

COMUNE di ALESSANDRIA DELLA ROCCA
PROVINCIA di Agrigento

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO
STRUTTURA "A" e STRUTTURA "B"

RELAZIONE SUI MATERIALI

OGGETTO:

Lavori di completamento e ristrutturazione dell'Istituto Comprensivo ed adeguamento alle normative di sicurezza e alla verifica di vulnerabilità sismica

COMMITTENTE:

COMUNE DI ALESSANDRIA DELLA ROCCA

IL TECNICO

VISTI

RELAZIONE SUI MATERIALI

Il sottoscritto Dott. Ing. Antonino G. PATRINOSTRO è stato incaricato di eseguire la verifica della vulnerabilità sismica del plesso C – scuola elementare – dell’Istituto comprensivo A. Manzoni di Alessandria della Rocca; in esito alle risultanze delle verifiche di vulnerabilità sismica ha predisposto il progetto degli interventi di miglioramento necessari per adeguare l’edificio scolastico alla normativa vigente (Rif. NTC 2018 e relativa circolare esplicativa n. 7/2019 del C.S.LL.PP).

In tale ambito, in riferimento ai requisiti prestazionali esplicitati nei calcoli, indica nella presente relazione le caratteristiche dei materiali da impiegare in rapporto alle esigenze strutturali, esecutive ed ambientali dell’opera.

In ogni modo, alla scadenza della vita utile di servizio dichiarata in progetto e valutata a partire dalla fine della costruzione ovvero dalla data del collaudo statico, la struttura dovrà essere sottoposta ad una nuova valutazione della sicurezza così come descritto nel cap. 8 delle NTC “Costruzioni esistenti”.

SINTESI DEGLI INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO

Gli interventi strutturali

Gli interventi previsti per “adeguare” sicamente la struttura in oggetto consistono:

Incamicatura dei pilastri in c.a.

Lo spessore delle “camicie” previsto è di cm 7 che consente il corretto posizionamento delle nuove armature longitudinali e trasversali e la realizzazione di uno spessore del copriferro adeguato; il calcestruzzo sarà del tipo autocompattante con resistenza caratteristica R_{ck} 40, classe di resistenza a compressione C32/40, rapporto $A/C \leq 0,45$ e classe di esposizione XC3

Placcatura e fasciatura dei nodi con materiali compositi

Il rinforzo dei nodi trave-pilastro in c.a. sarà effettuato con materiali compositi a matrice inorganica costituito da tessuto in fibra di acciaio e geomalta.

Rifacimento del giunto sismico tra le due strutture

Installazione di giunto sismico per sconnettere le due strutture intelaiate che costituiscono l’edificio scolastico.

Gli interventi sugli elementi non strutturali

Risanamento di strutture intelaiate in cemento armato

Risanamento di porzioni di cornicione con ricostituzione della malta copriferro con asportazione della ruggine dell'armatura, trattamento con malta passivante e rifacimento del copriferro con malta tixotropica antiritiro.

Anti-sfondellamento di solai

Applicazione di rete preformata in materiale composito fibrorinforzato incollata con resina termoindurente ed ancorata con connettori ad espansione al fine di prevenire il fenomeno dello "sfondellamento" dei solai.

Antiribaltamento dei pannelli murari

Aumento della resistenza al ribaltamento dei tompagni mediante applicazione di fasce di fibre ed installazione di barre di acciaio con inghisaggio nelle travi / pilastri in c.a. e nel pannello murario.

MATERIALI PER USO STRUTTURALE

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- qualificati sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, come specificato di volta in volta nel seguito, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi dell'art.18 della Direttiva n.89/106/CEE;
- b) laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale;

Nel seguito vengono illustrate le caratteristiche dei materiali da impiegare per la realizzazione delle nuove strutture, le modalità di posa in opera ed i controlli da attuare.

1. CALCESTRUZZO

Generalità

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza Rck (o fck), la classe di consistenza (S1-5) ed il diametro massimo dell'aggregato (D).

