



COMUNE DI NAPOLI



Unione Europea



Italiadomani

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

**Coesione
Napoli**



Riqualficazione funzionale e messa in sicurezza del 21° Circolo Didattico scuola dell'infanzia "Marco Aurelio"
C.U.P. : **B68I22000170006**

PROGETTO ESECUTIVO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Giulio Davini

I PROGETTISTI

S.IN.T.E.C. s.r.l.



S.IN.T.E.C. S.R.L.
SOCIETÀ DI INGEGNERIA PER IL TERRITORIO EDILE E CIVILE
Tel e Fax: 081.5263349

Via Oriani n.2, Pozzuoli (NA) 80078 - P.IVA.07789120636



Amm. Ing. Rodolfo Fisciano

Mandante

Ing. Luigi Passante



Mandante

Ing. Massimo Di Palma



Mandante

Geol. Loredana Cimmino



Mandante

Ing. Francesca Rosaria Fele



ELABORATO N.	TITOLO ELABORATO	SCALA
ESD_RCM	Relazione sulla Caratterizzazione dei Materiali	REVISIONE



OGGETTO: RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE E MESSA IN SICUREZZA DEL 21°
CIRCOLO DIDATTICO SCUOLA DELL'INFANZIA "MARCO AURELIO"

C.U.P. : B68I22000170006

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3. DESCRIZIONE E INQUADRAMENTO DELLA COSTRUZIONE	5
3.1 Dati geometrici e strutturali.....	6
4. INDAGINI SULLA STRUTTURA	10
4.1. Prove distruttive: prelievo di carote in cls e prove di rottura a compressione	10
4.2. Prove non distruttive: durometriche	13
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI	15
6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ALLO STATO DI PROGETTO	17
6.1. Materiale fibro-rinforzato a matrice polimerica.....	17
6.2. Conglomerato cementizio.....	19
6.3. Acciaio in barre da cemento armato	25
6.4. Acciaio da carpenteria	27
7. CONCLUSIONI	28

1. PREMESSA

La presente relazione si pone l'obiettivo di definire le opere architettoniche relative all'intervento di "RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE E MESSA IN SICUREZZA DEL 21° CIRCOLO DIDATTICO SCUOLA DELL'INFANZIA "MARCO AURELIO". L'edificio oggetto di intervento, che ospita il 21° Circolo Scuola dell'Infanzia "Marco Aurelio" ricade in "Municipalità 9 – Soccavo" ed è sito in Napoli alla via Marco Aurelio n° 93. I lavori da eseguire prevedono principalmente i seguenti interventi:

- Opere di miglioramento sismico ed isolamento-impermeabilizzazione delle coperture dei corpi esagonali, tramite realizzazione di nuova copertura con soletta in calcestruzzo e lamiera grecata;
- Abbattimento e ricostruzione dei corridoi di collegamento tra il corpo centrale e i corpi esagonali e realizzazione di giunti sismici, adeguamento dell'altezza interna e nuova configurazione di uscita di emergenza, come da grafici di progetto;
- Opere di miglioramento sismico di alcuni telai strutturali del corpo A, tramite ringrosso dei pilastri strutturali esistenti;
- Rimozione delle lastre di marmo e arrotondamento degli spigoli interni delle aule, al fine di rendere gli ambienti più sicuri per i bambini;
- Sostituzione degli infissi esterni con adeguamento delle altezze dei parapetti che allo stato dei luoghi risultano inferiori ad 1.00 m, prevedendo sottoluce non apribili al di sotto delle ante scorrevoli apribili;
- Opere impiantistiche: installazione di split con pompa di calore/chiller, sostituzione di caldaia esistente con caldaia a condensazione e radiatori esistenti con radiatori in alluminio, sostituzione di boiler elettrici con collettori solari ed accumulo (integrazione con caldaia); nuovo impianto di ricambio d'aria; installazione di impianto fotovoltaico; sostituzione lampade esistenti con lampade LED; nuovo impianto idrico-sanitario.
- Posa in opera di nuovo controsoffitto modulare per passaggio impianti nel corridoio distributivo e nel refettorio;
- Riorganizzazione dei servizi igienici degli alunni con incremento del numero di vasi e lavabi;
- Realizzazione di nuovo servizio igienico per disabili;
- Tinteggiatura.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa vigente di riferimento per gli edifici esistenti è la seguente:

- Decreto Ministeriale 14/01/2008 – “Norme tecniche per le Costruzioni”;
- Circolare n. 617 del 02/02/2009 – “Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 – NTC08”;
- Decreto Ministeriale 17/01/2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le Costruzioni NTC18”;
- Circolare del 21/01/2019 – “Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 – NTC18”.
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme Tecniche per le costruzioni;
- D.P.R. 380/2001 s.m.i. "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”;
- D.P.R. 207/2010 s.m.i. per la parte non abrogata;
- D.lgs 18 aprile 2016, n. 50 "Codice dei contratti pubblici" e s.m.i.;
- D.P.R. 18 aprile 1994, n. 383 - Regolamento recante disciplina dei procedimenti di localizzazione delle opere di interesse statale;
- D. Lgs. 09/04/2008 n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”;
- D.Lgs. 42/2004 s.m.i. "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 1 O della legge 6 luglio 2002, n. 137”;
- Linee Guida ANAC N°1 - Indirizzi generali sull'affidamento dei servizi attinenti all'architettura e all'ingegneria.
- Norme relative alla verifica della vulnerabilità sismica e valutazione della sicurezza strutturale
- D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. - Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale;
- Legge 77/2009 s.m.i.;
- D.P.C.M. 09/02/2011 Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008;
- Regolamento Regionale Lazio 13 luglio 2016 n. 14 "Regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico e di repressione delle violazioni della normativa sismica”.
- O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 s.m.i.;
- O.P.C.M. 3431 del 03/05/2005 s.m.i.;
- D.P.C.M. del 21/10/2003 Presidenza del Consiglio dei ministri Dipartimento della Protezione Civile.

3. DESCRIZIONE E INQUADRAMENTO DELLA COSTRUZIONE

A seguito dell'incarico conferito dal Comune di Napoli si è proceduto alla progettazione degli interventi di adeguamento sismico dell'Edificio scolastico "Marco Aurelio" ubicato in via Marco Aurelio, 93, in Soccavo (NA), in Soccavo (NA).



