

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI TORINO

COMUNE DI PONT CANAVESE

Oggetto:

**LAVORI DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE ED IGIENICO EDIFICIO
SCUOLA MEDIA STATALE "P. MARTINETTI" IN VIA ROMA.
REDAZIONE DI PROGETTO ESECUTIVO
PER ADEGUAMENTO SISMICO EDIFICIO**

Elaborato:

RELAZIONE SPECIALISTICA

Committente:

Comune di Pont Canavese
Via G. Marconi n. 12, 10085 PONT CANAVESE (TO)

Progettista:



studio tecnico
Ing. **TRUCANO MARCO**

ing. Marco TRUCANO
iscr. Albo Ing. To n. 10753J
cod. fisc. TRC MRC 81R05E379I
P.IVA 09782410014
Via Monte Colombo n. 8/A, 10082 CUORGNE' (TO)
Cel. 349 1660962
email: marco.trucano@gmail.com



DATA

Agosto 2022

SCALA

varie

TAVOLA

A

PROTOCOLLO

.....

NOTE

Aggiornamento al
Prezzario regionale Piemonte OO. PP. 2022
- Edizione straordinaria luglio 2022

FILE

.....

Il presente è di proprietà dell'Ing. TRUCANO Marco - Cuorgnè. E' fatto divieto a chiunque di riprodurre, trasmettere e/o diffondere, anche solo parzialmente e con qualsiasi mezzo, l'elaborato senza specifico consenso dell'autore (Legge 22/04/1941, n.633 e C.C.I.)

SOMMARIO

SOMMARIO	1
1 INTRODUZIONE	3
2 ELABORATI DI PROGETTO.....	4
3 LE MOTIVAZIONI DELL'INTERVENTO	4
4 ANALISI DI VULNERABILITA' – INDAGINE STORICO CRITICA.....	5
3.1 ARCHIVIO COMUNALE	6
3.2 ARCHIVIO DI STATO.....	9
5 ANALISI DI VULNERABILITA' – RILIEVO E CONOSCENZA.....	10
4.1 TIPOLOGIA, NUMEROSITÀ E LOCALIZZAZIONE DELLE PROVE	10
4.2 RISULTATI DI PROVA.....	11
6 ANALISI DI VULNERABILITA' – INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	14
5.1 CALCESTRUZZO.....	14
Prove su carote	14
Elaborazione delle misure sclerometriche.....	15
5.2 ACCIAIO DA C.A.	15
7 PROGETTO DEFINITIVO – LIVELLO DI CONOSCENZA.....	17
6.1 LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA	17
6.2 CALCESTRUZZO	18
6.3 ACCIAIO DA C.A.	20
APPLICANDO AL VALORE DI RESISTENZA MEDIO OTTENUTO IL FATTORE DI	
CONFIDENZA $FC=1.3$ SI OTTIENE $F_{yD} = 269 \text{ N/MM}^2$	20
8 BASI DEL PROGETTO.....	21
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	21
CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO	21
CRITERI DI PROGETTO DELL'INTERVENTO	21
9 DETTAGLIO COSTRUTTIVO RINFORZO PILASTRI ESISTENTI.....	23
10 DETTAGLI COSTRUTTIVI NUOVI SETTI IN C.A.	24
11 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	25
12 CONCLUSIONI.....	29
13 COSTO DELLE OPERE IN PROGETTO	30
14 VARIAZIONE DEI COSTI RISPETTO ALLA FASE PRECEDENTE	30

1 INTRODUZIONE

Il sottoscritto Ing. Marco Trucano, iscritto all'albo degli Ingegneri di Torino con il n°10753J è stato incaricato dal Comune di Pont Canavese del progetto esecutivo per l'adeguamento sismico della scuola media statale P. Martinetti in Via Roma a Pont Canavese.

La relazione che segue descrive le motivazioni dell'intervento, la metodologia di indagine, i criteri di progetto, le soluzioni strutturali previste per gli interventi sia nuovi che di rinforzo di alcuni elementi delle strutture esistenti e per il miglioramento sismico dell'edificio.

Nei capitoli successivi sono trattati:

- Analisi storico critica e indagini sul fabbricato effettuate in tutte le fasi di progettazione
- Dettaglio costruttivo rinforzo pilastri con microcalcestruzzo fibrorinforzato
- Dettagli costruttivi nuovi setti in c.a.

Il presente progetto, che costituisce il grado esecutivo ai sensi dell'art. 93 del D.Lgs. n. 163 del 12/04/2006 (ex. art. 16 della Legge n. 109/1994), individua il quadro delle esigenze da soddisfare, lo schema di soluzione e il costo dell'intervento, definendo le caratteristiche qualitative e funzionali dei lavori.

Contiene tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio delle autorizzazioni e approvazioni, nonché la quantificazione definitiva del limite di spesa per la realizzazione attraverso l'utilizzo dei prezzi predisposti dalla Regione Piemonte (Prezzario Regione Piemonte 2022 - Edizione straordinaria luglio 2022).

2 ELABORATI DI PROGETTO

- | | |
|-----------|------------------------------------|
| - Elab. A | Relazione specialistica |
| - Elab. B | Relazione di calcolo strutturale |
| - Elab. C | Relazione di calcolo fondazioni |
| - Elab. D | Computo metrico estimativo |
| - Elab. E | Incidenza della manodopera |
| - Elab. F | Elenco prezzi |
| - Elab. G | Quadro economico |
| - Elab. H | Capitolato speciale d'appalto |
| - Elab. I | Piano di sicurezza e coordinamento |
| - Elab. L | Cronoprogramma |
| - Elab. M | Piano di manutenzione |
-
- | | |
|-----------|--|
| - Tav. 01 | Estratto PRGC, catastale, planimetria e doc. fotografica |
| - Tav. 02 | Interventi piano seminterrato |
| - Tav. 03 | Interventi piano terra |
| - Tav. 04 | Interventi piano primo |
| - Tav. 05 | Interventi piano secondo |
| - Tav. 06 | Armatura fondazioni setti |
| - Tav. 07 | Armatura elevazioni setti |
| - Tav. 08 | Piante, sezioni ed armatura scala |

3 LE MOTIVAZIONI DELL'INTERVENTO

Il presente progetto esecutivo nasce a seguito di una indagine di vulnerabilità e successivo studio di fattibilità economica e preliminare e progetto definitivo che hanno messo in evidenza uno scarso grado di resistenza nei confronti dell'ipotetico terremoto di progetto.

