

Comune di ACQUI TERME

Provincia di ALESSANDRIA



SCUOLA PRIMARIA G. SARACCO

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO, EFFICIENTAMENTO ENERGETICO, ELIMINAZIONE BARRIERE ARCHITETTONICHE E REALIZZAZIONE NUOVA PALESTRA.

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

ai sensi art. 23 D.Lgs. n° 50 /2016

A₂

RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURALE E SISMICA

GIUGNO 2018

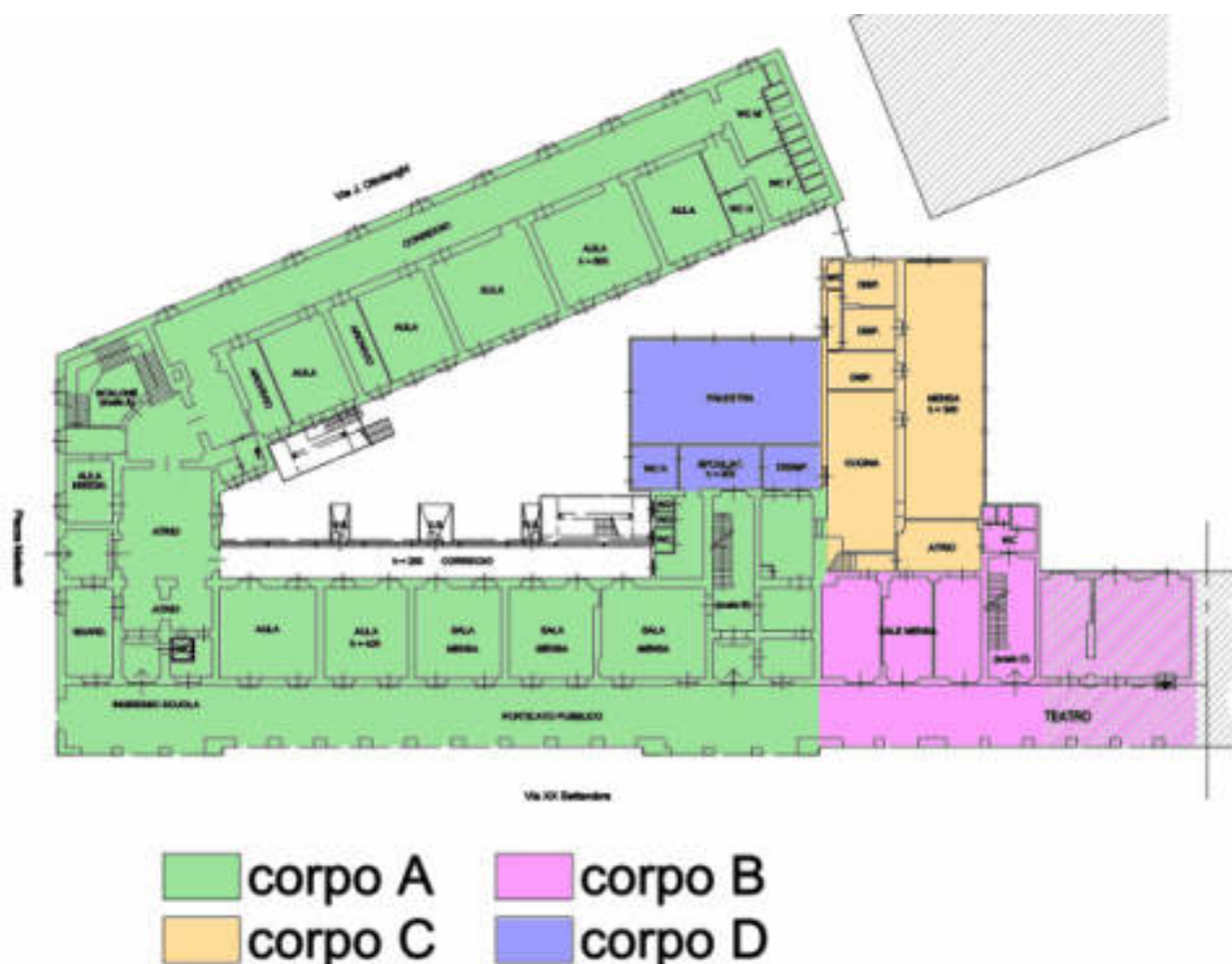


SCUOLA ELEMENTARE G. SARACCO
 RELAZIONE PRELIMINARE STRUTTURALE E SISMICA

STATO ATTUALE E INDICAZIONI STORICHE

La costruzione delle “scuole elementari Saracco” sembrano risalire al 1895 circa.

Il complesso, a tre piani fuori terra, ha una forma a “V” ed è composto sostanzialmente da quattro corpi.



CORPO A	Locali originariamente destinati ad uso scolastico disposti su tre piani fuori terra e con sviluppo in pianta a forma di V. sono presenti dei locali interrati e dei locali sottotetto
CORPO B	Locali della palazzina adiacente fronteggiante via XX Settembre, disposti su

	tre piani fuori terra e adattati successivamente ad uso scolastico. Dotati di locali interrati e locali sottotetto
CORPO C	Locali dell'ex. alloggio custode su due piani fuori terra e locale sottotetto, anch'essi adattati ad uso scolastico al primo piano, mentre al piano terreno sono destinati a mensa-cucina.
CORPO D	Palestra ad uso della scuola e posta nel cortile interno. Composta da un unico edificio a forma rettangolare ed un solo piano fuori terra

Nel corso del **1934** sono stati eseguiti lavori di adattamento nella palazzina B mediante abbattimento di muri e ricostruzione delle volte. Nella sala adibita a teatro sono state demolite le volte e ricostruita con un solaio piano. Al secondo piano sono state demoliti dei muri di tamponamento e mantenute le volte. È stato demolito e ricostruito il tetto per aumentare l'altezza delle aule.

Nel **1962** è stata eseguita la costruzione del passaggio coperto nel cortile esterno, che collega l'atrio d'ingresso delle scuole Coprpo A con la palazzina del corpo B.

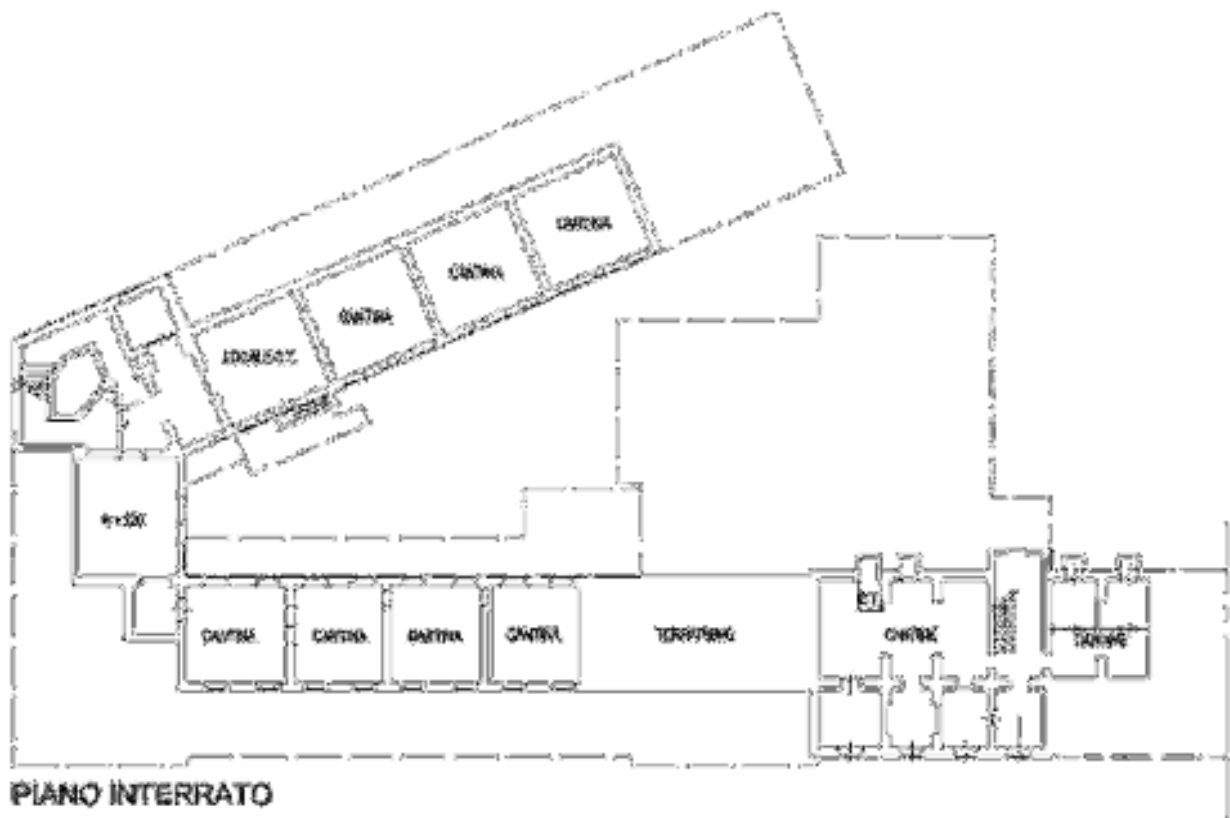
Nel **1969** è avvenuta la trasformazione dei locali dell'ex alloggiodel custode (corpo C) in locali adibiti al piano terreno in locali cucina-mensa e al piano primo a locali adibiti ad uso scolastico.

Negli **anni '70** è stata costruita la palestra nel cortile interno delle scuole (Corpo D).

Nel **1987** sono state eseguite opere per l'adeguamento alle norme di prevenzione incendi ed infortuni, opere per l'eliminazione delle barriere architettoniche ed opiere di straordinaria manutenzione (rifacimento bagni, inserimento di scale di emenrgenza, ascensore)

PIANO INTERRATO

Tale piano interessa la quasi totlità del copro A e Bed è costituito da muri in mattoni fondati fu fondazioni in muratura. Su tali muri sono impostati degli archi dove appoggiano delle volte sempre in mattoni pieni. L'unico locale utilizzato dalla scuola è il locale caldaia, dove ad oggi sono presenti gli scambiatori del teleriscaldamento e le vecchie caldaie ormai non piu utilizzate.