Al fine di ottenere le prestazioni richieste, nel seguito vengono fornite alcune indicazioni in merito alla composizione, ai processi di maturazione ed alle procedure di posa in opera, fermo restando che per maggiori indicazioni si deve fare riferimento alla norma UNI EN 13670 ed alle *Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale* ed alle *Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera* elaborate pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nonché alla norma UNI EN 206: 2016 per la composizione della miscela, compresi gli eventuali additivi, tenuto conto anche delle previste classi di esposizione ambientale.

In considerazione del fatto che nella maggior parte dei cantieri il livello di qualificazione della manodopera non è sempre adeguato, è preferibile utilizzare per il calcestruzzo una classe di consistenza fluida o superfluida al fine di rendere il getto meno dipendente dalle modalità di posa e, quindi, più affidabile in termini di prestazioni attese; Infatti un calcestruzzo più lavorabile è anche meno sensibile all'efficacia della compattazione e cioè dal tempo e dalla uniformità della vibrazione durante la posa in opera.

Si deve ancora evidenziare che per ottenere calcestruzzi di buona qualità – cioè meccanicamente resistenti, oltre che durabili in quanto impermeabili agli agenti aggressivi – occorre realizzare il maggior grado di compattazione possibile, comunque almeno 0,97 e preferibilmente 1. Questo obiettivo si può raggiungere più facilmente impiegando calcestruzzi a consistenza fluida (o superfluida) anche se non si dispone di un efficace sistema vibrante. Di contro, laddove la consistenza del calcestruzzo debba essere necessariamente bassa per la tecnica esecutiva adottata (casseri rampanti, getti in pendenza, ecc.), l'efficacia del sistema vibrante deve sopperire alla carente lavorabilità del calcestruzzo fresco per ottenere un soddisfacente grado di compattazione se non si vuole penalizzare eccessivamente le prestazioni meccaniche e quelle di durabilità del materiale messo in opera. La lavorabilità del calcestruzzo dipende, altresì, dalla natura degli inerti e dalla composizione granulometrica: in genere all'aumentare del diametro massimo dell'inerte la lavorabilità diminuisce e si ha una forte tendenza alla segregazione. Anche la distribuzione granulometrica, la forma e lo stato superficiale degli inerti hanno una grande influenza sulla lavorabilità: le forme tondeggianti e lisce la favoriscono, mentre quelle spigolose e scabre, come quelle degli inerti ottenuti per frantumazione, la riducono. Pertanto la sabbia e la

ghiaia (granulometricamente assortite, con le dimensioni fini variabili da 0,5 a 5 mm) necessarie per formare gli impasti di calcestruzzo potranno essere di cava o di fiume; inoltre la sabbia da utilizzare deve essere ben assortita, non provenire da rocce decomposte o gessose e deve essere pulita e priva di materiale organico. La ghiaia o pietrisco dovrà derivare da rocce non friabili e con resistenza maggiore di quella del calcestruzzo. La proporzione fra aggregato grosso e aggregato fine sarà conforme alle norme o al tipo di conglomerato richiesto. Nella formazione degli impasti, i vari componenti devono risultare intimamente mescolati ed uniformemente distribuiti nella massa e, durante il getto, si dovrà procedere ad idonea azione di vibratura. Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e/o quelle di riciclo, prive di sali e di sostanze organiche.

1.1. Riferimenti normativi

La normativa italiana contiene precise prescrizioni relativamente alla qualità dei materiali da impiegare nel confezionamento del calcestruzzo; inoltre prevede una classificazione dei conglomerati cementizi in relazione alle varie caratteristiche che gli stessi devono possedere.

Nel seguito si riportano le classificazioni previste dal D.M. 17.01.2018 relative alle caratteristiche più significative dei conglomerati cementizi per uso strutturale.

