

PROVINCIA DI SALERNO



provinciadisalerno

ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO SEDE DELL'I.I.S. "GALILEO GALILEI - DI PALO" EX "SANTA CATERINA DA SIENA" SITO IN SALERNO ALLA VIA FILIPPO SMALDONE

Committente:

Provincia di Salerno

Il Progettista incaricato:

ing. Ivana Marino, Ph.D.

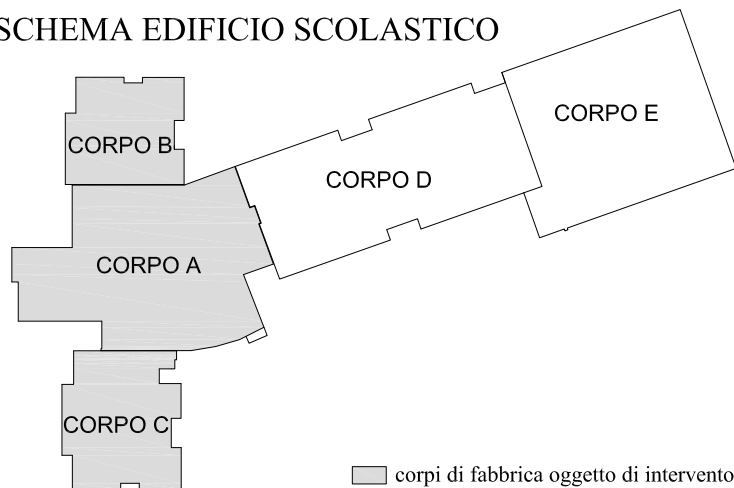
Gruppo di Lavoro:

ing. Ivana Marino, Ph.D.

arch. Giuliana Bellino

ing. Fabio Iannone, Ph.D.

SCHEMA EDIFICIO SCOLASTICO



Oggetto disegno:

RELAZIONE GENERALE

Scala:

Codice elaborato:

1

aprile 2015

PROVINCIA DI SALERNO

**ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SISMICA DELL'EDIFICIO
SCOLASTICO SEDE DELL'ISS "GALILEO GALILEI - DI PALO"
EX "SANTA CATERINA DA SIENA" SITO IN SALERNO (SA) ALLA
VIA FILIPPO SMALDONE**

RELAZIONE GENERALE

Fisciano, aprile 2015

ing. Ivana Marino, Ph.D.

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DEI CORPI DI FABBRICA	3
3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO – RILIEVO DEI DISSESTI	5
4. NORME DI RIFERIMENTO	7
5. CRITERI ALLA BASE DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA CONDIZIONI DI FATTO E CONDIZIONI DI PROGETTO	8
6. ANALISI E VERIFICHE CONDOTTE – STATO DI FATTO	10
7. SINTESI DEI PRINCIPALI RISULTATI DELLE VERIFICHE CONDOTTE NELLO STATO DI FATTO	11
8. PROGETTO DELL’INTERVENTO	13
9. ANALISI E VERIFICHE CONDOTTE – STATO DI PROGETTO	19
10. CONCLUSIONI	19

1. PREMESSA

La Provincia di Salerno ha affidato alla scrivente ing. Ivana Marino, Dottore di Ricerca in Ingegneria delle Strutture e del Recupero Edilizio ed Urbano, iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Salerno al n°4024, l'incarico per l'adeguamento alla normativa sismica dell'Edificio Scolastico sede dell' ISS "Galileo Galilei – Di Palo" ex "Santa Caterina da Siena" sito in Salerno (SA) alla via Filippo Smaldone.

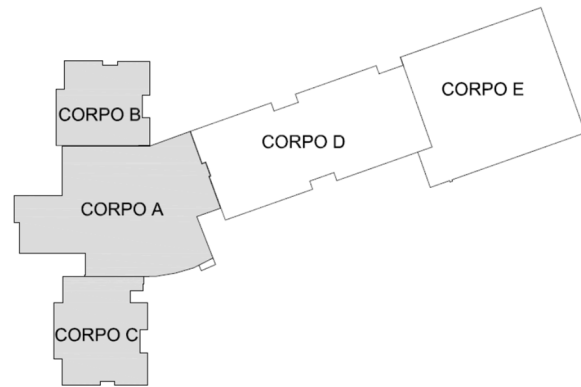
L'immobile sede dell'Istituto Scolastico è complessivamente composto da 5 corpi indipendenti costruiti in adiacenza. Oggetto dell'incarico sono gli edifici, denominati Corpo A, Corpo B e Corpo C, in considerazione dello stato di conservazione delle travi di copertura del locale auditorium, contenuto nel corpo A, che presentano una evidente freccia in mezzera, e dello stato di conservazione esterno dei tre corpi di fabbrica, che mostra chiari segni di deterioramento, con corrosione delle armature e conseguente espulsione degli strati di copriferro.

Il progetto di adeguamento sismico è stato costruito sulla base delle risultanze delle analisi di vulnerabilità statica e sismica dei tre corpi individuati che sono state eseguite preliminarmente conformemente a quanto previsto dalle norme tecniche allegate al DM 14.01.2008, prevedendo le fasi di identificazione geometrica e strutturale dei due corpi di fabbrica, comprese le strutture fondali, il rilievo dei dettagli costruttivi, la caratterizzazione meccanica dei materiali e dei terreni di fondazione, l'analisi numerica e le verifiche nelle condizioni di fatto e nelle condizioni di progetto. Si osserva che le ricerche condotte presso gli Uffici Amministrativi ed il Genio Civile non hanno consentito di risalire al progetto originario né a documenti inerenti le fasi di realizzazione e di collaudo.

