



Comune di Bordighera

Settore Tecnico

Via XX Settembre, n.32 - 18012 – BORDIGHERA (IM)



Scuola elementare "Maria Primina"

Consolidamento statico e adeguamento sismico dell'edificio

Progetto Esecutivo



Responsabile della Commessa: Ing. Bruno PERSICHETTI

Responsabile dell'Attività: Ing. Myriam DI COSMO

Collaboratori:
Ing. Silvio LEVRERO
Ing. Benedetta MARRADI
Ing. Andrea PIPINO
Geom. Leonardo FICINI
Geom. Elena PUCCINI

A.I.C.E. Consulting S.r.l. - Via G. Boccaccio, 20 - 56010 Ghezzano (PI) - Tel. +39 050 8755011 - Fax +39 050 878335 - E-mail: info@aiceconsulting.it
Web: www.aiceconsulting.it - P.I. 01149980508 - Iscr. Trib. n° 14352 - C.C.I.A.A. n° 103626 - Cap. Soc. € 100.000 i.v.

Titolo:

RELAZIONE GENERALE

Art. 34, D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207

Commissa:	Validato da RC:	Data prima emissione:	Corpo	Categoria	Elaborato	Numero
970	BP					
Attività:	Verificato da RA:	Giugno 2015				
PE	MDC					
Pagine:	Redatto da:	Ultima revisione: 0	-	PE	RGE	-
15	MDC					
File:	970-PE-Scuola Primina-GN-RGE-Relazione Generale.doc					

Mod. CDT

970	0	Giugno 2015	Prima emissione	MDC	MDC	BP
Commessa	Revisione	Data	Descrizione	Redatto da	Verificato da RA	Validato da RC

INDICE

0.	SOMMARIO.....	4
1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.	DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE	5
2.1.	Descrizione dell'edificio su cui si interviene.....	5
2.2.	Dati necessari per la valutazione dello stato attuale	6
2.2.1	<i>Elaborati di progetto</i>	6
2.2.2	<i>Proprietà meccaniche dei materiali da progetto</i>	7
2.2.3	<i>Interventi sulle strutture: intervento di sottofondazione eseguito nel 1997</i>	8
2.2.4	<i>Risultati delle prove in situ ed in laboratorio della campagna d'indagini del gennaio 2007</i>	8
2.2.5	<i>Natura ed entità del quadro lesionativo</i>	10
2.2.6	<i>Esito delle verifiche di vulnerabilità effettuate sulla base della campagna d'indagini del gennaio 2007</i>	11
3.	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO.....	13
3.1.	Fasi realizzative	14
4.	RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE	15

0. SOMMARIO

La presente Relazione Generale si riferisce al progetto di adeguamento sismico della scuola elementare "Maria Primina" nel Comune di Bordighera (IM).

In particolare, la relazione è redatta ai sensi dell'art. 34, del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207, "Regolamento di esecuzione e attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle Direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE". La relazione descrive i criteri utilizzati per le scelte progettuali esecutive, per i particolari costruttivi e per il conseguimento e la verifica dei prescritti livelli di sicurezza e qualitativi; illustra i criteri seguiti e le scelte effettuate per trasferire sul piano contrattuale e sul piano costruttivo le soluzioni spaziali, tipologiche, funzionali, architettoniche e tecnologiche previste; contiene, inoltre, la descrizione delle indagini, rilievi e ricerche effettuati.

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si elencano di seguito i principali riferimenti normativi adottati per lo svolgimento dell'incarico ed, in particolare, per la redazione del presente documento.

Leggi e decreti Regione Liguria:

- **Legge regionale n.29/1983**, *Costruzioni in zone sismiche - Deleghe e norme urbanistiche particolari*
- **Dgr. n.530/2003**, *Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche dei comuni della Regione Liguria in ottemperanza al disposto di cui all'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 pubblicata sulla G. U n. 105 in data 8.05.2003.*
- **Dgr.n.1384/2003**, *Ordinanza n. 3274/2003. Articolo2, comma 4 . Rischio sismico. Approvazione elenco edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali e del Programma temporale delle verifiche*
- **Dgr. n.154/2004**, *O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 - Art.2 comma 1 . Estensione dell'obbligo di progettazione antisismica nei comuni liguri in classe sismica 4. Avvio fase 2 del Programma temporale delle verifiche*
- **Dgr.n.1107/2004**. *Costruzioni in zona sismica. Procedure*
- **Dgr.n.782/2008**. *Estensione agli interventi ed alle opere strategiche e rilevanti di iniziativa pubblica durante il periodo transitorio dell'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni approvate con D.M. 14/01/08*