1.1.1. Classe di resistenza

Il seguente prospetto riporta la resistenza a compressione del conglomerato cementizio in funzione della classe di resistenza:

Classi di resistenza caratteristica previste dalla EN 206, UNI 11104 e dalla Norme Tecniche.

CLASSE DI RESISTENZA	f_{ck} (MPa)	R_{ck} (MPa)	TIPO DI STRUTTURA / (CLASSE DEL CALCESTRUZZO)
C 8/10	8	10	Non armate o a bassa percentuale di armatura / (molto bassa)
C 12/15 ³⁴	12	15	Semplicemente armate / (bassa)
C 16/20	16	20	
C 20/25	20	25	
C 25/30	25	30	Semplicemente armate o precomprese / (media)
C 28/35 ³⁵	28	35	
C 30/37 ³⁶	30	37	
C 32/40	32	40	
C 35/45	35	45	
C 40/50	40	50	
C 45/55	45	55	Semplicemente armate o precomprese / (alta)
C 50/60	50	60	
C 55/67	55	67	
C 60/75	60	75	
C 70/85	70	85	Alta resistenza
C 80/95 ³⁷	80	95	
C 90/105	90	105	
C 100/115 ³⁸	100	115	

1.1.2. Classe di esposizione ambientale

Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1								
Classe di esposizione ambientale	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali	UNI 9858	A/C massimo	Contenuto minimo di cemento kg/m ³	Rck minima N/mm ²	Contenuto minimo di aria %	Copriferro minimo Mm
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco								
X0	Molto secco	Cls per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa	1	-		C12/15	-	15
2 Corrosione delle armature per effetto della carbonatazione								
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Cls per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua	2a	0,65	260	C20/25	-	20
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici in cls a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni	2a	0,60	280	C25/30	-	20
XC3	Umidità moderata	Cls per interni con umidità relativa moderata o alta e cls all'esterno protetto dalla pioggia	5a	0,55	280	C30/37	-	30
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici in cls a contatto con l'acqua, non nella classe XC2.	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
3 Corrosione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare								
XD1	Umidità moderata	Superfici in cls esposte a nebbia salina	5a	0,55	300*	C30/37	-	30
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine; cls esposto ad acque industriali contenenti cloruri	4a, 5b	0,55	300	C30/37	-	30
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggi	5c	0,45	320	C35/45	-	40
4 Corrosione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare								
XS1	Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine	5c	0,45	320	C35/45	-	40
XS3	Zone esposte alle onde o alla marea	Parti di strutture marine	5c	0,45	340	C35/45	-	40
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza sali disgelanti								
XF1	Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,55	300	C30/37	-	30
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti	3, 4b	0,55	300	C25/30	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	30
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,50	320	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	30
XF4	Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disgelanti. Superfici in cls esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti	3, 4b	0,45	340	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	40
6 Attacco chimico								
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5a	0,55	300	C30/37	-	30
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	4°, 5b	0,50	320 cemento resistente ai solfati	C30/37	-	30
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5c	0,45	360 cemento resistente ai solfati	C35/45	-	40

1.1.3. Classe di resistenza minima in funzione della esposizione ambientale

prospetto 5 Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

UNI 11104:2016	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotte dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotte da cloruri						Attacchi da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	-	0,60		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30		C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30		C30/37	C30/37	C32/40	C35/45
Minimo contenuto in cemento (kg/m ³)	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)												b)	4,0 a)					
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare a secondo UNI 9156							E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo			In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della all'acqua di mare adeguata resistenza al UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati. c)		

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/RS 12390-9, UNI CEN/RS 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dupper >20mm; per Dupper inferiori il limite minima andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dupper tra 12 mm e 16 mm).
 Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.
 c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.
 d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minima di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

1.1.4. Classe di consistenza

CLASSE	ABBASSAMENTO AL CONO
S1	10 ÷ 40 mm
S2	50 ÷ 90 mm
S3	100 ÷ 150 mm
S4	160 ÷ 210 mm
S5	≥ 220* mm