Si evidenzia inoltre che il livello di conoscenza perseguito, concordato con l'Amministrazione, è il livello di conoscenza LC2 definito dalle norme tecniche allegate al DM 14.01.2008.

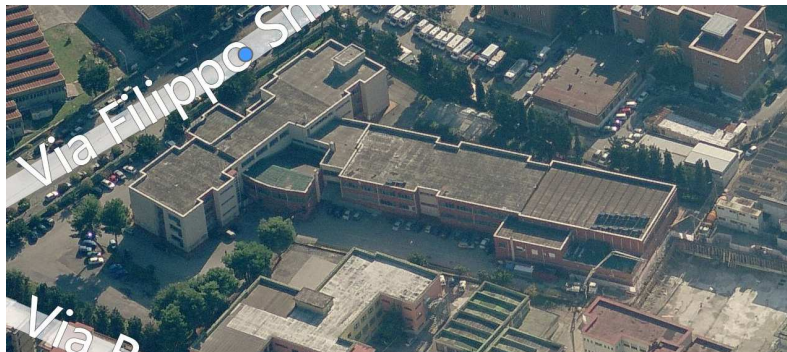
2. DESCRIZIONE DEI CORPI DI FABBRICA

Come detto, l'immobile sede dell'Istituto scolastico è sito nel Comune di Salerno alla via Filippo Smaldone ed è composto di 5 corpi di fabbrica costruiti in adiacenza realizzati in calcestruzzo armato che si sviluppano per lo più su tre livelli, di seguito indicati quali piano rialzato, piano primo e piano secondo, così come si evince dagli elaborati grafici allegati.



Ortofoto satellitare Istituto Scolastico

Il corpo A è costituito da una struttura in cemento armato intelaiata irregolare in pianta ed in elevazione. In particolare, tale corpo oltre a contenere le aule essenzialmente disposte su tre livelli, comprende l'auditorium cui si accede dal piano terra e gli uffici che sono distribuiti all'interno dell'ala Sud che, invece, si sviluppa su un unico livello. Le strutture verticali dell'auditorium sono realizzate in cemento armato, mentre la copertura è realizzata per mezzo di travi in acciaio.



Vista Satellitare - Lato Nord



Vista Satellitare - Lato Sud

Il piano rialzato del corpo A occupa una superficie di circa 1140mq, il piano primo circa 616mq, il piano secondo 406mq.

Il corpo B e il corpo C si sviluppano su tre livelli fuori terra e presentano una forma compatta e regolare in pianta ed in elevazione. La scala di collegamento tra i diversi livelli è realizzata in cemento armato per mezzo di travi a ginocchio in c.a.. Tale scala consente l'accesso anche all'ultimo livello del corpo A, in quanto la scala di tale edificio collega soltanto il primo ed il secondo livello di quest'ultimo. Pertanto, i tre corpi oggetto di indagine, pur essendo strutturalmente sconnessi, presentano un collegamento di tipo funzionale.

Il piano tipo del corpo B occupa una superficie di circa 404mq. Il piano tipo del corpo C occupa una superficie di circa 500 mq. La copertura del corpo scala (corpo B) occupa una superficie di circa 40mq.

I tre corpi di fabbrica sono fondati su un reticolo di travi rovesce, dall'anima generalmente alta 1,50m, collegate nelle due direzioni.

Come detto, non risultano disponibili gli elaborati progettuali originari, pertanto, ai fini del progetto simulato delle strutture portanti, è stato possibile ipotizzare le norme tecniche adottate all'epoca della costruzione in considerazione della tipologia architettonica tipica degli anni '70.

3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO – RILIEVO DEI DISSESTI

La vetustà dell'immobile, l'esposizione agli agenti aggressivi e la carente manutenzione negli anni hanno portato ad un generalizzato degrado ed al conseguente decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali delle strutture portanti.

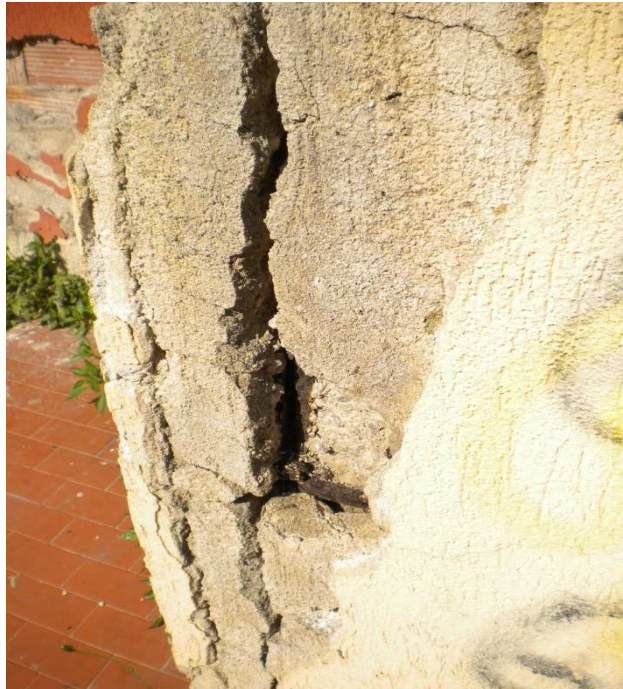
Gli edifici presentano, in particolare, un avanzato stato di degrado delle facciate principali e delle parti strutturali più esposte. Come risulta dai rilievi e dalle indagini condotte, il calcestruzzo risulta generalmente in avanzato stato di carbonatazione e le armature presentano uno stato di ossidazione tale da ridurne significativamente la sezione resistente. Tali fenomeni sono osservabili, per lo più, in corrispondenza delle travi e dei pilastri disposti lungo le facciate, delle travi di fondazione e della soletta dell'auditorium.