Norme Nazionali:

- **D.P.R. 380/01**, *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*
- **D.M. LL.PP. 14 gennaio 2008**, **Norme tecniche per le costruzioni.**
- **Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 2 febbraio 2009**, *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*
- **Bozza-Agosto 2009**, *"Linee guida per la riparazione e il rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni"*

2. DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE

2.1. Descrizione dell'edificio su cui si interviene

L'edificio oggetto dell'intervento è la sede della Scuola Elementare "Maria Primina", sito in via Pasteur, in località Borghetto S. Nicolò nel Comune di Bordighera (IM). Esso è ubicato in zona collinare, a circa 50 metri dal torrente "Rio Borghetto".

Il fabbricato si sviluppa su due piani fuori terra che sono interamente adibiti alle attività scolastiche; il sottotetto non è abitabile ed è raggiungibile dall'unico vano scala presente al quale si accede da un corridoio direttamente comunicante con l'atrio d'ingresso.

Il piano terra è caratterizzato dalla presenza di un grande porticato che occupa tutta la parte frontale dell'edificio. All'interno dell'edificio si trova il refettorio con i locali accessori (cucina e dispensa), una piccola palestra, servizi igienici ed i locali per il personale insegnante e di sorveglianza.

Il piano primo è interamente destinato ad attività didattiche con aule alle quali si accede da un vasto ambiente centrale; sono presenti i servizi igienici ed una uscita d'emergenza ricavata successivamente alla costruzione originaria e che collega il vano centrale con una scala in acciaio posta nella facciata Ovest dello stabile.

La copertura è realizzata con manto di tegole in laterizio mono-coppo tipo "portoghese" su struttura lignea sostenuta da muri e pilastri. Il sottotetto non è utilizzato e sia le pareti che i pavimenti si presentano allo stato grezzo.

L'organismo strutturale portante dell'edificio è realizzata mediante una serie di telai longitudinali disposti in direzione Nord-Sud costituiti da pilastri e travi in cemento armato collegati nella direzione trasversale Est-Ovest da cordoli, generalmente in spessore di solaio.

Le fondazioni dei telai sono travi rovesce collegate trasversalmente da travi non a contatto con il sedime di fondazione. Gli orizzontamenti sono realizzati con travetti in calcestruzzo armato precompresso ed elementi di alleggerimento in laterizio per lo spessore di 15 cm (12+3) nel piano terra e calcestruzzo armato ordinario e laterizio (volterrane) per uno spessore di 25 cm (comprensivi di una soletta collaborante di 5 cm) nei piani primo e sottotetto.

La copertura a falde inclinate è realizzata, come accennato, mediante travi in legno di abete tipo "Trieste" (8x20 cm) che appoggiano sulle murature e su dei pilastri in muratura sistemati sull'estradosso del solaio che sostiene il sottotetto. L'orditura secondaria è realizzata mediante arcarecci e travicelli in legno.

La scala è costituita da tre rampe inclinate per piano, realizzate con solette armate opportunamente collegate ai telai corrispondenti.

I tamponamenti esterni ed in alcuni casi anche i divisori interni (ad esempio in corrispondenza delle aule) sono realizzati mediante blocchi e mattoni di laterizio con interposizione di una camera d'aria (esterni: $s = 12 \text{ cm} + 12 \text{ cm}$ (interc.) $+ 6 \text{ cm}$; divisori: $s = 8 \text{ cm}$).

Per la realizzazione dell'opera sono stati necessari due appalti distinti, essendo stato il progetto, per necessità di finanziamento, suddiviso in due stralci di lavoro: nel corso del primo stralcio (1970-71) sono stati realizzati i telai, il muro di contenimento del terreno al lato Ovest e gli orizzontamenti corrispondenti al piano primo, sottotetto e parte del piano terra. Nel corso del secondo stralcio (1971-72) sono stati completati i

solaio del piano terra, (previa posa di travi rompitratta a livello delle fondazioni in modo da consentire l'inserimento di un orizzontamento di altezza contenuta) e sono state eseguite le opere architettoniche, gli impianti e le sistemazioni esterne.

