



**CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO
SISMICO DI EDIFICI SCOLASTICI DEL
COMUNE DI BRESCIA**



COMUNE DI BRESCIA

Edificio scolastico	DON BOSCO
Codice scuola	5_A



*CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO
SISMICO DI EDIFICI SCOLASTICI DEL
COMUNE DI BRESCIA*



COMUNE DI BRESCIA

CARATTERIZZAZIONE MATERICA

Edificio scolastico	DON BOSCO
Codice scuola	5_A

ALLEGATO 2.1



Brescia li 07/12/2017

Campione ricevuto il 04/10/2017

Committente **COMUNE DI BRESCIA**
Via MARCONI, 12 - 25128 BRESCIA (BS)
Riferimenti **Contratto n. 737 del 17/05/2017**
Descrizione **5_A - Infanzia Don Bosco**
Cantiere **Servizio di indagini diagnostiche su edifici prefabbricati a destinazione scolastica ed asili nido del Comune di Brescia.**
Prelievo effettuato da **Prelievo effettuato da personale Geolab**
Dati forniti da **Committente**

IL PRESENTE RAPPORTO E' COMPOSTO DAI SEGUENTI RISULTATI DI PROVA

- CALCESTRUZZO INDURITO - RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE DEI PROVINI UNI EN 12390-3/2009
- MATERIALI METALLICI. PROVA DI TRAZIONE UNI EN 10002-1/1992



Brescia li 07/12/2017

CALCESTRUZZO INDURITO - RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE DEI PROVINI

UNI EN 12390-3/2009

Data inizio - termine prova : 20/10/2017 - 23/10/2017

Contrassegno	Data prelievo	Data prova	Ø [mm]	H [mm]	umidità	carico [kN]	rapporto H/Ø	resistenza [N/mm ²]	Massa vol. [kg/m ³]	toller. (1)	rottura (2)
C1											
-	-	20/10/2017	74	70	Asciutto	70,6	0,9	16,4	1342,0	RETT	1
C2											
-	-	20/10/2017	74	65	Asciutto	73,7	0,9	17,1	2347,0	RETT	1
C3											
-	-	20/10/2017	74	71	Asciutto	56,4	1,0	13,1	1349,0	RETT	1

(1)Esito verifiche dimensionali,planarità e perpendicolarità. RETT. = Rettifica campione per ripristinare le condizioni geometriche richieste
(2)Esito rottura : 1=soddisfacente, 2=non soddisfacente

I risultati si riferiscono solo ai campioni sottoposti a prova.
E'vietata la riproduzione parziale del presente documento senza autorizzazione scritta di GEOLAB s.r.l.

il Responsabile Tecnico



Brescia li 07/12/2017

MATERIALI METALLICI. PROVA DI TRAZIONE

UNI EN 10002-1/1992

Data di esecuzione : 23/10/2017

sigla provino	massa lin. [g/m]	diam. equip. [mm]	sezione effett. [mm ²]	allung. A5 [%]	carico unitario fy-f 0,2 [N/mm ²]	carico unitario ft [N/mm ²]	rapporto ft/fy	rapporto fy/fyk	piegamento esito	Ømand. [mm]	marchio
Ø6	240	6,2	30,54	12,67	398	563	1,42	-	-	-	-



Indagine della vulnerabilità sismica
di edifici scolastici del Comune di Brescia

5_A Don Bosco
Rilievi
setti

ID elemento	dimensioni		armatura verticale			armatura orizzontale		
	L (m)	H (m)	Φ (mm)	passo (mm)	c.f. (mm)	Φ (mm)	passo (mm)	c.f. (mm)
R1*	7	3,5	6	150	29	6	150	29
R2*	7	3,5	6	150	31	6	150	31
R3**	7	3,5	6	150	35	6	150	35
R4**	7	3,5	6	150	28	6	150	28
R5**	7	3,5	6	150	36	6	150	36
R6**	7	3,5	6	150	32	6	150	32
R7**	7	3,5	6	150	34	6	150	34
R8**	7	3,5	6	150	28	6	150	28
R9**	7	3,5	6	150	29	6	150	29
R10**	7	3,5	6	150	30	6	150	30
R11**	7	3,5	6	150	35	6	150	35
R12**	7	3,5	6	150	26	6	150	26
R13**	7	3,5	6	150	31	6	150	31