Le prove eseguite hanno consentito di misurare, generalmente, sugli elementi indagati una rilevante profondità di carbonatazione.

Lo stato di degrado dei materiali in opera è tale che il calcestruzzo si presenta in alcuni tratti sfaldato e poco coerente al punto che, in alcune parti, è possibile rimuoverne alcuni frammenti a mani nude.



Nidi di ghiaia presenti nel calcestruzzo in fondazione di pilastri e travi, ferri a vista ossidati



Dettaglio dell'espulsione del copriferro per ossidazione delle barre di armatura

I fenomeni di corrosione e di distacco dei copriferri si riscontrano anche in prossimità dei cornicioni in corrispondenza di alcuni prospetti dell'edificio.

Considerata l'estensione dei suddetti fenomeni di degrado ed i risultati delle prove eseguite, non si esclude che il fenomeno sia diffuso anche agli elementi strutturali non direttamente indagati.

Le foto riportate mostrano, inoltre, uno stato di degrado, non omogeneo, dei materiali in opera per l'evidente diversa modalità di confezionamento e posa in opera della miscela cementizia, con concentrazioni di nidi di ghiaia in corrispondenza dei nodi trave-pilastro.

Per quanto attiene al locale auditorium, i rilievi e le indagini eseguite hanno consentito di verificare l'imbarcamento delle travi in acciaio di copertura così come evidenziato nel seguito.

Lo schema statico adottato è quello di travi di notevole luce, fino a 19m,

semplicemente appoggiate e collegate trasversalmente soltanto dalla sovrastante soletta realizzata mediante lamiera grecata collaborante.

Ciò comporta una forte penalizzazione della capacità resistente anche nei confronti dei carichi statici, come confermato anche dalle analisi svolte.



Imbarcamento delle travi d'acciaio di copertura dell'auditorium

Il rilievo dei dissesti è stato condotto sulla base di sopralluoghi ed indagini visive nonché di prove di laboratorio così come riportato nel Rapporto di prova n°021/2015 del 25/02/2015 a firma del laboratorio Edil-Test s.r.l., e nei Rapporti di Prova n°2015/LAB/725/726/727 a firma del Laboratorio Neotes s.r.l. (*Caratterizzazione dei materiali in relazione alla presenza di Cloruri Idrosolubili*). Tale Rapporti di Prova sono agli atti dell'Amministrazione.

4. NORME DI RIFERIMENTO

La verifica della vulnerabilità statica e sismica delle strutture è stata condotta in riferimento alle seguenti norme tecniche:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

”Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

”Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”

Indicazioni progettuali per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

Norme CNR – UNI 10012/67 – Ipotesi di carico sulle strutture.

Decreto Ministeriale del 3 ottobre 1978 (G.U. del 15 novembre 1978 n.319) – “Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”

D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)

”Norme tecniche per le Costruzioni”

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

“Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche per le Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008” per gli aspetti inerenti l'identificazione delle strutture e l'analisi del comportamento statico e sismico.

5. CRITERI ALLA BASE DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA CONDIZIONI DI FATTO E CONDIZIONI DI PROGETTO

La verifica statica e sismica è stata condotta in accordo ai criteri previsti dalle norme tecniche di cui al DM2008. In considerazione della oramai consolidata filosofia prestazionale alla base delle norme vigenti, tali criteri sono tali da assicurare i livelli prestabiliti di prestazione/sicurezza rispetto ai carichi statici e per eventi sismici descritti da diverse probabilità di occorrenza in considerazione della pericolosità del sito nonché del ruolo e dell'importanza che la struttura riveste sul territorio.

Ai fini della valutazione della sicurezza statica e sismica nelle condizioni di fatto gioca un ruolo fondamentale l'identificazione del sistema resistente e dell'ambiente in cui esso è

localizzato.

Per identificazione strutturale si intende l'individuazione della struttura portante, comprese le fondazioni, per mezzo del rilievo della geometria degli elementi principali, la ricostruzione dei dettagli costruttivi, la caratterizzazione meccanica dei materiali in opera, nonché quella dei terreni di fondazione.

A tal proposito, si sottolinea che, in generale, la valutazione della sicurezza delle costruzioni esistenti è normalmente affetta da un grado di incertezza, diverso da quello delle costruzioni di nuova realizzazione, che dipende principalmente dai seguenti aspetti [cap. 8, DM2008]:

- *la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;*
- *possono essere insiti e non palesi difetti di impostazione progettuale e/o di realizzazione;*
- *la struttura nel suo complesso può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non sono completamente manifesti;*
- *i materiali e le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.*

Si evidenzia, infatti, che anche le indagini più approfondite non possono eliminare completamente tale margine di incertezza, che, in parte, viene portato in conto nelle verifiche per mezzo dei fattori di confidenza che amplificano i coefficienti parziali di sicurezza.

