

# GLI SPECIALI DI

MAGAZINE

# UP!

PROGETTI | ARCHITETTURA | EDILIZIA

**BigMat**

**SPECIALE EDILIZIA  
SCOLASTICA ANTISISMICA**

Aprile 2018

**BigMat**  
HOME OF BUILDERS

[www.bigmat.it](http://www.bigmat.it)

f

You  
Tube

in





# SPECIALE EDILIZIA SCOLASTICA ANTISISMICA

**Approfondimento tecnico sulla riqualificazione delle scuole in chiave antisismica, le novità delle NTC 2018 e le ricadute sugli interventi di edilizia scolastica.**

a cura della **Redazione**

**L**a collana di Speciali tecnici BigMat prosegue il suo percorso di approfondimento tecnico affrontando il tema dell'adeguamento antisismico del patrimonio edilizio scolastico.

Le nuove Norme Tecniche delle Costruzioni 2018 hanno infatti ridefinito le norme e le procedure della progettazione, soprattutto per gli interventi su costruzioni esistenti, ponendo maggiore attenzione anche agli aspetti antisismici.

Le scuole italiane – luoghi deputati ad accogliere e proteggere bambini e ragazzi – sono spesso edifici datati e riconvertiti all'uso scolastico, che necessitano quindi di interventi mirati per garantire benessere e sicurezza. L'Ufficio Tecnico BigMat, con la collaborazione del gruppo editoriale Wolters Kluwer, illustra come misurare la vulnerabilità degli edifici e come intervenire con metodi di consolidamento per rendere sismo-resistenti le scuole italiane.

# EDIFICI SCOLASTICI: ADEGUAMENTO E MIGLIORAMENTO SISMICO CON LE NUOVE NTC 2018

**Approfondimento tecnico sulle novità in materia di edilizia antisismica scolastica.**

a cura di **Sara Frumento\***, **Wolters Kluwer**, Gruppo editoriale nel mercato dell'informazione, del software e della formazione professionale, in collaborazione con l'Ufficio Tecnico BigMat

**L'**uscita in G.U. dell'**Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni**, avvenuto il 20 febbraio 2018, rappresenta una **ridefinizione della progettazione**, in particolare quella rivolta alle **costruzioni esistenti**. L'approccio del tecnico all'intervento su un corpo di fabbrica, **frutto di trasformazioni, superfetazioni, ampliamenti e demolizioni**, è un'operazione tutt'altro che semplice. Riveste un'importanza fondamentale e cruciale l'**analisi conoscitiva** e il reperimento della documentazione corrispondente alle trasformazioni che ha subito l'organismo strutturale. Questa fase preliminare – tutt'altro che scontata – non sempre è percorribile, o meglio, non sempre vi è la disponibilità completa dei progetti originari.

Altro aspetto fondamentale è che le costruzioni su cui si interviene si differenziano a seconda del **grado di affollamento** e della rilevanza sociale che rivestono all'interno della comunità, e per questo motivo sia le NTC 2008 sia le nuove NTC 2018 definiscono la cosiddetta **classe d'uso** ( $C_u$ ) che incide sulla definizione del periodo di riferimento dell'azione sismica. Quattro sono le classi identificate dalle NTC:

- ▶ **Classe I:** costruzioni con **presenza occasionale** di persone, edifici agricoli;
- ▶ **Classe II:** costruzioni il cui uso prevede **normali affollamenti**, senza che vi siano contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali (ad esempio gli edifici abitativi);
- ▶ **Classe III:** costruzioni il cui uso prevede invece affollamenti significativi (ad esempio gli edifici scolastici);

- ▶ **Classe IV:** costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti ad esempio il Centro Operativo Comunale (COC) o un ospedale, ovvero fabbricati che durante l'emergenza sismica devono continuare a garantire la propria operatività.

Nella **classe III** rientrano gli **edifici scolastici** che hanno un carattere rilevante, in virtù della funzione sociale che rivestono. Queste strutture sono soggette a un **elevato grado di affollamento in condizioni sia ordinarie sia di emergenza**, in quanto presentano locali idonei a ospitare un elevato numero di persone (ad esempio le palestre).

Il termine affollamento è quindi direttamente correlato a un altro vocabolo fondamentale, utile alla definizione del rischio sismico, ovvero l'**esposizione** che rappresenta **l'entità di soggetti e/o cose che possono essere coinvolte durante un evento sismico**. Per sua definizione la scuola deve essere un ambiente sicuro, il che significa che la salvaguardia della vita dei suoi occupanti deve essere tutelata. L'attenzione per l'edilizia scolastica, in particolare per la corrispondente risposta sismica, nasce a seguito del terremoto di San Giuliano di Puglia (CB) nel 2002, a cui seguì l'**O.P.C.M. 3274/2003** e il **D.C.D.P.C. 3685/2003**. In quest'ultimo documento vi fu per la prima volta la definizione di edificio ritenuto rilevante, strategico e ordinario, a cui appunto corrispondeva un diverso utilizzo. Le successive NTC, comprese quelle appena pubblicate, mantengono tale distinzione in virtù dell'importanza che riveste il corpo di fabbrica.

Attraverso l'O.P.C.M. 3274/2003 si è avviata la valutazione circa la vulnerabilità sismica di questi edifici e, a cinque anni dalla sua entrata in vigore, le Amministrazioni proprietarie dei plessi avrebbero dovuto fornire un elenco circa gli indici di vulnerabilità corrispondenti a ciascun edificio, al fine di stabilire una priorità di intervento. **La valutazione di vulnerabilità di un edificio scolastico è diventato a tutti gli effetti un elemento per accedere agli eventuali fondi che lo Stato mette a disposizione per la mitigazione del rischio sismico attraverso interventi strutturali e non strutturali (attuale Legge di bilancio)**. È fondamentale quest'ultimo aspetto **strutturale e non strutturale**

\* Sara Frumento è ingegnere civile strutturista e dottore di Ricerca in Ingegneria Strutturale e Geotecnica presso l'Università degli Studi di Genova. Dopo il dottorato ha collaborato con la Fondazione Eucentre di Pavia nell'area di ricerca "Muratura e Monumenti". È stata coautrice dei volumi *Analisi sismica delle strutture murarie e Interpretation of experimental shear test of clay brick masonry walls and evaluation of q-factor for seismic design*. Oggi esercita la libera professione e dal 2016 è tecnico rilevatore per l'agibilità post sismica degli edifici ordinari e consigliere del direttivo nazionale di SIGEA. Per Wolters Kluwer è autrice del volume *Il rischio idrogeologico in Italia. Guida pratica – Cause del dissesto – Strumenti e tipologie di intervento e dell'ebook Terremoti e agibilità delle costruzioni postsisma*. Dal 2014 collabora con le riviste web [ingegneri.info](http://ingegneri.info), [geometra.info](http://geometra.info) e [architetto.info](http://architetto.info).