Foto 1 – Localizzazione dell'edificio

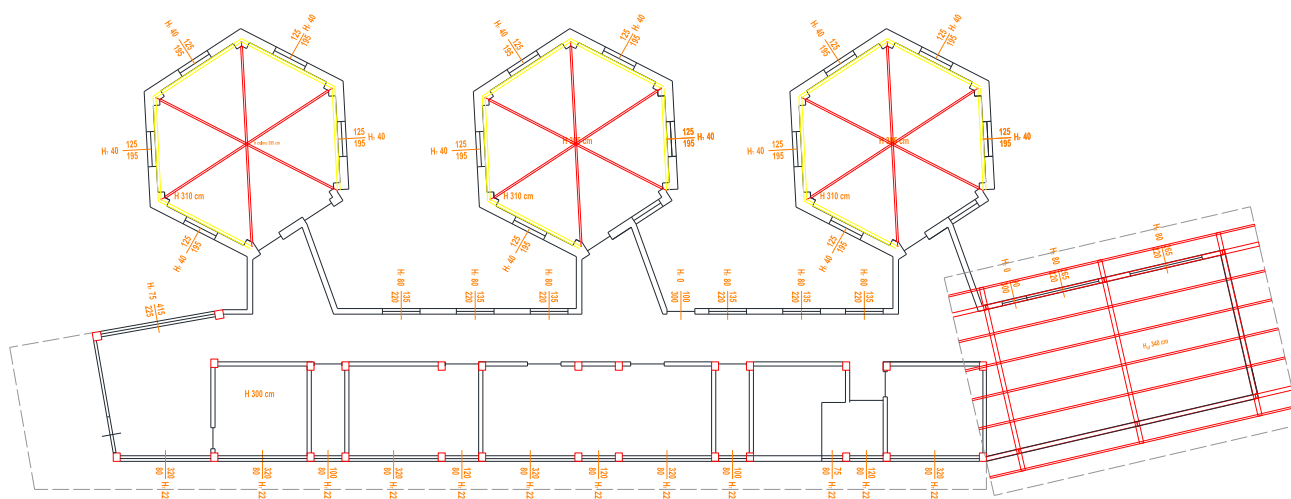
Il fabbricato in questione è un edificio scolastico costituito da un unico corpo di fabbrica, caratterizzato da diverse tipologie costruttive di strutture. La struttura portante principale è costituita da travi e pilastri in c.a. (CORPO A), mentre quella delle aule è costituita da pilastri e travi in acciaio (CORPI B e C); gli orizzontamenti sono costituiti da solai latero-cementizi nel Corpo A, coperture in legno lamellare nel Corpo B e solaio sandwich in lamiera grecata nel Corpo C. L'edificio presenta uno schema planimetrico a pianta irregolare, la cui superficie del singolo livello è di circa 330 mq. Si riporta nell'immagine che segue, la suddivisione in corpi della scuola:



La scuola è costituita da un unico livello fuori terra, caratterizzato da un'altezza interna media di circa 3,50 m.

3.1 Dati geometrici e strutturali

Il rilievo geometrico e strutturale è stato effettuato in sito tramite distanziometro laser, si riporta di seguito lo schema planimetrico di rilievo degli spazi:



Come anticipato ad inizio capitolo, la struttura si sviluppa su un unico livello ed è suddivisibile, per le diverse tecnologie costruttive che la compongono, in tre diversi corpi:

- Il primo, quello principale per estensione (Corpo A), caratterizzato da una struttura portante costituita da telai monodirezionali in calcestruzzo armato con pilastri avente sezioni 30x25 e 30x30 cm e travi a spessore. Il solaio, in latero-cemento classico, ha un'altezza strutturale di 25 cm e risulta essere ordito lungo la luce corta del corpo di fabbrica.

Oggetto: *Riqualificazione funzionale e messa in sicurezza del 21° circolo didattico scuola dell'infanzia "Marco Aurelio"*

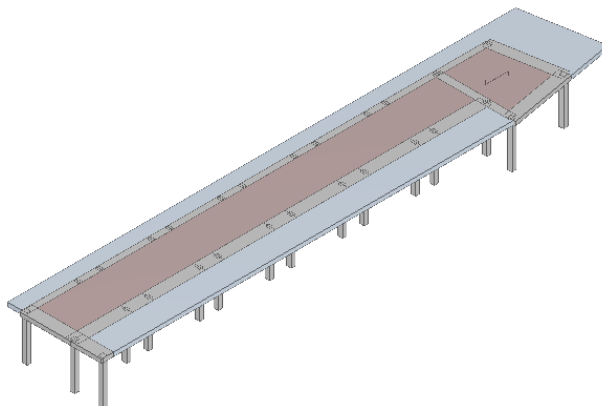
- Il secondo (Corpo B), caratterizzato da tre aule esagonali collegate al corpo in c.a. attraverso un corridoio avente altezza interna inferiore. Tali corpi di fabbrica sono costituiti da pilastri e travi in acciaio su cui insiste una copertura in legno spiovente avente altezza di colmo pari a 3,95 m e un'altezza minima di 3,10 m.
- Il terzo ed ultimo corpo (Corpo C) riguarda un'aula posta nella parte terminale del corpo A ed è costituito da una struttura intelaiata in acciaio i cui collegamenti sono costituiti da squadrette e flange bullonate; la copertura di tale corpo è costituito da un solaio sandwich in lamiera grecata.

Vengono riportate di seguito diverse viste assonometriche contrapposte dei vari corpi in cui è stata la struttura, allo scopo di consentire una migliore comprensione dello stato di progetto del fabbricato oggetto della relazione:

CORPO A

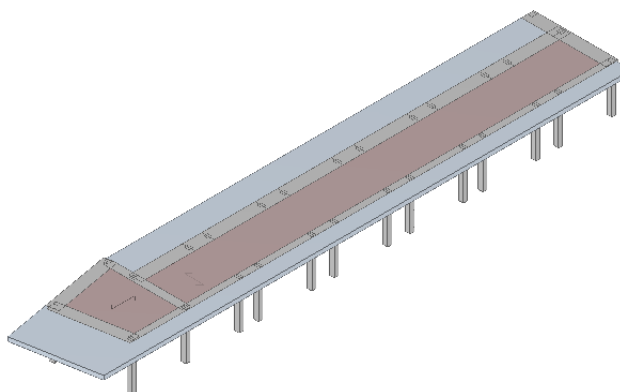
Vista Anteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale 0,X,Y, Z, ha versore (1;1;-1)



