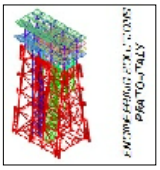
COMUNE DI SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO
Provincia di Bologna

UFFICIO LAVORI PUBBLICI

ADEGUAMENTO SISMICO DELL'ISTITUTO COMPRENSIVO DI SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO IN VIA MARCONI N.48/B
Scuola elementare/media e palestra

PROGETTO STRUTTURALE



STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI INGEGNERIA
Ing. Claudio Consorti - Ing. Alessio Consigli

Via F. Ferrucci n°232 - 59100 Prato
tel. e fax 0574/514173
e-Mail studio-ac@libero.it

R.U.P. Geom. Moreno Santarini

ELABORATO

PROCESSO DI CONOSCENZA

FASE	CARTELLA	ELABORATO	PROG.		REVISIONE
E	01	PC	01	_	0

FILE NAME: E_01_PC_01_0.pdf	NOTE:	PROT. 0520	SCALA: - - -	

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
5					
4					
3					
2					
1					
0	PER CONSEGNA	LUGLIO 2020	AC	CC	

PROGETTO ESECUTIVO

Il presente progetto è proprietà del Committente. A termine di legge tutti i diritti sono riservati.
E' vietata la riproduzione in qualsiasi forma senza esplicita autorizzazione.

SOMMARIO

1 PREMESSA 3

2 DESCRIZIONE DEGLI EDIFICI 5

3 CAMPAGNA DI INDAGINE 13

3.1 Indagini sulle murature 14

3.2 Indagini sugli orizzontamenti 18

3.3 Indagini su elementi in c.a 21

3.4 Saggi in fondazione 37

4 CONCLUSIONI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE 40

5 ALLEGATI 44

1 PREMESSA

Il progetto riguarda l'adeguamento sismico ai sensi del D.M. 17.01.2018 del plesso scolastico "Giacomo Musolesi" del comune di San Benedetto Val di Sambro (BO) situato in Viale Guglielmo Marconi 48C.

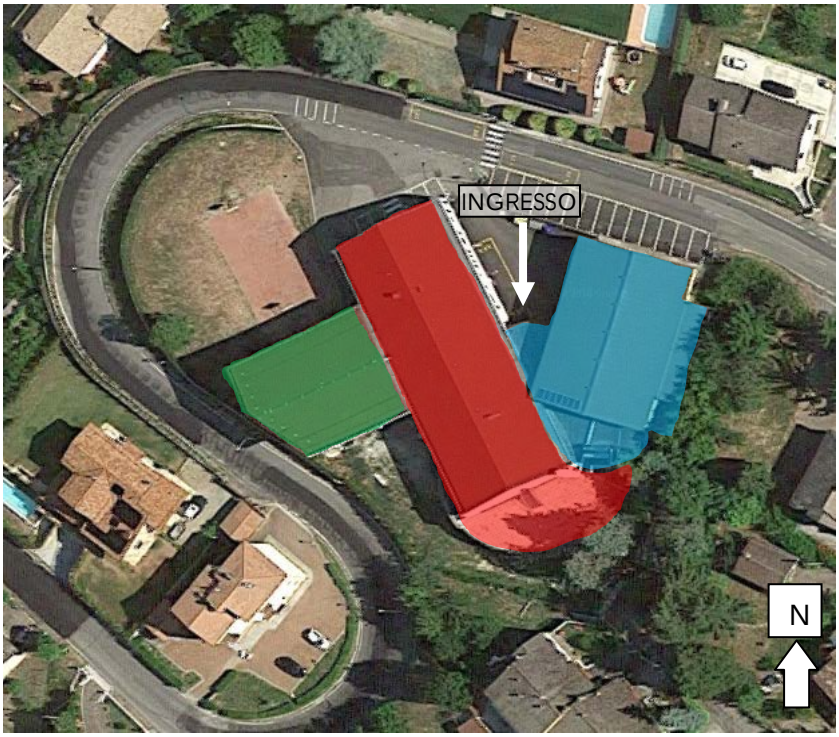
Ripresa aerea del sito in oggetto

Il plesso scolastico si compone di tre corpi di fabbrica:

1. Edificio scolastico originario
2. Palestra
3. Ampliamento

Il presente progetto esecutivo riguarda l'adeguamento sismico dei primi due corpi di fabbrica, mentre l'ampliamento, di recente realizzazione, non è oggetto di intervento.

L'individuazione dei corpi di fabbrica è riportata nel seguente schema:



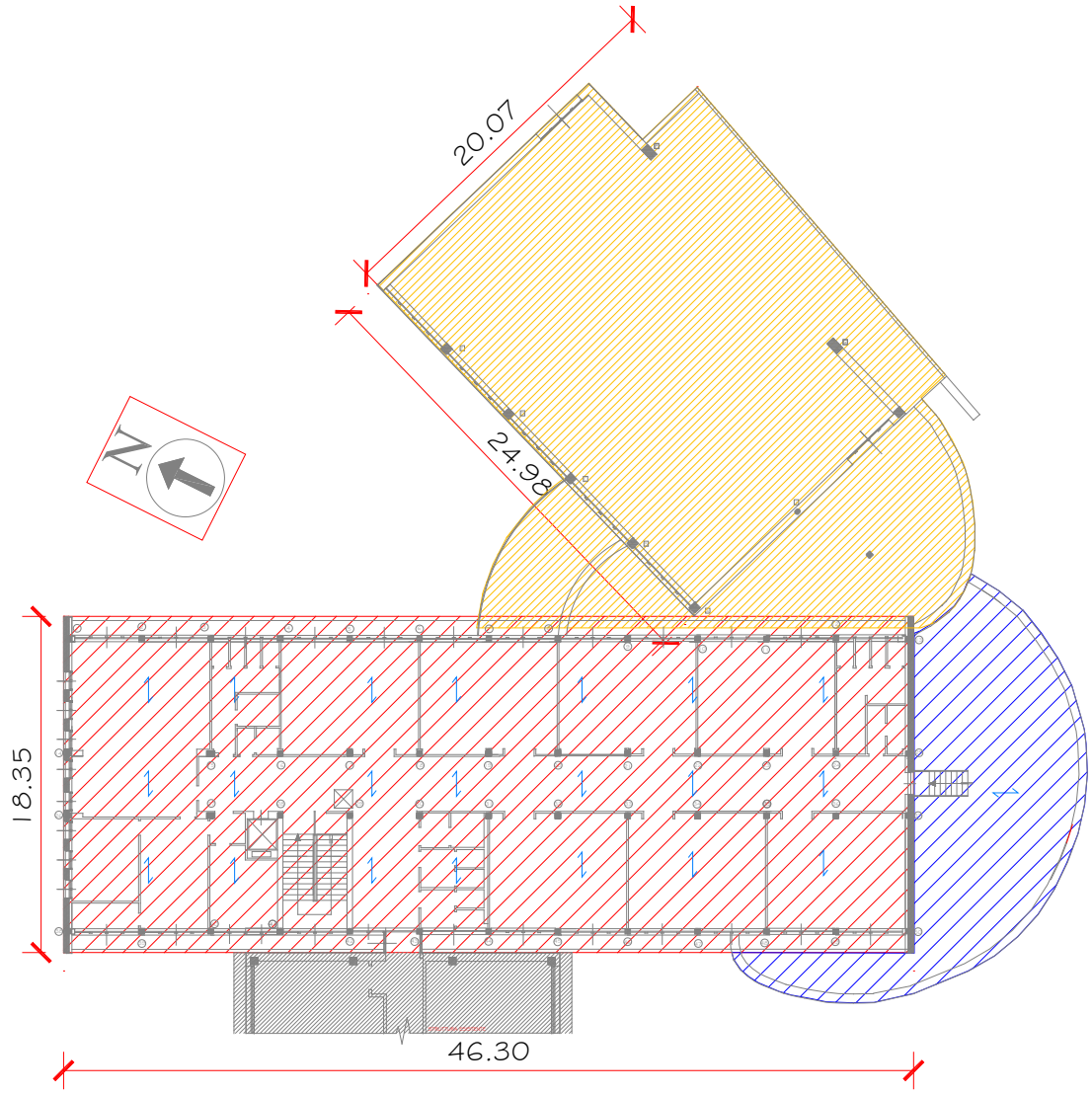
Corpi di fabbrica

In rosso è rappresentato il corpo 1, l'edificio scolastico originario realizzato negli anni '60; in azzurro il corpo 2, ovvero la palestra con annessi spogliatoi e pensilina di ingresso, realizzata negli anni '90; in verde, il corpo 3, ovvero l'ampliamento della scuola non oggetto di intervento.

I tre corpi di fabbrica risultano tutti connessi dal punto di vista funzionale e distributivo. Dal punto di vista strutturale, la scuola e la palestra sono strutturalmente collegate mentre il nuovo ampliamento risulta giuntato simicamente rispetto alla scuola.

