# COMUNE DI COSIO VALTELLINO

**Provincia di Sondrio**

**P.zza S. Ambrogio n. 21 - 23013 - Cosio Valtellino**

*INTERVENTO DI ADEGUAMENTO SISMICO E RIQUALIFICAZIONE DEL COMPLESSO SCOLASTICO DI COSIO*

*CIG: 7721132FAD*

## *PROGETTO ESECUTIVO*

## GENERALI

ELABORATO:

**D-GE019**

SCALA:

## CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO PRESCRIZIONI TECNICHE STRUTTURE

| AGGIORNAMENTO: | N° PRATICA: | FILE: | DATA: |
|---|---|---|---|
| REV.00 26.09.2019<br>REV.01 30.11.2019 | 2019.03 | 2019.03_CSAS_REV01.doc | 30 NOVEMBRE 2019 |

SERVIZIO LAVORI PUBBLICI E TERRITORIO

R.U.P. (Responsabile del Servizio):
DOTT. PIERGIORGIO MARTINELLI


RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:

MIGLIORE STASS Studi Associati
(Prof. Ing. Mario Rosario Migliore, Arch. Anna Paola Migliore, Ing. Stefano Ciaramella) - Capogruppo
Napoli - Via Nuova Cinthia 40, cap. 80126 - tel. 081/627768

ARCH. RAFFAELLA CUSANO

ING. DOMENICO GRECO

CONSULENTE:
AECODE S.R.L. - ARCH. ANGELO PICCOLO (Modellazione BIM)

# Indice generale

INTRODUZIONE....2
1 CONGLOMERATI PER CEMENTO ARMATO....3
1.1 Acqua, calci, cementi e agglomerati cementizi....3
1.2 Materiali inerti per conglomerati cementizi e per malte....3
1.3 Calcestruzzo....4
2. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO....9
2.1 Caratteristiche dimensionali e di impiego....9
2.2 Procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario – barre e rotoli....9
2.3 Tipo di acciaio utilizzato....10
3. CONTROLLI DI ACCETTAZIONE....12
3.1 Resistenza al fuoco....13
3.2 Armatura delle travi....13
3.3 Armatura dei pilastri....13
3.4 Copriferro e interferro....13
3.5 Ancoraggio delle barre e loro giunzioni....13
4. ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE....15
4.1 Prescrizioni di carattere generale....15
4.2 Requisiti per la Progettazione e l'Esecuzione....18
5. RAFFORZAMENTO STRUTTURE IN C.A MEDIANTE PLACCAGGI METALLICI....22
6. MATERIALI SPECIALI PER IL RAFFORZAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA LATERIZIA DEL SOTTOTETTO DEL CORPO A....24
7. MALTE E MURATURE....28
7.1 Malte per placcaggi strutturali, protezione delle barre di armatura e ricostruzione del copriferro....28
7.1.1 Malta per placcaggi strutturali e per protezione barre di armatura....29
7.1.2 Malta per ricostruzione copriferro....29
7.2 Resine per inghisaggi, riprese di getto ed interventi in beton-plaquè....30
7.2.1 Resina per inghisaggi....30
7.2.2 Resina per riprese di getto....31
7.2.3 Resina per interventi in beton-plaquè....31
8. INTONACO ARMATO CON RETE....32
9. PRESIDI ANTISFONDELLAMENTO....34
10. STRUTTURE IN LEGNO DELLA COPERTURA....35
11. PACCHETTO DI COPERTURA DEL TETTO....37

INTRODUZIONE

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette al D.M. 17 gennaio 2018 e successiva Circolare applicativa del 21 gennaio n. 7 devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.
I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- certificati mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un ente terzo indipendente ovvero, ove previsto, autocertificate dal produttore secondo procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee richiamate nel presente documento;
- accettati dalla Direzione dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere della Direzione dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.
Sarà inoltre onere della Direzione dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.
Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, la Direzione dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, devono generalmente essere effettuate da:

- laboratori di prova notificati di cui all'allegato V del Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011;
- laboratori di cui all'art. 59 del d.P.R. n. 380/2001 e s.m.i.;
- altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale.