Vista Posteriore

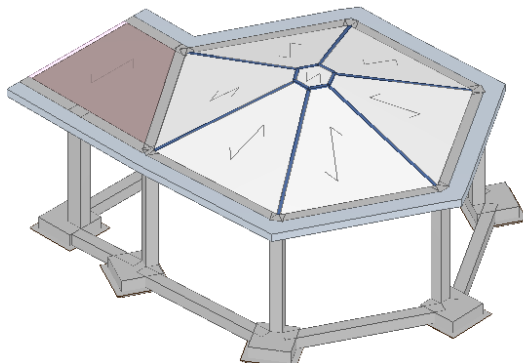
La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale 0,X,Y, Z, ha versore (-1;-1;-1)



CORPO B

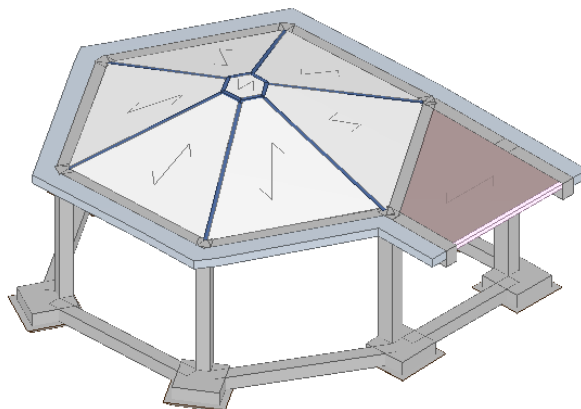
Vista Anteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale O, X, Y, Z , ha versore $(1;1;-1)$



Vista Posteriore

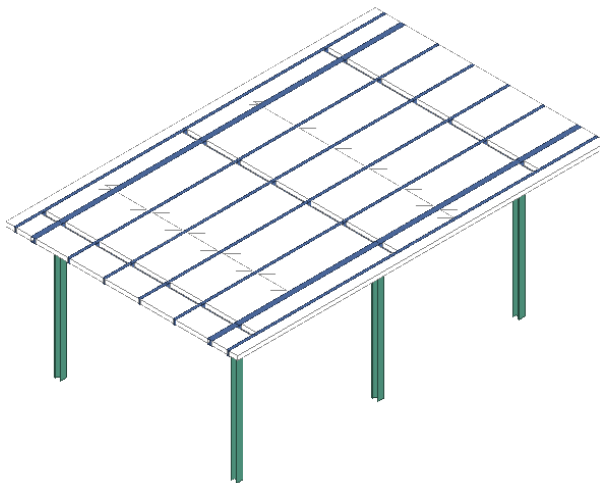
La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale O, X, Y, Z , ha versore $(-1;-1;-1)$



CORPO C

Vista Anteriore

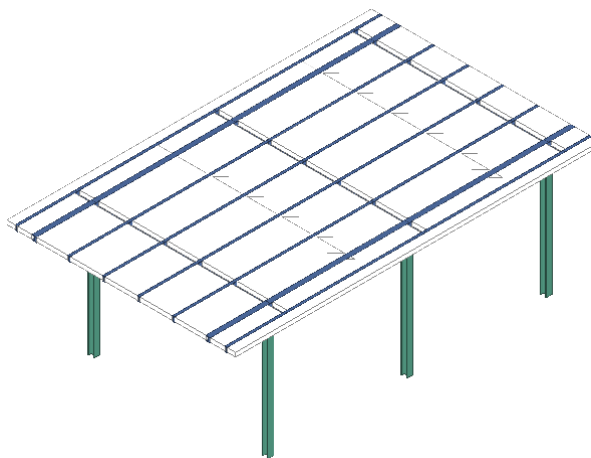
La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale O, X, Y, Z , ha versore $(1;1;-1)$



Oggetto: *Riqualificazione funzionale e messa in sicurezza del 21° circolo didattico scuola dell'infanzia "Marco Aurelio"*

Vista Posteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale O, X, Y, Z , ha versore $(-1; -1; -1)$



4. INDAGINI SULLA STRUTTURA

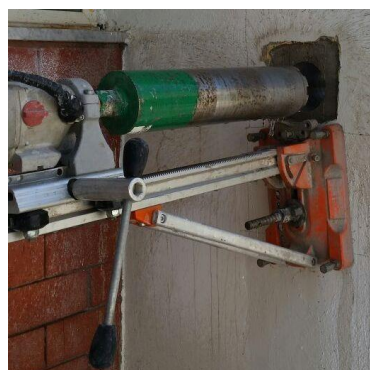
In tale paragrafo si inseriscono i risultati ottenuti dalla campagna di indagine eseguita ai fini della valutazione della vulnerabilità sismica dell'edificio scolastico.

4.1. Prove distruttive: prelievo di carote in cls e prove di rottura a compressione

I metodi distruttivi, basati sull'estrazione di campioni di calcestruzzo da sottoporre a prove di compressione, rappresentano lo strumento più affidabile per la stima delle proprietà meccaniche del calcestruzzo. Essi sono comunque caratterizzati da notevole invasività determinando disagi, e talvolta, interruzione dell'operatività.

La valutazione della resistenza tramite prove in situ dipende da numerosi fattori di non facile determinazione, quali la direzione di prelievo, il disturbo arrecato al campione, i rapporti dimensionali tra lunghezza e diametro del campione, le tolleranze adottate nella planarità delle superfici caricate e nella loro ortogonalità rispetto alla generatrice della superficie cilindrica.

La procedura di prelievo e di prova di tali campioni è regolamentata in ambito europeo dalle norme UNI 6131/1987, UNI EN 12390-1; e UNI EN 12504-1/2002, le quali prevedono la possibilità di estrarre campioni di calcestruzzo di diametro compreso tra 25 e 300 mm. Le stesse normative forniscono indicazioni in merito alle modalità di esecuzione e, in particolare, alla velocità di penetrazione del carotiere, al fine di limitare il danneggiamento del campione. Dopo il prelievo la carota viene "rettificata", con l'obiettivo di rendere piane e parallele le facce sulle quali verrà applicato il carico al fine di evitare concentrazioni di tensione sulle eventuali parti in rilievo e stati tensionali sul provino diversi dalla compressione semplice. Affinché il provino prelevato sia idonea all'esecuzione della prova di schiacciamento, devono essere controllati il diametro, la planarità delle facce esterne della carota, l'ortogonalità della generatrice del cilindro e l'altezza della carota, verificando che essi rispettino le tolleranze dimensionali dettate dalla norma UNI 6131/1987.



A conclusione delle fasi di rettifica, controllo ed accettazione, i provini vengono sottoposti a successiva prova di schiacciamento mediante pressa idraulica in controllo di forza in base alle UNI EN 12390-3/2003; EN 12390-4/2002; e UNI EN 12504-1/2002.