Corpo A

Tale corpo è costituito da tre piani fuori terra e da un piano sottotetto. La struttura è costituita da murature portanti in mattoni pieni e gli orizzontamenti costituiti da volte in muratura. Solo in alcuni locali (vano scala , atrio segreteria al primo e secondo piano) sono stati posti in opera degli orizzontamenti in voltini di mattoni e travi in ferro a doppio T in cui sono stati appesi dei soffitti in canniccio intonacati ed affrescati.

La struttura del tetto di copertura è in buone condizioni e composto da capriate in legno con orditura principale e secondarie sempre in legno, non è presente un cordolo in c.a. di legatura a livello della gronda.

CORPO B

La palazzina è stata adattata in un secondo momento ad uso scolastico, mediante abbattimenti di muri e volte con rifacimento delle volte stesse e messa in opera di solai con travi in ferro a doppio T e interposte voltine in mattoni. Dove le murature abbattute erano portanti sono state sostituite con travi a doppio T in ferro accoppiate. Anche questo corpo è composto da tre piani fuori terra e dotato di sottotetto, rifatto e rialzato.

In un locale al primo piano è in opera un controsoffitto in canniccio appeso alle travi in ferro.

La struttura portante di tutti i piani è in muratura portante in mattoni pieni, mentre gli orizzontamenti sono in parte a volte e in parte in solai piani composti da travi in ferro a doppio T e interposti voltini di mattoni.

La struttura del tetto è la stessa del corpo A e cioè con capriate in legno e orditura principale e secondaria sempre in legno, non è presente un cordolo in c.a. di legatura a livello della gronda.

CORPO C

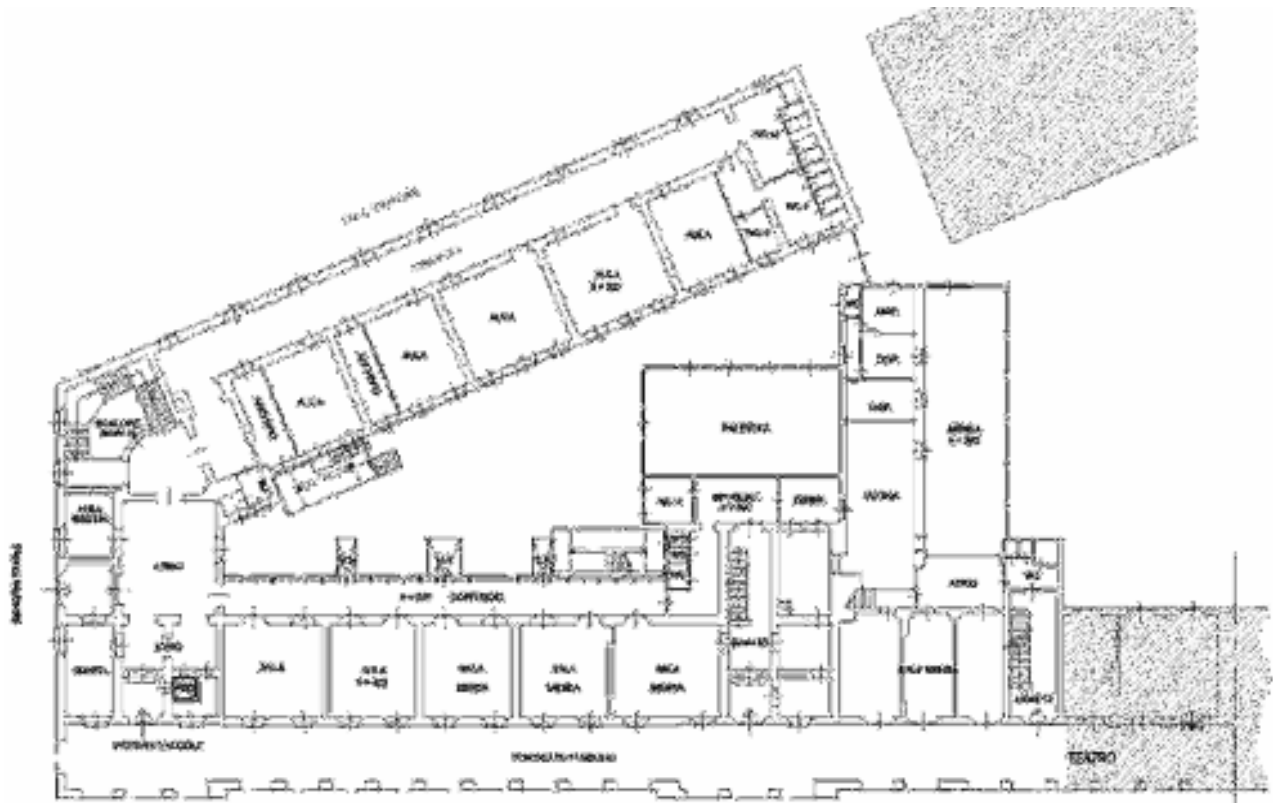
E' composto da due piani fuori terra e un piano sottotetto. Le strutture verticali sono costituite da murature portanti in mattoni pieni e gli orizzontamenti sono costituiti da travi in ferro a doppio T (ipe 140) con interposti tavelloni ad interasse 100 cm circa e con successivo riempimento con sabbia e materiali disgregati. Il tetto è a struttura principale e secondaria in legno, non è presente un cordolo in c.a. di legatura a livello della gronda.

Nella sala dell'aula di musica, al primo piano, sono evidenti avvallamenti sul pavimento.

CORPO D

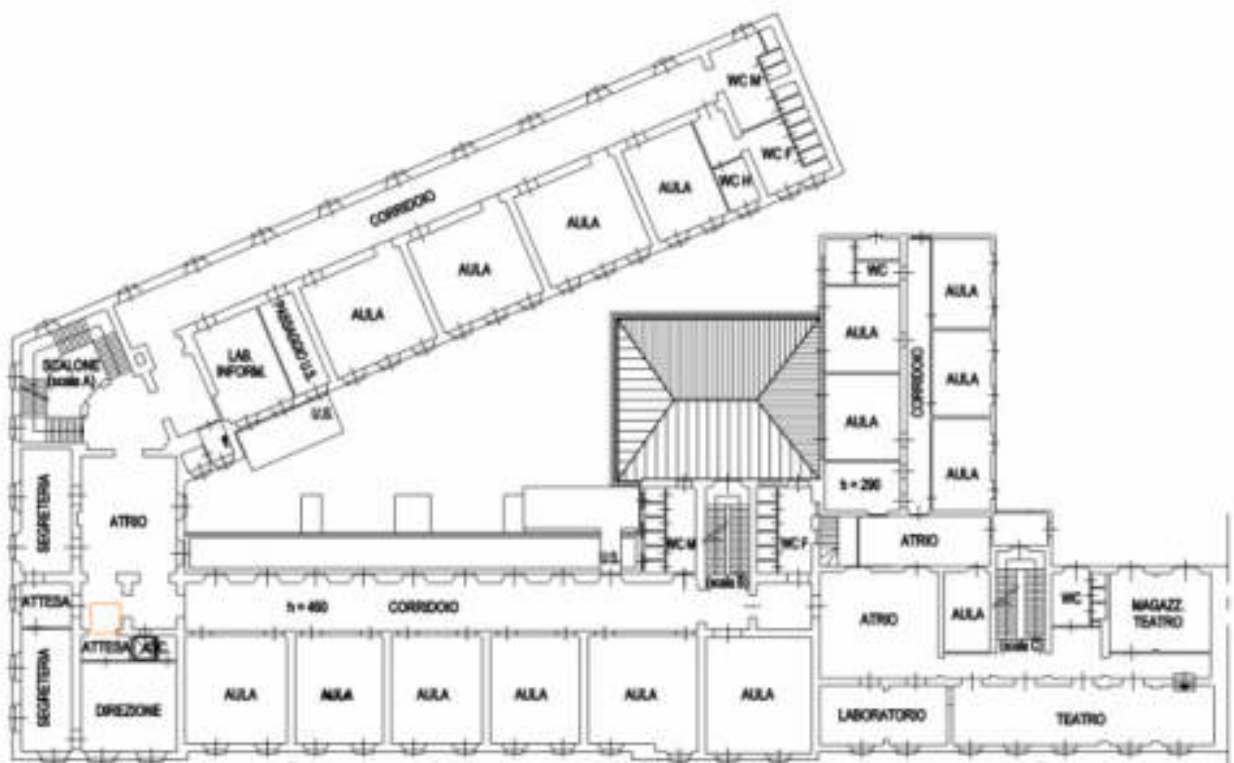
Il locale a forma rettangolare e ad un piano fuori terra è destinato a palestra per la scuola stessa e aventi le dimensioni di circa 14.50x8.20 mt ed una altezza di circa 5 mt.

La fondazione è costituita da una trave continua in c.a. e da un cordolo che fuori esce dal terreno del piano di calpestio. La struttura perimetrale è costituita da blocchetti in cls spessore 25 del tipo "splittato faccia a vista". È presente un cordolo di coronamento in c.a. a livello della gronda e una copertura, a padiglione con alcuni tiranti, composta da travi in ferro e manto con lastre in lamiera coibentate.