Nel 1997, a seguito di un cedimento fondale differenziale verificato in una parte dell'edificio, e precisamente nella zona Sud-Est, è stata realizzato un intervento di consolidamento con esecuzione di una serie di micropali, opportunamente connessi alle fondazioni esistenti, in fregio ai tre pilastri (n. 3, n. 4 e n. 9) maggiormente interessati dal cedimento.

2.2. Dati necessari per la valutazione dello stato attuale

L'edificio è stato oggetto nel 2007 da parte della scrivente Società di una serie di indagini miranti a determinare le cause del quadro lesionativo presente in alcune parti dell'edificio e verificare lo stato di salute e l'attitudine della struttura a sopportare i nuovi carichi previsti dalla Normativa ai fini dello studio di fattibilità per l'adeguamento sismico. Tutto questo nell'ambito dei controlli sollecitati dal Dgr.n.1384/2003, Ordinanza n. 3274/2003. Articolo2, comma 4 . Rischio sismico per gli edifici "rilevanti e strategici"

Come disposto dall'O.P.C.M. 3274, le fonti considerate ed utilizzate per l'acquisizione dei dati necessari per la valutazione sono state, in quella circostanza:

- ▶ gli elaborati di progetto;
- ▶ il rilievo degli elementi strutturali per determinare le dimensioni geometriche effettive (*as built*) rispetto al progetto, riscontrare i quantitativi di armatura, ed ottenere informazioni dei particolari costruttivi;
- ▶ le prove eseguite nel corso di indagini in situ utili a valutare le proprietà meccaniche dei materiali;
- ▶ relazione geologica, necessaria al fine di identificare la categoria del suolo di fondazione.

2.2.1 Elaborati di progetto

L'edificazione del complesso adibito a scuola elementare si è protratta dall'aprile del 1970 al 30 ottobre 1972; è stato eseguito un primo "stralcio" di lavori dall' Impresa "Semeria Ing. Giacomo" ed un secondo "stralcio" di lavori dalla impresa Grosso Giobatta (informazione dedotta dai libretti delle misure).

Il progetto architettonico, redatto dall'U.T. del Comune di Bordighera, - come documentato dalla "relazione-verbale di visita e certificato di collaudo" relativa ai lavori del primo stralcio e con data 28/01/1968 - consta delle seguenti tavole: corografia 1:2000, planimetria generale 1:200, schizzo prospettico, prospetto est, prospetto nord, prospetto ovest, prospetto sud, pianta piano terra, pianta piano primo, sezione AB.

Il progetto strutturale del primo stralcio consta di:

- n. 1 tavola con planimetria delle travi rovesce;
- n. 7 tavole con carpenteria ed armatura delle travi rovesce di cui sopra;
- n. 11 tavole numerate dal n.1 a al n. 11 relative alle travi del primo piano.

La tavola 1: contiene la pianta della soletta del primo piano con armatura delle nervature delle solette; le tavole dal n. 2 al n. 7 con carpenteria ed armatura delle travi sorreggenti le solette del primo piano.

Vi è inoltre una relazione di calcolo degli elementi strutturali (plinti, pilastri, travi rovesce, travi del primo piano, solaio) e in essa si trova una tabella riepilogativa dei calcoli di dimensionamento dell'acciaio delle travi rovesce, dei pilastri, e delle travi portanti il solaio del primo piano.

Sono poi disponibili i disegni della carpenteria e delle armature delle scale, un disegno del solaio al piano terra realizzato sotto il vano scale.

I suddetti elaborati sono firmati e timbrati dall'Ing. G. Semeria di Sanremo e si riferiscono, come detto, alle opere eseguite nel primo stralcio dei lavori.

Del primo stralcio sono disponibili anche i libretti delle misure (che richiamano la documentazione sopra elencata nelle figure ed annotazioni) ed il computo metrico estimativo di progetto (contenente per esteso le voci dell'elenco dei prezzi). Tali documenti rappresentano, più ancora delle tavole di progetto, la realtà del "costruito".

Il progetto strutturale del secondo stralcio dei lavori consta di:

- tavola contenente la carpenteria e l'armatura delle travi e dei pilastri di appoggio del solaio del piano terra e dei muri di tamponamento in calcestruzzo;
- tavola contenente la carpenteria del completamento del solaio del piano terra;
- tavole relative alle opere di sistemazione esterna (muri, strada di accesso, campo sportivo), agli impianti tecnologici ed alla rete fognaria.

