

LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI RAGUSA

IV SETTORE - LAVORI PUBBLICI ED INFRASTRUTTURE

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PROPRIETÀ DEL LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI RAGUSA LOTTO 3 - CIG 9165541BB2

ADEGUAMENTO SISMICO DELL'I.I.S. G. CURCIO IN VIA ASINARA - ISPICA (RG)
Finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

CAPOGRUPPO

Ing. Luciano Lentini

R.U.P. Ing. Filippo Agosta

MANDANTI

Arch. Giuseppe Marotta
SG.Inarch srls
Ing. Antonino Carmelo Allegra Filosico
Arch. Francesca Cuva



RELAZIONE TECNICA GENERALE

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

DATA EMISSIONE

AGOSTO 2022

SCALA

-

DOCUMENTO

A	R	C	0	0	1
---	---	---	---	---	---

RELAZIONE TECNICA GENERALE

1. PREMESSA

La presente relazione forma parte iniziale ed integrante dei documenti progettuali per il servizio tecnico di *"Adeguamento sismico dell'I.I.S. G. Curcio sito in Ispica (RG) Via Asinara s.n.c. - Lotto n. 3 (CIG 9165541BB2)"*, aggiudicato allo scrivente RTP con determinazione dirigenziale prot. n. 12612 del 22/06/2022.

Il presente elaborato segue una prima fase di studio, relativa alla "Valutazione di vulnerabilità sismica" redatta dal R.T.P. rappresentato dall'Ing. Salvatore Misuraca che ha determinato, sulla base delle calcolazioni effettuate, gli interventi necessari per l'adeguamento strutturale del plesso scolastico sito in Via Asinara - Ispica (RG), secondo quanto stabilito dall'Ordinanza del P. C. M. n. 3274 del 2003 che ha reso obbligatoria la verifica sismica degli edifici strategici e sulla base del D. M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni – NTC 2018" che ha fissato i parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto, calcolati direttamente per il sito in esame.

Tale complesso strutturale oggetto di trattazione è attualmente adibito ad Edificio Scolastico denominato "G. Curcio", di proprietà Libero Consorzio Comunale di Ragusa, e risulta architettonicamente come un unico fabbricato costituito da due corpi di fabbrica (vedi foto) opportunamente giuntati ed edificati intorno gli anni 90.



Di seguito viene dettagliatamente descritto il percorso seguito nell'elaborazione del progetto definitivo-esecutivo.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'edificio scolastico Istituto IISS Gaetano Curcio è ubicato in un'area al margine del centro urbano, a ridosso di un banco roccioso. Posto al centro di un ampio terreno di pertinenza recintato, è costituito da blocchi di forma parallelepipedica contigui ed omogenei, con sviluppo planimetrico a *stecca rettilinea* e orientamento secondo l'asse Sud-Est.

L'area di ingresso all'edificio è destinata a parcheggio mentre la parte retrostante è attrezzata per le attività sportive all'aperto, con un campo da gioco polivalente con pavimento a quarzo.

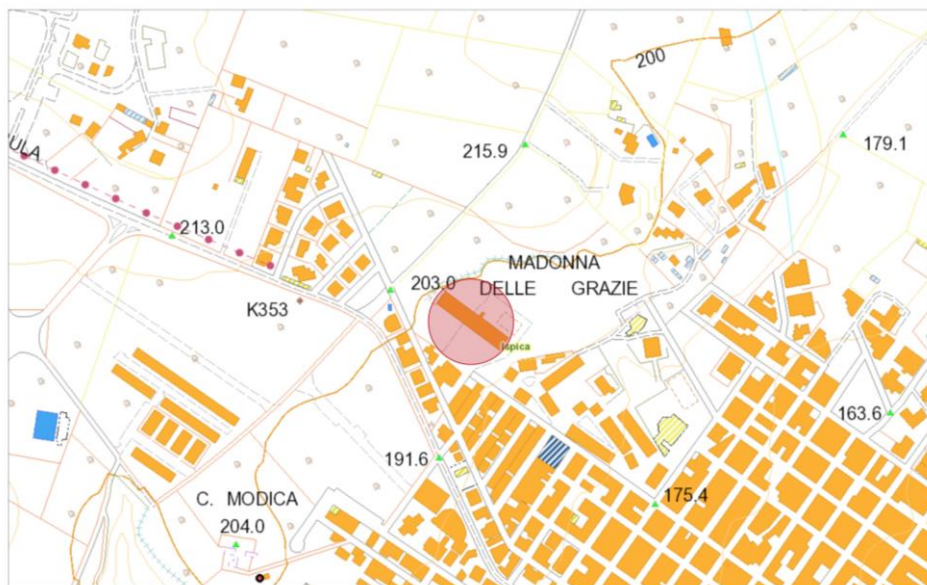


Figura 1 - Corografia con localizzazione edificio



Figura 2 - Aerofoto con localizzazione edificio

3. DESCRIZIONE DEI CORPI DI FABBRICA

L'edificio scolastico è composto da due corpi di fabbrica giuntati tra loro. Si sviluppa su due elevazioni fuori terra a cui si aggiunge il piano del terrazzo, calpestabile e protetto da guaina bituminosa. Al centro una successione di piccole cupole in polycarbonato illumina la sottostante doppia altezza, su cui si sviluppano le aule didattiche ed i laboratori.

La tipologia strutturale è comune a tutti i corpi di fabbrica ed è identificabile come struttura in cemento armato di tipo intelaiato (travi e pilastri) con solai misti in c.a. e polistirolo prefabbricato e tamponamenti esterni in forati a cassetta.

L'ingresso principale dell'edificio scolastico è prospiciente la via Asinara mentre gli altri

prospetti si affacciano su terreni confinanti e su fabbricati principalmente a destinazione residenziale.

Come si evince dagli elaborati planimetrici allegati alla presente relazione, l'edificio scolastico è composto da:

- “Corpo Aule” (Corpo A) costituito da: biblioteca, archivio, presidenza, sala professori, aule didattiche, e servizi igienici (piano terra);
 - “Corpo Laboratori” (Corpo B) costituito da laboratori, aule e servizi igienici (primo piano);
- L'edificio scolastico si sviluppa su un'area di circa 1850 mq ed è caratterizzato da una forma rettangolare allungata. Il piano terra è costituito da aule didattiche, locali amministrativi e servizi igienici.

Al piano primo si sviluppano le aule didattiche, le aule adibite a laboratorio e i servizi igienici. La copertura è del tipo piano ed è composta al centro, come già accennato, da cupole che fungono da lucernari.

4. DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO

I risultati delle indagini effettuate, degli studi eseguiti e delle valutazioni geotecniche operate, parte integrante degli elaborati di verifica in oggetto, fanno riferimento per le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione ai dati riportati nella **Relazione geologica** redatta dal Dott. Geol. Domenico Lazzara.

Per definire la natura geolitologica del substrato su cui insistono le fondazioni dell'edificio scolastico si è fatto riferimento ai numerosi dati desunti dalla bibliografia e dai precedenti studi geologici, corredati da indagini geognostiche, effettuati nel territorio comunale.

Lo studio geolitologico di dettaglio, per fornire le caratteristiche geomeccaniche delle rocce di fondazione della struttura in oggetto, che serve al progettista per le verifiche di stabilità globale terreno di fondazione-struttura, è stato dedotto dalla consultazione della relazione di variante al PRG redatta dal geologo Cannata nel 2018 per la riclassificazione urbanistica di un'area limitrofa a quella in oggetto oltre che dalla consultazione della relazione geologica redatta nel 1988 dal geologo Monaco per la costruzione dell'istituto in oggetto.