2 DESCRIZIONE DEGLI EDIFICI

Si riporta di seguito uno schema planimetrico del plesso scolastico:



Planimetria del plesso scolastico - in rosso la struttura in c.a. della scuola, in blu la porzione in muratura, in giallo la palestra, in grigio, una porzione dell'ampliamento non oggetto di intervento

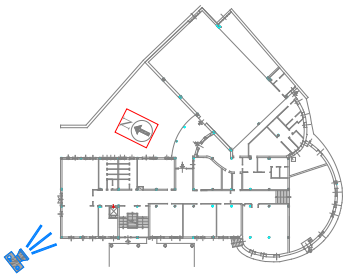
La scuola si sviluppa su due livelli (piano terreno e piano primo) oltre sottotetto e copertura. L'edificio si compone di una porzione realizzata in calcestruzzo armato e di una porzione in muratura portante. La porzione in calcestruzzo armato (tratteggiata in rosso nello schema soprastante) è a pianta rettangolare di dimensioni 46.3x18.35 m con quattro telai orditi parallelamente al lato lungo della pianta di cui due sul perimetro e due di spina. Le pilastrate del piano terreno hanno sezione quadrata 30x30 cm, rettangolare 30x45 cm e circolare Ø30 cm mentre al piano primo i pilastri sono prevalentemente quadrati con sezione 30x30 cm ad eccezione di due pilastrate rettangolari 30x45 cm. Sulle due testate della pianta al piano primo sono presenti due setti in calcestruzzo armato di

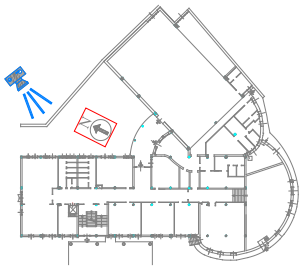
forma triangolare che si estendono fino in copertura. Le travate di bordo hanno sezione ad "L" di altezza 90 cm e risultano estradossate rispetto all'orizzontamento di piano, mentre le travate di spina sono a spessore di larghezza 80 cm. Gli orizzontamenti del piano terreno, primo e sottotetto sono in latero-cemento gettati in opera di altezza 25 cm (solai tipo "bausta") orditi parallelamente al lato corto della pianta mentre la copertura è realizzata con travetti tipo "Varese" orditi anch'essi parallelamente al lato corto della pianta e posti ad interasse di 1 m con interposti tavelloni in laterizio. Le fondazioni sono di tipo superficiale a travi rovesce.

Si riportano alcune riprese fotografiche della scuola:

Fronte nord della scuola

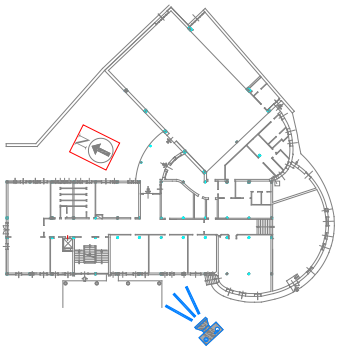
Fronte ovest della scuola

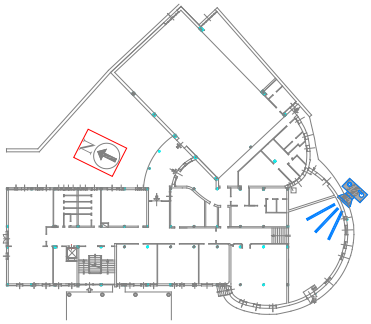




Fronte ovest della scuola

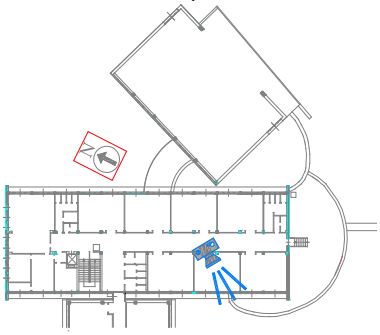
Fronte sud della scuola

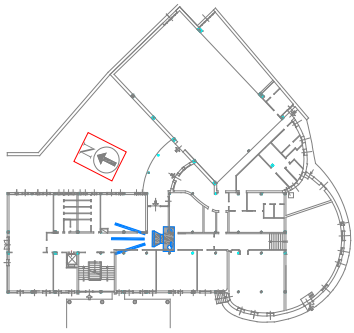




Aula tipo P1

Corridoio piano terra



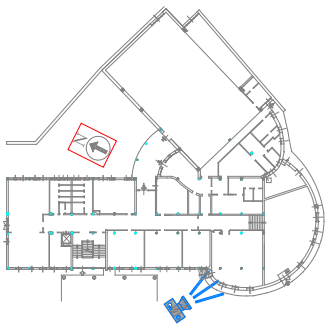


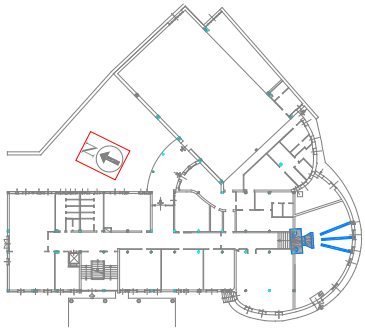
La porzione in muratura è costituita da un unico grande locale posto a quota -1.65 m rispetto al calpestio del piano terreno della scuola alla quale risulta strutturalmente connesso. Il locale è destinato a piccola palestra per attività ludico-ricreative in uso sia alla scuola che al Comune. La struttura portante verticale è realizzata con una parete in pietrame a spacco di spessore 55 cm con geometria curvilinea a raggio variabile di altezza 4.40 m. Il locale forma un corpo di fabbrica monopiano con copertura realizzata con un solaio in latero-cemento di luce variabile da un minimo di 5.2 m ad un massimo di circa 9.3 m.

Si riportano alcune riprese fotografiche della porzione in muratura:

Fonte ovest

Interno aula





La palestra è formata da un unico ambiente a pianta rettangolare di dimensioni 24.98x20.07 m con struttura portante verticale di tipo misto. Lungo il perimetro sono presenti due ordini di cordoli in calcestruzzo armato a sezione rettangolare posti uno a quota 4.10 m ed uno alla quota di imposta della copertura a 7.20 m dal piano di calpestio.

Il fronte ovest è costituito da un telaio in calcestruzzo armato con pilastri a sezione quadrata 45x45 cm fino al primo ordine di cordoli e di forma rettangolare 45x30 cm fino in copertura. Il fronte sud è formato da un telaio a due campate in calcestruzzo armato costituito da due pilastri laterali a sezione quadrata 45x45 cm e da un pilastro centrale a sezione circolare di diametro 30 cm. Il traverso, posto alla quota del primo ordine di cordoli, è formato da una trave in calcestruzzo armato di sezione 30x70 cm (trave "porta-parete")ed è posta a sostegno della muratura perimetrale realizzata in blocchi forati di laterizio di spessore 30 cm la quale prosegue fino in copertura.

Il fronte nord è realizzato interamente in muratura portante in blocchi di laterizio forato di spessore 30 cm ed è interrotta dai cordoli in calcestruzzo.

Il fronte est è realizzato, fino al primo ordine di cordoli, con un setto in calcestruzzo armato posto a sostegno del terrapieno esistente sul lato del confine con la proprietà adiacente. Tra il setto e l'interno della palestra è presente una intercapedine d'aria ed una contro-parete in laterizio forato di spessore 11 cm. Il fronte est è poi realizzato in muratura portante in blocchi di laterizio forato di spessore 30 cm fino in copertura.

La copertura ha geometria a doppia falda a debole pendenza ed è costruita in legno lamellare con quattro travi a sezione rettangolare rastremata ordite parallelamente al lato corto della pianta. Longitudinalmente è presente un'orditura secondaria di travetti sui quali sono appoggiati i pannelli di copertura. Nel piano delle falde sono inoltre presenti due controventi in acciaio costituiti da tiranti a sezione circolare disposti a croce.

Il blocco della palestra è completato dal corpo spogliatoi posto in adiacenza alla struttura della scuola. Il corpo spogliatoi si sviluppa sul solo piano terreno ed ha una struttura portante verticale in muratura di pietrame a spacco analoga a quella della palestra interna della scuola, con copertura costituita da un solaio in latero-cemento. Il solaio è rompi-trattato da un telaio a due campate in calcestruzzo armato formato da un unico pilastro a sezione quadrata 30x30 cm posizionato al centro del locale spogliatoi su cui è ordita una trave a sezione rettangolare. La trave, sul lato ovest è incastrata sulla trave di bordo del piano primo della scuola mentre sul lato est è appoggiata sulla muratura in pietrame del corpo spogliatoi. La campata dal lato della scuola è realizzata

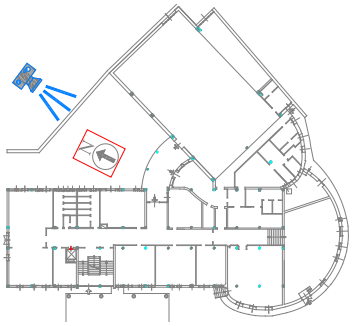
con una trave a spessore 90x25 cm mentre la campata dal lato degli spogliatoi è a sezione rettangolare ricalata 30x50 cm.

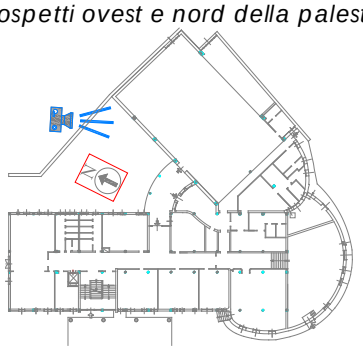
Il blocco della palestra è completato con la pensilina di ingresso della scuola di forma semicircolare formata da due pilastri in acciaio a sezione circolare cava di diametro 20 cm e spessore 6 mm su cui è ordita una trave in calcestruzzo a spessore. La copertura è formata da un solaio in latero-cemento.

