. Si è pertanto deciso di progettare e realizzare un sistema di isolamento alla base costituito da dispositivi in elastomero armato ad alto smorzamento.

Sulla base delle indicazioni di massima sui requisiti del sistema di isolamento è stato approntato da parte della Protezione Civile un progetto architettonico che prevede la realizzazione di un edificio caratterizzato da un piano seminterrato, adibito ad autorimessa, da quattro piani fuori terra dei quali i primi tre (piano terreno, primo e secondo) con destinazione ad uffici e l'ultimo (il terzo) utilizzato come residenza del personale di custodia (Figura 4.11). Al piano seminterrato si accede mediante una rampa carrabile esterna al perimetro del fabbricato in elevazione. La copertura del terzo piano, che occupa una superficie utile minore rispetto ai piani inferiori, è costituita da una volta cilindrica con struttura costituita da archi circolari in legno lamellare, nella quale è stato inserito un lucernario in grado di realizzare un "pozzo di luce" per i piani sottostanti. Per il resto, la copertura è a terrazzo. La forma dell'edificio in pianta è approssimativamente quella di un trapezio di lunghezza uguale a 34 m, larghezza minima uguale a 17.5 m e larghezza massima uguale a 29.40 m. L'altezza totale dal piano stradale (quota 0) è uguale a 12.66 m. Il piano interrato ha un'altezza di 3.30 m mentre gli impalcati in elevazione hanno altezza di interpiano 3.20 m.

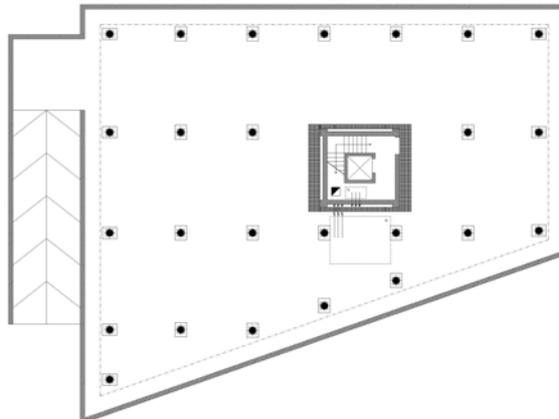
L'ossatura resistente è costituita da un telaio spaziale in c.a. composto da pilastri posti secondo una maglia regolare di circa 5.00 x 7.00 m che nella parte frontale si modifica per adattarsi al profilo obliquo della facciata. Le travi della parte in elevazione, sono a spessore di solaio con esclusione dell'impalcato a piano terra e delle travi di bordo portanti le tamponature che sono invece emergenti. L'ossatura resistente comprende anche il blocco scala e la struttura scatolare dell'ascensore. Poiché l'efficacia del sistema di isolamento alla base è tanto maggiore quanto maggiore è la rigidità laterale della sovrastruttura rispetto a quella degli isolatori il blocco scale-ascensore è stato rigidamente connesso al telaio spaziale principale ed è stato munito di apparecchi di isolamento al disotto della soletta che funge da chiusura del fondo-corsa (Figura 4.12).



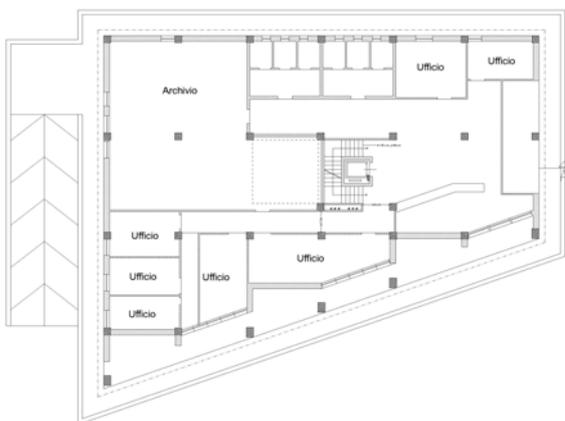
Livello Sotto Blocco Scala



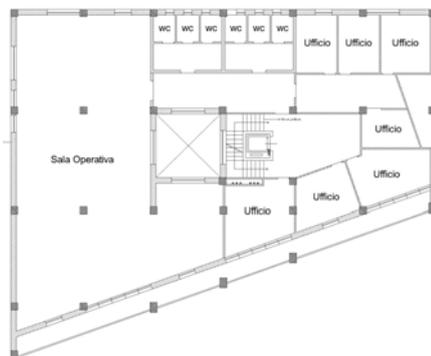
Piano Interrato



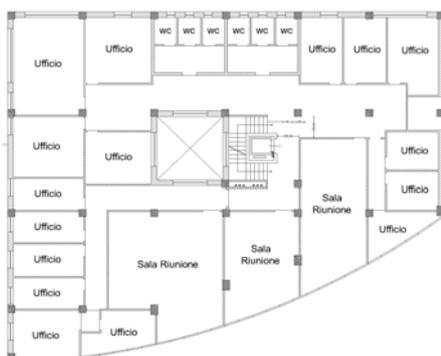
Piano Primo



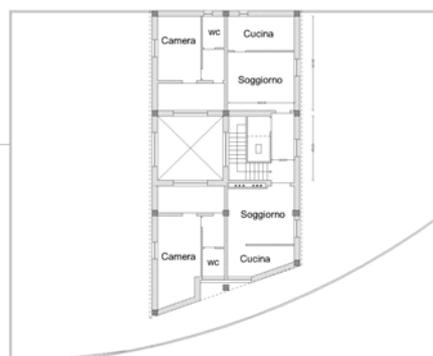
Piano Secondo



Piano Terzo



Piano Quarto



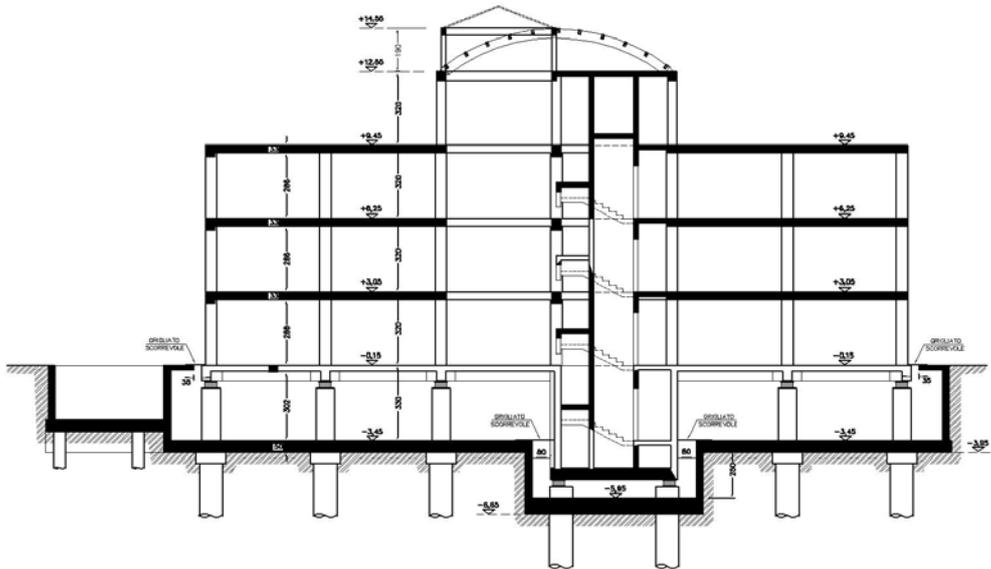
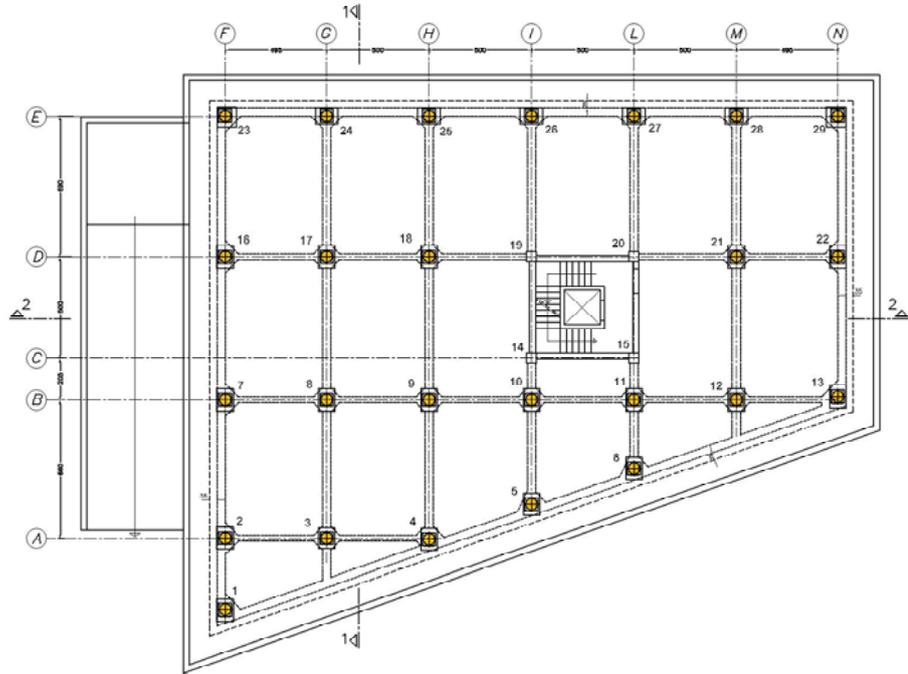
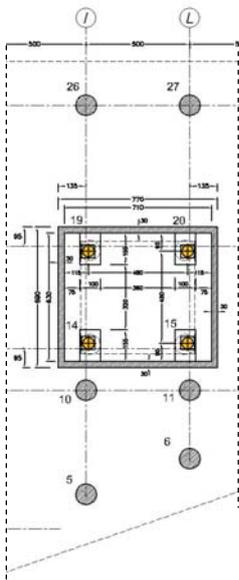
Planimetrie progetto architettonico

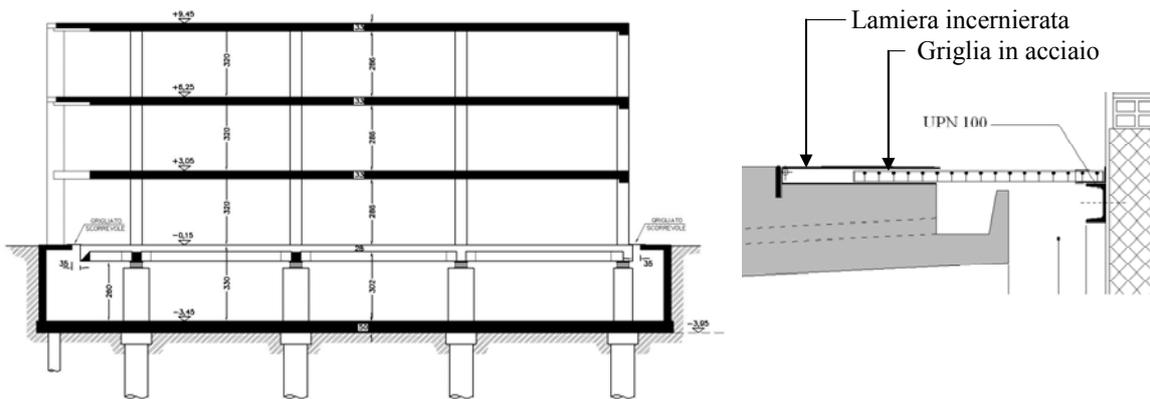
I solai di piano sono tutti realizzati mediante predalles tralicciate di spessore totale uguale a 28 cm al piano terra e 34 cm ai piani superiori di cui 4 cm sono costituiti dalla soletta collaborante.

La presenza del piano seminterrato ha richiesto la realizzazione di pareti perimetrali contro terra in c.a. di spessore uguale a 30 cm; la falda idrica praticamente affiorante, posta ad una profondità di circa 0,70 m dal piano di campagna, ha richiesto di impostare le strutture verticali del piano



seminterrato su una platea continua impostata su pali di diametro uguale a 1000 mm. L'asse dei pali è stato fatto coincidere con l'asse dei pilastri della parte in elevazione.





Schema del sistema di isolamento e dei gap sismici

La presenza del seminterrato ha orientato la scelta della posizione del piano di isolamento, cioè del piano ideale sul quale sono posti gli isolatori che è stato collocato al disotto delle travi che sostengono il primo solaio (Figura 4.12). Per raggiungere la quota prefissata gli apparecchi di isolamento sono stati collocati alla sommità di piedistalli (baggioli) ad un'altezza di circa 2,30 m dal piano dell'autorimessa. I piedistalli si trovano in asse ai pilastri della struttura in elevazione e, naturalmente, l'asse degli isolatori coincide con l'asse dei piedritti. La collocazione degli apparecchi è motivata dalla necessità di provvedere all'ispezione periodica del sistema di isolamento ed, eventualmente, alla sostituzione degli isolatori stessi.

Per soddisfare i requisiti richiesti dall'O.P.C.M. 3274 e s.m.i. i baggioli sono stati dimensionati in modo da garantire una rigidità laterale almeno 40 volte la rigidità laterale degli isolatori. In questo modo si è rispettata l'esigenza di garantire un piano di imposta degli apparecchi di isolamento sufficientemente rigido lateralmente; inoltre la presenza della platea di fondazione, il cui spessore è stato fissato uguale a 50 cm, migliora la rigidità membranale del piano di isolamento.

Per la rimozione degli isolatori e la loro sostituzione è necessario poter sollevare localmente l'impalcato sovrastante di qualche millimetro il che può essere effettuato mediante martinetti idraulici da inserire tra la sommità del piedistallo e l'intradosso delle travi. Per rispondere alla duplice esigenza di garantire da una parte un piano membranale rigido al disopra del piano di isolamento e dall'altra la corretta collocazione dei martinetti i piedistalli e le travi del primo solaio sono stati dimensionati in modo da presentare opportuni allargamenti in corrispondenza degli isolatori.

Per permettere alla sovrastruttura (cioè alla parte di edificio che sta al disopra del piano di isolamento) di traslare in ogni direzione orizzontale, tra la parte mobile e la parte fissa del fabbricato, costituita dalla struttura dell'autorimessa posta al disotto del piano di isolamento, cioè dalla platea di fondazione, dalle pareti perimetrali contro terra e dai baggioli, è stato realizzato un



cavedio “gap sismico” commisurato al valore massimo dello spostamento di progetto della parte mobile, che dal calcolo risulta uguale a circa 30 cm.

Il gap sismico sarà opportunamente protetto da marciapiedi mobili per evitare cadute accidentali. La presenza del gap e la possibilità del verificarsi di significativi movimenti orizzontali relativi tra parte rigidamente ancorata al terreno e la parte mobile dell’edificio ha richiesto anche che gli allacci dei vari impianti (elettrico, idrico, gas) siano muniti di giunzioni flessibili ed estensibili.

Gli apparecchi di isolamento sono stati selezionati in base alle caratteristiche dinamiche della struttura a base fissa, per quanto riguarda la scelta del periodo obiettivo e sulle caratteristiche dello spettro di risposta elastica della componente orizzontale del terremoto di progetto adottato per quanto riguarda il valore dello smorzamento viscoso equivalente. In sintesi, il periodo di progetto per l’edificio a base mobile è stato fissato uguale a circa 2,00 secondi, considerata anche la forma dello spettro di risposta elastica della componente orizzontale del terremoto di progetto adottato e lo smorzamento è stato richiesto uguale al 15%. Per ottenere questo valore di smorzamento si è dovuto fissare il modulo secante trasversale della gomma G_{din} che è stata scelta uguale a 0,8 MPa caratteristico di una miscela normale. Per ottenere il periodo prefissato, nota la massa sismica complessiva dell’edificio, è stata calcolata la rigidezza laterale del sistema di isolamento e, conseguentemente, le dimensioni in pianta ed in altezza della gomma (numero e spessore dei singoli strati). Le dimensioni degli apparecchi di isolamento e la loro distribuzione in pianta è stata ottimizzata per ottenere la minimizzazione degli effetti torsionali sul piano di isolamento.



Riferimenti normativi

- Legge n° 64 del 02.02.1974 e successivo D.M. 16.01.1996 recanti “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”
- Legge n° 1086 del 05.11.1971 recante “Norme per la costruzione di opere in calcestruzzo semplice o armato e strutture metalliche”
- D.M. 16.01.1996 recante “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”
- D.M. 16.01.1996 recante “Norme tecniche relative ai «Criteri generali per le verifiche di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi”
- D.M. 11.03.1988 recante “Criteri generali e prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”
- Ordinanza n. 3274, PCM 20.03.2003 recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica e successive”
- Ordinanza n. 3431, PCM 03.05.2005 recante “Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici”
- Consiglio Superiore dei LL.PP., Servizio tecnico Centrale, 1998 “Linee guida per progettazione, esecuzione e collaudo di strutture isolate dal sisma”
- UNI ENV 1992-1-1 “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: regole generali e regole per gli edifici”



Materiali

Conglomerato cementizio

Si prevede l'utilizzo di un conglomerato cementizio confezionato secondo le seguenti modalità:

- Cemento tipo 425	350 kg/mc
- Ghiaia	0.8 mc/mc
- Sabbia	0.4 mc/mc
- Acqua	120 lt/mc

Uso di leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia.

Inerti naturali o di frantumazione, costituiti da elementi non gelivi, non friabili e privi di sostanze organiche limose o argillose, di gesso ecc, in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato e alla conservazione delle armature metalliche.

Ghiaia o pietrisco di dimensioni massime correlate alle caratteristiche della carpenteria del getto e all'ingombro delle armature metalliche.

Acqua limpida e priva di sali in percentuale dannosa.

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto saranno adeguate alla destinazione del getto.