Tabella 1 – Elaborazione Legambiente su dati Anagrafe Scolastica – Miur (XVIII Rapporto Legambiente, 2017)

Dati anagrafe scolastica – Edifici in Zona sismica 1 e 2 progettati o adeguati a normativa antisismica			
	Edifici in Zona 1 e 2	Zona 1	Zona 2
Edifici progettati o successivamente adeguati a normativa tecnica di costruzione antisismica	1.859 (12%)	340 (13,5%)	1.519 (12,1%)
Edifici non adeguati alla normativa antisismica	13.054 (86,7%)	2.109 (83,9%)	10.945 (87,3%)
Informazione assente	142 (1,0)	65 (2,6%)	77 (0,6%)
<b>Totali</b>	<b>15.055</b>	<b>2.514</b>	<b>12.541</b>

poiché, per far sì che l'edificio sia ritenuto agibile e quindi fruibile dopo un evento sismico, i danni subiti devono essere contenuti nonché facilmente e velocemente ripristinabili, al fine di raggiungere in breve tempo la quotidianità di utilizzo dello stabile. Ciò implica che gli **elementi strutturali abbiano mantenuto la loro efficacia**, ma al contempo che i componenti cosiddetti secondari (ad esempio gli impianti) possano **tornare operativi dopo un breve periodo di inefficienza**.

Negli edifici scolastici, l'attenzione è rivolta anche al **comportamento della costruzione** sia durante l'azione sismica sia in condizioni statiche ordinarie: la salvaguardia della vita umana deve essere garantita, pertanto non devono essere ammessi **comportamenti secondari dettati dal comportamento locale degli elementi portanti** (sfondellamento dei solai o comportamento fuori piano delle pareti murarie portanti) o **non portanti** (distacco delle tamponature dallo scheletro in calcestruzzo armato e loro eventuale comportamento fuori piano).

### VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI SCOLASTICI ESISTENTI

Le nuove NTC 2018 definiscono al § 8.3 "Valutazione della sicurezza" un procedimento quantitativo, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. "L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali. La valutazione della sicurezza, argomentata con apposita relazione, deve permettere di stabilire se:

- ▶ l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
  - ▶ l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
  - ▶ sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.
- La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:
- ▶ riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione;
  - ▶ danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;

- ▶ provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- ▶ cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;
- ▶ esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;
- ▶ ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4;
- ▶ opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione".

Molto spesso accade che, **gli edifici scolastici siano strutture o corpi di fabbrica non nati per quella specifica funzione**, ma siano frutto di trasformazioni edilizie che ne abbiano, nel corso della loro vita costruttiva, **modificato la destinazione d'uso**. Tale aspetto si riflette sulla **valutazione dei carichi di esercizio della costruzione**, basti pensare che il carico variabile riferito ad un solaio di piano muta la sua intensità in funzione dell'ambiente che deve ospitare come si vede in Tabella 2.

Tabella 2 – Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni (Tabella 3.1.II – NTC 2018)

Cat.	Ambiente	q <sub>k</sub> [kN/mq]
A	Aree residenziali	2.00
B	Scale comuni	4.00
C1	Locali scolastici	3.00
C2	Aule universitarie ed aule magne	4.00
C4	Palestre e biblioteche	5.00

Tale osservazione si ripercuote sulla **portanza dell'orizzontamento** che a seconda dei casi vede raddoppiare il **carico variabile di esercizio**, implicando un **incremento di deformazione** e quindi un aumento della freccia di calcolo.

A questo aspetto di natura strutturale si può aggiungere la **tecnologia costruttiva del solaio** che può a suo modo accentuare tale comportamento esibendo **fenomeni di sofferenza all'estradosso con**

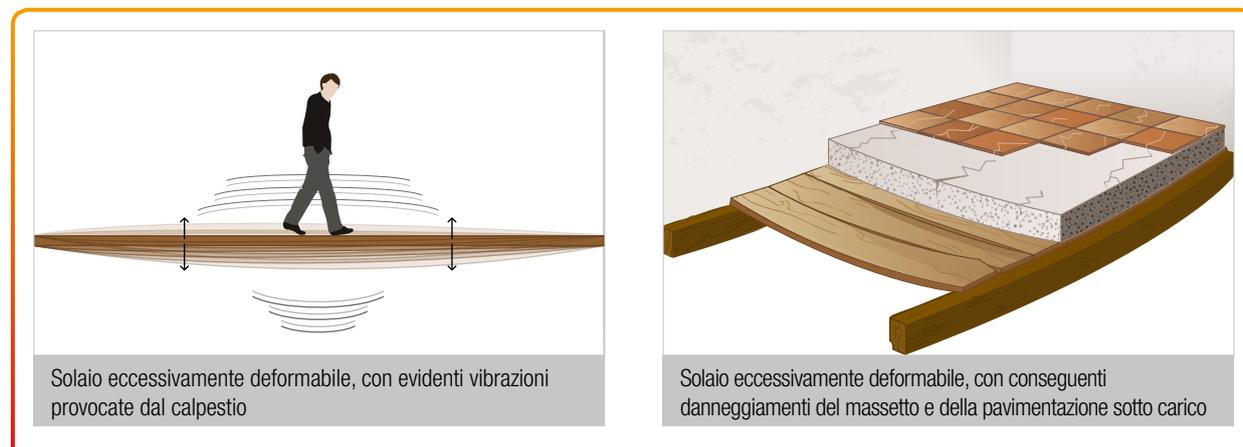


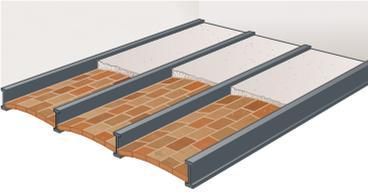
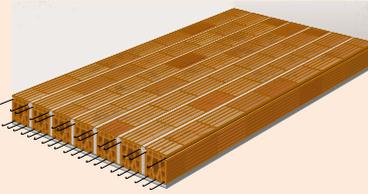
Figura 1 – Solaio ligneo deformabile (Guida tecnica per il recupero statico e la riqualificazione dei divisori orizzontali nel patrimonio edilizio esistente, 2017 – Leca)

## cavillature nella pavimentazione e una concavità accentuata del piano di calpestio (Figura 1).

Vi sono diverse tipologie di solaio, ricorrenti nelle strutture scolastiche a cui può essere attribuito un comportamento più o meno flessibile. In

Tabella 3 sono riportate le **tecnologie costruttive ricorrenti** e la corrispondente descrizione. Il **comportamento rigido dell'impalcato** è un comportamento a cui si deve mirare nel caso, ad esempio, di intervento di miglioramento sismico, in quanto una rigidità tendente all'infinito

Tabella 3 – Tipologie di solaio (Guida tecnica per il recupero statico e la riqualificazione dei divisori orizzontali nel patrimonio edilizio esistente, 2017 – Leca)

Tipologia solaio	Descrizione
<p><b>Solaio ligneo</b></p>  <p>Solaio a semplice orditura con assito in legno</p>	<p>Ha un <b>comportamento flessibile</b>. È una prima tecnologia di solaio che copre modeste luci. Trasformandolo in <b>doppia orditura</b> si riesce a raggiungere una <b>maggiore rigidità</b>.</p>
<p><b>Solaio "putrelle e voltini"</b></p>  <p>Voltine a estradosso curvo</p>	<p>Ha un <b>comportamento semirigido</b>, nel caso non sia presente la soletta di ripartizione superiore. L'<b>intradosso può essere piano e curvo</b>. Si riscontrano negli edifici storici talvolta ridestinati a strutture scolastiche.</p>
<p><b>Solaio tipo SAP</b></p>  <p>Solatio tipo SAP</p>	<p><b>Comportamento semirigido</b>, in quanto molti di questi solai sono provvisti di <b>soletta di ripartizione</b>. I solai SAP (<b>Senza Armatura Provvisoria</b>), sono un tipo di solaio storico introdotto in Italia intorno al 1930 e utilizzato sino agli anni '60.</p>
<p><b>Superfici voltate</b></p>  <p>Solaio a volte</p>	<p>È la <b>prima tipologia di orizzontamento impiegata</b> ed è ricorrente nei palazzi nobiliari (ville) o ex edifici ecclesiastici ridestinati poi a uso scolastico. A questa tipologia si accompagnano <b>altezze notevoli di interpiano</b>.</p>

consente una redistribuzione delle azioni orizzontali proporzionale alla rigidità degli elementi.