Le prove di resistenza a compressione su campioni cilindrici di calcestruzzo, prelevati in sito mediante carotaggio, sono state eseguite secondo le prescrizioni della norma UNI EN 12504/1; in particolare sono stati sottoposti preliminarmente alle operazioni di taglio, per il ricavo dei provini, e successivamente a spianatura mediante molatura. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa recante gli esiti delle prove di resistenza a compressione su carota (f_c), la conversione in resistenza cubica (R_{ck}) e la massa volumica. Per la conversione della resistenza a compressione del campione

cilindrico di calcestruzzo prelevato in sito mediante carotaggio (f_c) in resistenza cubica (R_{ck}) è stata impiegata la formula British Standard 1881 (1983):

$$R_{ck} = \frac{f_c \cdot K}{0,83 \cdot \left(1,5 + \frac{d}{h}\right)}$$

dove f_c è la resistenza a compressione della carota di calcestruzzo misurata alla pressa, d è il diametro della carota, h è l'altezza della carota, K è un coefficiente che tiene conto della direzione di prelievo della carota, che vale 2,5 per campioni estratti ortogonalmente al getto (carotaggio orizzontale) e 2,3 per campioni estratti parallelamente al getto (carotaggio verticale).

Di seguito si riporta la tabella con i risultati dei carotaggi:

Laboratorio

CSW ENGINEERING S.R.L.
SETTORE A – Circolare 7617/STC 08/09/2010

Via della Libertà, 25 – 84086 – ROCCAPIEMONTE (SA) - P.IVA/C.F. 05404540659
Tel. 081/1822445 e-mail: laboratorio@csw.it Pec: csw@pec.it



Laboratorio Autorizzato con D.M. n. 48 del 03/03/2021 ai sensi della Legge 1089/71 e successivi

Certificato	N. del	0068/2022	Verbale di accettazione	N. del	0051/2022
		24/01/2022			22/01/2022

CERTIFICATO DI PROVA
Prova di Rottura a Compressione di Carote di Calcestruzzo Indurito

Tecnico incaricato	Ing. Fabio Mastellone di Castelvetere
Proprietario/Committente	Comune di Napoli
Località Lavori	Via Marco Aurelio, 93 - Napoli (NA)
Oggetto dei lavori	Campagna d'indagine strutturale edificio scolastico "3- Infanzia Marco Aurelio"
Impresa Esecutrice	Mastellone di Castelvetere Engineering S.r.l.

NORMA DI PROVA		UNI EN 12390-1 / UNI EN 12390-3 / DM 17.01.2018									
N	Segna	Indicazione Prelievo	Data Prelievo	R*	D (cm)	H (cm)	Ac (cmq)	Peso (kg)	fc (Mpa)	TR**	Data Prova
1	C1	Pilastro - primo impalcato	04/01/2022	No	7,95	7,77	49,64	0,71	32,24	S	24/01/2022
2	C2	Pilastro - primo impalcato	04/01/2022	No	7,94	7,75	49,51	0,71	33,12	S	24/01/2022

La richiesta prove non è stata sottoscritta dal Direttore dei Lavori.
I dati relativi al prelievo e alle caratteristiche nominali sono stati dichiarati dal richiedente delle prove.

Prelievo eseguito come disposto dal §8.5.3 o dal §11.2.2 delle NTC 2018.

* rettifica (No – S1 (rett. meccanica) – S2 (cappatura));

** tipo di rottura (Soddisfacente – Non Soddisfacente)

Lo Sperimentatore

Marco Grimaldi

Il Direttore del Laboratorio

Dott. Ing. Alfonso Belmonte



CERT 08/156-3317
AD-ITA-ACCREDITA

Mod. A2.2.1.2 CER - Rev. 03 del 08/09/21

Pagina 1/1

Per una maggior omogeneità delle caratteristiche in sito si è infine ricavato un valore medio ottenendo un valore di resistenza cilindrica pari a 32.68 N/mm^2 . Il passaggio alla resistenza cubica viene fatto dividendo tale valore per 0.83 e si ottiene in tal modo un valore medio di resistenza cubica pari a: $R_{cm} = 39.37 \text{ N/mm}^2$.

4.2. Prove non distruttive: durometriche

La prova consiste nell'eseguire cinque battute tramite durometro nella superficie degli elementi in acciaio. Il principio di funzionamento del durometro è di seguito descritto. Un corpo di battuta con una punta in metallo è proiettato da una molla contro la superficie dell'oggetto da analizzare. L'impatto causa una leggera deformazione della superficie, che comporta una perdita di energia cinetica. Tale perdita di energia è calcolata misurando la velocità dell'impatto (v_i) e del rimbalzo (v_r) a una distanza precisa dalla superficie. Le velocità sono misurate mediante un magnete permanente nel corpo di battuta che genera una tensione ridotta indotta nella sonda del percussore. La tensione identificata è proporzionale alla velocità del corpo di battuta. L'elaborazione del segnale fornisce la durezza che è automaticamente correlata in valore di resistenza tramite una curva di taratura determinata in base alla tipologia di acciaio in esame, in questo caso acciaio dolce. Nel caso specifico le prove durometriche hanno riguardato due pilastri e se ne riportano le misurazioni effettuate.

1. PROVE DUROMETRICHE

Scopo dell'indagine

La prova durometrica in sito permette di stimare la resistenza a trazione delle barre d'armatura e dei profilati metallici, senza prelevare un campione su cui eseguire prove di laboratorio. La prova durometrica non può sostituire il prelievo di campioni di barre d'armatura / profili d'acciaio, ma permette di estendere la stima della resistenza a trazione ad un maggior numero di elementi. Il principio di misura è il seguente: un dardo di con una punta a elevata durezza viene scagliato da una molla sul campione, causando una deformazione plastica alla superficie che si traduce in una perdita di energia cinetica. Questa perdita di energia è quantificata misurando la differenza di velocità del dardo prima e dopo l'impatto con la superficie del campione ad una data distanza dalla superficie. Il magnete permanente incluso nel dardo genera una tensione indotta passando attraverso la bobina della sonda. La tensione del segnale così ottenuta sarà direttamente proporzionale alla velocità del dardo attraverso la bobina. L'elettronica dello strumento elabora il segnale fornendo la lettura della durezza.