Si riportano alcune riprese fotografiche della palestra:

Fonte nord-vista dell'ingresso del plesso

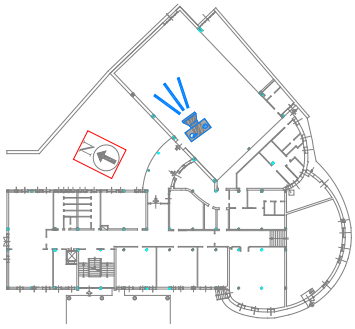
Prospetti ovest e nord della palestra

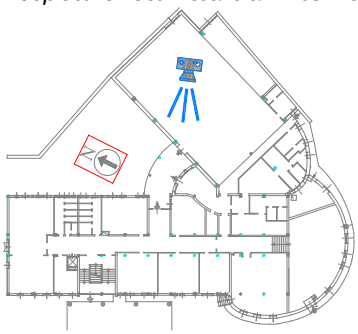




Fonte nord-vista dall'interno

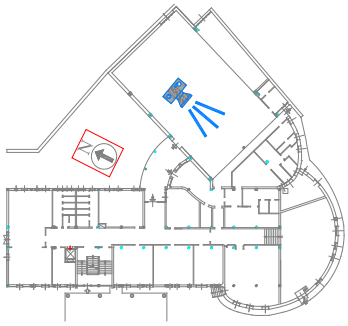
Prospetti ovest-vista dall'interno

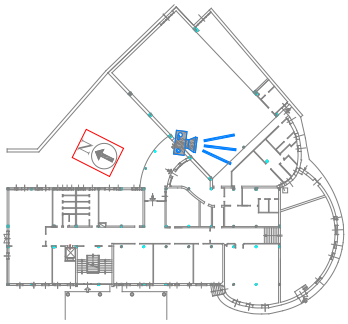




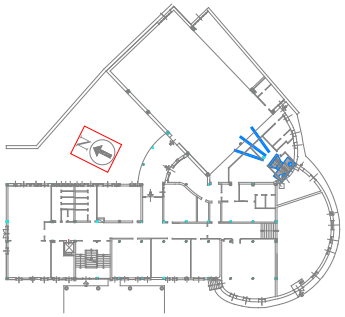
Fonte sud-vista dall'interno

Fronte sud

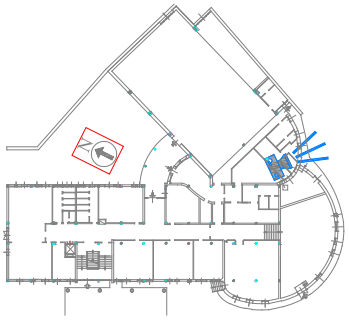




Spogliatoi



Spogliatoi



3 CAMPAGNA DI INDAGINE

La presente relazione ha lo scopo di descrivere la campagna di indagini condotta sul complesso scolastico al fine di raggiungere un Livello di Conoscenza LC2 come definito dal D.M. 17.01.2018.

Sul complesso è stata eseguita una campagna di indagini conoscitive volte al raggiungimento di un opportuno Livello di Conoscenza delle strutture necessario per la progettazione degli interventi di ristrutturazione oggetto del presente progetto esecutivo.

Le indagini si sono svolte nel periodo di maggio/giugno 2020 con l'esecuzione di saggi visivi sulle strutture verticali ed orizzontali, prove sperimentali in-situ, prelievo di provini di calcestruzzo ed acciaio per prove di laboratorio ed alcuni saggi in fondazione. Si è inoltre fatto riferimento ad una prima campagna di indagini visive del 2015 in cui sono stati eseguiti alcuni saggi su travi e pilastri della scuola.

Oltre a questo è stato acquisito dalla Stazione Appaltante il rilievo geometrico completo di tutto il complesso ed anche i grafici dei progetti strutturali originari sia dell'edificio scolastico che della palestra.

In particolare sono stati eseguiti:

- ✓ n.7 saggi visivi sulle murature mediante asportazione dell'intonaco;
- ✓ n.8 saggi visivi sugli orizzontamenti mediante asportazione dell'intonaco e demolizioni localizzate con individuazione della tipologia strutturale e con il rilievo delle armature per i solai in latero-cemento;
- ✓ n.17 saggi visivi su pilastri in calcestruzzo armato con rilievo delle armature;
- ✓ n.30 saggi visivi su travi in calcestruzzo armato con rilievo delle armature;
- ✓ n. 1 prova sperimentale con martinetti piatti sui maschio murario;
- ✓ n. 6 carotaggi su pilastri in calcestruzzo armato per prove di compressione in laboratorio (n.4 su pilastri della scuola e n.2 su pilastri della palestra);
- ✓ n. 4 carotaggi su travi in calcestruzzo armato per prove di compressione in laboratorio (n.3 su travi della scuola e n.1 su travi della palestra);
- ✓ n.20 prove sonreb su elementi in calcestruzzo;
- ✓ n.10 prove con durometro per la stima della resistenza a trazione delle armature degli elementi in c.a.;
- ✓ n. 2 misure di spessore sulle colonne metalliche dell'ingresso della scuola;
- ✓ n. 3 saggi in fondazione con scavo fino al piano di posa e rilievo delle stesse.

Tutte le prove sperimentali sono state eseguite dal Laboratorio 4EMME Service spa di Bologna autorizzato all'esecuzione di prove sui materiali da costruzione ai sensi delle vigenti Normative. In allegato alla presente relazione si riportano i certificati delle prove eseguite dal laboratorio. **Per il posizionamento planimetrico dei saggi si rimanda agli elaborati grafici relativi al processo di conoscenza.**

3.1 Indagini sulle murature

Sulle murature ti tamponamento della scuola e della palestra sono stati eseguiti n.7 saggi visivi con asportazione dell'intonaco al fine di determinarne la tipologia e gli spessori.

Si riportano alcune riprese fotografiche dei saggi sulle murature della palestra:

Saggio M3

Saggio M2

Saggio M8 – con martinetto

Si riportano alcune riprese fotografiche dei saggi sulle murature di tamponamento della scuola che risultano in mattoni pieni:

Saggio M6

Saggio M5

Il corpo della palestra interna alla scuola risulta invece un annesso realizzato con muratura in pietrame di cui si riporta la foto del prospetto esterno:

Prospetto della facciata della palestra interna alla scuola

L'interpretazione dei rilievi visivi e della prova sperimentale condotta con martinetto piatto (saggio M8) ha consentito di individuare le seguenti tipologie murarie in accordo con le categorie previste dalla Circolare n.7 del 21.01.2019 in tabella C8.5.I :

Dalla tabella della Circolare ottengo i seguenti valori:

Tab. C8.5.1 - PARAMETRI MECCANICI

CAT	tipologia	f_m (N/mm^2) min-max	τ_0 (N/mm^2) min-max	E (N/mm^2) min-max	G (N/mm^2) min-max	W (kN/m^3)
1	muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2.60	0.056	1500	500	21.00
		3.80	0.074	1980	660	
8	muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (% foratura <40%)	5.00	0.080	3500	875	15.00
		8.00	0.170	5600	1400	

3.2 Indagini sugli orizzontamenti

Gli orizzontamenti della scuola sono interamente realizzati in latero-cemento gettati in opera. Anche il calpestio del piano terreno è realizzato mediante un solaio in latero-cemento analogo a quello del piano primo ed ordito sulle travi rovesce di fondazione. Tutti i solai della scuola sono orditi parallelamente al lato corto della pianta con luci che variano da un minimo di 3.10 m ad un massimo di 5.75 m. La copertura è invece realizzata in travetti pre-compressi tipo "Varese" con interposti tavelloni in laterizio.

Il corpo della palestra interna annessa alla scuola realizzato in muratura di pietrame è costituito dal solo piano terreno e la copertura è realizzata con solaio in latero-cemento di luce variabile appoggiato sulla muratura perimetrale dal lato sud e su una trave di mezzo-piano dal lato della scuola.

La struttura della palestra è monopiano e l'unico orizzontamento presente è quello di copertura costituito da un solaio a struttura in legno lamellare. La copertura è formata da n.4 travi rastremate a sezione variabile ordite parallelamente al lato corto della pianta su una luce di 15 m sulle quali sono ordite le orditure secondarie. La copertura risulta controventata nel piano delle falde mediante controventi metallici disposti a croce.

Si riporta uno schema planimetrico degli orizzontamenti:

Vista in pianta del complesso con indicazione delle orditure dei solai

Si riportano alcune riprese dei saggi condotti sui solai:

Solaio di calpestio del piano terreno

Saggio su solaio del piano primo

Saggio su solaio del piano primo – dettaglio travetto

Copertura della palestra

3.3 Indagini su elementi in c.a.

Nel corpo di fabbrica della scuola sono stati eseguiti saggi visivi su elementi in calcestruzzo armato con rimozione del copriferro, rilievo delle armature e prove con durometro. Sono inoltre state prelevate n.7 carote di calcestruzzo per le prove di laboratorio per la stima della resistenza a compressione (n.4 su pilastri e n.3 su travi).

La scuola è formata da un corpo di fabbrica a pianta rettangolare di dimensioni 46.3x18.35 m con quattro telai orditi parallelamente al lato lungo della pianta di cui due sul perimetro e due di spina. Le pilastrate del piano terreno hanno sezione quadrata 30x30 cm, rettangolare 30x45 cm e circolare Ø30 cm mentre al piano primo i pilastri sono prevalentemente quadrati con sezione 30x30 cm ad eccezione di due pilastrate rettangolari 30x45 cm. Sulle due testate della pianta al piano primo sono presenti due setti in calcestruzzo armato di forma triangolare che si estendono fino in copertura. Le travate di bordo hanno sezione ad "L" di altezza 90 cm e risultano estradossate rispetto all'orizzontamento di piano, mentre le travate di spina sono a spessore di larghezza 80 cm. Le travate di spina dell'ultima campata sul lato nord della scuola risultano ricalate con sezione a "T" di altezza 80 cm.