* ispezione visiva

** rilievo pacometrico



*CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO
SISMICO DI EDIFICI SCOLASTICI DEL
COMUNE DI BRESCIA*



COMUNE DI BRESCIA

REGISTRO FOTOGRAFICO

Edificio scolastico	DON BOSCO
Codice scuola	5_A

ALLEGATO 2.2

SOMMARIO

<i>GENERALI</i>	3
<i>DETTAGLI</i>	9

GENERALI



Fotografia 1. prospetti (1).JPG



Fotografia 2. prospetti (10).JPG



Fotografia 3. prospetti (2).JPG



Fotografia 4. prospetti (3).JPG



Fotografia 5. prospetti (4).JPG



Fotografia 6. prospetti (5).JPG



Fotografia 7. prospetti (6).JPG



Fotografia 8. prospetti (7).JPG



Fotografia 9. prospetti (8).JPG



Fotografia 10. prospetti (9).JPG

DETTAGLI



Fotografia 11. setto fondazione.JPG



Fotografia 12. solaio a predalles.JPG



Fotografia 13. tegoli seminterrato (1).JPG



Fotografia 14. tegoli seminterrato (10).JPG



Fotografia 15. tegoli seminterrato (11).JPG



Fotografia 16. tegoli seminterrato (12).JPG

Dettagli

Registro fotografico

5_A – Don Bosco

Classificazione del rischio sismico di edifici scolastici del Comune di Brescia



Fotografia 17. tegoli seminterrato (13).JPG



Fotografia 18. tegoli seminterrato (14).JPG



Fotografia 19. tegoli seminterrato (15).JPG



Fotografia 20. tegoli seminterrato (16).JPG



Fotografia 21. tegoli seminterrato (2).JPG



Fotografia 22. tegoli seminterrato (3).JPG



Fotografia 23. tegoli seminterrato (4).JPG



Fotografia 24. tegoli seminterrato (5).JPG



Fotografia 25. tegoli seminterrato (6).JPG



Fotografia 26. tegoli seminterrato (7).JPG



Fotografia 27. tegoli seminterrato (8).JPG



Fotografia 28. tegoli seminterrato (9).JPG

Dettagli

Registro fotografico

5_A – Don Bosco

Classificazione del rischio sismico di edifici
scolastici del Comune di Brescia



Fotografia 29. trave di bordo 1° impalcato (1).
JPG

Fotografia 30. trave di bordo 1° impalcato (2).
JPG



Fotografia 31. rilievo armatura pannello (1).
jpeg

Fotografia 32. rilievo armatura pannello (2).
jpeg



*CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO
SISMICO DI EDIFICI SCOLASTICI DEL
COMUNE DI BRESCIA*

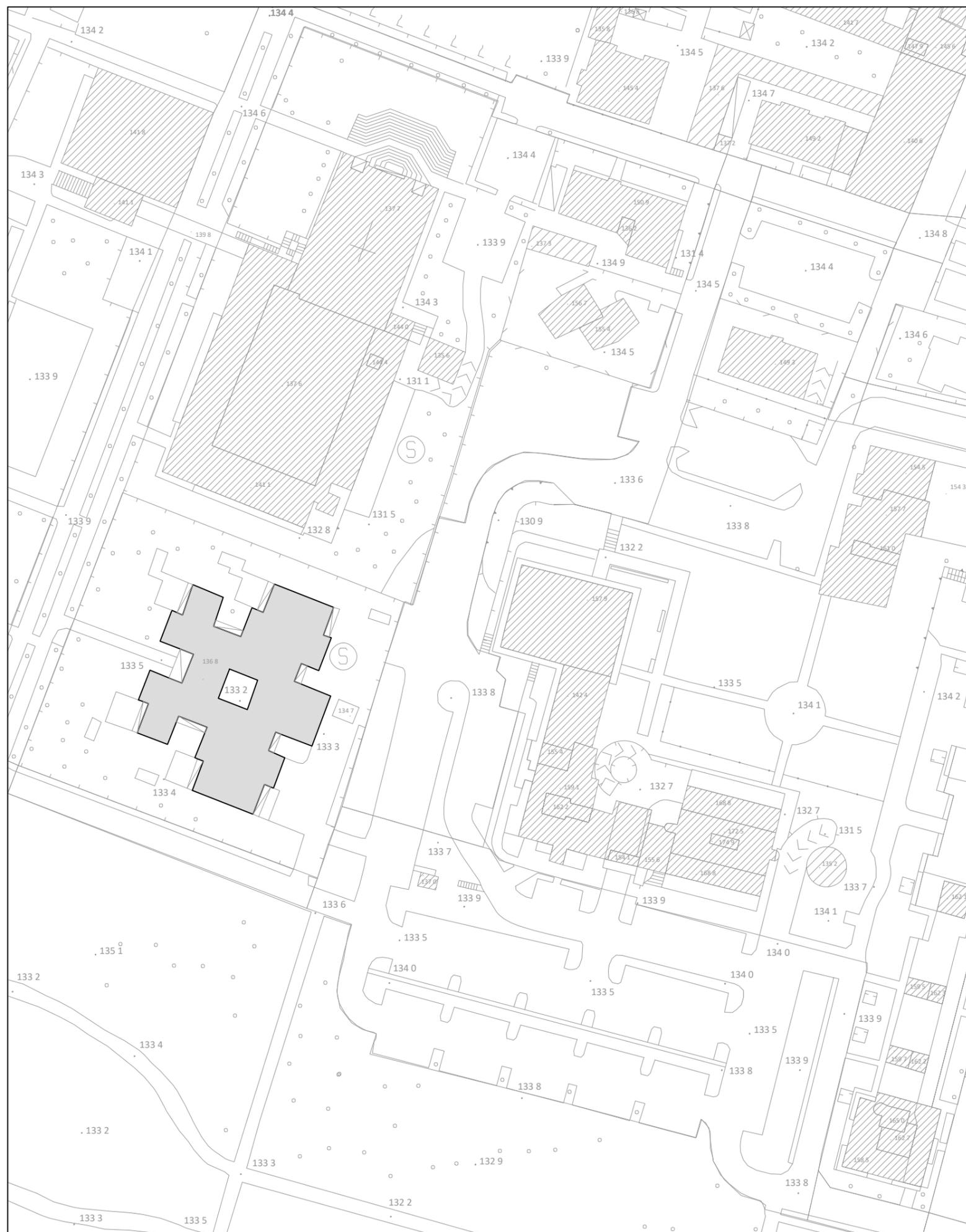


COMUNE DI BRESCIA

MAPPE

Edificio scolastico	DON BOSCO
Codice scuola	5_A

ALLEGATO 2.3



Indice Tavole

N.	Titolo
1	planimetria
2	piano terra

LEGENDA

STRUTTURA

-  muratura portante
-  muratura in mattoni pieni UNI
-  muratura in mattoni semipieni
-  muratura in pietrame
-  muratura in pietrame e ricorsi di mattoni
-  calcestruzzo armato
-  calcestruzzo debole o non armato
-  travi e cordoli
-  assi e allineamenti

PROVE

-  R n rilievo
-  C n carote
-  A n prelievo arm.
-  P n penetrometro da malta

INDAGINI

-  S n sclerometro
-  S n solai
-  V n ispezione visiva
-  S n scarifica
-  E n endoscopie
-  F nn fotografie e termografie

TAV.

1

Don Bosco
Via Caleppe, 13

Planimetria
Indice, Legenda

3 - Consegna
FASE
1/12/17

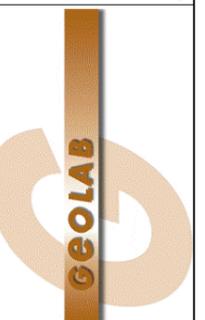
5 A
SCUOLA

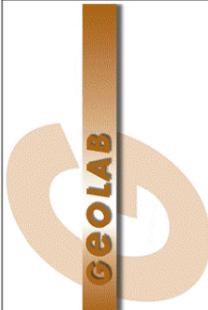
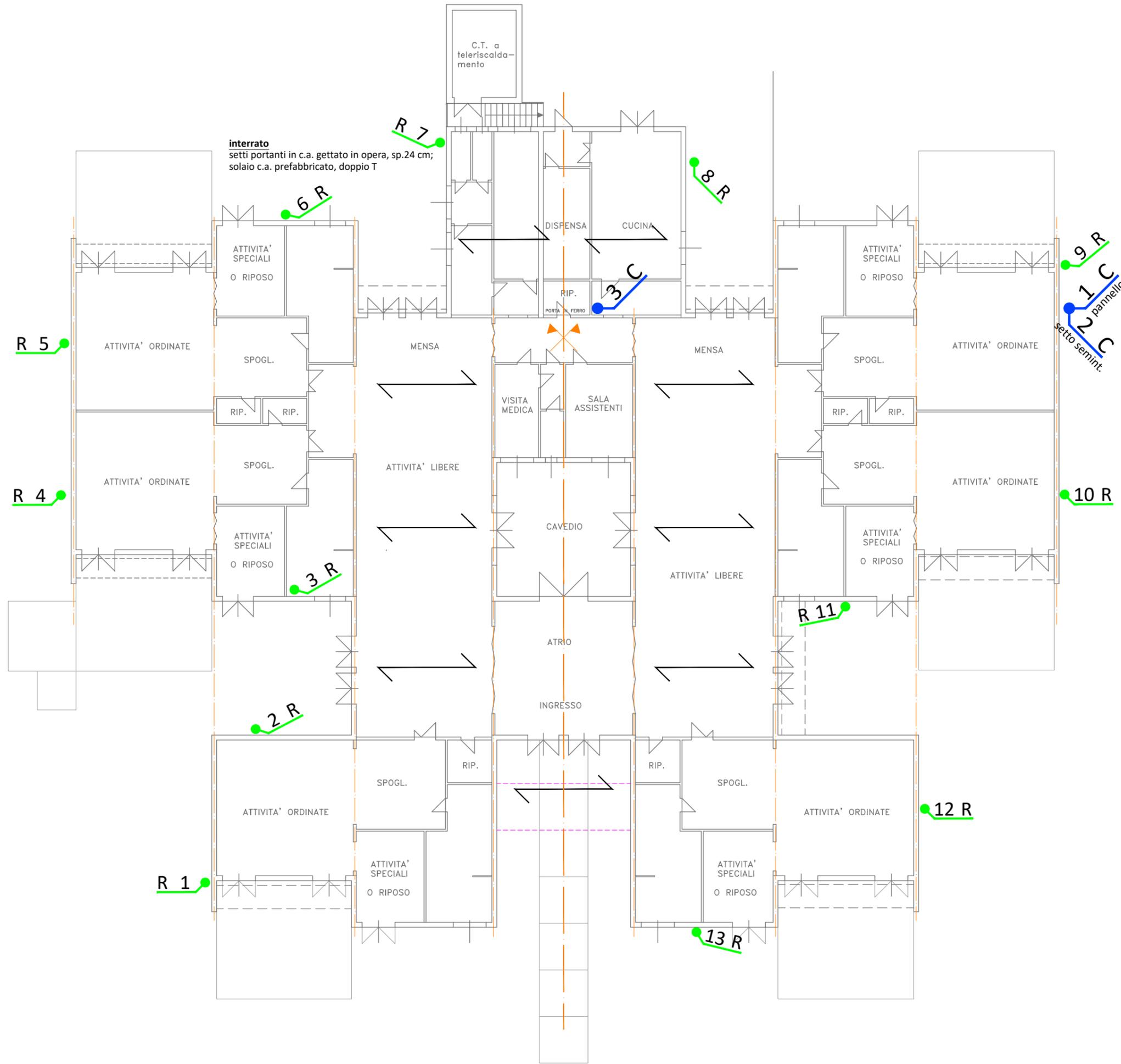
ELABORATO

CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO
SISMICO DI EDIFICI SCOLASTICI
DEL COMUNE DI BRESCIA



COMUNE DI BRESCIA





CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO
SISMICO DI EDIFICI SCOLASTICI
DEL COMUNE DI BRESCIA

5 A
SCUOLA
ELABORATO

Don Bosco
Via Caleppe, 13
Piano Terra
P1
FASE
3 - Consegna
1/12/17

TAV.
2



*CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO
SISMICO DI EDIFICI SCOLASTICI DEL
COMUNE DI BRESCIA*



COMUNE DI BRESCIA

VERIFICA DI VULNERABILITÀ CLASSE DI RESISTENZA

Edificio scolastico	DON BOSCO
Codice scuola	5_A

ING. RUGGERO MAINETTI



CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO
DI EDIFICI SCOLASTICI
DEL COMUNE DI BRESCIA



Cliente	COMUNE DI BRESCIA
Affidamento	SERVIZIO DI INDAGINI DIAGNOSTICHE SU EDIFICI PREFABBRICATI, SEDI DI SCUOLE ED ASILI NIDO
Contratto	REP. N.737

Edificio Scolastico	SCUOLA DELL'INFANZIA "DON BOSCO"
Codice Scuola	5_A

Coordinamento Generale	DOTT. ORAZIO BONASSI
Responsabile Indagini Diagnostiche	ING. ANDREA SAVOLDI
Analisi di Vulnerabilità Sismica	ING. RUGGERO MAINETTI

Montichiari, 13/04/2018

Il Tecnico

Dott. Ing. Ruggero Mainetti



SERVIZIO DI INDAGINI DIAGNOSTICHE E CERTIFICAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA
SU EDIFICI PREFABBRICATI, SEDI DI SCUOLE ED ASILI NIDO
CIG 687970502B



COMUNE DI BRESCIA



INDICE

1.	PREMESSA	5
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.	ANALISI STORICO CRITICA E CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA	7
4.	IPOTESI DI CALCOLO	10
4.1	Terreno di fondazione	10
4.2	Materiali e livelli di conoscenza.....	10
4.3	Carichi statici	11
4.4	Fattore di struttura.....	11
4.5	Definizione dell'azione sismica e Spettro di Risposta	12
5.	ANALISI STATICA LINEARE	13
6.	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE	19
6.1	Verifiche in condizioni SLD e SLO	19
7.	CARENZE STRUTTURALI ED EVENTUALI CRITICITA'	20
8.	CONCLUSIONI.....	21



SERVIZIO DI INDAGINI DIAGNOSTICHE E CERTIFICAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA
SU EDIFICI PREFABBRICATI, SEDI DI SCUOLE ED ASILI NIDO
CIG 687970502B



COMUNE DI BRESCIA



1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta su incarico dell'amministrazione comunale di Brescia ed ha lo scopo di analizzare lo stato di vulnerabilità sismica dell'edificio scolastico; la finalità è quindi quella di fornire gli indici di rischio cui lo stabile può essere soggetto in caso di evento sismico. Tale parametro viene fornito come il rapporto tra l'accelerazione massima che è in grado di "soportare" il fabbricato e l'accelerazione imposta per norma per quella tipologia di fabbricato in quella specifica zona.

Verranno prese in considerazione tutte le caratteristiche strutturali del fabbricato che possano avere influenza sulla risposta dinamica dello stesso e verranno prese in esame le combinazioni di carico come proposte dalle NTC 2008. Tale studio verrà eseguito utilizzando un'analisi di tipo "statica lineare" eseguita attraverso il supporto di un foglio di calcolo e prendendo in considerazione alcuni ipotesi semplificative meglio descritte nei capitoli a seguire.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche necessarie ed i procedimenti di calcolo effettuati seguono la normativa riportata qui di seguito. Per il calcolo delle forze sismiche ci si è attenuti alle indicazioni contenute nel **Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, e la relativa “circolare esplicativa”**.

- Legge 5 novembre 1971, n°1086 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.M. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- OPCM 3274/2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08).
- Circolare 2 febbraio 2009, n°617 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni".
- OCPDC 344/2016 – Interventi di prevenzione del rischio sismico sugli edifici strategici e rilevanti.

3. ANALISI STORICO CRITICA E CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA

Trattasi di un edificio realizzato nel 1979 con elementi prefabbricati dall'impresa Belloni S.p.a. su progetto dell'Ing. Tropea Santo. La struttura analizzata ha una pianta poco regolare con numerose rientranze/ sporgenze e presenta dimensioni massime inscrivibili in un rettangolo dai lati pari a 51,0m x 41,3m; si sviluppa per un solo piano fuori terra ed è dotata di ampio spazio verde perimetrale sistemato a giardino (da escludersi pertanto qualsiasi interazione sismica con edifici limitrofi). Presenta una copertura piana realizzata in tegoli a doppio "T" in calcestruzzo armato collegati ai pannelli verticali mediante giunzioni a tasche opportunamente studiate.

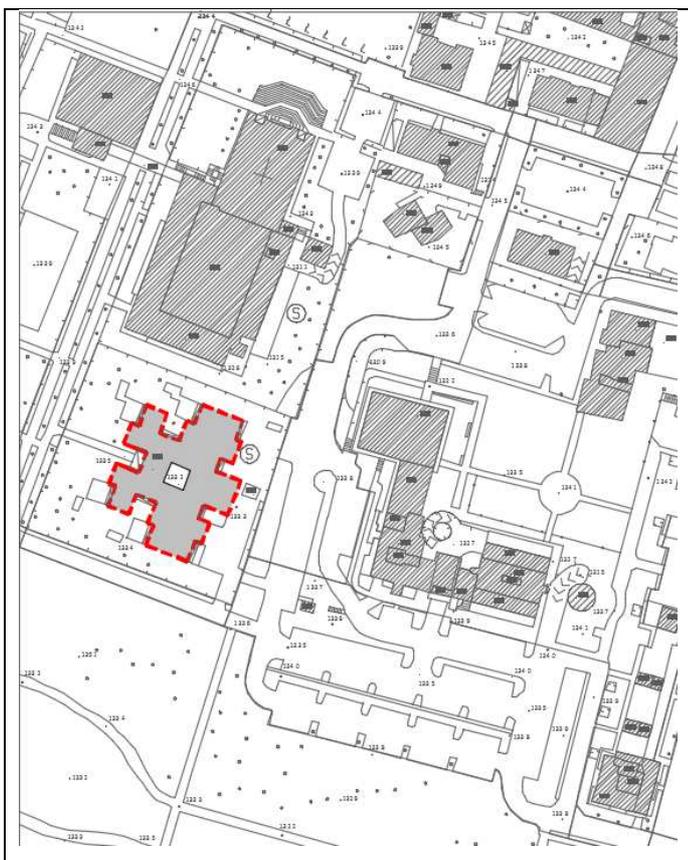


Immagine 1 - Estratto di Mappa recente

La struttura portante verticale è costituita da pannelli portanti esterni (di perimetrazione) in calcestruzzo alleggerito dello spessore di 24cm (oltre allo strato di finitura su ambo i lati) e da pannelli interni, pure essi portanti, di spessore 18cm. La struttura orizzontale di copertura è formata da tegoli nervati a doppia "T" dello spessore di 5cm collegati alle pareti verticali mediante opportune tasche. Si riportano a seguire alcune immagini estratte dalla documentazione e dai rilievi effettuati al fine di rendere più agevole la lettura di quanto appena descritto.