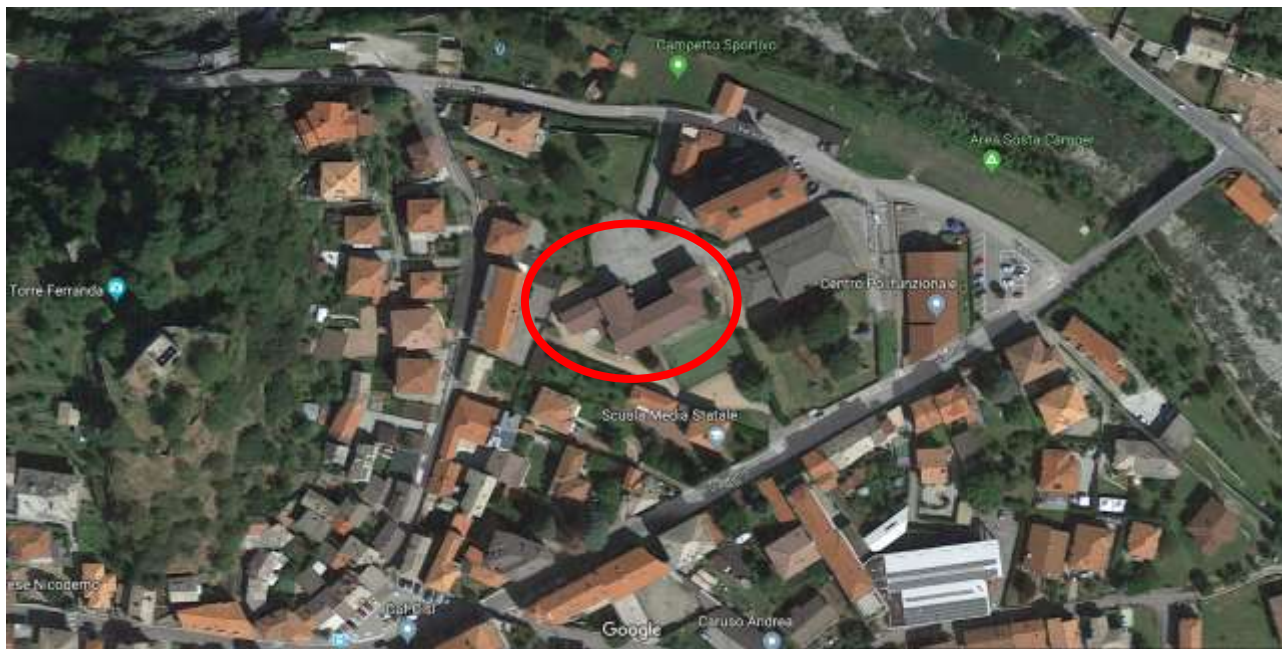
Il complesso scolastico è costituito da due edifici rispettivamente destinati a scuola media e palestra. In questa sede viene trattato solo la parte scolastica con esclusione della palestra.

L'edificio destinato a scuola media statale risale agli anni 64-65 e venne realizzato originariamente quale scuola di avviamento professionale, assumendo poi in corso d'opera la destinazione definitiva a scuola media inferiore.

L'edificio è nato con la configurazione odierna e non ha subito sostanziali interventi di ristrutturazione.

Il fabbricato strutturalmente è diviso in due parti, separate da un giunto corrente a margine ovest del corridoio principale. La parte ad est contiene le aule ed il blocco servizi; la parte ovest la segreteria, la sala insegnanti e l'alloggio custode.

La struttura è a telaio in cemento armato con tamponamenti esterni in mattoni faccia a vista e solai in latero-cemento con spessore 16+4 cm; l'interasse dei blocchi è di 50 cm. L'edificio si sviluppa in parte su uno e in parte su due livelli oltre al piano seminterrato.



4 ANALISI DI VULNERABILITA' – INDAGINE STORICO CRITICA

Il complesso scolastico è costituito da due edifici rispettivamente destinati a scuola media e palestra. In questa sede viene trattato solo la parte scolastica con esclusione della palestra.

L'edificio destinato a scuola media statale risale agli anni 64-65 e venne realizzato originariamente quale scuola di avviamento professionale, assumendo poi in corso d'opera la destinazione definitiva a scuola media inferiore.

Il fabbricato strutturalmente è diviso in due parti, separate da un giunto corrente a margine ovest del corridoio principale. La formazione del giunto è dovuta all'attivazione del progetto a mezzo di stralci successivi, dei quali il primo coincideva con la struttura est (vds. tabella successiva).

La parte ad est contiene le aule ed il blocco servizi; la parte ovest la segreteria, la sala insegnanti e l'alloggio custode.

Di seguito le caratteristiche dimensionali principali riepilogate nella tabella:

STRUTTURA EST		(aule didattiche)					
n.	descrizione	u.m.	piano				
			seminterrato	rialzato	primo	totale	note
1	Superficie lorda	mq.	407,00	407,00	407,00	1.221,00	escluso avanzamento p.t. vedi av. 2
2	Altezza netta	mt.	3,00	3,20	3,20	9,40	escluso soffitto
3	Volume	mc.	1.347,17	1.428,57	1.321,94	4.167,68	lordo
4	Lunghezza max	mt.	39,00	idem	idem	39,00	escluso avanzamento p.t. vedi av. 2
5	Larghezza max	mt.	14,90	idem	idem	14,90	escluso avanzamento p.t. vedi av. 2
STRUTTURA OVEST		(segreteria, ex custode, ecc.)					
n.	descrizione	u.m.	piano				
			seminterrato	rialzato	primo	totale	note
6	Superficie lorda	mq.	215,00	215,00	95,00		escluso regresso
7	Altezza netta	mt.	3,00	3,20	3,20	9,40	escluso soffitto
8	Volume	mc.	711,65	754,65	324,90	1.791,20	lordo
9	Lunghezza max	mt.	23,60	idem	8,30	23,60	
10	Larghezza max	mt.	11,40	idem	11,55	11,40	
TOTALE		(Struttura est + struttura ovest)					
n.	descrizione	u.m.	piano				
			seminterrato	rialzato	primo	totale	note
11	Superficie lorda	mq.	622,00	622,00	502,00	1.221,00	
12	Altezza lorda	mt.	3,31	3,51	3,42	10,24	
13	Volume	mc.	2.058,82	2.183,22	1.716,84	5.958,88	
14	Lunghezza max	mt.	51,85	idem	39,00	51,85	
15	Larghezza max	mt.	21,70	idem	21,70	21,70	

NOTA BENE : I valori sono ricavati graficamente e si intendono indicativi

3.1 Archivio Comunale

In data 5 febbraio c.a. è stata effettuata una visita presso gli archivi comunali, sia corrente che storico.

Nell'archivio corrente sono stati reperiti atti amministrativi e contrattuali relativi alla realizzazione di impianto (idro sanitario, termico).

Nell'archivio storico, oltre ad atti amministrativi che non rilevano ai fini dello svolgimento dell'incarico, sono stati reperiti ed acquisiti in copia in quanto utili :

- progetto architettonico su diverse tavole;
- certificato di collaudo della struttura in c.a.;
- collaudo tecnico amministrativo dell'opera.

Non sono presenti tavole relative ai disegni della struttura o relazioni di calcolo od illustrative del c.a.

Progetto architettonico

Il progetto acquisito si compone delle seguenti tavole:

numero tavola oggetto data

T2 Particolari prospetto nord maggio 61

T3 Particolari prospetto sud maggio 61

T4 Particolari scala maggio 61

T6 Progetto palestra gennaio 61, agg. 06/61 e 02/63

T7 Pianta piano seminterrato senza data

T8 Pianta piano rialzato idem

T9 Pianta piano primo idem

T10 Pianta copertura idem

T11 Sezione a - a idem

T12 Prospetti nord sud idem

T13 prospetti est - ovest idem.