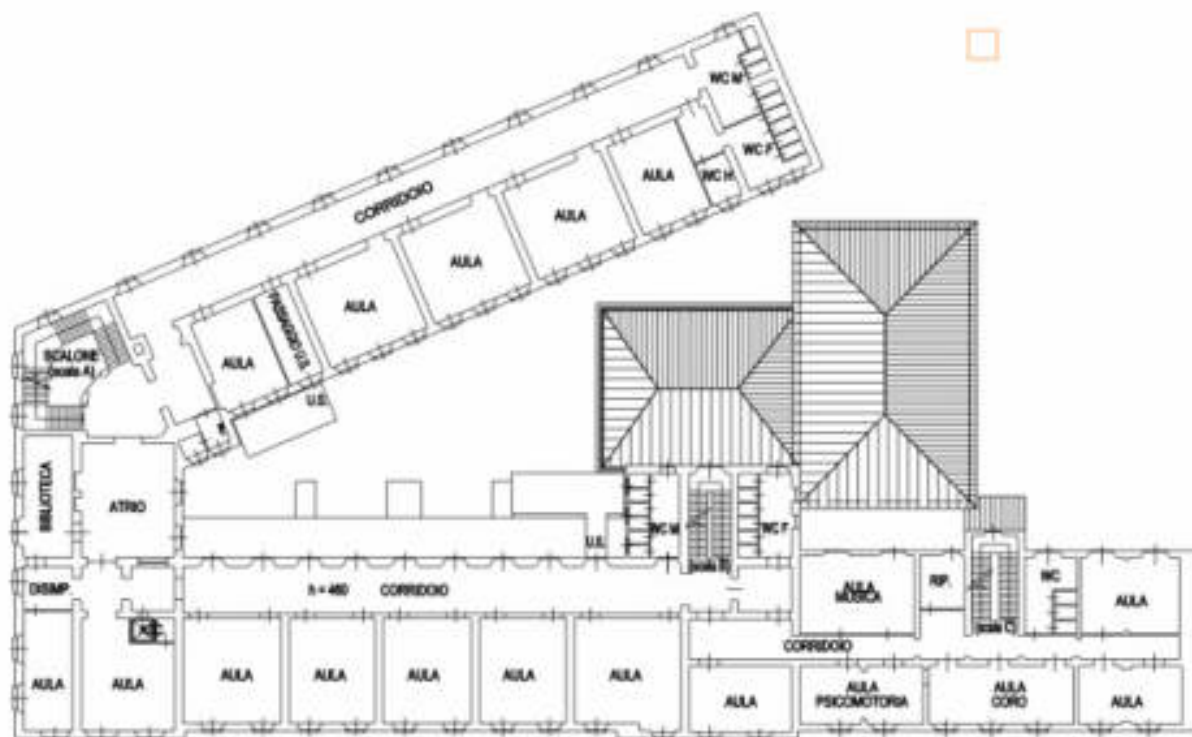


PIANO TERRENO

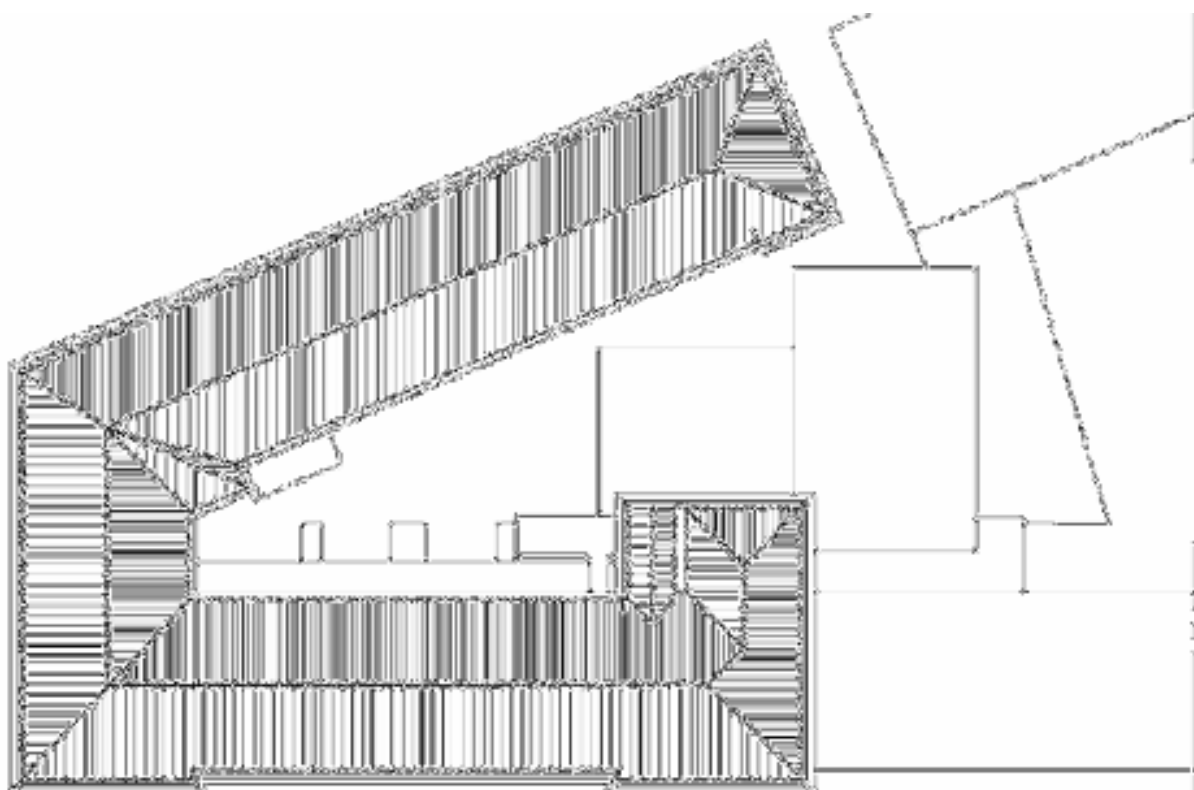
24/12/2010



PIANO 1



PIANO 2



COPERTURE



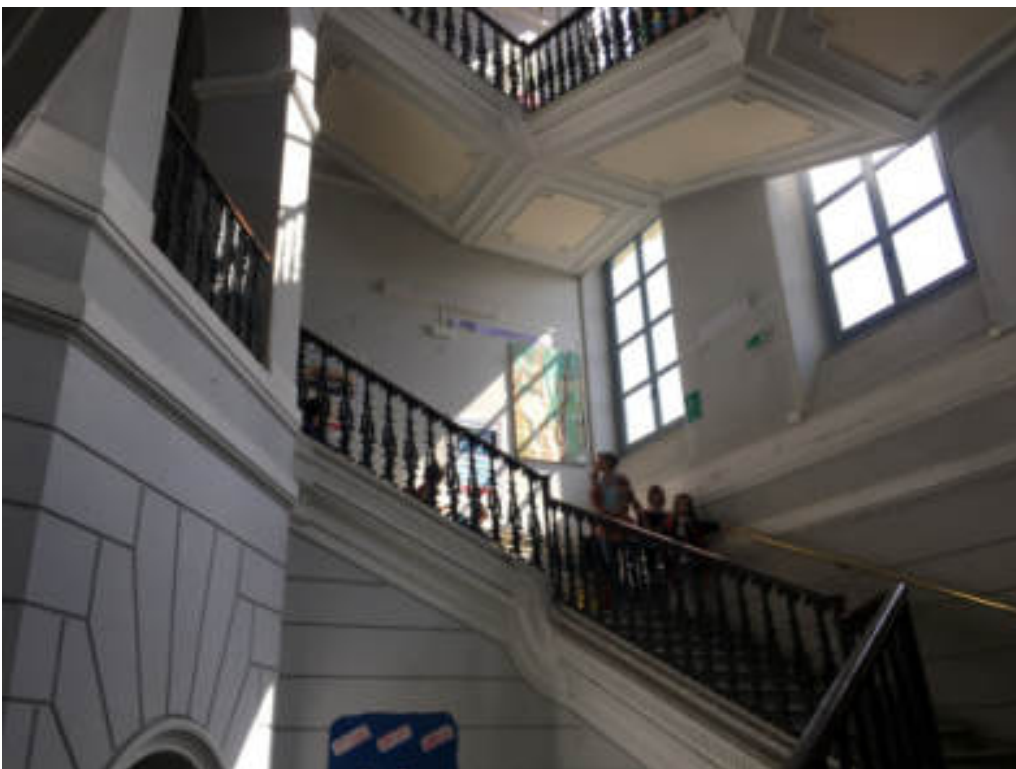
Facciata verso Via XX Settembre



Facciata cortile interno



Facciate interne cortile



Scala principale interna



Corridoio



Soalio voltato



Particolare capriata sottotetto



Palestra cortile interno "Saracco"



Particolare interno palestra “Saracco”

INDICAZIONI GEOTECNICHE GENERALI

Inquadramento geografico della scuola G. Saracco

Il sito in esame si colloca nel Comune di Acqui Terme, tra Via XX Settembre e via Ottolenghi, nelle immediate vicinanze del centro storico.



Si tratta di un'area planiziale, posta ad una quota compresa tra i 150 m s.l.m. e i 155 m s.l.m. a totale antropizzazione costituendo di fatto il centro della cittadina di Acqui Terme.

Tale area planiziale, nonostante gli insediamenti antropici ne elidano ogni evidenza morfologica, risulta essere inserita nella porzione di destra orografica del Rio Medrio che costituiva in passato una piccola pianura sostanzialmente paludosa, costituita dalla coalescenza di più paleovalvei intersecatesi prima di recapitare in Bormida.