* E' consigliabile definire un limite superiore

1.1.5. Diametro massimo degli aggregati

La dimensione massima degli aggregati dipende, tra l'altro, dai seguenti fattori:

- Dimensione minima dell'elemento strutturale da gettare (S);
- Dimensione del copri ferro (c_f);
- Dimensione della distanza minima fra le barre interne (c_i);

Il diametro massimo dell'inerte (D_{max}) dovrà essere il più piccolo dei seguenti valori:

- $D_{max} < \frac{1}{4} S$;
- $D_{max} < 1,3 c_f$;
- $D_{max} < (c_i - 5 \text{ mm})$;

1.1.6. Copriferro nominale

Con riferimento al § 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (*copriferro*) deve rispettare quanto indicato in tabella C4.1.IV in relazione alle condizioni ambientali, all'armatura (barre da c.a. o cavi aderenti da c.a.p.) e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti, ...) o monodimensionale (travi, pilastri). Ai valori indicati in tabella, riferiti a costruzioni con vita nominale di 50 anni, vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm, che può essere ridotta a 5 mm se la posa avviene utilizzando opportuni distanziatori. Per costruzioni con vita nominale di 100 anni i valori della Tabella vanno aumentati di 10 mm. Per classi di resistenza inferiori a C_{min} i valori della tabella sono da aumentare di 5 mm.

Tab. C4.1.IV – Copriferri minimi in mm (costruzioni con vita utile 50 anni)

C_{min}	C_o	Ambiente	Barre da c.a. elementi a piastra		Barre da c.a. altri elementi		Cavi da c.a.p. elementi a piastra		Cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C \leq C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C \leq C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C \leq C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C \leq C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto aggressivo	35	40	40	45	45	50	50	50

Il copriferro nominale di progetto è dato da: $C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$

dove:

- C_{nom} = valore nominale di progetto;
- C_{min} = valore minimo del copriferro;
- ΔC_{dev} = tolleranza di esecuzione relativa al copriferro.

La tolleranza di esecuzione ΔC_{dev} è di norma pari a 10 mm, ma se in cantiere si prevedono controlli di qualità che comportano la misura dei copriferri, può assumersi $\Delta C_{dev} = 5 \text{ mm}$.

Il precedente prospetto “**Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1**” riporta, in funzione delle classi di esposizione ambientale, i valori massimi del rapporto A/C, i valori minimi del contenuto di cemento, la minima classe di resistenza e lo spessore minimo del copriferro.

1.2. PRESCRIZIONI DI PROGETTO

Le superiori considerazioni portano a prescrivere l’impiego di calcestruzzo strutturale avente le seguenti caratteristiche:

Classe di esposizione ambientale

- Classe XC3 per le strutture in elevazione (incamiciatura dei pilastri).

Classe di resistenza

- Classe C32/40 a cui corrisponde una resistenza caratteristica cubica $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$ per l'incamiciatura dei pilastri;

Classe di consistenza

- S5 per getti entro casseri di piccolo spessore (incamiciatura pilastri);

Diametro massimo degli aggregati

- per i getti di pilastri (incamiciatura): $D_{max} < 10 \text{ mm}$.

Copriferro

- Staffe pilastri ($\varnothing 8$): $C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} = (25+10)\text{mm} = 35 \text{ mm}$
- Ferri longitudinali travi o piastre ($\varnothing 12 \div 16$): $C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} = (25+10)\text{mm} = 35 \text{ mm}$
(la condizione più gravosa si ha per le staffe)

Si adotta un copriferro pari a 35 mm.

1.3. Controlli di accettazione

Le NTC 2018 (paragrafo 11.2.2) prescrivono di valutare la resistenza del calcestruzzo prima dell'inizio dei lavori, per identificare la composizione della miscela conforme alla R_{ck} del progetto. E' del tutto evidente che per il confezionamento del calcestruzzo cementizio occorre utilizzare inerti di buona qualità:

- la sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 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 D_{max} , resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco deve provenire dalla frantumazione di rocce compatte, non gessose né gelive, e dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.
- L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere limpida, priva di sali in percentuale dannosa e non aggressiva.