In riferimento agli aspetti evidenziati, si osserva che le strutture oggetto di indagine, risalendo agli anni '70, presumibilmente, sono state investite dall'evento sismico Irpinia 1980, ma non si riscontrano documentazioni utili in merito. Per quanto attiene allo stato di conservazione degli edifici nello stato di fatto rispetto alla condizione originaria, si osserva che la vetustà degli stessi, la generale carenza di manutenzione durante la loro vita e l'ambiente particolarmente aggressivo hanno indotto uno stato di degrado dei materiali, come detto, particolarmente accentuato, soprattutto negli elementi più esposti.

In considerazione delle indagini già eseguite nell'ambito delle verifiche di vulnerabilità già agli atti dell'Amministrazione, le indagini ulteriori condotte hanno consentito, di concerto con l'Amministrazione, di perseguire il livello di conoscenza LC2 così come definito al punto C.8A.1.B delle NTC2008. A tale livello di conoscenza corrisponde un fattore di confidenza FC, usato nelle analisi numeriche, pari a 1,20.

Le verifiche nelle condizioni di fatto e nelle condizioni di progetto sono state condotte essenzialmente sulla base dei criteri e dei procedimenti definiti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008. In particolare, in considerazione della significativa carenza delle caratteristiche meccaniche dei materiali, riscontrata a valle delle indagini, come meglio evidenziato nel seguito, le verifiche sono state condotte preliminarmente nei confronti degli stati limite ultimi (SLU), valutando anche i tassi di lavoro delle strutture verticali nelle condizioni di esercizio al fine di comprendere lo stato di sollecitazione e quindi, di sofferenza, nelle condizioni attuali. Sono state inoltre condotte le verifiche nei confronti dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV), per mezzo di analisi dinamiche lineari, nelle condizioni di fatto e nelle condizioni di progetto. Le risultanze delle verifiche condotte nelle condizioni di fatto hanno consentito di impostare il progetto di adeguamento sismico nei confronti dell'azione sismica attesa allo SLV. Le verifiche nelle condizioni di progetto, in accordo a quanto previsto dal DM 14.01.2008, hanno consentito di verificare il raggiungimento dei livelli di sicurezza previsti dalle norme tecniche per interventi siffatti.

La verifica della sicurezza nello stato di fatto si basa sulle informazioni ottenute dalle indagini conoscitive e dalle prove di identificazione dei materiali, dalla conoscenza dei dettagli costruttivi e dalla geometria degli elementi strutturali principali. Tale verifica è finalizzata a comprendere la sicurezza nei confronti dei carichi statici ed è utile ai fini del progetto degli interventi di ripristino della capacità portante nei confronti dei carichi statici e di adeguamento nei confronti dei carichi sismici.

6. ANALISI E VERIFICHE CONDOTTE – STATO DI FATTO

Le verifiche di sicurezza nello stato di fatto sono state eseguite preliminarmente nei confronti dei carichi statici verticali. In particolare, in considerazione di quanto rilevato nelle analisi di vulnerabilità statica e sismica già atti dell'Amministrazione e in considerazione delle ulteriori indagini condotte che hanno consentito di perseguire un livello di conoscenza più elevato, sono state ripetute le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) considerando il fattore di confidenza 1,20 associato al Livello di conoscenza LC2. Come riportato nelle Relazioni di calcolo Corpo A, Corpo B e Corpo C, dette verifiche non risultano soddisfatte. In considerazione di tali risultanze, al fine di verificare lo stato di

sollecitazione degli elementi strutturali verticali nei confronti delle azioni nelle condizioni di esercizio, sono stati valutati i tassi medi di lavoro delle sezioni verticali al piede.

Le verifiche nei confronti dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV – evento sismico caratterizzato da $T_R = 720$ anni), come risulta dalle Relazioni di calcolo Corpo A, Corpo B e Corpo C per quanto attiene alle condizioni sismiche, condotte per mezzo di analisi dinamiche lineari, non risultano soddisfatte. Le verifiche sono state ripetute scalando opportunamente gli spettri rappresentativi della domanda sismica al fine di verificare la soglia minima di capacità nei confronti delle azioni sismiche attese. Tali verifiche non risultano soddisfatte già nei confronti di un'azione sismica rappresentativa di un evento caratterizzato da un periodo di ritorno (T_R) pari a 30 anni. Pertanto, l'intervento di adeguamento sismico di cui al presente progetto, in accordo a quanto previsto dalle norme tecniche di cui al DM 14.01.2008 per interventi siffatti, prevede, oltre agli interventi atti al ripristino delle condizioni portanti nei confronti delle azioni statiche, anche l'introduzione di misure atte ad assorbire l'azione sismica in ingresso.

Le verifiche di sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU) e di Salvaguardia della Vita (SLV), nelle condizioni di progetto, sono state condotte per mezzo di analisi dinamiche lineari e hanno consentito di verificare il perseguimento dei livelli di sicurezza previsti dalle norme tecniche di cui al DM 14.01.2008.

Le verifiche sono state condotte in accordo a quanto previsto ai punti 8.3, 8.4.1, 8.7.2 delle Norme Tecniche delle Costruzioni '08 ed ai pt. C8.3, C8.4.1, C8.7.2 della Circ.617/09.