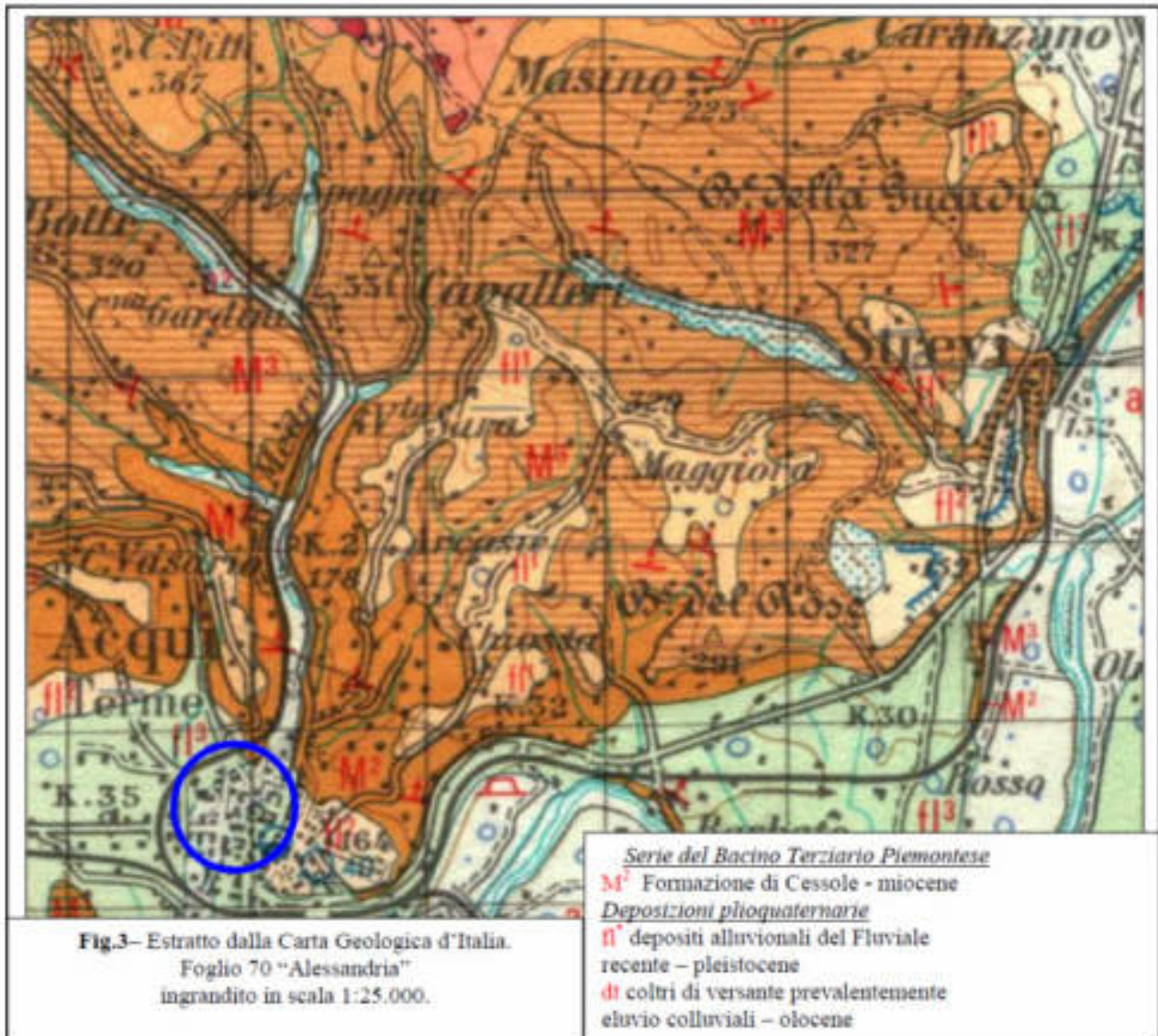
Data la totale antropizzazione non è agevole parlare di idrografia superficiale; il Rio Medrio attualmente scorre totalmente tombinato e tutte le acque di precipitazione superficiale sono canalizzate in un sistema di fognature ad esso afferente.

Il sito appare caratterizzato dalla presenza di spesse deposizioni di chiara origine alluvionale recente sovrastanti un substrato litoide di origine sedimentaria marina; sulla potenza di queste deposizioni nulla si può dire da un esame di superficie ma essa occorre investigarla mediante rospezioni dirette.

Il substrato litoide di queste coltri risulta essere la formazione delle "Marne di Cessole (cfr. Carta Geologica d'Italia in Fig.3) in facies di marne compatte e subordinate arenarie, di colore grigio azzurro, organizzate in livelli circa decimetrici, configuranti un continuum deposizionale abbastanza monotono.

Le successioni alluvionali di cui sopra sono solitamente sede di un sistema acquifero in cui i livelli a predominate grossolana sono sede di scorrimento preferenziale, mentre eventuali

livelli più francamente limo argillosi funzionano da isolamento e/o quanto meno da volumi a minore permeabilità e, eventualmente, da protezione per la falda. Quindi si può affermare che la soggiacenza di questa falda non è prevedibile a priori, e dovrà essere investigata con una campagna di prospezioni dirette.



Valutazioni geotecniche

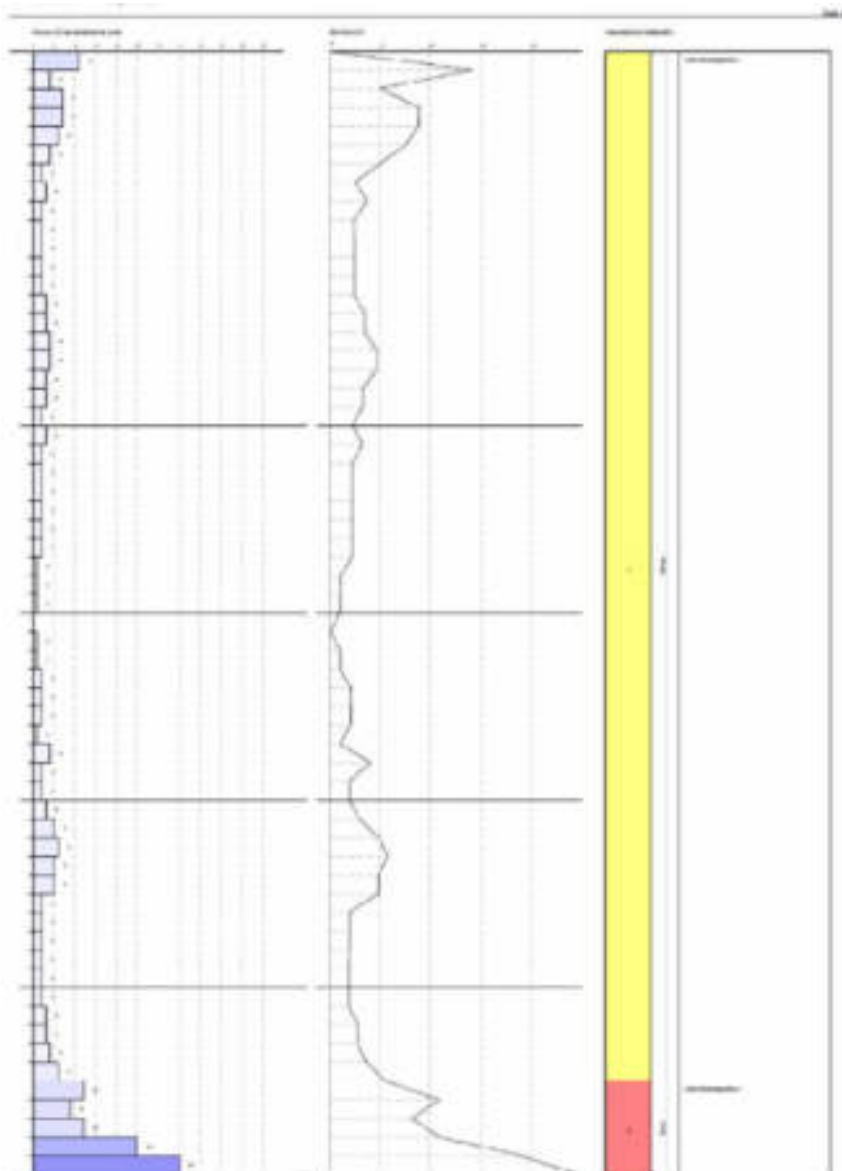
A fornire una ricostruzione di massima del sedime di intervento ci si è basati su prove eseguite dal sottoscritto tecnico in aree immediatamente adiacenti al sito in esame, mediante prove penetrometriche.

Dal rilievo si è evidenziato come non sono emerse ulteriori problematiche geomorfologiche; l'unica criticità riscontrabile può essere eventualmente rappresentata

dalla possibile saturazione dei terreni superficiali in caso di precipitazioni intense e persistenti

Dalla prova penetrometrica in un sito nelle immediate vicinanze dell'area in esame è emersa la seguente stratigrafia :

primo orizzonte di depositi alluvionali medio fini a scarsa consistenza (Unità Litostratigrafica 1) esteso sino a -5.50 m di profondità dal locale p.c.. Al di sotto di questa quota, la prova ha riscontrato un miglioramento della consistenza dei terreni rappresentato dall'aumento di granulometria della successione alluvionale (Unità Litostratigrafica 2) sino a -6.00 m dal locale p.c. A tale quota è stato riscontrato la prova è terminata avendo raggiunto quote sufficienti agli scopi di indagine.



INDIRIZZI PER LA PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI ADEGUAMENTO SISMICO DEGLI IMMOBILI

Non esiste agli atti del comune di Acqui Terme nessun disegno tecnico della struttura originaria degli edifici, si rimanda pertanto, alla fase successiva di progettazione definitiva, l'esecuzione di un completo rilievo della geometria della struttura portante dell'opera. In particolare, sarà necessario produrre disegni completi di carpenteria finalizzati alla descrizione della geometria della struttura, degli elementi strutturali e delle loro dimensioni al fine di permettere l'individuazione dell'organismo strutturale resistente alle azioni orizzontali e verticali, con un grado di dettaglio proprio dei disegni originali.

Con riferimento invece al rilievo dei dettagli costruttivi, il livello di conoscenza dovrà essere fissato in virtù dello specifico approccio progettuale, che si intenderà utilizzare in sede di calcolo strutturale, ai fini dell'adeguamento sismico dell'edificio, nonché, sulla base delle specifiche prescrizioni normative, fissate nel merito dalla Circolare Applicativa delle NTC 2008 e NTC 2018. La Circolare stabilisce nel dettaglio gli aspetti di definizione dei livelli di conoscenza, ossia le informazioni minime da possedere sulla geometria, i dettagli costruttivi e le proprietà dei materiali della struttura portante dell'edificio, al fine di poter considerare limitato (**LC1**), adeguato (**LC2**) o accurato (**LC3**) il livello di conoscenza della struttura.