Tutte le tavole sono firmate dal progettista, arch. Teresio Trabucco con studio in Torino, via Assarotti n. 3 e recano l'intestazione sul lato sinistro del frontalino l'intestazione "ARCHITETTI TRABUCCO TERESIO, CASTELLO LUCIANO, COLLABORATORE ARCH. BOSSUTO VINCENZO" mentre sul lato destro il numero di protocollo interno allo studio 189.

Le tavole inoltre sono timbrate dal Comitato Tecnico Amministrativo del Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche per il Piemonte dal quale risulta approvato nell'adunanza del 8 aprile 1963.

Infine si rileva un ulteriore timbro del Ministero dei Lavori Pubblici, Ufficio del Genio Civile di Torino che appone il visto dell'Ispettore Generale Capo dell'Ufficio il 17 settembre 1963.

Collaudo struttura in c.a.

La " Relazione di collaudo delle opere di calcestruzzo armato eseguite nella costruzione di un edificio ad uso scuola media di Pont Canavese" risulta in copia su carta bollata da Lire 400. Si compone di 4 (quattro) facciate scritte a macchina. Da questa si evince che la ditta esecutrice dell'opera era l'impresa Bianco Giovanni s.a.s. con sede in via Piazza n.33, Torino. Progettista e direttore lavori delle opere architettoniche era l'arch. Teresio Trabucco con studio in via Assarotti n.3, Torino. Progettista e direttore lavori delle strutture l'ing. Franco Jacazio con studio in corso Moncalieri n.72, Torino. Collaudatore l'ing. Enrico Peretti con studio in corso Rosselli n. 105/12, Torino. Svolgeva il ruolo di "costruttore abilitato" per conto dell'impresa l'ing. Carlo Berta di Torino.

Il collaudo venne redatto il giorno 23 ottobre 1965 con visita in cantiere, esame delle strutture e prove di carico. La struttura viene brevemente descritta, precisando che non vi sono elementi di notevole luce o portate e senza menzionare il giunto presente tra i corpi

di fabbrica. E' giudicata in buone condizioni e conforme alle previsioni progettuali e quindi viene collaudata secondo le destinazioni previste in origine.

Vengono descritti i materiali impiegati che risultano :

Cemento tipo "600" a disaggio kg.300 per mc. di impasto

Acciaio tipo Aq 50 tensione ammissibile $\leq 1600 \text{ kg/cm}^2$

Si citano successivamente anche le prove di rito eseguite dal laboratorio del Politecnico di Torino riportando i numeri progressivi dei certificati su calcestruzzo ed acciaio (nn. 8244 e 8425); non viene citata la data di effettuazione delle prove.

Vengono poi menzionati i sovraccarichi accidentali applicati sugli impalcati, scale e sbalzi, tutti pari a 400 kg/m^2 (folla compatta). Non vengono citati i sovraccarichi permanenti ed i pesi propri.

Risultano effettuate due prove di carico, la prima sul primo impalcato (aule piano rialzato) avente luce di mt.6,00 e la seconda sul secondo impalcato (copertura) avente luce di mt. 5,00. In entrambi i casi si specifica che il solaio è realizzato in laterocemento ed ha un'altezza di cm. 16 (laterizio) + cm. 4 (solettina superiore in cls) per un totale di cm. 20.

Nella prima prova, estesa per una fascia di mt.3,00 su tutto il solaio già completato in tutte le sue finiture superficiali, si è riscontrata una debole inflessione in mezzeria ed una buona elasticità.

Nel secondo caso la fascia interessata è stata di mt.2,00 con debole freccia e buon ritorno.

Collaudo tecnico amministrativo dell'opera

Il collaudo tecnico amministrativo si riferisce all'opera nel suo complesso ed è l'atto ultimo di chiusura della procedura amministrativa iniziata per la realizzazione dei lavori. Dopo tale atto l'opera è regolarmente completata e pronta per l'utilizzazione.

Il collaudo è stato effettuato dall'arch. Luciano Mazzarino, Ingegnere Capo della Sezione Urbanistica Regionale presso il Provveditorato alle Opere Pubbliche e reca la data del 30 dicembre 1970.

Risultano presenti, oltre al collaudatore, ing. Carlo Berta in qualità di rappresentante dell'Impresa Giovanni Bianco s.a.s, il direttore dei lavori arch. Teresio Trabucco, l'ing. Raffaele Ferrari in rappresentanza dell'Ufficio del Genio Civile, il sig. Luigi Armoni, Vice Sindaco per l'Amministrazione Comunale.

L'atto è stato visto per la regolarità dal lato tecnico dall'Ispettore Generale del Provveditorato Generale alle Opere Pubbliche per il Piemonte, ing. R. Guerizio. I lavori risultano iniziati in data 31 agosto 1964 e completati il giorno 15 giugno 1966.

Dall'atto si rilevano alcuni elementi utili:

- a) viene specificato che l'edificio è composto da più corpi di fabbrica;
- b) vengono menzionati saggi sulla "consistenza del calcestruzzo e verifica dei ferri di armatura del pilastro interno alla centrale termica"³ riscontrandone conformità ai disegni di progetto.

3.2 Archivio di Stato

In data 8 febbraio 2019 è stata compiuta una ispezione all'Archivio di Stato di Torino al fine di reperire la pratica relativa alla costruzione in cemento armato il cui deposito all'epoca avveniva presso la Prefettura di Torino.

E' stato rinvenuto un fascicolo (2° Versamento, Mazzo 2100, Fascicolo 20849) corrispondente all'oggetto. All'interno del medesimo la documentazione è piuttosto scarna e del tutto assenti risultano disegni della struttura in cemento armato, relazione illustrativa e relazione di calcolo. I documenti ivi contenuti sono :

1) Incarico ispezione strutture

Con nota apposita del 12 ottobre 1964 la Prefettura incarica l'ing. Ersilio Bicci , corso Traiano n.24, Torino di procedere alla verifica delle strutture in corso di esecuzione presso il cantiere di Pont C.se.

2) Relazione di Ispezione

La relazione di ispezione è datata 9 novembre 1964 e risulta effettuata tre giorni prima (6 novembre) da parte del tecnico incaricato. Oltre ai dati generali del cantiere e dell'impresa contiene:

- il nominativo del progettista delle strutture, ing. Franco Jacazio di Torino;
- lo stato avanzamento dei lavori in corso, dal quale risulta che si stava procedendo alla casseratura del terzo impalcato (ultimo sotto copertura);
- l'indicazione che la esecuzione dei lavori risponde alle norme vigenti.

3) Denuncia delle opere in cemento armato

Si tratta di un foglio di carta bollata di Lire 200 indirizzato alla Prefettura di Torino. Sono indicati e sottoscritti l'impresa, il progettista del c.a. ed il direttore dei lavori dello stabile. Reca la data del 30 settembre 1964, mentre il deposito accertato è del 6 ottobre 1964.

4) Tavole grafica

E' presente una tavola architettonica che comprende le opere previste nel primo stralcio esecutivo. Tali lavori erano limitati alla struttura principale (individuata al precedente punto 1.2 come struttura est). Reca nella parte destra del frontalino il n.1 e quale oggetto "progetto stralcio" con una data originaria gennaio 61 e due successivi aggiornamenti a

giugno 61 e giugno 1963. Oltre alle firme di impresa e progettista architettonico, reca anche timbro e firma del progettista delle strutture, ing. Franco Jacazio di Torino. Non contiene elementi indicativi quali schemi di travi e solai, ferrature, ecc.