Laddove siano presenti **elementi in laterizio** non è da escludere il fenomeno dello **sfondellamento**, che si manifesta attraverso il distacco, con conseguente caduta, di parti dell'intonaco normalmente posto all'intradosso dei solai stessi, nonché del fondo delle cosiddette "pignatte" o "fondello", da cui deriva appunto il termine "sfondellamento". Le cause di questo fenomeno sono molteplici, principalmente legate a errori di progettazione o di esecuzione, in particolare si rileva:

- ▶ errato disegno delle pignatte;
- ▶ difetti di progettazione strutturale;
- ▶ cattivo riempimento di calcestruzzo dei travetti.

Sempre relativamente ai solai in laterocemento è possibile riscontrare il fenomeno dell'**ossidazione delle armature metalliche**, ascrivibile alle seguenti cause:

- ▶ qualità dei materiali non sempre adeguata, ad esempio una non elevata resistenza e consistenza del calcestruzzo;
- ▶ scadente messa in opera dei materiali, acciaio e calcestruzzo, nelle strutture "gettate" in opera;
- ▶ tassi di lavoro molto alti nell'acciaio teso, con conseguente creazione di stati di fessurazione nel calcestruzzo.

In queste condizioni l'armatura può essere facilmente aggredita dall'ossigeno, ciò implica un **processo di ossidazione** che si manifesta attraverso un **sensibile aumento di volume**, determinando le **condizioni perché "salti" il copriferro di calcestruzzo**. Nei solai gettati in opera a causa della stretta unione formatasi tra l'intradosso del travetto di nervatura e l'intradosso del blocco di laterizio (per la presenza

della continuità formata dalle alette del blocco stesso o dall'intonaco), tale stato tensionale si trasferisce anche all'elemento di laterizio con conseguente **rischio di distacco del fondello**.

Nei fabbricati dove il fenomeno si è verificato è necessario intervenire per la messa in sicurezza dei locali, in quanto la caduta di intonaci ed elementi in laterizio può consistere, mediamente, in **carichi di 20-40 kg/mq** e costituire pertanto un serio pericolo per gli utenti dei locali scolastici. Per risolvere il fenomeno **Knauf** ha messo a punto una serie di **soluzioni che evitano la totale rimozione dell'intonaco e del fondo delle pignatte del solaio** con notevole risparmio economico e di tempo riducendo al minimo i disagi, oltre a garantire resistenza al fuoco e ottime proprietà acustiche.

Per quanto concerne, invece, le **strutture portanti verticali** è opportuno eseguire una distinzione in virtù della **tecnologia costruttiva**, ovvero tra:

- ▶ **calcestruzzo armato** (esempio in Figura 2): questa tipologia si ritrova negli edifici scolastici costruiti a partire dagli anni '60, datazione fondamentale alla luce dei particolari costruttivi che ne derivano: in linea generale i **nodi interni**, confinati da travi o solai su tutte e quattro le facce verticali, non presentano elementi di criticità. I **nodi esterni**, e in particolare quelli di realizzazione precedente all'introduzione delle moderne normative sismiche, rappresentano al contrario **elementi critici per la risposta dell'edificio**. I **pannelli di tamponatura esterna**, inoltre, possono avere un ruolo rilevante, positivo o negativo, nel condizionare la risposta di una struttura intelaiata in cemento armato. Generalmente il ruolo è positivo se la distribuzione dei pannelli



Figura 2 – Schematizzazione edificio c.a. (fonte Mapei)



Figura 3 – Schematizzazione edificio in muratura (fonte Mapei)

è tale da irrigidire e rinforzare in modo uniforme la struttura, negativo nel caso di distribuzione irregolare. Una tale distribuzione irregolare si può verificare anche a seguito della risposta stessa, se i danni prodotti dall'azione sismica sono tali da eliminare, ad esempio, un intero livello di tamponature configurando un piano debole (CNR DT 212/2013);

► **muratura** (esempio in Figura 3): questa tecnologia costruttiva apparentemente semplice è molto difficile da qualificare, in quanto si presta a **interventi localizzati**, quali aperture e ridistribuzioni, che ne modificano **le rigidità nonché la risposta statica e sismica**. La muratura può corrispondere a **diverse tessiture**, che possono accentuare o meno il comportamento non monolitico della parete: un paramento murario regolare sia nel paramento sia nello spessore (presenza di conci trasversali di dimensioni paragonabili allo spessore murario) è fonte di garanzia, al contrario **un paramento non uniforme** è probabilmente più soggetto alla **separazione dei paramenti costituenti**, il che porta alla risposta locale fuori piano in caso di azione orizzontale agente. Vi sono altri due aspetti fondamentali che governano la risposta di un edificio in muratura:

- **l'ammorsamento tra i maschi murari**: la mancanza di questo elemento non consente di attribuire alla costruzione il cosiddetto comportamento scatolare, il quale chiama in causa la collaborazione di tutto il corpo di fabbrica escludendo di fatto i cosiddetti meccanismi locali;
- **l'appoggio degli orizzontamenti sulla parete portante**: l'azione trasmessa dall'impalcato agli elementi portanti può essere oggetto di spinte fuori piano, nel caso di tetti a falde o superfici voltate.

In generale, per le diverse tecnologie costruttive vale il principio di eliminare le risposte locali dei singoli elementi strutturali costituenti, a

favore di un comportamento globale dove la struttura riesce a sfruttare al meglio tutte le sue risorse di resistenza e duttilità. Per questa ragione gli interventi che sono proposti dai marchi partner BigMat sono atti a **sfruttare al meglio le risorse meccaniche a favore di un comportamento duttile e di insieme**, prestando particolare attenzione al **connubio statico e sismico**. Al fine di definire, da un lato **le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo** e dall'altro definire la **stratigrafia muraria nello spessore della parete portante**, è utile – come suggerito nella procedura delle NTC – provvedere a svolgere dei saggi volti a verificare le suddette caratterizzazioni. In particolare, la Circolare n. 617/2009 esplicativa della NTC 2008 indica il prelievo di **carote di calcestruzzo**, attraverso opportune operazioni di carotaggio.