Caratteristiche meccaniche

Per quanto previsto nell'*OPCM 3431: punto 5.2.1 – Conglomerato* non è ammesso l'utilizzo di conglomerati di classe inferiore a C20/25 quindi nello specifico si utilizza un calcestruzzo con Resistenza Caratteristica Cubica di 35 MPa e le seguenti caratteristiche nominali di resistenza:

- resistenza caratteristica cubica:

$$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$$

- resistenza caratteristica cilindrica:

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$$

- resistenza di calcolo (SLU):

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_m = 29.05 / 1.6 = 18.16 \text{ N/mm}^2$$

- resistenza di calcolo (carico lunga durata):

$$f'_{cd} = f_{cd} \cdot 0.85 = 15.43 \text{ N/mm}^2$$

- resistenza media a trazione semplice:

$$f_{ctm} = 0.27 \cdot \sqrt[3]{R_{ck}^2} = 2.89 \text{ N/mm}^2$$

- resistenza caratteristica a trazione frattile 5%:

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.02 \text{ N/mm}^2$$

- resistenza di calcolo a trazione:

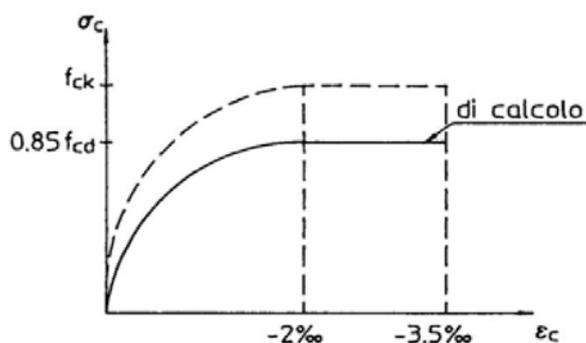
$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_m} = 1.26 \text{ N/mm}^2$$

- resistenza unitaria a taglio di calcolo:

$$\tau_{Rd} = 0.25 \cdot f_{ctd} = 0.32 \text{ N/mm}^2$$

- modulo elastico:

$$E_c = 5700 \cdot \sqrt{R_{ck}} = 33721.65 \text{ N/mm}^2$$



Legame costitutivo del calcestruzzo

Acciaio

Le armature da porsi in opera non dovranno presentare tracce di ossidazione, corrosione e di qualsiasi altra sostanza che possa ridurne l'aderenza al conglomerato, dovranno inoltre presentare sezione integra e priva di qualsiasi difetto di fusione.

Caratteristiche meccaniche

Si utilizza un acciaio FeB44k con le seguenti caratteristiche nominali di resistenza:

- tensione caratteristica di snervamento:

$$f_{yk} = 430 \text{ N/mm}^2$$

- tensione di calcolo di snervamento:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 374 \text{ N/mm}^2$$

Per le strutture da realizzarsi nelle zone 1, 2 e 3, l'acciaio deve possedere i seguenti requisiti (OPCM 3431: punto 5.2.2 – Acciaio):

- allungamento uniforme al carico max (frattile 10% inferiore):

$$\varepsilon_{su,k} > 8\%$$

- rapporto tra resistenza e tensione di snervamento:

$$1.15 < \frac{f_t}{f_y} < 1.35$$

- rapporto medio tra valore effettivo e valore nominale della resistenza a snervamento:

$$\frac{f_{y,eff}}{f_{y,nom}} < 1.25$$

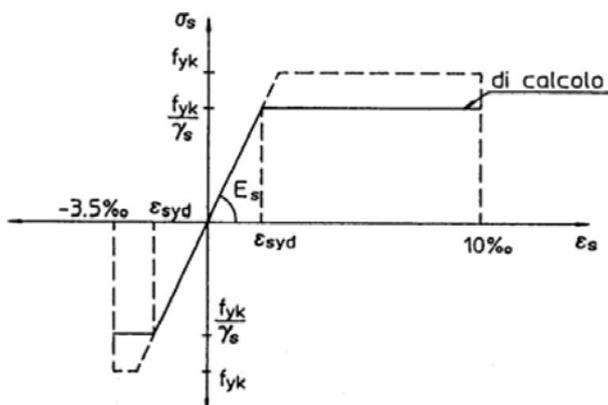
Rete elettrosaldata per elementi in c.a.:

- tensione caratteristica di snervamento:

$$f_{yk} = 390 \text{ N/mm}^2$$

- tensione di calcolo di snervamento:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 339 \text{ N/mm}^2$$



Legame costitutivo dell'acciaio

Isolatori elastomerici

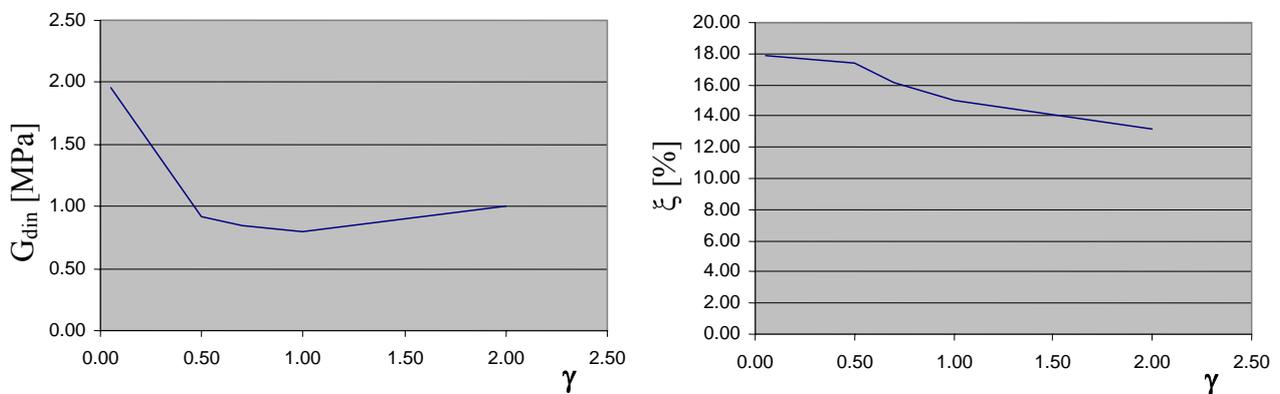
Verranno impiegati isolatori elastomerici costituiti da strati alterni di acciaio e di elastomero collegati mediante vulcanizzazione. Saranno caratterizzati da ridotta rigidità orizzontale (per garantire il disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura da quello del terreno), elevata rigidità verticale (per sostenere i carichi verticali senza apprezzabili cedimenti) ed opportune capacità dissipative al fine di una riduzione dello spostamento orizzontale della struttura isolata).

La miscela utilizzata per la produzione degli isolatori sarà di tipo Normal con le seguenti proprietà misurate con metodologia di prova secondo UNI e OPCM 3431:



Durezza	= 75 ± 3	Shore A3
Modulo di elasticità G ($\gamma=1$)	= 0.8 ± 0.12	MPa
Coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ ($\gamma=1$)	= 15 %	

Per tener conto dell'influenza dall'ampiezza dei cicli di deformazione sulle caratteristiche viscoelastiche equivalenti dell'elastomero si considerano le curve di carattere sperimentale riportate nella seguente figura



Modulo di elasticità dinamico e dello smorzamento viscoso equivalente in funzione della deformazione dell'elastomero



Calcoli statici

Analisi dei carichi

Pesi elementari

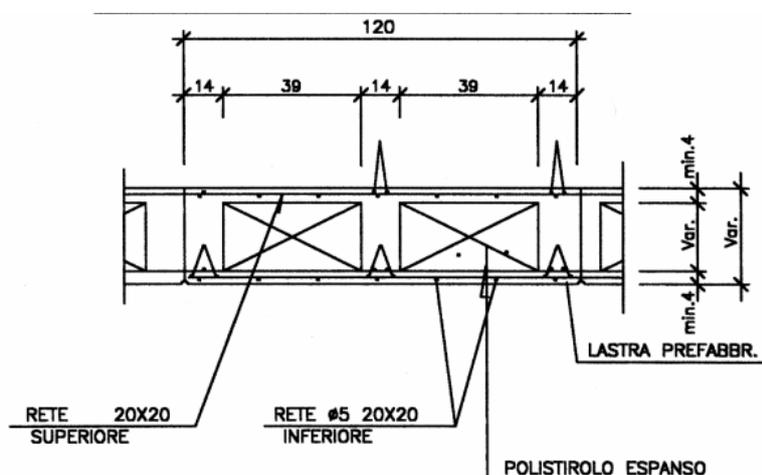
Il peso per unità di volume dei materiali utilizzati per i vari elementi costruttivi è indicato dal *DM 16/1/96 "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi"*:

- Calcestruzzo armato e precompresso: $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- Massetto..... $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
- Malta e Intonaco $\gamma = 15 \div 20 \text{ kN/m}^3$
- Granito..... $\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$
- Gres..... $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$
- Laterizio 20x38x25..... $\gamma = 0.09 \text{ kN l'uno}$
- Laterizio 16x38x25..... $\gamma = 0.075 \text{ kN l'uno}$

Solai

I solai dell'edificio sono di tipo *Predalles* a tralici realizzati in cemento armato gettato in opera alleggerito con blocchi in polistirolo fissati su pannelli prefabbricati in c.a.v. da 4 cm.

Lo spessore del solaio per gli ordini superiori è di 34 cm (30 cm pacchetto predalle + 4 cm soletta collaborante) mentre per il diaframma superiore del piano isolatori (piano terra) è di 28 cm (24 cm pacchetto predalle + 4 cm soletta collaborante). Lo spessore dei solai ai piani superiori è stato scelto in modo da realizzare le travi interne in spessore di solaio. La limitazione sull'altezza prevista dal *DM 9/1/96* al Punto 7.3.2 di 1/25 della luce risulta abbondantemente soddisfatta.





Schema del solaio tipo Predalles

Solaio Ordini Superiori (S=34 cm)Peso Proprio (valore caratteristico):

cappa collaborante.....	0.04	× 25	=1.00 kN / m ²
travetti	3 × (0.14 × 0.26) / 1.20	× 25	=2.30 kN / m ²
soletta c.a.v.....	0.04	× 25	=1.00 kN / m ²
		TOTALE	=4.30 kN / m²

Carichi permanenti (valore caratteristico):

massetto e allettamento	0.10	× 16	=1.60 kN / m ²
pavimento e sottofondo.....	0.03	× 15	=0.45 kN / m ²
intonaco.....	0.015	× 20	=0.30 kN / m ²
incidenza tramezzi.....	1.50		=1.50 kN / m ²
		TOTALE	=3.85 kN / m²

Totale permanenti

Valore Caratteristico		g_k	=8.15 kN / m²
-----------------------	--	-------	---------------------------------

Solaio Piano Terra - Diaframma Superiore Piano di Isolamento (S=28 cm)Peso Proprio (valore caratteristico):

cappa collaborante.....	0.04	× 25	=1.00 kN / m ²
travetti	3 × (0.14 × 0.20) / 1.20	× 25	=1.75 kN / m ²
soletta c.a.v.....	0.04	× 25	=1.00 kN / m ²
		TOTALE	=3.75 kN / m²

Carichi permanenti (valore caratteristico):

massetto e allettamento	0.10	× 16	=1.60 kN / m ²
pavimento e sottofondo.....	0.03	× 15	=0.45 kN / m ²
intonaco.....	0.015	× 20	=0.30 kN / m ²
incidenza tramezzi.....	1.50		=1.50 kN / m ²
		TOTALE	=3.85 kN / m²

Totale permanenti

Valore Caratteristico		g_k	=7.60 kN / m²
-----------------------	--	-------	---------------------------------

Solaio Accesso Scale e Sbalzi (S=20.0 cm)Peso Proprio (valore caratteristico):

soletta c.a.....	0.20	× 25	=5.00 kN / m ²
		TOTALE	=5.00 kN / m²

Carichi permanenti (valore caratteristico):

massetto e allettamento	0.10	× 16	=1.60 kN / m ²
pavimento e sottofondo.....	0.03	× 15	=0.45 kN / m ²
intonaco.....	0.015	× 20	=0.30 kN / m ²
incidenza tramezzi.....	1.50		=1.50 kN / m ²
		TOTALE	=3.85 kN / m²

Totale permanenti

Valore Caratteristico g_k = **8.85** kN / m²

Solaio soffittatura (S=20 cm)

Peso Proprio (valore caratteristico):

cappa collaborante.....	0.04	× 25	=1.00 kN / m ²
travetti	(0.12 × 0.16) / 0.60	× 25	=0.80 kN / m ²
pignatte.....	(0.48 × 0.16) / 0.60	× 5	=0.64 kN / m ²
TOTALE			=2.44 kN / m²

Carichi permanenti (valore caratteristico):

intonaco.....	0.015	× 20	=0.30 kN / m ²
TOTALE			=0.30 kN / m²

Totale permanenti

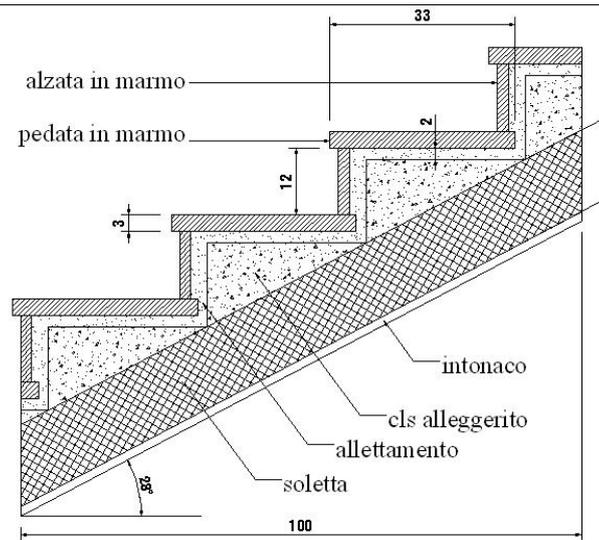
Valore Caratteristico g_k = **2.74** kN / m²

Carichi variabili

- Uffici aperti al pubblico, caserme:	q_k	= 3.00 kN / m ²
- Librerie (Archivi):	q_k	= 6.00 kN / m ²
- Coperture praticabili:	q_k	= 3.00 kN / m ²
- Balconi e Terrazzi praticabili:	q_k	= 4.00 kN / m ²
- Sottotetto non praticabile:	q_k	= 1.00 kN / m ²

Scala

La scala è realizzata con tipologia a soletta rampante dello spessore di 20 cm e larghezza di 1.20 m che corre attorno al corpo ascensore con due pianerottoli di riposo posti a quote intermedie rispetto a quelle di partenza al piano inferiore e di arrivo al piano superiore, gli scalini hanno alzata di 17 cm e pedata di 30 cm.



Scala.

Peso Proprio (valore caratteristico):

soletta	1.13 × 0.20	× 25	=5.66 kN / m ²
		TOTALE	=5.66 kN / m ²

Carichi Permanenti

intonaco	0.015	× 15	=0.25 kN / m ²
sottogrado in marmo	4 × 0.14 × 0.02	× 27	=0.30 kN / m ²
pedata in marmo	1.19 × 0.02	× 27	=0.80 kN / m ²
gradini in cls alleggerito	3.5 × 0.28 × 0.17 / 2	× 21	=1.75 kN / m ²
allettamento	0.04	× 16	=0.59 kN / m ²
		TOTALE	=3.69 kN / m ²

Totale carichi permanenti

Valore Caratteristico	g_k	= 9.35 kN / m²
-----------------------	-------	----------------------------------

Carichi variabili

- Balconi, Ballatoi e Scale Comuni:	q_k	= 4.00 kN / m²
-------------------------------------	-------	----------------------------------

Il peso del pianerottolo si assume uguale a quello della scala al netto degli scalini in cls alleggerito:

Peso Proprio (valore caratteristico):

soletta	0.20	× 25	=5.00 kN / m ²
		TOTALE	=5.00 kN / m ²

Carichi Permanenti

intonaco	0.015	× 15	=0.25 kN / m ²
pavimento	0.02	× 27	=0.54 kN / m ²
massetto e allettamento	0.04	× 16	=0.59 kN / m ²
		TOTALE	=1.38 kN / m ²

Totale carichi permanenti

Valore Caratteristico

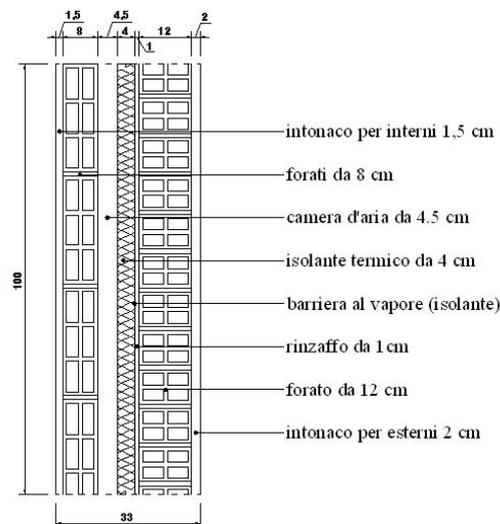
$$g_k = 6.38 \text{ kN/m}^2$$

Carichi variabili

- Balconi, Ballatoi e Scale Comuni: $q_k = 4.00 \text{ kN/m}^2$

Tamponatura tipo 1

Il tompono in questione ha una larghezza totale di 33 cm ed è realizzato con due fodere di mattoni, una da 8 cm e l'altra da 12 cm, con camera d'aria di 4.5 cm e isolante igrotermico così come illustrato in figura. Tale tamponatura è utilizzata per la chiusura verticale dei locali abitativi e degli uffici agli ordini superiori.



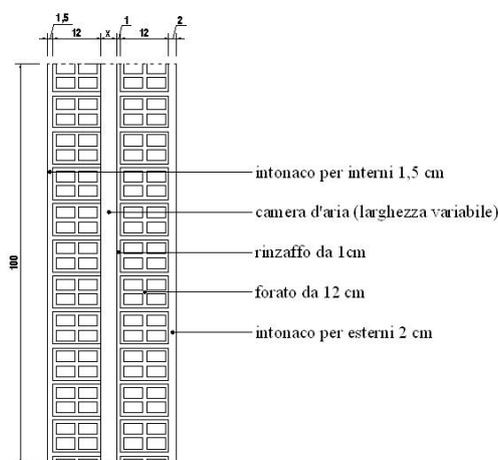
Tamponatura tipo 1.

Peso Proprio (valore caratteristico):

intonaco esterno	0.02	× 20	=0.40 kN/m ²
mattoni forati da 12 cm	0.70		=0.70 kN/m ²
rinzaffo	0.01	× 20	=0.20 kN/m ²
isolante	0.012		=0.01 kN/m ²
mattoni forati ad 8 cm	0.50		=0.50 kN/m ²
intonaco per esterni	0.015	× 20	=0.30 kN/m ²
		TOTALE	=2.11 kN/m ²

Tamponatura tipo 2

Questo tipo di tompono è utilizzato come delimitazione del corpo scala e del lucernario di piano. Ha una larghezza variabile generalmente dai 28 cm ai 30 cm in funzione dell'intercapedine, ed è formato da due fodere di mattoni forati dello spessore di 12 cm.



Tamponatura tipo 2.