Il Direttore dei Lavori deve eseguire i controlli di accettazione sulla resistenza media (R_{cm} o f_{cm} rispettivamente per i provini cubici o cilindrici) del calcestruzzo impiegato e verificare la congruenza o meno della resistenza caratteristica ottenuta (R_{ck} o f_{ck}) con i corrispondenti valori di progetto. Considerato che le quantità di calcestruzzo da impiegare nella costruzione sono inferiori a 1500 m^3 si prescrive di eseguire il controllo di accettazione di **tipo "A"**.

Pertanto, si rimanda al Cap. 11.2 "Calcestruzzo" delle NTC 2018 ed in particolare ai paragrafi:

11.2.1 "Specifiche per il calcestruzzo";

11.2.2 “Controlli di qualità del calcestruzzo”;

11.2.3 “Valutazione preliminare”

11.2.4 “Prelievo e prova dei campioni”;

11.2.5 “Controllo di accettazione”;

11.2.8 “Prescrizioni relative al calcestruzzo confezionato con processo industrializzato”;

1.4. Operazioni di getto

Considerata l'importanza delle operazioni di getto, che riguardano la posa in opera del calcestruzzo e tutte le fasi relative, è necessario stabilire un programma di verifiche comprendenti:

- il coordinamento con la Direzione Lavori, con il progettista, con i laboratori esterni per ispezioni, verifiche, prelievi di campioni e prove a piè d'opera;
- l'istruzione/coordinamento con i fornitori e subappaltatori, per la consegna del calcestruzzo delle caratteristiche prescritte;
- nel caso di calcestruzzo preconfezionato, le istruzioni/ordini circa le prestazioni, il programma della fornitura, l'eventuale necessità della pompa con relative caratteristiche;
- l'istruzione agli operatori per organizzare la messa in opera, compattazione e stagionatura del calcestruzzo, in funzione dei volumi, delle sequenze e degli spessori dei getti, della movimentazione e vibrazione del materiale, della protezione e stagionatura della struttura, delle condizioni climatiche, nonché delle eventuali superfici di contatto.

A tal fine l'impresa esecutrice è tenuta a comunicare con dovuto anticipo al Direttore dei Lavori il programma dei getti indicando la data del getto e la struttura interessata dallo stesso.

I getti devono avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori ha verificato:

- la preparazione e la rettifica dei piani di posa;
- la pulizia delle casseforme;
- la posizione e la corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;
- l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante.

1.5. Disarmo

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto; queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza sufficiente a sopportare le azioni applicate e ad evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate. Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca colpi, sovraccarichi e deterioramenti. I carichi sopportati da ogni centina devono essere rilasciati

gradatamente, in modo tale che gli elementi di supporto contigui non siano sottoposti a sollecitazioni brusche ed eccessive. Il disarmo deve avvenire gradatamente adottando i provvedimenti necessari ad evitare brusche sollecitazioni ed azioni dinamiche.

Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive; in ogni caso il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la Direzione Lavori.

Si deve porre attenzione ai periodi freddi, quando le condizioni climatiche rallentano lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo, come pure al disarmo ed alla rimozione delle strutture di sostegno delle solette e delle travi. In caso di dubbio, è opportuno verificare la resistenza meccanica reale del calcestruzzo.

2. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Le NCT 2018 consentono esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 e controllati con le modalità riportate nel § 11.3.2.11. Secondo la nuova classificazione gli acciai da c.a. possono essere solo di due tipi: B450C e B450A;

Per la realizzazione delle strutture portanti dell'edificio in oggetto sarà impiegato acciaio per cemento armato del tipo **B450C** che è caratterizzato dai seguenti valori nominali utilizzati nei calcoli

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{y \text{ nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura: $f_{t \text{ nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$

e deve rispettare i requisiti indicati nella Tab. 11.3.Ib delle NCT.