## ADEGUAMENTO E MIGLIORAMENTO SISMICO: NTC 2008 VS NTC 2018

Un edificio scolastico deve essere adeguato dal punto di vista sia statico, ovviamente, ma anche sismico. Ciò significa che, come da concetto già presente nelle precedenti NTC 2008, la semplice **verifica ai carichi verticali non può in alcun modo considerarsi esaustiva**. Occorre realizzare e consolidare gli edifici esistenti a favore di un **comportamento altamente prestazionale** che scongiuri i meccanismi fragili e i comportamenti fuori piano, sia degli elementi portanti sia di quelli ritenuti secondari.

La novità introdotta dalle NTC 2018 consiste nella definizione di un **parametro  $\zeta_E$ , che quantifica il livello di sicurezza raggiunto attraverso il rapporto tra l'accelerazione massima sopportabile dalla costruzione e l'azione sismica di progetto per una nuova**

## IL CAROTAGGIO

**BigMat** tra i suoi prodotti propone la gamma di **sistemi di carotaggio elettrico** marchiati **Tyrolit**, l'azienda leader a livello mondiale nel settore degli utensili abrasivi, diamantati e delle attrezzature per il taglio e la perforazione nella demolizione controllata in edilizia. I sistemi proposti da Tyrolit possiedono elevate caratteristiche di efficienza, affidabilità e convenienza, grazie all'ottimo rapporto qualità-prezzo, sono facili da usare e sono utilizzabili in diverse combinazioni, grazie a una vasta gamma di accessori e complementi. La gamma dei sistemi di carotaggio ad alimentazione elettrica è composta da prodotti per applicazioni a secco, umido e secco-umido. Sono disponibili in due diverse linee di prodotto e arricchiti da appositi accessori coordinati:

- linea **STANDARD**, adatta all'uso quotidiano, è affidabile e sicura e con potenza convincente;
- linea **PREMIUM**, dalle elevate prestazioni e alta potenza, con performance superiori di oltre il 40%.

Ampio il range di impiego: in modalità CDL (Core Drill Low Power) la potenza motrice è fino a 3kW per calcestruzzo con abrasività da bassa a media, mentre in CDM (Core Drill Medium Power) par-

te da 3 kW per caratteristiche del calcestruzzo con abrasività da media ad alta. Il sistema di carotaggio a secco manuale elettrico DME18SDP (potenza da 2.000 W, carotaggio da 30 a 162 mm) è compatto, permette un lavoro efficiente e prolungato ed è pulito, grazie a un adattatore per l'aspirazione della polvere che collega l'utensile diamantato alla macchina di carotaggio, con aspiratore coordinato su richiesta.



Tabella 4 – Casi di adeguamento sismico sugli edifici esistenti ai sensi delle NTC 2018

Adeguamento	$\zeta_E$	Obblighi
a) Sopraelevare la costruzione	$\zeta_E \geq 1,0$	Verifica dei comportamenti locali a seguito del riscontro delle vulnerabilità. Verifiche dell'intera struttura pre-intervento. Verifiche dell'intera struttura post-intervento.  Non rientra in questa tipologia di intervento la sola realizzazione del cordolo sommitale.
b) Ampliamento attraverso opere strutturalmente connesse all'esistente	$\zeta_E \geq 1,0$	
c) Cambi di destinazione d'uso che comportano incrementi di carico verticali in fondazione superiore al 10%	$\zeta_E \geq 0,80$	
d) Interventi strutturali di trasformazione della costruzione originaria	$\zeta_E \geq 1,0$	
e) Interventi strutturali di trasformazione della costruzione originaria che comportino il passaggio in classe III o IV	$\zeta_E \geq 0,80$	

Tabella 5 – Casi di miglioramento sismico sugli edifici esistenti ai sensi delle NTC 2018

Miglioramento	$\zeta_E$	Obblighi
Combinazione sismica	$\zeta_E < 1,0$	La valutazione della sicurezza e il progetto deve riguardare l'organismo strutturale che è interessato dall'intervento di miglioramento, confrontandosi sempre con lo stato di fatto.
Classe III e IV	$\zeta_E \geq 0,6$	
Classe I e II	$\zeta_E \geq 0,1$	
Inserimento di sistemi di isolamento	$\zeta_E \geq 1,0$	

**costruzione.** Il coefficiente  $\zeta_E$  è un elemento utile alla distinzione tra un intervento di adeguamento anziché di miglioramento. Nelle Tabelle 4 e 5 sono riportate rispettivamente le casistiche che distinguono i due tipi di intervento globale eseguibili su una costruzione esistente.

Alla luce di questa classificazione è possibile asserire che gli **interventi di miglioramento** corrispondono all'**incremento delle prestazioni strutturali in termini di resistenza e duttilità**, espresse attraverso il rapporto tra la capacità e la domanda, a loro volta definiti attraverso le corrispondenti accelerazioni. Gli **interventi di adeguamento**, invece, rappresentano una **trasformazione strutturale della costruzione**.

### METODI DI CONSOLIDAMENTO DEL COSTRUITO ESISTENTE

Alla luce delle vulnerabilità riscontrate negli edifici scolastici, è possibile suddividere gli interventi di consolidamento mediante gli elementi costituenti il corpo di fabbrica. **L'obiettivo, nel caso di miglioramento sismico è incrementare almeno del 60% la prestazione sismica della struttura;** il primo passo consiste nell'**eliminazione dei comportamenti locali**, ovvero delle risposte governate dal comportamento di un singolo elemento rispetto all'intero organismo strutturale. Passo successivo l'**analisi delle strutture portanti orizzontali** a cui conferire una maggiore capacità portante e al contempo una maggiore rigidità, volta a una migliore distribuzione dell'azione sismica. Ultimo passo, relativo alla sovrastruttura, fare in modo che le **sollecitazioni**

**trasmesse dagli elementi orizzontali siano opportunamente assorbite dagli elementi verticali**, rispettando nel caso del calcestruzzo armato il criterio di gerarchie delle resistenze, mentre per la muratura non comportino spinte fuori piano ma siano opportunamente distribuite tra i maschi murari, senza che questi esibiscano rotture di tipo fragile (danneggiamento a taglio).



Tirante metallico e piastra di ancoraggio sulla facciata di un vecchio edificio in muratura

## INTERVENTI VOLTI ALL'ELIMINAZIONE DEI COMPORTAMENTI LOCALI

### EDIFICI SCOLASTICI IN CALCESTRUZZO ARMATO

#### 1 Distacco delle tamponature dal telaio in calcestruzzo armato: come evitare un possibile ribaltamento e/o crollo della tamponatura



Rimozione della pittura dal supporto



Applicazione del primo strato di MapeWrap EQ Adhesive



Applicazione di MapeWrap EQ Net (risolto in orizzontale e sovrapposizioni laterali di almeno 10 cm)



Applicazione del secondo strato di MapeWrap EQ Adhesive

**MapeWrap EQ System** è un sistema innovativo che si presenta sottoforma di "seismic wallpaper", una sorta di "carta da parati antisismica" che permette di aumentare il tempo di evacuazione degli edifici in caso di sisma. Rappresenta un "air-bag" per le partizioni secondarie (ad esempio tamponamenti), sia interne sia esterne, evitandone il collasso o il ribaltamento fuori dal piano durante un evento sismico.