Da informazioni assunte presso il personale dell'Archivio non esistono altre cartelle riferibili all'opera. La situazione di assenza di disegni esecutivi pare non essere caso raro.

5 ANALISI DI VULNERABILITA' – RILIEVO E CONOSCENZA.

Ad avvenuta acquisizione della documentazione amministrativa ufficiale disponibile si è osservato che risultava una buona disponibilità di elaborati grafici relativi all'opera architettonica ed invece la totale assenza di disegni strutturali o calcoli.

Il certificato di collaudo è l'unico atto, insieme alla breve citazione del collaudo tecnico amministrativo, dal quale emergono i materiali impiegati, i sovraccarichi e l'effettuazione di prove di carico.

Al fine di giungere ad un livello di conoscenza della struttura accettabile si è deciso di pianificare il lavoro come segue:

- 1) ricognizione in sito ed accertamento della rispondenza generale della pilastratura e delle dimensioni di massima della struttura;
- 2) documentazione fotografica dell'insieme durante lo svolgimento dei saggi e delle prove;
- 3) indagini non distruttive sui materiali (ricerca posizione ferri, spicconatura intonaco per verifica sezione c.a., ecc.)
- 4) indagini distruttive quali carotaggi e prelievo ferri.

Le operazioni si sono svolte nel periodo compreso tra il febbraio 2019 ed il 2 maggio 2019.

La prima fase è stata posta in attuazione con l'ausilio dei cantonieri comunali sigg. Piero Monteu Cotto e Carlo Airoidi.

Dopo aver scelto le aree da indagare gli operatori hanno provveduto alla spicconatura cauta dell'intonaco fino al vivo con tasselli di dimensioni di circa cm. 30 * 20.

In alcuni casi il livello d'indagine è stato esteso fino al rinvenimento delle armature.

La posizione dei provini è documentata sulla tavola grafica allegata alla presente (VS.1).

4.1 Tipologia, numerosità e localizzazione delle prove

Per raccogliere informazioni utili per l'analisi ottimizzando il numero di prove i criteri seguiti nella campagna d'indagine sono stati:

a) ridurre il più possibile l'invasività delle prove visto l'utilizzo del fabbricato

b) operare in modo diffuso sulle diverse parti dell'edificio.

Le prove eseguite sono elencate nella tabella seguente.

	Piano seminterrato	Piano terreno rialzato	Piano primo	Totale
Prelievo carote	Pilastro P56 Pilastro P40	Pilastro P18 Pilastro P34 Solaio S0	Pilastro P12 Pilastro P42 Solaio S1	8
Sclerometrie	Pilastro P56 Pilastro P40 Pilastro P47 Pilastro P26 Pilastro P44 Pilastro P11 Trave N47 Trave N52 Trave N4	Pilastro P18 Pilastro P34 Pilastro P26 Pilastro P3 Pilastro P42 Pilastro P32 Trave N42 Trave N34 Trave N16	Pilastro P12 Pilastro P42 Pilastro P25 Pilastro P56 Pilastro P34 Pilastro P47 Trave N12 Trave N42 Trave N56	27
Estrazione barre		Rampa Scale	-	1

Sulle strutture di calcestruzzo armato sono stati eseguite misure della geometria delle sezioni e ricerca delle armature mediante pacometro. Nel dettaglio, previa messa a nudo delle strutture con asportazione di intonaci e rivestimenti, sono state eseguite:

- prove pacometriche di rilievo delle armature (su tutti gli elementi per i quali è stato previsto il prelievo di carote o una prova sclerometrica),
- prove sclerometriche (n. 6 di taratura + n. 21 di controllo),
- estrazione di carote (n. 8) e di barre (n.1) con relative prove di laboratorio; Su tutte le carote estratte sono state effettuate prove di carbonatazione con soluzione di fenolftaleina.

Tipologia e la localizzazione delle prove sono riportate nella tavola allegata (VS.1).

4.2 Risultati di prova

Per le diverse tipologie di prove i risultati sono contenuti:

- per le **prove sclerometriche**, nella tabella che segue ove sono indicate, per ciascuna prova, piano, elemento, quali prove sono state effettuate nella zona di prelievo delle carote, e data di prova. Seguono le misure (nove battute per ogni punto di indagine) precedute dalla direzione dello strumento (O = orizzontale, A = verso il alto).

N.	Piano	Carota	Elemento	Data prova	Direz.	Indice di rimbalzo R _i								
						1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	P12+1	Pilastro P12	02/05/19	O	38	36	34	37	34	35	39	39	34
2	1	P42+1	Pilastro P42	02/05/19	O	44	46	42	54	52	48	41	42	46
3	0	P18-0	Pilastro P18	02/05/19	O	40	38	40	37	36	42	37	35	44
4	0	P34-0	Pilastro P34	02/05/19	O	36	40	40	34	42	38	44	37	42
5	-1	P40-1	Pilastro P40	02/05/19	O	38	34	34	32	36	30	31	38	37
6	-1	P56-1	Pilastro P56	02/05/19	O	30	32	34	33	33	37	35	29	30
7	1		Pilastro P25	02/05/19	O	40	44	50	46	48	45	47	48	44
8	1		Pilastro P56	02/05/19	O	39	48	44	36	46	42	38	48	49
9	1		Pilastro P34	02/05/19	O	40	44	52	50	47	47	48	46	48
10	1		Pilastro P47	02/05/19	O	34	42	43	40	43	41	42	47	44
11	1		Trave N12	02/05/19	A	40	44	38	40	45	40	44	38	39
12	1		Trave N42	02/05/19	A	36	40	38	39	36	39	36	35	38
13	1		Trave N56	02/05/19	A	32	34	33	30	36	33	36	34	29
14	0		Pilastro P26	02/05/19	O	28	30	30	29	32	33	28	30	31
15	0		Pilastro P3	02/05/19	O	34	36	34	32	36	30	29	37	34
16	0		Pilastro P42	02/05/19	O	32	32	38	36	35	37	35	35	29
17	0		Pilastro P32	02/05/19	O	36	40	34	34	40	38	34	29	36
18	0		Trave N42	02/05/19	A	48	46	50	48	47	47	48	46	50
19	0		Trave N34	02/05/19	A	44	46	40	42	42	44	37	42	43
20	0		Trave N16	02/05/19	O	32	36	38	34	36	39	33	32	36
21	-1		Pilastro P47	02/05/19	O	30	32	28	26	34	30	34	30	31
22	-1		Pilastro P26	02/05/19	O	32	28	32	32	34	32	32	34	29
23	-1		Pilastro P44	02/05/19	O	52	44	54	48	42	47	51	44	48
24	-1		Pilastro P11	02/05/19	O	27	34	34	28	32	33	25	35	30
25	-1		Trave N47	02/05/19	A	36	38	42	36	40	34	38	44	42
26	-1		Trave N52	02/05/19	A	36	38	34	36	34	38	32	36	36
27	-1		Trave N4	02/05/19	A	38	36	34	36	35	34	31	36	41
28	1	S+1	Solaio	02/05/19	O									
29	0	S-0	Solaio	02/05/19	O									