Peso Proprio (valore caratteristico):

intonaco esterno	0.02	× 20	=0.40 kN / m ²
mattoni forati da 12 cm	0.70		=0.70 kN / m ²
rinzafo	0.01	× 20	=0.20 kN / m ²
mattoni forati da 12 cm	0.70		=0.70 kN / m ²
intonaco interno.....	0.015	× 20	=0.30 kN / m ²
		TOTALE	=2.30 kN / m²

Parapetto copertura praticabile

Il parapetto sulla copertura praticabile è costituito da una parete in mattoni forati dello spessore di 12 cm e di altezza 120 cm irrigidita da pilastri e cordolo sommitale.

Peso Proprio (valore caratteristico):

intonaco interno.....	0.02 × 1.20	× 15	=0.36 kN / m
parete in mattoni forati.....	1.10	× 0.7	=0.77 kN / m
pilastrini	0.12 × 0.12 × 1.20 / 2.00	× 25	=0.22 kN / m
cordolo	0.12 × 0.12	× 25	=0.36 kN / m
intonaco esterno	0.02 × 1.20	× 15	=0.36 kN / m
		TOTALE	=2.07 kN / m

Altri carichi permanenti

I seguenti pesi si riferiscono alla media dei valori presi in esame e dichiarati dalle principali aziende produttrici.

RINGHIERA TERRAZZA: g_k = **0.15 kN / m**



VETRATA FACCIATA CONTINUA: g_k = **2.00** *kN / m*

LUCERNARIO: g_k = **0.20** *kN / mq*

CARICO SULLA SOLETTA DI SOSPENSIONE DELL'ASCENSORE:

Carico distribuito su 3,7 mq del box ascensore (motore, contrappeso e 6 persone)

Totale carico permanente

Valore Caratteristico g_k = **24.32** *kN / mq*

Neve

Il carico della neve è determinato con riferimento a quanto riportato dal Decreto Ministeriale del 9/1/96 al punto 6 – *Carico Neve*

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk}$$

dove:

q_s = è il carico della neve sul suolo;

μ_i = è il coefficiente di forma di copertura;

q_{sk} = è il valore di riferimento del carico neve sul suolo (kN/m^2).

Carico di riferimento della neve al suolo

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona. Con riferimento all'altitudine a_s del sito di realizzazione dell'edificio, intesa come quota sul livello medio del mare, per le Marche vale la Zona I con $q_{sk} = 1.60 \text{ kN/m}^2$ ($a_s \leq 200m$).

Coefficienti di forma della copertura

La copertura del terzo piano è di tipo piano quindi i coefficienti assumono i seguenti valori:

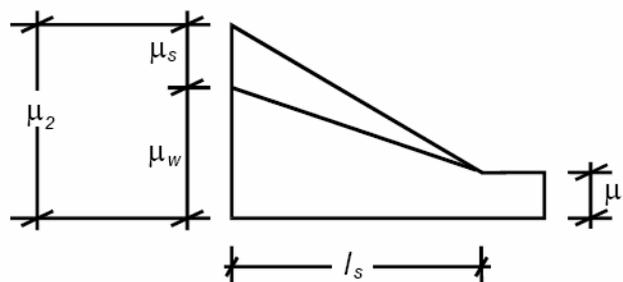
$$\mu_1 = 0.8 \dots\dots\dots q_s = 1.28 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_2 = 0.8 \dots\dots\dots q_s = 1.28 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_3 = 0.8 \dots\dots\dots q_s = 1.28 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu^* = 0.8 \dots\dots\dots q_s = 1.28 \text{ kN/m}^2$$

Il carico neve si considera uniformemente distribuito su tutta la copertura con $q=1,28 \text{ kN/mq}$. Si considera in più il carico dovuto all'accumulo della neve trasportata dal vento sulle pareti del corpo scala tramite una distribuzione di tipo trapezoidale come di seguito indicata:



Accumulo neve su pareti.

Coefficiente di forma dovuto allo scivolamento della neve da coperture superiori:

$$\mu_s = 0 \dots\dots\dots q_s = 0.00 \text{ kN/m}^2$$

Coefficiente di forma dovuto all'accumulo della neve prodotto dal vento:

$$\mu_w = \frac{\gamma \cdot h}{q_{sk}} = 2.5 \dots\dots\dots q_s = 4.00 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_1 = 0.8 \dots\dots\dots q_s = 1.28 \text{ kN/m}^2$$

con:

$$\gamma = 2 \text{ kN/m}^3 \quad \text{densità convenzionale della neve;}$$

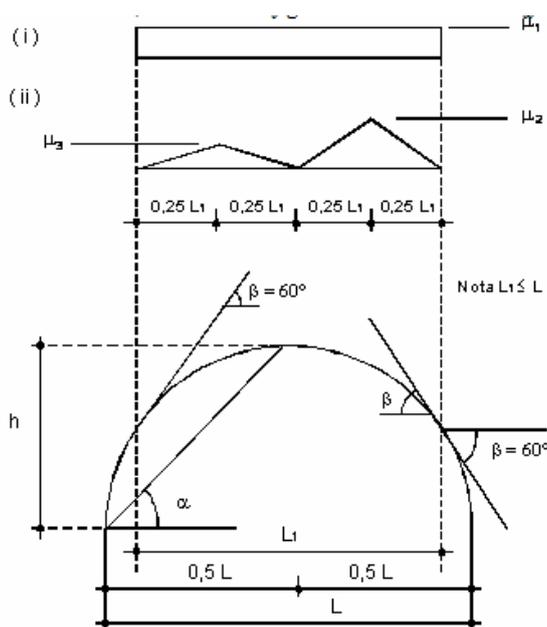
$$h = 3.2 \text{ m} \quad \text{altezza ostacolo considerato;}$$

$$l_s = 2 \cdot h = 6.4 \text{ m} \quad \text{con } 5 \leq l_s \leq 15 \text{ m.}$$

Da notare come $\mu_1 = 0.8$ essendo lo stesso sia nel caso di distribuzione uniforme che in quella trapezoidale, l'accumulo della neve dovuta al vento può essere considerato un carico di forma triangolare da sommarsi a quello uniforme secondo le combinazioni descritte in fig. 2.5.

Per quanto riguarda il corpo del blocco servizi/alloggi formante il quarto piano, la copertura ha forma cilindrica e in assenza di ritegni che impediscano lo scivolamento della neve sarà considerata la più gravosa fra la distribuzione di carico uniforme ed asimmetrica, indicate nella figura 2.6.

Nel caso in esame la condizione più sfavorevole è la prima (i) con carico omogeneo (coefficiente pari a 0.80) perché è quella che determina maggiore massa sismica.



Combinazioni di carico neve su copertura a doppia falda.



Vento

L'azione del vento viene considerata come pressione statica secondo il DM del 9/1/96 applicata alle superfici esterne ed interne degli elementi che compongono la costruzione.

L'azione del vento sul singolo elemento viene determinata considerando la combinazione più gravosa della pressione agente sulla superficie esterna e della pressione agente sulla superficie interna dell'elemento.

L'azione d'insieme esercitata dal vento è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi considerando come direzione quella corrispondente agli assi principali della pianta della costruzione.

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_{ref} C_e C_p C_d$$

con:

q_{ref} = pressione cinetica del vento di riferimento;

C_e = coefficiente di esposizione;

C_p = coefficiente di forma, 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;

C_d = coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento (in N/m^2) è data dall'espressione:

$$q_{ref} = \frac{v_{ref}^2}{1.6} = 455.6 \text{ N/m}^2$$

con:

$v_{ref} = 27 \text{ m/s}$: velocità di riferimento.

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza della costruzione z sul suolo, dalla



rugosità e dalla topografia del terreno, dall'esposizione del sito ove sorge la costruzione. E' dato dalla formula:

$$C_e(z) = K_r^2 C_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + C_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$C_e(z) = C_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

dove i coefficienti K_r , z_0 e z_{\min} sono assegnati in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione:

classe di rugosità del terreno: B;

categoria di esposizione: III;

$$K_r = 0.2;$$

$$z_0 = 0.1;$$

$$z_{\min} = 5 \text{ m};$$

$C_t = 1$ coefficiente di topografia.

Coefficiente dinamico

In funzione delle dimensioni principali dell'edificio e della tipologia costruttiva (c.a.) si hanno i seguenti valori:

$$b = 24.90 \text{ m}$$

$$L = 30.40 \text{ m}$$

$$H = 13.6 \text{ m}$$

$$C_d = 0.94$$

Coefficiente di forma

Per la valutazione della pressione si assumono i seguenti valori relativi alla tipologia di costruzioni stagne :

$$C_{pe} = +0.8 \text{ elementi sopravento};$$

$$C_{pe} = -0.4 \text{ elementi su copertura};$$

$$C_{pi} = 0 \text{ per la pressione interna};$$

$$C_{pe} = -0.4 \text{ elementi sottovento}.$$

Si precisa che in fase di calcolo la distribuzione in funzione dell'altezza è assunta di tipo uniforme, con valore della pressione pari a quello che si ottiene con distribuzione logaritmica per $z = z_{\max}$.

Azione sismica

L'azione sismica è definita nel *Capitolo 3 dell'OPCM 3431* considerando anche quanto prescritto ai punti *10.6.1 (Spettri di progetto)* e *10.7.5 (Analisi dinamica lineare)*.

Comune di Ancona	Zona sismica 2
Accelerazione di picco	$a_g = 0.25 \text{ g}$
Suolo Categoria E	$S = 1.25$
Fattore di importanza	$\gamma_I = 1.4$

Spettro di risposta elastico

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g S \left(1 + \frac{T}{T_B} (\eta 2.5 - 1) \right) \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g S \eta 2.5 \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g S \eta 2.5 \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g S \eta 2.5 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

dove

S : fattore del profilo stratigrafico del suolo di fondazione;

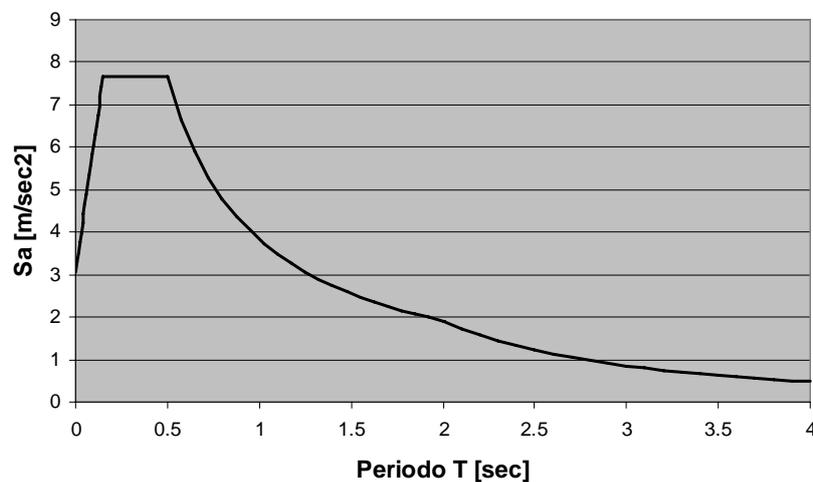
$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55$ fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ diverso da 5 ($\eta = 1$ per $\xi = 5$) essendo ξ espresso in percentuale;

T : periodo di vibrazione della struttura;

T_B, T_C, T_D : periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione

suolo di fondazione di categoria E

$$T_B = 0.15, \quad T_C = 0.50, \quad T_D = 2.00$$





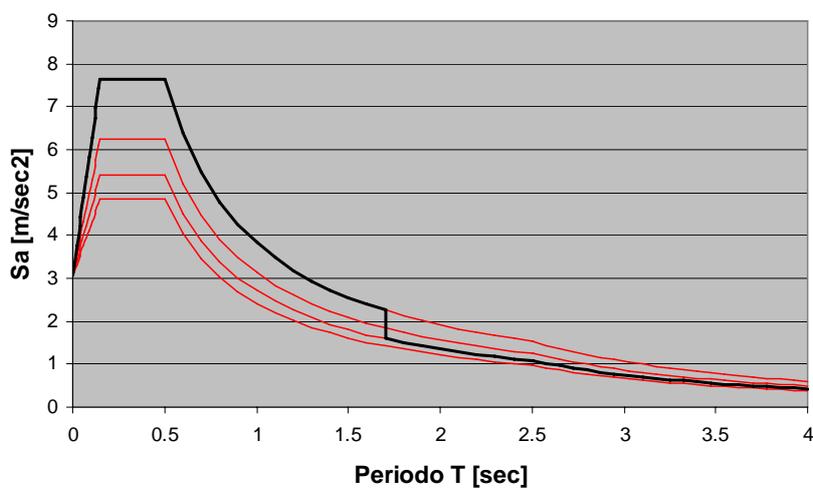
Spettro di Risposta Elastico.

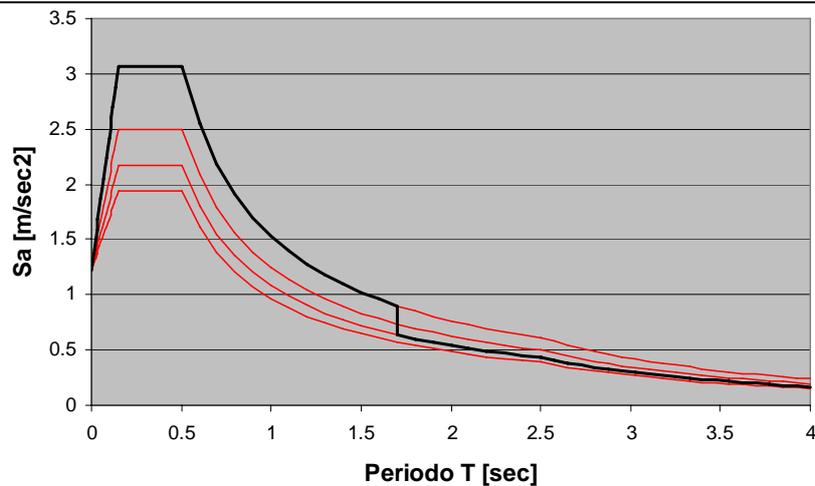
Spettri di progetto

Gli spettri di progetto si ottengono dalle relazioni precedenti, che definiscono lo spettro di risposta elastico assumendo $T_D = 2,5$ s (*punto 10.6.1 – Spettri di progetto e punto 10.7.5 – Analisi dinamica lineare dell’OPCM 3431*). Le ordinate spettrali per $T > 4$ s sono assunte pari all’ordinata corrispondente a $T = 4$ s. Per l’analisi sismica modale, lo spettro viene ridotto per tutto il campo di periodi $T \geq 0,8 \cdot T_{is}$, assumendo per il coefficiente riduttivo η il valore corrispondente al coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ_{esi} del sistema di isolamento.

Gli spettri di progetto allo stato limite di danno (SLD) si ottengono dividendo le ordinate spettrali per 2.5.

La componente verticale dell’azione sismica non viene considerata (*punto 10.7.5 dell’OPCM 3431*) poiché il rapporto tra la rigidità verticale del sistema di isolamento K_v e la rigidità equivalente orizzontale K_{esi} è inferiore a 800.

Spettro di Progetto SLU ($\xi=15\%$)

Spettro di Progetto SLD ($\xi=15\%$).

Pesi sismici

Gli effetti dell'azione sismica E sono valutati tenendo conto nell'analisi dinamica delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali (*OPCM 3431*):

$$G_K + \sum_j \psi_{Ei} Q_{Ki}$$

dove:

$\psi_{Ei} = \psi_{2i} \varphi$: coefficiente di combinazione dell'azione variabile Q_{Ki} , che tiene conto della ridotta probabilità che tutti i carichi siano presenti sulla struttura in occasione del sisma; i coefficienti ψ_{2i} e φ assumono i valori

Destinazione d'uso	ψ_{2i}
Abitazioni, Uffici	0,30
Uffici aperti al pubblico, Scuole, Negozi, Autorimesse	0,60
Tetti e coperture con neve	0,20
Magazzini, Archivi, Scale	0,80
Vento, variazione termica	0,00

Carichi ai piani	φ
Copertura	1,0
Archivi	1,0
Carichi correlati	0,8
Carichi indipendenti	0,5

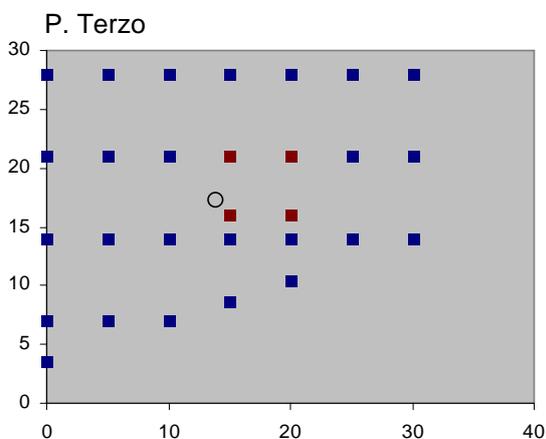
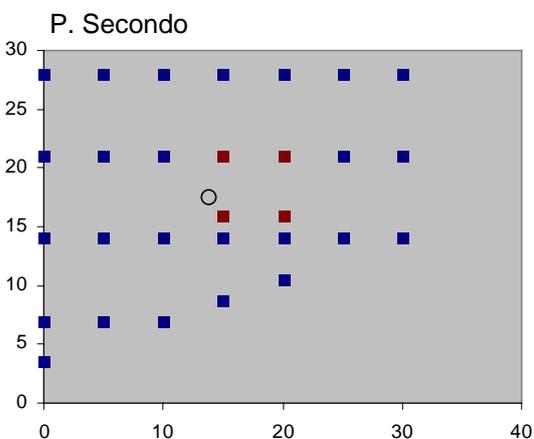
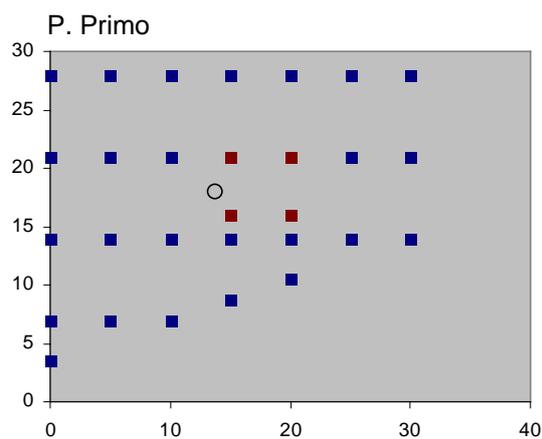
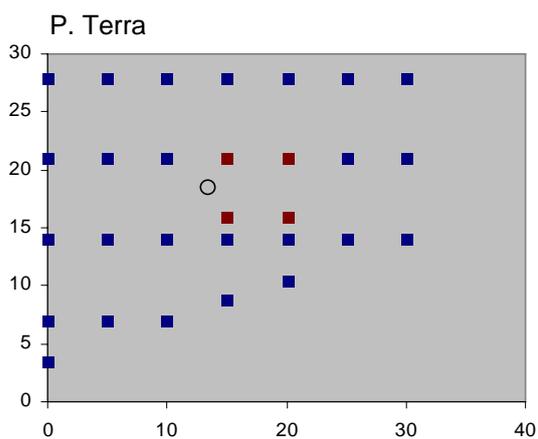
In definitiva le masse sismiche si ottengono considerando i seguenti coefficienti applicati ai carichi gravitazionali:

- pesi propri e carichi permanenti: 1
- carichi variabili uffici, abitazioni: $(0.3 \times 0.5) = 0.15$

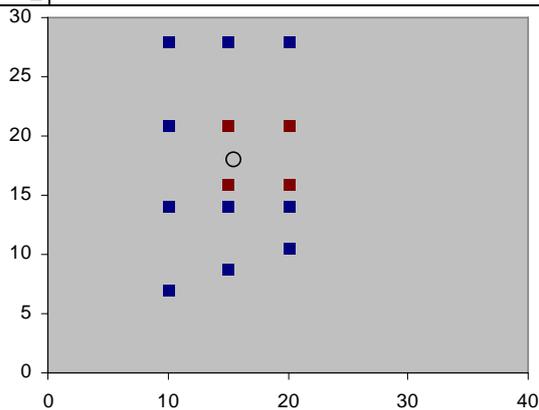
- carico copertura praticabile: $(0.3 \times 1.0) = 0.30$
- carichi variabili archivi: $(0.8 \times 1.0) = 0.80$
- tetti e coperture con neve: $(0.2 \times 1.0) = 0.20$
- carico variabile scale: $(0.8 \times 0.5) = 0.40$

Nella tabella seguente si riportano le masse sismiche di piano con le relative coordinate dei baricentri

Piano	x [m]	y [m]	Massa [ton]
Terra	13.51	18.40	892.77
Primo	13.73	17.98	770.19
Secondo	13.83	17.45	805.36
Terzo	13.93	17.30	842.91
Quarto	15.46	17.96	126.10
Totale	13.81	17.80	3437.33



P. Quarto



Sistema di isolamento

Il sistema di isolamento è costituito da 29 dispositivi elastomerici armati di due tipi. Gli isolatori Tipo 1 sono disposti in corrispondenza delle colonne dell'edificio mentre gli isolatori Tipo 2 sono posizionati in corrispondenza dei vertici dei muri perimetrali del vano scala.