Piano terra:

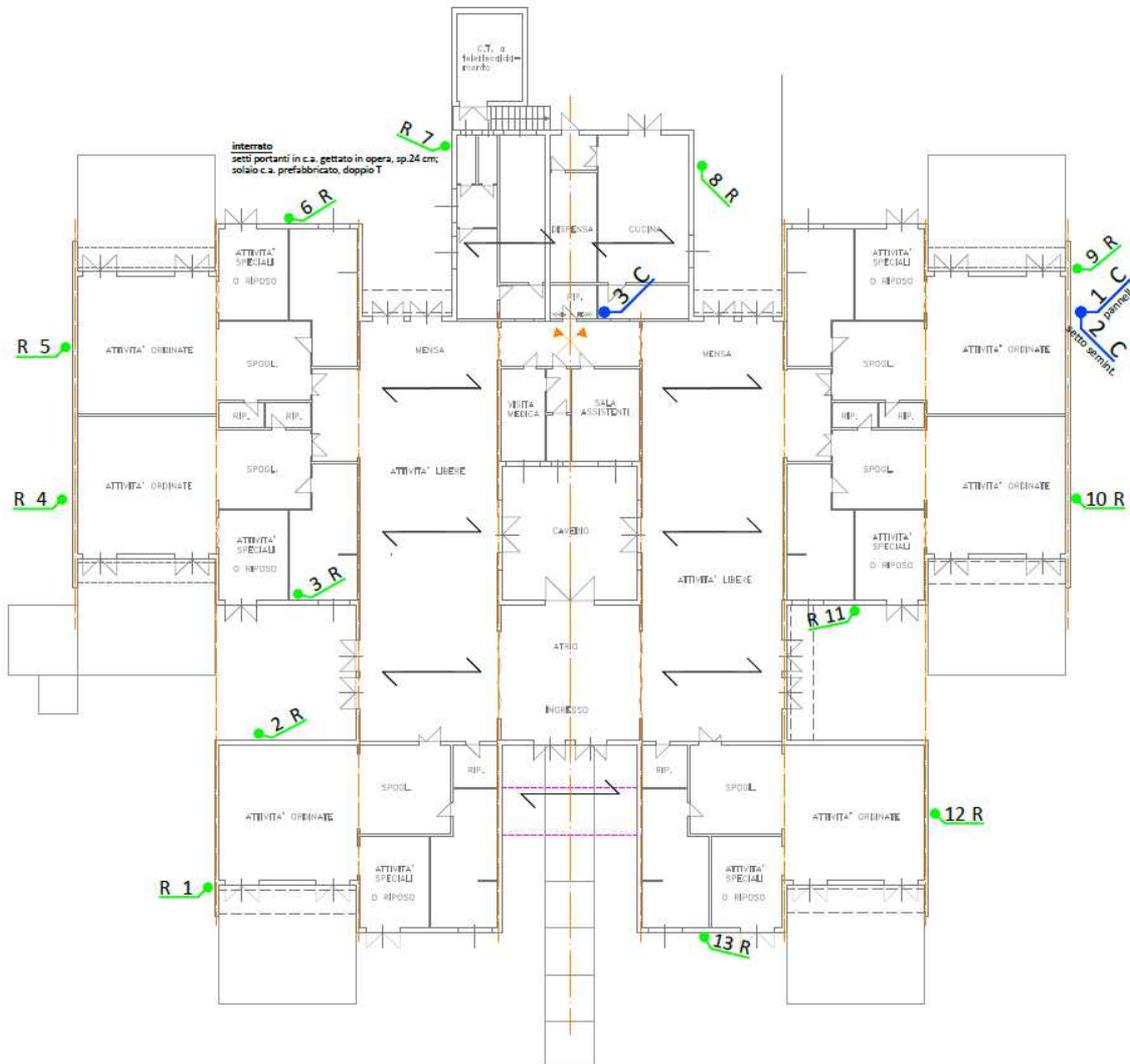
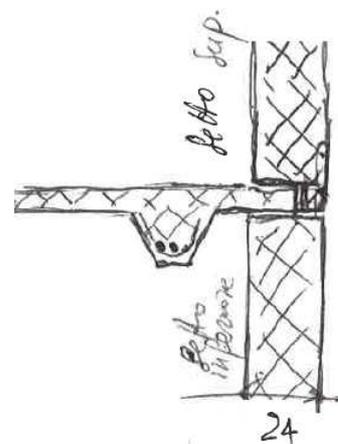
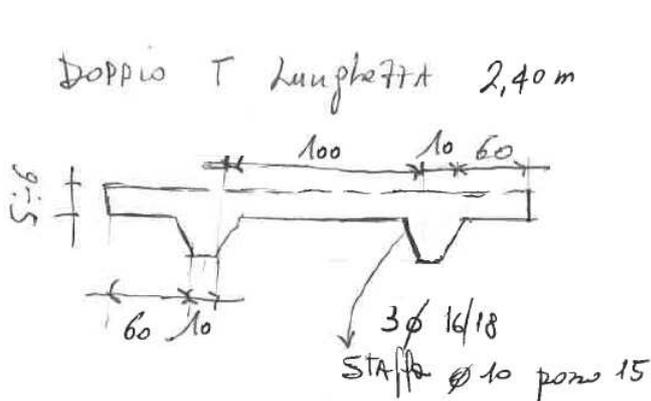


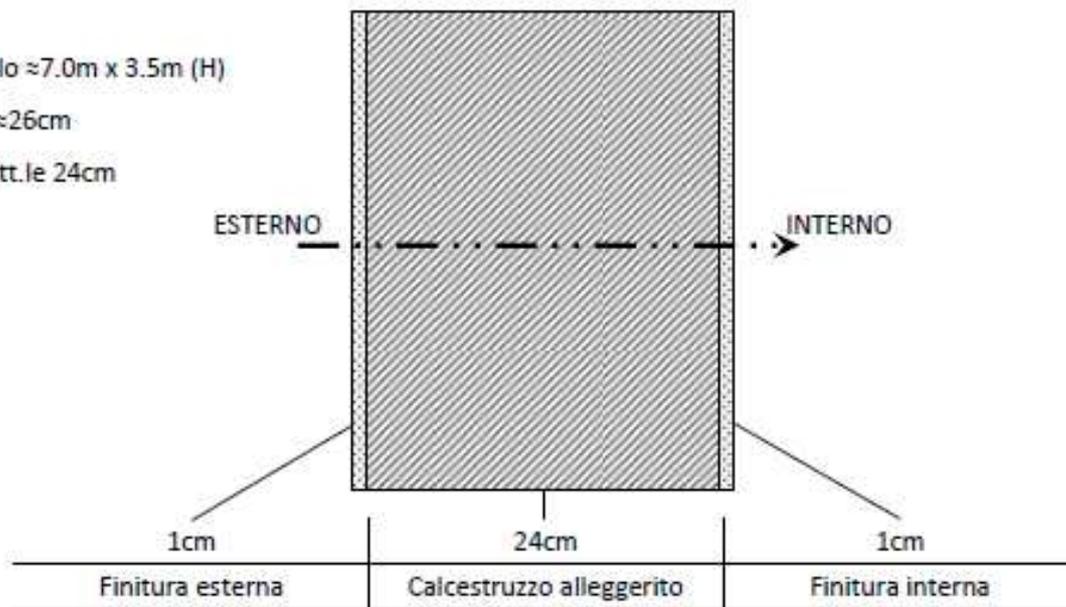
Immagine 2– Vista in pianta del fabbricato al piano terra con evidenziazione dei pilastri, dei punti da dove sono state estratte le carote (sigla “C”) e dei punti dove sono stati fatti i rilievi geometrici degli elementi (sigla “R”).