Anche del secondo stralcio sono disponibili libretti delle misure che richiamano i disegni strutturali delle opere di completamento eseguite nell'edificio scolastico.

L'esame della documentazione sopra elencata ha consentito di effettuare *l'identificazione dell'organismo strutturale e verificare il rispetto dei criteri di regolarità* indicati nelle nuove norme; ha consentito altresì la *identificazione delle strutture di fondazione* e l'acquisizione *delle informazioni sulle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dei quantitativi di armatura e delle proprietà meccaniche dei materiali.*

2.2.2 Proprietà meccaniche dei materiali da progetto

Dalla documentazione di progetto disponibile, (ed in particolare le specifiche dell'elenco dei prezzi) si evince che:

l'acciaio di armatura è in barre lisce del tipo omogeneo Aq 50 (indicato in letteratura tecnica anche come "dolce"); per detto acciaio la norma del 1939 prevedeva che la massima tensione di trazione ammissibile non superasse 1400 daN/cm^2 . Nella relazione di calcolo detta limitazione è rispettata per le strutture di fondazione; pilastri e travi del primo orizzontamento e della copertura sono dimensionate con tensioni nell'acciaio pari a 1600 daN/cm^2 .

il calcestruzzo cementizio è caratterizzato dal dosaggio di cemento; nelle specifiche dell'elenco dei prezzi è indicato l'uso di calcestruzzo:

- ▶ dosato a 200 kg/mc di cemento per getti di sottofondazione con cemento R600;
- ▶ dosato a 250 kg/mc per opere in elevazione (muri e parapetti) e fondazioni armate con cemento R600;
- ▶ dosato a 300 kg/mc per travi, pilastri, cordoli, solette con cemento R730.

Nella relazione di calcolo è considerata una tensione ammissibile a compressione pari a 5 MPa per i calcestruzzi delle strutture di fondazioni armate e pari a 6 MPa per i calcestruzzi di pilastri e travi.

2.2.3 Interventi sulle strutture: intervento di sottofondazione eseguito nel 1997

Nel corso dei mesi di agosto e settembre del 1997 fu eseguito un intervento di sottofondazione con micropali in corrispondenza dei pilastri (indicati con numero 3, 4 e 9 nelle tavole di progetto) resosi necessario a seguito di cedimenti fondali che causarono un importante quadro lesionativo sui muri del prospetto Nord e del prospetto Est.

Gli interventi sono consistiti nella esecuzione di 11 micropali di lunghezza pari a 12 m disposti: 4 perimetralmente al pilastro n. 3, 4 perimetralmente al pilastro n. 4 ed infine 3 perimetralmente al pilastro n. 9.

Propedeutica ai lavori di cui sopra, è stata redatta una indagine geologico-tecnica a firma del Dott. Geologo Ampelio Verrando con data 10 settembre 1996 che, a seguito di due sondaggi spinti sino a quota -5 m rispetto al p.c. caratterizza il terreno di fondazione ed esamina le cause del quadro lesionativo suddetto.

2.2.4 Risultati delle prove in situ ed in laboratorio della campagna d'indagini del gennaio 2007

Nell'ambito delle indagini svolte nel 2007, sono state fatte anche delle prove dirette sui materiali. I risultati sono riportati di seguito.

Prove di compressione su campioni di calcestruzzo prelevati

Le carote di calcestruzzo prelevate e catalogate sono state condotte presso il laboratorio SIGMA ETRURIA S.r.l. di Livorno dove, ridotte nelle dimensioni previste e verificate le tolleranze rispettivamente secondo le UNI 6130 e UNI 6132 sono state sottoposte alla prova di compressione secondo le UNI 6132. In tabella 2 si riassumono i risultati ottenuti: sulla carota CRGT 1 sono stati ricavati 2 provini CRGT 1 e CRGT1 BIS

Tab. 1– Resistenza cubica delle carote di calcestruzzo

n. carota (*)	λ	δ	R_{cil} [daN/cm ²]	R_{cubica} [daN/cm ²]
1	1,04	2,5	482	489
1 BIS	0,76	2,5	427	379
2	1,01	2,5	229	230
3	1,02	2,5	179	181
			media:	319
			Dev.std.	141
			Dev.std.%	44

I valori ottenuti hanno caratterizzato un calcestruzzo di caratteristiche meccaniche disomogenee; peraltro la media dei valori della seconda e terza carota è risultata in linea

con le caratteristiche prestazionali dei calcestruzzi dell'epoca in relazione ai dosaggi impiegati (resistenza media intorno a 20 MPa).