Isolatore Tipo 1 (colonne 1-13, 16-18, 21-29)

Mescola gomma Normal

Modulo di elasticità tangenziale	$G_{din} (\gamma=1.00)$	= 0.8	MPa
Smorzamento viscoso equivalente	$\xi (\gamma=1.00)$	= 15	%

Caratteristiche geometriche

Diametro esterno dell'elastomero	ϕD	= 600	mm
Numero strati di elastomero	n	= 24	
Spessore strati di elastomero	t_i	= 8	mm
Diametro lamierini di armatura	D	= 580	mm
Spessore lamierini di armatura	t_s	= 2	mm
Spessore piastre esterne	t_p	= 20	mm
Altezza isolatore	h	= 278	mm
Spessore piastre di ancoraggio	t_a	= 25	mm
Altezza totale dispositivo	H	= 328	mm
Lato piastre di ancoraggio	Z	= 650	mm

Isolatore Tipo 2 (colonne 14, 15, 19, 20)

Mescola gomma Normal

Modulo di elasticità tangenziale	$G_{din} (\gamma=1.00)$	= 0.8	MPa
Smorzamento viscoso equivalente	$\xi (\gamma=1.00)$	= 15	%



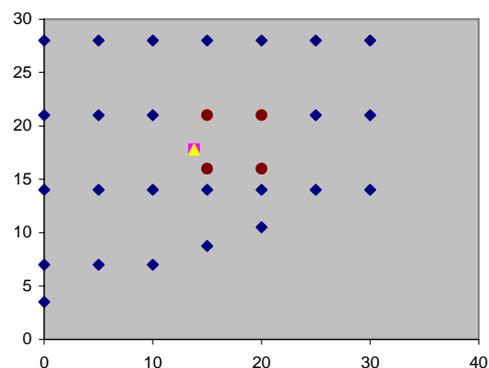
Caratteristiche geometriche

Diametro esterno dell'elastomero	ϕD	= 600	mm
Numero strati di elastomero	n	= 39	
Spessore strati di elastomero	t_i	= 5	mm
Diametro lamierini di armatura	D	= 580	mm
Spessore lamierini di armatura	t_s	= 2	mm
Spessore piastre esterne	t_p	= 20	mm
Altezza isolatore	h	= 311	mm
Spessore piastre di ancoraggio	t_a	= 25	mm
Altezza totale dispositivo	H	= 361	mm
Lato piastre di ancoraggio	Z	= 650	mm

La tabella seguente riporta il calcolo del centro di rigidezza del sistema di isolamento costituito dai dispositivi progettati ed il calcolo della proiezione del baricentro della struttura isolata sul piano di isolamento. Le rigidzze sono calcolate nell'ipotesi di deformazione dell'elastomero $\epsilon_s=2.00$.

Isolatore	x [m]	y [m]	Ke [kN/m]
1	0.00	3.50	1.175
2	0.00	7.00	1.175
3	5.00	7.00	1.175
4	10.00	7.00	1.175
5	15.00	8.75	1.175
6	20.00	10.50	1.175
7	0.00	14.00	1.175
8	5.00	14.00	1.175
9	10.00	14.00	1.175
10	15.00	14.00	1.175
11	20.00	14.00	1.175
12	25.00	14.00	1.175
13	30.00	14.00	1.175
14	15.00	16.00	1.170
15	20.00	16.00	1.170
16	0.00	21.00	1.175
17	5.00	21.00	1.175
18	10.00	21.00	1.175
19	15.00	21.00	1.170
20	20.00	21.00	1.170
21	25.00	21.00	1.175
22	30.00	21.00	1.175
23	0.00	28.00	1.175
24	5.00	28.00	1.175
25	10.00	28.00	1.175
26	15.00	28.00	1.175
27	20.00	28.00	1.175
28	25.00	28.00	1.175
29	30.00	28.00	1.175
Totale	13.79	17.82	34.055

Piano	x [m]	y [m]	Massa [ton]
Terra	13.51	18.40	892.77
Primo	13.73	17.98	770.19
Secondo	13.83	17.45	805.36
Terzo	13.93	17.30	842.91
Quarto	15.46	17.96	126.10
Totale	13.81	17.80	3437.33

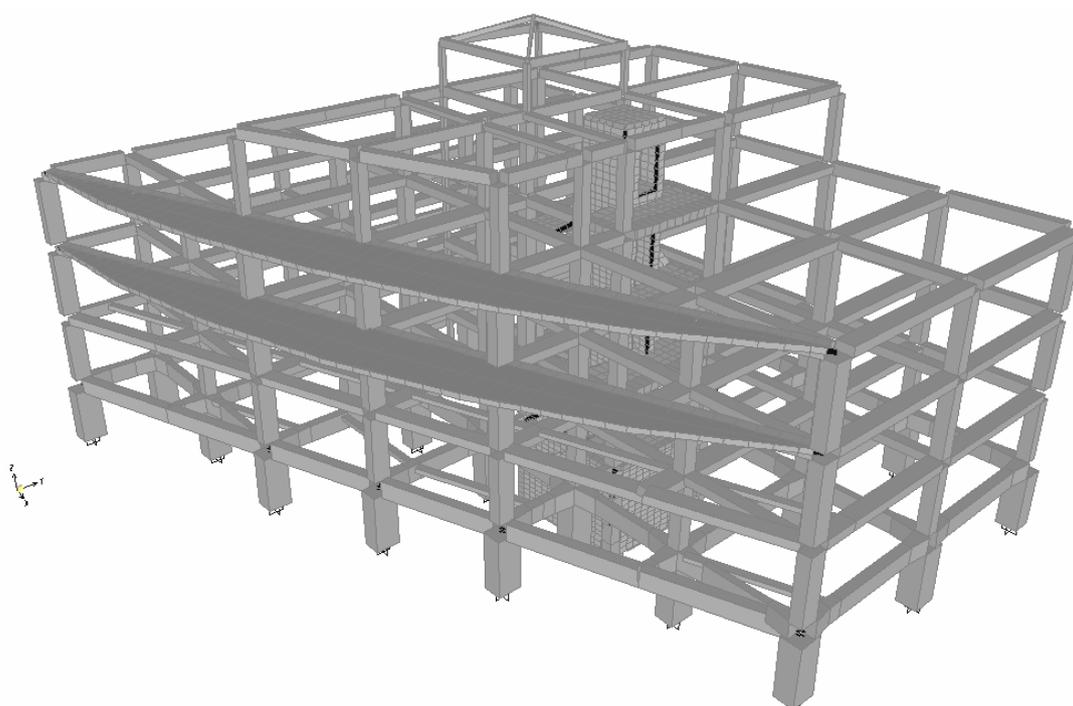


Modello di calcolo e criteri per l'analisi strutturale

L'analisi strutturale viene effettuata sulla base di un modello ad elementi finiti realizzato con il programma SAP2000 (V10).

Per le travi e le colonne della struttura intelaiata sono impiegati elementi *frame* mentre i setti, il nucleo ascensore e la parte di soletta a sbalzo presente alle ultime due elevazioni sono modellati con elementi *shell*. Per tener conto della maggior rigidezza delle zone di nodo, alle estremità degli elementi *frame* delle travi e delle colonne sono inseriti bracci rigidi aventi lunghezza pari alla metà del tratto di elemento compreso all'interno del nodo. I solai di piano sono modellati come piani rigidi indipendenti grazie a *constraints* di tipo *diaphragm* cosicché risultano vincolati i soli spostamenti nel piano dell'impalcato mentre restano indipendenti quelli fuori dal piano. Il sistema di isolamento è modellato con links del tipo *rubber isolator* di opportuna rigidità. I baggioli al piano terra, sui quali sono installati gli isolatori sono considerati incastrati a terra.

Tutte le componenti strutturali sono considerate con comportamento elastico lineare compreso il sistema di isolamento per il quale si assume la rigidità secante riferita allo spostamento totale di progetto per lo stato limite in esame. Dovendosi valutare gli effetti della variabilità delle caratteristiche viscoelastiche equivalenti del sistema di isolamento, sono considerati quattro diversi modelli di calcolo, due per le verifiche allo SLU e due per le verifiche allo SLD, nei quali le caratteristiche del sistema di isolamento vengono determinate con i valori limite delle caratteristiche dell'elastomero.





Modello di calcolo.

Analisi sismica

L'analisi sismica viene effettuata con il metodo dell'analisi modale associata agli spettri di risposta di progetto considerando tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% della massa totale, e comunque in numero tale che la somma delle masse partecipanti sia superiore all'85% (OPCM 3431 - Punto 4.5.3).

La capacità dissipativa del sistema di isolamento è simulata riducendo gli spettri di progetto in funzione dello smorzamento viscoso equivalente valutato con riferimento all'energia dissipata dal sistema di isolamento in cicli nell'intervallo delle frequenze naturali dei modi considerati. Per i modi superiori della struttura, il rapporto di smorzamento del modello completo è quello della sovrastruttura in condizioni di base fissa (5%).

Poiché i periodi di vibrazione differiscono tra loro meno del 10%, la combinazione modale impiegata per la stima delle sollecitazioni e degli spostamenti indotti dal sisma è la CQC (Combinazione Quadratica Completa)

$$\bar{E}_\alpha = \left(\sum_i \sum_j \rho_{ij} \bar{E}_\alpha^i \bar{E}_\alpha^j \right)^{1/2}$$

dove:

\bar{E}_α è il valore totale della componente di risposta che si sta considerando dovuta al sisma agente lungo la direzione α ;

\bar{E}_α^i è il valore della medesima componente dovuta al modo i ;

\bar{E}_α^j è il valore della medesima componente dovuta al modo j ;

$\rho_{ij} = \left(8\xi^2 (1 + \beta_{ij}) \beta_{ij}^{3/2} \right) / \left((1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \beta_{ij} (1 + \beta_{ij})^2 + 8\xi^2 \beta_{ij}^2 \right)$ è il coefficiente di correlazione tra il modo i e il modo j ;

ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente;

β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i - j di modi ($\beta_{ij} = \omega_i / \omega_j$).

Eccentricità accidentali

Gli effetti torsionali accidentali sono considerati applicando i momenti di piano M_{ti} ottenuti moltiplicando la forza sismica statica equivalente per l'eccentricità accidentale pari a $\pm 5\%$ del lato della struttura nella direzione perpendicolare all'azione sismica. Il taglio alla base della parte isolata della struttura è calcolato con riferimento alla pseudo-accelerazione di progetto valutata per il periodo di vibrazione della struttura considerando lo smorzamento viscoso equivalente del sistema



di isolamento

$$F_{hmax}(T, \xi) = S_a(T, \xi) \frac{W}{g}$$

Poiché nel caso di edifici isolati il primo modo di vibrazione è caratterizzato dal sostanziale moto rigido della struttura, le forze statiche equivalenti di piano vengono calcolate distribuendo altimetricamente il taglio alla base in proporzione ai pesi sismici di piano

$$F_{hi}(T, \xi) = F_{hmax} \frac{W_i}{\sum_j W_j}$$

Se $e_{x,acc}$ ed $e_{y,acc}$ sono le eccentricità accidentali nel caso di azioni sismiche agenti rispettivamente lungo x ed y , i momenti torcenti di piano risultano dalle

$$M_{ti,x} = F_{hi}(T, \xi) e_{x,acc} \quad M_{ti,y} = F_{hi}(T, \xi) e_{y,acc}$$

L'effetto dell'applicazione dei torcenti di piano viene sovrapposto agli effetti dell'analisi sismica modale condotta senza considerare eccentricità accidentali. Se \bar{E}_x ed \bar{E}_y sono i valori della generica componente di risposta dovuti all'azione sismica nelle due direzioni principali determinate con la CQC delle risposte modali, ed E_{ex} e E_{ey} sono i valori della stessa componente di risposta dovuta alle eccentricità accidentali, le componenti totali sono date dalle

$$E_x = \bar{E}_x \pm |E_{ex}| \quad E_y = \bar{E}_y \pm |E_{ey}|$$

Combinazione delle componenti spaziali

La spazialità dell'azione sismica viene considerata combinando i risultati delle analisi per azioni sismiche provenienti secondo le due direzioni principali in pianta sommando ai massimi ottenuti con l'azione applicata in una direzione, il 30% dei massimi ottenuti con l'azione applicata nella direzione ortogonale (*OPCM 3431* punto 4.6)

$$E = \text{Max}\{E_x + 0.30E_y, 0.30E_x + E_y\} \quad \& \quad \text{Min}\{E_x + 0.30E_y, 0.30E_x + E_y\}$$

Per la determinazione degli spostamenti massimi di progetto degli isolatori, si considera la relazione

$$d_E = 1.2 \gamma_I \text{Max}\left\{\left[\left(d_{Ex} + d_{rftx}\right)^2 + \left(0.3d_{Ey} + d_{rfty}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}, \left[\left(d_{Ey} + d_{rfty}\right)^2 + \left(0.3d_{Ex} + d_{rftx}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\right\}$$

suggerita nell'Allegato 10.A dell'*OPCM 3431*: dove i valori di d_{Ex} e d_{Ey} sono gli spostamenti massimi ottenuti nelle rispettive direzioni x e y separatamente (considerate anche le eccentricità accidentali); la maggiorazione del 20% è effettuata in considerazione del *Punto 10.8 – Verifiche e*

Allegato 10.A – Verifica allo SLU degli Isolatori Elastomerici secondo cui i dispositivi del sistema d'isolamento devono essere in grado di sostenere, senza rotture, gli spostamenti d_2 , valutati per un terremoto avente probabilità di arrivo inferiori a quello di progetto allo SLU, ottenuto amplificando lo spostamento massimo di progetto del 20%.

Caratteristiche del sistema di isolamento e modelli di progetto

L'analisi strutturale viene eseguita su quattro modelli, due relativi alle verifiche allo SLU e due relativi alle verifiche allo SLD, ottenuti considerando altrettante caratteristiche viscoelastiche equivalenti per il sistema di isolamento in modo da cogliere gli effetti dell'invecchiamento dei dispositivi elastomerici e la dipendenza delle loro caratteristiche meccaniche dagli spostamenti massimi.

In accordo al punto 10.7.1. dell'*OPCM 3431*, le proprietà meccaniche del sistema di isolamento considerate nelle analisi derivano dalla combinazione di quelle dei singoli dispositivi e sono le più sfavorevoli che si possono verificare durante la vita utile dell'edificio. Esse tengono conto:

- dell'entità delle deformazioni subite in relazione allo stato limite per la verifica del quale si svolge l'analisi,
- dell'entità dei carichi verticali agenti simultaneamente al sisma,
- del cambiamento delle caratteristiche nel tempo.

Per quanto riguarda l'invecchiamento dei dispositivi, si assume che questo comporti un irrigidimento della gomma del 20%. Vengono pertanto eseguite analisi variando il modulo di elasticità tangenziale dinamico dell'elastomero (riferito alla deformazione $\square_s=1.00$) da 0.80 MPa a 0.96 MPa. Al contrario, per quanto riguarda lo smorzamento viscoso equivalente, non si considerano incrementi causati dall'invecchiamento.

Poiché le caratteristiche viscoelastiche equivalenti delle gomme considerate sono riferite a cicli di spostamenti a 0.5 Hz si ritiene che la velocità di deformazione non influenzi in modo sensibile il comportamento della struttura che presenta i periodi fondamentali di vibrazione di 2 sec.