In particolare, per la progettazione dell'intervento di adeguamento o miglioramento dell'edificio, ai fini della definizione dei dettagli costruttivi sarà possibile procedere, ai sensi di legge:

- con un **livello di conoscenza limitato**, corrispondente ad un progetto simulato da eseguire sulla base delle norme tecniche in vigore e della pratica costruttiva caratteristica all'epoca della costruzione, da convalidare sulla base di verifiche limitate in-situ;
- con un **livello di conoscenza adeguato**, corrispondente al recupero dei disegni costruttivi completi del progetto esecutivo, da convalidare sulla base di verifiche limitate in-situ oppure da ricostruire sulla base di verifiche estese in-situ;
- con un **livello di conoscenza accurato**, corrispondente al recupero dei disegni costruttivi completi del progetto esecutivo, da convalidare sulla base di verifiche limitate in-situ oppure da ricostruire sulla base di verifiche esaustive in-situ.

Le verifiche limitate, estese o accurate da eseguire per il rilievo dei dettagli costruttivi di ogni tipo di elemento primario della struttura sono da condurre, ai sensi di legge, secondo quanto riportato nella Circolare.

Nei casi di livello di conoscenza adeguato o accurato i dati raccolti sulle caratteristiche meccaniche dei materiali dovranno 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.

FATTORI DI CONFIDENZA

In funzione del livello di conoscenza conseguito in sede di progettazione definitiva dell'intervento si fisserà il valore del fattore di confidenza da utilizzare per le verifiche sismiche e il dimensionamento degli interventi strutturali.

DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Ai sensi della NTC 2018, la vita nominale “ V_N ” di un'opera, ossia il numero di anni nel quale una struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata allo scopo per cui è destinata, è definita secondo i valori riportati nella sottostante tabella (rif. NTC 2018 - Tabella 2.4.1):

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Pertanto ai fini della progettazione dell'adeguamento sismico dell'edificio scolastico in argomento, trattandosi di un'opera ordinaria, si assume un valore della vita nominale V_N pari a **50** anni.

L'azione sismica da considerare in sede progettuale si valuta, ai sensi delle NTC 2018, in relazione ad uno specifico periodo di riferimento “ V_R ” da ricavare, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando il valore della vita nominale dell'opera per il suo coefficiente d'uso “ C_U ” $V_R = V_N \times C_U$

Il valore di C_u da utilizzare per il calcolo del periodo di riferimento è quello corrispondente alla specifica classe di uso della costruzione, da definire secondo quanto riportato nella tabella delle NTC 2018 (rif. NTC 2018 - Tabella 2.4.II)

L'edificio scolastico oggetto d'intervento si pone in **CLASSE IV**, pertanto in sede di progettazione è da utilizzare un valore del coefficiente di uso C_u pari a 2. Il periodo di riferimento V_R da considerare per la valutazione dell'azione sismica di progetto è pertanto pari a 100 anni.

La valutazione della sicurezza e la progettazione dell'intervento dovranno essere eseguiti con riferimento oltre che agli Stati Limite Ultimi (SLU), come imposto dalla normativa, anche nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE). In particolare, le verifiche agli SLU dovranno essere eseguite rispetto alla condizione di prevenzione del collasso (SLC), per garantire che a seguito di un eventuale terremoto, la costruzione, seppure, subisca gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali, possa conservare ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le verifiche agli SLE dovranno invece essere eseguite rispetto alla condizione di danno (SLD), per garantire che a seguito di un eventuale terremoto, la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisca danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Nelle NTC08 la definizione dell'azione sismica è valutata in primis in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (cat. A) e superficie orizzontale (Cat. T1) così come ricavabile dalla Opcm 3519/06.

Viene poi introdotta la necessità di valutare sia la categoria stratigrafica di sottosuolo che le condizioni stratigrafiche di sito (Tab. 3.2.II, III e IV NTC18) intesi come modificatori della risposta sismica orizzontale mentre per le Zone 3 e 4 quali quelle in esame si esclude esplicitamente l'esame delle componenti verticali.

In rapporto alle suddette classificazioni la zona oggetto di intervento può essere così classificata:

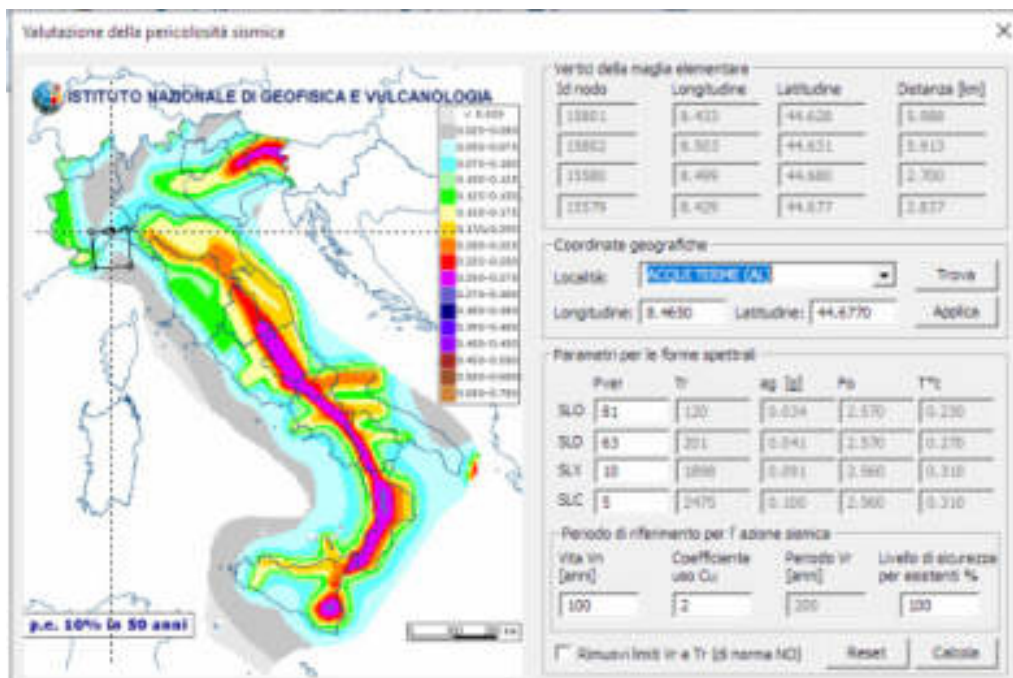
Tabella 3.2.II e V – Categorie di sottosuolo e massimo valore corrispondente di S_s

Categoria	Descrizione	Max coef. di Amplificazione Stratigrafica S_s
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).	1.60

Considerate le caratteristiche topografiche dell'area:

Tabella 3.2.IV e VI – Categorie topografiche e Valore del coef. di amplificazione

Categoria	Descrizione	Coef. di Amplificazione Topografica S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
Note applicative		
a)	le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m	
b)	le suesposte categorie topografiche si riferiscono a ubicazioni in prossimità della sommità o della cresta mentre il coef. di amplificazione topografica decresce linearmente con l'altezza del pendio fino a diventare pari all'unità alla base dello stesso	



Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
---------	-------------	------------	----------

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	8.465	44.677	
15801	8.433	44.628	5.988
15802	8.503	44.631	5.913
15580	8.499	44.680	2.700
15579	8.429	44.677	2.837

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_t$ (3.2.3)

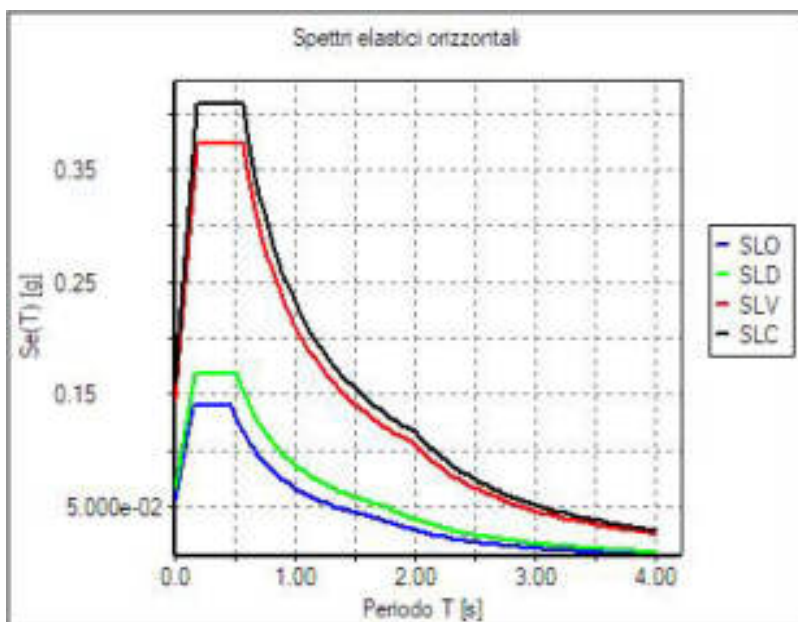
Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale

Fv è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale

Tb è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

Tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

Td è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.



SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	120.0	0.034	2.570	0.230
SLD	63.0	201.0	0.041	2.570	0.270
SLV	10.0	1898.0	0.091	2.560	0.310
SLC	5.0	2475.0	0.100	2.560	0.310

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.034	1.600	2.570	0.642	0.159	0.476	1.737
SLD	0.041	1.600	2.570	0.701	0.175	0.524	1.763
SLV	0.091	1.600	2.560	1.042	0.190	0.570	1.964
SLC	0.100	1.600	2.560	1.091	0.190	0.570	1.999

DESCRIZIONE DEI LAVORI RELATIVI AI PROGETTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO

Dalle analisi eseguite in sede di indagine preliminare, si evidenzia come le strutture esistenti presentano delle gravi vulnerabilità sismiche, dovute principalmente ai seguenti motivi:

- Presenza di molte aperture che generano punti di debolezza;
- La resistenza delle murature, presumibilmente, in pietra e mattoni non assicurano la necessaria resistenza alle sollecitazioni sismiche;
- Le coperture non presentano cordoli di irrigidimento per distribuire meglio i carichi del tetto;
- i maschi murari, non legati e/o bloccati a livello degli orizzontamenti possono creare fenomeni locali di ribaltamento.

Premesso che la verifica di vulnerabilità sismica non è stata ancora eseguita per nessun edificio, è presente agli atti solamente una analisi statica delle scuole "Saracco" a firma dell'Ing. Massimo Sommariva in data 17/3/2003.