L'analisi visiva delle carote estratte ha denotato un calcestruzzo omogeneo, con diametro degli inerti contenuto e praticamente privo di macroporosità. Ciò nonostante la massa volumica misurata risulta limitata rispetto a quelle dei calcestruzzi di media qualità.

La mancata compattezza del materiale risulta per tanto la causa principale sia della carbonatazione avvenuta negli strati superficiali delle sottostrutture, sia dei carichi di rottura riscontrati.

Il calcestruzzo esaminato può essere classificato pertanto come Rck 200.

Tale risultato è stato confermato dalle prove sclerometriche, dalle indagini ultrasoniche e dal metodo combinato (metodo SONREB)

Prelievo di barre d'armatura

Durante la campagna d'indagini, al fine di identificare in qualche modo il tipo d'acciaio utilizzato per le armature, è stata prelevata una serie di campioni di barre d'armatura poste in zone della struttura caratterizzate di uno scarso impegno statico.

Tali campioni sono stati sottoposti alla prova di trazione presso il laboratorio SIGMA ETRURIA S.r.l. di Livorno. I risultati della prova sono riassunti nella seguente tabella:

Tab. 2– Risultati della prova di trazione sul campione di barra d'armatura

prelievo	Ø [mm]	Sezione effettiva [mm ²]	Massa [kg/m]	Tensione di snervamento [daN/cm ²]	Tensione di rottura [daN/cm ²]	Allungamento a 5 [%]
1	12	113,0	0,89	3480	5110	27
2	12	113,0	0,89	3840	5720	27
3	12	113,0	0,89	3460	5030	30
4	8	50,3	0,39	4710	6370	n.r. (*)
5	8	50,3	0,39	4220	5460	n.r. (*)
6	8	50,3	0,39	3930	5380	n.r. (*)
7	8	50,3	0,39	3710	5380	n.r. (*)

(*) n.r.=non rilevabile per lunghezza insufficiente del campione

Il valore della tensione di rottura ottenuto risulta dello stesso ordine di grandezza di quella dell'acciaio semiduro Aq50 così come definito dal Regio Decreto 16/11/1939, n.2229. Ai fini delle verifiche delle membrature sarà assunto come valore caratteristico della tensione di snervamento il valor medio dei risultati sperimentali:

$$f_{yk} = f_{ym} = 3910 \cdot daN / cm^2$$

Livello di conoscenza e fattore di confidenza conseguiti

Ai sensi della normativa vigente (NTC e Circolare n.617, Appendice al Cap. 8) è stato individuato un appropriato *livello di conoscenza (LC)* da impiegare per la valutazione della sicurezza degli elementi strutturali esistenti.

In funzione del livello di conoscenza, quindi, sono stato determinati i metodi utilizzabili per l'analisi sismica ed il valore del *fattore di confidenza (FC)*.

Nel caso in esame si è riusciti a conseguire il livello di conoscenza accurata LC3, e fattore di confidenza pari a 1 in virtù della disponibilità degli elaborati del progetto originario verificati attraverso un sufficiente numero di controlli in situ dell' "as built" effettuati nella campagna di indagini del 2007.

2.2.5 Natura ed entità del quadro lesionativo

E' stata condotta una ispezione dell'intero edificio dalla quale emerge che i materiali utilizzati per le strutture portanti non sono affetti da stati di degrado degni di nota.

Peraltro si riscontra, come già accennato, la presenza di quadri lesionativi sui divisori interni e sulle pareti esterne del primo e del secondo piano che scaricano il proprio peso in corrispondenza dei pilastri n. 3, n. 4, n. 9, n. 10, n. 11, n. 12 e n. 13.

Le lesioni sono particolarmente accentuate sui muri del prospetto Sud e del prospetto Est.