Le caratteristiche sismiche dell'area sono state dedotte dall'elaborazione di due sondaggi sismici del tipo MASW, con uno stendimento a 24 geofoni.

Pertanto, alla luce di quanto emerso dalle precedenti indagini realizzate in zona, su terreni della medesima natura di quelli affioranti nell'area in cui è stata edificata la scuola, è stato possibile definire le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del substrato di fondazione.

La zona, comprendente l'area in esame, ricade nel settore nord occidentale della tavoletta al 25.000 "ISPICA", Il N.E. F°276 e si trova in via Asinara s.n. nella periferia settentrionale del centro abitato.

L'assetto morfologico della zona, riflette la natura litologica dei terreni affioranti, quindi il loro grado di resistenza ai processi erosivi e l'intensità di quest'ultimi è il risultato dell'erosione chimica e meccanica dei terreni carbonatici da parte delle acque di ruscellamento superficiale ed incanalate.

L'area, oggetto di studio, ricade sul versante sud orientale del rilievo collinare Crocifia, di quota 240 m s.l.m., di forma irregolare che presenta una morfologia eterogenea alternando tratti sub-pianeggianti con forme ondulate e arrotondate a tratti con versanti più o meno acclivi, incisi da impluvi e solchi erosivi a carattere pluviale, dove durante le piogge invernali si può assistere ad un ruscellamento concentrato.

L'area interessata dall'adeguamento sismico, posta alla quota di 196 m s.l.m., è inclinata verso ESE con una pendenza media intorno a 7% e poiché in parte è stata scavata per ricavarne materiale da costruzione risulta divisa in due parti da un gradone secondo la direzione NNE SSW con una alzata di circa 3 metri a partire da NNE per finire a zero metri a SSW.

In particolare l'area in esame è caratterizzata da un'alternanza calcarenitico-marnosa composta da calcareniti a macroforaminiferi biancastri, ben cementati, aventi generalmente spessore compreso tra i 30 e i 60 cm, tali calcareniti sono alternati a strati calcareo-marnosi bianco giallastro di spessore compreso tra 5 e 30 cm.

Questi terreni hanno una permeabilità relativa media alta per fessurazione e carsismo.

Categoria di suolo e condizioni topografiche ai sensi delle NTC 2018 ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è stata valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di suolo e le condizioni topografiche del sito di interesse. La determinazione del tipo di suolo, secondo normativa, può essere basata sulla stima dei valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio VS_{30} entro i primi 30 metri di profondità ovvero sul numero medio di colpi $NSPT_{30}$ ottenuti da prove penetrometriche dinamiche nei terreni ovvero sulla coesione non drenata media c_{u30} .

Per quanto riguarda l'aspetto legato all'amplificazione dei terreni in relazione all'azione sismica, l'elaborazione dei risultati ha evidenziato che la **categoria di suolo di fondazione può essere assunta di tipo B**.

Per ogni ulteriore approfondimento si rimanda alla citata relazione geologica e relativi allegati.

5. PROCEDURA ADOTTATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Secondo quanto riportato nelle normative di riferimento:

- DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- Circ. C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

- Circ. C.S.LL.PP. 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, pubblicata su S.O. n°27 alla G.U. 26 febbraio 2009, n°47, di seguito Circ.09;
- DPCM 21 ottobre 2003 - Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica», pubblicato sulla G.U. n° 252 del 29 ottobre 2003. Agli artt. 8.5 e C8.5.2.2, per la valutazione dei livelli di adeguatezza sismica dell'edificio in esame sono state applicate le procedure esposte nell'allegata relazione strutturale.

6. ANALISI STORICO-CRITICA DELL'EDIFICIO (punto 8.5.1. NTC)

Si è fatto riferimento al lavoro di ricerca documentale richiamato nello studio di vulnerabilità sismica messo a disposizione dalla Stazione Appaltante. Da quanto si rileva, i professionisti che si sono occupati della valutazione preventiva del rischio sismico dell'edificio scolastico in oggetto, hanno fatto riferimento alla documentazione rinvenuta presso gli archivi dell'Ufficio del Genio Civile di Ragusa e degli elaborati consultati presso gli archivi del Comune di Ispica, riuscendo in tal modo a ricostruire la storia partendo dall'epoca di costruzione.

Per semplicità, si richiama di seguito parte dell'analisi storica contenuta nello studio allegato al progetto.

"Il primo stralcio relativo al "Progetto per la costruzione di un edificio per Istituti Professionali nel Comune di Ispica" fu affidato all'architetto Salvatore Guarneri, progettista e direttore dei lavori, per l'importo complessivo di L. 1.000.000.000 di cui L. 773.736.195 a base d'asta e 226.263.805 per somme a disposizione dell'Amm.ne comunale. Il progetto venne approvato con delibera del C.C. n. 152 del 06-11-1984 legittimata dalla C. di Ragusa al n. 10735 del 10-11-1984. Il progetto delle strutture invece fu redatto dall'Ing. Maurizio Mangiavillano.

A seguito di licitazione privata i lavori vennero provvisoriamente aggiudicati all'impresa Siciliana Costruzioni S.p.a. con sede in S. Cataldo. In data 16-05-1988 la D.L. procedeva alla consegna dei lavori, che stante i tempi contrattuali, dovevano essere ultimati entro il 05-05-1990. I lavori furono iniziati in data 29-07-1988 e ultimati in data 29-05-1989 (cfr. relazione a struttura ultimata).

Il progetto del primo stralcio riguardava la realizzazione del corpo aule e la realizzazione parziale del corpo laboratori relativamente alle strutture in c.a., al massetto di pavimentazione, alla tompagnatura esterna e al solaio di copertura.

Si evince dal carteggio rinvenuto che il collaudatore delle strutture relativo al primo stralcio fu l'arch. Carmelo Lombardo. Le opere furono collaudate in data 04-04-1995.

In seguito all'entrata in vigore della legge n. 9/86 e all'art. 7 della L.R. 09-08-1988 n. 15 le competenze per gli immobili destinati a Istituti tecnici e professionali passarono dai Comuni

alle province Regionali.

Con delibera della Giunta Provinciale di Ragusa del 18-09-1997 n. 164 venne affidato l'incarico del progetto di "Progetto di modifica e completamento dell'Istituto professionale IPSIA di Ispica" ai tecnici arch. Giuseppe Lo Presti e all'ing. Giovanni Occhipinti.

Il progetto relativo ai "Lavori di modifica e completamento del corpo esistente dell'IPSIA di Ispica" comprendeva i lavori di modifica del primo stralcio relativo agli infissi esterni e alle aperture, modifiche dell'impianto elettrico e dell'impianto di riscaldamento. Le opere da completare invece riguardavano: la realizzazione di coperture e lucernari mancanti come da progetto originario, tramezzature interne, realizzazione di aperture, servizi igienici, realizzazione di impianto idrico, antincendio e opere di finiture varie. Il progetto prevedeva inoltre la realizzazione degli spazi esterni e dell'area impianti sportivi.

I lavori furono affidati all'Impresa Elettrotecnica Generale s.r.l. con contratto n.21035 del 03-04-2000 n.21035 di rep. registrato a Ragusa in data 19-04-2000 al n. 621 Serie I.

I lavori vennero consegnati il 22 Aprile 2000 e il termine di consegna era fissato per il 24-05-1996. In data 20-11-2000 fu redatta una perizia di variante e suppletiva approvata dalla Giunta Provinciale con deliberazione n.122 del 21-02-2001. Con nota dell'8-03-2001 prot. 15728 l'Amministrazione Provinciale autorizzava la redazione di una seconda perizia di variante e suppletiva. La seconda perizia redatta in data 31 Maggio 2001 è stata approvata con determinazione n. 5737 del 18-10-2001 con la stipula di un secondo atto aggiuntivo registrato in data 07-12-2001.