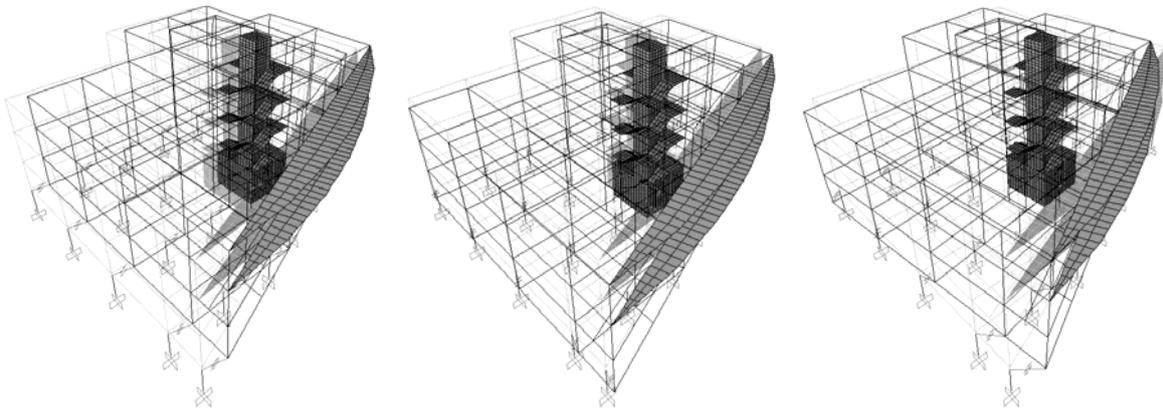
La variabilità con la temperatura si ritiene non significativa in quanto i dissipatori verranno installati all'interno del piano interrato per il quale non sono attese sensibili variazioni.

Poiché rigidità e smorzamento equivalenti dipendono entrambi dall'ampiezza delle deformazioni dell'elastomero, la loro determinazione avviene con una procedura iterativa calcolando al generico passo la rigidità e lo smorzamento equivalente del singolo isolatore in funzione della deformazione massima ottenuta al passo precedente. Lo smorzamento del sistema di isolamento viene determinato come valore medio degli smorzamenti dei singoli isolatori

determinati in funzione dell'ampiezza degli spostamenti ottenuti in sede di analisi. La configurazione di innesco della procedura prevede rigidità e smorzamento equivalenti degli isolatori progettati assumendo lo spostamento massimo di progetto valutato in fase di dimensionamento del sistema. Sia nel caso di isolatori nuovi che in quello di isolatori invecchiati sono stati sufficienti due soli passi di analisi avendo constatato che le variazioni delle rigidità degli isolatori e lo smorzamento equivalente della struttura sono risultate abbondantemente inferiori al 5% previsto dall'OPCM 3431 al p.to 10.7.2. Le tabelle che seguono riportano le rigidità dei singoli dispositivi e lo smorzamento viscoso equivalente impiegati nel passo di analisi finale nei casi di isolatori nuovi ed isolatori invecchiati in funzione degli spostamenti massimi ottenuti al passo precedente.

Anche i torcenti di piano da applicare alla struttura per tener conto delle eccentricità accidentali devono essere calcolati in considerazione dei quattro modelli differenti. Le tabelle seguenti riportano le quattro distribuzioni dei momenti applicati ai diversi impalcati della struttura.

I risultati sintetici delle analisi modali condotte sui quattro modelli precedentemente descritti sono riportati nel seguito. In tutti i casi, una massa superiore allo 85% della massa totale partecipa ai primi tre modi di vibrazione della struttura. In ogni caso sono stati considerati più di 15 modi di vibrazione così da coinvolgere la quasi totalità della massa strutturale.



Modi principali di vibrazione della struttura

SLU - dispositivi nuovi

$$T_1 = 2.083 \text{ s}$$

$$M_x = 0.858 M_{x,tot}$$

$$M_y = 0.121 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.002 M_{R,tot}$$

SLU - dispositivi vecchi

$$T_1 = 1.934 \text{ s}$$

$$M_x = 0.860 M_{x,tot}$$

$$M_y = 0.119 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.002 M_{R,tot}$$

SLD - dispositivi nuovi

$$T_1 = 1.688 \text{ s}$$

$$M_x = 0.872 M_{x,tot}$$

$$T_2 = 2.077 \text{ s}$$

$$M_x = 0.121 M_{x,tot}$$

$$M_y = 0.860 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.000 M_{R,tot}$$

$$T_2 = 1.927 \text{ s}$$

$$M_x = 0.119 M_{x,tot}$$

$$M_y = 0.862 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.000 M_{R,tot}$$

$$T_2 = 1.678 \text{ s}$$

$$M_x = 0.092 M_{x,tot}$$

$$T_3 = 1.902 \text{ s}$$

$$M_x = 0.002 M_{x,tot}$$

$$M_y = 0.002 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.974 M_{R,tot}$$

$$T_3 = 1.768 \text{ s}$$

$$M_x = 0.002 M_{x,tot}$$

$$M_y = 0.000 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.971 M_{R,tot}$$

$$T_3 = 1.565 \text{ s}$$

$$M_x = 0.016 M_{x,tot}$$



$$M_y = 0.093 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.015 M_{R,tot}$$

SLD - dispositivi invecchiati

$$T_1 = 1.493 \text{ s}$$

$$M_x = 0.862 M_{x,tot}$$

$$M_y = 0.092 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.024 M_{R,tot}$$

$$M_y = 0.887 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.000 M_{R,tot}$$

$$T_2 = 1.482 \text{ s}$$

$$M_x = 0.092 M_{x,tot}$$

$$M_y = 0.886 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.001 M_{R,tot}$$

$$M_y = 0.000 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.956 M_{R,tot}$$

$$T_3 = 1.386 \text{ s}$$

$$M_x = 0.024 M_{x,tot}$$

$$M_y = 0.000 M_{y,tot}$$

$$M_R = 0.945 M_{R,tot}$$

SLU - Caratteristiche sistema di isolamento con dispositivi nuovi

Isolatore	ϕD [mm]	D [mm]	n	t_i [mm]	dE [mm]	G(γ) [N/mm ²]	ξ (γ) [%]	Ke [N/mm]
1	600.00	580.00	24	8	273.69	0.8759	14.32	1166.43
2	600.00	580.00	24	8	265.33	0.8675	14.39	1155.20
3	600.00	580.00	24	8	258.46	0.8605	14.46	1145.99
4	600.00	580.00	24	8	252.03	0.8541	14.51	1137.35
5	600.00	580.00	24	8	244.01	0.8460	14.59	1126.59
6	600.00	580.00	24	8	246.14	0.8481	14.57	1129.45
7	600.00	580.00	24	8	252.97	0.8550	14.50	1138.61
8	600.00	580.00	24	8	243.37	0.8453	14.59	1125.73
9	600.00	580.00	24	8	234.42	0.8363	14.67	1113.70
10	600.00	580.00	24	8	230.71	0.8326	14.71	1108.72
11	600.00	580.00	24	8	241.10	0.8430	14.61	1122.68
12	600.00	580.00	24	8	252.64	0.8547	14.51	1138.17
13	600.00	580.00	24	8	264.36	0.8665	14.40	1153.91
14	600.00	580.00	39	5	225.17	0.8263	14.76	1097.07
15	600.00	580.00	39	5	236.64	0.8378	14.66	1112.37
16	600.00	580.00	24	8	250.61	0.8526	14.53	1135.44
17	600.00	580.00	24	8	240.89	0.8428	14.61	1122.39
18	600.00	580.00	24	8	231.29	0.8332	14.70	1109.50
19	600.00	580.00	39	5	225.49	0.8266	14.76	1097.49
20	600.00	580.00	39	5	237.14	0.8383	14.66	1113.03
21	600.00	580.00	24	8	250.38	0.8524	14.53	1135.13
22	600.00	580.00	24	8	262.36	0.8645	14.42	1151.22
23	600.00	580.00	24	8	256.77	0.8588	14.47	1143.71
24	600.00	580.00	24	8	247.15	0.8491	14.56	1130.80
25	600.00	580.00	24	8	237.85	0.8398	14.64	1118.31
26	600.00	580.00	24	8	233.67	0.8356	14.68	1112.70
27	600.00	580.00	24	8	244.90	0.8469	14.58	1127.77
28	600.00	580.00	24	8	256.34	0.8584	14.47	1143.13
29	600.00	580.00	24	8	268.18	0.8703	14.37	1159.03
							14.56	

**SLU - Caratteristiche sistema di isolamento con dispositivi invecchiati**

Isolatore	ϕD [mm]	D [mm]	n	t_i [mm]	dE [mm]	G(γ) [N/mm ²]	ξ (γ) [%]	Ke [N/mm]
1	600.00	580.00	24	8	251.74	1.0245	14.52	1364.35
2	600.00	580.00	24	8	243.80	1.0149	14.59	1351.56
3	600.00	580.00	24	8	237.36	1.0071	14.65	1341.18
4	600.00	580.00	24	8	231.34	0.9999	14.70	1331.49
5	600.00	580.00	24	8	223.73	0.9906	14.77	1319.23
6	600.00	580.00	24	8	225.01	0.9922	14.76	1321.30
7	600.00	580.00	24	8	230.73	0.9991	14.71	1330.50
8	600.00	580.00	24	8	222.23	0.9888	14.78	1316.81
9	600.00	580.00	24	8	214.59	0.9796	14.85	1304.51
10	600.00	580.00	24	8	211.08	0.9753	14.88	1298.85
11	600.00	580.00	24	8	220.45	0.9867	14.80	1313.95
12	600.00	580.00	24	8	230.82	0.9992	14.71	1330.66
13	600.00	580.00	24	8	241.37	1.0120	14.61	1347.64
14	600.00	580.00	39	5	205.83	0.9682	14.94	1285.51
15	600.00	580.00	39	5	216.13	0.9807	14.85	1302.01
16	600.00	580.00	24	8	228.39	0.9963	14.73	1326.73
17	600.00	580.00	24	8	219.76	0.9858	14.81	1312.84
18	600.00	580.00	24	8	211.25	0.9755	14.88	1299.13
19	600.00	580.00	39	5	205.92	0.9683	14.94	1285.64
20	600.00	580.00	39	5	216.42	0.9810	14.84	1302.47
21	600.00	580.00	24	8	228.60	0.9965	14.73	1327.07
22	600.00	580.00	24	8	239.42	1.0096	14.63	1344.50
23	600.00	580.00	24	8	233.53	1.0025	14.68	1335.01
24	600.00	580.00	24	8	224.95	0.9921	14.76	1321.20
25	600.00	580.00	24	8	216.69	0.9821	14.83	1307.89
26	600.00	580.00	24	8	213.03	0.9777	14.87	1301.99
27	600.00	580.00	24	8	223.17	0.9900	14.78	1318.33
28	600.00	580.00	24	8	233.51	1.0025	14.68	1334.98
29	600.00	580.00	24	8	244.24	1.0155	14.58	1352.28
14.75								

SLD - Caratteristiche sistema di isolamento con dispositivi nuovi

Isolatore	ϕD [mm]	D [mm]	n	t_i [mm]	dE [mm]	G(γ) [N/mm ²]	ξ (γ) [%]	Ke [N/mm]
1	600.00	580.00	24	8	71.55	1.2330	17.54	1641.95
2	600.00	580.00	24	8	69.33	1.2675	17.55	1687.95
3	600.00	580.00	24	8	67.57	1.2947	17.56	1724.15
4	600.00	580.00	24	8	65.92	1.3183	17.57	1755.58
5	600.00	580.00	24	8	63.78	1.3505	17.59	1798.40
6	600.00	580.00	24	8	63.87	1.3599	17.59	1810.95
7	600.00	580.00	24	8	65.17	1.3355	17.58	1778.52
8	600.00	580.00	24	8	63.03	1.3652	17.59	1818.08
9	600.00	580.00	24	8	61.24	1.3909	17.60	1852.21
10	600.00	580.00	24	8	60.26	1.4053	17.61	1871.47
11	600.00	580.00	24	8	62.67	1.3754	17.60	1831.68
12	600.00	580.00	24	8	65.35	1.3409	17.58	1785.69
13	600.00	580.00	24	8	68.07	1.3055	17.57	1738.50
14	600.00	580.00	39	5	58.78	1.4270	17.62	1894.61
15	600.00	580.00	39	5	61.43	1.3931	17.60	1849.54
16	600.00	580.00	24	8	64.47	1.3598	17.59	1810.90
17	600.00	580.00	24	8	62.30	1.3862	17.60	1845.98
18	600.00	580.00	24	8	60.15	1.4119	17.61	1880.23
19	600.00	580.00	39	5	58.72	1.4303	17.62	1899.04
20	600.00	580.00	39	5	61.45	1.3954	17.61	1852.64
21	600.00	580.00	24	8	64.69	1.3516	17.59	1799.93
22	600.00	580.00	24	8	67.49	1.3149	17.57	1751.08
23	600.00	580.00	24	8	65.67	1.3493	17.59	1796.79
24	600.00	580.00	24	8	63.48	1.3759	17.60	1832.29
25	600.00	580.00	24	8	61.39	1.4011	17.61	1865.79
26	600.00	580.00	24	8	60.48	1.4113	17.61	1879.43
27	600.00	580.00	24	8	63.12	1.3772	17.60	1833.96
28	600.00	580.00	24	8	65.80	1.3422	17.58	1787.34
29	600.00	580.00	24	8	68.60	1.3053	17.57	1738.27
17.59								



SLD - Caratteristiche sistema di isolamento con dispositivi nuovi

Isolatore	ϕD [mm]	D [mm]	n	t_i [mm]	dE [mm]	G(γ) [N/mm ²]	ξ (γ) [%]	Ke [N/mm]
1	600.00	580.00	24	8	61.79	1.5827	17.57	2107.65
2	600.00	580.00	24	8	59.51	1.6235	17.59	2161.95
3	600.00	580.00	24	8	57.64	1.6572	17.60	2206.83
4	600.00	580.00	24	8	55.95	1.6858	17.61	2244.95
5	600.00	580.00	24	8	53.75	1.7244	17.62	2296.37
6	600.00	580.00	24	8	53.57	1.7384	17.63	2314.97
7	600.00	580.00	24	8	54.92	1.7036	17.62	2268.70
8	600.00	580.00	24	8	52.90	1.7408	17.63	2318.15
9	600.00	580.00	24	8	51.10	1.7722	17.64	2359.97
10	600.00	580.00	24	8	50.08	1.7897	17.65	2383.39
11	600.00	580.00	24	8	52.44	1.7557	17.63	2338.08
12	600.00	580.00	24	8	54.94	1.7186	17.62	2288.64
13	600.00	580.00	24	8	57.50	1.6802	17.61	2237.54
14	600.00	580.00	39	5	48.66	1.8131	17.66	2407.20
15	600.00	580.00	39	5	51.14	1.7768	17.64	2359.00
16	600.00	580.00	24	8	53.97	1.7376	17.63	2313.93
17	600.00	580.00	24	8	51.94	1.7671	17.64	2353.30
18	600.00	580.00	24	8	49.94	1.7958	17.65	2391.40
19	600.00	580.00	39	5	48.52	1.8177	17.66	2413.28
20	600.00	580.00	39	5	51.09	1.7800	17.64	2363.23
21	600.00	580.00	24	8	54.26	1.7312	17.63	2305.36
22	600.00	580.00	24	8	56.93	1.6911	17.61	2252.06
23	600.00	580.00	24	8	54.92	1.7275	17.62	2300.52
24	600.00	580.00	24	8	52.86	1.7576	17.64	2340.60
25	600.00	580.00	24	8	50.92	1.7856	17.65	2377.88
26	600.00	580.00	24	8	50.10	1.7972	17.65	2393.32
27	600.00	580.00	24	8	52.58	1.7604	17.64	2344.37
28	600.00	580.00	24	8	55.11	1.7226	17.62	2293.93
29	600.00	580.00	24	8	57.79	1.6821	17.61	2240.08
							17.63	

SLU - Torcenti di piano sistema di isolamento con dispositivi nuovi

T	2.08	sec
ξ	14.56	%
Sa	1.32	m/sec ²
Fhmax	4525.98	kN

Piano	Fhi [kN]	ex,acc [m]	Mti,x [kNm]	ey,acc [m]	Mti,y [kNm]
Terra	1174.89	1.23	1439.24	1.50	1762.33
Primo	1013.58	1.23	1241.63	1.50	1520.36
Secondo	1059.86	1.23	1298.32	1.50	1589.79
Terzo	1109.27	1.23	1358.85	1.50	1663.90
Quarto	165.95	1.23	203.28	1.50	248.92

**SLU - Torcenti di piano sistema di isolamento con dispositivi invecchiati**

T	1.93	sec
ξ	14.75	%
Sa	1.41	m/sec ²
Fhmax	4852.71	kN

Piano	Fhi [kN]	ex,acc [m]	Mti,x [kNm]	ey,acc [m]	Mti,y [kNm]
Terra	1259.70	1.23	1543.13	1.50	1889.55
Primo	1086.74	1.23	1331.26	1.50	1630.12
Secondo	1136.37	1.23	1392.05	1.50	1704.55
Terzo	1189.34	1.23	1456.95	1.50	1784.01
Quarto	177.93	1.23	217.96	1.50	266.89

SLD - Torcenti di piano sistema di isolamento con dispositivi nuovi

T	1.76	sec
ξ	17.59	%
Sa	0.58	m/sec ²
Fhmax	1994.73	kN

Piano	Fhi [kN]	ex,acc [m]	Mti,x [kNm]	ey,acc [m]	Mti,y [kNm]
Terra	517.81	1.23	634.31	1.50	776.71
Primo	446.71	1.23	547.22	1.50	670.07
Secondo	467.11	1.23	572.21	1.50	700.67
Terzo	488.89	1.23	598.89	1.50	733.33
Quarto	73.14	1.23	89.59	1.50	109.71

SLD - Torcenti di piano sistema di isolamento con dispositivi nuovi

T	1.49	sec
ξ	17.63	%
Sa	0.69	m/sec ²
Fhmax	2355.85	kN

Piano	Fhi [kN]	ex,acc [m]	Mti,x [kNm]	ey,acc [m]	Mti,y [kNm]
Terra	611.55	1.23	749.15	1.50	917.32
Primo	527.58	1.23	646.29	1.50	791.37
Secondo	551.67	1.23	675.80	1.50	827.51
Terzo	577.39	1.23	707.31	1.50	866.09
Quarto	86.38	1.23	105.81	1.50	129.57

Combinazioni di carico

SLU condizione non sismica

Le combinazioni di carico relative alle condizioni non sismiche sono dedotte dalla seguente relazioni simbolica

$$F_d = \gamma_g G_K + \gamma_q \left[Q_{K1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\Psi_{0i} Q_{Ki}) \right]$$

dove:

F_d = azioni di progetto

$\gamma_g = 1.4$ (1.0 se il contributo aumenta la sicurezza)

G_K = azioni permanenti (valore caratteristico)

$\gamma_q = 1.5$ (0 se il contributo aumenta la sicurezza)

Q_{Ki} = azioni variabili (valore caratteristico)

$\Psi_0 = 0.7$ = coefficiente di combinazione per neve e carichi solai.