Tutti gli elementi risultano armati con barre lisce compatibilmente con l'epoca di realizzazione dell'edificio. Le pilastrate a sezione quadrata sono armate con ferri Ø14 disposti negli angoli e staffe Ø6 o Ø8 disposte ad un passo variabile da 15 cm a 30 cm mentre le pilastrate circolari sono sempre armate con 8 ferri Ø12 e spirale Ø6.
Le travate di bordo sono generalmente armate con ferri Ø12 e staffe Ø8 disposte a passo 25 cm mentre le travate di spina a spessore di solaio sono armate con ferri di vario diametro dal Ø12 al Ø20 con staffe Ø6 a quattro bracci poste a passo 25 cm.
Le prove di compressione sulle carote estratte hanno mostrato bassi valori della resistenza a compressione compresi tra 13 e 22 MPa in termini di resistenza cubica. L'acciaio di armatura risulta avere dei valori di resistenza stimati con le prove di durezza compatibili con un acciaio Aq50 avente tensione di snervamento caratteristica pari a 320 MPa; tale risultato risulta compatibile con quanto indicato sui grafici del progetto originario.
La resistenza dell'acciaio delle armature è inoltre confermata da una prova di laboratorio condotta su uno spezzone di armatura di una trave di bordo in occasione dei lavori di ampliamento della scuola. La realizzazione dell'edificio in ampliamento, non oggetto del presente progetto esecutivo, ha previsto il taglio di una delle travate di bordo per la realizzazione del passaggio di collegamento tra il vecchio edificio ed il nuovo. In seguito

alla parziale demolizione della trave è stato possibile effettuare il prelievo dello spezzone di armatura per l'esecuzione della prova di trazione della quale si allega il certificato.

Per maggiori dettagli si rimanda alle tavole grafiche allegate ed ai certificati di prova del Laboratorio.

Si riportano alcune riprese fotografiche dei saggi condotti:

Saggio S10 – trave ricalata di spina

Saggi S8 e S9– trave ricalata di bordo

Saggi S3 e S4– trave ricalata di bordo

Saggi S15 e S16 – trave a spessore di spina

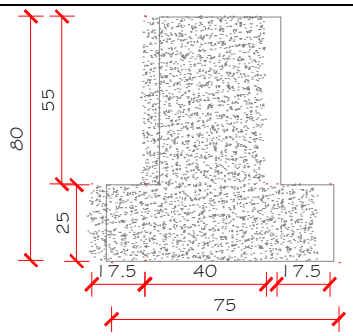
Saggio PIL 48-PT – pilastro circolare piano terra

Saggio PIL 39-PT – pilastro quadrato piano terra

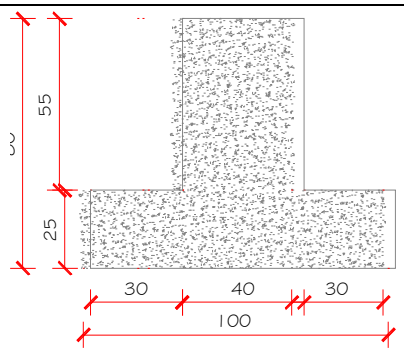
Si riporta il rilievo geometrico delle sezioni di travi e pilastri della scuola.

SEZIONI TRAVI DI FONDAZIONE

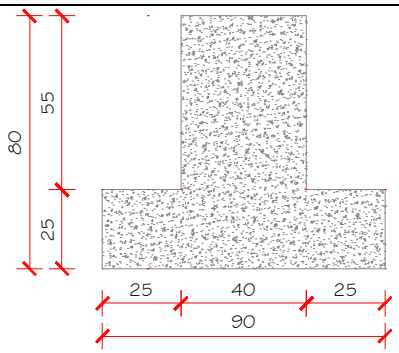
sezione A



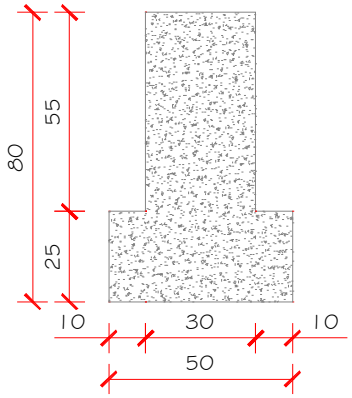
sezione B



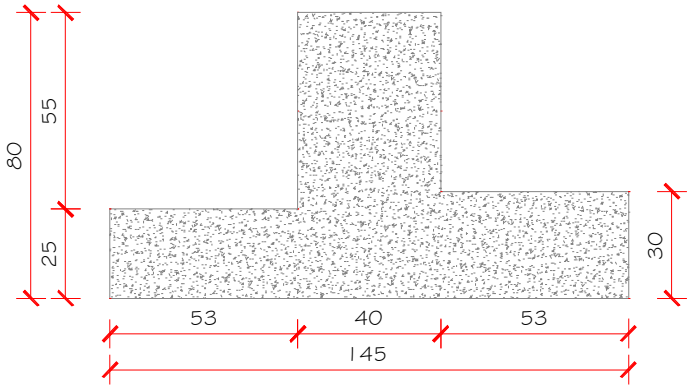
sezione C



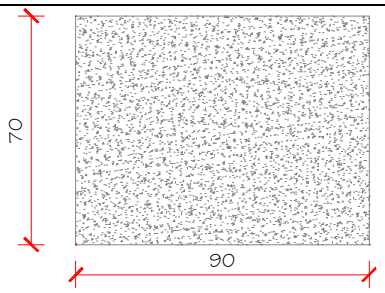
sezione D



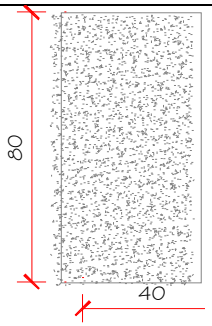
sezione E



sezione F

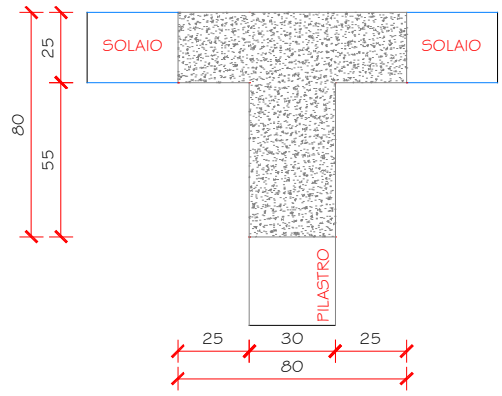


sezione G

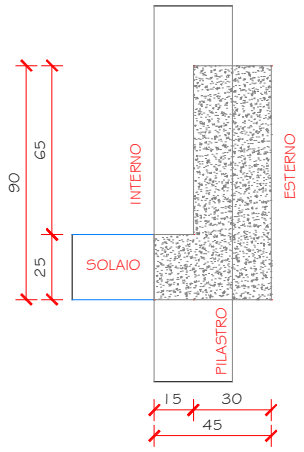


SEZIONI TRAVI PIANO PRIMO

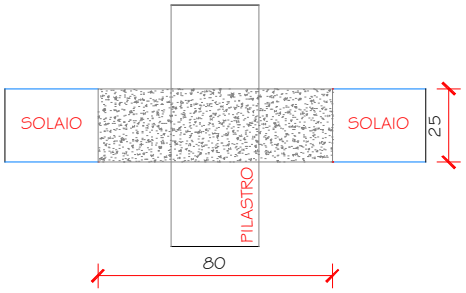
sezione A



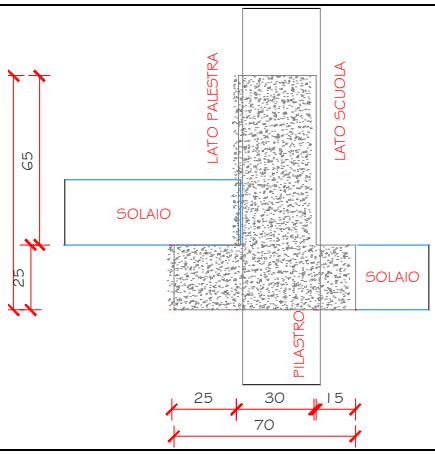
sezione B



sezione C

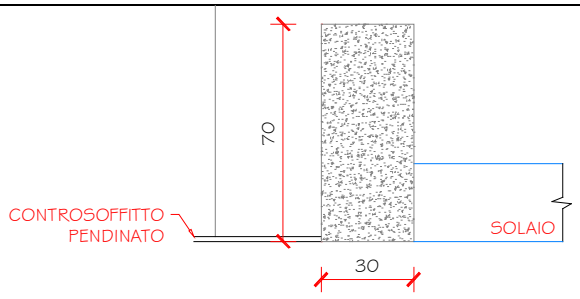


sezione D

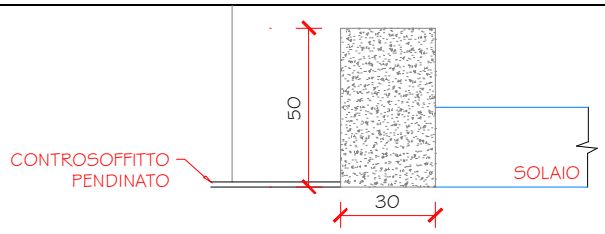


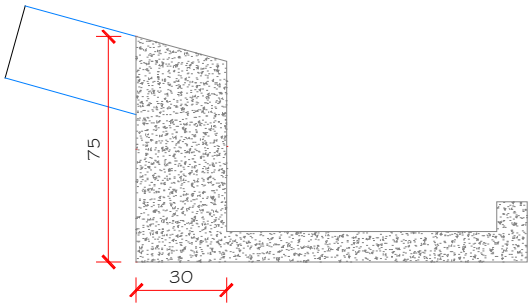
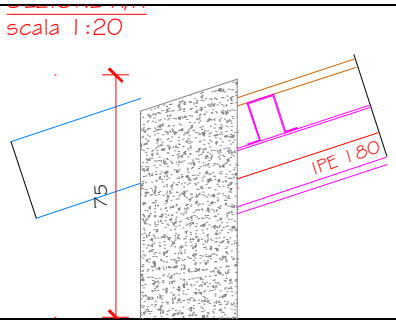
SEZIONI TRAVI PIANO SOTTOTETTO