L'ultimazione effettiva dei lavori e il collaudo delle strutture in c.a. del secondo stralcio non sono stati rinvenuti.

Si riporta in forma tabellare l'elenco della documentazione reperita."

DOCUMENTO	DATA	DESCRIZIONE
Contratto d'appalto I stralcio	1987	"Progetto per la costruzione di un edificio per Istituti Professionali nel Comune di Ispica"
Calcoli delle strutture in c.a.	Novembre 1987	Corpo aule e Corpo laboratori
Relazione tecnica progetto di completamento	1999	"Lavori di modifica e completamento del corpo esistente dell'IPSIA di Ispica"
Autorizzazione Genio Civile Ragusa I stralcio	10-05-1988	I Autorizzazione rilasciata ai sensi dell'art.17 legge 02/02/1974 n.64 con posiz. n. 5655 del 10-05-1988
Autorizzazione Genio Civile Ragusa I stralcio Integrazione	20-10-1988	II Autorizzazione integrazione all'autorizzazione originaria rilasciata ai sensi dell'art.18 legge 02/02/1974 n.64 con posiz. n. 14442 del 20-10-1988

Relazione a struttura ultimata I stralcio	29-05-1989	Relazione a struttura ultimata depositata il 06- 07-1989 n.5912 - "Progetto per la costruzione di un edificio per Istituti Professionali nel Comune di Ispica" Progettista e D.L. Arch. S. Guarneri; Impresa: Siciliana Costruzioni.
Certificato collaudo statico strutture in c.a. (parziale*)	30-03-1992	Relazione di Collaudo Statico delle strutture in c.a. – "Lavori per la costruzione di un edificio per Istituti Professionali nel Comune di Ispica – I stralcio" depositato il 02-04-1992 al n.5912-87
Verbale di prova di carico su solai	03-08-1989	Depositata il 02/04/1992 al n. 5912/87;

Dunque da quanto si evince dall'analisi storica sopra richiamata, è stato possibile accertare che per l'edificio scolastico in oggetto sono stati rinvenuti gli atti di cui la legge n.1086/71.

7. RILIEVO (punto 8.5.2. NTC)

I sottoscritti affidatari del servizio di progettazione esecutiva, sulla scorta delle elaborazioni grafiche redatte dal RTP che si è precedentemente occupato del servizio di verifica sismica preventiva, ha condotto un accertamento a campione delle principali dimensioni geometriche dei corpi di fabbrica che compongono il complesso scolastico.

Si è avuto modo dunque di accertare quanto segue e già rilevato nello studio di verifica sismica allegato al presente progetto: "La tipologia prevalente strutturale è intelaiata con solai del tipo prefabbricato a pannelli composto da travetti tralicciati, polistirolo avente funzione di alleggerimento e da 5 cm di caldana (spessore totale 29 cm). Lo spessore del solaio di copertura è pari a 25 cm.

I corpi che compongono l'edificio si distinguono in:

- **Corpo aule (di seguito denominato "Corpo A")**: caratterizzato da una distribuzione planimetrica regolare e composto da due elevazioni fuori terra. L'edificio ha un'estensione planimetrica media di 1925 mq e la copertura è del tipo piano. L'altezza interna è pari a 3,05 m sia al piano terra che al primo piano.
- **Corpo laboratori (di seguito denominato "Corpo B")**: caratterizzato da una distribuzione planimetrica regolare e composto da un'unica elevazione fuori terra con un'estensione planimetrica media di 814 mq e con copertura è del tipo piano. L'altezza interna è pari a 4,00 m. Sulla scorta della documentazione consultata dai professionisti incaricati della verifica sismica preventiva presso gli archivi del Comune di Ispica, si evince che la fondazione dell'intero complesso scolastico è di tipo diretto (travi rovesce).

8. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI DELLE STRUTTURE ESISTENTI

(punto 8.5.3. NTC)

Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si è basati sulla documentazione fornita dal Libero Consorzio Comunale di Ragusa a seguito delle verifiche sismiche e SFTE redatti dal R.T.P. rappresentato dall'Ing. Salvatore Misuraca.

L'ispezione visiva di dettaglio eseguita sui due corpi di fabbrica oggetto della verifica sismica ha consentito di accertare lo stato di conservazione degli elementi strutturali principali e secondari.

Sia pilastri che travi indistintamente per tutti i corpi di fabbrica esaminati tenuto conto dell'età, delle tecniche costruttive del tempo, delle prestazioni dei materiali da costruzione del tempo si presentano in buono stato di conservazione.

Tuttavia nel corso dei rilievi strutturali di dettaglio è stata accertata la presenza di alcune criticità che di seguito si richiamano (vedi foto di seguito riportate):

- i prospetti principali dei vari corpi di fabbrica sono interessati da diffusi fenomeni di espulsione del copriferro in corrispondenza di travi e pilastri di testata;
- al piano primo in corrispondenza del giunto di collegamento tra i due corpi sono presenti delle lesioni che non interessano comunque parti strutturali ma soltanto elementi in muratura;



Lesioni in corrispondenza delle travi di copertura



Particolare lesione in corrispondenza della copertura del primo piano



Lesioni su pilastro esterno ed in corrispondenza delle travi

Prove sui calcestruzzi

Sono stati estratti **n. 18 campioni** cilindrici di calcestruzzo indurito. L'ubicazione dei siti di prelievo è illustrato negli elaborati grafici allegati alla presente relazione (vedi elaborato Indagini strutturali).

Nella tabella sottostante si riporta il calcolo della resistenza a compressione cubica

caratteristica e media determinate a partire dai risultati di laboratorio ottenuti secondo le indicazioni contenute nelle “*LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO IN OPERA*” versione Settembre 2017, documento licenziato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Risultati prove di schiacciamento provini cilindrici (Linee Guida Settembre 2017) - numero carotaggi tra maggiore o eguale a 15

Provino	Ubicazione	Diametro provino [mm]	Lunghezza provino [mm]	Rapporto h/d	Rc [Mpa]	Fd	Rc,is [Mpa]
C1	Trave PT	94,0	94,0	1	17,92	1,11	19,86
C2	Pilastro PT	94,0	93,8	1	19,89	1,10	21,89
C3	Pilastro PT	94,0	94,2	1	18,91	1,10	20,88
C4	Pilastro P1	94,0	93,8	1	17,98	1,11	19,92
C5	Pilastro P1	94,0	93,7	1	19,66	1,10	21,65
C6	Trave P1	94,0	93,9	1	18,86	1,10	20,83
C7	Trave P1	94,0	94,0	1	19,80	1,10	21,80
C8	Pilastro P1	94,0	93,9	1	20,88	1,10	22,89
C9	Trave P1	94,0	93,7	1	20,13	1,10	22,13
C10	Pilastro P1	94,0	93,8	1	18,70	1,11	20,67
C11	Pilastro P1	94,0	93,8	1	17,83	1,11	19,77
C12	Trave P1	94,0	93,9	1	20,58	1,10	22,59
C13	Trave P1	94,0	93,7	1	20,71	1,10	22,72
C14	Trave P1	94,0	93,8	1	20,22	1,10	22,22
C15	Pilastro P1	94,0	93,7	1	19,70	1,10	21,69
C16	Trave PT	94,0	93,7	1	18,89	1,10	20,86
C17	Pilastro PT	94,0	93,8	1	20,42	1,10	22,43
C18	Pilastro PT	94,0	93,7	1	19,71	1,10	21,70