Come sopra evidenziato, la carenza di informazione riguardo alle fondazioni, la struttura dei solai e delle murature non consente al momento di esplicitare un'ipotesi compiuta per il rinforzo degli stessi; si impone dunque un'approfondimento della conoscenza di tali elementi strutturali in sede di progettazione definitiva.

Ciò premesso, per quanto riguarda il rinforzo delle strutture resistenti verticali appare ragionevole ipotizzare una serie di interventi che possono essere di seguito elencati:

- Irrigidimento dei setti murari mediante un placcaggio diffuso con reti di rinforzo strutturale e geomalta strutturale a base di calce su entrambi i lati della parete
- Consolidamento delle fondazioni con interventi di sottofondazione delle murature su tutto il perimetro della scuola e collegati a eventuali micropali
- Inserimento di catene a livello dei solai,
- Consolidamento delle volte in laterizio e solai in travi di ferro e voltine
- Consolidamento delle capriate esistenti in legno.
- Creazione di un cordolo di gronda di irrigidimento in c.a. o acciaio
- Messa in sicurezza dei timpani di gronda sulla facciata lato via XX Settembre

Nonostante la relativa indeterminatezza delle opere necessarie per il consolidamento sismico e considerando che essendo l'edificio vincolato dalla soprintendenza dei beni architettonici e paesaggistici, si dovrà intervenire con un miglioramento sismico in modo da ottenere un rapporto di almeno 60% tra l'azione sismica massima della struttura in progetto e l'azione massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

Di seguito si esplicitano delle schede tipo sulle tipologie dei possibili interventi:

SCHEDA 1- INSERIMENTO DI CATENE

Principi funzionali di base

Le catene sono elementi costitutivi tradizionalmente impiegati con funzioni strutturali di collegamento, contenimento e ritegno e sono quindi sottoposte a sforzo di trazione. Nel campo del restauro esse sono utilizzate principalmente per: – contrastare l'azione di ribaltamento di pareti fuori dal loro piano (azione di ritegno), – per assorbire spinte anomale (a azione di contenimento) – per conferire all'edificio un comportamento scatolare funzionando da collegamento tra le varie parti (azione di collegamento).

Campi di applicazione

Le strutture in muratura, e specialmente gli edifici monumentali, risultano altamente vulnerabili nei confronti di un'azione sismica in quanto presentano spesso un comportamento non scatolare. Per limitare questa fonte di vulnerabilità e conferire alla struttura un adeguato stato di collegamento tra le pareti ortogonali, si può ricorrere all'antica tradizione costruttiva dell'inserimento di catene orizzontali, le quali sono chiamate a svolgere contemporaneamente un'azione di collegamento e di ritegno. La posizione delle catene è pressoché obbligata; esse potranno essere inserite all'altezza della quota dei solai intermedi o entro le

strutture lignee dei tetti. Nel caso si operi su una chiesa le catene possono essere inserite in controfacciata, posizionate in adiacenza alla muratura all'altezza del fregio, per limitare i meccanismi di taglio nel piano, o in senso longitudinale aventi lo scopo di evitare il ribaltamento della stessa fuori dal proprio piano. Le catene hanno comune e diffuso impiego soprattutto nelle strutture arcuate e voltate spingenti, ove generalmente sono poste in opera alle reni degli elementi, ossia nella posizione staticamente più corretta ed efficace. Le catene per il basso costo, la facilità d'impiego e la elevata efficacia vengono utilizzati usualmente anche per la messa in sicurezza dei monumenti nei casi di danno modesto.

Parti componenti:

a) organi di ritegno o capochiave del tipo:

- piastre circolari, ellittiche o quadrate solitamente nervate radialmente in modo da aumentare la rigidità flessionale. Il diametro od il lato è solitamente variabile tra 30 e 50 cm;
- paletti, che dovrebbero essere posizionati inclinati a 45° rispetto all'orizzontale in modo che il semipaletto inferiore agisca sul muro ortogonale. La lunghezza del paletto varia da 80 a 120 cm, misure inferiori possono comportare tensioni unitarie di contatto paletto-muro molto elevate. Eccessive lunghezze possono favorire gli effetti flessionali e, pertanto, lo spessore del paletto deve essere proporzionato alla lunghezza.

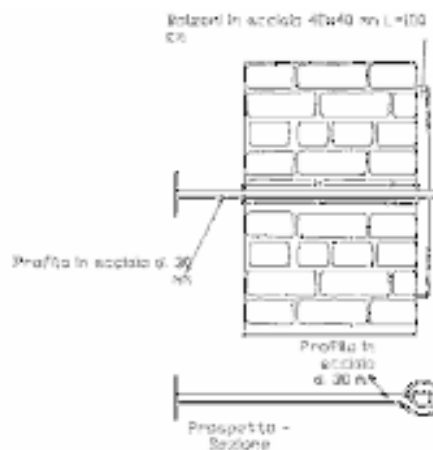
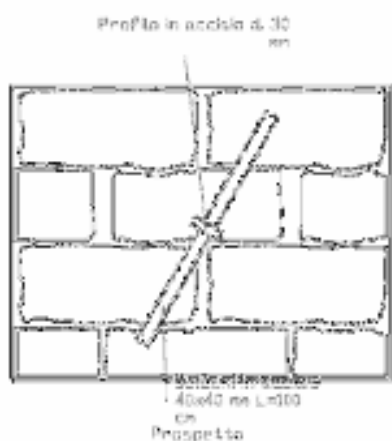
b) giunti di connessione: vengono adottati quando non sono disponibili barre di lunghezza particolare e possono essere del tipo a forchetta con spinotto, a manicotto a vite, a gabbia;

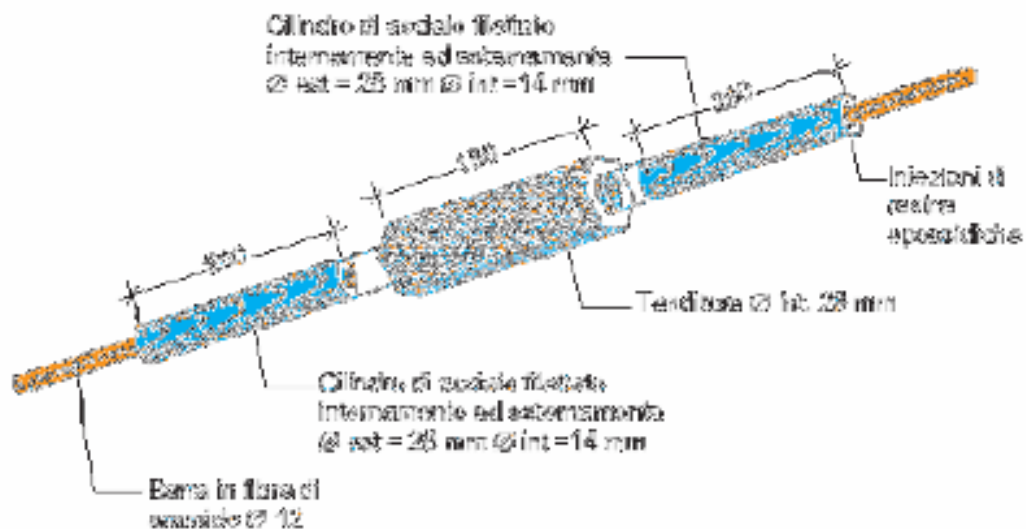
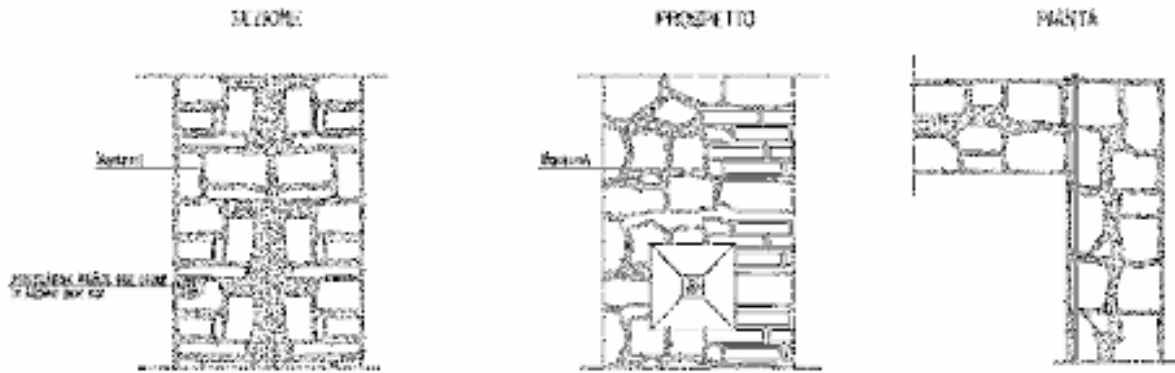
c) giunti di tensione del tipo a gabbia e a manicotto, a dado e vite impiegato per tiranti con organi di ritegno a piastra.

d) tiranti: possono essere realizzati da normali barre in acciaio per armatura, con profilati piatti o quadri, con trefoli in acciaio armonico.

Posa in opera:

Le catene più efficaci sono quelle poste non in asse con la muratura, libere di scorrere, disposte su una o due facce della muratura. Le catene con estremità filettate sono fissate alla piastra o bolzoni tramite dadi, in modo che il controllo dello stato di tensione della barra, eseguito con chiavi dinamometriche, consenta la stessa messa in tensione nel tirante; dopo tale operazione è necessario porre un controdado in modo da evitare possibili allentamenti della bullonatura; la saldatura del dado alla piastra o al bolzone è sconsigliabile in quanto impedisce possibili ritesature della catena (nel caso non siano presenti tenditori intermedi). In passato il tirante veniva riscaldato e bloccato alle estremità dal capochiave; la contrazione del medesimo per effetto del raffreddamento veniva impedita dalla presenza di strutture murarie e ciò lo poneva in trazione, esercitando sulla muratura azioni orizzontali di contrasto a quelle deformati.