- per le **prove meccaniche**, nei certificati del laboratorio ufficiale Tecno Piemonte del 13/05/2019 di cui si riporta un estratto

Identificazione provino	Dimensioni dei provini				Area compressa [mm ²]	Massa volumica [Kg/cm ³]	Carico di rottura [kN]	Resistenza a compressione [N/mm ²]	TR
	massa [g]	diametro [mm]	lunghezza [mm]	rapporto lunghezza					
P12 +1 pilastro	1721	99,3	100	1,0	7744	2224	138	17,8	S
P42 +1 pilastro	1724	99,3	101	1,0	7744	2205	185	23,9	S
S +1 solaio	1742	84,5	86	1,0	5608	3614	169	30,1	S
P18 -0 pilastro	1742	99,3	99	1,0	7744	2271	141	18,2	S
P34 -0 pilastro						2251	162	20,9	S
S -0 solaio	1742	84,5	86	1,0	5608	3614	108	19,3	S
P40 -1 pilastro	1742	99,3	101	1,0	7744	2228	84	10,8	S
P56 -1 pilastro	1750	84,5	104	1,2	5608	3002	67	11,9	S

TR (tipo di rottura) : S = Soddisfacente - NS = Non Soddisfacente

Sigla Sperimentatore: 201

- per la **carbonatazione**, nei certificato del laboratorio ufficiale Tecno Piemonte spa del 13/05/2019 di cui si riporta un estratto

sigla provino	posizione in opera	misura della profondità di carbonatazione	
		d_k [mm]	d_{kmax} [mm]
P12 +1	pilastro	60	60
P42 +1	pilastro	10	10
S1	solaio	10	25
P18 -0	pilastro	30	30
P34 -0	pilastro	40	50
S0	solaio	60	60
P40 -1	pilastro	45	45
P56 -1	pilastro	0	0

6 ANALISI DI VULNERABILITA' – INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

5.1 Calcestruzzo

Prove su carote

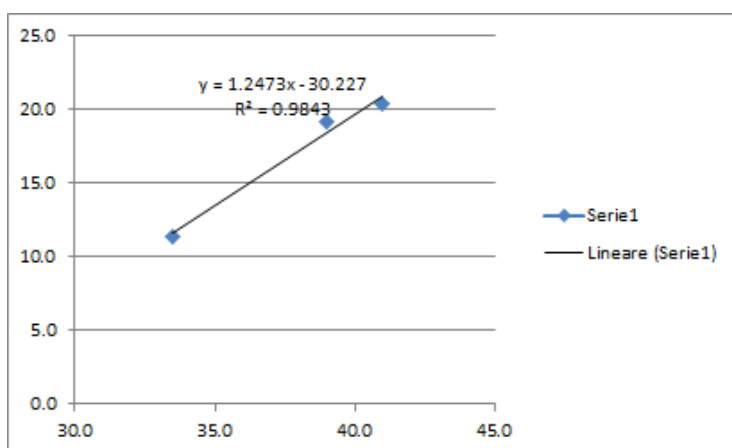
In tabella, estratti dai certificati di prova, i risultati e la geometria dei campioni

N.	Piano	Carota	Elemento	Data prova	f_{is} N/mm ²	h mm	d mm	h/d	$f_{is} = f_m$ N/mm ²
1	1	P12+1	Pilastro P12	02/05/19	17.8	100	99	1.0	17.4
2	1	P42+1	Pilastro P42	02/05/19	23.9	101	99	1.0	23.4
3	0	P18-0	Pilastro P18	02/05/19	18.2	99	99	1.0	17.8
4	0	P34-0	Pilastro P34	02/05/19	20.9	100	99	1.0	20.4
5	-1	P40-1	Pilastro P40	02/05/19	10.8	101	99	1.0	10.6
6	-1	P56-1	Pilastro P56	02/05/19	11.9	104	85	1.2	12.2
7	1	S+1	Solaio	02/05/19	30.1	86	85	1.0	29.5
8	0	S-0	Solaio	02/05/19	19.3	86	85	1.0	18.9

Osservando i dati riportati nella tabella precedente sono individuabili due diverse classi di calcestruzzo per i pilastri della zona interrata e per i due piani superiori. Ciò è confermato dalle prove sclerometriche effettuate nelle stesse zone prima dell'estrazione delle carote.

N.	Piano	Carota	Elemento	$R_{mediana}$	Esito prova	$R_{corretto}$	R_m
1	1	P12+1	Pilastro P12	36	SI	36	40.0
2	1	P42+1	Pilastro P42	46	SI	46	
3	0	P18-0	Pilastro P18	38	SI	38	
4	0	P34-0	Pilastro P34	40	SI	40	
5	-1	P40-1	Pilastro P40	34	SI	34	33.5
6	-1	P56-1	Pilastro P56	33	SI	33	

Correlazione tra prove su carote e misure sclerometriche



Riportando su un grafico per ciascun piano i valori medi delle battute sclerometriche sulle ascisse e i risultati medi dei provini sull'asse delle ordinate, è possibile ricavare la correlazione in figura. Il coefficiente di determinazione $r^2 = 0,98$ sufficientemente vicino all'unità suggerisce una semplice

correlazione lineare per convertire le misure sclerometriche in resistenze meccaniche. Si ottengono i valori della tabella che segue.

Elaborazione delle misure sclerometriche

N.	Piano	Carota	Elemento	R _{mediana}	Esito prova	R _{corretto}	R _m	f _R N/mm ²
1	1	P12+1	Pilastro P12	36	SI	36	40.0	14.7
2	1	P42+1	Pilastro P42	46	SI	46		27.1
3	0	P18-0	Pilastro P18	38	SI	38		17.2
4	0	P34-0	Pilastro P34	40	SI	40		19.7
5	-1	P40-1	Pilastro P40	34	SI	34	33.5	12.2
6	-1	P56-1	Pilastro P56	33	SI	33		10.9
7	1		Pilastro P25	46	SI	46		27.1
8	1		Pilastro P56	44	SI	44		24.7
9	1		Pilastro P34	47	SI	47		28.4
10	1		Pilastro P47	42	SI	42		22.2
11	1		Trave N12	40	SI	36		14.7
12	1		Trave N42	38	SI	34		12.2
13	1		Trave N56	33	SI	29		5.9
14	0		Pilastro P26	30	SI	30		7.2
15	0		Pilastro P3	34	SI	34		12.2
16	0		Pilastro P42	35	SI	35		13.4
17	0		Pilastro P32	36	SI	36		14.7
18	0		Trave N42	48	SI	44		24.7
19	0		Trave N34	42	SI	38		17.2
20	0		Trave N16	36	SI	36		14.7
21	-1		Pilastro P47	30	SI	30		7.2
22	-1		Pilastro P26	32	SI	32		9.7
23	-1		Pilastro P44	48	SI	48		29.6
24	-1		Pilastro P11	32	SI	32		9.7
25	-1		Trave N47	38	SI	34		12.2
26	-1		Trave N52	36	SI	32		9.7
27	-1		Trave N4	36	SI	32		9.7

Tenendo conto della suddivisione in due tipologie di cls già evidenziate, i valori di resistenza sono stati elaborati, secondo quanto prescritto nella circolare delle Norme Tecniche D.M.17.01.2018 C11.2.6.