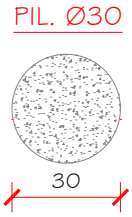
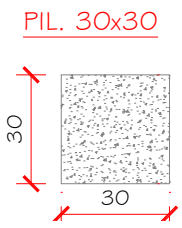
sezione E



sezione F

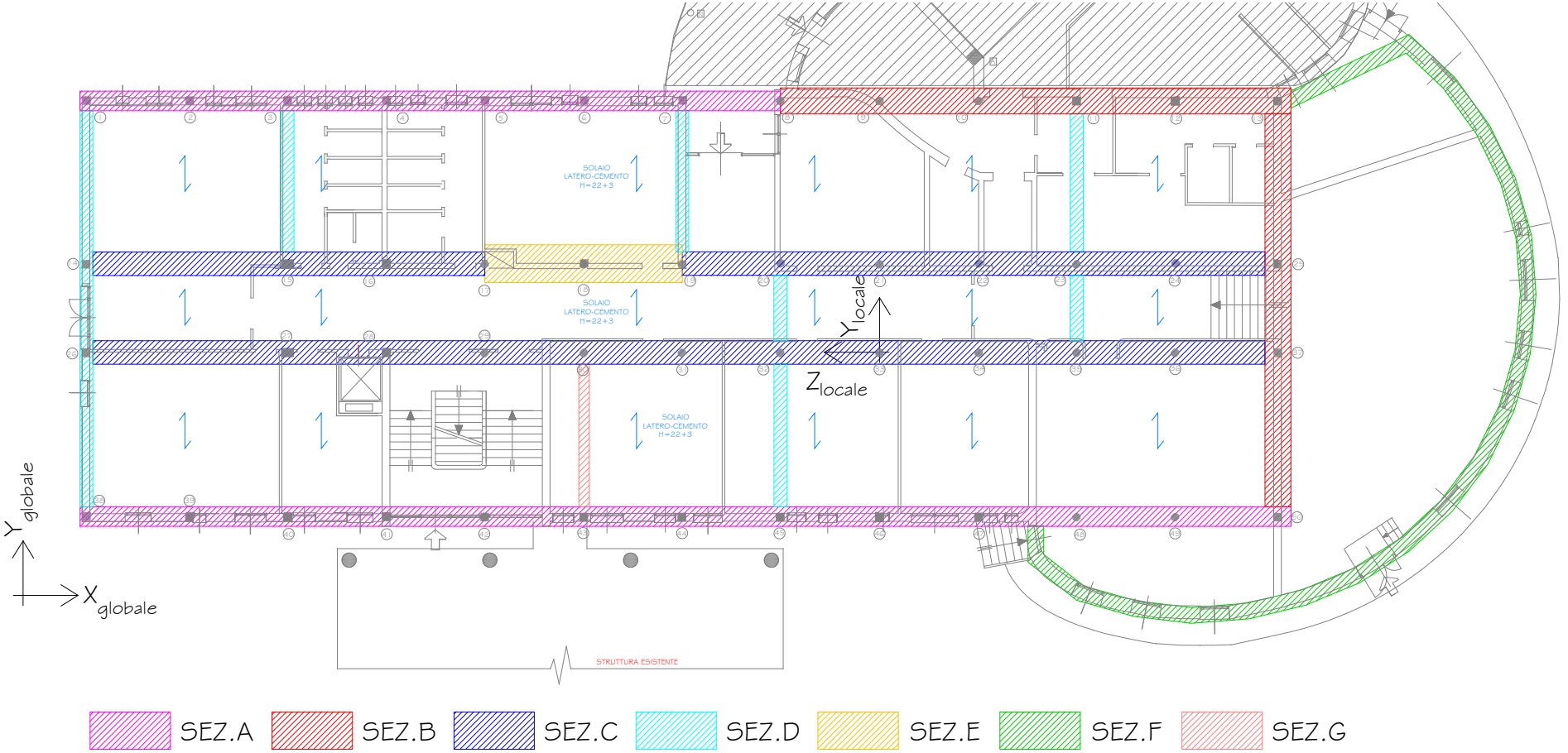


SEZIONI TRAVI COPERTURA	
sezione G	sezione H
	

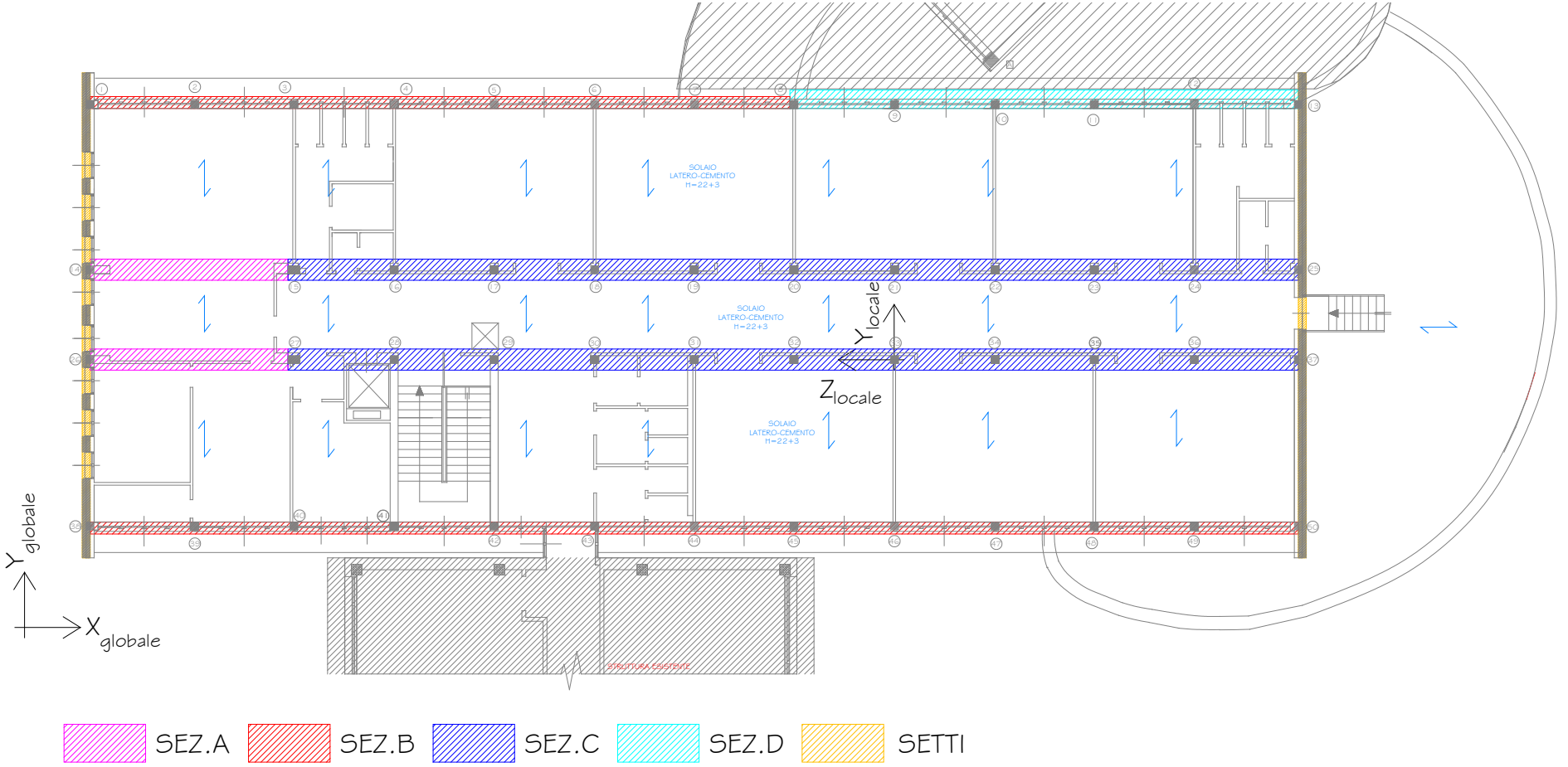
SEZIONI PILASTRI	
CIRCOLARE	QUADRATO
	

La geometria degli elementi e le armature rilevate risultano conformi al progetto originario.