Immagini 3 e 4 – Rilievo tegoli e collegamento solai con la pannellatura di bordo

STRUTTURA PREFABBRICATA PANNELLO PORTANTE PERIMETRALE ESTERNO

Pannello $\approx 7.0\text{m} \times 3.5\text{m}$ (H)
 Sp tot $\approx 26\text{cm}$
 Sp strutt.le 24cm



ID	armatura verticale			armatura orizzontale			
	elemento	Φ (mm)	passo (mm)	c.f. (mm)	Φ (mm)	passo (mm)	c.f. (mm)
Setto		6	150	29	6	150	29

Immagine 4 – Schema di rilievo pannellatura perimetrale

4. IPOTESI DI CALCOLO

Sulla scorta delle considerazioni e della documentazione di rilievo che è stata illustrata in precedenza, sono state “costruite” le ipotesi per una corretta modellazione del fabbricato, ipotesi che possono essere catalogate nei seguenti punti:

- Il sistema sismo-resistente è affidato in toto ai pannelli prefabbricati. Lo schema di calcolo assegna la massa sismica nel baricentro geometrico di piano, spostata del 5% nelle direzioni $\pm X$ e $\pm Y$ a identificare la condizione peggiore. A quel punto si effettua un’analisi lineare statica-equivalente (tridimensionale) dove le forze sismiche traslazionali e rotazionali sono assorbite dai setti in proporzione alla loro rigidità ed eccentricità (momento di inerzia torsionale). Tale procedimento è frutto dell’ipotesi di impalcato infinitamente rigido (nel proprio piano);
- La procedura di cui al punto precedente è stata implementata in un foglio di calcolo automatizzato, dove sono state inserite posizioni e geometrie sia dell’edificio che dei singoli pannelli;
- Verrà eseguita una verifica a flessione sul pannello maggiormente sollecitato, considerando – a favore di sicurezza – una flessione semplice (ovvero trascurando ogni possibile contributo dovuto alla forza normale);
- Perfetta trasmissione delle azioni dall’impalcato al pannello; si ritiene pertanto che il collegamento tra orizzontamento e pannello sia adeguato a trasferire le forze sismiche di piano;
- I pilastri non vengono considerati nell’analisi in quanto il loro contributo alla rigidità è trascurabile rispetto al sistema sismo-resistente a pannelli;
- Sistema fondazionale poggiante su un terreno fortemente consolidato nel tempo (si ritengono quindi superflue le verifiche del terreno in combinazione sismica).

4.1 Terreno di fondazione

Per la caratterizzazione sismica del terreno di fondazione si rimanda a quanto riportato nella relazione delle indagini propedeutica e complementare alla presente in cui si è classificato il profilo stratigrafico, ai fini della determinazione dell’azione sismica, di **categoria C [Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti]**.

4.2 Materiali e livelli di conoscenza

Prove specifiche e rilievi in sito hanno consentito alla ditta Geolab s.r.l. di caratterizzare gli elementi principali; l’estrazione delle carote di calcestruzzo sui pilastri ha permesso di valutare da un punto di vista numerico quella che potrebbe essere la più plausibile classe di calcestruzzo. Nello specifico, dal rapporto di prova nr. 173199 è stato desunto il valore minimo di rottura delle carote estratte ($13,1N/mm^2$): in favore di sicurezza la struttura è stata modellata con calcestruzzo C8/10. Per quanto riguarda invece il *livello di conoscenza* questo è stato

assunto in LC1 cui corrisponde un fattore di confidenza $FC=1,35$.

Calcestruzzo: C8/10

Acciaio: FeB38k

4.3 Carichi statici

I carichi si riferiscono agli impalcati in grado di generare massa sismica nei confronti della struttura, ovvero l'impalcato del piano primo e il piano di copertura; la stima del peso al metro quadrato della struttura a tegoli è stato ponderato in funzione della luce che questi ultimi devono coprire (dalla cui misura dipende l'altezza a l'armatura del manufatto stesso).

Piano di copertura:

Peso proprio copertura (tegoli + massetto superiore):	3,50 kN/m ²
Peso permanente portato (manto di finitura + eventuale controsoffitto):	1,50 kN/m ²
Carico accidentale (neve):	1,20 kN/m ²

4.4 Fattore di struttura

Di fondamentale importanza per l'analisi di Vulnerabilità Sismica di un edificio è la scelta del parametro definito come *fattore di struttura* (indicato generalmente con la lettera "q"); tale fattore è un indice della capacità dissipativa della struttura stessa. Per le strutture prefabbricate il riferimento è il paragrafo 7.4.5.1 da cui si possono estrarre le seguenti tabelle e le relative indicazioni.

7.4.5.1 Tipologie strutturali e fattori di struttura

Le presenti norme prendono in considerazione le seguenti tipologie di sistemi strutturali, già definite nel § 7.4.3.1:

- strutture a telaio;
- strutture a pareti;
- strutture miste telaio-pareti.

In aggiunta si considerano anche le seguenti categorie:

- strutture a pannelli;
- strutture monolitiche a cella;
- strutture a pilastri isostatici (strutture monopiano, con elementi di copertura sostenuti da appoggi fissi gravanti su pilastri isostatici).

I valori massimi di q_0 per queste ultime categorie sono contenuti nella tabella seguente:

Tabella 7.4.II – Valori di q_0 per strutture prefabbricate

Tipologia	q_0	
	CD"B"	CD"A"
Struttura a pannelli	3,0	4,0 α_d/α_1
Strutture monolitiche a cella	2,0	3,0
Strutture a pilastri isostatici	2,5	3,5

La norma prosegue poi dando le seguenti indicazioni:

Il fattore q deve essere ridotto del 50% nel caso in cui i collegamenti non rispettino le indicazioni riportate nel § 7.4.5.2 e non può assumere un valore maggiore di 1,5 per strutture che non rispettino le indicazioni riportate nel § 7.4.5.3.

Poiché la struttura non rispetta i dettami del paragrafo 7.4.5.3 (in riferimento alle strutture “pareti di pannelli prefabbricati”), verrà adottato un *fattore di struttura* pari a $q=1,5$.

4.5 Definizione dell’azione sismica e Spettro di Risposta

L’azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 del D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le Costruzioni”.

I parametri utilizzati per la determinazione dell’azione sismica sono i seguenti:

- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria Topografica: T₁
- Cu = 1,5 (classe III)

Successivamente vengono individuati, tramite latitudine e longitudine, i parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); come ultimo parametro si definisce il periodo T_c corrispondente all’inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.



Immagine 5 – Spettro di risposta in direzione X (e Y)

5. ANALISI STATICA LINEARE

La tabella seguente riassume i dati geometrici dell'edificio, dove le coordinate del centro di massa sono riferite a un sistema di coordinate arbitrario (il calcolo delle forze poi è invariante rispetto al sistema di riferimento).

Masse e geometrie edificio

Pterra

Msis	5.00	kN/m ²
X_CDM	2'553	cm
Y_CDM	2'063	cm
Area	1'356	m ²
L _x edificio	51.00	m
L _y edificio	41.30	m

Le tabelle seguenti (per direzione "X" e "Y") sono di fatto il "modello" tridimensionale dell'edificio, ovvero la posizione e geometria di tutti i pannelli (sismo-resistenti). Sono stati esclusi dall'analisi i pannelli con larghezza inferiore a 50 cm. I pannelli trovano poi riscontro anche nella pianta del piano terra a seguire dove, con lettera maiuscola (H/V) vengono indicati i pannelli esterni e con lettera minuscola (h/v) i pannelli interni. La legenda è la seguente:

Lungh: Lunghezza pannello

Sp: Spessore pannello (o "spessore equivalente" qualora questo sia formato da più strati)

y/x: coordinata "y" o "x" del pannello¹.