7. SINTESI DEI PRINCIPALI RISULTATI DELLE VERIFICHE CONDOTTE NELLO STATO DI FATTO

Come detto, gli edifici esaminati, in considerazione della tipologia architettonica, possono ritenersi risalenti agli anni '70. Riscontrato che la prima classificazione sismica della città di Salerno (terza categoria) risale al 1981 [rif. *Deliberazione di Giunta Regionale n° 5447 del 07 novembre 2002*], presumibilmente, il progetto degli stessi è stato condotto essenzialmente nei confronti dei carichi verticali e, di conseguenza, le strutture non sono state concepite per assorbire azioni sismiche.

L'analisi degli schemi resistenti ha mostrato, infatti, telai e rigidità non uniformemente distribuiti in pianta ed anche in elevazione, soprattutto nel caso del corpo A. Le indagini

hanno mostrato una particolare carenza nei dettagli costruttivi per quanto attiene al confinamento dei nodi trave-pilastro, che, pertanto, non sono in grado di assorbire l'azione di taglio che si determinerebbe in condizioni di carico sismico. La tipologia di staffe presenti non consente, inoltre, un idoneo confinamento delle sezioni degli elementi principali. I rilievi hanno evidenziato, ancora, una non omogenea modalità di confezionamento e messa in opera della miscela cementizia con evidenti nidi di ghiaia anche nelle zone prossime ai nodi. Gli edifici, infine, sebbene indipendenti dal punto di vista strutturale, sono costruiti in adiacenza e pertanto, i giunti tra di essi e tra essi ed i restanti corpi non sono sismicamente sufficienti a garantire un comportamento dinamico indipendente in condizioni di carico sismico, con conseguente vulnerabilità indotta da potenziali fenomeni di martellamento con gli edifici confinanti.

L'analisi delle caratteristiche meccaniche dei materiali ha mostrato una diffusa e marcata carenza di resistenza dei calcestruzzi in opera. I rilievi e le indagini hanno evidenziato un avanzato stato di degrado delle facciate principali e delle parti strutturali più esposte. Il calcestruzzo, in avanzato stato di carbonatazione, si presenta in alcuni tratti sfaldato e poco coerente al punto che è possibile rimuoverne alcuni frammenti a mani nude. Le armature presentano, inoltre, uno stato di ossidazione tale da ridurre significativamente la sezione resistente.

Nel locale auditorium, contenuto nel corpo A, le travi in acciaio di copertura, il cui schema statico è quello di trave appoggiata-appoggiata con luci fino a 19m, presentano un imbarcamento in mezzera.

Tutto ciò detto, gli edifici presentano diversi elementi di vulnerabilità le cui cause possono essere associate alle conoscenze e alle norme vigenti all'epoca della costruzione, alla modalità di messa in opera dei calcestruzzi, alla vetustà dei corpi strutturali, all'aggressività dell'ambiente, alla generale carenza di interventi di manutenzione.

Tali vulnerabilità sono evidenziate dai risultati delle analisi e delle verifiche condotte che mostrano una sostanziale carenza di sicurezza dell'edificio nello stato di fatto già nei confronti dei carichi statici verticali. In particolare, non risultano pienamente soddisfatte le verifiche dei corpi strutturali, condotte in accordo alle norme allegate al DM 14.01.2008, nei confronti dello SLU.

L'analisi dei tassi di lavoro nei confronti dei carichi in esercizio mostra che alcuni

elementi portanti verticali risultano particolarmente gravati già in tali condizioni di carico.

Per quanto attiene, inoltre, ai carichi sismici ovvero alle verifiche rispetto allo SLV, in considerazione delle carenze riscontrate nelle verifiche nei confronti dei carichi statici verticali, della bassa qualità dei dettagli costruttivi e dell'avanzato stato di degrado di alcuni elementi strutturali, le analisi condotte hanno consentito di verificare che, anche nei confronti di un evento sismico opportunamente scalato (evento sismico rappresentato da un periodo di ritorno $T_R = 30$ anni), al fine di stimare la soglia minima di capacità degli edifici, le verifiche non risultano soddisfatte.

In considerazione di tali risultati, ai sensi del capitolo 8 delle NTC2008, è stato impostato il progetto di adeguamento sismico che ha previsto interventi volti al ripristino delle capacità portanti degli elementi strutturali e l'introduzione di misure atte ad assicurare l'assorbimento delle azioni sismiche in ingresso.

8. PROGETTO DELL'INTERVENTO

Gli interventi in progetto sono finalizzati all'adeguamento statico e sismico dei corpi di fabbrica, oggetto di analisi, in accordo a quanto previsto al pt. 8.4.2. delle NTC2008.

Alla luce di quanto premesso ed in considerazione delle risultanze dei rilievi, delle indagini e delle analisi svolte, il progetto dell'intervento vede interventi atti a ripristinare, in via prioritaria, la capacità portante degli elementi strutturali nei confronti delle azioni verticali al fine di controllare i meccanismi locali e/o fragili, nonché l'introduzione di misure atte ad assorbire l'azione sismica in ingresso. In particolare, nei confronti delle azioni statiche, è previsto il rinforzo con elementi in carpenteria metallica angolari e calastrelli di tutti gli elementi portanti verticali esterni, il rinforzo a flessione con elementi in acciaio delle travi interne, il confinamento con fibre di carbonio degli elementi pilastro interni. Tali interventi prevedono, per tutti gli elementi strutturali (travi, pilastri ed elementi fondali) che si presentino in condizioni di ammaloramento, preliminarmente interventi di risanamento ovvero ripristino. Per quanto attiene invece alla copertura dell'auditorium, sono previsti interventi di rinforzo della stessa per mezzo dell'introduzione di elementi metallici atti a realizzare una struttura reticolare e di una soletta collaborante superiore opportunamente ancorata per mezzo di connettori metallici, al fine di non stravolgere lo schema statico pre-esistente e sostenere adeguatamente le luci di calcolo.