#### 2 Soluzione antisfondellamento



I controsoffitti Knauf sono i primi in Italia a essere certificati quali idonei a resistere alle sollecitazioni sismiche. Appartengono al sistema a secco Knauf diverse tipologie di controsoffitti in funzione delle esigenze prestazionali, in grado di soddisfare sia le esigenze estetiche sia quelle prestazionali in termini di correzione acustica, protezione dal fuoco, isolamento termico e sicurezza. Il **Sistema Antisfondellamento Knauf** prevede due soluzioni: D 111 in aderenza e D 112 ribassato; entrambe possono essere realizzate con Lastra Diamant o con Lastra Forata Cleano al fine di migliorare le prestazioni acustiche del solaio. Al fine di garantire la resistenza meccanica Knauf propone nel suo sistema antisfondellamento:

- il profilo metallico GRATEX che presenta un'anima più larga rispetto alle orditure tradizionali con il vantaggio di una migliore aderenza con i pannelli di rivestimento e di facilitare l'avvitamento delle lastre;
- il Pendino Knauf Nonius costituito da tre elementi: gancio, doppio coppiglio e un pendino rigido. Provvisto di microforatura a passo differenziato sul pendino e sul gancio, consente una perfetta regolazione tramite il doppio coppiglio per una maggiore precisione nel montaggio.

Altra proposta è la soluzione realizzata da Saint-Gobain Weber, di documentata efficacia mediante test di carico.

La soluzione è composta da una rete strutturale in fibra di vetro **webertec rete 250/A**, da disporre nell'intradosso del solaio laterocemento, opportunamente fissata ai travetti con **webertec tassello8** (tassello universale in nylon con vite in acciaio zincato) e **webertec flangia60** (testa maggiorata per il sostegno della rete strutturale). La rete è opportunamente raccordata alle murature mediante **webertec angolare** in acciaio zincato. L'intervento termina con l'applicazione dell'intonaco a base di calce idraulica **webertec BTcalceG** di classe M15.



**EDIFICI SCOLASTICI IN MURATURA**

**1** Pareti portanti ortogonali non ammortate: presenza di fessura verticale che scandisce la sconnessione tra le murature (cantionali e a martello)



La soluzione proposta da **Kerakoll**, idonea per murature aventi una tessitura sia regolare (ad esempio muratura in mattoni e in malta di calce) sia irregolare (ad esempio muratura in pietrame disordinato), consiste nell'inserimento a secco di barre elicoidali in acciaio inox **Steel DryFix 8-10-12** nel primo caso, oppure, nel caso di murature di pietrame, di diatoni artificiali realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza **GeoSteel G** e iniettati mediante malta a base di calce idraulica naturale a elevata fluidità **GeoCalce FL Antisismico**.

Tali diatoni possono essere altresì estesi a formare sulla parete muraria un vero e proprio reticolo di rinforzo mascherato nei giunti fra una pietra e l'altra. Nel caso di murature faccia a vista, si possono utilizzare le barre elicoidali in acciaio inox **Steel HeliBar 6**, installate nei giunti di malta e ancorate al supporto mediante malta di calce idraulica naturale **GeoCalce F Antisismico**.

I sistemi di rinforzo Kerakoll sono marcati CE, dotati di benessere tecnico europeo ETA o di certificazione internazionale di comprovata validità.

**2** Cordoli di piano eseguiti non in breccia o confinamento perimetrale al fine di cerchiare e conferire un comportamento scatolare e ripristino della connessione muraria

Per evitare il ribaltamento dei maschi murari e conferire un miglior comportamento alla struttura possono essere usati materiali compositi fibrorinforzati di varia tipologia.

**Mapei**, ad esempio, propone i sistemi FRP dotati di certificazione CIT, costituiti da tessuti in fibra di carbonio vetro o basalto, come **MapeWrap C UNI-AX**, da applicare con resine epossidiche dopo una prima rasatura di preparazione e regolarizzazione del supporto murario con malta bicomponente fibrorinforzata a elevata duttilità come **Planitop HDM Maxi**.

La fasciatura viene successivamente presidiata tramite fiocchi di ancoraggio sempre in FRP unidirezionali in fibra di carbonio (**MapeWrap C Fiocco**), vetro (**MapeWrap G Fiocco**) o basalto (**MapeWrap B Fiocco**) disponibili in differenti diametri per soddisfare le diverse esigenze in cantiere.



Per creare il corretto ammortamento tra murature ortogonali ed evitare meccanismi di ribaltamento locale, Mapei propone l'esecuzione di cuciture armate con speciali tubi pultrusi in FRP in fibra di carbonio ad alta resistenza **Carbotube**, innestati nella muratura e iniettati con boiaccia super fluida specifica per il consolidamento delle murature **Mape-Antique I-15**. L'utilizzo di tubi in carbonio permette di aumentare la durabilità dell'intervento, in quanto non sono soggetti a corrosione e dotati di elevata resistenza a trazione e a fatica. La leggerezza del materiale permette la messa in opera in tempi ridotti e senza l'ausilio di particolari attrezzature.

All'interno della gamma di materiali compositi, **Kerakoll** si distingue per gli innovativi sistemi FRCM-SRG costituiti da tessuti unidirezionali in fibre d'acciaio galvanizzato ad alta resistenza **GeoSteel G600/G1200** o reti bilanciate in basalto o vetro **GeoSteel Grid 200** e **Rinforzo ARV 100** in abbinamento con malta a base di calce idraulica naturale NHL, **GeoCalce F Antisismico**.

Tali tessuti hanno il vantaggio di non dover essere impregnati ma vengono semplicemente inglobati nella matrice per l'adesione al supporto. Il loro impiego contrasta l'instaurarsi di meccanismi locali di ribaltamento di maschi murari e permette la realizzazione sia di fasce di piano sia di cordoli sommitali sostitutivi al classico cordolo in c.a. rigido e pesante, creando il comportamento scatolare del manufatto, il tutto senza aggravio di peso e con materiali compatibili dal punto di vista chimico-fisico con la muratura esistente (ideale nel caso di edifici soggetti a tutela). Inoltre, i tessuti **GeoSteel G** sono facili da dimensionare nella larghezza delle fasce (anche fino a pochi centimetri) e sono semplici da sagomare e piegare consentendo un raggio di curvatura fino a 20 mm. Utilizzando lo stesso tessuto è possibile realizzare diatoni di collegamento tra maschi murari non ammortati. In funzione della resistenza di collegamento al quale sarà sottoposto il connettore e, quindi, in base al numero di trefoli minimi necessari, sarà



sufficiente prelevare dal tessuto una fascia della larghezza utile a contenere il numero di trefoli. La fascia viene arrotolata su sé stessa e quindi inserita direttamente nella muratura, ad esempio all'incrocio tra le fasce orizzontali e verticali, in fori già predisposti e successivamente viene fatta una iniezione di **GeoCalce FL Antisismico**. Mediante l'apposito **Iniettore&Connettore GeoSteel** i trefoli possono essere piegati di 90 gradi su una o entrambe le estremità del muro e, successivamente, inglobati nella matrice minerale del rinforzo realizzando così un collegamento in acciaio semplice ma estremamente efficace.