La lettura del quadro lesionativo conduce a formulare le seguenti ipotesi e considerazioni:

► la trave rovescia di fondazione su cui insiste la stilata dei pilastri 3, 4, 9, 10, 11, 12 e 13 ha probabilmente subito un assestamento che ha provocato cedimenti differenziali tra il secondo telaio (relativo alla stilata dei pilastri suddetti) ed i telai limitrofi. Questo spiega l'andamento delle lesioni inclinate leggibili sul prospetto Sud e la lesione verticale presente sul paramento in listelli del prospetto Nord;

► la realizzazione dell'architrave in calcestruzzo appoggiata sulle murature di fodera dei pilastri n. 2 e n. 3 produce, per insufficiente rigidità, le lesioni orizzontali presenti sul prospetto Sud sotto le prime due finestre dallo spigolo Sud-Est;

► le restanti lesioni orizzontali rinvenibili in altre zone del fabbricato sono generalmente posizionate nella zona di appoggio delle murature di tamponamento sui solai in latero-cemento.

E' chiaro che le lesioni causate dall'assestamento della trave rovescia di fondazione del secondo telaio risultano essere le più preoccupanti, essendo le restanti lesioni analizzate dovute a fenomeni localizzati (scarsa rigidità di singoli elementi o effetti termici).

Le cause che possono aver provocato l'assestamento della sopra citata trave rovescia di fondazione vanno sicuramente ricercate nelle caratteristiche limo argillose dei terreni di sedime, come indicato nella indagine geologico-tecnica redatta nel 1996.

Va aggiunto per completezza che dalla analisi dei libretti delle misure si è potuto riprodurre l'andamento del profilo del terreno prima dello scavo di fondazione e sovrapporlo alla sezione trasversale dell'edificio: emerge chiaramente uno scarso approfondimento della quota di fondazione delle travi rovesce del primo e del secondo telaio in relazione alle quote fondali dei due telai realizzati verso monte.

La spiegazione del perchè gli effetti deformativi maggiori si siano verificati sulle fondazioni del secondo telaio vanno ricercate nel fatto che fondazioni di detto telaio hanno uno sviluppo longitudinale maggiore rispetto al primo e quindi sottendono un bulbo di pressioni più profondo (pur a parità di pressioni di contatto terreno-struttura di fondazione, che nel calcolo di progetto sono state stimate, per tutte le travi rovesce, pari a $0,5 \text{ daN/m}^2$).

2.2.6 Esito delle verifiche di vulnerabilità effettuate sulla base della campagna d'indagini del gennaio 2007

Sulla base delle analisi e delle indagini eseguite nel 2007 si è giunti alle seguenti conclusioni nel seguito riassunte:

► la struttura nello stato attuale non possiede i requisiti richiesti dalle normative vigenti;

► lo schema di calcolo adottato, nei calcoli del progetto originario, per il dimensionamento delle armature dei pilastri ed i collegamenti con gli elementi orizzontali, ha condotto alla realizzazione di alcuni elementi strutturalmente inadeguati nei riguardi della pressoflessione anche per i soli carichi verticali.

Le analisi effettuate hanno infatti rivelato un maggiore impegno dei pilastri d'angolo rispetto a quello stimato in sede di progetto anche per le sole azioni statiche per presso flessione deviata, sollecitazione che nasce dal comportamento spaziale del telaio (non prevedibile attraverso un dimensionamento a "telai piani").

A questa insufficiente resistenza alle azioni verticali si aggiunge la scarsa sismo-resistenza. L'edificio è stato concepito dal punto di vista strutturale come unione di quattro telai piani in serie disposti secondo un'unica direzione e collegati da soli cordoli.

L'assenza di telai nell'altra direzione porta ad una diseguale rigidità dell'edificio nelle due direzioni e quindi ad una maggiore vulnerabilità dello stesso per azioni orizzontali nella direzione di minore inerzia (direzione Est – Ovest).

Esso inoltre presenta forti irregolarità in altezza per la presenza di un "piano debole" (il piano terra in gran parte riservato a porticato).

Un ulteriore elemento di vulnerabilità dell'edificio nei confronti del sisma è rappresentato dalla copertura che, per quanto estremamente leggera, risulta, nello stato attuale piuttosto precaria. Per essa sono stati utilizzati travi di sezione esigua e per questo inseriti pilastrini in muratura disposti in "falso" sui solai. Si ravvisa la necessità di renderla rigida nel proprio piano e scongiurare il rischio di crolli locali (crollo dei pilastrini di sostegno incapaci di sopportare azioni di trazione, caduta dei singoli elementi del manto non efficacemente fissati).