Nei confronti delle azioni sismiche attese al sito è necessario innanzitutto, in considerazione della distribuzione delle masse e delle rigidità, nonché dell'inadeguatezza dei giunti esistenti, prevedere interventi che consentano di contenere eventuali fenomeni di martellamento tra i corpi di fabbrica quando sollecitati da un'azione sismica orizzontale.

A tal proposito, al fine di contenere gli interventi sulle strutture portanti esistenti e di equilibrare la distribuzione delle masse e delle rigidità tra i diversi corpi di fabbrica, il progetto prevede l'unione dei corpi di fabbrica individuati per mezzo dell'introduzione di elementi di connessione metallici opportunamente ancorati alle strutture esistenti disposti tra gli elementi trave di confine al fine di assicurare un vincolo rigido di connessione in accordo a quanto previsto al pt. 7.2.6 del DM 14.01.2008. In tal modo, vengono completamente annullati i modi di vibrazione roto-torsionali propri del Corpo A in quanto i centri delle masse e delle rigidità della struttura costituita dai tre corpi di fabbrica vengono a trovarsi sufficientemente vicini. Tale intervento vede la necessità di prevedere il ripristino di un adeguato giunto sismico tra i corpi A-B-C uniti e il corpo D per mezzo di locali demolizioni e ricostruzioni. In considerazione dell'adeguamento sismico richiesto e al fine di contenere gli interventi sugli elementi strutturali portanti esistenti, sebbene l'unione dei tre corpi di fabbrica produca un sostanziale beneficio in termini di risposta dinamica dell'edificio siffatto nei confronti dell'azione sismica in ingresso, è necessario prevedere anche l'introduzione di un sistema di controvento progettato per assorbire l'azione sismica in ingresso. In particolare, tale sistema di controvento vede l'introduzione di elementi in carpenteria metallica disposti a croce in modo da costituire controventi sismici concentrici, opportunamente disposti lungo i prospetti dell'edificio. Gli elementi pilastro in corrispondenza dei quali è prevista l'introduzione degli elementi di controvento prevedono l'introduzione di adeguati dettagli costruttivi al fine di garantire il trasferimento delle sollecitazioni tra la struttura di controvento siffatta e la struttura portante dell'edificio. In corrispondenza delle strutture verticali che costituiscono il sistema di controventamento è prevista l'introduzione di micropali opportunamente predisposti.

In sintesi, il progetto di adeguamento statico e sismico prevede i seguenti interventi:

- Incremento della capacità portante dei pilastri con angolari e calastrelli ovvero con confinamento in carpenteria metallica;
- Incremento della capacità portante delle travi con elementi in carpenteria

metallica;

- Confinamento dei nodi trave-pilastro con elementi in carpenteria metallica;
- Confinamento di elementi pilastro con fibre di carbonio;
- Interventi atti ad assicurare l'unione dei corpi di fabbrica A, B e C;
- Interventi per adeguare il giunto sismico tra i 3 corpi di fabbrica e il corpo D;
- Introduzione di un sistema di controvento concentrico in carpenteria metallica;
- Rinforzo diffuso delle fondazioni mediante ringrosso e rinforzo locale per mezzo di micropali in corrispondenza degli elementi di controvento;
- Risanamento e consolidamento degli elementi strutturali verticali ed orizzontali ammalorati mediante ricostruzione/protezione delle parti degradate;
- Intervento di rinforzo della copertura dell'auditorium;
- Opere di demolizione/ricostruzione ove necessario di parti strutturali;
- Opere di demolizione/ricostruzione ove necessario di parti non strutturali;
- Rifacimento delle facciate esterne incluse le opere di finitura e lo smontaggio e rimontaggio degli infissi ovvero la loro sostituzione;
- Rifacimento e/o ripristino delle parti interne.

8.1 Incremento della capacità portante dei pilastri con angolari e calastrelli ovvero con confinamento in carpenteria metallica - Incremento della capacità portante delle travi con elementi in carpenteria metallica - Confinamento dei nodi trave-pilastro con elementi in carpenteria metallica

È prevista l'incamiciatura dei pilastri mediante angolari e calastrelli in carpenteria metallica. Obiettivo dell'intervento è quello di incrementare e confinare la sezione resistente dei pilastri, integrare l'armatura longitudinale e migliorarne la connessione in corrispondenza dei nodi. L'intervento previsto consente inoltre di confinare i nodi trave-pilastro.

Per la messa in opera dell'intervento è previsto preliminarmente il risanamento delle armature e dei calcestruzzi degradati. Gli angolari sono vincolati in corrispondenza del piede e della testa dei pilastri, confinando, al contempo, i nodi trave-pilastro.

Per gli elementi trave è previsto il rinforzo per mezzo di elementi in carpenteria metallica opportunamente predisposti. Obiettivo dell'intervento è quello di incrementare e confinare la sezione resistente delle travi, integrare l'armatura a flessione e taglio e migliorarne la connessione in corrispondenza dei nodi.

