



# PROVINCIA DI COSENZA

## INTERVENTO DI ADEGUAMENTO SISMICO DELL'EDIFICIO SEDE DELL'ISTITUTO PROFESSIONALE INDUSTRIA E ARTIGIANATO "IPSIA DI BOCCHIGLIERO"

### Progetto Esecutivo

Oggetto:

ELABORATI DESCRITTIVI  
RELAZIONE SUI MATERIALI

Data: Novembre 2020

ELABORATO :

Scala -

CODICE:

IP.RE.02

Responsabile del Procedimento

(Ing. Piero Francesco FARFALLA)

Progettista

(Ing. Francesco PORCO)



## **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>7</b>

## **Premessa**

La presente ***Relazione sui Materiali*** accompagna gli elaborati del progetto esecutivo relativo ai lavori di ***"Intervento di Adeguamento Sismico dell'Edificio Sede dell'Istituto Professionale Industria e Artigianato IPSIA di Bocchigliero"*** nel Comune di Bocchigliero(CS).

## **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 – 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".

10. *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

I valori di resistenza dei materiali in opera sono stati desunti da apposite campagne di indagini sulle strutture e sui materiali. Di seguito si riportano gli esiti di tali indagini ed i valori adottati nei calcoli per le strutture in c.a. Per i dettagli si rinvia agli elaborati dedicati.

### 2.1 Calcestruzzi

Al fine di valutare la resistenza in opera del calcestruzzo sono stati effettuati 48 prelievi di carote e successivamente le stesse sono state sottoposte a prove di compressione. Nel seguito si riporta un estratto del rapporto prove delle carote eseguite e la tabella riassuntiva dei dati a disposizione.

RISULTATI DELLE PROVE SU CAMPIONI CILINDRICI

N°	SIGLA	N. VERBALE	H- DIAM. (mm)	H	DIAM.	Giorni Maturaz.	Massa Volumica (Kg/mc)	Carico (KN)	Resistenza Unitaria (N/mm <sup>2</sup> )	Data Prelievo.	Data Prova	TIPO rottura (*)	(**) Camp. Rettif.	POSIZIONE PRELIEVO SIGLA PRELIEVO
1	1040 /1	I	148	74	0	0	2217,0	58,70	<b>13,66</b>	14/07/2020	23/09/2020	S	SI	C1 - Pilastro 8 P.Rialzato
2	1040 /2	I	148	74	0	0	2279,2	102,60	<b>23,87</b>	14/07/2020	23/09/2020	S	SI	C2 - Trave 4-13 P.Rialzato
3	1040 /3	I	148	74	0	0	2263,4	79,70	<b>18,54</b>	14/07/2020	23/09/2020	S	SI	C3 - Trave 14-20 P.Rialzato
4	1040 /4	I	148	74	0	0	2201,4	48,20	<b>11,21</b>	14/07/2020	23/09/2020	S	SI	C4 - Pilastro 13 P.Primo
5	1040 /5	I	148	74	0	0	2263,9	90,30	<b>21,01</b>	14/07/2020	23/09/2020	S	SI	C5 - Pilastro 9 P.Primo
6	1040 /6	I	148	74	0	0	2279,5	93,00	<b>21,63</b>	14/07/2020	23/09/2020	S	SI	C6 - Pilastro 3 P.Primo
7	1040 /7	I	75	74	0	0	2217,7	72,30	<b>16,82</b>	14/07/2020	23/09/2020	S	SI	C7 - Pilastro 4 P.Primo
8	1040 /8	I	148	74	0	0	2248,2	60,60	<b>14,10</b>	14/07/2020	23/09/2020	S	SI	C8 - Trave 4-13 P.Primo
9	1040 /9	I	148	74	0	0	2247,7	70,40	<b>16,38</b>	14/07/2020	23/09/2020	S	SI	C9 - Trave 12-3 P.Primo
10	1040 /10	I	148	74	0	0	2224,1	65,80	<b>15,31</b>	16/09/2020	23/09/2020	S	SI	C10 - Trave 16-23 Fond.
11	1040 /11	I	148	74	0	0	2239,9	72,00	<b>16,75</b>	16/09/2020	23/09/2020	S	SI	C11 - Trave 1-7 Fond.

Fig. 1 – Rapporto Prove: carote eseguite sugli elementi in c.a.

N	Sigla	D [mm]	H [mm]	f <sub>car</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	F <sub>d</sub>
<b>Campagna di indagini Geoconsult Lab S.r.l 2020 (rapporto di prova 0845/20/1876 2020)</b>					
1	1040/1	74	148	13,66	1,0963
2	1040/2	74	148	23,87	1,0823
3	1040/3	74	148	18,54	1,0915
4	1040/4	74	148	11,21	1,0988
5	1040/5	74	148	21,01	1,0880
6	1040/6	74	148	21,63	1,0867
7	1040/7	74	148	16,82	1,0932
8	1040/8	74	148	14,10	1,0959
9	1040/9	74	148	16,38	1,0936
10	1040/10	74	148	15,31	1,0947
11	1040/11	74	148	16,75	1,0933
<b>Campagna di indagini 2017 DSM Engineering (rapporto di prova 007/2017)</b>					
1	p23	88	89	14,00	1,0960
2	p29	88	87	13,00	1,0970

Tabella 1 – Carotaggi effettuati

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

$$f_{cis,i} = (f_{car,i} * F_d)$$

Dove:

- $f_{car,i}$  : resistenza della singola carota;

*Tabella del fattore di disturbo in funzione della resistenza a compressione delle carote (h/d=1; d=100 mm)*

f <sub>carota</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	10	20	25	30	35	40
F <sub>d</sub>	1.10	1.09	1.08	1.06	1.04	1.00

F<sub>d</sub>: Fattore di disturbo;

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

N	Sigla	D [mm]	H [mm]	fcar [N/mm <sup>2</sup> ]	Fd	fcis [N/mm <sup>2</sup> ]	Rcis
<b>Campagna di indagini Geoconsult Lab S.r.l 2020 (rapporto di prova 0845/20/1876 2020)</b>							
1	1040/1	74	148	13,66	1,0963	15,0	
2	1040/2	74	148	23,87	1,0823	25,8	
3	1040/3	74	148	18,54	1,0915	20,2	
4	1040/4	74	148	11,21	1,0988	12,3	
5	1040/5	74	148	21,01	1,0880	22,9	
6	1040/6	74	148	21,63	1,0867	23,5	
7	1040/7	74	148	16,82	1,0932	18,4	
8	1040/8	74	148	14,10	1,0959	15,5	
9	1040/9	74	148	16,38	1,0936	17,9	
10	1040/10	74	148	15,31	1,0947	16,8	
11	1040/11	74	148	16,75	1,0933	18,3	
<b>Campagna di indagini 2017 DSM Engineering (rapporto di prova 007/2017)</b>							
1	p23	88	89	14,00	1,0960	12,7	15,3
2	p29	88	87	13,00	1,0970	11,8	14,3
						<b>Valore Medio</b>	<b>17,8</b>

*Tabella 2 – Elaborazione dei carotaggi*

## 2.2 Acciai

Per la verifica degli acciai si è proceduto al prelievo di complessive 17 barre di acciaio in opera soggette poi a prova a trazione.

Nella tabella seguente sono riportati i valori  $f_y$  relativi alle barre di armatura estratte e il valore medio calcolato.

Campagna di indagini Geoconsult Lab S.r.l 2020 (rapporto di prova 0845/20/1876 2020)							
N	Sigla	Dnominale	Deffettivo	SEZ.	$f_y$	$f_t$	$f_t/f_y$
		[mm]	[mm]	[mmq]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
1	F1	14,00	13,96	153,1	415,9	517,4	1,244
2	F2	12,00	11,98	112,7	386,7	504,3	1,304
3	F3	12,00	11,98	112,7	371,1	493,6	1,330
4	F4	12,00	11,99	112,9	399,0	516,6	1,295
5	F5	18,00	17,98	253,9	404,4	520,6	1,287
6	F6	18,00	17,97	253,6	414,1	526,9	1,272
Campagna di indagini 2017 DSM Engineering (rapporto di prova 007/2017)							
1	P17	16	16,27	207,90	346	494	1,4277457
Valore Medio					391,0	510,5	

Tabella 3 – Elaborazione dei prelievi sugli acciai

## 2.3 Valori 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 paragrafi §2.2.1 e §2.2.2:

$$f_c = \frac{f_{cls,media}}{FC} = \frac{17,8}{1,20} = 14,8 \frac{N}{mm^2}$$

Resistenza di calcolo del calcestruzzo esistente in situ

$$f_y = \frac{f_{y,media}}{FC} = \frac{510,5}{1,20} = 325,9 \frac{N}{mm^2}$$

Resistenze di calcolo dell'acciaio esistente in situ

### **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 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 - Corrosione indotta da carbonatazione, con riferimento alla quale (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 anni sono prescritti i seguenti valori minimi di copriferro:

Altri elementi in c.a. Cf= 25

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:

**ELEVAZIONE**

classe di resistenza minima **C 32/40** ( $f_{ck} \geq 32 \text{ N/mm}^2$ ,  $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ )

$(a/c)_{\max} = \mathbf{0.60}$

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

copriferro **=30 mm**

Classe di lavorabilità del calcestruzzo **S5**;

Diametro massimo degli inerti **20 mm**;

Interferro minimo **30 mm**

**FONDAZIONE**

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

$(a/c)_{\max} = \mathbf{0.60}$

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

copriferro **=30 mm**

Classe di lavorabilità del calcestruzzo **S5**;

Diametro massimo degli inerti **20 mm**;

Interferro minimo **30 mm**

### **3.2 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.

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

Per alcuni elementi strutturali è stato previsto 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, 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.

### **3.4 Acciai da Carpenteria Metallica**

Le NTC2018 prevedono che per la realizzazione di strutture metalliche si devono utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati) ed in sede di progettazione, per gli acciai relativi alle norme succitate, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  riportati nelle tabelle seguenti.

**Tab. 4.2.I** – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		
S460 NH/NHL	460	550		

In particolare per gli elementi metallici in progetto si sono adottati profili a sezione aperta laminati a caldo di **acciaio tipo S 275**, zincato a caldo. Per le unioni bullonate sono stati adottati **bulloni e viti** zincate di **classe 8.8**.

La saldatura degli acciai deve avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali devono essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2004 da parte di un Ente terzo.

Gli operatori nei procedimenti automatici o robotizzati devono essere qualificati secondo la norma UNI EN 1418:1999. Tutti i procedimenti di saldatura devono essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005. Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo.

I controlli sugli acciai verranno eseguiti secondo le prescrizioni delle NTC 2018.