SLU e SLD condizione sismica

Nel caso di azioni sismiche, si adotta la combinazione

$$F_d = \gamma_I E + G_K + \sum_{i=2}^{i=n} (\Psi_{2i} Q_{Ki})$$

dove:

$\gamma_I = 1.4$ (edifici importanti)

$\gamma_I E$ = azione sismica di progetto (SLU e SLD)

$\Psi_2 = 0.2$ = coefficiente di combinazione della copertura

$\Psi_2 = 0.6$ = coefficiente di combinazione dei piani (uffici aperti al pubblico, scuole)

$\Psi_2 = 0.8$ = coefficiente di combinazione dei carichi della scala.

SLE condizione non sismica

Per gli stati limite di esercizio, si considerano le combinazioni di carico

Quasi permanente $F_d = G_K + \sum_{i=2}^{i=n} (\Psi_{2i} Q_{Ki})$

Frequente $F_d = G_K + \Psi_{1i} Q_{K1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\Psi_{2i} Q_{Ki})$

Rara $F_d = G_K + Q_{K1} + \sum_{i=2}^{i=n} (\Psi_{0i} Q_{Ki})$

I coefficienti di combinazione sono riportati in tabella

Azione	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Abitazioni	0.7	0.5	0.2
Uffici, negozi, scuole	0.7	0.6	0.3
Autorimesse	0.7	0.7	0.6
Vento, neve	0.7	0.2	0



Verifiche dei dispositivi di isolamento

Verifiche agli SLU

Le verifiche allo SLU dei dispositivi sono effettuate in accordo all'Allegato 10A dell'OPCM 3431. Oltre ai dati riportati nelle tabelle, sono considerati i seguenti valori dei moduli di elasticità e della tensione di snervamento caratteristica dei lamierini in acciaio.

Modulo di elasticità dinamico efficace isolatori nuovi ($\gamma_s = 1.00$)	$G_{din,1} = 0.80$ MPa
Modulo di elasticità dinamico efficace isolatori invecchiati ($\gamma_s = 1.00$)	$G_{din,1} = 0.96$ MPa
Modulo di compressibilità volumetrica della gomma	$E_b = 2000$ N/mm ²
Tensione di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 375$ N/mm ²

I risultati delle verifiche agli SLU degli isolatori vengono sintetizzati nelle tabelle che seguono.

Verifiche agli SLD

In accordo al punto 10.8.1 dell'OPCM 3431, poiché risultano soddisfatte le verifiche agli SLU dei dispositivi di isolamento, si ritiene che il livello di protezione richiesto nei confronti dello SLD sia conseguito.

Caratteristiche isolatori

Diametro totale dell'isolatore	ϕD	
Diametro delle piastre di armatura	D	
Numero degli strati di elastomero	n	
Spessore del singolo strato di elastomero	t_i	
Spessore delle piastre di armatura	t_s	
Spessore totale dell'elastomero	$t_e = nt_i$	se $t_i \leq 3mm$
	$t_e = (n + 0.8)t_i$	se $t_i > 3mm$
Superficie comune elastomero piastra di acciaio	$A' = \pi \frac{D^2}{4}$	
Fattore di forma primario	$S_1 = \frac{A'}{L} = \frac{D}{4t_i}$	
Fattore di forma secondario	$S_2 = \frac{D}{t_e}$	

Isol.	Caratteristiche isolatore								
	ϕD [mm]	D [mm]	n	t_i [mm]	t_s [mm]	t_e [mm]	A' [mm ²]	S1	S2
1	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
2	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
3	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
4	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
5	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
6	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
7	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
8	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
9	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
10	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
11	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
12	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
13	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
14	600.00	580.00	39	5	2	199.00	264207.94	29.00	2.91
15	600.00	580.00	39	5	2	199.00	264207.94	29.00	2.91
16	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
17	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
18	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
19	600.00	580.00	39	5	2	199.00	264207.94	29.00	2.91
20	600.00	580.00	39	5	2	199.00	264207.94	29.00	2.91
21	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
22	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
23	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
24	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
25	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
26	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
27	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
28	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92
29	600.00	580.00	24	8	2	198.40	264207.94	18.13	2.92

Forze e spostamenti

Forza assiale massima

$$V_{max}$$

Forza assiale minima

$$V_{min}$$

Spostamento massimo di progetto (le deformazioni da ritiro, fluage e termiche si ritengono trascurabili date la modeste dimensioni dell'edificio)

$$d_E = 1.2 \gamma_I \text{Max} \left\{ \left[d_{Ex}^2 + (0.3d_{Ey})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \left[d_{Ey}^2 + (0.3d_{Ex})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Rotazione totale dell'isolatore

$$\alpha = 1.2 \gamma_I \text{Max} \left\{ \left[\alpha_{Ex}^2 + (0.3\alpha_{Ey})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \left[\alpha_{Ey}^2 + (0.3\alpha_{Ex})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Isolatori nuovi

Isol.	Forze e spostamenti			
	Vmax [kN]	Vmin [kN]	dE [mm]	α [rad]
1	1067.21	-174.60	273.69	0.8759
2	1317.38	234.17	265.33	0.8675
3	1512.73	1354.06	258.46	0.8605
4	1602.17	1109.88	252.03	0.8541
5	1360.47	914.24	244.01	0.8460
6	1411.28	542.05	247.06	0.8481
7	1257.31	878.45	254.94	0.8550
8	1671.58	1625.98	245.32	0.8453
9	1805.89	1594.75	235.78	0.8363
10	1737.20	394.51	231.37	0.8326
11	1394.76	505.30	242.27	0.8430
12	1474.16	1356.63	253.22	0.8547
13	1059.98	529.21	264.34	0.8665
14	2526.67	61.80	227.07	0.8263
15	2697.88	71.20	237.97	0.8378
16	1282.56	954.61	253.06	0.8526
17	1772.62	1690.49	243.33	0.8428
18	1747.25	1550.10	233.72	0.8332
19	3482.61	115.17	227.78	0.8266
20	3527.96	119.15	238.84	0.8383
21	1639.09	1561.42	251.43	0.8524
22	1205.03	893.39	262.77	0.8645
23	942.14	334.14	259.69	0.8588
24	1157.89	871.74	250.09	0.8491
25	1201.66	939.06	240.79	0.8398
26	1193.90	901.26	236.45	0.8356
27	1206.32	904.41	247.08	0.8469
28	1091.29	826.02	257.90	0.8584
29	863.73	370.50	269.09	0.8703

Isolatori invecchiati

Isol.	Forze e spostamenti			
	Vmax [kN]	Vmin [kN]	dE [mm]	α [rad]
1	1120.98	-233.91	251.01	1.0245
2	1373.08	179.64	243.94	1.0149
3	1522.41	1349.14	237.97	1.0071
4	1622.28	1088.63	232.28	0.9999
5	1376.76	897.47	225.37	0.9906
6	1446.34	504.81	227.87	0.9922
7	1271.98	862.14	234.76	0.9991
8	1674.09	1624.73	226.00	0.9888
9	1817.04	1588.29	217.30	0.9796
10	1807.44	337.98	214.07	0.9753
11	1436.45	472.58	223.45	0.9867
12	1481.30	1356.09	233.58	0.9992
13	1079.23	505.95	243.86	1.0120
14	2624.77	-56.15	209.19	0.9682
15	2806.18	-51.45	219.27	0.9807
16	1295.03	941.39	232.90	0.9963
17	1778.07	1688.33	224.04	0.9858
18	1756.90	1545.62	215.27	0.9755
19	3628.18	-31.72	209.72	0.9683
20	3676.19	-30.18	219.98	0.9810
21	1644.54	1563.26	231.82	0.9965
22	1217.03	880.33	242.34	1.0096
23	965.56	307.96	238.75	1.0025
24	1169.58	860.48	229.97	0.9921
25	1211.74	928.23	221.49	0.9821
26	1205.69	889.96	217.59	0.9777
27	1218.42	893.25	227.45	0.9900
28	1102.11	815.57	237.48	1.0025
29	882.75	349.27	247.89	1.0155



Deformazioni e tensioni

Modulo di compressibilità assiale

$$E_c = \left(\frac{1}{6G_{din}S_1^2} + \frac{4}{3E_b} \right)^{-1}$$

Area ridotta efficace dell'isolatore

$$A_r = \frac{(\varphi - \sin \varphi)D^2}{4}$$

$$\text{dove } \varphi = 2 \cdot \arccos \left(\frac{d_E}{D} \right)$$

Modulo di elasticità dinamico efficace (sper.)

$$G_{din} (G_{din,1}, \gamma_s)$$

Carico critico verticale in condizioni sismiche

$$V_{cr} = \frac{G_{din} A_r S_1 D}{t_e}$$

Deformazione di taglio prodotta dalla compressione

$$\gamma_c = \frac{1.5V}{S_1 G_{din} A_r}$$

Deformazione di taglio prodotta dalla rotazione

$$\gamma_\alpha = \frac{a^2}{2t_1 t_e}$$

$$\text{dove } a^2 = \frac{3\alpha D^2}{4}$$

Deformazione di taglio prodotta dallo spostamento

$$\gamma_s = \frac{d_E}{t_e}$$

Deformazione di taglio totale

$$\gamma_t = \gamma_c + \gamma_s + \gamma_\alpha$$

Tensione sulle piastre di armatura

$$\sigma_s = 1.3 \frac{V_{max}(t_1 + t_2)}{A_r t_s}$$

Tensione di trazione elastomero (se $V_{min} < 0$)

$$\sigma_t = \frac{V_{min}}{A'}$$



Isolatori nuovi

Isol.	Ec [N/mm2]	ϕ [rad]	Ar [mm2]	Gdin [N/mm2]	Vcr [kN]	γ_c	a2	γ_a	γ_s	γ_t	σ_s [N/mm2]	σ_t [N/mm2]
1	802.65	2.1587	111570.67	0.876	5178.09	0.90	392.41	0.12	1.38	2.41	119.37	0.66
2	799.03	2.1913	115868.91	0.867	5325.78	1.08	161.49	0.05	1.34	2.47	141.89	---
3	796.04	2.2178	119420.17	0.861	5445.24	1.22	158.86	0.05	1.30	2.57	158.09	---
4	793.22	2.2426	122771.81	0.854	5555.86	1.26	225.63	0.07	1.27	2.61	162.86	---
5	789.66	2.2731	126973.24	0.846	5691.64	1.05	182.37	0.06	1.23	2.34	133.72	---
6	791.02	2.2616	125374.98	0.849	5640.37	1.10	154.13	0.05	1.25	2.39	140.48	---
7	794.50	2.2314	121250.80	0.857	5505.92	1.00	127.09	0.04	1.28	2.33	129.41	---
8	790.24	2.2682	126286.95	0.847	5669.68	1.29	61.85	0.02	1.24	2.55	165.19	---
9	785.97	2.3043	131322.69	0.838	5828.84	1.36	65.16	0.02	1.19	2.57	171.62	---
10	783.98	2.3209	133664.75	0.833	5901.29	1.29	59.95	0.02	1.17	2.48	162.20	---
11	788.88	2.2798	127894.39	0.844	5720.99	1.07	93.77	0.03	1.22	2.32	136.10	---
12	793.74	2.2380	122148.03	0.855	5535.43	1.17	141.48	0.04	1.28	2.49	150.62	---
13	798.61	2.1951	116378.05	0.866	5343.05	0.87	259.72	0.08	1.33	2.28	113.67	---
14	1103.81	2.3371	135954.59	0.828	9517.15	1.16	182.22	0.09	1.14	2.39	144.96	---
15	1107.63	2.2960	130162.66	0.839	9232.23	1.28	180.36	0.09	1.20	2.56	161.67	---
16	793.67	2.2386	122233.75	0.855	5538.24	1.02	96.95	0.03	1.28	2.32	130.95	---
17	789.36	2.2757	127332.58	0.845	5703.11	1.36	60.86	0.02	1.23	2.61	173.74	---
18	785.04	2.3121	132416.21	0.836	5862.79	1.31	76.04	0.02	1.18	2.51	164.67	---
19	1104.07	2.3344	135573.73	0.829	9498.71	1.60	167.00	0.08	1.14	2.83	200.37	---
20	1107.93	2.2928	129703.53	0.840	9209.23	1.67	179.79	0.09	1.20	2.97	212.16	---
21	792.95	2.2449	123086.06	0.853	5566.13	1.29	74.27	0.02	1.27	2.58	166.19	---
22	797.92	2.2012	117189.18	0.865	5370.46	0.98	80.50	0.03	1.32	2.33	128.33	---
23	796.58	2.2131	118785.86	0.862	5424.07	0.76	189.78	0.06	1.31	2.13	98.98	---
24	792.36	2.2500	123783.87	0.852	5588.86	0.91	113.82	0.04	1.26	2.20	116.74	---
25	788.22	2.2854	128671.23	0.843	5745.61	0.92	100.79	0.03	1.21	2.16	116.55	---
26	786.28	2.3018	130965.35	0.838	5817.69	0.90	55.59	0.02	1.19	2.11	113.77	---
27	791.03	2.2614	125359.92	0.849	5639.89	0.94	65.23	0.02	1.25	2.20	120.09	---
28	795.80	2.2200	119710.57	0.860	5454.91	0.88	103.43	0.03	1.30	2.21	113.77	---
29	800.66	2.1767	113931.33	0.871	5259.63	0.72	176.02	0.06	1.36	2.13	94.61	---



Isolatori invecchiati

Isol.	Ec [N/mm ²]	ϕ [rad]	Ar [mm ²]	G _{din} [N/mm ²]	V _{cr} [kN]	γ_c	a ₂	γ_a	γ_s	γ_t	σ_s [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]
1	860.38	2.2465	123303.43	1.024	6687.87	0.74	402.00	0.13	1.27	2.13	113.46	0.89
2	857.29	2.2734	127014.06	1.015	6831.54	0.88	163.75	0.05	1.23	2.16	134.91	---
3	854.67	2.2960	130161.47	1.008	6951.05	0.96	165.10	0.05	1.20	2.21	145.97	---
4	852.15	2.3175	133181.45	1.001	7063.71	1.01	242.95	0.08	1.17	2.25	152.02	---
5	849.06	2.3434	136862.15	0.993	7198.34	0.84	197.62	0.06	1.14	2.04	125.54	---
6	850.18	2.3341	135528.48	0.996	7149.89	0.89	166.31	0.05	1.15	2.09	133.18	---
7	853.25	2.3082	131863.99	1.004	7014.80	0.80	131.85	0.04	1.18	2.02	120.38	---
8	849.34	2.3411	136526.55	0.993	7186.18	1.02	66.82	0.02	1.14	2.18	153.03	---
9	845.42	2.3735	141187.69	0.983	7352.83	1.08	69.76	0.02	1.10	2.20	160.61	---
10	843.95	2.3855	142927.81	0.979	7413.84	1.07	65.44	0.02	1.08	2.17	157.82	---
11	848.20	2.3506	137889.79	0.990	7235.41	0.87	97.66	0.03	1.13	2.03	130.01	---
12	852.73	2.3126	132490.01	1.003	7038.09	0.92	152.37	0.05	1.18	2.15	139.53	---
13	857.26	2.2737	127056.24	1.015	6833.15	0.69	280.78	0.09	1.23	2.01	106.01	---
14	1148.78	2.4036	145562.87	0.972	11962.40	0.96	186.92	0.09	1.05	2.10	140.65	0.21
15	1152.11	2.3662	140131.54	0.984	11660.00	1.05	191.83	0.10	1.10	2.25	156.20	0.19
16	852.43	2.3152	132849.60	1.002	7051.42	0.81	100.52	0.03	1.17	2.01	121.66	---
17	848.46	2.3484	137575.19	0.991	7224.08	1.08	63.44	0.02	1.13	2.23	161.30	---
18	844.50	2.3811	142280.96	0.980	7391.24	1.04	77.47	0.02	1.09	2.15	154.10	---
19	1148.95	2.4016	145272.82	0.973	11946.51	1.33	177.40	0.09	1.05	2.47	194.80	0.12
20	1152.34	2.3636	139748.48	0.985	11638.29	1.38	185.80	0.09	1.11	2.58	205.18	0.11
21	851.95	2.3192	133424.69	1.000	7072.69	1.02	79.11	0.02	1.17	2.21	153.82	---
22	856.59	2.2795	127857.07	1.013	6863.76	0.78	82.38	0.03	1.22	2.02	118.79	---
23	855.01	2.2931	129751.08	1.009	6935.59	0.61	201.27	0.06	1.20	1.88	92.87	---
24	851.12	2.3262	134406.39	0.998	7108.84	0.72	122.43	0.04	1.16	1.92	108.60	---
25	847.32	2.3579	138938.45	0.988	7273.00	0.73	108.51	0.03	1.12	1.88	108.84	---
26	845.55	2.3725	141033.33	0.983	7347.38	0.72	60.26	0.02	1.10	1.84	106.69	---
27	849.99	2.3357	135751.88	0.995	7158.04	0.75	71.20	0.02	1.15	1.92	112.01	---
28	854.46	2.2979	130419.40	1.007	6960.75	0.69	112.04	0.04	1.20	1.93	105.46	---
29	859.02	2.2584	124938.82	1.020	6751.56	0.57	189.66	0.06	1.25	1.88	88.18	---