## INTERVENTI SUGLI ELEMENTI ORIZZONTALI

### EDIFICI SCOLASTICI IN CALCESTRUZZO ARMATO

#### 1 Rinforzo a flessione delle travi con gli FRP



Per il rinforzo a flessione delle strutture in calcestruzzo, acciaio, legno e muratura, **Sika** propone il sistema **CarboDur** con materiale composito a matrice polimerica rinforzato con fibra di carbonio (CRFP – Carbon Fibre Reinforced Plymer). Tale sistema è costituito da lamine e barre Sika CarboDur CFRP e dagli adesivi strutturali Sikadur-30 e Sikadur-30 LP a base di resina epossidica. L'applicazione è semplice e si possono effettuare sia applicazioni sulla superficie esterna sia all'interno di scanalature con tecnica NSM (Near Surface Mounted). Questi materiali vengono usati per il rinforzo a flessione di elementi edifici soggetti a carico dinamico e statico con momenti sia negativi sia positivi.

#### 2 Rinforzi a taglio delle travi

Il rinforzo a taglio è necessario nel caso di elementi strutturali per i quali il taglio sollecitante sia superiore alla corrispondente resistenza di calcolo, che deve essere determinata considerando i contributi del calcestruzzo e dell'eventuale armatura trasversale presente. Tra le possibilità per realizzare il rinforzo a taglio **Mapei** propone i sistemi CFRP consistenti in strisce di tessuto in fibra di carbonio, come **Mapewrap C UNI-AX**, applicate con l'adesivo strutturale epossidico **MapeWrap 31** dopo una preliminare pulitura, primerizzazione e regolarizzazione con **MapeWrap Primer 1** e **MapeWrap 11**. L'incollaggio del tessuto può avvenire con configurazione a U o in avvolgimento all'intera sezione della trave. Le strisce possono essere applicate in modo discontinuo con spazi vuoti fra strisce consecutive, oppure continuo con strisce adiacenti l'una all'altra.



**EDIFICI SCOLASTICI IN MURATURA**

**1 Superfici voltate**

Carichi asimmetrici e carichi dinamici, tipicamente riconducibili a un evento sismico, possono indurre sulle strutture voltate, formazione di fessure dovute allo svilupparsi di cerniere plastiche fino a determinarne il collasso. Le tecniche di intervento sono molteplici:

a) **Mapei** propone l'impiego della tecnica del placcaggio fibrorinforzato con tessuti in fibra di carbonio **MapeWrap C UNI-AX**, ma anche in fibra di vetro o basalto, lungo le generatrici estradossali (o intradossali in funzione delle necessità) delle volte, applicati con resine epossidiche anche in combinazione ai rinforzi diffusi con tecnologia FRCM (reti in fibra poste in opera con specifiche malte).



b) Altra soluzione è l'applicazione di **MasterEmaco S 286 FR di Basf**; si tratta di una malta da muratura, di calce pozzolanica, priva di cemento, confezionata con aggregati silicei naturali aventi diametro massimo 2 mm e rinforzata con fibre polimeriche spruzzabili e ad altissima tenacità. La sua applicazione garantisce una resistenza a compressione superiore ai 15 N/mm<sup>2</sup>, pertanto è classificata con la sigla M15 ai sensi della normativa europea UNI EN 998/2.

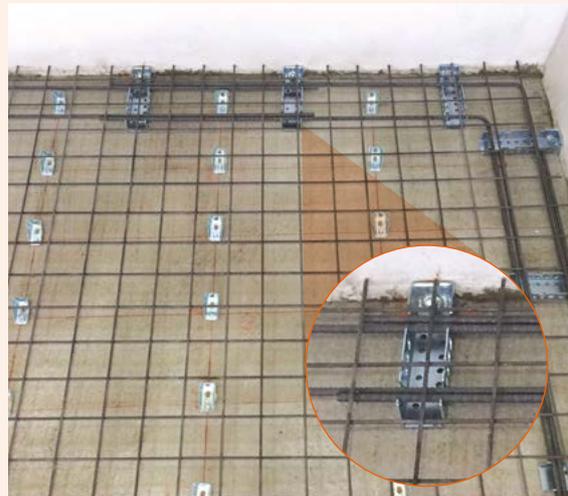


c) Ulteriore soluzione proposta da **Kerakoll** attraverso l'applicazione a fasce dei tessuti unidirezionali in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, **GeoSteel G600/1200** installati sul supporto mediante malta di calce idraulica naturale **GeoCalce F Antisismico** e ancorate alle estremità in continuità mediante inghissaggio con malta colabile iperfluida **GeoCalce FL Antisismico** conferendo un'alta resistenza e duttilità abbinate a un'elevata durabilità e semplicità di installazione. In caso di rinforzo diffuso su tutta la superficie voltata, è possibile adottare le reti in fibra di



basalto e acciaio **GeoSteel Grid 200** o in fibra di vetro **Rinforzo ARV 100** sempre installate mediante malta di calce idraulica naturale **GeoCalce F Antisismico**, garantendo la traspirabilità e la compatibilità dell'intervento.

**2 Consolidamento solaio ligneo, in acciaio o calcestruzzo: si ottiene una maggiore rigidezza flessionale e un incremento della capacità portante sino al 200%**



I solai in legno possono essere rinforzati attraverso la sovrapposizione all'estradosso di una soletta in calcestruzzo, resa collaborante al solaio esistente attraverso l'inserimento di opportuni connettori. La funzione di questi elementi, a maturazione avvenuta del getto in calcestruzzo, implica una ridefinizione della sezione resistente, detta sezione collaborante. La soletta in calcestruzzo conferisce un comportamento rigido al solaio consolidato ed in virtù dei connettori si ha una collaborazione tra la sezione esistente e quella in calcestruzzo. Attraverso il nuovo **Connettore Perimetrale CentroStorico di Leca Laterlite** si può realizzare la cerchiatura perimetrale finalizzata a ridistribuire le forze sismiche dal solaio alle pareti, consentendo il cosiddetto "comportamento scatolare", e limitando i meccanismi locali dettati dallo sfilamento dei solai e dal ribaltamento dei muri fuori dal loro piano.

**3 Impiego del calcestruzzo alleggerito senza caricare troppo la struttura esistente ma conferendogli un'adeguata rigidezza flessionale (soluzione CLS Leca oppure CLS BigMat 1600)**



## INTERVENTI SUGLI ELEMENTI VERTICALI

### EDIFICI SCOLASTICI IN CALCESTRUZZO ARMATO

#### 1 Confinamento dei nodi trave-pilastro

Il collasso del nodo trave pilastro è causato dall'assenza di un adeguato numero di staffe che determina la rottura fragile del pannello nodale. Le staffe, infatti, oltre a migliorare il confinamento del nodo ne aumentano la duttilità che è fondamentale per la formazione delle cerniere plastiche. L'obiettivo di una buona progettazione è il raggiungimento di un meccanismo globale, con la formazione di cerniere plastiche nelle sezioni di estremità delle travi, al fine di ottenere un comportamento del tipo "pilastro forte-trave debole". I sistemi di rinforzo possono essere eseguiti con le soluzioni di seguito descritte che fanno riferimento alle tecnologie sviluppate dai vari produttori del settore.