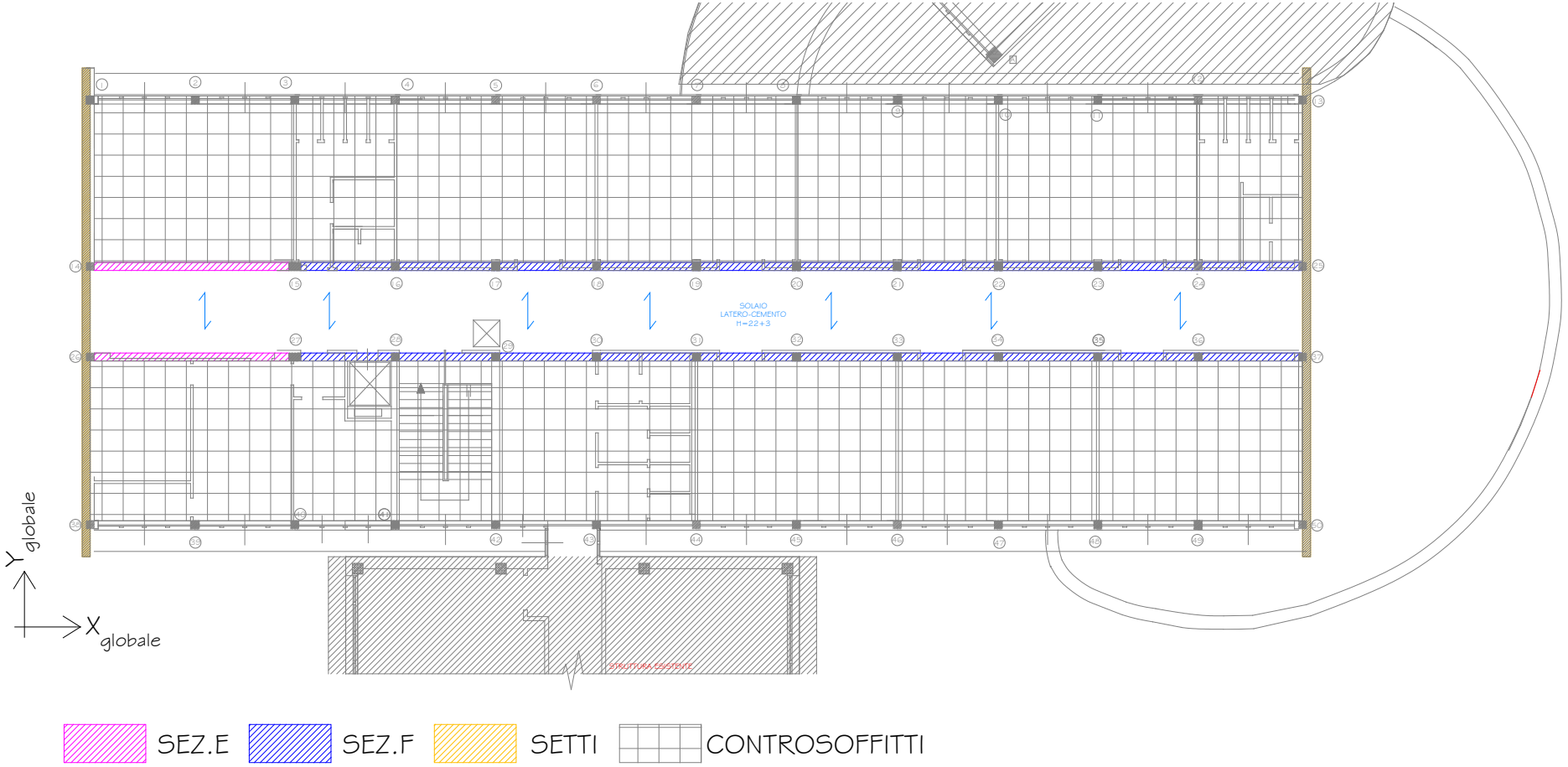
Si riportano di seguito gli schemi in pianta di travi e pilastri con indicazione delle sezioni ai vari piani. Per maggiori informazioni sulla geometria degli elementi si rimanda alle tavole grafiche.



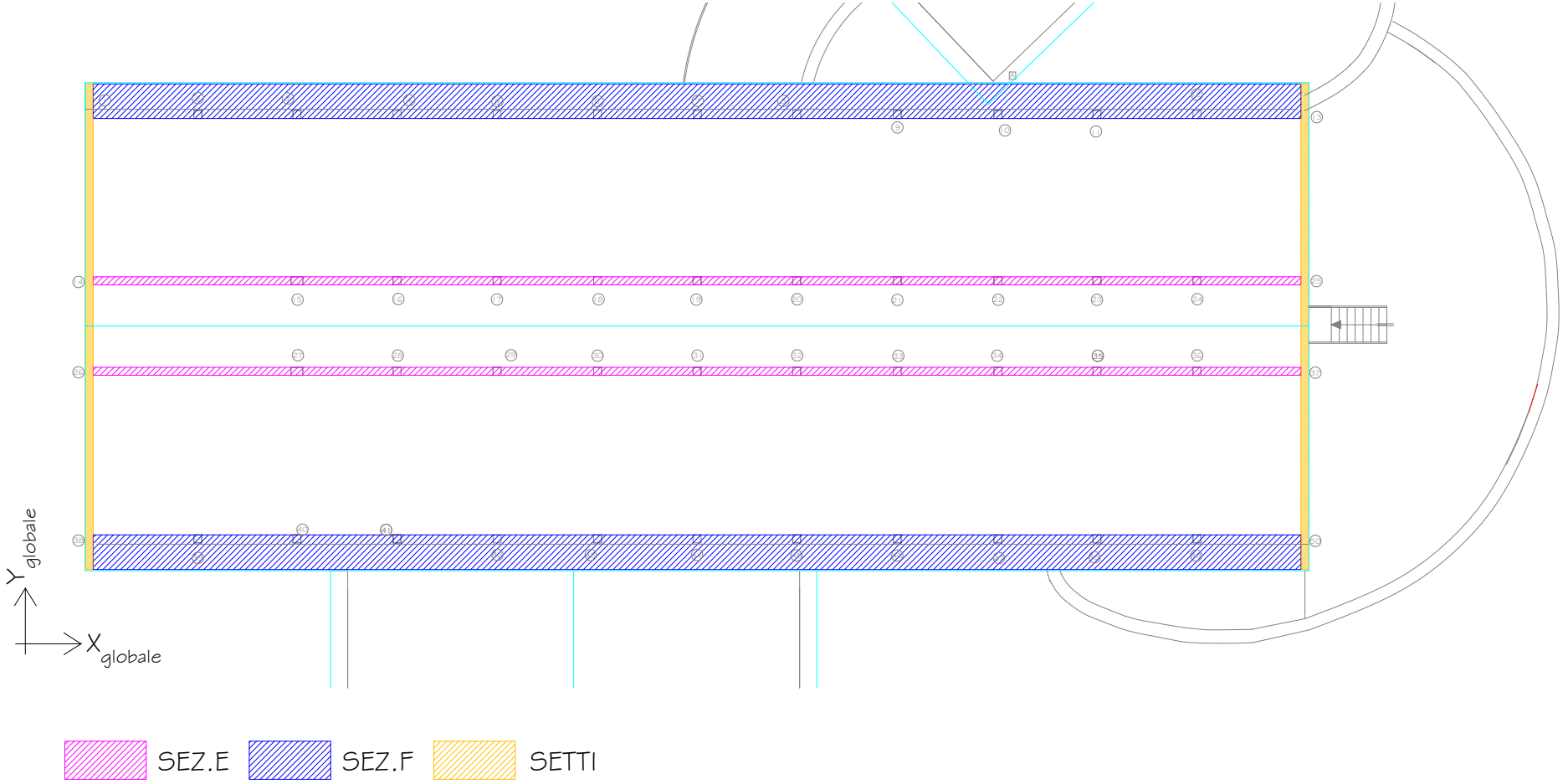
Pianta fondazioni su pianta piano terra



Pianta strutture piano primo su pianta piano primo



Pianta strutture sottotetto su pianta sottotetto



Pianta strutture copertura su pianta copertura

La palestra è formata da un unico ambiente a pianta rettangolare di dimensioni 24.98x20.07 m con struttura portante verticale di tipo misto. Lungo il perimetro sono presenti due ordini di cordoli in calcestruzzo armato a sezione rettangolare posti uno a quota 4.10 m ed uno alla quota di imposta della copertura a 7.20 m dal piano di calpestio.

Il fronte ovest è costituito da un telaio in calcestruzzo armato con pilastri a sezione quadrata 45x45 cm fino al primo ordine di cordoli e di forma rettangolare 45x30 cm fino in copertura. Il fronte sud è formato da un telaio a due campate in calcestruzzo armato costituito da due pilastri laterali a sezione quadrata 45x45 cm e da un pilastro centrale a sezione circolare di diametro 30 cm. Il traverso, posto alla quota del primo ordine di cordoli, è formato da una trave in calcestruzzo armato di sezione 30x70 cm (trave "porta-parete")ed è posta a sostegno della muratura perimetrale realizzata in blocchi forati di laterizio di spessore 30 cm la quale prosegue fino in copertura.

La struttura della palestra risulta di tipo "misto" in quanto sono presenti, oltre agli elementi resistenti in calcestruzzo armato, anche alcuni allineamenti murari portanti.

Diversamente dalla scuola, la palestra è un edificio di più recente realizzazione e presenta elementi in calcestruzzo armati con barre ad aderenza migliorata, come anche indicato sul progetto originario. I pilastri sono tutti armati con ferri Ø20 e staffe Ø8 e le travi con ferri di diametro variabile da Ø14 a Ø20 e staffe Ø8.

Le prove di compressione sulle carote estratte hanno mostrato buoni valori della resistenza a compressione compresi tra 32 e 34 MPa in termini di resistenza cubica. L'acciaio di armatura risulta avere dei valori di resistenza stimati con le prove di durezza compatibili con barre ad aderenza migliorata del tipo FeB44k avente tensione di snervamento caratteristica pari a 430 MPa; tale risultato risulta compatibile con quanto indicato sui grafici del progetto originario.