Per l'esecuzione della prova di durezza viene rimosso il copriferro in corrispondenza della barra d'armatura da campionare, per una porzione adeguata alla corretta preparazione del campione stesso; sulla porzione di barra scoperta viene creata una superficie piatta e a bassa rugosità su cui verrà eseguita la prova; per ogni punto campionato vengono determinati 5 (cinque) valori di durezza dei quali si determina la media e la stima della tensione della barra utilizzando le espressioni di conversione disponibili in letteratura.

Attrezzatura di prova

- Durometro portatile a rimbalzo SAP 180 – SAMA Tools

Norma di riferimento

- UNI EN ISO 6506-1

Risultati delle prove

Strumentazione Utilizzata: Durometro portatile a rimbalzo SAP 180 – SAMA Tools

Riepilogo prove eseguite

N°	Riferimento Struttura	1	2	3	4	5	Media Stima Resistenza a Rottura Mpa
D1	Pilastro d'acciaio – Primo impalcato	572	568	570	573	571	570,8
D2	Pilastro d'acciaio – Primo impalcato	554	563	587	549	566	563,8

* I valori riportati sono stimati sulla base della curva di correlazione fornita a corredo dello strumento di misura da parte del produttore. Restano puramente indicativi e a supporto di un'analisi statistica.

Per una maggior omogeneità delle caratteristiche in sito si è infine ricavato un valore medio ottenendo un valore medio di resistenza rottura pari a 567,3 MPa.

Dalle prove si evince che l'acciaio utilizzato è un S450, siccome la tensione caratteristica di snervamento f_{yk} e la tensione caratteristica a rottura desunta dalle prove si avvicina a questa tipologia di acciaio.

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI

CORPO A:

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

Caratteristiche calcestruzzo armato															
N _{id}	γ _k [N/m ³]	α _{T,i} [1/°C]	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	C _{Erid} [%]	Stz	R _{ck} [N/mm ²]	R _{cm} [N/mm ²]	%R _{ck}	γ _c	f _{cd} [N/mm ²]	f _{ctd} [N/mm ²]	f _{ctm} [N/mm ²]	N	n Ac
Cls C28/35_FeB38k - (C28/35_FeB38k)															
001	25,000	0.000010	32,588	13,578	60	F	35.00	-	0.85	1.50	13.72	1.10	2.83	15	002

LEGENDA:

N _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ _k	Peso specifico.
α _{T,i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
C _{Erid}	Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E _{sisma} = E·C _{Erid}].
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
R _{ck}	Resistenza caratteristica cubica.
R _{cm}	Resistenza media cubica.
%R _{ck}	Percentuale di riduzione della R _{ck} .
γ _c	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
f _{cd}	Resistenza di calcolo a compressione.
f _{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.
f _{ctm}	Resistenza media a trazione per flessione.
n Ac	Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

Caratteristiche acciaio																	
Nid	γ _k	α _{T,i}	E	G	Stz	LMT	f _{yk}	f _{tk}	f _{yd}	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7} NCnt	Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
FeB38k - Acciaio in Tondini - (FeB38k)																	
002	78,500	0.000010	206,000	80,769	F	-	375.00	-	271.74	-	1.15	-	-	-	-	-	-

LEGENDA:

N _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ _k	Peso specifico.
α _{T,i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
LMT	Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)
f _{yk}	Resistenza caratteristica allo snervamento
f _{tk}	Resistenza caratteristica a rottura
f _{yd}	Resistenza di calcolo
f _{td}	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
γ _s	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
γ _{M1}	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
γ _{M2}	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
γ _{M3,SLV}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
γ _{M3,SLE}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).

γ _{M7}	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - N _{Cnt} = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il materiale.

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	σ _{d,amm} [N/mm ²]
Clas C28/35_FeB38k	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	14.53
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	10.89
FeB38k	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	250.00

LEGENDA:

SL	Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.
σ _{d,amm}	Tensione ammissibile per la verifica.

CORPO B:

MATERIALI ACCIAIO

Caratteristiche acciaio																	
N _{id}	γ _k	α _{T,i}	E	G	Stz	LMT	f _{yk}	f _{tk}	f _{yd}	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3SL} V	γ _{M3SL} E	γ _{M7} NCnt	Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
S235 - Acciaio per Profilati - (S235)																	
001	78,500	0.000012	210,000	80,769	F	40	235.00	360.00	223.81		1.05	1.05	1.25	-	-	-	-
						80	215.00	360.00	204.76	-							
S275 - Acciaio per Profilati - (S275)																	
002	78,500	0.000012	210,000	80,769	F	40	275.00	430.00	261.90		1.05	1.05	1.25	-	-	-	-
						80	255.00	410.00	242.86	-							

LEGENDA:

N _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ _k	Peso specifico.
α _{T,i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
LMT	Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)
f _{yk}	Resistenza caratteristica allo snervamento
f _{tk}	Resistenza caratteristica a rottura
f _{yd}	Resistenza di calcolo
f _{td}	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
γ _s	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
γ _{M1}	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
γ _{M2}	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
γ _{M3,SLV}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
γ _{M3,SLE}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
γ _{M7}	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il materiale.

CORPO C:

MATERIALI ACCIAIO

Caratteristiche acciaio																	
N _{id}	γ _k	α _{T,i}	E	G	Stz	LMT	f _{yk}	f _{tk}	f _{yd}	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7} NCnt	Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
S450 - Acciaio per Profilati - (S450)																	
001	78,500	0.000012	210,000	80,769	F	40	440.00	550.00	349.21	-	1.05	1.05	1.25	-	-	-	-
						-	420.00	550.00	333.33								
8.8 - Acciaio per Bulloni - (8.8)																	
002	78,500	0.000012	210,000	80,769	-	-	640.00	800.00	512.00	-	1.25	-	-	1.25	1.10	1.10	1.00
S235 - Acciaio per Saldature - (S235)																	
003	78,500	0.000012	210,000	80,769	-	-	235.00	360.00	223.81	-	1.05	1.05	1.25	-	-	-	-
S235 - Acciaio per Piastre - (S235)																	
004	78,500	0.000012	210,000	80,769	-	40	235.00	360.00	223.81	-	1.05	1.05	1.25	-	-	-	-
						80	215.00	360.00	204.76								

LEGENDA:

N _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ _k	Peso specifico.
α _{T,i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
LMT	Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)
f _{yk}	Resistenza caratteristica allo snervamento
f _{tk}	Resistenza caratteristica a rottura
f _{yd}	Resistenza di calcolo
f _{td}	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
γ _s	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
γ _{M1}	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
γ _{M2}	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
γ _{M3,SLV}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
γ _{M3,SLE}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
γ _{M7}	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il materiale.