2.1. Caratteristiche dimensionali e di impiego

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni.

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.

La sagomatura e/o l'assemblaggio possono avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione Lavori;
- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti di cui al § 11.3.1.7.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Le barre sono caratterizzate dal diametro \varnothing della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm .

Gli acciai B450C, di cui al § 11.3.2.1, possono essere impiegati in barre di diametro \varnothing compreso tra 6 e 40 mm. L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a $\varnothing \leq 16 \text{ mm}$ per B450C.

2.2. Controlli di accettazione

Come prescritto al § 11.3.1.4 delle NCT ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità; La marchiatura deve essere inalterabile nel

tempo e senza possibilità di manomissione.

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Gli acciai per c.a. sono sottoposti a controllo di produzione e la relativa procedura di qualifica comporta l'emissione di un attestato di qualificazione in cui vengono dichiarati i valori caratteristici dei vari requisiti geometrici e prestazionali richiesti dalle NTC per le diverse tipologie di prodotto.

Pertanto, come prescritto al § 11.3.1.5 delle NCT, tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

Il controllo di accettazione, da effettuare entro 30 gg dalla data di consegna del materiale a cura del Direttore di Stabilimento (per le forniture ad un impianto di prefabbricazione) o del Responsabile di un Centro di trasformazione o assemblaggio o del Direttore Lavori per forniture direttamente in cantiere, comporta il prelievo di tre spezzoni marcati di uno stesso diametro scelto all'interno di un gruppo di diametri di produzione omogenea per ogni fornitura e il loro invio, con le stesse modalità già descritte per il calcestruzzo, ad un laboratorio ufficiale.

Nel caso di certificazione effettuata dall'impianto di prefabbricazione o da un centro di trasformazione, questi saranno tenuti a fornire al Direttore dei Lavori dell'opera i certificati delle prove eseguite, copia della propria obbligatoria certificazione qualità, copia della autorizzazione alla propria produzione da parte del Servizio Tecnico Centrale nonché eventuale marcatura aggiuntiva che identifichi anche il centro di trasformazione.

I valori minimi ottenuti dalle prove di resistenza ed allungamento dovranno superare i valori limite riportati nelle NTC che si ammettono inferiori a quelli caratteristici richiesti dalle stesse NTC per le verifiche in produzione.

Come per la resistenza caratteristica del calcestruzzo, va posta particolare attenzione alla dispersione di f_y in quanto una grande variabilità nella duttilità del materiale determina una elevata variabilità del comportamento duttile delle sezioni ovvero, in altri termini, nella formazione delle cerniere plastiche con conseguente alterazione dello schema strutturale adottato in fase di progettazione. E' pertanto preferibile avere una distribuzione dei valori di f_y la più

stretta possibile (bassa deviazione standard) e ciò si ottiene appunto limitando il rapporto (f_y/f_{yk}). Difatti la tab. 11.3.Ib impone il rispetto dei seguenti parametri:

- $(f_y / f_{y \text{ nom}})_k \leq 1,25$.
- $1,15 \leq (f_t / f_y)_k < 1,35$

Pertanto il Direttore dei Lavori, prima di disporre l'utilizzo delle barre d'acciaio, deve prendere visione del certificato rilasciato dalla ferriera attinente alla qualità della produzione e controllare che i sopraccitati parametri vengano rispettati.

2.3. Reti e tralicci elettrosaldati

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare i 330 mm. Per le reti e i tralicci costituiti con acciaio B450C, gli elementi base devono avere diametro d che rispetta la limitazione $6 \text{ mm} < d < 16 \text{ mm}$.