21,47	f _{m(n),is}
19,77	f _{is,lowest}
0,97	s

la resistenza cilindrica (cubica) caratteristica in sito $f_{ck,is}$ ($R_{ck,is}$) è il valore inferiore tra: $f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1.48 \cdot s$

$f_{ck,is} = f_{is, lowest} + 4$

dove:

n = numero di campioni prelevati

$f_{m(n),is}$ = valore medio della resistenza a compressione degli n campioni (rammentando che per ciascun campione (i), la resistenza $f(i)$ deve essere moltiplicata per il relativo Fattore di disturbo $F_d(i)$)

$f_{is, lowest}$ = valore minore fra le resistenze degli n campioni

s = scarto quadratico medio

$f_{ck,is} = 20,04 \text{ Mpa}$

$f_{ck,is} = 23,77 \text{ Mpa}$

$R_{ck,is} = 20,04 \text{ Mpa}$

$R_m = 21,47 \text{ Mpa}$

Come si evince dai risultati del calcolo si è ottenuto un valore di resistenza a compressione caratteristica pari a **20,04 N/mm²** e un valore di resistenza a compressione medio pari a **21,47 N/mm²**. Il valore caratteristico riscontrato è più basso rispetto alla resistenza caratteristica assunta in fase di progetto ($R_{ck}=25 \text{ Mpa}$).

Prove sulle armature metalliche

L'ubicazione dei siti di prelievo è illustrata negli elaborati grafici allegati alla presente relazione (vedi elaborato Indagini strutturali).

Al fine di verificare lo stato di conservazione ed il mantenimento delle originarie caratteristiche meccaniche sono stati eseguiti un totale di **n.4 estrazioni di campioni di armatura metallica** in corrispondenza di travi e pilastri.

I campioni di armatura estratti sono stati successivamente sostituiti con spezzoni di armatura metallica nuova, saldati in situ in corrispondenza delle sconnessioni eseguite per il prelievo.

Nella tabella seguente, vengono illustrati i risultati delle prove di trazione condotte sui campioni estratti.

Sigla	Posizione in opera	Diametro provino (mm)	Data prova	Tipo di acciaio	Tensione di snervamento (N/mm ²)	Tensione di rottura (N/mm ²)	Ag (%)
A1	Pilastro quota 0,00	14	10-11-2020	liscio	317,46	444,93	29,7
A2	Trave Quota 2,50	12	10-11-2020	liscio	531,05	632,17	13,4
A3	Trave quota 6,50	20	10-11-2020	liscio	608,21	656,45	4,8
A4	Pilastro quota 6,50	16	10-11-2020	liscio	573,30	643,71	20,5

Nella scheda di calcolo seguente, vengono illustrate invece le calcolazioni relative alla determinazione dei valori medi della tensione di snervamento e della tensione di rottura. Sui 4 campioni è stata eseguita una prova di trazione presso il Laboratorio Geoservice s.r.l. con sede in Favara.

Resistenza caratteristica a trazione acciaio in opera

Riferimento :

Istituto IISS Gaetano Curcio, via Asinara s.n., Sezione IPSIA Ispica (RG)

	RESISTENZA sperimentale	Fy	Ft	Certificat o n.	
		<i>Mpa</i>	<i>Mpa</i>		
	valori medi:	520,14	636,48		
1	A1 Trave PT	541,92	629,21	599-20-b	
2	A2 Pilastro PT	486,46	640,13	599-20-b	
3	A3 Pilastro P1	469,60	630,79	599-20-b	
4	A4 Trave P1	582,56	645,80	599-20-b	

Snervamento medio in opera
Resistenza a rottura media

Fy
Ft

520,14 N/mm²
636,48 N/mm²

Nei calcoli di verifica sismica preventiva si è fatto cautelativamente riferimento ad un **acciaio Feb38k** così come previsto nel progetto originario. Tuttavia, sulla scorta dei risultati sopra illustrati, al fine di ridurre l'invasività degli interventi di rinforzo degli elementi strutturali, si è preferito in sede di analisi computazionale del progetto di adeguamento sismico in oggetto, fare riferimento ad un acciaio **Feb44k** (coerentemente alle risultanze delle prove di laboratorio).

9. LIVELLI DI CONOSCENZE E FATTORI DI CONFIDENZA (punto 8.5.4. NTC)

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi di miglioramento o adeguamento sulle costruzioni esistenti, secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018, vanno eseguite nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU), con specifico riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana (SLV), o in alternativa, allo Stato Limite di Collasso (SLC). Nel caso in cui si effettui la verifica anche nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE), i relativi livelli di prestazione possono essere stabiliti dal Progettista in accordo con il Committente.

La valutazione della sicurezza di una costruzione esistente è strettamente legata alla conoscenza della medesima. Le Norme Tecniche per le Costruzioni e la relativa Circolare Esplicativa ed Appendice definiscono diversi Livelli di Conoscenza; in funzione di tale Livello di Conoscenza è necessario applicare un ulteriore coefficiente di sicurezza del materiale, chiamato Fattore di Confidenza, e stabilire il tipo di analisi che è possibile svolgere.

I Livelli di Conoscenza, definiti in normativa, sono di seguito riportati:

- **LC1: Conoscenza Limitata;**
- **LC2: Conoscenza Adeguata;**
- **LC3: Conoscenza Accurata.**

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- **Geometria**, ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali,
- **Dettagli strutturali**, ossia la quantità e disposizione delle armature, compreso il passo delle staffe e la loro chiusura, per il c.a., i collegamenti per l'acciaio, i collegamenti tra elementi strutturali diversi, la consistenza degli elementi non strutturali collaboranti,
- **Materiali**, ossia le proprietà meccaniche dei materiali.

Il Livello di Conoscenza acquisito determina il metodo di analisi ed i Fattori di Confidenza da applicare alle proprietà dei materiali. Le procedure per ottenere i dati richiesti sulla base dei disegni di progetto e/o di prove in-situ sono descritte nel seguito per gli edifici in c.a. e acciaio. La relazione tra livelli di conoscenza, metodi di analisi e fattori di confidenza è illustrata nelle tabelle di seguito riportate.

LC1: Conoscenza limitata

Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso viene effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni.

I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare.

Dettagli costruttivi: i dettagli non sono disponibili da disegni costruttivi e sono ricavati sulla base di un progetto simulato eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione. È richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire verifiche locali di resistenza.

Proprietà dei materiali: non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, né da disegni costruttivi né da certificati di prova. Si adottano valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca convalidati da limitate prove in-situ sugli elementi più importanti.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza limitata viene in genere eseguita mediante metodi di analisi lineare statici o dinamici.

LC2: Conoscenza adeguata

Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso viene effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni.

I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

Dettagli costruttivi: i dettagli sono noti da un'estesa verifica in-situ oppure parzialmente noti dai disegni costruttivi originali incompleti. In quest'ultimo caso viene effettuata una limitata verifica insitu delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

Proprietà dei materiali: informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova, o da estese verifiche in-situ. Nel primo caso sono anche eseguite limitate prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali, sono eseguite estese prove in-situ. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza adeguata è eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

LC3: Conoscenza accurata

Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso è effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

Dettagli costruttivi: i dettagli sono noti o da un'esauritiva verifica in-situ oppure dai disegni costruttivi originali. In quest'ultimo caso è effettuata una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

Proprietà dei materiali: informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali, o da esauritive verifiche in-situ. Nel primo caso sono anche eseguite estese prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali, sono eseguite esauritive prove in-situ. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

Le prove opportune nei diversi casi sono riportate nelle seguenti tabelle:

Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.

Livello di Indagini e Prove	Rilievo (dei dettagli costruttivi) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)(d)}
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<i>limitato</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Tabella C8.5.VI – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di acciaio

Livello di Indagini e Prove	Rilievo (dei collegamenti) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)(d)}
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro...)	
<i>limitato</i>	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 15% degli elementi	1 provino di acciaio per piano dell'edificio, 1 campione di bullone o chiodo per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 35% degli elementi	2 provini di acciaio per piano dell'edificio, 2 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 50% degli elementi	3 provini di acciaio per piano dell'edificio, 3 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio

Si evidenzia, che le percentuali di elementi da indagare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nelle Tabelle C8.5.V e C8.5.VI hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:

- Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per geometria e ruolo uguali nello schema strutturale;
- Le prove sugli acciai sono finalizzate all'identificazione della classe dell'acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all'epoca di costruzione;
- Il numero di provini riportato nelle tabelle C8.5.V e C8.5.VI può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale.

In riferimento a quanto riportato nella tabella C8.5.IV della Circolare n. 2 del 11 Febbraio 2019, nelle analisi computazionali si è scelto di assumere un fattore di confidenza pari a 1. Tale scelta è dettata dalle chiare indicazioni riportate nella suddetta circolare ed in particolare con riferimento a quanto riportato nel par. C8.5.4 che recita: *"ci si può riferire alla documentazione in atti, qualora per essa siano stati adempiuti gli obblighi della L. 1086/71 o 64/74 e s.m.i., ma solo dopo adeguata giustificazione eventualmente integrata da indagini in opera. Per la caratterizzazione meccanica dei materiali si possono adottare, motivatamente, i valori caratteristici assunti nel progetto originario o quelli ridotti risultanti dalla documentazione disponibile sui materiali in opera. In questo caso i fattori di confidenza si assumono unitari."*

10. INTERVENTI PROGETTUALI

Premessa

Per poter mettere in sicurezza il complesso scolastico oggetto di studio, rendendolo resistente anche alle azioni sismiche secondo il D.M. 17/1/2018 è necessario procedere con un insieme sistematico di opere che miglioreranno il comportamento delle strutture fino al livello richiesto, sia a livello globale che a livello locale.

In particolare si sono delineate le seguenti linee d'intervento:

- intervento di ripristino e consolidamento delle parti di calcestruzzo degradato con eventuale integrazione delle armature la cui sezione si presenta ridotta per effetto dell'ossidazione;
- miglioramento della struttura nei confronti dei meccanismi di rottura fragile mediante la fasciatura dei nodi non confinati con l'utilizzo di materiali compositi e resine epossidiche e il rinforzo con fasciature al carbonio in corrispondenza degli elementi non verificati a taglio;
- miglioramento della struttura nei confronti dei meccanismi di rottura duttile mediante la fasciatura di travi e pilastri per i quali le verifiche agli stati limite SLV, SLD e SLE non risultano soddisfatte;

La valutazione della sua sicurezza nello stato di fatto delle strutture è stata condotta, mediante analisi non lineare, confrontando la domanda e capacità in termini di resistenza degli elementi resistenti componenti la struttura. Il minimo valore di PGA tale che il rapporto $D/C < 1$ ha rappresentato l'indicatore di rischio minimo desiderato, indice di vulnerabilità della struttura. A valle delle analisi effettuate nella condizione ante-operam, i corpi di fabbrica hanno rilevato una marcata vulnerabilità sismica, generata, in prevalenza, da carenze strutturali localizzate di elementi resistenti.

Per quanto riguarda i nodi, sia dalle operazioni di rilievo che dalle prove non distruttive eseguite, sia dalle verifiche svolte si rilevano carenze dovute alla tecnica costruttiva risalente all'epoca della costruzione, non più adeguata alle vigenti normative. Per le travi, si riscontrano carenze in maggior parte per meccanismi fragili ed in minor parte per quelli duttili: la media presenza di staffe e talvolta di armature longitudinali si riflette nell'inadeguatezza a taglio ed a pressoflessione degli elementi, che raggiungono lo stato di collasso senza riserve di duttilità e senza passare per il danno.

Stesso discorso si riflette sui pilastri, debolmente armati, i quali sono rivelatisi di caratteristiche geometricomeccaniche tali da ingenerare meccanismi trave forte - pilastro debole.

Per ovviare a tali carenze, così come imposto dalle vigenti normative ed in particolare ai punti C8.3 della Circ. 7/19 e § 8.4.3 delle NTC18, si ritiene di dover procedere in maniera indifferibile ad interventi di adeguamento sismico, così da riportare a livelli di sicurezza accettabili, per le richiamate norme, le strutture.

Le tecniche e modalità d'intervento prevedono l'incremento di capacità flessionale e tagliente degli elementi ritenuti maggiormente vulnerabili agli effetti dell'azione sismica, oltre che il confinamento dei nodi.

Attenzione viene posta alla riduzione degli spostamenti relativi ed assoluti di tutte le strutture, con la regolarizzazione delle forme torsionali in traslazionali.

Pilastri da rinforzare con ringrosso in c.a.

Per tutti i pilastri che hanno rilevato carenze ad assorbire le sollecitazioni a pressoflessione e a taglio a causa dell'inadeguatezza della loro sezione e della scarsa resistenza del calcestruzzo si prevede il ringrosso della loro sezione attraverso guscio in calcestruzzo armato ad elevata resistenza, con armatura longitudinale inghisata all'estremità sulle travi di fondazioni e di copertura dell'impalcato superiore e connesse al pilastro esistente con diffuse spinottature facendo uso di ancorante chimico. Con tale tecnica di rinforzo, prestando particolare cura ai dettagli costruttivi si ottengono contemporaneamente una serie di benefici per la correzione dei difetti costruttivi riscontrati, come l'aumento della rigidezza, l'incremento delle resistenze a flessione e a taglio, l'accrescimento della duttilità.

La soluzione più diffusa prevede un ringrosso perimetrale in spessore di 8 cm con la costituzione di un'armatura longitudinale composta da ferri $\varnothing 12$ e staffe $\varnothing 8$ con passo di 10 cm. Per tale rinforzo è previsto l'utilizzo di una malta cementizia fibrorinforzata ad alta resistenza e colabile.

Affinché le barre longitudinali possano effettivamente contribuire all'incremento della capacità flessionale, deve essere assicurato l'ancoraggio sia al piede che in testa dell'elemento. A tal fine devono essere praticate delle forature negli elementi strutturali adiacenti, per una profondità compatibile con il tipo di ancorante chimico usato in modo da sviluppare un'efficace tensione di aderenza, avendo cura che questi non vadano ad interferire con le barre d'armatura già presenti nell'elemento.

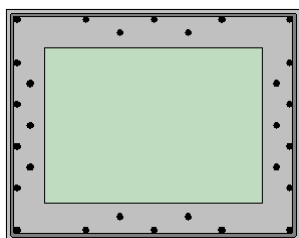
Più specificatamente le fasi e le modalità di esecuzione sono così sintetizzabili:

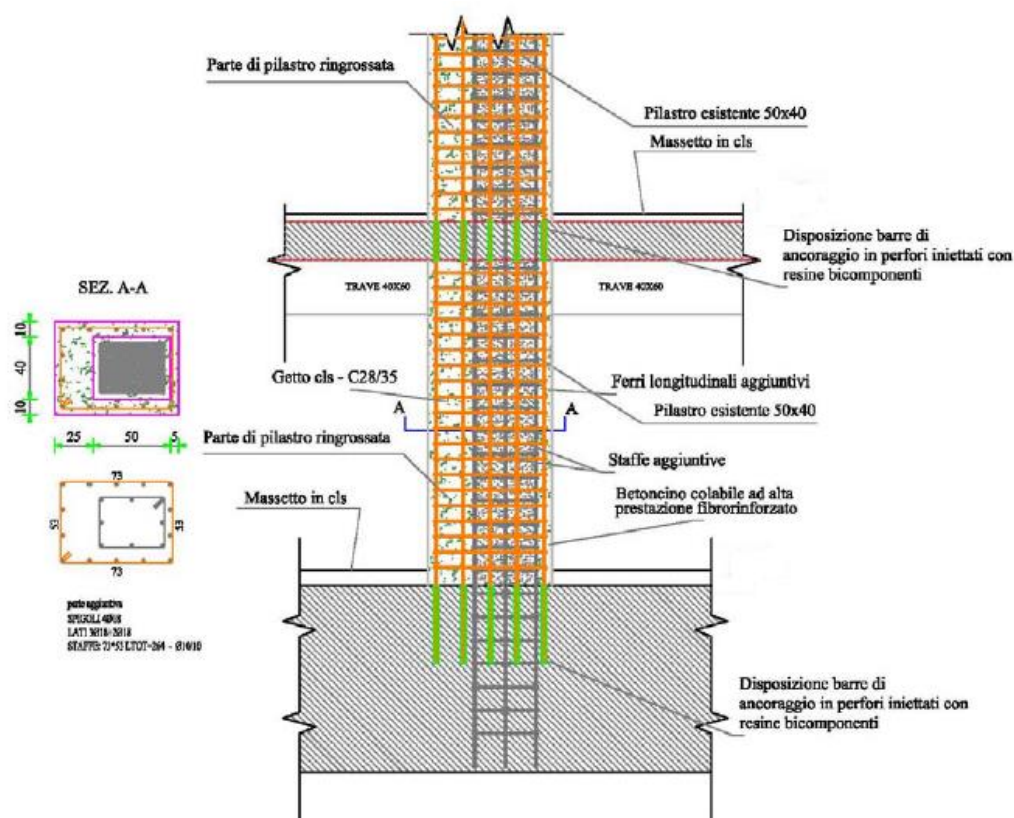
- Puntellamento delle travi e del solaio gravanti sul pilastro, per permettere lo scarico dell'elemento e poter lavorare in condizioni di sicurezza;
- Rimozione dell'intonaco e rimozione corticale con idonei mezzi meccanici non battenti del c.a. ammalorato (ove presente). Intervento da estendere all'intera superficie da rinforzare;
- Pulizia per la rimozione di ogni residuo di lavorazione. Intervento da estendere all'intera superficie del pilastro;
- Demolizione dei tramezzi o dei tamponamenti confinanti con il pilastro per consentirne e agevolare tutte le lavorazioni successive;
- Inghisaggio delle barre longitudinali, divise in due tratti con sovrapposizione in mezz'opera, al piede (sulle strutture di fondazione o sulle travi dell'impalcato di calpestio), e in testa

(all'intradosso delle travi dell'impalcato superiore e sulle avendo cura di confinare il nodo nella sua interezza in modo da garantirne la continuità; l'inghisaggio deve avvenire tramite ancorante chimico da iniettare su fori precedentemente puliti da impurità e polvere;

- Montaggio delle staffe sagomate a "L" con prolungamento delle estremità di 10 volte il diametro da piegare a 135° in corrispondenza delle barre di spigolo, o in alternativa, da sovrapporre e saldare;
- Ancoraggio di alcuni nodi costituiti dalla sovrapposizione della barre longitudinali con le staffe al pilastro esistente tramite uncini Ø8 sagomati ad uncino da inghisare sulla superficie del pilastro esistente (8/mq);
- Realizzazione del foro su solaio in corrispondenza del pilastro da utilizzare per la successiva fase di getto;
- Preparazione della cassetta costituita da tavole o pannelli di legno, previo trattamento con un agente disarmante; gli elementi costituenti il cassero devono essere connessi correttamente e i giunti sigillati con materiali idonei;
- Bagnatura dei casseri 30' prima del getto;
- Getto dal foro sommitale, tramite tubo da 60 mm, collegato a pompa da cantiere (o a imbuto a tramoggia, nel caso si proceda a gravità), da insinuare all'interno dell'intercapedine e da alzare progressivamente con il riempimento del cassero; durante l'operazione di getto il cassero va leggermente battuto;
- Il disarmo potrà avvenire dopo 3 giorni; lo smontaggio dei puntelli e la loro ricollocazione non deve avvenire prima di 5 giorni.

Si riporta un esempio dell'intervento proposto, rimandando alle relazioni specialistiche ed agli esecutivi grafici gli aspetti qualitativi, quantitativi ed all'individuazione puntuale di ogni singolo intervento.





Rinforzo a flessione e taglio di travi mediante sistemi compositi in FRF (fiber reinforced polymer)

Per il rinforzo a taglio di alcune travi, carenti di armatura a taglio e a flessione, in ragione della necessità di adottare un sistema efficace, economico e speditivo, si è scelto di utilizzare il sistema composito polimerico con fibre di carbonio (FRP) a base di resine termoindurenti, in particolare resine epossidiche.

Si descrivono di seguito le lavorazioni da eseguire per l'installazione a regola d'arte del sistema di fibrorinforzo, i cui particolari costruttivi sono riportati negli allegati grafici allegati al progetto.

I tessuti da utilizzare nella fattispecie sono di tipo unidirezionale, cioè con unico orientamento delle fibre nella direzione della lunghezza del rotolo e tenute insieme da una trama leggera di tipo non strutturale. Si utilizzeranno grammature di 300 g/mq, singolarmente o accoppiate.

Per la realizzazione degli interventi di rafforzamento con utilizzo di materiali compositi fibrorinforzati (FRP), si dovranno utilizzare esclusivamente prodotti specifici (kit composto da primer, stucco epossidico, adesivo epossidici strutturali, tessuto in fibre di carbonio) ad elevata e documentata compatibilità chimico-fisica, in possesso di Certificazione di Valutazione Tecnica rilasciata dal S.T.C. del C.S.LL.PP. Si rimanda alla relazione sui materiali e al Capitolato Speciale per identificare le caratteristiche specifiche dei vari componenti.

Il ciclo di applicazione del composito fibrorinforzato a base di fibre di carbonio in forma di tessuto unidirezionale in fibre di carbonio ad elevato modulo elastico ed alta resistenza meccanica a trazione da impregnarsi in opera con sistema "a secco", si sviluppa attraverso le

seguenti fasi:

- Rimozione dell'intonaco (ove presente) e rimozione corticale con idonei mezzi meccanici non battenti del c.a. ammalorato (ove presente). Intervento da estendere all'intera superficie da rinforzare.
- Pulizia per la rimozione di ogni residuo di lavorazione. Intervento da estendere all'intera superficie da rinforzare.
- Riprofilatura degli spigoli vivi della sezione in c.a. delle travi per il tratto interessato dall'intervento in corrispondenza delle parti dove sarà applicato il rinforzo in FRP. La riprofilatura sarà eseguita a mano o con idonei utensili meccanici non battenti. La riprofilatura dovrà garantire $r_{min} = 20 \text{ mm}$.