Esito verifiche

Forza assiale massima in condizioni sismiche

$$V_{max} \leq \frac{V_{cr}}{2}$$

Deformazione di taglio prodotta dallo spostamento sismico

$$\gamma_s \leq 2$$

Deformazione totale di taglio

$$\gamma_t \leq 5$$

Tensione sulle piastre di armatura

$$\sigma_s \leq f_{yk}$$

Tensione di trazione sull'elastomero (nel caso di disp. tesi)

$$\sigma_t \leq \min\{1MPa; 2G_{din}\}$$

Isolatori nuovi

Isolatori invecchiati



Regione Marche

DIPARTIMENTO PER LE POLITICHE INTEGRATE DI SICUREZZA E PER LA PROTEZIONE CIVILE

P.F. RISCHIO SISMICO ED OPERE PUBBLICHE D'EMERGENZA

EDIFICIO ISOLATO

Esiti verifiche						Esiti verifiche					
Isol.	$2V_{max} < V_{cr}$	$\sigma_t < \min(1,2G)$	$\gamma_t < 5$	$\gamma_s < 2$	$\sigma_s < f_{yk}$	Isol.	$2V_{max} < V_{cr}$	$\sigma_t < \min(1,2G)$	$\gamma_t < 5$	$\gamma_s < 2$	$\sigma_s < f_{yk}$
1	ver.	ver.	ver.	ver.	ver.	1	ver.	ver.	ver.	ver.	ver.
2	ver.	---	ver.	ver.	ver.	2	ver.	---	ver.	ver.	ver.
3	ver.	---	ver.	ver.	ver.	3	ver.	---	ver.	ver.	ver.
4	ver.	---	ver.	ver.	ver.	4	ver.	---	ver.	ver.	ver.
5	ver.	---	ver.	ver.	ver.	5	ver.	---	ver.	ver.	ver.
6	ver.	---	ver.	ver.	ver.	6	ver.	---	ver.	ver.	ver.
7	ver.	---	ver.	ver.	ver.	7	ver.	---	ver.	ver.	ver.
8	ver.	---	ver.	ver.	ver.	8	ver.	---	ver.	ver.	ver.
9	ver.	---	ver.	ver.	ver.	9	ver.	---	ver.	ver.	ver.
10	ver.	---	ver.	ver.	ver.	10	ver.	---	ver.	ver.	ver.
11	ver.	---	ver.	ver.	ver.	11	ver.	---	ver.	ver.	ver.
12	ver.	---	ver.	ver.	ver.	12	ver.	---	ver.	ver.	ver.
13	ver.	---	ver.	ver.	ver.	13	ver.	---	ver.	ver.	ver.
14	ver.	---	ver.	ver.	ver.	14	ver.	ver.	ver.	ver.	ver.
15	ver.	---	ver.	ver.	ver.	15	ver.	ver.	ver.	ver.	ver.
16	ver.	---	ver.	ver.	ver.	16	ver.	---	ver.	ver.	ver.
17	ver.	---	ver.	ver.	ver.	17	ver.	---	ver.	ver.	ver.
18	ver.	---	ver.	ver.	ver.	18	ver.	---	ver.	ver.	ver.
19	ver.	---	ver.	ver.	ver.	19	ver.	ver.	ver.	ver.	ver.
20	ver.	---	ver.	ver.	ver.	20	ver.	ver.	ver.	ver.	ver.
21	ver.	---	ver.	ver.	ver.	21	ver.	---	ver.	ver.	ver.
22	ver.	---	ver.	ver.	ver.	22	ver.	---	ver.	ver.	ver.
23	ver.	---	ver.	ver.	ver.	23	ver.	---	ver.	ver.	ver.
24	ver.	---	ver.	ver.	ver.	24	ver.	---	ver.	ver.	ver.
25	ver.	---	ver.	ver.	ver.	25	ver.	---	ver.	ver.	ver.
26	ver.	---	ver.	ver.	ver.	26	ver.	---	ver.	ver.	ver.
27	ver.	---	ver.	ver.	ver.	27	ver.	---	ver.	ver.	ver.
28	ver.	---	ver.	ver.	ver.	28	ver.	---	ver.	ver.	ver.
29	ver.	---	ver.	ver.	ver.	29	ver.	---	ver.	ver.	ver.

Verifiche connessioni isolatori

Si verificano i bulloni di collegamento e le piastre di estremità degli isolatori, nonché i collegamenti e le piastre di ancoraggio alla struttura dei dispositivi di isolamento. I collegamenti bullonati sono dimensionati con riferimento alla norma CNR 10011: “Costruzioni in acciaio: Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”.

Il taglio massimo con il quale verificare gli elementi di connessione si ricava dall’isolatore più sollecitato (ISO 1):

$$T = \sqrt{T_X^2 + T_Y^2} = \sqrt{288.5^2 + 184.6^2} \cong 345kN$$

Giunzione HDRB – Piastre

Verifica a taglio dei bulloni

numero bulloni	8	
diametro nominale d	18	mm
classe vite	8.8	
resistenza di progetto a taglio $f_{d,v}$	396	MPa
area resistente A_{res}	192	mm ²

$$\tau = \frac{T}{nA_{res}} = 224.61MPa \leq f_{d,v} = 396MPa$$

Verifica a rifollamento della piastra:

spessore s	20	mm
acciaio	Fe430:	
resistenza f_d	275	MPa

$$\sigma_{rif} = \frac{T}{d s n} = 119.8MPa \leq 2.5 \cdot f_d = 687.5MPa$$

Piastre di connessione e tirafondi

Verifica a taglio dei bulloni

numero bulloni	4	
diametro nominale d	26	mm
classe vite	8.8	



resistenza di progetto a taglio $f_{d,v}$ 396 MPa

area resistente A_{res} 424 mm²

$$\tau = \frac{T}{nA_{res}} = 203.42 MPa \leq f_{d,v} = 396 MPa$$

Verifica a rifollamento della piastra

spessore s 25 mm

acciaio Fe510:

resistenza f_d 355 MPa

$$\sigma_{rif} = \frac{T}{d s n} = 132.69 MPa \leq \frac{50}{25} f_d = 710 MPa$$

Verifica di aderenza delle zanchettine di ancoraggio (isolatori in trazione)

numero zanchettine 4

diametro nominale 50 mm

lunghezza di ancoraggio l 300 mm

forza di trazione massima V_{max} 235 kN

resistenza a trazione del cls $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{cm} =$ 2.02 N/mm²

tensione tangenziale di aderenza $f_{bd} = 0.5 \times 2.25 \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} =$ 1.42 N/mm²

$$f_{bs} = \frac{V}{4\pi dl} = 1.44 N / mm^2 < 2.84 N / mm^2$$



Verifiche agli SLU della struttura

Gli elementi della sottostruttura sono verificati rispetto alle sollecitazioni ricavate direttamente dall'analisi. I coefficienti di sicurezza dei materiali γ_m sono gli stessi di quelli previsti dalla normativa per gli edifici non isolati

$$\text{acciaio} \quad \gamma_s = 1.15$$

$$\text{calcestruzzo} \quad \gamma_c = 1.6$$

Le verifiche allo SLU degli elementi della sovrastruttura sono condotte considerando come sollecitazioni di progetto quelle ottenute dall'analisi sismica divise per il fattore di struttura

$q = 1.15 \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$, in cui $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1.3$ in accordo a quanto specificato al punto 5.3.2 dell'OPCM 3431.

$$q = 1.15 \frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1.495$$

Per quanto riguarda i minimi dimensionali e di armatura (OPCM 3431 - Punto 10.3), ci si riferisce ai particolari costruttivi validi per costruzioni in zona 4 (OPCM 3431 - Punto 5.8).

Travi

I momenti flettenti di calcolo ed i tagli sono ottenuti dall'analisi globale della struttura, tenuto conto delle combinazioni precedentemente definite.

In ogni sezione della trave, il rapporto d'armatura al bordo superiore e quello al bordo inferiore sono compresi entro i limiti (OPCM 3431 - Punto 5.5.2.2):

$$\frac{1.4}{f_{yk}} < \rho < \rho_c + \frac{3.5}{f_{yk}}$$

dove:

ρ è il rapporto geometrico di armatura = $\frac{A_s}{bh}$ oppure $\frac{A_i}{bh}$;

ρ_c è il rapporto geometrico di armatura compressa;

A_s e A_i rappresentano l'area dell'armatura longitudinale, rispettivamente superiore e inferiore;

f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio (in MPa).



L'armatura superiore per il momento negativo alle estremità delle travi è contenuta per almeno il 75% entro la larghezza dell'anima e comunque entro una fascia di soletta pari rispettivamente alla larghezza del pilastro, o alla larghezza del pilastro aumentata di 2 volte lo spessore della soletta da ciascun lato del pilastro, a seconda che nel nodo manchi o sia presente una trave ortogonale.

Almeno due barre di diametro non inferiore a 12 mm sono disposte superiormente e inferiormente per tutta la lunghezza della trave.

A ciascuna estremità collegata con pilastri, per un tratto pari a due volte l'altezza utile della sezione trasversale, la percentuale di armatura compressa non è minore della metà di quella tesa nella stessa sezione.

Almeno un quarto dell'armatura superiore necessaria alle estremità della trave è mantenuta per tutto il bordo superiore della trave.

Nelle zone di attacco con i pilastri, per un tratto pari a una volta l'altezza utile della sezione trasversale, sono previste staffe di contenimento. La prima staffa di contenimento non dista più di 5 cm dalla sezione a filo pilastro; le successive sono disposte ad un passo non maggiore della più piccola delle grandezze seguenti:

- un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;
- 15 cm.

Nelle rimanenti parti si dispongono staffe a due bracci da 8 mm in modo da rispettare i minimi previsti dal DM 9/1/96:

- area minima staffe (cm²/m): $A_{min} = 0.10(1 + 0.15d/b)b$;
- almeno 3 staffe per metro;
- passo minimo $s = 0.8 d$.

Pilastr

Il progetto dei pilastri viene eseguito considerando una sollecitazione di presso-flessione deviata. I momenti flettenti di calcolo sono ottenuti dall'analisi globale della struttura, tenuto conto delle combinazioni delle componenti dell'azione sismica e delle combinazioni delle azioni sismiche con le altre azioni. Le armature riportate nei tabulati allegati si riferiscono al quantitativo totale di armatura valutato in base all'EUROCODICE 2.

Per l'armatura longitudinale valgono i limiti definiti per le strutture in zona non sismica (*DM 9/1/96 : Punto 4.2.1*); l'area minima di armatura longitudinale è pari a

$$A_{s,min} = 0.15 \frac{N_{sd}}{f_{yd}}$$

dove N_{sd} forza normale di calcolo. In ogni caso, l'area delle armature longitudinali disposte nelle colonne risulta

$$1\% < \frac{A_s}{A_c} < 4\%$$

Il numero minimo di barre longitudinali è quattro con diametro è minore di 12 mm.

Si dispongono staffe di contenimento alle due estremità del pilastro per una lunghezza pari alla maggiore delle seguenti quantità:

- il lato maggiore della sezione trasversale;
- un sesto dell'altezza netta del pilastro;
- 45 cm.

In ciascuna delle due zone di estremità del pilastro le barre disposte sugli angoli della sezione sono contenute dalle staffe e almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, è trattenuta da staffe interne o da legature; le barre non fissate non si trovano a meno di 15 cm da una barra fissata. Le staffe di contenimento hanno diametro non è inferiore a 8 mm e sono disposte ad un passo pari alla più piccola delle seguenti dimensioni:

- un quarto del lato minore della sezione trasversale;
- 15 cm.

Nelle rimanenti zone si dispongono staffe poste ad interasse non maggiore di 15 volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 25 cm.

Nodi

Si considerano staffe all'interno del nodo lungo le armature longitudinali dei pilastri in quantità almeno pari alla maggiore prevista nelle zone critiche del pilastro poste adiacenti al nodo.

Per nodi non confinati le staffe orizzontali presenti lungo l'altezza del nodo verificano la seguente condizione:

$$\frac{n_{st} A_{st}}{i \bar{b}} \geq 0.15 \frac{R_{ck}}{f_{yd}}$$

nella quale n_{st} ed A_{st} sono rispettivamente il numero di bracci e l'area della sezione trasversale di tondino della singola staffa orizzontale, i è l'interasse delle staffe e \bar{b} è la larghezza utile del nodo.

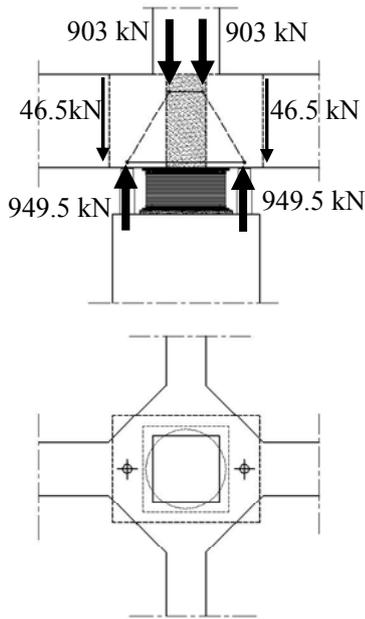
Armature locali nelle zone di applicazione degli isolatori

Le armature locali vengono dimensionate considerando la condizione di sollevamento della



struttura nel caso di sostituzione degli apparecchi di isolamento. Si considera la combinazione di carico rara nell'ipotesi di sostituzione degli apparecchi in condizioni di esercizio della struttura.

L'appoggio tra quelli applicati al di sotto delle colonne che risulta soggetto alla maggior forza di compressione è il 17, per il quale si ha una forza di compressione in condizioni non sismiche di 1899 kN.



Distanza reciproca martinetti D	0.90	m
Altezza trave	H	0.70 m
Larghezza colonna sovrastante	B	0.50 m
Copriferro	c	0.04 m
Inclinazione biella compressa	$\phi = \arctan(0.8(H-c)/((D-B/2)/2)) = 58^\circ$	
Trazione sulle armature	$T = 903 \times \cot\phi = 565 \text{ kN}$	
Quantitativo di armatura	$A_s = 565000 / 370 = 1527 \text{ mm}^2$ (6 ϕ 18)	

La verifica a taglio viene condotta considerando l'effetto arco

$$\beta = 2.5 d/x$$

$$= 2.5 (0.70 - 0.04) / ((0.90 - 0.50/2)/2) = 5.07 \rightarrow \beta = 5$$

$$V_{Rd1} = \beta \tau_{Rd} k (1.2 + 40 \rho_l) b_w d$$

$$= (5 \times 0.32 \times 1 \times (1.2 + 40 \times 0.0034) \times 700 \times 660) / 1000$$

$$= 985 \text{ kN}$$



Verifiche agli SLE della struttura

Le verifiche agli stati limite di esercizio vengono condotte considerando il comportamento lineare degli elementi strutturali trascurando la resistenza a trazione del calcestruzzo ed omogeneizzando le parti in acciaio considerando il coefficiente $n=15$.

Condizioni ambientali e tipologia delle armature

- ambiente poco aggressivo;
- armatura poco sensibile.

Stato Limite di Fessurazione

In accordo al punto 4.4.2.3 (controllo della fessurazione senza calcolo diretto) della UNI ENV 1992-1-1, l'ampiezza delle fessure viene controllata disponendo i quantitativi minimi di armatura previsti e rispettando le limitazioni dei diametri e della spaziatura delle armature previsti nelle tabelle 4.11 e 4.12.

Stato Limite delle Tensioni di Esercizio

Le tensioni nel calcestruzzo risultano inferiori ai seguenti limiti:

- combinazione di carico rara: $0.60 f_{ck}$;
- combinazione di carico quasi permanente: $0.45 f_{ck}$.

Le tensioni nelle armature risultano inferiori al seguente limite:

- combinazione di carico rara: $0.70 f_{yk}$;

Stato Limite di Deformazione

Si omette la verifica in quanto le luci delle travi risultano inferiori a 10 m, il rapporto luce altezza per tutte le travi è inferiore a 20 e le verifiche agli stati limite ultimi sono state condotte con l'analisi lineare della struttura.

Verifiche agli SLD della struttura

In accordo al punto 10.8.1 dell'OPCM 3431, il livello di protezione richiesto per la sottostruttura e le fondazioni nei confronti dello SLD si ritiene conseguito poiché sono soddisfatte le relative verifiche nei confronti dello SLU.

La verifica allo SLD della sovrastruttura è svolta controllando che gli spostamenti di interpiano (d_r) ottenuti dall'analisi siano inferiori ai limiti indicati nel punto 4.10.2. dell'OPCM 3431 per le strutture ordinarie in cemento armato, secondo cui il valore massimo di tali spostamenti deve rispettare la seguente limitazione

$$d_r < 0.005h$$

dove h è l'altezza di interpiano.

Le verifiche vengono condotte per i pilastri d'angolo della struttura principale e delle parti in sopraelevazione per i quali si hanno le situazioni di spostamento di interpiano più gravose. Con le sigle SLD1 e SLD2 si indicano le combinazioni

$$\text{SLD1} \quad F_d = \gamma_1 (E_x + 0.3E_y) + G_K + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{Ki})$$

$$\text{SLD2} \quad F_d = \gamma_1 (0.3E_x + E_y) + G_K + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{Ki})$$

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati dei calcoli analitici.

Isolatori nuovi

Pilastro 1							
Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0038	0.0026	0.0046	0.0160	ver.
			-0.0036	-0.0029	0.0046	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0046	0.0028	0.0054	0.0160	ver.
			-0.0042	-0.0033	0.0053	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0038	0.0017	0.0041	0.0160	ver.
			-0.0031	-0.0027	0.0041	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0026	0.0029	0.0039	0.0160	ver.
			-0.0024	-0.0031	0.0040	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0033	0.0030	0.0044	0.0160	ver.
			-0.0028	-0.0035	0.0045	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0027	0.0018	0.0033	0.0160	ver.
			-0.0021	-0.0028	0.0035	0.0160	ver.

Isolatori invecchiati

Pilastro 1							
Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0045	0.0032	0.0055	0.0160	ver.
			-0.0043	-0.0034	0.0055	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0054	0.0034	0.0064	0.0160	ver.
			-0.0050	-0.0040	0.0064	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0044	0.0021	0.0049	0.0160	ver.
			-0.0037	-0.0031	0.0049	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0031	0.0034	0.0046	0.0160	ver.
			-0.0029	-0.0036	0.0046	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0038	0.0035	0.0052	0.0160	ver.
			-0.0034	-0.0041	0.0053	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0032	0.0022	0.0038	0.0160	ver.
			-0.0025	-0.0032	0.0041	0.0160	ver.

Pilastro 4

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0035	0.0018	0.0039	0.0160	ver.
			-0.0033	-0.0019	0.0038	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0042	0.0019	0.0045	0.0160	ver.
			-0.0038	-0.0022	0.0044	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0034	0.0011	0.0036	0.0160	ver.
			-0.0028	-0.0019	0.0034	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0021	0.0012	0.0024	0.0160	ver.
			-0.0015	-0.0013	0.0020	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0024	0.0023	0.0033	0.0160	ver.
			-0.0022	-0.0025	0.0033	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0029	0.0025	0.0038	0.0160	ver.
			-0.0026	-0.0028	0.0038	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0025	0.0015	0.0029	0.0160	ver.
			-0.0019	-0.0024	0.0030	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0015	0.0017	0.0023	0.0160	ver.
			-0.0009	-0.0019	0.0021	0.0160	ver.