In sintesi non sono soddisfatti tutti i parametri di sicurezza della struttura nei confronti dei carichi previsti dalle nuove normative.

E' stato quindi necessario prevedere l'esecuzione di un intervento teso ad un adeguamento sismico della struttura, intervento che potesse altresì provvedere all'adeguamento della stessa per i sovraccarichi verticali prescritti (300 daN/mq).

L' intervento previsto è descritto nel dettaglio nei paragrafi seguenti.

2.2.7 Nuova relazione geologica aggiornata alle NTC

Le caratteristiche geologiche dell'area interessata sono state nuovamente indagate dal dott. Geologo *Pierluigi Torrieri* che le ha illustrate nella Relazione: *Realizzazione sondaggi con caratterizzazione geotecnica e sismica del terreno - complesso scolastico "Maria Primina"* datata 30 settembre 2009. L'indagine ha fatto riferimento ad una specifica campagna geognostica costituita da prove strumentali.

In particolare sono state eseguite n. 3 perforazioni a carotaggio continuo (indicate con le sigle S1, S2 e S3), sul perimetro a valle del fabbricato, Esse hanno consentito di ricavare la stratigrafia del terreno ed il livello della falda freatica.

Nei fori inoltre di carotaggio S1, S2, S3, sono state effettuate quattro prove SPT dalle quali è stato possibile derivare le caratteristiche meccaniche dei vari strati.

In particolare è stato possibile individuare una "macrostratigrafia" costituita da due "livelli":

1) Coltri detritiche superficiali caratterizzate da limi sabbiosi compatti presenti sino a profondità variabili da -2 m nel foro S1 a -5 m nel foro S3:

- Peso per unità di volume:	1.7 kN/m ³
- Angolo di attrito medio:	26°
- Modulo di Young medio:	27 daN/cm ²
- Coesione non drenata:	≤ 0.1 daN/cm ²
- Modulo edometrico medio:	58.19 daN/cm ²

2) Flysch marnoso, caratterizzato da livelli prevalentemente marnosi più o meno fluttuanti giacenti sotto il livello 1):

- Peso per unità di volume saturo:	2.3-2.4 kN/m ³
- Angolo di attrito:	41°
- Coesione non drenata:	≤ 2.5 daN/cm ²
- Modulo edometrico medio:	58.19 daN/cm ²

A circa 3/4 m di profondità si attesta quindi il *bed rock*, ovvero il substrato roccioso. Nel corso di dette indagini, nel mese di settembre 2009, è stata anche misurata la quota piezometrica a -1 m dal piano di campagna, nel sondaggio S1. E' probabile che la falda, a causa della scarsa permeabilità delle coltri detritiche superficiali, sia in condizioni di lieve artesianità.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il suolo è stato individuato di **Tipo B** con categoria topografica **T2** (pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$, $S_t = 1.2$).

3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

L'intervento proposto prevede l'esecuzione delle seguenti lavorazioni:

- ▶ inserimento di setti, in direzione longitudinale e trasversale, in grado di assorbire per intero le azioni orizzontali prodotte dall'evento sismico;
- ▶ placcaggio di alcuni pilastri d'angolo che presentano carenze a pressoflessione deviata per i carichi verticali e incamiciatura della prima travata del primo impalcato (beton plaqu );
- ▶ risarcitura delle lesioni presenti;
- ▶ realizzazione di una nuova copertura lignea;
- ▶ opere di finitura.

Il primo provvedimento si rende necessario per compensare la scarsa sismo-resistenza del manufatto: da qui la necessit  di ipotizzare l'introduzione di nuove strutture sismo-resistenti (setti) dislocate in pianta in maniera opportuna, in grado di assorbire le azioni sismiche.

Il secondo provvedimento si rende necessario per compensare le carenze nella quantit  di armature dei pilastri d'angolo (molto inferiore al limite minimo di normativa pari all'1%) e la scarsa qualit  del calcestruzzo (classificabile Rck 200), carenze che rendono gli elementi interessati dall'intervento, non idonei ad assorbire per intero le azioni previste dalla Normativa.

Alle carenze della travata 5-6/ 6-7/ 7-8 del primo allineamento longitudinale al livello del primo impalcato (ved.Fig.1) si ovvier  posizionando un opportuno rinforzo all'intradosso in grado di conferire sufficiente resistenza a flessione alla trave. In particolare si prevede un'incamiciatura di acciaio (beton-plaqu ) realizzata con una piastra spessa 6 mm in acciaio S355 fissata al supporto in c.a. con ancoraggio chimico a base di resina epossidica e meccanico (tasselli posti a quinconce, a interasse 50 cm).