J: Momento di inerzia nella direzione di competenza

Δ cdt: Distanza dall'elemento dal centro di taglio

Trasl: Forza [kN] assorbita da ogni setto per via della componente traslazionale del moto

Rot-X: Forza assorbita dai setti per via della componente rotazionale del sisma da X
[Momento torcente X braccio / Mom Inerzia Torsionale] e considerando il segno (concorde o discorde con componente traslazionale sisma da X)

Rot-Y: Forza assorbita dai setti per via della componente rotazionale del sisma da Y
[Momento torcente Y braccio / Mom Inerzia Torsionale] e considerando il segno (concorde o discorde con componente traslazionale sisma da Y)

Tot-X/Tot-Y: Somma della componente traslazionale e rotazionale per il sisma di competenza

X+0.3Y/Y+0.3X: Somma delle forze sismiche, combinazione X±0.3Y, Y±0.3X.

¹ L'ipotesi è che i pannelli sono in grado di assorbire solo forze nel proprio piano, per cui ai fini del calcolo del contributo rotazionale, per i pannelli posti in direzione "x" ha rilevanza solo la loro coordinata "y", e viceversa.

	Num	Lungh	Sp	y	J [m ⁴]	Δ cdt	Trasl	Rot-X	Rot-Y	Tot-X	X+0.3Y
H	1	50	24	4113	0.003	22.27	0	0	0	0	0
H	2	50	24	4113	0.003	22.27	0	0	0	0	0
H	3	125	24	4113	0.039	22.27	2	0	0	3	3
H	4	250	24	4113	0.313	22.27	19	3	2	21	22
H	5	180	24	4113	0.117	22.27	7	1	1	8	8
h	6	160	18	3915	0.061	20.29	4	0	0	4	4
h	7	50	18	3845	0.002	19.59	0	0	0	0	0
H	8	320	24	3627	0.655	17.41	39	4	3	43	44
h	9	130	18	3620	0.033	17.34	2	0	0	2	2
H	10	320	24	3627	0.655	17.41	39	4	3	43	44
H	11	300	24	3387	0.540	15.01	32	3	2	35	36
h	12	150	18	3335	0.051	14.49	3	0	0	3	3
h	13	240	18	3335	0.207	14.49	12	1	1	13	14
h	14	50	81	3335	0.008	14.49	0	0	0	1	1
h	15	320	18	3335	0.492	14.49	29	3	2	32	32
H	16	300	24	3387	0.540	15.01	32	3	2	35	36
h	17	480	18	3152	1.659	12.66	98	8	5	106	108
H	18	50	24	3152	0.003	12.66	0	0	0	0	0
H	19	50	24	3152	0.003	12.66	0	0	0	0	0
h	20	300	18	3152	0.405	12.66	24	2	1	26	26
h	21	60	18	3152	0.003	12.66	0	0	0	0	0
h	22	70	18	3152	0.005	12.66	0	0	0	0	0
h	23	170	18	3152	0.074	12.66	4	0	0	5	5
h	24	300	18	3152	0.405	12.66	24	2	1	26	26
H	25	50	24	3152	0.003	12.66	0	0	0	0	0
H	26	50	24	3152	0.003	12.66	0	0	0	0	0
h	27	480	18	3152	1.659	12.66	98	8	5	106	108
h	28	230	18	2905	0.183	10.19	11	1	0	11	12
h	29	120	18	2905	0.026	10.19	2	0	0	2	2
h	30	80	18	2905	0.008	10.19	0	0	0	0	0
h	31	70	18	2905	0.005	10.19	0	0	0	0	0
h	32	240	18	2905	0.207	10.19	12	1	1	13	13
h	33	230	18	2905	0.183	10.19	11	1	0	11	12
h	34	140	18	2730	0.041	8.44	2	0	0	3	3
h	35	230	18	2730	0.183	8.44	11	1	0	11	11
h	36	230	18	2730	0.183	8.44	11	1	0	11	11
h	37	140	18	2730	0.041	8.44	2	0	0	3	3
h	38	700	18	2660	5.145	7.74	305	15	10	319	322
h	39	700	18	2660	5.145	7.74	305	15	10	319	322
h	40	280	18	2590	0.329	7.04	20	1	1	20	21
h	41	130	18	2590	0.033	7.04	2	0	0	2	2
h	42	130	18	2590	0.033	7.04	2	0	0	2	2
h	43	280	18	2590	0.329	7.04	20	1	1	20	21
h	44	260	18	2415	0.264	5.29	16	1	0	16	16
h	45	60	18	2415	0.003	5.29	0	0	0	0	0

h	46	180	18	2415	0.087	5.29	5	0	0	5	5
h	47	260	18	2415	0.264	5.29	16	1	0	16	16
h	48	470	18	2175	1.557	2.89	92	2	1	94	94
h	49	470	18	2175	1.557	2.89	92	2	1	94	94
H	50	300	24	1933	0.540	0.47	32	0	0	32	32
H	51	300	24	1933	0.540	0.47	32	0	0	32	32
H	52	320	24	1693	0.655	-1.93	39	0	0	38	38
h	53	220	18	1693	0.160	-1.93	9	0	0	9	9
h	54	220	18	1693	0.160	-1.93	9	0	0	9	9
H	55	320	24	1693	0.655	-1.93	39	0	0	38	38
H	56	700	24	977	6.860	-9.09	406	-23	-15	383	388
h	57	300	18	977	0.405	-9.09	24	-1	-1	23	23
h	58	150	18	977	0.051	-9.09	3	0	0	3	3
h	59	60	18	977	0.003	-9.09	0	0	0	0	0
H	60	190	24	977	0.137	-9.09	8	0	0	8	8
H	61	50	24	977	0.003	-9.09	0	0	0	0	0
H	62	190	24	977	0.137	-9.09	8	0	0	8	8
h	63	60	18	977	0.003	-9.09	0	0	0	0	0
h	64	150	18	977	0.051	-9.09	3	0	0	3	3
h	65	300	18	977	0.405	-9.09	24	-1	-1	23	23
H	66	700	24	977	6.860	-9.09	406	-23	-15	383	388
h	67	230	18	740	0.183	-11.46	11	-1	-1	10	10
h	68	230	18	740	0.183	-11.46	11	-1	-1	10	10
h	69	460	18	500	1.460	-13.86	86	-7	-5	79	81
h	70	460	18	500	1.460	-13.86	86	-7	-5	79	81
H	71	300	24	253	0.540	-16.33	32	-3	-2	29	29
H	72	300	24	253	0.540	-16.33	32	-3	-2	29	29
H	73	310	24	12	0.596	-18.74	35	-4	-3	31	32
H	74	310	24	12	0.596	-18.74	35	-4	-3	31	32