Per maggiori dettagli si rimanda alle tavole grafiche allegate ed ai certificati di prova del Laboratorio.

Si riportano alcune riprese fotografiche dei saggi condotti:

Saggio PIL A-PT – pilastro di bordo

Saggio PIL A-PT – pilastro di bordo – dettaglio armatura

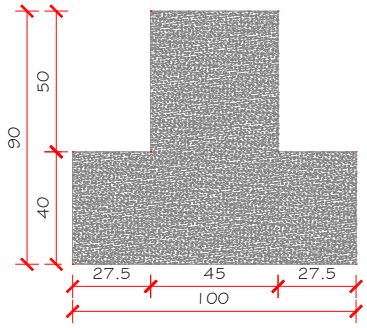
Saggio PIL P1-PT – pilastro circolare

Saggio PIL B-PT – pilastro rettangolare

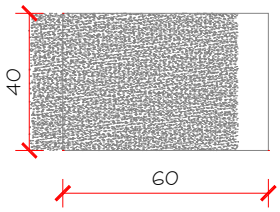
Si riporta il rilievo geometrico delle sezioni degli elementi in c.a. della palestra.

SEZIONI TRAVI DI FONDAZIONE

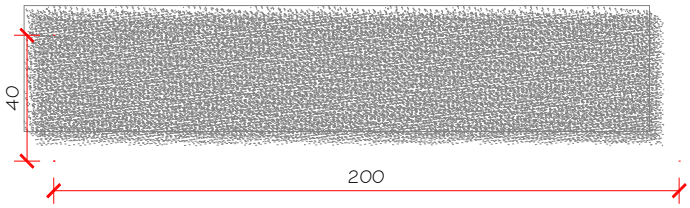
trave fronte ovest



cordolo fronte sud

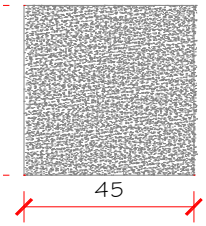


Platea di fondazione muri in c.a. fronte est

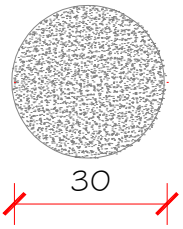


SEZIONI PILASTRI

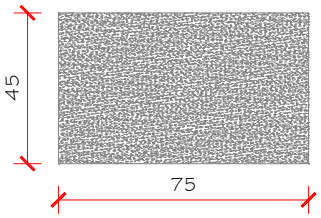
pilastro fronte ovest



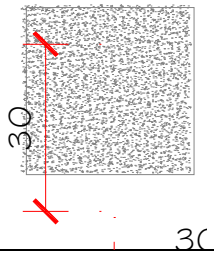
pilastro fronte sud

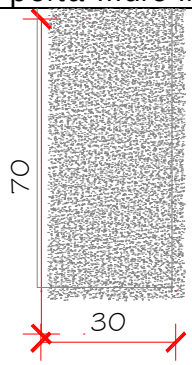
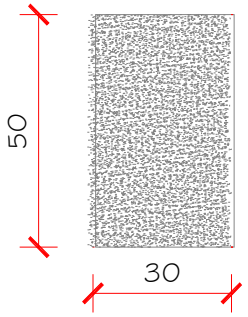


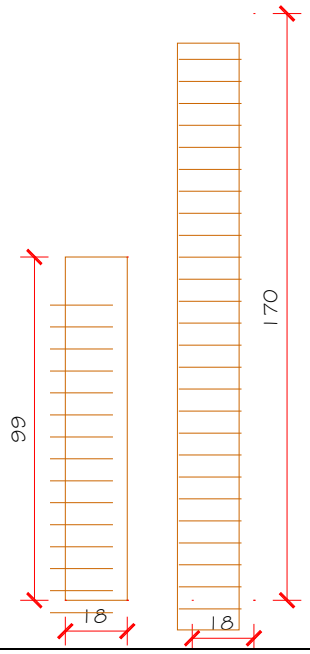
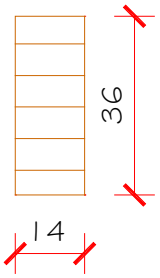
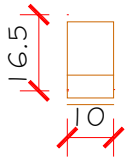
pilastro fronte est



pilastro spogliatoi



SEZIONI TRAVI	
trave porta-muro fronte sud	cordoli
	

SEZIONI TRAVI DI COPERTURA IN LAMELLARE	
trave principale rastremata (sinistra, sezione all'appoggio; destra, sezione in mezzeria)	orditura secondaria
	
travicelli di falda	
	

La geometria degli elementi e le armature rilevate risultano conformi al progetto originario.

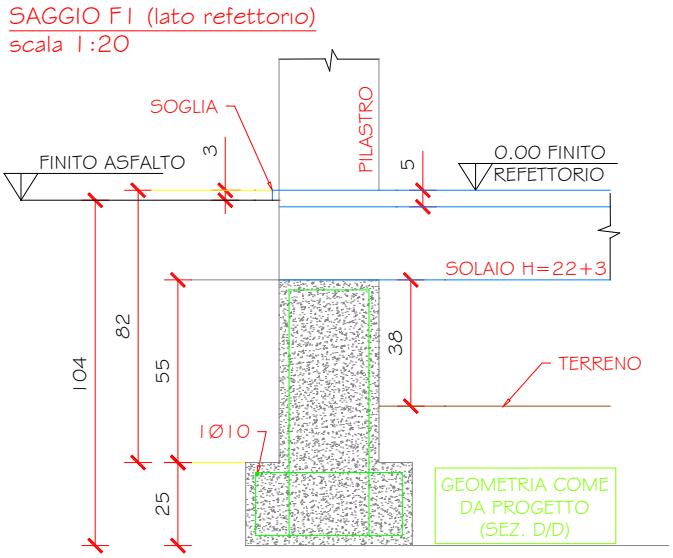
Per maggiori informazioni sulla geometria degli elementi si rimanda alle tavole grafiche.

3.4 Saggi in fondazione

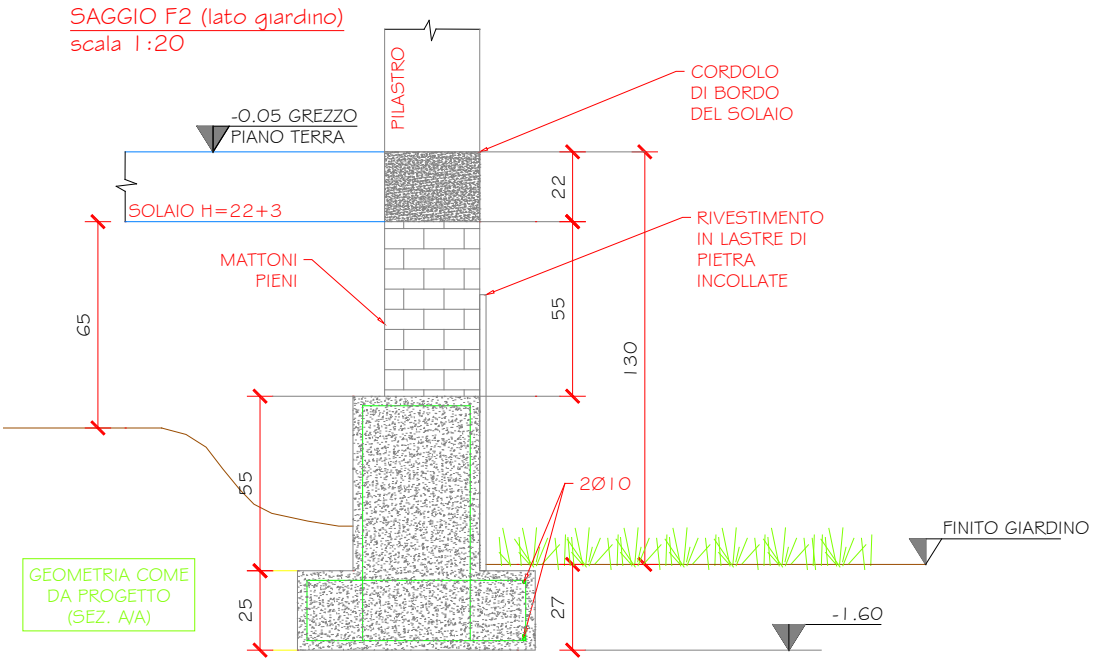
Sul plesso scolastico sono stati condotti n.3 saggi in fondazione (di cui 2 sulla scuola ed 1 sulla palestra) mediante scavi meccanici volti all'identificazione della tipologia del sistema fondale dei vari corpi di fabbrica con misura della quota del piano di imposta degli stessi e rilievo geometrico delle fondazioni.

Per il blocco della scuola sono stati eseguiti due saggi di cui uno sul fronte nord in corrispondenza della pilastrata n.4 accanto all'ingresso sul lato di via Marconi ed uno sul fronte ovest in corrispondenza della pilastrata n.46 in prossimità del corpo in ampliamento.

Si riportano gli schemi dei saggi effettuati ad alcune riprese fotografiche.