8.2 Confinamento di elementi pilastro con fibre di carbonio

Per gli elementi pilastro interni è previsto il confinamento mediante l'apposizione di fibre di carbonio a doppio strato previa pulizia e preparazione del sottofondo con applicazione del primer e rasante epissodico. Obiettivo dell'intervento è quello di incrementare la capacità portante degli stessi, a pressoflessione ed a taglio.

Per la messa in opera dell'intervento è previsto preliminarmente il risanamento delle eventuali armature ossidate e delle parti di calcestruzzo ammalorate mediante il reintegro e passivazione delle armature, se necessario, e ricostruzione dei copriferri. Nel caso di pilastri a sezione rettangolare è previsto l'arrotondamento degli angoli in modo da avere un raggio di curvatura non inferiore ai 2 cm in accordo alle CNR –DT 200 R1/2013.

8.3 Interventi atti ad assicurare l'unione dei corpi di fabbrica A, B e C - Interventi per adeguare il giunto sismico tra i 3 corpi di fabbrica e il corpo D

Al fine di contenere gli interventi sulle strutture portanti esistenti e di equilibrare la distribuzione delle masse e delle rigidità tra i diversi corpi di fabbrica, il progetto prevede l'unione dei corpi di fabbrica individuati per mezzo dell'introduzione di elementi di connessione metallici opportunamente ancorati alle strutture esistenti disposti tra gli elementi trave di confine al fine di assicurare un vincolo rigido di connessione in accordo a quanto previsto al pt. 7.2.6 del DM 14.01.2008. Per la messa in opera dell'intervento è prevista preliminarmente la rimozione del copriferro delle travi di confine, la predisposizione di elementi metallici opportunamente piegati e ancorati alle armature preesistenti e inghisate nelle travi di confine e successivo getto con calcestruzzo tipo SCC a ritiro controllato tra le travi in modo da realizzare un vincolo infinitamente rigido. Il getto di calcestruzzo può essere fatto contemporaneamente al getto previsto per il reintegro delle travi di confine.

In considerazione dell'inadeguatezza dei giunti è previsto il ripristino di un adeguato giunto sismico tra i corpi A+B+C uniti e il corpo D per mezzo di locali demolizioni e ricostruzioni.

8.4 Introduzione di un sistema di controvento concentrico in carpenteria metallica

E' progettato un sistema di controvento concentrico realizzato per mezzo di per mezzo di colonne HEA320 e HEA260 e diagonali tubolari $\phi 245$ spessore 8mm disposte a croce, opportunamente predisposti lungo i prospetti dell'edificio in modo da contenere la risposta dinamica dell'edificio nei confronti dell'azione sismica attesa.

Al fine di contenere gli interventi sugli elementi portanti esistenti, il progetto dei controventi è stato eseguito in modo che gli stessi assorbano esclusivamente l'azione sismica in ingresso. Al fine di impedire che l'introduzione dei controventi possa compromettere la funzionalità degli ambienti scolastici gli stessi sono previsti disposti essenzialmente lungo il profilo esterno.

I profili metallici sono previsti opportunamente ancorati agli interventi di rinforzo predisposti in corrispondenza degli elementi pilastro. In particolare, è prevista l'introduzione di adeguati dettagli costruttivi al fine di garantire il trasferimento delle sollecitazioni tra la struttura di controvento siffatta e la struttura portante in calcestruzzo armato dell'edificio.

8.5 Rinforzo delle fondazioni mediante ringrosso ed aumento della capacità portante con ausilio di micropali in corrispondenza degli elementi di controvento

Per gli elementi fondali esposti, disposti lungo il perimetro dell'edificio, è previsto il risanamento delle armature e dei calcestruzzi degradati, nonché un ringrosso prevedendo la predisposizione di armatura suppletiva longitudinale e di staffatura verticale da ancorare alla trave di fondazione esistente mediante predisposizione ed inghisaggi chimici di opportuna profondità e successivo getto di completamento. Particolare attenzione deve essere posta in corrispondenza del nodo pilastro - trave di fondazione anche in considerazione dei rinforzi previsti per gli elementi pilastro come indicato nelle fasi esecutive negli elaborati grafici.

In corrispondenza degli elementi di controvento, anche al fine di evitare il

sovraccarico degli elementi fondali esistenti, è prevista l'introduzione di micropali di fondazione. Tali micropali verranno realizzati prevedendo di attraversare la soletta delle travi di fondazioni esistenti e, successivamente, di solidarizzare gli stessi alle travi di fondazione preesistenti per mezzo di idonee armature e profili in acciaio di ancoraggio. I micropali saranno realizzati mediante una perforazione del diametro di almeno 250mm, riempita in calcestruzzo ed armati mediante tubolare $\phi 160$ dello spessore di 10mm in acciaio S355. I micropali avranno una profondità non inferiore a 15 metri. Negli ultimi 8 metri è prevista la predisposizione di valvole atte a favorire una sbulbatura diffusa del micropalo negli strati più profondi.