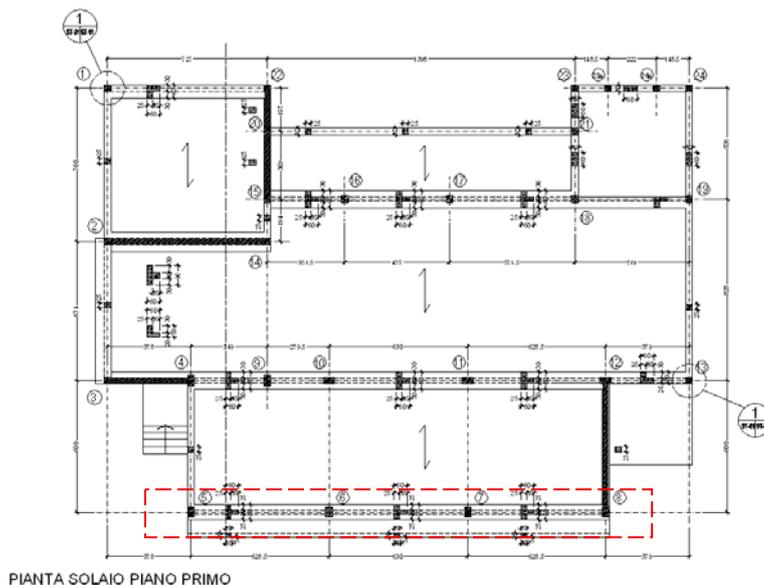


Fig 1– Travi che necessitano di rinforzo

La soluzione proposta prevede inoltre lo smantellamento del manto, la realizzazione di una nuova copertura lignea costituita da travi in legno lamellare di dimensioni 14x35 cm, ad interasse 1.2 m. sulle quali sarà fissato un doppio tavolato (3.3 + 2 cm) in grado di realizzare il "piano rigido" senza aumento di masse. Si elimineranno i pilastri intermedi in muratura che risultano elementi estremamente vulnerabili.

Sul tavolato sarà posata una guaina bituminosa, la doppia orditura di supporto delle tegole per il tetto ventilato, previa disposizione di pannello isolante (s=8 cm).

3.1. Fasi realizzative

Operativamente si possono prevedere le seguenti lavorazioni:

- demolizione parziale o totale rispettivamente delle pareti accostate ai pilastri oggetto di placcaggio o di quelle dove è previsto l'inserimento di setti (con conseguente demolizione delle pavimentazioni e di porzioni di solai);
- rinforzo delle opere di fondazione tramite esecuzione di micropali accentrati in corrispondenza di ciascun pilastro di confinamento dei setti.
- predisposizione di connettori a forcella inghisati con resina epossidica per la sollecitazione tagliente su tutti gli elementi strutturali che faranno da cornice ai nuovi setti;
- realizzazione dei setti in cemento armato;
- predisposizione di opportuni collegamenti atti a trasmettere efficacemente le tensioni dai piani sovrastanti (nel caso di placcaggio con incamiciatura in c.a. si renderanno passanti le armature aggiuntive mediante fori praticati nello spessore dei solai);
- realizzazione del placcaggio dei pilastri eseguito tramite incamiciatura in calcestruzzo armato;
- realizzazione del rinforzo metallico della prima travata del primo impalcato;
- esecuzione delle opere architettoniche di ripristino delle parti danneggiate e risarcitura delle lesioni esistenti;
- realizzazione della nuova copertura lignea;
- opere di finitura (intonacatura, tinteggiatura o rivestimenti in ardesia).

4. RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE

Le nuove opere strutturali sono state progettate per avere una resistenza al fuoco di 60 minuti primi.

Le barre in acciaio degli elementi strutturali in calcestruzzo armato saranno dotate di adeguati ricoprimenti (secondo DM 16.02.2007) per garantire la resistenza al fuoco prescritta.

Le strutture in legno lamellare sono state dimensionate per avere una resistenza al fuoco di 60 minuti secondo le indicazioni fornite nel DM 14.01.2008 e nella UNI EN 1995-1-2 (vedi verifica strutture lignee).