Saggio F1 – lato nord (su pilastro n.4)

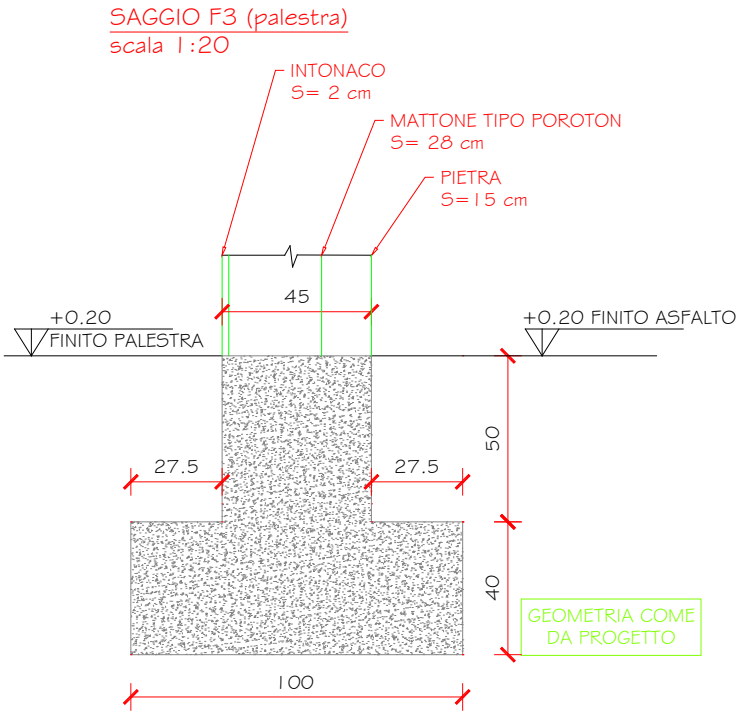


Saggio F2 – lato ovest (su pilastro n.46)

Le fondazioni della scuola risultano impostate a quote diverse in quanto il terreno ha un andamento digradante in direzione est-ovest. Le fondazioni sul lato est sono impostate a 109 cm dal calpestio interno del piano terreno mentre le fondazioni sul lato ovest sono impostate a 160 cm con una differenza tra i piani di posa di 55 cm.

Sulla palestra è stato condotto un saggio in corrispondenza del fronte ovest dal lato del piazzale asfaltato di ingresso al plesso scolastico.

Si riporta lo schema del saggio effettuato ed una ripresa fotografica.



Saggio F3 – lato ovest (sul piazzale asfaltato)

Le fondazioni della palestra risultano più alte di quelle del lato est della scuola in quanto sono impostate a 70 cm al di sotto del calpestio interno del piano terreno della scuola con una differenza tra i piani di posa di 40 cm.

4 CONCLUSIONI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINE

La campagna di indagini condotta ha consentito di individuare le criticità del complesso scolastico allo stato attuale.

La scuola presenta criticità legate prevalentemente alle pilastrate che risultano, nel complesso, debolmente armate, il che appare compatibile con una progettazione che ha tenuto conto unicamente delle azioni per carichi verticali. Tutte le pilastrate risultano pertanto non idonee a sostenere l'azione sismica di progetto. Nei confronti delle azioni gravitazionali, le pilastrate risultano per la maggior parte verificate ad eccezione dei pilastri sul fronte sud che, a causa del carico portato dal solaio di copertura della palestra interna alla scuola e del setto di testata in c.a. presente al solo piano primo, risultano non verificati a pressoflessione.
Le travate di spina a spessore di solaio presentano criticità nei confronti delle verifiche a taglio anche per carichi verticali in combinazione SLU, vista la debole staffatura presente.
Le travate di bordo non manifestano criticità per carichi verticali né a flessione né a taglio vista la considerevole altezza della sezione, mentre risultano non verificate a taglio in combinazione sismica. Le travate del sottotetto risultano non verificate a flessione per carichi verticali ed a taglio in combinazione sismica nella sola campata terminale sul lato nord vista la notevole luce copertura pari a 7.3 m.
Tutti gli orizzontamenti della scuola risultano invece verificati per carichi verticali in combinazione SLU.
La muratura portante in pietrame del corpo palestra interno alla scuola sul lato sud risulta non efficacemente controventata per azioni ortogonali al piano della facciata. La parete infatti è costituita da un paramento di altezza pari a 4 m ad andamento curvilineo con sviluppo pari a 23 m e non presenta pareti di controvento.

Allo stato attuale la scuola non ha mostrato alcun segno di degrado a carico di nessun elemento strutturale o non strutturale; tutte le opere appaiono in buono stato di conservazione e non si segnalano dissesti di alcuna natura.

La palestra presenta criticità legate alla natura del corpo strutturale che allo stato attuale risulta di tipo "misto" con allineamenti murari portanti in blocchi forati di laterizio ed elementi in calcestruzzo armato. Entrambe le tipologie di elementi strutturali contribuiscono alla capacità portante statica e sismica del corpo di fabbrica ma allo stato attuale non è presente una adeguata connessione tra i vari elementi che ne

consenta una effettiva collaborazione specialmente in fase sismica. Gli elementi strutturali verticali e la copertura risultano tutti verificati per carichi gravitazionali in combinazione SLU mentre la capacità in condizioni sismiche non risulta soddisfare i requisiti di sicurezza di Normativa. Infatti la mancanza di una efficace connessione tra le pareti e gli elementi in calcestruzzo non garantisce un comportamento scatolare del corpo di fabbrica sotto sisma determinando il non soddisfacimento delle verifiche di sicurezza.

Il corpo palestra risulta inoltre strutturalmente collegata al corpo di fabbrica della scuola in corrispondenza dell'atrio di ingresso e degli spogliatoi. Tale condizione comporta una conformazione strutturale molto articolata che provoca una forte asimmetria nella distribuzione di masse e rigidezze in pianta.

Come detto per la scuola, anche la palestra non ha mostrato alcun segno di degrado a carico di nessun elemento strutturale o non strutturale; tutte le opere appaiono in buono stato di conservazione e non si segnalano dissesti di alcuna natura.

Ai sensi del paragrafo C8.5.4 della Circolare esplicativa n.7 del 21.01.2019, il Livello di Conoscenza **LC2** si intende raggiunto:

(…)
quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato , con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e ***indagini estese*** *sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2,* ***prove estese*** *sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è* ***FC=1,2***
(…)

Nel caso di costruzioni in calcestruzzo armato il livello **LC2** si intende raggiunto:

(…)
quando sia stata effettuata l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1), la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, i dettagli costruttivi siano noti, o parzialmente dai disegni costruttivi originali integrati da ***indagini limitate*** *in situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti, o (con riferimento al § C8.5.2) a seguito di una* ***indagine estesa*** *in situ (i dati raccolti devono essere tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la*

messa a punto di un modello strutturale non lineare), le caratteristiche meccaniche dei materiali siano note in base ai disegni costruttivi, integrati da ***prove limitate*** *in situ (se i valori ottenuti dalle prove in situ sono minori dei corrispondenti valori indicati nei disegni di progetto, si eseguono* ***prove estese*** *in situ), o con* ***prove estese*** *in situ(con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente fattore di confidenza e* ***FC=1,2****.*

(…)

La campagna di indagine condotta ha previsto il rilievo geometrico, piano per piano, di tutti gli elementi verticali e degli orizzontamenti con individuazione dei carichi agenti e della tipologia di fondazioni presenti.
E' stato inoltre possibile reperire tutti i documenti dei progetti originari messi a disposizione dal Comune sul quale sono state ricavate le necessarie informazioni sui dettagli costruttivi necessarie per l'effettuazione delle verifiche di sicurezza. Tali informazioni sono state confermate dalle indagini eseguite durante la campagna conoscitiva.
La verifica dei dettagli costruttivi risulta pertanto nota dai documenti originali ed integrata da *indagini limitate* in situ sulle armature presenti negli elementi più importanti.

Le caratteristiche meccaniche dei materiali sono state indagate attraverso prove sperimentali in-situ ed in laboratorio. I saggi visivi sono stati eseguiti in maniera sistematica per tutto il complesso edilizio con rimozione di porzioni significative di intonaco. Per gli elementi strutturali in calcestruzzo armato sono state eseguite specifiche indagini con rilievo delle armature presenti, indagini con durometro e prelievo di carote di calcestruzzo. Infine è stata eseguita una prova sperimentale in-situ mediante martinetti piatti doppi per la stima delle caratteristiche meccaniche della muratura della palestra.
Pertanto le proprietà dei materiali risultano note in base ai documenti originali di progetto ed integrate da *prove limitate* in-situ.

La campagna di indagine svolta ha quindi consentito di raggiungere un livello di conoscenza **LC2** ed il corrispondente fattore di confidenza FC è pari a **1.20**.

Si riportano di seguito le caratteristiche meccaniche impiegate per i materiali:

CALCESTRUZZO ARMATO				
CLS		Meccanismi duttili	Meccanismi fragili	
R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{cd}	
[kg/cm²]	*[kg/cm²]*	*[kg/cm²]*	*[kg/cm²]*	
150	124.5	103.8	69	SCUOLA
300	250	208.3	139	PALESTRA
ACCIAIO		Meccanismi duttili	Meccanismi fragili	
	f_{yk}	f_{yd}	f_{yd}	
	[kg/cm²]	*[kg/cm²]*	*[kg/cm²]*	
FeB44K	4300	3583	3116	PALESTRA
Aq 50	3200	2667	2319	SCUOLA

MURATURA					
Tipologia	f_m	τ_0	E	G	γ
	[N/mm²]	*[N/mm²]*	*[N/mm²]*	*[N/mm²]*	*[kN/m³]*
muratura in pietre a spacco con buona tessitura	3.20	0.065	1740	580	21
muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (% foratura <40%)	6.50	0.125	4550	1138	15

5 ALLEGATI

1. Allegato fotografico
2. Certificati prove Laboratorio 4EMME Service
3. Tavole grafiche del rilievo geometrico e strutturale
4. Tavole grafiche con posizionamento dei saggi e delle prove eseguiti

Luglio, 2020

I Progettisti
Ing. Claudio Consorti
Ing. Alessio Consigli