V	75	200	24	5083	0.160	25.28	5	-1	-1	4	4
V	76	700	24	5083	6.860	25.28	214	-64	-43	171	190
V	77	700	24	5083	6.860	25.28	214	-64	-43	171	190
V	78	200	24	5083	0.160	25.28	5	-1	-1	4	4
V	79	270	24	4358	0.394	18.03	12	-3	-2	11	11
v	80	90	18	4358	0.011	18.03	0	0	0	0	0
v	81	130	18	4358	0.033	18.03	1	0	0	1	1
v	82	90	18	4358	0.011	18.03	0	0	0	0	0
V	83	270	24	4358	0.394	18.03	12	-3	-2	11	11
V	84	380	24	4358	1.097	18.03	34	-7	-5	29	31
V	85	380	24	4358	1.097	18.03	34	-7	-5	29	31
V	86	160	24	4358	0.082	18.03	3	-1	0	2	2
v	87	140	18	4112	0.041	15.57	1	0	0	1	1
v	88	470	18	3990	1.557	14.35	49	-8	-6	43	45
v	89	470	18	3990	1.557	14.35	49	-8	-6	43	45
v	90	80	18	3638	0.008	10.83	0	0	0	0	0
v	91	110	18	3638	0.020	10.83	1	0	0	1	1

v	92	110	18	3638	0.020	10.83	1	0	0	1	1
v	93	80	18	3638	0.008	10.83	0	0	0	0	0
V	94	500	24	3638	2.500	10.83	78	-10	-7	71	74
v	95	240	18	3638	0.207	10.83	6	-1	-1	6	6
v	96	700	18	3638	5.145	10.83	160	-21	-14	147	153
V	97	210	24	3638	0.185	10.83	6	-1	0	5	5
V	98	190	24	3638	0.137	10.83	4	-1	0	4	4
v	99	90	18	3638	0.011	10.83	0	0	0	0	0
V	100	240	24	3638	0.276	10.83	9	-1	-1	8	8
v	101	420	18	3255	1.111	7.00	35	-3	-2	33	34
V	102	520	24	3145	2.812	5.90	88	-6	-4	84	85
V	103	280	24	3145	0.439	5.90	14	-1	-1	13	13
v	104	300	18	3145	0.405	5.90	13	-1	-1	12	12
v	105	100	18	3145	0.015	5.90	0	0	0	0	0
v	106	520	18	2897	2.109	3.42	66	-3	-2	64	65
v	107	200	18	2897	0.120	3.42	4	0	0	4	4
v	108	90	18	2897	0.011	3.42	0	0	0	0	0
v	109	90	18	2897	0.011	3.42	0	0	0	0	0
v	110	200	18	2897	0.120	3.42	4	0	0	4	4
v	111	130	18	2897	0.033	3.42	1	0	0	1	1
V	112	480	24	2897	2.212	3.42	69	-3	-2	67	68
V	113	480	24	2897	2.212	3.42	69	-3	-2	67	68
v	114	60	18	2680	0.003	1.25	0	0	0	0	0
v	115	540	18	2680	2.362	1.25	74	-1	-1	73	73
v	116	260	18	2680	0.264	1.25	8	0	0	8	8
v	117	480	18	2545	1.659	-0.10	52	0	0	52	52
v	118	540	18	2415	2.362	-1.40	74	1	1	74	75
v	119	260	18	2415	0.264	-1.40	8	0	0	8	8
v	120	50	18	2415	0.002	-1.40	0	0	0	0	0
v	121	360	18	2415	0.700	-1.40	22	0	0	22	22
v	122	540	18	2183	2.362	-3.72	74	3	2	76	77
v	123	130	18	2183	0.033	-3.72	1	0	0	1	1
v	124	130	18	2183	0.033	-3.72	1	0	0	1	1
v	125	520	18	2183	2.109	-3.72	66	3	2	68	69
v	126	200	18	2183	0.120	-3.72	4	0	0	4	4
v	127	90	18	2183	0.011	-3.72	0	0	0	0	0
v	128	90	18	2183	0.011	-3.72	0	0	0	0	0
v	129	190	18	2183	0.103	-3.72	3	0	0	3	3
v	130	130	18	2183	0.033	-3.72	1	0	0	1	1
v	131	130	18	2183	0.033	-3.72	1	0	0	1	1
V	132	480	24	2183	2.212	-3.72	69	3	2	71	72
V	133	480	24	2183	2.212	-3.72	69	3	2	71	72
V	134	320	24	1948	0.655	-6.07	20	1	1	21	22
V	135	80	24	1948	0.010	-6.07	0	0	0	0	0
V	136	270	24	1948	0.394	-6.07	12	1	1	13	13
v	137	300	18	1948	0.405	-6.07	13	1	1	13	14
v	138	100	18	1948	0.015	-6.07	0	0	0	0	1
v	139	470	18	1825	1.557	-7.30	49	4	3	51	53

V	140	500	24	1458	2.500	-10.97	78	10	7	85	88
v	141	250	18	1458	0.234	-10.97	7	1	1	8	8
v	142	700	18	1458	5.145	-10.97	160	21	14	174	181
V	143	210	24	1458	0.185	-10.97	6	1	1	6	6
V	144	190	24	1458	0.137	-10.97	4	1	0	5	5
v	145	90	18	1458	0.011	-10.97	0	0	0	0	0
V	146	470	24	1458	2.076	-10.97	65	8	6	70	73
v	147	80	18	1220	0.008	-13.35	0	0	0	0	0
v	148	110	18	1220	0.020	-13.35	1	0	0	1	1
v	149	110	18	1220	0.020	-13.35	1	0	0	1	1
v	150	200	18	1220	0.120	-13.35	4	1	0	4	4
v	151	70	18	1220	0.005	-13.35	0	0	0	0	0
v	152	90	18	1220	0.011	-13.35	0	0	0	0	0
v	153	470	18	1105	1.557	-14.50	49	8	6	54	57
v	154	140	18	982	0.041	-15.73	1	0	0	1	2
V	155	270	24	740	0.394	-18.15	12	3	2	14	15
v	156	90	18	740	0.011	-18.15	0	0	0	0	0
v	157	130	18	740	0.033	-18.15	1	0	0	1	1
v	158	90	18	740	0.011	-18.15	0	0	0	0	0
V	159	70	24	740	0.007	-18.15	0	0	0	0	0
V	160	380	24	740	1.097	-18.15	34	7	5	39	41
V	161	380	24	740	1.097	-18.15	34	7	5	39	41
V	162	160	24	740	0.082	-18.15	3	1	0	3	3
V	163	200	24	12	0.160	-25.43	5	2	1	6	6
V	164	700	24	12	6.860	-25.43	214	64	43	257	276
V	165	700	24	12	6.860	-25.43	214	64	43	257	276
V	166	200	24	12	0.160	-25.43	5	2	1	6	6

Nelle tabelle precedenti i dati delle ultime 5 colonne necessitano del calcolo delle grandezze illustrate nella tabella seguente:

hi [m]	Wi	Fi [kN]	ey,tot [m]	M _{Tx}	verso	Segno X	ex,tot [m]	M _{Ty}	verso	Segno Y
3.50	3'860	1'583	4.14	7'013	antiorario	1	3.92	6'203	orario	1

dove:

hi: Altezza interpiano

Wi: Massa sismica di piano

Fi: Taglio di piano

E_{y,tot}/E_{x,tot}: Eccentricità (in x o y) totale tra centro di massa e rigidità

M_{Tx}/M_{Ty}: Momento torcente (per sisma da x e da y)