5.2 Acciaio da c.a.

I prelievi delle barre lisce d'armatura sono stati effettuati all'intradosso della rampa scala esterna di ingresso. I risultati di prova, estratti dal certificato di prova, sono riportati in tabella.

PROVA DI TRAZIONE								
Identificazione provino	Ø nominale [mm]	Massa lineica [kg/m]	Ø effettivo [mm]	Sezione effettiva [mm²]	Snervam. fy [N/mm²]	Rottura ft [N/mm²]	ft/fy	Allungamento A5 [%]
Rampa scale	12	0,929	12,27	118,34	331	477	1,44	38,2

I valori riscontrati della tensione di rottura e di snervamento sono perfettamente allineati a quelli medi pubblicati dalla Associazione Italiana di Ingegneria Sismica per acciaio AQ42.

Tabella 1. Caratteristiche degli acciai Aq.42.

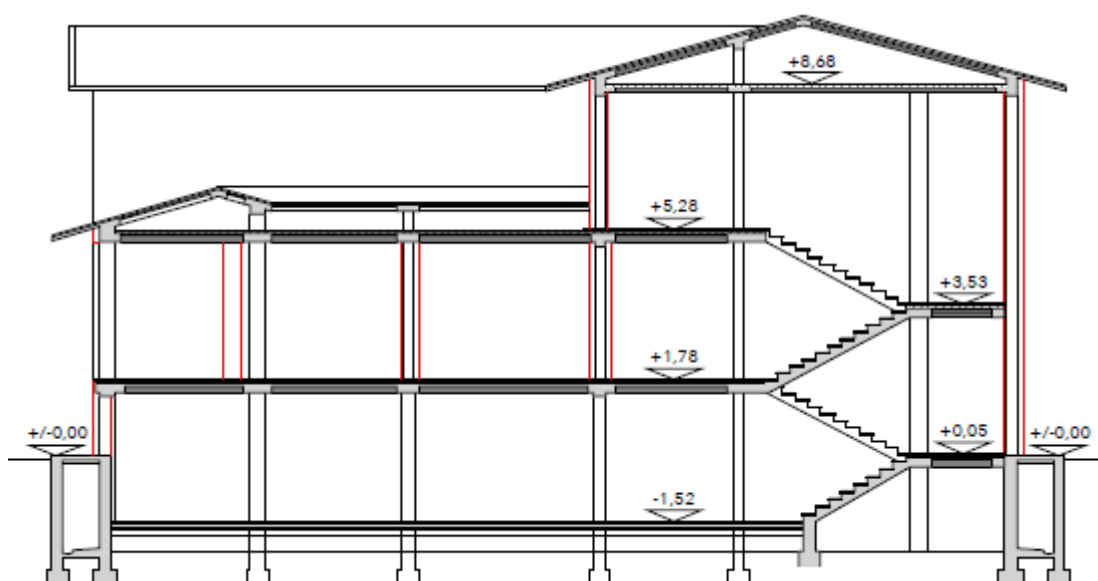
numero prove: 729	f_y [N/mm²]	f_u [N/mm²]	f_u/f_y	$A_{10\phi}$
valore medio	325.4	467.1	1.440	28.81%
valore massimo	397.4	499.9	1.812	39.16%
valore minimo	265.0	420.1	1.096	20.00%
scarto quadratico medio	23.165	21.718	0.086	0.031
C. O. V.	0.071	0.047	0.060	0.107
indice di asimmetria	0.237	-0.342	0.311	-0.417
indice di curtosi	3.015	2.008	3.941	3.365

7 PROGETTO DEFINITIVO – LIVELLO DI CONOSCENZA

6.1 Livello di Conoscenza e Fattori di Confidenza

Seguendo le indicazioni del punto 8.5.4 delle NTC 2018 e della circolare del Consiglio Superiore dei LL.PP., in base al tipo e alla qualità della documentazione raccolta e alle prove sui materiali è possibile definire i Livelli di Conoscenza del fabbricato.

L'edificio è di 3 piani e ha una metratura pari circa a 600 mq per i primi due livelli e di circa 500 mq al piano secondo.



Al fine di identificarne le caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi sono state effettuate una serie di prove in situ su travi e pilastri ai vari piani. Sugli 11 campioni estratti sono state eseguite prove a rottura per l'individuazione della resistenza a compressione. A complemento delle suddette prove sono state effettuate numerose battute sclerometriche che hanno confermato i valori ottenuti dalle prove distruttive.

Per quanto riguarda invece gli acciai sono stati prelevati n° 4 campioni.

Le prove sono state realizzate in due fasi: la prima durante la redazione dello studio di vulnerabilità sismica, la seconda, ad integrazione dei precedenti risultati, durante la stesura del progetto definitivo.

Oltre alle prove è stato eseguito un rilievo geometrico degli elementi strutturali come si evince dalla documentazione fotografica allegata.

Tenuto conto che non sono stati reperiti i disegni di carpenteria e armatura originali, sulla base delle indicazioni riportate nella tabella C8.5.V della circolare n°7 del 21/07/2019 è possibile definire due livelli di indagine e relativa conoscenza:

calcestruzzo → livello di indagine esteso → LC2 → FC=1.2
acciaio → livello di indagine limitato → LC1 → FC=1.35

6.2 Calcestruzzo

I due relativi certificati emessi dal Laboratorio Tecno Piemonte S.p.a. contengono la descrizione dell'elemento indagato, le dimensioni delle carote che presentavano un rapporto altezza/diametro $h/d \cong 1$ ed il carico di rottura.

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova

Identificazione provino	Dimensioni dei provini				Area compressa [mm²]	Massa volumica [Kg/cm³]	Carico di rottura [kN]	Resistenza a compressione [N/mm²]	TR
	massa [g]	diametro [mm]	lungh. [mm]	rapporto lungh/e					
P12 +1 pilastro	1721	99,3	100	1,0	7744	2224	138	17,8	S
P42 +1 pilastro	1724	99,3	101	1,0	7744	2205	185	23,9	S
S +1 solaio	1742	84,5	86	1,0	5608	3614	169	30,1	S
P18 -0 pilastro	1742	99,3	99	1,0	7744	2271	141	18,2	S
P34 -0 pilastro	1742	99,3	100	1,0	7744	2251	162	20,9	S
S -0 solaio	1742	84,5	86	1,0	5608	3614	108	19,3	S
P40 -1 pilastro	1742	99,3	101	1,0	7744	2228	84	10,8	S
P56 -1 pilastro	1750	84,5	104	1,2	5608	3002	67	11,9	S

TR (tipo di rottura) : S = Soddisfacente - NS = Non Soddisfacente

Sigla Sperimentatore: 201

risultati prove studio di vulnerabilità

Nel codice di identificazione del provino è presente un numero che identifica il livello di riferimento del campione, nello studio di vulnerabilità il Laboratorio aveva assunto:

+1 pilastro: pilastro che spicca dal solaio a quota + 5,28

+1 solaio: solaio a quota + 5,28

0 pilastro: pilastro che spicca dal solaio a quota + 1,78

0 solaio: solaio a quota + 1,78

-1 pilastro: pilastro che spicca dal muro perimetrale del piano seminterrato

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova

Identificazione provino	Dimensioni dei provini				Area compressa [mm ²]	Massa volumica [Kg/cm ³]	Carico di rottura [kN]	Resistenza a compressione [N/mm ²]	TR
	massa [g]	diametro [mm]	lunghezza [mm]	rapporto lunghezza/ø					
T2 +2 Trave Est	1455	93,8	93	1,0	6910	2263	138	20,0	S
T1 +1 Trave Nord	1445	93,8	94	1,0	6910	2223	115	16,6	S
M -1 Muro perimetrale	1433	93,8	96	1,0	6910	2161	68	9,8	S

TR (tipo di rottura) : S = Soddisfacente - NS = Non Soddisfacente

Sigla Sperimentatore: 201

risultati prove progetto definitivo

Nel codice di identificazione del provino è presente un numero che identifica il livello di riferimento del campione, nel progetto definitivo il Laboratorio ha assunto:

+2 trave: trave a quota + 5,28

+1 trave: trave a quota + 1,78

-1 muro: muro perimetrale al piano seminterrato

Dai risultati ottenuti emergono due tipologie differenti di calcestruzzo: il primo con caratteristiche meccaniche inferiori relativo al muro perimetrale e ai pilastri del piano seminterrato a sostegno del piano rialzato; il secondo per le strutture a livelli superiori.

Oltre alle prove distruttive sui campioni estratti sono state effettuate una serie di sclerometrie a conferma dei risultati ottenuti con prove distruttive.

Dall'analisi dei risultati è possibile notare un valore di rottura piuttosto elevato relativo al campione prelevato nello studio di vulnerabilità dal solaio +1 (quota 5,28). Tale valore è stato scartato in virtù del fatto che un altro campione eseguito nella seconda campagna prove sul medesimo solaio (T2) ha evidenziato una tensione di rottura allineata alla media dei valori ottenuti sul resto del fabbricato.

Il valore medio di resistenza a rottura dei campioni cilindrici è dunque pari a 10.8 N/mm² per il muro perimetrale e per i pilastri a sostegno del piano rialzato e 19.5 N/mm² per il resto della struttura.

A partire dai valori medi l'applicazione dei fattori di confidenza $FC = 1.2$ ha fornito i valori di calcolo per meccanismi duttili e, dividendo ulteriormente tali valori per il coefficiente di sicurezza parziale $\gamma_c = 1,50$ come prescritto dalle NTC, per meccanismi fragili. I valori delle resistenze e delle relative caratteristiche meccaniche sono stati adottati nei modelli di analisi strutturale e verifica delle strutture esistenti.

6.3 Acciaio da c.a.

Sono stati prelevati 4 campioni di armatura che evidenziano un valore medio di snervamento e di rottura pari a:

$$f_{ym} = 363 \text{ MPa}$$

$$f_{km} = 533 \text{ MPa}$$

Entrambi i valori superano di poco quelli teorici di un acciaio FeB32 previsto dalle norme in vigore alla data della costruzione (D.M. 30/05/1974). Le barre sono lisce.

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova (UNI CEI EN ISO/IEC 17025)

PROVA DI TRAZIONE								
Identificazione provino	Ø nominale [mm]	Massa lineica [kg/m]	Ø effettivo [mm]	Sezione effettiva [mm²]	Snervam. fy [N/mm²]	Rottura ft [N/mm²]	ft/fy	Allungamento A5 [%]
Rampa scale	12	0,929	12,27	118,34	331	477	1,44	38,2

OSSERVAZIONI:

Sigla Sperimentatore:

204

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova (UNI CEI EN ISO/IEC 17025)

PROVA DI TRAZIONE								
Identificazione provino	Ø nominale [mm]	Massa lineica [kg/m]	Ø effettivo [mm]	Sezione effettiva [mm²]	Snervam. fy [N/mm²]	Rottura ft [N/mm²]	ft/fy	Allungamento A5 [%]
T0 est (marciapiede)	16	1,537	15,79	195,80	348	525	1,51	25,4
T1 nord	8	0,420	8,25	53,50	419	609	1,46	25,5
T2 est	20	2,474	20,03	315,16	356	522	1,47	31,4

OSSERVAZIONI:

/

Sigla Sperimentatore:

204

Applicando al valore di resistenza medio ottenuto il fattore di confidenza $FC=1.3$ si ottiene $f_{yd} = 269 \text{ N/mm}^2$.

8 BASI DEL PROGETTO

Descrizione dell'intervento

L'intervento sulle strutture in sintesi consiste:

- nell'inserimento di setti di controvento in una misura sufficiente da rendere secondari i pilastri del telaio in cemento armato;
- nel consolidamento dei pilastri a livello di piano seminterrato mediante incamiciatura con microcalcestruzzo fibro rinforzato;
- nell'eliminazione del giunto strutturale per evitare fenomeni di martellamento mediante un cerchiaggio dei pilastri con piastre metalliche e saturazione dello spazio di giunto.

Gli interventi e la loro successione temporale sono descritti nei documenti di progetto.

Classificazione dell'intervento

L'edificio è classificabile in classe III con vita nominale $VN = 50$ anni, $CU = 1,5$; le strutture sono classificate in classe di duttilità "B" essendo carenti di dettagli costruttivi per le porzioni esistenti. Le coordinate del sito sono $45^{\circ},42'17''$ e $7^{\circ},6'00''$. In base alle indagini geologiche e alle prove sul terreno disponibili il terreno è classificabile di tipo C.

L'intervento si configura come adeguamento sismico con coefficiente $\zeta_e = 0.8$. Tale requisito rispetta sia il superamento del valore minimo di $\zeta_e = 0.6$ imposto per le scuole che il miglioramento del 20% rispetto alle condizioni di sicurezza pre-intervento in caso di sisma.

Criteri di progetto dell'intervento

Vista la scarsa qualità del calcestruzzo evidenziata dai risultati dei provini prelevati in opera si è optato per l'inserimento di nuovi elementi sismo-resistenti in una misura tale da rendere l'attuale telaio in cemento armato secondario rispetto alla totalità delle rigidezze.

Per questo motivo sono stati inseriti n°14 nuovi setti di spessore 35 cm e lunghezza in pianta compresa tra 1.5 m e 3 m disposti sul perimetro del fabbricato in modo tale da intervenire il meno possibile dall'interno.

I setti sono fondati alla quota di imposta dell'intercapedine perimetrale e sono connessi con le strutture esistenti mediante resine di tipo epossidico ai vari livelli.