Classe acciaio B450C reti e tralicci elettrosaldati (secondo EN 1992-1-1):

$$f_{y \text{ nom}} > 450 \text{ N/mm}^2 \text{ (frattile 5,0\%);}$$

$$f_{t \text{ nom}} > 540 \text{ N/mm}^2 \text{ (frattile 5,0\%);}$$

$$1,15 < f_{tk} / f_{yk} < 1,35 \text{ (frattile 10,0\%);}$$

$$(f_t / f_{y \text{ nom}})_k < 1,25\% \text{ (frattile 10,0\%);}$$

$$(A_{gt})_k > 7,5\% \text{ (frattile 10,0\%);}$$

$$d_{\text{min}} / d_{\text{max}} > 0,6 \text{ (rapporto dei diametri dei fili dell'ordito);}$$

$$\text{resistenza al taglio (frattile minimo): } 0,3 \cdot A \cdot f_{yk} \text{ (con } A \text{ area del filo)}$$

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata secondo quanto riportato nella UNI EN ISO 15630-2

3. MATERIALI COMPOSITI

Il rinforzo dei nodi trave-pilastro in c.a. sarà effettuato con materiali compositi a matrice inorganica costituito da tessuto in fibra di acciaio e geomalta.

Tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato Hardwire™ ad altissima resistenza formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 fissati su una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m^2 - tipo GEOSTEEL G600 di Kerakoll – con caratteristiche tecniche del nastro certificate: resistenza a trazione valore caratteristico $> 3000 \text{ MPa}$; modulo elastico $> 190 \text{ GPa}$; deformazione ultima a rottura $> 2\%$;

Geomalta® minerale certificata, eco-compatibile, tixotropica, a presa normale, a base di Geolegante® e zirconia a reazione cristallina, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino, la rasatura e la protezione monolitica a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo, provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-7 per la passivazione delle barre di armatura, - tipo GEOLITE® di Kerakoll Spa – con caratteristiche tecniche certificate: nessuna corrosione della barra metallica, resistenza a compressione a 28 gg $> 50 \text{ MPa}$, resistenza a trazione per flessione a 28 gg $> 8 \text{ MPa}$, legame di aderenza a 28 gg $> 2 \text{ MPa}$, modulo elastico E a 28 gg $> 20 \text{ GPa}$, resistente alla carbonatazione, ritiro lineare $< 0,3$.

L'anti-sfondellamento dei solai sarà realizzato mediante applicazione di rete fibrorinforzata incollata con resina termoindurente ed ancorata con connettori ad espansione al fine di prevenire il fenomeno dello "sfondellamento".

Rete in materiale composito fibrorinforzato a maglia monolitica in fibra di vetro alcalino resistente (spessore medio 3 mm, modulo elastico a trazione medio 23.000 N/mm^2 , portata minima di 600 kg/m^2);

Resina termoindurente di tipo vinilestere-epossidico;

Connettori di ancoraggio, costituiti da barre di acciaio di sez. 10 mm^2 fissati alla soletta di cls con tassello ad espansione in Nylon e muniti di rondella diametro 50 mm all'intradosso del solaio;

L'anti-ribaltamento dei pannelli murari sarà realizzato mediante applicazione di fasce di fibre ed installazione di barre di acciaio con inghisaggio nelle travi / pilastri in c.a. e nel pannello murario.

Rete in fibra di basalto con speciale trattamento protettivo alcali-resistente (tipo GEO GRID 120 di Kerakoll) avente caratteristiche: resistenza a trazione $> 1250 \text{ MPa}$, modulo elastico E $> 56 \text{ GPa}$, dimensione della maglia $22 \times 22 \text{ mm}$, spessore equivalente della rete $t_f = 0,023 \text{ mm}$, massa $\approx 130 \text{ g/m}^2$;

Intonaco-rasante naturale ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante® minerale - tipo GEOCALCE® MULTIUSO di Kerakoll Spa – reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm².

Barre elicoidali in acciaio Inox AISI316 del $\varnothing = 8$ mm, tipo STEEL DRYFIX® di Kerakoll, aventi caratteristiche certificate: carico di rottura a trazione > 12,7 kN, carico di rottura a taglio > 7,2 kN; modulo elastico > 150 GPa;