verso/segno Positivo se torsione in senso orario

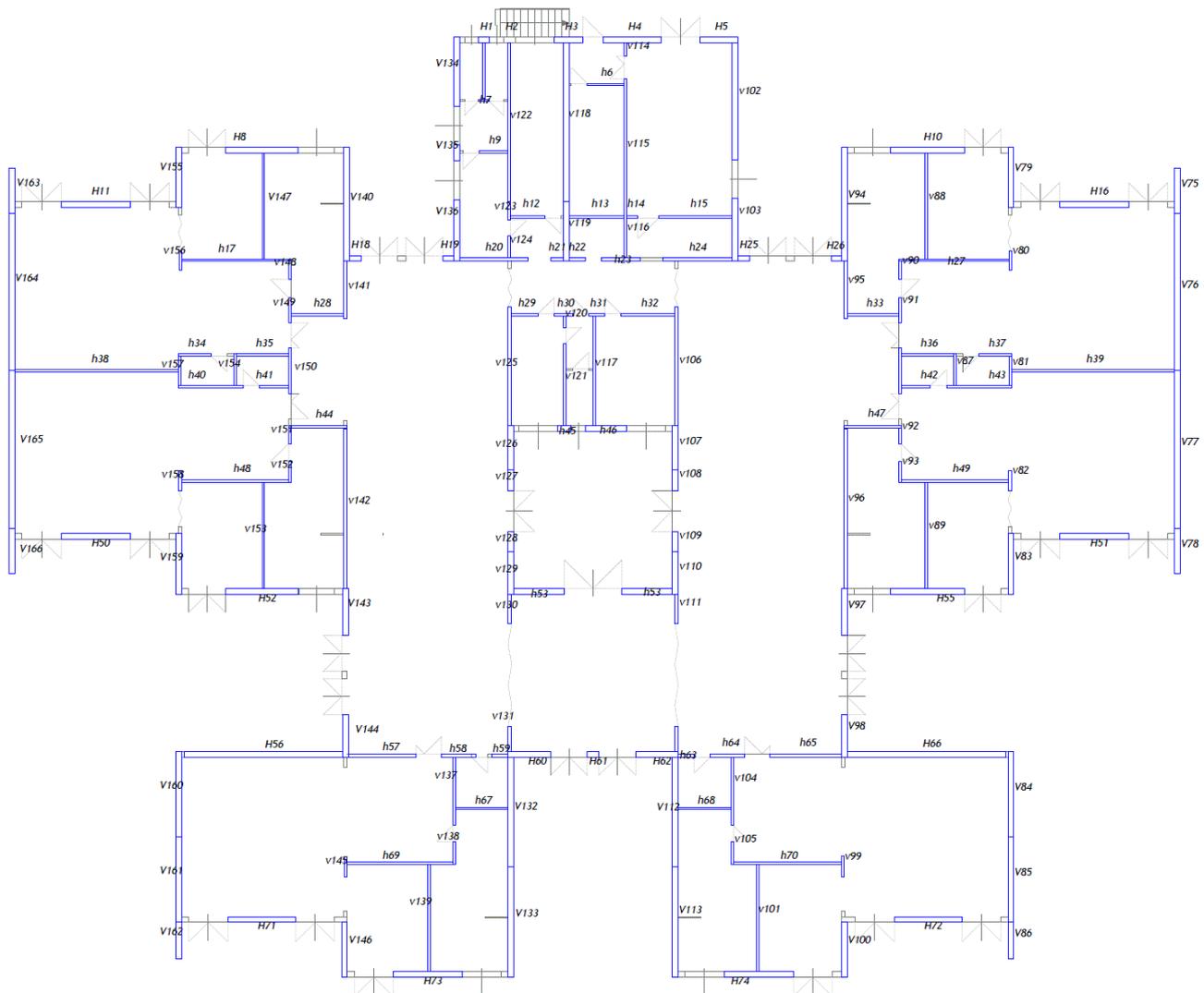


Immagine 5 – Pianta con identificazione dei pannelli

Come già brevemente anticipato i pannelli sono stati numerati singolarmente e sono stati suddivisi in Verticali (orientamento in Y con sigla “V”) ed Orizzontali (orientamento in X con sigla “H”); tutti i pannelli aventi uno sviluppo in lunghezza inferiore a 50cm sono stati esclusi dalla calcolazione. Non è stato considerato il contributo dei pilastri in quanto si ritiene trascurabile rispetto al complesso del sistema sismo-resistente.

6. SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

In questa sezione verrà analizzato il pannello con maggior taglio sollecitante che, come evidenziato nella tabella precedente, ammonta a 388 kN; in uno schema a mensola questo genera un momento massimo al piede pari a $M_{sd} = 388 \times 3,50 = 1358$ kNm. Utilizzando il software “VcaSLU” del prof. Gelfi dell’Università degli Studi di Brescia si può calcolare il momento massimo resistente della sezione del pannello.

Titolo: 5_A Don Bosco

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 46 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	24	700

N°	As [cm²]	d [cm]
1	0.56	10
2	0.56	25
3	0.56	40
4	0.56	55
5	0.56	70
6	0.56	85

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 1358 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
 FeB38k C8/10
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 326.1 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 4.533
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.631 ‰ σ_{c,adm} 4.75
 σ_{s,adm} 215 N/mm² τ_{co} 0.3333
 τ_{c1} 1.257

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 2'637 kN m
 σ_c -4.533 N/mm²
 σ_s 326.1 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 28.42 ‰
 d 685 cm
 x 75.11 x/d 0.1096
 δ 0.7

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Dal rapporto tra momento sollecitante e momento resistente viene desunto l’indice di adeguatezza del pannello e quindi implicitamente quello della struttura nel suo complesso.

$$M_{rd}/M_{sd} = 1,94^*$$

*Il rapporto fornisce un valore oltre quello unitario; tale condizione si ritiene accettabile solo nelle ipotesi di calcolo di cui al paragrafo 4 e previa verifica che non si attivino meccanismi di espulsione dei pannelli ancor prima del raggiungimento delle accelerazioni sismiche calcolate.

6.1 Verifiche in condizioni SLD e SLO

In considerazione della tipologia strutturale si ritiene che lo spostamento di piano nelle condizioni SLD e SLO sia trascurabile; tale parametro, comunemente definito come “drift di piano”, nelle strutture a pareti risulta infatti essere particolarmente limitato per effetto dell’elevata rigidezza. Per tale motivo non si ritiene “numericamente interessante” calcolarne il valore.

7. CARENZE STRUTTURALI ED EVENTUALI CRITICITA'

Al fine di rendere esaustiva la presente valutazione di Vulnerabilità Sismica, sono state prese in considerazione anche quelle possibili “situazioni strutturali” che potrebbero rappresentare un ulteriore rischio per la struttura. Come già anticipato nelle ipotesi di calcolo il fabbricato presenta collegamenti “solidali” tra pannelli ed impalcato; questa situazione è stata riscontrata durante i sopralluoghi di rilievo in più punti dell’edificio; per ovvie ragioni di invasività, non si è potuta accertare tale condizione per ogni singolo pannello. La connessione sommitale dei pannelli rappresenta infatti, oltre che una condizione imprescindibile al fine di consentire ai pannelli di “lavorare al sisma”, anche un potenziale rischio qualora venissero meno. L’espulsione fuori piano dei pannelli può essere garantita solo dal collegamento con l’orizzontamento di copertura; vanno quindi sempre monitorate le connessioni sia sotto il profilo dell’adeguatezza che dello stato di manutenzione. A livello manutentivo devono essere curate anche le pannellature le quali non devono presentare ferri scoperti e devono essere periodicamente controllate in termini fessurativi o di perdita della verticalità (che potrebbe essere sintomo di problematiche ben più gravi).



Immagine 6 – Particolare del tegolo con ferri esposti

Tale carenza, ove riscontrata, deve essere immediatamente risolta; l’intervento consiste nella rimozione di tutto il calcestruzzo che circonda le barre (se possibile con sabbatrice ad altissima pressione), trattamento anticorrosivo sulle barre e ripristino del calcestruzzo con malta strutturale. Le definizioni di dettaglio degli interventi proposti devono comunque essere seguiti e valutati da tecnico competente.

8. CONCLUSIONI

La struttura presenta una risposta sismica decisamente positiva; verificate ed eventualmente risolte le potenziali criticità e quelle effettivamente rilevate, si può affermare che la struttura è adeguata in termini di risposta al sisma. A seguito delle analisi condotte, in riferimento alle norme vigenti, possiamo riassumere a seguire i risultati più significativi:

INDICE DI RISCHIO SISMICO

α_{PGA_SLD}	α_{PGA_SLO}	α_{PGA_SLV}
**	**	1,94*

(*) Tale valore può essere considerato valido se vengono prima eliminate quelle potenziali criticità che potrebbero "attivarsi" ancor prima del raggiungimento di questo limite di accelerazione (verifica dei collegamenti tra pannello ed orizzontamento);

(**) Valori largamente superiori all'unità poiché derivanti da spostamenti certamente ridotti (quasi trascurabili).

Montichiari, 13/04/2018



Il Tecnico

Dott. Ing. Ruggero Mainetti