6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ALLO STATO DI PROGETTO

Alla luce delle indagini effettuate e delle analisi condotte sono emerse le seguenti problematiche:

- L'edificio risulta non verificato in termini di resistenza all'ingresso delle forze sismiche laterali. La struttura necessita di interventi di consolidamento volti a incrementare la resistenza a carichi sismici;
- Le armature longitudinali e trasversali degli elementi portanti sono sottodimensionate rispetto alle esigenze normative attuali e risultano incapaci di garantire l'opportuno grado di sicurezza della struttura in funzione della destinazione d'uso, in condizioni sismiche.

I materiali di progetto adottati sono i seguenti:

- Fasciatura di nodi e travi con materiali in fibra di acciaio galvanizzato tipo GeoSteel G600 della Kerakoll;
- Incamiciatura di pilastri con calcestruzzo C25/30 e acciaio B450C;
- Sostituzione di piastre di collegamento in acciaio S275 e bulloni classe 10.9 in acciaio S275;
- Realizzazione di nuova struttura portante in cemento armato C25/30 e acciaio B450C esterna a quella esistente costituente il corpo B e rifacimento copertura con profilati in acciaio S275 e lamiera grecata;

6.1. Materiale fibro-rinforzato a matrice polimerica

I rinforzi realizzati mediante fasciatura con tessuti in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta minerale strutturale tixotropica consentono di perseguire:

- Aumento della resistenza a taglio (eliminazione collassi "fragili");
- Aumento della duttilità delle zone critiche;
- Aumento della resistenza a flessione.

L'applicazione di queste fibre viene effettuata mediante una malta strutturale (geomalta tixotropica), la quale consente la perfetta adesione con il supporto sottostante in calcestruzzo. Il rinforzo a taglio viene realizzato mediante l'applicazione di "fasce" ortogonali all'asse dell'elemento (trave o pilastro) e può essere utilizzato per ripristinare i criteri della gerarchia delle resistenze. Il rinforzo a flessione viene realizzato applicando nelle zone da rinforzare una o più lamine preformate, oppure in alternativa, uno o più strati di tessuto impregnati in situ.

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche del sistema utilizzato.

Dati tecnici secondo Norma di Qualità Kerakoll

Trefolo 3x2 ottenuto unendo fra loro 5 filamenti, di cui 3 rettilinei e 2 in avvolgimento con elevato angolo di torsione:

- area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili)	A_{trefolo}	0,538 mm ²
- n° trefoli/cm		1,57 trefoli/cm
- massa (comprensivo di termosaldatura)		≈ 670 g/m ²
- carico di rottura a trazione di un trefolo		> 1500 N
- resistenza a trazione del nastro, valore caratteristico	σ_{nastro}	> 3000 MPa
- resistenza a trazione per unità di larghezza		> 2,35 kN/cm
- modulo di elasticità normale del nastro, valore medio	E_{nastro}	> 190 GPa
- deformazione a rottura del nastro, valore caratteristico	$\varepsilon_{\text{nastro}}$	> 1,5%
- spessore equivalente	t_f	≈ 0,084 mm
Confezione	rotoli 50 m (h 30 cm)	
Peso 1 rotolo	≈ 24 kg inclusa confezione	

Sistemi Geosteel SRP – ETA n° 18/0314

SRP – Geolite Gel & Geosteel G600

Caratteristica prestazionale	Metodo di prova		Prestazioni sistema Geosteel SRP G600 (1 strato)	Prestazioni sistema Geosteel SRP G600 (3 strati)	Dati di progetto secondo CNR-DT 200 R1/2013
Resistenza a trazione (valore caratteristico)	EN 2561	σ_{SRP}	3073 MPa	3013 MPa	3000 MPa
Modulo Elastico (valore medio)	EN 2561	E_{SRP}	212 GPa	204 GPa	200 GPa
Allungamento a rottura (valore medio)	EN 2561	ϵ_{SRP}	1,90%	1,89%	1,90%
Lap tensile strength ¹ (valore caratteristico)	EN 2561	σ_{lap}	2888 MPa	NPD	-
Resistenza a trazione del tessuto piegato (valore caratteristico)	EN 2561	$\sigma_{u,fbent}$	2416 MPa	NPD	-
Temperatura di transizione vetrosa	EN 12614	T_g	+60 °C	+60 °C	-
Adesione al supporto ²					
Pull-off strength (valore caratteristico)	EN 1542	f_h	2,3 MPa	NPD	-
Single-lap shear test (valore caratteristico)	Annex B EAD 340210-00-0104	σ_{deb}	Rottura fibre oltre la lunghezza di ancoraggio	NPD	-
Pull-out from substrate (valore medio)	Annex C EAD 340210-00-0104	$\sigma_{pull-out}$	2726 MPa	NPD	-
Condizioni di installazione					
Temperatura massima (aria e superficie)	-	-	< +35 °C		
Temperatura minima (aria e superficie)	-	-	> +5 °C		
Umidità relativa dell'aria	-	-	20 – 90 %		
Umidità relativa della superficie di incollaggio ³	-	-	< 5 %		
Condizioni di esercizio					
Temperatura massima (aria e superficie)	-	-	< +45 °C		
Temperatura minima (aria e superficie)	-	-	> -25 °C		
Umidità relativa dell'aria	-	-	ininfluente		
Contatto con acqua ⁴	-	-	occasionale		
Reazione al fuoco ⁵	EN 13501-1	-	Euroclasse D – s2, d0		

6.2. Conglomerato cementizio

Ai sensi della disciplina per le opere in conglomerato cementizio armato (Legge 05/10/71 n°1086 pubblicata sulla G.U. n°321 art.4 capo B), si riportano di seguito le caratteristiche, la qualità e le dosature dei materiali che verranno impiegati per le strutture del progetto in questione, determinati in conformità al D.M. 17/01/2018. In particolare, per le classi di resistenza

normalizzate per calcestruzzo normale si è fatto riferimento a quanto indicato nelle norme UNI EN 206-1:2006 ("Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità") e UNI 11104:2004 ("Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1").

La classe di esposizione per le opere in conglomerato cementizio sia per la struttura di fondazione, sia per la sovrastruttura del corpo B che per i ringrossi dei pilastri previsti, è la **XC2** (bagnato raramente asciutto) secondo le norme UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006.