8.6 Risanamento e consolidamento degli elementi strutturali verticali ed orizzontali ammalorati mediante ricostruzione/protezione delle parti degradate

Per gli elementi strutturali (travi, pilastri ed elementi fondali) che si presentino in condizioni di ammaloramento, sono previsti interventi di risanamento ovvero ripristino. In particolare nel caso di barre di armatura esposte e/o in stato di ossidazione è previsto il trattamento superficiale con malta del tipo Mapefer e ripristino del copriferro con Mapegrout T40 applicato a cazzuola. Nei casi di evidenti nidi di ghiaia si prevede il ripristino con l'utilizzo di Mapegrout T40 applicato a cazzuola. Nei casi di espulsione del copriferro si prevede la rimozione preliminare dell'intonaco e del calcestruzzo deteriorato mediante scarificazione, pulizia delle armature mediante spazzolatura, trattamento dei ferri con malta del tipo Mapefer e ripristino del copriferro con Mapegrout T40 applicato a cazzuola. Il ripristino del copriferro con l'utilizzo di Mapegrout T40 applicato a cazzuola è previsto anche nei casi di evidenti nidi di ghiaia.

8.7 Intervento di rinforzo della copertura dell'auditorium

In considerazione dello stato di fatto in cui versa la copertura dell'auditorium, con le travi in carpenteria metallica notevolmente deformate per instabilità flessione-torsionale, nell'ottica di non modificare lo schema statico originario e di non modificare la distribuzione delle sollecitazioni negli elementi portanti, è previsto il rinforzo dell'intera copertura (manto sovrastrante e strutture portanti) per mezzo dell'introduzione di elementi metallici atti a realizzare una struttura reticolare, al fine di non stravolgere lo schema statico pre-esistente e

sostenere adeguatamente le luci di calcolo.

Sul corrente superiore della travatura reticolare è prevista una soletta collaborante che andrà opportunamente collegata per mezzo di connettori metallici a gambo cilindrico. Preliminarmente alla messa in opera della nuova struttura di copertura è previsto il risanamento e ripristino degli elementi pre-esistenti ammalorati e in corrispondenza dei nodi di appoggio.

8.8 Opere di demolizione/ricostruzione ove necessario di parti strutturali -Opere di demolizione/ricostruzione ove necessario di parti non strutturali -Rifacimento delle facciate esterne incluse le opere di finitura e lo smontaggio e rimontaggio degli infissi ovvero la loro sostituzione - Rifacimento e/o ripristino delle parti interne.

Al fine di mettere in opera gli interventi previsti in progetto è necessario prevedere locali demolizioni/ricostruzioni di parti strutturali ovvero non strutturali. Preliminarmente alla predisposizione di qualsiasi intervento di demolizione è necessario prevedere di mettere in atto tutte le opportune misure necessarie ad assicurare che gli interventi vengano eseguiti in condizioni di sicurezza. Per quanto attiene alle facciate esterne, per la messa in opera degli interventi di progetto, è previsto lo smontaggio e il rimontaggio ovvero la sostituzione degli infissi.

9. ANALISI E VERIFICHE CONDOTTE – STATO DI PROGETTO

Le analisi condotte nelle condizioni di progetto mostrano il completo soddisfacimento delle verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU). Le analisi dinamiche lineari condotte nelle condizioni di progetto mostrano il completo soddisfacimento delle verifiche allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

10. CONCLUSIONI

L'impostazione progettuale e le modalità di verifica dei corpi A, B e C sono state condotte secondo le indicazioni prescrittive e prestazionali delle norme tecniche per le costruzioni allegate al DM2008 e relativa Circolare applicativa 617/2009, e riflettono il livello di conoscenza che è stato possibile acquisire sulla scorta delle prove e delle indagini

autorizzate e commissionate dall'Amministrazione.

Le verifiche di sicurezza condotte, in accordo al cap.8 delle norme tecniche allegato al DM2008 ed al punto C8.3 della Circ. 617/09, hanno consentito di stabilire quali provvedimenti adottare al fine di perseguire l'adeguamento sismico richiesto in accordo ai criteri di sicurezza imposti dalle NTC2008.

Il progetto dell'intervento ha visto preliminarmente il ripristino/consolidamento degli elementi strutturali portanti al fine di incrementarne la capacità portante nei confronti delle azioni statiche. Al fine di assorbire l'azione sismica in ingresso, è prevista l'introduzione di un sistema di controvento che vede l'unione dei tre corpi di fabbrica opportunamente vincolati in modo da contenere gli effetti dinamici roto-torsionali e l'introduzione di elementi in carpenteria metallica disposti a croce opportunamente predisposti lungo i prospetti esterni dell'edificio siffatto a formare un sistema supplementare di controvento concentrico tale da assorbire l'azione sismica in ingresso. Per quanto attiene alle fondazioni, nelle fasi di realizzazione, particolare attenzione deve essere posta agli elementi fondali ed in particolare alle connessioni con i pilastri in corrispondenza dei nodi. A tal proposito potrebbe essere opportuno prevedere, nelle fasi esecutive, anche in considerazione dei carichi agenti nelle condizioni di progetto, il monitoraggio di eventuali cedimenti fondali.

Si evidenzia, infine, che poiché il progetto riguarda un intervento di adeguamento di una struttura esistente non si esclude che, in corso d'opera, sulla base delle ulteriori conoscenze che si acquisiranno, si possa rendere necessario apportare modifiche locali e/o estensioni degli interventi previsti.

Si osserva, infine, che gli edifici analizzati sono parte di un complesso scolastico più ampio e, pertanto, in considerazione dei risultati delle valutazioni di sicurezza dei corpi A, B e C, si ritiene opportuno evidenziare la necessità di valutare le condizioni di sicurezza dei restanti corpi costituenti il complesso scolastico.

Fisciano, aprile 2015

ing. Ivana Marino, Ph.D.