Pilastro 4

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0041	0.0021	0.0046	0.0160	ver.
			-0.0039	-0.0022	0.0045	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0049	0.0022	0.0053	0.0160	ver.
			-0.0045	-0.0025	0.0052	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0040	0.0013	0.0042	0.0160	ver.
			-0.0034	-0.0021	0.0040	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0025	0.0014	0.0028	0.0160	ver.
			-0.0018	-0.0015	0.0024	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0028	0.0027	0.0039	0.0160	ver.
			-0.0026	-0.0029	0.0039	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0034	0.0029	0.0044	0.0160	ver.
			-0.0030	-0.0032	0.0044	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0029	0.0018	0.0034	0.0160	ver.
			-0.0022	-0.0027	0.0035	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0017	0.0020	0.0026	0.0160	ver.
			-0.0011	-0.0021	0.0024	0.0160	ver.



Regione Marche

DIPARTIMENTO PER LE POLITICHE INTEGRATE DI SICUREZZA E PER LA PROTEZIONE CIVILE

P.F. RISCHIO SISMICO ED OPERE PUBBLICHE D'EMERGENZA

EDIFICIO ISOLATO

Isolatori nuovi

Pilastro 6

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0031	0.0015	0.0034	0.0160	ver.
			-0.0030	-0.0016	0.0034	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0037	0.0016	0.0040	0.0160	ver.
			-0.0034	-0.0018	0.0038	0.0160	ver.
SLD1	3	3.20	0.0031	0.0010	0.0032	0.0160	ver.
			-0.0026	-0.0016	0.0030	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0021	0.0010	0.0023	0.0160	ver.
			-0.0013	-0.0014	0.0019	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0021	0.0023	0.0031	0.0160	ver.
			-0.0020	-0.0024	0.0031	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0026	0.0025	0.0036	0.0160	ver.
			-0.0023	-0.0027	0.0035	0.0160	ver.
SLD2	3	3.20	0.0022	0.0017	0.0028	0.0160	ver.
			-0.0017	-0.0023	0.0029	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0015	0.0016	0.0021	0.0160	ver.
			-0.0006	-0.0020	0.0021	0.0160	ver.

Pilastro 13

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0027	0.0018	0.0033	0.0160	ver.
			-0.0026	-0.0018	0.0032	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0033	0.0020	0.0038	0.0160	ver.
SLD1	3	3.20	-0.0030	-0.0021	0.0037	0.0160	ver.
			0.0028	0.0014	0.0031	0.0160	ver.
			-0.0023	-0.0018	0.0029	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0018	0.0028	0.0033	0.0160	ver.
			-0.0017	-0.0027	0.0032	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0022	0.0031	0.0038	0.0160	ver.
SLD2	3	3.20	-0.0020	-0.0032	0.0037	0.0160	ver.
			0.0019	0.0023	0.0030	0.0160	ver.
			-0.0015	-0.0026	0.0030	0.0160	ver.

Pilastro 14

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0025	0.0014	0.0029	0.0160	ver.
			-0.0025	-0.0015	0.0029	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0030	0.0015	0.0034	0.0160	ver.
			-0.0028	-0.0018	0.0033	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0026	0.0009	0.0027	0.0160	ver.
SLD1	4	3.20	-0.0022	-0.0016	0.0027	0.0160	ver.
			0.0023	0.0009	0.0025	0.0160	ver.
			-0.0022	-0.0012	0.0025	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0004	0.0002	0.0004	0.0095	ver.
			-0.0016	-0.0006	0.0017	0.0095	ver.
SLD2	1	3.20	0.0017	0.0021	0.0027	0.0160	ver.
			-0.0016	-0.0022	0.0027	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0020	0.0023	0.0030	0.0160	ver.
			-0.0018	-0.0025	0.0031	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0018	0.0015	0.0023	0.0160	ver.
SLD2	4	3.20	-0.0014	-0.0022	0.0026	0.0160	ver.
			0.0016	0.0015	0.0022	0.0160	ver.
			-0.0014	-0.0018	0.0023	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0006	0.0004	0.0007	0.0095	ver.
			-0.0015	-0.0008	0.0017	0.0095	ver.

Pilastro 18

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0022	0.0018	0.0028	0.0160	ver.
			-0.0022	-0.0019	0.0029	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0026	0.0019	0.0032	0.0160	ver.
			-0.0024	-0.0022	0.0033	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0022	0.0011	0.0024	0.0160	ver.
SLD1	4	3.20	-0.0019	-0.0019	0.0027	0.0160	ver.
			0.0022	0.0011	0.0025	0.0160	ver.
			-0.0021	-0.0014	0.0025	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0003	0.0006	0.0006	0.0095	ver.
			-0.0016	-0.0002	0.0017	0.0095	ver.
SLD2	1	3.20	0.0015	0.0023	0.0028	0.0160	ver.
			-0.0015	-0.0025	0.0029	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0018	0.0025	0.0030	0.0160	ver.
			-0.0016	-0.0028	0.0032	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0015	0.0015	0.0021	0.0160	ver.
SLD2	4	3.20	-0.0012	-0.0024	0.0026	0.0160	ver.
			0.0015	0.0017	0.0022	0.0160	ver.
			-0.0014	-0.0019	0.0023	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0005	0.0008	0.0009	0.0095	ver.
			-0.0014	-0.0004	0.0014	0.0095	ver.

Isolatori invecchiati

Pilastro 6

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0036	0.0017	0.0040	0.0160	ver.
			-0.0035	-0.0018	0.0039	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0043	0.0018	0.0047	0.0160	ver.
			-0.0040	-0.0020	0.0045	0.0160	ver.
SLD1	3	3.20	0.0036	0.0012	0.0038	0.0160	ver.
			-0.0030	-0.0017	0.0035	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0024	0.0011	0.0026	0.0160	ver.
			-0.0016	-0.0016	0.0022	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0024	0.0027	0.0036	0.0160	ver.
			-0.0023	-0.0027	0.0036	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0030	0.0029	0.0042	0.0160	ver.
			-0.0027	-0.0031	0.0041	0.0160	ver.
SLD2	3	3.20	0.0025	0.0020	0.0032	0.0160	ver.
			-0.0020	-0.0026	0.0033	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0016	0.0018	0.0025	0.0160	ver.
			-0.0008	-0.0023	0.0024	0.0160	ver.

Pilastro 13

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0032	0.0022	0.0039	0.0160	ver.
			-0.0031	-0.0022	0.0038	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0038	0.0025	0.0045	0.0160	ver.
SLD1	3	3.20	-0.0035	-0.0025	0.0043	0.0160	ver.
			0.0032	0.0018	0.0036	0.0160	ver.
			-0.0027	-0.0021	0.0034	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0021	0.0032	0.0038	0.0160	ver.
			-0.0020	-0.0032	0.0038	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0026	0.0037	0.0045	0.0160	ver.
SLD2	3	3.20	-0.0023	-0.0037	0.0044	0.0160	ver.
			0.0022	0.0027	0.0035	0.0160	ver.
			-0.0018	-0.0031	0.0035	0.0160	ver.

Pilastro 14

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0029	0.0017	0.0033	0.0160	ver.
			-0.0028	-0.0018	0.0033	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0035	0.0017	0.0039	0.0160	ver.
			-0.0032	-0.0020	0.0038	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0029	0.0011	0.0031	0.0160	ver.
SLD1	4	3.20	-0.0025	-0.0018	0.0031	0.0160	ver.
			0.0027	0.0011	0.0029	0.0160	ver.
			-0.0025	-0.0014	0.0029	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0003	0.0002	0.0004	0.0095	ver.
			-0.0017	-0.0006	0.0018	0.0095	ver.
SLD2	1	3.20	0.0019	0.0024	0.0031	0.0160	ver.
			-0.0018	-0.0025	0.0031	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0023	0.0026	0.0035	0.0160	ver.
			-0.0021	-0.0029	0.0036	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0020	0.0018	0.0027	0.0160	ver.
SLD2	4	3.20	-0.0016	-0.0025	0.0029	0.0160	ver.
			0.0018	0.0017	0.0025	0.0160	ver.
			-0.0017	-0.0020	0.0026	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0005	0.0004	0.0006	0.0095	ver.
			-0.0016	-0.0009	0.0018	0.0095	ver.

Pilastro 18

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0025	0.0021	0.0033	0.0160	ver.
			-0.0025	-0.0022	0.0033	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0029	0.0022	0.0036	0.0160	ver.
			-0.0028	-0.0025	0.0038	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0025	0.0013	0.0028	0.0160	ver.
SLD1	4	3.20	-0.0022	-0.0021	0.0031	0.0160	ver.
			0.0025	0.0013	0.0028	0.0160	ver.
			-0.0024	-0.0016	0.0028	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0001	0.0006	0.0007	0.0095	ver.
			-0.0017	-0.0003	0.0018	0.0095	ver.
SLD2	1	3.20	0.0017	0.0027	0.0032	0.0160	ver.
			-0.0017	-0.0029	0.0033	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0020	0.0029	0.0035	0.0160	ver.
			-0.0019	-0.0032	0.0037	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0017	0.0018	0.0025	0.0160	ver.
SLD2	4	3.20	-0.0014	-0.0027	0.0030	0.0160	ver.
			0.0017	0.0019	0.0026	0.0160	ver.
			-0.0016	-0.0022	0.0027	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0004	0.0009	0.0010	0.0095	ver.
			-0.0014	-0.0005	0.0015	0.0095	ver.



Regione Marche

DIPARTIMENTO PER LE POLITICHE INTEGRATE DI SICUREZZA E PER LA PROTEZIONE CIVILE

P.F. RISCHIO SISMICO ED OPERE PUBBLICHE D'EMERGENZA

EDIFICIO ISOLATO

Isolatori nuovi

Pilastro 19

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0022	0.0014	0.0026	0.0160	ver.
			-0.0022	-0.0015	0.0027	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0026	0.0015	0.0030	0.0160	ver.
			-0.0024	-0.0018	0.0030	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0022	0.0009	0.0024	0.0160	ver.
			-0.0019	-0.0016	0.0025	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0023	0.0009	0.0025	0.0160	ver.
			-0.0020	-0.0012	0.0024	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0004	0.0002	0.0004	0.0095	ver.
			-0.0017	-0.0006	0.0018	0.0095	ver.
SLD2	1	3.20	0.0015	0.0021	0.0026	0.0160	ver.
			-0.0015	-0.0022	0.0027	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0018	0.0023	0.0029	0.0160	ver.
			-0.0016	-0.0025	0.0030	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0015	0.0015	0.0021	0.0160	ver.
			-0.0012	-0.0022	0.0025	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0016	0.0015	0.0022	0.0160	ver.
			-0.0013	-0.0018	0.0022	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0006	0.0004	0.0007	0.0095	ver.
			-0.0014	-0.0008	0.0016	0.0095	ver.

Pilastro 23

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0021	0.0026	0.0033	0.0160	ver.
			-0.0021	-0.0029	0.0036	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0023	0.0028	0.0036	0.0160	ver.
			-0.0023	-0.0033	0.0040	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0020	0.0017	0.0026	0.0160	ver.
			-0.0018	-0.0027	0.0033	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0016	0.0029	0.0033	0.0160	ver.
			-0.0016	-0.0031	0.0035	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0017	0.0030	0.0035	0.0160	ver.
			-0.0017	-0.0035	0.0039	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0014	0.0018	0.0023	0.0160	ver.
			-0.0013	-0.0028	0.0031	0.0160	ver.

Pilastro 25

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0021	0.0018	0.0027	0.0160	ver.
			-0.0021	-0.0019	0.0028	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0023	0.0019	0.0030	0.0160	ver.
			-0.0023	-0.0022	0.0032	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0020	0.0011	0.0022	0.0160	ver.
			-0.0018	-0.0019	0.0026	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0009	0.0011	0.0014	0.0160	ver.
			-0.0009	-0.0014	0.0017	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0016	0.0023	0.0028	0.0160	ver.
			-0.0016	-0.0025	0.0029	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0017	0.0025	0.0030	0.0160	ver.
			-0.0017	-0.0028	0.0033	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0014	0.0015	0.0021	0.0160	ver.
			-0.0013	-0.0024	0.0027	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0006	0.0016	0.0017	0.0160	ver.
			-0.0007	-0.0019	0.0020	0.0160	ver.

Pilastro 27

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0021	0.0015	0.0026	0.0160	ver.
			-0.0021	-0.0016	0.0026	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0023	0.0016	0.0028	0.0160	ver.
			-0.0023	-0.0018	0.0029	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0020	0.0010	0.0022	0.0160	ver.
			-0.0018	-0.0016	0.0024	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0009	0.0009	0.0013	0.0160	ver.
			-0.0009	-0.0015	0.0017	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0016	0.0023	0.0028	0.0160	ver.
			-0.0016	-0.0024	0.0028	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0017	0.0025	0.0031	0.0160	ver.
			-0.0017	-0.0027	0.0032	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0014	0.0017	0.0022	0.0160	ver.
			-0.0013	-0.0023	0.0026	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0006	0.0015	0.0016	0.0160	ver.
			-0.0006	-0.0020	0.0021	0.0160	ver.

Isolatori invecchiati

Pilastro 19

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0025	0.0017	0.0030	0.0160	ver.
			-0.0025	-0.0018	0.0030	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0029	0.0017	0.0034	0.0160	ver.
			-0.0028	-0.0020	0.0034	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0025	0.0011	0.0027	0.0160	ver.
			-0.0022	-0.0018	0.0028	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0026	0.0011	0.0028	0.0160	ver.
			-0.0023	-0.0014	0.0027	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0002	0.0002	0.0003	0.0095	ver.
			-0.0018	-0.0006	0.0019	0.0095	ver.
SLD2	1	3.20	0.0017	0.0024	0.0030	0.0160	ver.
			-0.0017	-0.0025	0.0030	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0020	0.0026	0.0033	0.0160	ver.
			-0.0019	-0.0029	0.0034	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0017	0.0018	0.0024	0.0160	ver.
			-0.0014	-0.0025	0.0028	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0018	0.0017	0.0025	0.0160	ver.
			-0.0015	-0.0020	0.0025	0.0160	ver.
	5	1.90	-0.0006	0.0004	0.0007	0.0095	ver.
			-0.0015	-0.0009	0.0017	0.0095	ver.

Pilastro 23

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0023	0.0032	0.0039	0.0160	ver.
			-0.0023	-0.0034	0.0041	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0026	0.0034	0.0043	0.0160	ver.
			-0.0026	-0.0040	0.0047	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0022	0.0021	0.0030	0.0160	ver.
			-0.0021	-0.0031	0.0038	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0017	0.0034	0.0038	0.0160	ver.
			-0.0018	-0.0036	0.0040	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0020	0.0035	0.0041	0.0160	ver.
			-0.0019	-0.0041	0.0045	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0016	0.0022	0.0027	0.0160	ver.
			-0.0015	-0.0032	0.0035	0.0160	ver.

Pilastro 25

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0023	0.0021	0.0031	0.0160	ver.
			-0.0023	-0.0022	0.0032	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0026	0.0022	0.0034	0.0160	ver.
			-0.0026	-0.0025	0.0036	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0022	0.0013	0.0026	0.0160	ver.
			-0.0021	-0.0021	0.0030	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0010	0.0013	0.0016	0.0160	ver.
			-0.0011	-0.0016	0.0019	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0017	0.0027	0.0032	0.0160	ver.
			-0.0018	-0.0029	0.0034	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0020	0.0029	0.0035	0.0160	ver.
			-0.0019	-0.0032	0.0038	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0016	0.0018	0.0024	0.0160	ver.
			-0.0015	-0.0027	0.0030	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0007	0.0019	0.0020	0.0160	ver.
			-0.0008	-0.0022	0.0023	0.0160	ver.

Pilastro 27

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0023	0.0017	0.0029	0.0160	ver.
			-0.0023	-0.0018	0.0029	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0026	0.0018	0.0032	0.0160	ver.
			-0.0026	-0.0020	0.0033	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0022	0.0012	0.0025	0.0160	ver.
			-0.0021	-0.0017	0.0027	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0010	0.0011	0.0015	0.0160	ver.
			-0.0010	-0.0016	0.0019	0.0160	ver.
SLD2	1	3.20	0.0017	0.0027	0.0032	0.0160	ver.
			-0.0018	-0.0027	0.0032	0.0160	ver.
	2	3.20	0.0020	0.0029	0.0035	0.0160	ver.
			-0.0019	-0.0031	0.0037	0.0160	ver.
	3	3.20	0.0016	0.0020	0.0026	0.0160	ver.
			-0.0015	-0.0026	0.0030	0.0160	ver.
	4	3.20	0.0007	0.0018	0.0019	0.0160	ver.
			-0.0007	-0.0023	0.0024	0.0160	ver.



Pilastro 29

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0021 -0.0021	0.0018 -0.0018	0.0028 0.0028	0.0160 0.0160	ver. ver.
	2	3.20	0.0023 -0.0023	0.0020 -0.0021	0.0031 0.0031	0.0160 0.0160	ver. ver.
	3	3.20	0.0020 -0.0018	0.0014 -0.0018	0.0024 0.0025	0.0160 0.0160	ver. ver.
SLD2	1	3.20	0.0016 -0.0016	0.0028 -0.0027	0.0032 0.0031	0.0160 0.0160	ver. ver.
	2	3.20	0.0017 -0.0017	0.0031 -0.0032	0.0036 0.0036	0.0160 0.0160	ver. ver.
	3	3.20	0.0014 -0.0013	0.0023 -0.0026	0.0027 0.0029	0.0160 0.0160	ver. ver.

Pilastro 29

Comb.	Elev.	h piano [m]	dr1 [m]	dr2 [m]	dr [m]	dr lim [m]	
SLD1	1	3.20	0.0023 -0.0023	0.0022 -0.0022	0.0032 0.0032	0.0160 0.0160	ver. ver.
	2	3.20	0.0026 -0.0026	0.0025 -0.0025	0.0036 0.0036	0.0160 0.0160	ver. ver.
	3	3.20	0.0022 -0.0021	0.0018 -0.0021	0.0028 0.0030	0.0160 0.0160	ver. ver.
SLD2	1	3.20	0.0017 -0.0018	0.0032 -0.0032	0.0037 0.0036	0.0160 0.0160	ver. ver.
	2	3.20	0.0020 -0.0019	0.0037 -0.0037	0.0042 0.0042	0.0160 0.0160	ver. ver.
	3	3.20	0.0016 -0.0015	0.0027 -0.0031	0.0031 0.0034	0.0160 0.0160	ver. ver.