Ad esempio, **Mapei** propone:

1. rinforzo rispetto al taglio esercitato dal martellamento della tamponatura non ammortata con tessuto metallico **MapeWrap S Fabric 2000** inclinato e incrociato più angolari a L agli spigoli in fibra di carbonio **MapeWrap C QUADRI-AX**;



2. incremento della resistenza a taglio del pannello di nodo con doppio strato di tessuto quadriassiale in fibra di carbonio **MapeWrap C QUADRI-AX**;
3. confinamento estremità pilastri con tessuto unidirezionale ad alta resistenza in fibra di carbonio **MapeWrap C UNI-AX**;
4. rinforzo a taglio estremità travi con tessuto unidirezionale ad alta resistenza in fibra di carbonio **MapeWrap C UNI-AX**.

**Kerakoll** tra le sue soluzioni propone l'impiego di sistemi SRP in abbinamento a resina epossidica **Geolite Gel**. La soluzione, testata e certificata, conferisce un'elevata duttilità e resistenza al nodo, semplificando notevolmente la posa dei vari strati di materiale:

1. rinforzo del pannello di nodo mediante applicazione di fasce verticali, lungo l'asse del pilastro, e orizzontali sulla trave, di **GeoSteel G2000/3300** installate mediante **GeoLite Gel**;
2. confinamento estremità pilastri con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio **GeoSteel G2000/3300** installate mediante **GeoLite Gel**;
3. rinforzo a taglio estremità travi con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio **GeoSteel G2000/3300** installate mediante **GeoLite Gel**.



### EDIFICI SCOLASTICI IN MURATURA

#### 1 Comportamento monolitico della parete muraria

La monoliticità del paramento murario, prima ancora di intraprendere altre soluzioni di intervento, rappresenta una delle verifiche preliminari da svolgere quando si è di fronte alla tecnologia costruttiva "muratura". Il motivo di questa verifica e l'ipotesi di intervento sono avvalorate dalla seguente osservazione tecnica: l'intervento di consolidamento deve essere tale da ridurre gli eventuali fenomeni locali che attraverso il loro manifestarsi rendono principale la risposta del singolo elemento resistente rispetto alla risposta globale offerta dalla costruzione.

Tra le soluzioni proposte da BigMat è possibile, ad esempio, far riferimento all'applicazione dei prodotti di **RÖFIX**, **Fassa Bortolo** e **Kerakoll**.

- a) RÖFIX propone il binomio **RÖFIX SismaProtect – Rete antisismica + RÖFIX SismaCalce – Intonaco di fondo a base NHL**. Si tratta di applicare, attraverso l'utilizzo di SismaCalce,

un tessuto multiassiale ibrido high-tec altamente resistente agli alcali e provvista di uno speciale appretto per garantire un'applicazione sicura della suddetta malta. RÖFIX SismaProtect in combinazione con RÖFIX SismaCalce crea un sistema di prote-



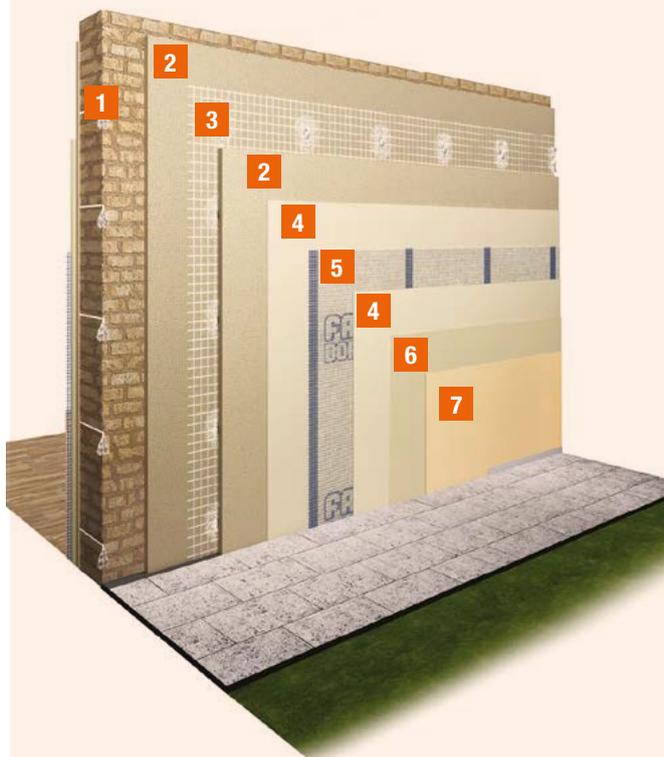
zione dinamicamente attivo in grado di dissipare l'energia sismica e assorbire in modo efficace le tensioni in caso di terremoto, proteggendo da rischi di lesioni che possono portare al crollo delle murature e al ribaltamento fuori piano dei pannelli murari (da ritenersi estendibile anche alle tamponature). Il sistema SismaCalce grazie alla speciale rete RÖFIX SismaProtect consente di ridurre l'entità dei danni nel caso di terremoti di lieve intensità e garantire la salvaguardia della vita umana in caso di sismi di forte intensità. RÖFIX SismaProtect è perfettamente idonea anche in caso di risanamento di fessure. È necessario realizzare un corretto annegamento della rete nella malta e applicare una sufficiente copertura del tessuto. I teli di rete vanno applicati in conformità alle direttive contenute nella brochure tecnica RÖFIX SismaCalce nonché alle indicazioni previste dal progettista.

- b) Uno dei cicli **Fassa Bortolo** della **Linea EX NOVO** per il consolidamento di murature storiche in mattoni, pietra e laterizio mediante intonaco armato prevede l'utilizzo della **MALTA STRUTTURALE NHL 777**, bio-malta fibrorinforzata a base di calce idraulica naturale NHL 3,5. Per distribuire le sollecitazioni indotte e conferire alla muratura un'elevata duttilità, la malta viene applicata in abbinamento alla rete in fibra di vetro **FASSANET ARG 40** e ai con-

nettori **BCF 594 G FIOCCO** o **FASSA GLASS CONNECTOR L**.

A completamento del ciclo è prevista la rasatura armata e la finitura delle pareti consolidate.

- c) Il consolidamento per azioni nel piano e fuori piano di pareti in muratura portante si può realizzare coi sistemi **Kerakoll**, certificati mediante normativa internazionale di comprovata validità, mediante applicazione di una rete bidirezionale in basalto e acciaio **Inox GeoSteel Grid 200**, installata con la malta a base di pura calce idraulica naturale NHL, **GeoCalce F Antisismico**. Il rinforzo della muratura risulta così in basso spessore senza incremento di masse sismiche e rigidità dell'elemento murario, requisito di primaria importanza nell'ambito della riqualificazione antisismica. In aggiunta possono essere adottati i sistemi di connessione a fiocco **GeoSteel**, che prevedono l'iniezione di malta iperfluida a base di pura calce idraulica naturale NHL **GeoCalce FL Antisismico**, ideali per le murature in pietrame disordinato, oppure i sistemi di cucitura a secco, mediante installazione di barre elicoidali in acciaio inox **Steel DryFix**, veloci e rapide da installare nelle murature di mattone pieno. Il sistema di rinforzo così realizzato può poi completato mediante intonaci, intonachini fini e pitture a base di pura calce idraulica naturale della linea Biocalce garantendo la massima traspirabilità e compatibilità.