SCHEDA 2 BETONCINO ARMATO

Principi funzionali di base La tecnica di consolidamento mediante intonaci armati consiste nel realizzare, in aderenza alla superficie del paramento murario, di solito quella esterna, una parete di materiale a base cementizia, armata con rete metallica e resa solidale alla stessa con barre ancorate nella muratura per almeno 2/3 dello spessore murario. In tale situazione la lastra fornisce un confinamento parziale alla dilatazione trasversale dei paramenti (spanciamento). Tale metodo d'intervento permette di aumentare la rigidità e la resistenza grazie all'apporto di un'ulteriore sezione resistente in c.a. La muratura non risulta sgravata dalle sollecitazioni di compressione in quanto, il betoncino è inizialmente scarico, la parete consolidata beneficia, infatti, dell'intervento solo nei riguardi d'eventuali incrementi di carico.

Campi d'applicazione

Tale tecnica d'intervento è molto usata in virtù della facilità di esecuzione, della possibilità di intervenire soltanto dall'esterno e della possibilità di un dimensionamento empirico ed intuitivo. In realtà l'intervento risulta incompatibile con i principi della conservazione per i seguenti motivi: – irreversibilità: è praticamente impossibile rimuovere la paretina in c.a. senza danneggiare completamente la muratura; – invasività: occulta i paramenti murari, modificando le forme e le dimensioni della costruzione; – incompatibilità: altera le proprietà fisiche – traspirabilità, permeabilità al vapore ed isolamento termico – e le caratteristiche di deformabilità delle parete. Inoltre l'intervento si mostra molto vulnerabile nei confronti di agenti ambientali, per la possibilità di corrosione dei connettori trasversali se non vengono posti in opera barre in acciaio inox e, della debolezza dell'ancoraggio. In relazione a tale aspetto viene, infatti, ricordato come l'efficacia dei connettori sia pressoché nulla se essi non siano passanti ed ancorati nella faccia opposta o con una piastra metallica. Di solito nella pratica i connettori sono stati semplicemente inseriti nei fori praticati nella muratura e raramente debolmente ancorati con malta cementizia. Quindi pur riconoscendone l'efficacia strutturale il suo impiego nell'edilizia storica deve essere comunque evitato. I possibili campi d'applicazione sono il consolidamento di singoli maschi murari, fortemente danneggiati, per i quali l'alternativa sarebbe la ricostruzione (tecnica, peraltro, non priva di contro-indicazioni per le ridistribuzioni di sollecitazioni

conseguenti). Nel caso d'interventi localizzati, va valutato l'incremento di rigidità dell'elemento consolidato rispetto a quelli originari adiacenti.

Di seguito sono indicate le fasi operative, da cui emerge la problematicità di una corretta esecuzione, peraltro imprescindibile per un buon esito dell'intervento

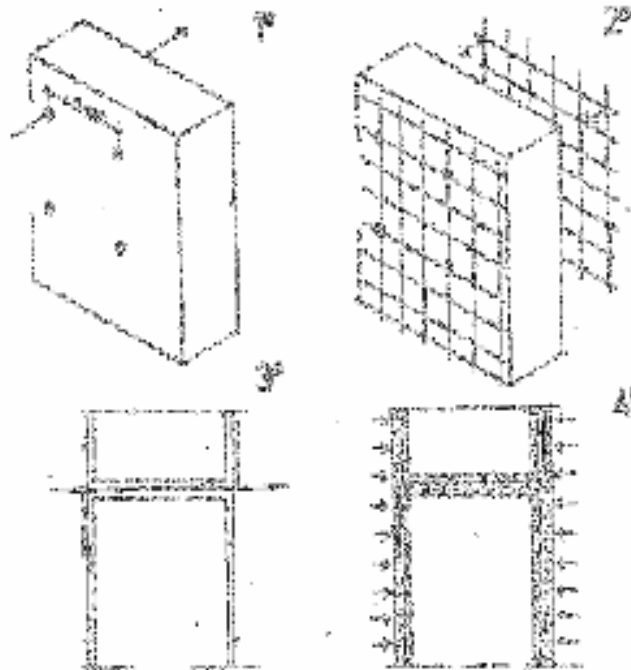
1 - Preparazione della parete: valgono essenzialmente le considerazioni già esposte per l'intervento di iniezioni di malta. In particolare è necessario, se presente, asportare l'intonaco e la messa a nudo della tessitura muraria, attraverso spazzolatura e lavaggio della muratura con getto d'acqua o aria a bassa pressione. Inoltre è necessario una stuccatura con malta cementizia a presa rapida di fessure e vuoti macroscopici. Nell'operazione di lavaggio la superficie della parete va portata a saturazione, in modo da evitare sottrazione d'acqua al materiale spruzzato che può pregiudicare la corretta presa

2. Perforazioni: la perforazione della muratura è da effettuarsi per mezzo di trapani o sonde a rotazione; i fori, distribuiti in modo uniforme sulla parete, devono creare una maglia regolare ed essere leggermente inclinati in modo da favorire il loro successivo riempimento con malta cementizia..

3. Inserimento di barre : generalmente vengono utilizzati tondini per c.a. ad aderenza migliorata del diametro variabile da 4 a 8 mm; essi vengono posizionati per battitura attraverso i giunti di malta, sfruttando eventualmente le lesioni presenti, oppure infilati in fori praticati appositamente che, successivamente possono anche essere sigillati con iniezione di malta. Per un corretto funzionamento i tondini di acciaio vengono saltati ovvero risvoltati al di sopra della rete in modo da migliorare il collegamento tra la lastra e la parete e l'ancoraggio nella muratura si spinge a circa 2/3 lo spessore della muratura. Il loro numero può variare a seconda dei casi e, di solito non scende al di sotto di due barre ogni m². E' opportuno realizzare anche connessioni tra le lastre e gli elementi trasversali di contorno (cordoli, fondazioni, etc.).

4. Posizionamento delle armature: in genere si usano delle reti elettrosaldate con barre di diametro di 3-6 mm con maglia 10x10 oppure 15x15 cm. La rete viene posizionata di solito sul lato esterno distanziata almeno di 1 cm dalla parete. Buona regola è di risvoltare di almeno 50 cm in corrispondenza delle intersezioni con murature ortogonali e prevedere delle zone di sovrapposizione delle reti elettrosaldate di almeno 20 cm. Posizionata la rete si piegano i tiranti ad uncino di 90°.

5. Esecuzione delle lastre: la posa in opera della miscela di legante è realizzata, previo accurato lavaggio e agnatura fino a saturazione della muratura, con procedure diverse in funzione dello spessore della lastra che si vuole applicare. Per spessori modesti (3÷5 cm) la paretina è realizzata spruzzando meccanicamente la malta cementizia ad alto contenuto di cemento (gunite), sulla rete in uno o più passaggi. Nel caso di paretine d'elevato spessore (6÷15 cm), peraltro da evitarsi, è necessario in la predisposizione di un'apposita cassetta per contenere il getto di calcestruzzo.



SCHEDA 3 - CERCHIATURE METALLICHE: colonne o pilastri

Principi funzionali di base

Le colonne in elementi lapidei e i pilastri in muratura sono elementi strutturali prevalentemente compressi. Poiché il collasso per compressione in un materiale fragile, sia esso un elemento lapideo o un materiale composito (muratura), avviene a seguito di deformazioni trasversali eccessive, l'intervento più efficace consiste nel contrastare tali dilatazioni attraverso una cerchiatura o fasciatura dell'elemento. La cerchiatura può essere realizzata con elementi metallici, eventualmente dotati di proprietà meccaniche speciali (*SMA-leghe a memoria di forma*), o da fasce di fibre di carbonio posti in opera in punti discreti del manufatto nelle zone dove più evidenti sono i fenomeni fessurativi e i rigonfiamenti. In genere le cerchiature metalliche vengono presollecitate al fine di fornire da subito un confinamento efficace all'elemento strutturale. Il recente impiego nel restauro statico dei materiali compositi ed in particolare delle fasce in fibra di carbonio, ha portato ad una loro applicazione anche nella cerchiatura delle colonne. In questo caso, tuttavia, non è possibile attribuire una presollecitazione.

Campi di applicazione

La cerchiatura, ancorché visibile e quindi in una certa misura invasiva per l'aspetto esteriore dell'elemento architettonico, rappresenta la migliore soluzione nel consolidamento di colonne e pilastri circolari soggetti ad incipiente collasso per schiacciamento, in quanto efficace dal punto di vista statico e reversibile sotto il profilo della conservazione. Tale soluzione diventa problematica in presenza di colonne o pilastri con sezione di altra forma; infatti, per una sezione quadrata o rettangolare si verifica una concentrazione di tensioni negli spigoli ed una debole efficacia nella parte centrale dei quattro lati. Una piccola smussatura può in parte risolvere questo tipo di problema a prezzo però, di una non completa reversibilità. Problemi analoghi possono anche nascere per colonne circolari con scanalature o nel caso di lacune o irregolarità di forma legate al degrado del tempo. In questi casi, la cerchiatura risulta essere efficace solo se realizzata con particolari accorgimenti.



SCHEDA 4 - FASCIATURA CON MATERIALI COMPOSITI

Principi funzionali di base

La tecnica consiste nell'incollare alla struttura, mediante resine epossidiche, delle fasce ad alta resistenza, composte da tessuti di fibre di materiale composito (carbonio, vetroresina) immerso in una matrice polimerica. La tecnologia di tali sistemi compositi, denominati FRP, è indicata per i rinforzi flessionali e di confinamento a compressione per elementi in calcestruzzo, legno e acciaio e per il rinforzo di pannelli e volte murarie. Essa è efficacemente utilizzata da alcuni anni per la conservazione e il recupero delle strutture di interesse storico – artistico in muratura. Le caratteristiche principali del sistema sono la resistenza meccanica e chimica, il peso e lo spessore limitati, la facilità e la duttilità di applicazione nei riguardi dell'adattamento a forme complesse e non perfettamente piane. I compositi, a parità di peso, forniscono prestazioni migliori dell'acciaio, adesione perfetta alle superfici e spessori ridotti che fanno sì che l'impatto visivo sia trascurabile. L'intervento, in ogni caso, è completamente reversibile in quanto le fasce sono semplicemente incollate alla superficie e possono essere rimosse in qualsiasi momento mediante un adeguato trattamento termico.