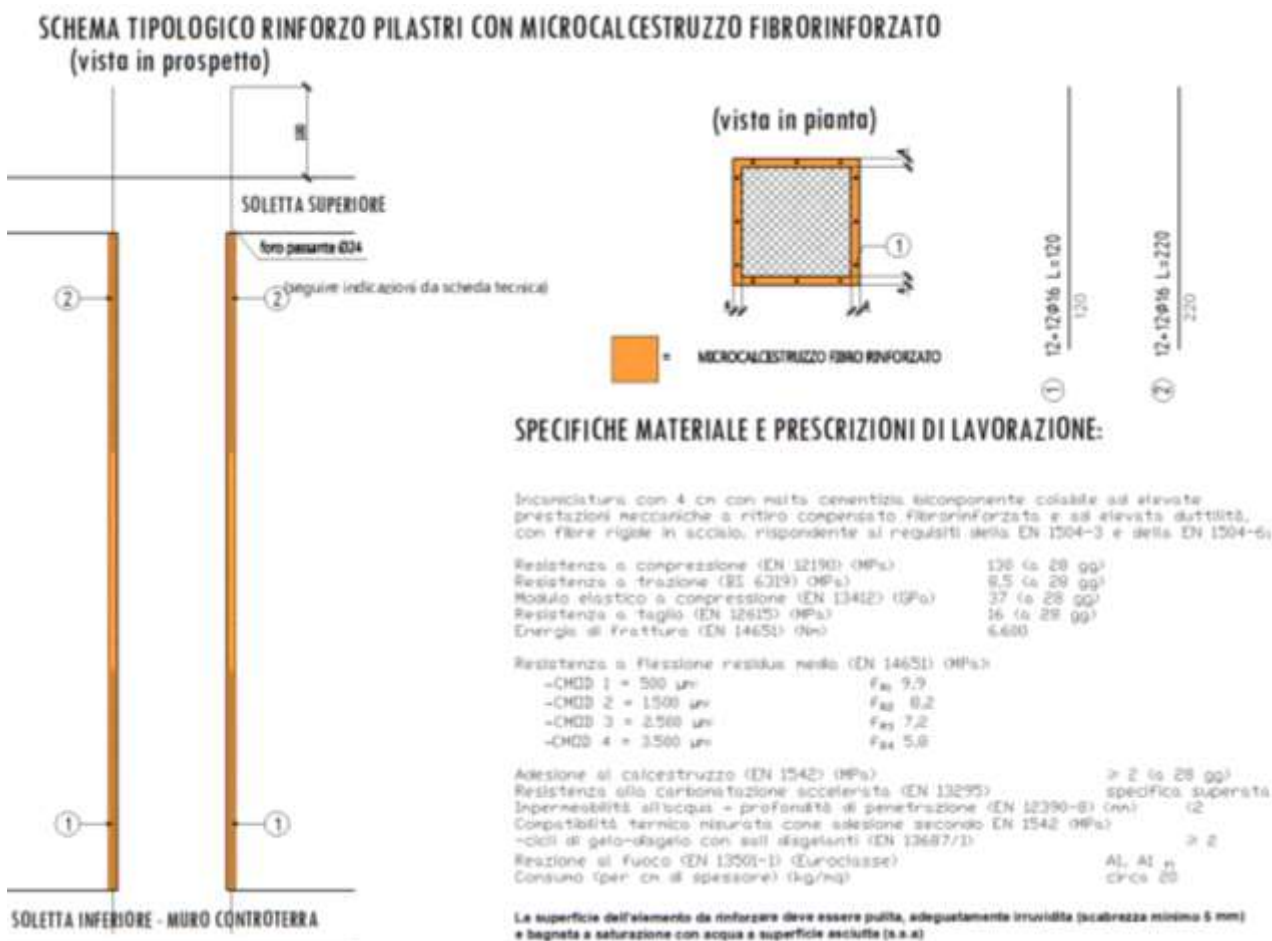
E' stato inoltre previsto il cerchiaggio con microcalcestruzzo fibro-rinforzato di tutti i pilastri sotto il solaio di piano rialzato.

Vista l'assenza nelle strutture esistenti di dettagli costruttivi previsti per strutture a comportamento dissipativo è stato utilizzato per il fattore di comportamento $q = 1.5$.

9 DETTAGLIO COSTRUTTIVO RINFORZO PILASTRI ESISTENTI

Si ripropone nell'immagine seguente il dettaglio costruttivo per il rinforzo dei pilastri con microcalcestruzzo fibro rinforzato.

Rispetto al progetto consegnato, a seguito dello scambio telefonico, è stato concordato di mantenere la continuità di armatura lungo lo spessore dell'impalcato.



10 DETTAGLI COSTRUTTIVI NUOVI SETTI IN C.A.

La struttura in oggetto è stata verificata considerando un comportamento non dissipativo e un conseguente fattore di struttura $q = 1.5$.

Per questo motivo i dettagli costruttivi applicati sono quelli del capitolo 4 delle NTC 2018 essendo esplicitato al punto 7.4.6 che i dettagli costruttivi del capitolo 7 "... si applicano alle strutture in c.a. a comportamento dissipativo."

La tabella seguente riassume le quantità di armatura e le relative percentuali geometriche che rispettano i minimi.

SETTO N°	DIMENSIONI PIANTA		ARMATURA LONGITUDINALE MINIMA					ARMATURA TRASVERSALE MINIMA							
	b [cm]	h [cm]				A _s [cm ²]	ρ _s					A _{sv} [cm ²]	ρ _h	n° braccia	[legature/m ²]
1	35	150	24	φ	16	48.3	0.92%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	4	20
2	35	150	24	φ	16	48.3	0.92%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	4	20
3	35	150	24	φ	16	48.3	0.92%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	4	20
4	35	150	24	φ	16	48.3	0.92%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	4	20
5	35	200	30	φ	16	60.3	0.86%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	6	30
6	35	250	36	φ	16	72.4	0.83%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	8	40
7	35	250	36	φ	16	72.4	0.83%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	8	40
8	35	250	36	φ	16	72.4	0.83%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	8	40
9	35	250	36	φ	16	72.4	0.83%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	8	40
10	35	150	24	φ	16	48.3	0.92%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	4	20
11	35	250	36	φ	16	72.4	0.83%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	8	40
12	35	300	44	φ	16	88.5	0.84%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	8	40
13	35	200	30	φ	16	60.3	0.86%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	6	30
14	35	200	30	φ	16	60.3	0.86%	φ	10	/	20	7.85	0.22%	6	30

In tutti gli elementi risultano verificati:

- Percentuale geometrica armatura verticale $\rho_{v,min} = 0.5\%$
- Percentuale geometrica armatura orizzontale $\rho_{h,min} = 0.2\%$
- Diametro massimo inferiore di 1/10 dello spessore
- Interasse massimo barre verticali pari a 30 cm
- Legature minime 9/m²

11 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.











12 CONCLUSIONI

Le scelte progettuali effettuate per l'adeguamento sismico della scuola media statale P. Martinetti soddisfano le esigenze del Comune di Pont Canavese e le indicazioni delle NTC 2018 sia per quanto riguarda i carichi verticali che per quanto riguarda le azioni sismiche.

13 COSTO DELLE OPERE IN PROGETTO

Il costo totale dell'intervento previsto dal presente progetto esecutivo, compreso di spese tecniche, imprevisti ed incentivi è pari a € 600.000,00.

14 VARIAZIONE DEI COSTI RISPETTO ALLA FASE PRECEDENTE

In virtù dei recenti rincari di materie prime, materiali, carburanti, ecc. rispetto al precedente progetto definitivo sono stati aggiornati i prezzi unitari in base all'attuale prezzo Regionale per l'anno 2022 - Edizione straordinaria luglio 2022.