1. BCF 594 G FIOCCO + BCF 584 BASE + FASSA ANCHOR V
2. MALTA STRUTTURALE NHL 777 o MALTA STRUTTURALE NHL 712
3. FASSANET ARG 40
4. FINITURA 750 O FINITURA IDROFUGATA 756
5. FASSANET 160
6. FS 412
7. RSR 421



1. GeoCalce F Antisismico
2. GeoSteel Grid 200
3. Iniettore&Connettore GeoSteel
4. GeoCalce FL Antisismico
5. GeoCalce F Antisismico
6. Biocalce Intonachino Fino
7. Biocalce Silicato Puro



Figura 5 – Campus universitario del Politecnico di Milano, progetto dell'architetto Paolo Bodega.

## ESEMPIO DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

Se attraverso l'intervento di miglioramento si ha un **incremento delle caratteristiche meccaniche e di risposta sismica di una parte dell'edificio**, attraverso l'adeguamento sismico vengono raggiunte prestazioni pari al 60% di quelle attese per una nuova costruzione con la sostanziale modifica dell'organismo di resistenza, nonché delle distribuzioni delle rigidità a favore di una migliore prestazione.

Il progetto redatto dall'architetto Paolo Bodega, ad esempio, ha interessato una superficie di 16.200 mq, di cui 11 mila di nuova costruzione e 5.200 di recupero del vecchio ospedale (costruzione esistente).

Il campus universitario del Politecnico di Milano è destinato a circa 2 mila studenti e ospita sale riunioni e 40 uffici negli edifici ristrutturati; mentre la nuova costruzione con i suoi volumi ampi divisi su tre piani fuori terra e uno sotto, è dedicata alla didattica, ai laboratori e ai servizi per gli studenti. La progettazione tiene conto anche della rilevanza strategica dell'edificio, innalzando i valori di rispetto della normativa antisismica. Inoltre, committenza e progettisti si sono trovati in pieno accordo per realizzare una **struttura a basso impatto energetico**, tale da garantire

costi di gestione più contenuti. In tutti gli ambienti, i soffitti realizzati con i sistemi continui D111, D112 (5.300 mq) e modulari Danoline Corridor (500 mq) di **Knauf**, sono progettati come una **superficie funzionale ma dall'alto valore estetico**.

Particolare rilevanza formale è stata data alla sala lettura, un ambiente dagli apprezzabili risvolti architettonici caratterizzato dalla realizzazione di un ampio **lucernaio centrale di forma circolare che consente il maggiore utilizzo della luce solare**.

Altro esempio è l'ampliamento che ha interessato il Liceo Augusto Passaglia di Lucca (LU): la progettazione si è preposta di migliorare la **sicurezza statica dell'edificio anche rispetto agli effetti di eventi sismici**, rispondendo ai più avanzati **criteri di efficienza energetica e all'impiego di materiali ecocompatibili**. La scuola può ora disporre di una sala per la musica d'insieme di oltre 100 mq, una sala riunioni

Scopri il progetto del Liceo Augusto di Lucca su [www.bigmat.it](http://www.bigmat.it)



Figura 6 – Intervento di ampliamento e riqualificazione ([www.diamovalorealpaese.agenziademano.it](http://www.diamovalorealpaese.agenziademano.it))

Tabella 6 – Tabella C8A.2.2. Dalla Circolare 617/2009 esplicativa delle NTC 2008 Tabella C8A.2.2 – Coefficienti correttivi dei parametri meccanici (indicati in Tabella C8A.2.1 della Circolare 617/2009 esplicativa delle NTC 2008) da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone od ottime; giunti sottili; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; nucleo interno particolarmente scadente e/o ampio; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato.

Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (< 10mm)	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	–	1,3	1,5	0,9	2	2,5
Muratura a conci sbozzati con paramento di limitato spessore	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	–	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	–	1,5	0,9	1,7	2
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	1,2	–	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	–	1,3	0,7	1,5	1,5

dei professori, un'aula di tecnologie sonore, 5 aule per la didattica e ben 9 aule per le lezioni di strumento.

## CONCLUSIONI

Appare chiaro quindi che la **conoscenza dello stato dei luoghi**, nonché delle **trasformazioni che ha subito l'edificio** siano aspetti fondamentali e nevralgici: da un lato, per intraprendere la migliore soluzione di intervento, dall'altro per abbattere il più possibile le incertezze legate alla caratterizzazione delle proprietà meccaniche

(abbattimento del Fattore di Confidenza, FC) che, attraverso metodi di consolidamento, possono concretizzarsi e tradursi in una **corretta amplificazione dei parametri utili al soddisfacimento delle verifiche da condurre ai diversi Stati Limite (SL)**. Il miglioramento delle proprietà meccaniche delle murature, a livello normativo e secondo le NTC 2008, è inteso attraverso coefficienti amplificativi superiori all'unità, che sono a loro volta funzione degli elementi costituenti su cui agisce l'intervento (vedi Tabella 6). Questo aspetto nelle nuove NTC 2018 non è ancora stato definito, in attesa dell'uscita della relativa Circolare esplicativa. **!**

Scopri le soluzioni proposte in questo Speciale tecnico su:

[www.basf.it](http://www.basf.it)  
[www.e-weber.it](http://www.e-weber.it)  
[www.fassabortolo.it](http://www.fassabortolo.it)

[www.strutturale.kerakoll.com](http://www.strutturale.kerakoll.com)  
[www.knauf.it](http://www.knauf.it)  
[www.leca.it](http://www.leca.it)

[www.mapei.it](http://www.mapei.it)  
[www.roefix.it](http://www.roefix.it)  
[www.sika.it](http://www.sika.it)

## Bibliografia

- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto 17/01/2018, *Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*, (GU Serie Generale n.42 del 20/02/2018 – Suppl. Ordinario n. 8)
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto 14/01/2008, *Nuove norme tecniche per le costruzioni*, (GU Serie generale n. 29 del 4/02/2008 – Suppl. Ordinario n. 30)
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Circolare 2 febbraio 2009 n. 617, *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008*, (GU Serie Generale n. 47 del 26/02/2009 – Suppl. Ordinario n. 27)
- CNR-DT200/2004, *Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamenti di intervento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati*, Consiglio Nazionale delle Ricerche
- CNR-DT212/2013, *Istruzioni per la Valutazione Affidabilistica della Sicurezza Sismica di Edifici Esistenti*, Consiglio Nazionale delle Ricerche
- XVIII Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, *delle strutture e dei servizi* - Roma, 17 ottobre 2017
- <http://www.bigmat.it/site/it/home/bignews/articolo7306.html>
- <http://www.bigmat.it/site/it/home/per-il-progettista/approfondimenti-tecnici/carotaggio-elettrico.html>
- <http://www.diamovalorealpaese.agenziaemanio.it>

# BIG

# LAURA

**CON BIGMAT HAI TUTTI GLI STRUMENTI  
PER FARE SEMPRE UN GRANDE LAVORO.**

BigMat, con 195 Punti Vendita in Italia, ti offre soluzioni e strumenti tecnici aggiornati per realizzare i tuoi progetti.

Scopri il nuovo Quaderno Tecnico sull'Isolamento Acustico e tutte le altre pubblicazioni nel Punto Vendita più vicino a te o su [bigmat.it](http://bigmat.it)

**Da oltre 35 anni in Europa, per i professionisti e per tutti.**



**BigMat**  
HOME OF BUILDERS



[www.bigmat.it](http://www.bigmat.it)