Campi di applicazione

Il campo di applicazione di questa tecnologia nei riguardi delle strutture in muratura, comprende:

- il confinamento degli elementi verticali compressi,
- il cerchiaggio di pareti murarie per evitarne il ribaltamento fuori dal piano;
- il rinforzo di volte.

L'utilizzo di materiali compositi con scopo di cerchiatura o confinamento consente l'efficace incremento sia del carico ultimo sia della duttilità e costituisce, pertanto, una valida alternativa all'utilizzo di cerchiature rigide. L'intervento di fasciatura a base di FRP, può essere utilizzato per il consolidamento di elementi verticali lapidei o in muratura (colonne, pilastri, ecc.), portanti o non portanti, soggetti a degradazioni di vario genere (fessurazioni, distacchi, ecc.). Tale intervento può risultare indicato anche qualora si debba realizzare un consolidamento preventivo (ad es. per un cambio di destinazione d'uso). La cerchiatura degli elementi verticali compressi, secondo i casi e le prescrizioni progettuali, può consistere nella fasciatura completa dei singoli elementi o in una fasciatura disposta secondo piani orizzontali. Un'applicazione particolare consiste nell'eseguire una fasciatura di pilastri in muratura esclusivamente nei giunti di malta, mediante l'utilizzo di un nastro di altezza molto ridotta. Una soluzione di questo tipo, inoltre, interessando una superficie molto ridotta rispetto a quella totale, non è eccessivamente invasiva per il manufatto e consente di mantenere sostanzialmente inalterato il suo aspetto. L'intervento di cerchiaggio con le fibre di composito, pur non aumentando sensibilmente la rigidità fuori dal piano delle murature, ha lo scopo di collegare efficacemente le murature ortogonali, "chiudendo" la scatola muraria. La tecnica consente di migliorare la risposta globale dell'edificio, conferendo, inoltre, una maggiore duttilità al sistema. La fasciatura con FRP può essere utilizzata anche per contrastare il collasso della parte alta dei cantonali prodotto dalla spinta dei puntoni dei tetti a padiglione. In questi casi, si osserva la rotazione di un cuneo delimitato da superfici di frattura che assumono inclinazioni diverse in relazione alla qualità del materiale e alla presenza di aperture. Per rendere efficace l'intervento, le fibre, devono essere prolungate oltre la linea di frattura fino a raggiungere una zona di muratura non interessata dal meccanismo utilizzando piastre di ancoraggio vincolate alla muratura. Le fibre in materiale composito possono, inoltre, essere utilizzate come intervento nei dissesti che interessano archi e volte, applicate sull'intera superficie o in corrispondenza dei punti critici che si evidenziano attraverso il rilievo o la previsione del quadro fessurativo associato al meccanismo di collasso esaminato. In tali elementi strutturali, le fibre posizionate all'intradosso, manifestano una limitata efficacia garantita solo dall'aderenza tra lo strato di resina e la superficie dell'elemento; si vengono a creare degli sforzi di trazione perpendicolari alle fibre (tiro a vuoto). Se l'applicazione viene effettuata all'estradosso, la tensione di trazione nelle fibre, provoca invece una tensione di compressione sulla volta. Per questo motivo si consiglia l'applicazione delle fibre all'estradosso degli archi e delle volte. Sulle volte a crociera i nastri di materiale composito possono essere posizionati all'estradosso degli archi di imposta della volta e eventualmente anche sulle nervature diagonali. In alcuni casi il semplice intervento di placcaggio con fibre, pur essendo poco invasivo e facilmente removibile, può essere tuttavia di scarsa efficacia. La fasciatura con fibre può quindi essere associata alla costruzione di un arco di rinforzo all'estradosso dell'esistente, posizionando le fibre tra la volta e il nuovo arco di rinforzo. La presenza dell'arco, oltre ad aumentare lo spessore in chiave, ha lo scopo di confinare la fibra obbligandola ad aderire all'estradosso della volta. Soluzioni analoghe ma relative all'applicazione intradosso, sono poco praticabili su edifici monumentali. L'intervento con le fibre sulle volte può essere associato alla sostituzione del rinfianco con frenelli di laterizio che, diminuiscono il peso gravante sulla volta. Se all'intervento con i frenelli si aggiungono le fibre di composito con un sistema di ancoraggio, si limitano le possibilità di attivazioni dei meccanismi di collasso più probabili.

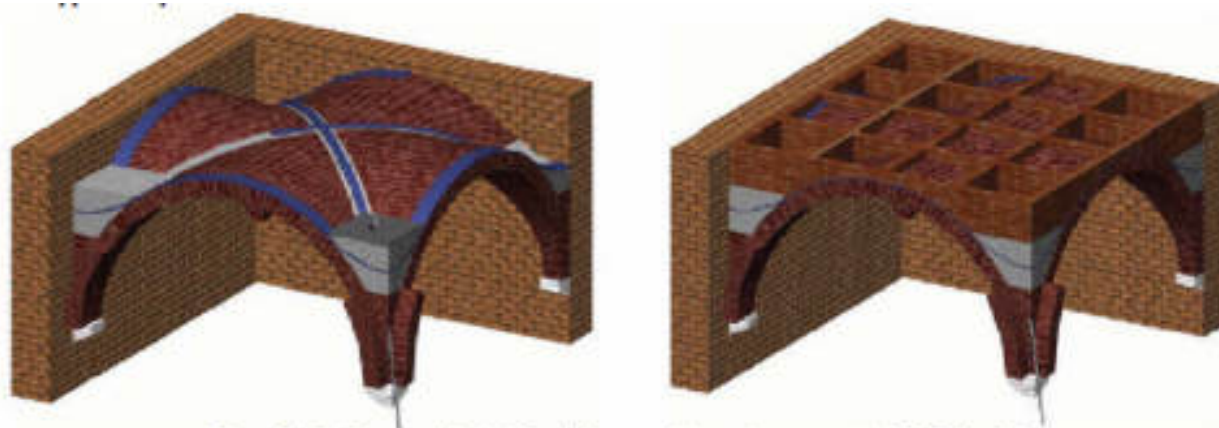
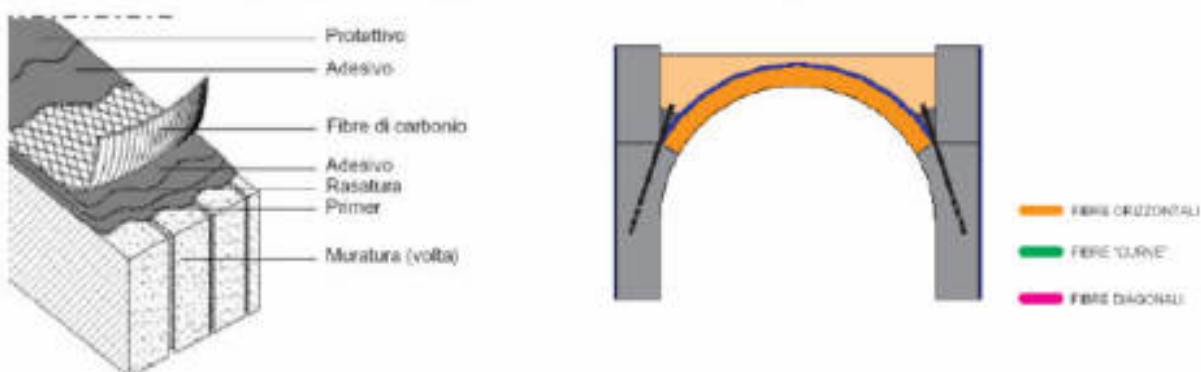


Figura B.10.1 - Esempi applicativi: Consolidamento volta a crociera con nastri in FRP e frenelli



SCHEDA 5 - CORDOLO DI SOMMITÀ

Principi funzionali di base

La tecnica consiste nella realizzazione nella sommità dell'edificio, lungo il perimetro delle pareti, di un elemento strutturale con funzione di cordolo di coronamento che può essere realizzato, in muratura armata, attraverso un cordolo reticolare piano metallico, in materiale composito, o in cemento armato. Le funzioni del cordolo sono quelle:

- di realizzare un collegamento continuo tra la struttura della copertura e i muri su cui questa insiste;
- di realizzare un'azione di contenimento delle spinte delle travi dei tetti sulle murature;
- di distribuire i carichi verticali in condizioni statiche;
- di collegare le murature ortogonali;
- di favorire il comportamento scatolare realizzando un collegamento tra le pareti murarie.

Inoltre, è un intervento consigliabile poiché se integrato con un'ideale controventatura delle falde, assicura una buona trasmissione di tutte le spinte orizzontali agli elementi di muratura resistenti.

Campi di applicazione

La vulnerabilità sismica degli edifici storici è significativamente condizionata dalla tipologia e dalla qualità delle connessioni tra i componenti dell'organismo edilizio stesso. Per limitare tale fonte di vulnerabilità è quindi possibile realizzare dei cordoli in sommità dell'opera. Questo intervento è quasi sempre attuabile e può essere utilizzato per contrastare l'azione di ribaltamento di pareti fuori dal loro piano, per contrastare meccanismi di danno riguardanti elementi di copertura e per creare un buon collegamento tra le pareti murarie dell'edificio favorendo il comportamento scatolare dell'edificio.

Cordolo in cemento armato.

Nella pratica spesso, come suggerito anche dalla precedente normativa, sono state previste cordolature di larghezza "pari a quella della muratura sottostante con una riduzione di larghezza fino a 6 cm per l'arretramento del filo esterno pari allo spessore della muratura" e altezza pari e/ o superiore allo spessore della muratura. In molti casi tale tecnica non è apparsa efficace come evidenziato dai dissesti rilevati dopo i recenti eventi sismici. Il cordolo in cemento armato consigliato deve essere eseguito per un'altezza non superiore al minore tra lo spessore della muratura e 40 cm, e deve essere eseguito per tutta la larghezza della muratura; in un'unica fase per tutta la falda o per cantieri alternati. Prima del getto devono essere posizionati gli elementi metallici di collegamento cordolo - struttura del coperto. Può essere realizzato con o senza lo smontaggio della copertura. Collegamenti:

