



**COMUNE DI MOTTOLA**  
**PROVINCIA DI TARANTO**  
**SETTORE TECNICO**

**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO A NORME DI  
SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO SISMICO  
DEL PLESSO SCOLASTICO "DANTE ALIGHIERI"**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**Oggetto:**

**ELABORATI DESCRITTIVI**  
**Relazione sui Materiali**

**MAGGIO 2021**

**Scala --**

**Codice: MO.RE.02**

**Responsabile del Procedimento**

**Ing. Giuseppe DI BONAVENTURA**

**Tecnico Incaricato**



**(Ing. Domenico AMENDOLA)**

N	REVISIONE	DATA
01		
02		

## **INDICE**

---

<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.   NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>2.   MATERIALI IN OPERA .....</b>	<b>3</b>
<b>3.   PRESCRIZIONI SPECIFICHE SUI MATERIALI IMPIEGATI.....</b>	<b>8</b>

## **Premessa**

La presente **Relazione sui Materiali** accompagna gli elaborati del Progetto Esecutivo **"INTERVENTI DI ADEGUAMENTO A NORME DI SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO SISMICO DEL PLESSO SCOLASTICO "DANTE ALIGHIERI" "**.

## **1. Normative di Riferimento**

Nelle varie fasi della progettazione, del calcolo e delle verifiche si è fatto riferimento alle seguenti normative:



1. *Legge 5/11/1971, n.1086*, Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
2. *DM 17 gennaio 2018*: Norme Tecniche per le Costruzioni. (NTC2018).
3. *Circolare 21/01/2019, n. 7* del Ministero delle infrastrutture e trasporti recante le istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.
4. *UNI EN 206-1-2006*, Specificazione, prestazione, produzione e conformità del calcestruzzo.
5. *UNI EN - Eurocodice 1*, Azioni sulle strutture.
6. *UNI EN - Eurocodice 2*, Progettazione delle strutture di calcestruzzo.
7. *CNR-DT 200 R1/2013*, Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati.
8. *CNR-DT 215/2018*, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica.
9. *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Settembre 2017* "Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera".
10. *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Dicembre 2018* "Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti".
11. *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Ottobre 2019* "Linea Guida per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di interventi di consolidamento strutturale mediante l'utilizzo di sistemi di rinforzo FRCM".

## 2. Materiali in Opera

### CALCESTRUZZI

Al fine di valutare la resistenza in opera del calcestruzzo sono state effettuati un totale di **10 prelievi di carote e successive prove a compressione** sulle diverse parti strutturali.

Nel seguito si riporta un estratto del rapporto prove delle carote eseguite e la tabella riassuntiva dei dati a disposizione.

SCHEDA CAR 5 – "Trave Fond. 19/38" PIANO SEMINTERRATO	
	
<b>Descrizione carota:</b> $H = 20,5\text{ cm}$ - $Diam. = 9,4\text{ cm}$ <b>Profondità carbonatazione:</b> 46 mm <b>Qualità provino da esame visivo:</b> cls buono <b>Aderenza matrice inerte:</b> buona <b>Tipo di ciottoli:</b> inerti silicei <b>Rottura della carota:</b> no <b>Presenza di ferro:</b> no <b>Dimensione massima inerte:</b> 20 mm <b>Presenza di vuoti:</b> scarsa	
PROVINI RICAVALI PER PROVA A COMPRESSIONE UNI EN 12390-3	
Carota C5	Valore di compressione cubico MPa 18,64
Commenti: Il campione denota una rottura soddisfacente;	



SCHEDA CAR 6 – "Setto 38/39" PIANO RIALZATO	
	
<b>Descrizione carota:</b> $H = 14,5\text{ cm}$ - $Diam. = 9,4\text{ cm}$ <b>Profondità carbonatazione:</b> 45 mm <b>Qualità provino da esame visivo:</b> cls buono <b>Aderenza matrice inerte:</b> buona <b>Tipo di ciottoli:</b> inerti silicei <b>Rottura della carota:</b> no <b>Presenza di ferro:</b> no <b>Dimensione massima inerte:</b> 23 mm <b>Presenza di vuoti:</b> scarsa	
PROVINI RICAVALI PER PROVA A COMPRESSIONE UNI EN 12390-3	
Carota C6	Valore di compressione cubico MPa 26,65
Commenti: Il campione denota una rottura soddisfacente;	

Fig. 2.1: Estratto Rapporto Prove – Carote eseguite sugli elementi in c.a.

*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e  
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*

ID	D [mm]	H [mm]	fcar [N/mm <sup>2</sup> ]
C1	94	155	18,08
C2	94	150	21,76
C3	94	135	23,03
C4	94	160	26,63
C5	94	205	18,64
C6	94	145	26,65
C7	94	135	22,61
C8	94	130	27,29
C9	94	150	31,1
C10	94	120	18,02

*Tabella 1 - Carotaggi effettuati*

## **ACCIAI**

Gli acciai in opera sono stati verificati preliminarmente attraverso un'analisi non distruttiva a mezzo di durometro per acciaio in opera. Visto l'esito soddisfacente di tale indagine si è proceduto al **prelievo di numero 2 barre di acciaio in opera sottoposte poi a prova di trazione.**

Nel seguito si riporta un estratto del rapporto delle barre di armatura prelevate e la tabella riassuntiva dei dati a disposizione.

SCHEDA ACC 2 – "Filanti trave Fondaz. 23/24" Piano Seminterrato



Barra A2	Valore di Snervamento MPa 467
	Valore di Rottura MPa 726

Fig. 2.2 – Estratto Rapporto Prove: Armature in acciaio prelevate dagli elementi in c.a.

ID	DIAM. [mm]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]
ACC 1	16	458	706
ACC 1	16	467	726

Tabella 2 - Prelievi acciaio effettuati

## **RESISTENZE IN OPERA**

### **Calcestruzzi**

Dai valori di resistenza delle singole carote  $f_{car,i}$  si è passati alla valutazione delle resistenze in situ  $f_{cis}$ , attraverso la relazione:

$$f_{cis,i} = (C_{h/D} \cdot C_{dia} \cdot C_a \cdot C_d) f_{car,i}$$

dove

$C_{h/D}$  : coefficiente correttivo pari a  $C_{h/D} = 2/(1.5+D/h)$  con D diametro ed h altezza della carota;

$C_{dia}$  : coefficiente correttivo relativo al diametro, pari ad 1 per D pari a 100mm;

$C_a$  : coefficiente correttivo relativo alla presenza di armature incluse, posto pari ad 1.03;

$C_d$  : coefficiente correttivo relativo al disturbo arrecato alla carota, assunto pari ad 1.2 per resistenze inferiori a 20 MPa, e 1.1 per resistenze maggiori di 20 MPa.

Nella tabella seguente sono riportati i valori  $f_{car}$  e  $f_{cis}$ , relativi alle carote estratte ed il valore medio calcolato.

ID	D [mm]	H [mm]	$f_{car}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	H/D	$C_{H/D}$	$C_{dia}$	$C_a$	$C_d$	$f_{cis}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
C1	94	155	18,08	1,6	0,95	1,007	1	1,2	20,75
C2	94	150	21,76	1,6	0,94	1,007	1	1,1	22,67
C3	94	135	23,03	1,4	0,91	1,007	1	1,1	23,23
C4	94	160	26,63	1,7	0,96	1,007	1	1,1	28,27
C5	94	205	18,64	2,2	1,02	1,007	1	1,2	23,01
C6	94	145	26,65	1,5	0,93	1,007	1	1,1	27,49
C7	94	135	22,61	1,4	0,91	1,007	1	1,1	22,81
C8	94	130	27,29	1,4	0,90	1,007	1	1,1	27,20
C9	94	150	31,1	1,6	0,94	1,007	1	1,1	32,40
C10	94	120	18,02	1,3	0,88	1,007	1	1,2	19,08
<b>Media</b>									<b>24,69</b>

*Tabella 3 - Elaborazione prove a compressione delle carote prelevate*

### **Acciai**

La resistenza media adottata nelle analisi è data dalla media delle resistenze allo snervamento ottenute dalle prove a trazione sui campioni estratti.

ID	DIAM. [mm]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]
ACC 1	16	458	706
ACC 1	16	467	726
<b>Media</b>		<b>462,5</b>	

*Tabella 4 - I Elaborazione prove a trazione sui provini di acciaio prelevati*

### **Resistenze di Calcolo**

I valori di calcolo per le classi di calcestruzzo in situ e per gli acciai sono desunti applicando il Fattore di Confidenza **FC = 1,20** ai valori medi delle resistenze definite nei precedenti punti:

#### **Resistenza di calcolo del calcestruzzo esistente in situ**

$$f_c = \frac{f_{cis, medio}}{F_c} = \frac{24.69}{1.20} = 20.6 \text{ N/mm}^2$$

#### **Resistenza di calcolo dell'acciaio esistente in situ**

$$f_y = \frac{f_{y, medio}}{F_c} = \frac{462.5}{1.20} = 385.4 \text{ N/mm}^2$$



### **3. Prescrizioni Specifiche sui Materiali Impiegati**

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario o precompresso esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico, dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

A tal fine il progettista, valutate opportunamente le condizioni ambientali del sito ove sorgerà la costruzione o quelle d'impiego, deve fissare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (composizione e resistenza meccanica), i valori dei copriferro e le regole di maturazione.

#### **3.1 Calcestruzzi**

Prescrizioni specifiche ai fini della durabilità, copriferri, interferri, lavorabilità, inerti. Al fine di garantire i requisiti di durabilità richiesti dalle norme, vengono fissati dei valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo da impiegare seguendo le raccomandazioni contenute nelle Norme UNI EN 206-1.

In particolare, l'Appendice F raccomanda l'adozione d'alcuni vincoli compositivi e/o prestazionali per le miscele in funzione della classe di esposizione ambientale, ovvero a seconda del tipo di azione ambientale cui possono essere soggette le superfici di calcestruzzo delle componenti strutturali. Tali vincoli, nello specifico, riguardano i seguenti aspetti:

- Valore massimo del rapporto acqua/cemento;
- Valore minimo della resistenza caratteristica;
- Valore minimo dell'aria inglobata (dove c'è il rischio di gelo);
- Valore minimo del contenuto di cemento (per aggregati con  $8\text{ mm} < d_{\text{min}} < 32\text{ mm}$ ).

Le Norme UNI EN 206-1 prevedono 6 tipologie di azioni ambientali (punto 4.1 – Prospetto 1):

1. Assenza di rischio di corrosione o attacco.
2. Corrosione indotta da carbonatazione.
3. Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare.
4. Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare.
5. Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza sali disgelanti.
6. Attacco chimico.

Con riferimento a ciascuna delle azioni suddette, vengono definite diverse classi di esposizione per il calcestruzzo, che esprimono in pratica il livello di rischio al quale è sottoposto il calcestruzzo nel luogo di impiego.

Per gli elementi strutturali oggetto della presente relazione, considerando le caratteristiche dell'opera e la sua collocazione geografica, le azioni ambientali più severe sono indotte dalla 4 - Corrosione indotta da carbonatazione, con riferimento alla quale (punto 4.1 Classi di esposizione riferite alle azioni dell'ambiente ed al prospetto F.1 Valori limite raccomandati per la composizione e le proprietà del calcestruzzo), si assumono le seguenti classi di esposizione:

*Strutture di fondazione ed elevazione*

<b>classe</b>	<b>Degrado potenziale</b>	<b>(a/c)<sub>max</sub></b>	<b>Classe min. di resistenza</b>	<b>Contenuto min. di cemento</b>
XC1/XC2	Corrosione indotta da carbonatazione	0.60	C 25/30	300 kg/m <sup>3</sup>

Per quel che riguarda i copriferro, con riferimento alla Circolare ed alle NTC, essendo l'ambiente ordinario, e avendo assunto Vita Nominale della costruzione pari a 50 sono prescritti i seguenti valori:

Elementi a piastra in c.a.      Cf = 20 mm

Altri Elementi in c.a.      Cf = 25 mm

Sulla base delle considerazioni fin qui esposte, che tengono conto del complesso dei requisiti prestazionali richiesti all'opera, si adottano per gli elementi gettati in opera, calcestruzzi con le seguenti caratteristiche:

classe di resistenza minima **C 25/30** ( $f_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$ ,  $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ )

(a/c)<sub>max</sub> = **0.60**

Contenuto minimo di cemento **300 kg/m<sup>3</sup>**

copriferro  $\delta$ =**35 mm**

Classe di lavorabilità del calcestruzzo **S5**;

Diametro massimo degli inerti **25 mm**;

Interferro minimo **30 mm**

### **3.2 Malta cementizia**

Per il risanamento delle parti in calcestruzzo ammalorato è previsto l'utilizzo di malta cementizia pronta all'uso per riprese e stuccature a spessore, fibrorinforzata con microfibre sintetiche priva di componenti metallici, tixotropica con elevate caratteristiche meccaniche almeno pari a quello del calcestruzzo ordinario.

### **3.3 Acciaio per cemento armato**

In ciascun elemento strutturale si adotta ACCIAIO PER ARMATURA ORDINARIA in barre ad aderenza migliorata del tipo B450C qualificato secondo le procedure del D.M. 17/01/2018 cap. 11.3.1.2 e cap. 11.3.3.5.

### **3.4 Rinforzo in FRCM (Fiber Reinforced Cementitious Matrix)**

Per i pilastri e

le travi è stato previsto, per come indicato negli elaborati grafici dedicati, un sistema di rinforzo mediante l'applicazione di compositi in natura fibrosa costituiti da reti in fibra di PBO ad altissime prestazioni con matrice inorganica ecocompatibile secondo le seguenti prescrizioni:

La malta, conforme alla norma UNI EN 1504-3, dovrà avere le seguenti caratteristiche

- resistenza a compressione: 40 N/mm<sup>2</sup>;
- resistenza a flessione: 4.0 N/mm<sup>2</sup>;
- modulo elastico a 28 giorni: 12.500 Mpa

La rete in PBO, conforme al DT n. 200/2013, dovrà avere le seguenti caratteristiche

- densità (g/cm<sup>3</sup>) : 1,56
- resistenza a trazione (Gpa) : 5,8
- modulo elastico (Gpa) : 270
- allungamento a rottura (%) : 2,5
- peso della rete : 110 gr.
- peso delle fibre nella rete : 88 gr.
- spessore equivalente di tessuto secco - ordito : 0.045 mm. – trama : 0,0115 mm.
- carico massimo per unità di larghezza – ordito : 264,0 kN/m – trama : 66,5 kN/m.

Si evidenzia che la soluzione adottata, rispetto agli interventi tradizionali di rinforzo con utilizzo di materiali compositi (tipo FRP) presenta notevoli vantaggi. Infatti l'utilizzo di malta cementizia in luogo delle resine epossidiche garantisce una migliore riuscita rispetto ai problemi legati all'umidità del supporto ed una maggiore durabilità ad alte temperature di esercizio.