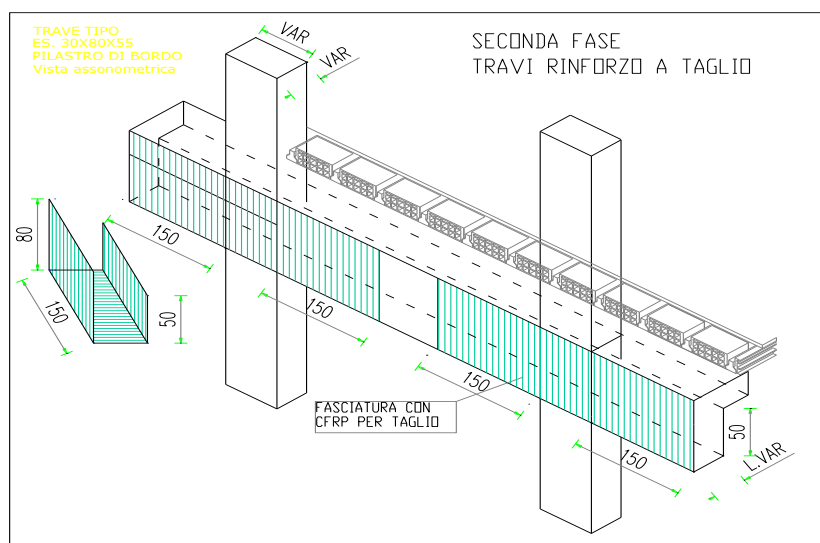
Nel caso in cui gli elementi interessati dall'intervento nel tratto da rinforzare, risultino particolarmente degradati con lesioni e distacchi di copriferro, si dovrà procedere come descritto nelle successive fasi di cui ai punti 4, 5, e 6. Si osserva che, relativamente alle fasi in parola, qualora si dovessero utilizzare malte o comunque prodotti di ripristino che necessitano di bagnatura, si dovrà necessariamente attendere l'avvenuta perfetta asciugatura del supporto prima di procedere all'esecuzione delle fasi previste per l'applicazione del rinforzo in FRP. Di seguito si elencano le ulteriori fasi.

- Rimozione del copriferro e trattamento (ove necessario) delle armature originarie degli elementi strutturali in c.a., per inibizione della corrosione, con malta cementizia anticorrosiva;
- Riparazione di fessure strutturali (ove presenti) con utilizzo di resine epossidiche di adeguata viscosità e fluidità,
- Ripristino del c.a. (strato corticale ammalorato) (ove necessario) con applicazione di malta a ritiro controllato tissotropica. Il ripristino corticale dovrà in ogni caso essere eseguito in corrispondenza degli spigoli vivi della sezione in c.a. (pilastro, trave) laddove sarà applicato il rinforzo in FRP, provvedendo ad eseguire una riprofilatura (sguscia) con $r_{min} = 20 \text{ mm}$.
- Per ottimizzare l'efficacia dell'adesione del sistema complessivo di rinforzo in FRP al supporto – sia che si tratti di ripristino sia che si tratti di calcestruzzo esistente – si dovrà effettuare una preparazione del substrato attraverso l'imprimatura (primerizzazione) del sottofondo, a rullo o a pennello, di primer epossidico bicomponente superfluido, avente funzione di appretto sulla superficie di calcestruzzo pulita ed asciutta. La larghezza della fascia trattata deve essere pari alla larghezza della fascia di composito applicare.
- Per ottimizzare l'efficacia dell'adesione del sistema complessivo di rinforzo in FRP al supporto tramite la preparazione del substrato (eliminazione delle irregolarità presenti sulla superficie di calcestruzzo all'interfaccia), si dovrà procedere alla rasatura di livellamento mediante riporto diretto di stucco epossidico a consistenza tissotropica. L'applicazione del prodotto deve essere eseguita su primer ancora "fresco" con una spatola dentata in uno spessore di circa 1-2 mm. In questa fase si procederà, utilizzando lo stesso prodotto, ad arrotondare (ove presenti) gli spigoli vivi esterni ($r_{min} = 20 \text{ mm}$). Larghezza della fascia trattata

pari alla larghezza della fascia di composito da montare.

- Applicazione di un primo strato di adesivo epossidico di media viscosità. L'applicazione dell'impregnante del tessuto deve essere eseguita a pennello o a rullo a pelo corto, sullo strato di stucco ancora "fresco", per uno strato, in spessore uniforme, di circa 0,50 mm. Larghezza della fascia trattata deve essere pari alla larghezza della fascia di composito da montare.
- Taglio delle fasce di tessuto secco a rotolo aventi larghezza di 20 cm della lunghezza prevista nei particolari costruttivi. Le fasce saranno conservate a piè d'opera ed ordinate secondo la sequenza applicativa, avendo cura di assicurare un'adeguata protezione dal contatto diretto con polveri.
- Posizionamento delle fasce di tessuto immediatamente dopo l'applicazione del primo strato di impregnante, avendo cura di stenderle senza formare grinze, con le mani protette da guanti di gomma impermeabili.
- Rullatura della resina attraverso le fibre (impregnazione) per favorire la penetrazione dell'adesivo nel tessuto, agendo con apposito rullino metallico.
- Applicazione di secondo strato di adesivo epossidico di media viscosità. L'applicazione dell'impregnante del tessuto deve essere eseguita a rullo, al di sopra del precedente strato di adesivo ancora fresco, in spessore uniforme, di circa 0,50 mm a completa ricopertura della fascia di tessuto. Favorire l'impregnazione pressando bene il tessuto, ripassando più volte sul tessuto impregnato il rullino metallico per eliminare le eventuali bolle d'aria occluse durante le precedenti lavorazioni e per distendere le fibre della fascia di tessuto secondo la relativa orditura.
- Per l'applicazione di nuovi strati di tessuto in sovrapposizione, occorre ripetere le fasi da 10 a 13, tante volte, quanti sono gli strati da applicare.
- Qualora si dovesse interrompere la sequenza applicativa, provvedere a "spagliare" della sabbia fine al quarzo sull'ultimo strato di resina applicato, al fine di assicurare il futuro idoneo aggrappo delle resine per le successive lavorazioni di completamento. Lo spaglio sarà eseguito a mano o meccanicamente.
- Per migliorare l'ancoraggio e quindi le condizioni di vincolo delle estremità libere del tessuto si prevede l'utilizzo e l'applicazione di fiocchi in fibre di carbonio da ancorare con resina epossidica al solaio in corrispondenza della fascia piena o di un travetto a filo della trave fine di non compromettere l'adesione durante le fasi di inghisaggio nel foro, la superficie di detta porzione, una volta impregnata, dovrà essere necessariamente spagliata a rifiuto con della sabbia di quarzo asciutta in modo da renderla ruvida. Ad indurimento avvenuto sarà poi possibile applicare il "fiocco" appena creato. L'ancoraggio del fiocco, nel caso di fissaggio su strutture in calcestruzzo, può avvenire mediante impiego di fissaggio chimico epossidico puro per carichi strutturali, la restante parte dei "fiocchi" (non inserita nei fori), deve essere disposta a ventaglio, al di sopra della struttura da collegare, facendo attenzione ad impregnare completamente le fibre e applicando una prima mano sul supporto prima di applicare il "fiocco".

Si riporta un esempio dell'intervento proposto, rimandando agli esecutivi grafici gli aspetti qualitativi, quantitativi ed all'individuazione puntuale degli interventi.