Tab. 1 Prospetto classi di esposizione e composizione uni en 206-1 (uni 11104 marzo 2004)

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	1	---	15	---
2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota – Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro e nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	2a	0,60	30	300
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	5a	0,55	35	320
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto e umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non compresa nella classe XC2.	4a, 5b	0,50	40	340

3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	5a	0,55	35	320
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (piscine).	4a, 5b	0,50	40	340
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	5c	0,45	45	360

4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	4a, 5b	0,50	40	340
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	5c	0,45	45	360
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	5c	0,45	45	360

5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti *(NB XF2 – XF3 – XF4 contenuto minimo aria 3%)						
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	4a, 5b	0,50	40	320
XF2*	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	3, 4b	0,50	30	340
XF3*	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	2b, 4b	0,50	30	340
XF4*	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	3, 4b	0,45	35	360

6 Attacco chimico **)						
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.	5a	0,55	35	320
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	5b	0,50	40	340
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.	5c	0,45	45	360

*) il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:

-moderato: occasionalmente gelato in condizioni di saturazione;

-elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.

Qualità del calcestruzzo C 25/30

- Dosaggio dei materiali

Il dosaggio dei materiali per ottenere le classi di resistenza C25/30 è descritta in Tab. 2:

Tab. 2 Dosaggio dei materiali per ottenere le classi di resistenza C 25/30

Materiali	Quantità (per la confezione di 1 m³ d'impasto) [C25/30]
sabbia	0.4 m ³
ghiaia	0.8 m ³
acqua	150 litri
cemento tipo 42.5	350 kg

- Qualità dei componenti

Devono impiegarsi i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197, ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo, nonché conformi alle prescrizioni di cui alla legge n°595 del 26 maggio 1965. È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

- Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.
- È ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, che devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1.
- Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria. Essi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.
- L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere limpida, priva di sali (cloruri e solfuri) in percentuali dannose e non deve essere aggressiva. L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, deve essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

- Prescrizione per gli inerti (o aggregati)

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 7 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 30 mm, per cementi armati comuni, fino a 70 mm, per grossi getti (es. fondazioni). Tali elementi devono essere resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate.

Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità o di elementi in decomposizione. La ghiaia deve avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto e all'ingombro delle armature.

Importante è la composizione granulometrica degli aggregati, che influisce sulla quantità di pasta (acqua + cemento) necessaria ad ottenere il voluto grado di consistenza e di lavorabilità del calcestruzzo. Si suole pertanto richiedere una composizione tale che la relativa curva granulometrica sia compresa fra le due curve limite, confermate come favorevoli dall'esperienza.

- passante al vaglio di mm 16 = 100%
- passante al vaglio di mm 8 = 88÷60%
- passante al vaglio di mm 4 = 78÷36%
- passante al vaglio di mm 2 = 62÷21%
- passante al vaglio di mm 1 = 49÷12%
- passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

- **Prescrizione per il disarmo**

Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi ed archi 24-25 giorni; mensole 28 giorni. Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Tab. 3 Controlli di accettazione in cantiere del calcestruzzo

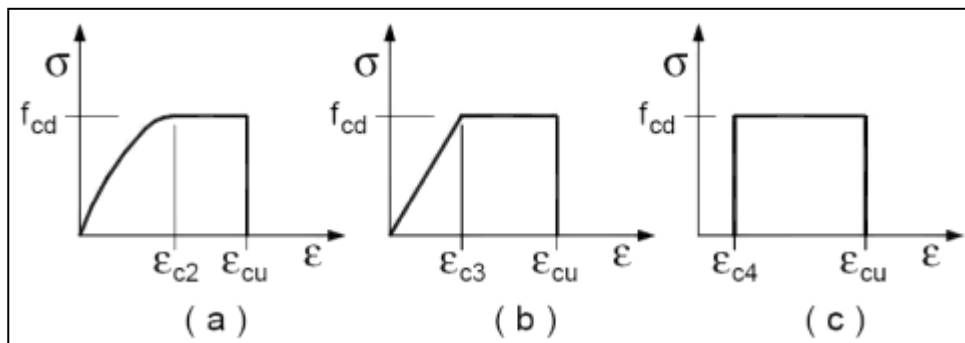
Controllo di tipo A	Controllo di tipo B o di tipo statistico
È riferito ad un quantitativo di miscela omogenea $\leq 300\text{m}^3$	È obbligatorio nella realizzazione di opere che richiedano l'impiego di più di 1500 m^3 di miscela omogenea
n°3 prelievi,	n° prelievi ≥ 15
da eseguire su un massimo di 100 m^3 di getto	da eseguire su ogni 1500 m^3 di getto
n° prelievi per ogni giorno di getto ≥ 1	n° prelievi per ogni giorno di getto ≥ 1
$R_{\min} \geq R_{ck} - 3.5[=]N/mm^2$	$R_{\min} \geq R_{ck} - 3.5[=]N/mm^2$
$R_m \geq R_{ck} + 3.5[=]N/mm^2$	$R_m \geq R_{ck} + 1.4 \cdot s[=]N/mm^2$

con:

- R_{\min} minore valore di resistenza dei prelievi;
- R_m resistenza media dei prelievi;
- s scarto quadratico medio.

Modellazione del comportamento meccanico del calcestruzzo di progetto

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata è adottato il modello riportato in fig. (a).



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

La deformazione massima $\epsilon_{c \max}$ è assunta pari a 0.0035.

Valori delle caratteristiche meccaniche del Calcestruzzo C25/30:

- Modulo di elasticità: $E = 31447 \text{ MPa}$
- Coefficiente di Poisson: $\nu = 0.2$
- Modulo di elasticità tangenziale $G = 12579 \text{ MPa}$
- Peso specifico: $\gamma = 2500 \text{ kg/m}^3$
- Coefficiente di dilatazione termica $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Resistenza caratteristica cubica, determinata sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni su cubi di 150 mm di lato $R_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Resistenza caratteristica cilindrica a compressione a 28 giorni $f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- Resistenza media a trazione semplice (assiale) per una classe di resistenza $\leq C50/60$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ MPa}$$
- Valore caratteristico della resistenza a trazione $f_{ctk} = 0.70 \cdot f_{ctm} = 1,79 \text{ MPa}$
- Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 0.57 \cdot f_{ck} = 14,16 \text{ MPa}$
- Resistenza di calcolo a trazione $f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{1,5} = 1,19 \text{ MPa}$

Caratteristiche calcestruzzo armato

N_{id}	γ_k	$\alpha_{T,i}$	E	G	C_{Erid}	Stz	R_{ck}	R_{cm}	$\%R_{ck}$	γ_c	f_{cd}	f_{ctd}	f_{ctm}	N	n_{Ac}
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Classe C25/30_B450C - (C25/30)															
001	25.000	0.000010	31.447	13.103	60	P	30.00	-	0.85	1.50	14.11	1.19	3.07	15	002

LEGENDA:

- N_{id} Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
- γ_k Peso specifico.
- $\alpha_{T,i}$ Coefficiente di dilatazione termica.
- E Modulo elastico normale.