Rinforzo dei nodi in assenza di confinamento mediante sistemi compositi in FRF (fiber reinforced polymer)

Per il rinforzo dei nodi trave/pilastro in assenza di confinamento e in assenza di armatura specifica all'interno del nodo stesso, in ragione della necessità di adottare un sistema efficace, economico e speditivo, si è scelto di utilizzare il sistema composito polimerico con fibre di carbonio (FRP) a base di resine termoindurenti, in particolare resine epossidiche.

Le fasi esecutive sono sostanzialmente sovrapponibili con quelle già descritte nel caso delle travi. Tuttavia è opportuno a differenza delle travi, nel caso specifico, vengono utilizzate fibre al

carbonio di tipo quadriassiale.

Riguardo nello specifico ai nodi trave/pilastro esterni (quelli che si trovano in corrispondenza delle facciate), si è reso necessario prevedere un ingrossamento parziale e limitato delle travi concorrenti nel nodo al fine di ridurre il valore delle tensioni di compressione.

Per quanto non meglio specificato nella presente relazione si rimanda agli esecutivi grafici gli aspetti qualitativi, quantitativi ed all'individuazione puntuale degli interventi.

Rinforzo dei nodi in assenza di confinamento mediante piastre metalliche

Limitatamente per i nodi parzialmente confinati all'interno del Corpo A, per il rinforzo dei nodi trave/pilastro si è scelto di fare ricorso a piastre metalliche di spessore pari a 10 mm ancorate agli elementi strutturali in ca mediante tirafondi metallici.

Il sistema è esecutivamente poco invasivo e consente di sopperire alla presenza di una piccola porzione di nodo non confinato in corrispondenza sia dell'impalcato di copertura del piano terra che dell'impalcato di copertura del piano primo.

Per quanto non meglio specificato nella presente relazione si rimanda agli esecutivi grafici gli aspetti qualitativi, quantitativi ed all'individuazione puntuale degli interventi.

11. RISULTATI DELLE ANALISI ESEGUITE

Si riportano di seguito gli indicatori di rischio sismico ζ_i associati agli stati limite SLO, SLD e SLV dei corpi di fabbrica in condizione ANTE intervento e POST intervento.

Nei tabulati di calcolo dei diversi corpi di fabbrica, allegati alla presente relazione per costituirne parte integrante e sostanziale, sono riportati i dettagli delle verifiche eseguite.

CONFRONTO STATO DI FATTO - STATO DI PROGETTO (CORPO A)

Tabella di confronto dati di FATTO - dati di PROGETTO										
SL	D _{PGA}		C.Min _{PGA}		C.Min _{TR}		ζ_B (α_{PGA})		α_{TR}	
	FATTO	PROGETTO	FATTO	PROGETTO	FATTO	PROGETTO	FATTO	PROGETTO	FATTO	PROGETTO
SLO	0.0450	0.0450	0.1236	0.1878	232	488	2.746	4.172	1.959	2.657
SLD	0.0624	0.0624	0.1739	0.2809	424	1'071	2.786	4.501	2.034	2.975
SLV	0.2320	0.2320	0.0000	0.2325	0	726	0.000	1.002	0.000	1.008

LEGENDA: Tabella di confronto dati di FATTO - dati di PROGETTO

SL	Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività - [SLC] = stato limite di collasso.
D_{PGA}	Domanda espressa in termini di Accelerazione al suolo
C.Min_{PGA}	Capacità minima dell'edificio espressa in termini di Accelerazione al Suolo
C.Min_{TR}	Capacità minima dell'edificio espressa in termini di Periodo di Ritorno
ζ_B (α_{PGA})	Indicatori di Rischio in termini di Accelerazione al Suolo
α_{TR}	Indicatori di Rischio in termini di Tempo di Ritorno

CONFRONTO STATO DI FATTO - STATO DI PROGETTO (CORPO B)

Tabella di confronto dati di FATTO - dati di PROGETTO

SL	D _{PGA}		C.Min _{PGA}		C.Min _{TR}		ζ_B (α_{PGA})		α_{TR}	
	FATTO	PROGETTO	FATTO	PROGETTO	FATTO	PROGETTO	FATTO	PROGETTO	FATTO	PROGETTO
SLO	0.0450	0.0450	0.1390	0.1390	284	284	3.088	3.088	2.128	2.128
SLD	0.0624	0.0624	0.2132	0.2132	617	617	3.416	3.416	2.373	2.373
SLV	0.2320	0.2320	0.0578	0.2355	67	743	0.249	1.015	0.379	1.018

LEGENDA: Tabella di confronto dati di FATTO - dati di PROGETTO

SL	Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività - [SLC] = stato limite di collasso.
D_{PGA}	Domanda espressa in termini di Accelerazione al suolo
C.Min_{PGA}	Capacità minima dell'edificio espressa in termini di Accelerazione al Suolo
C.Min_{TR}	Capacità minima dell'edificio espressa in termini di Periodo di Ritorno
ζ_B (α_{PGA})	Indicatori di Rischio in termini di Accelerazione al Suolo
α_{TR}	Indicatori di Rischio in termini di Tempo di Ritorno

Da quanto ottenuto tramite le verifiche strutturali in condizioni POST intervento si può senz'altro affermare che le opere previste in progetto sono efficaci e fanno sì che l'edificio, nel suo complesso, raggiunga un **indice di rischio superiore a > 1** che è quello minimo previsto per l'adeguamento sismico.

12. COSTO DELL'INTERVENTO E QUADRO ECONOMICO

Il costo dell'intervento è stato determinato con riferimento alle lavorazioni sopra riportate, giungendo alla definizione dell'importo complessivo di **€ 606.537,97** come evidenziato nel seguente quadro economico.

Si evidenzia che la definizione dei costi di ripristino degli impianti tecnologici, in assenza di elaborati esecutivi degli stessi, è stata determinata tenendo conto di quanto visibile e dal confronto con lavorazioni similari eseguiti dallo scrivente RTP in altri edifici scolastici.

A. IMPORTO DEI LAVORI	A. Importo dei Lavori			
	A.1	Lavori a base d'asta soggetti a ribasso	€ 578.688,53	
	A.2	Oneri sicurezza a sommare	€ 27.849,44	
		Totale importo dei lavori	€ 606.537,97	€ 606.537,97
B. SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE	B. Somme a disposizione dell'Amministrazione			
	B.1	I.V.A. sui lavori 10%	€ 60.653,80	
	B.2	Competenze tecniche progettazione definitiva, esecutiva e coordinamento in fase di progettazione (IVA e oneri previdenziali compresi)	€ 28.212,75	
	B.3	Spese per il reclutamento di personale specificamente destinato a realizzare i progetti, da rendicontare a carico del PNRR, ai sensi del c. 1 dell'art. 1 del D.L. 80/2021 come convertito dalla L. 113/2021	€ 65.000,00	

	B.4	Competenze tecniche art.113, comma 2, legge n. 50/2016 (1% di A)	€ 6.065,38	
	B.5	Spese di laboratorio, IVA compresa	€ 2.000,00	
	B.6	Spese per pubblicazione bando di gara ed imposte relative	€ 3.000,00	
	B.7	Imprevisti IVA compresa e arrotondamenti	€ 31.810,10	
	B.8	Oneri conferimento a discarica	€ 2.100,00	
	B.9	Tassa autorità di vigilanza LL.PP.	€ 375,00	
	B.10	Pareri autorizzazioni (certificati)	€ 8.000,00	
	B.11	Spese pubblicità (targa commemorativa)	€ 500,00	
		Totale Somme a disposizione dell'Amministrazione (B1+...+B11)	€ 207.717,03	€ 207.717,03
TOTALE COMPLESSIVO RICHIESTO A FINANZIAMENTO (A+B)			€ 814.255,00	