Caratteristiche calcestruzzo armato														
N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	C _{Erid}	Stz	R _{ck}	R _{cm}	%R _{ck}	γ _c	f _{cd}	f _{ctd}	f _{cfm}	N n Ac
	[N/mm ²]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
G	Modulo elastico tangenziale.													
C_{Erid}	Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E _{sisma} = E·C _{Erid}].													
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).													
R_{ck}	Resistenza caratteristica cubica.													
R_{cm}	Resistenza media cubica.													
%R_{ck}	Percentuale di riduzione della R _{ck}													
γ_c	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.													
f_{cd}	Resistenza di calcolo a compressione.													
f_{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.													
f_{cfm}	Resistenza media a trazione per flessione.													
n Ac	Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.													

6.3. Acciaio in barre da cemento armato

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018, la normativa ha introdotto l'utilizzo di una sola tipologia di acciaio nervato, l'acciaio del tipo B450, di cui si riportano le principali caratteristiche in Tab.8.

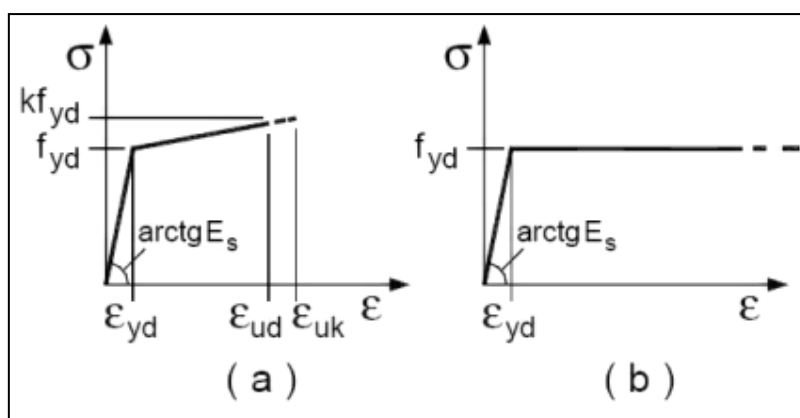
In particolare, le barre sono caratterizzate dal diametro ϕ della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7.85 kg dm³.

Gli acciai B450C (profilati a caldo) possono essere impiegati in barre di diametro ϕ compreso tra 6 e 40 mm. Per gli acciai B450A (profilati a freddo) il diametro ϕ delle barre deve essere compreso tra 5 e 10 mm.

Controlli di accettazione in cantiere delle barre d'armatura

Essi devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in ragione di 3 spezzoni marchiat di uno stesso diametro. I valori di accettazione sono riportati in normativa.

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.3 del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b).



La resistenza di calcolo è data da f_{yk} / γ_f . Il coefficiente di sicurezza γ_f si assume pari a 1.15.

Caratteristiche acciaio																	
N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	Stz	LMT	f _{yk}	f _{tk}	f _{yd}	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7}	
	[N/mm ²]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]						NCnt	Cnt
Acciaio B450C - Acciaio in Tondini - (B450C)																	
002	78.500	0.000010	210.000	80.769	P	-	450.00	-	391.30	-	1.15	-	-	-	-	-	-

LEGENDA:

N_{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ_k	Peso specifico.
α_{T, i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
LMT	Campo di validità in termini di spessore t, (per profili, piastre, saldature) o diametro, d (per bulloni, tondini, chiodi, viti, spinotti)
f_{yk}	Resistenza caratteristica allo snervamento
f_{tk}	Resistenza caratteristica a rottura
f_{yd}	Resistenza di calcolo
f_{td}	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
γ_s	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
γ_{M1}	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
γ_{M2}	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
γ_{M3,SLV}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
γ_{M3,SLE}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
γ_{M7}	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il materiale.

B 450	
CARATTERISTICHE	REQUISITI
f_{yk} : tensione caratteristica di snervamento	$\geq f_{y,nom} = 450 \text{ N/mm}^2 (4589 \text{ kg/cm}^2)$
f_{tk} : tensione caratteristica di rottura	$\geq f_{t,nom} = 540 \text{ N/mm}^2 (5506 \text{ kg/cm}^2)$
f_{yd} : resistenza di calcolo	$= \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{f_{yk}}{1.15} = 391 \text{ N/mm}^2 (3990 \text{ kg/cm}^2)$
$(f_t/f_y)_k$ [B450C]	$\begin{cases} \geq 1.15 \\ < 1.35 \end{cases}$
$(f_t/f_y)_k$ [B450A]	≥ 1.05
$(f_y/f_{y,nom})_k$	≤ 1.25
$(A_{gt})_k$: allungamento di rottura [B450C]	$\geq 7.5\%$
$(A_{gt})_k$: allungamento di rottura [B450A]	$\geq 2.5\%$

Tab. 4 Caratteristiche dell'acciaio per cemento armato B450

6.4. Acciaio da carpenteria

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati).

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico	$E = 210000 \text{ N/mm}^2$
modulo di elasticità trasversale	$G = E / [2 (1 + \nu)] = 80769 \text{ N/mm}^2$
coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$
coefficiente di espansione termica lineare α	$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ (per temp. fino a $100 \text{ }^\circ\text{C}$)
densità	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati in Tab.5.

I diagrammi costitutivi considerati sono quelli classici per gli acciai del tipo elastico perfettamente plastico, il comportamento plastico viene comunque escluso considerando l'insorgere dei fenomeni di instabilità prima dell'escursione in campo plastico.

Tab.5 Tensioni caratteristiche di snervamento e di rottura per laminati a caldo, profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
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
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Per i profili in acciaio previsti dal progetto di adeguamento sismico, si utilizza un acciaio **S275**.

7. CONCLUSIONI

Dall'analisi delle prove effettuate, precedentemente elencate, è stato possibile risalire alle caratteristiche medie dei materiali utilizzati ai fini della costruzione dell'opera. La struttura, pertanto, è stata modellata secondo tali caratteristiche medie.

I **materiali di progetto** rispondono ai criteri richiesti dalla normativa vigente in termini di durabilità e prestazioni.

Si rilascia per gli usi consentiti dalla legge.

Il Tecnico

Ing. Rodolfo Fisciano