# 1 CONGLOMERATI PER CEMENTO ARMATO

## *1.1 Acqua, calci, cementi e agglomerati cementizi*

1. Acqua - L'acqua per l'impasto con leganti idraulici dovrà essere limpida, priva di grassi o sostanze organiche e priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva per il conglomerato risultante.
2. Calci - Le calci aeree ed idrauliche, dovranno rispondere ai requisiti di accettazione delle norme tecniche vigenti; le calci idrauliche dovranno altresì corrispondere alle prescrizioni contenute nella legge 595/65 (Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici), ai requisiti di accettazione contenuti nelle norme tecniche vigenti, nonché alle norme UNI EN 459-1 e 459-2.
3. Sabbie - Le sabbie dovranno essere assolutamente prive di terra, materie organiche o altre materie nocive, essere di tipo siliceo (o in subordine quarzoso, granitico o calcareo), avere grana omogenea, e provenire da rocce con elevata resistenza alla compressione. Sottoposta alla prova di decantazione in acqua, la perdita in peso della sabbia non dovrà superare il 2%.

La sabbia utilizzata per le murature, per gli intonaci, le stuccature, le murature a faccia vista e per i conglomerati cementizi dovrà essere conforme a quanto previsto dal D.M. gennaio 2018 e dalle relative norme vigenti.

La granulometria dovrà essere adeguata alla destinazione del getto ed alle condizioni di posa in opera. È assolutamente vietato l'uso di sabbia marina.

Per quanto non espressamente contemplato, si rinvia alla seguente normativa tecnica: UNI EN 459 - UNI EN 197 - UNI EN ISO 7027-1 - UNI EN 413 - UNI 9156 - UNI 9606.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

## *1.2 Materiali inerti per conglomerati cementizi e per malte*

- Tutti gli inerti da impiegare nella formazione degli impasti destinati alla esecuzione di opere in conglomerato cementizio semplice od armato devono corrispondere alle condizioni di accettazione stabilite dalle norme vigenti in materia.
- Gli aggregati per conglomerati cementizi, naturali e di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di getto, ecc., in proporzioni non nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature. La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature. La sabbia per malte dovrà essere priva di

sostanze organiche, terrose o argillose, ed avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.

- Gli additivi per impasti cementizi, come da norma UNI EN 934, si intendono classificati come segue: fluidificanti; aeranti; ritardanti; acceleranti; fluidificanti-aeranti; fluidificanti-ritardanti; fluidificanti-acceleranti; antigelo-superfluidificanti. Per le modalità di controllo ed accettazione la Direzione dei Lavori potrà far eseguire prove od accettare, secondo i criteri dell'articolo "*Norme Generali - Accettazione Qualità ed Impiego dei Materiali*", l'attestazione di conformità alle norme UNI EN 934, UNI EN 480 (varie parti).
- conglomerati cementizi per strutture in cemento armato dovranno rispettare tutte le prescrizioni di cui al D.M. gennaio 2018 e relative circolari esplicative.

Per quanto non espressamente contemplato, si rinvia alla seguente normativa tecnica: UNI EN 934 (varie parti), UNI EN 480 (varie parti), UNI EN 13055-1.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

### *1.3 Calcestruzzo*

Oltre ai riferimenti normativi già richiamati si farà riferimento a:

- D.M. 14.01.2008 § 4.1 e § 11.2
- Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale
- UNI EN 206-1/2006 *Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità*
- UNI 11104 *Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1*

Secondo la normativa vigente, per una corretta progettazione ed esecuzione delle strutture in cemento armato, il calcestruzzo deve essere specificato in funzione della classe di resistenza, della classe di consistenza e della dimensione nominale massima dell'aggregato. nonché della classe di esposizione.

Tali parametri che costituiscono le prescrizioni del calcestruzzo a prestazione garantita devono essere indicati negli elaborati grafici del progetto strutturale.

Classi di resistenza del calcestruzzo

Il calcestruzzo è classificato in classi di resistenza in base alla resistenza a compressione, espressa come

resistenza caratteristica Rck oppure fck.

Le norme che sono state recepite dal D.M. 17 gennaio 2018, attualmente in vigore e pertanto divenute cogenti anche dal punto di vista legale per tutte le opere in c.a. e c.a.p. regolamentate dalla Legge n. 1086/1971, individuano per i calcestruzzi normale e pesante (per il calcestruzzo leggero si vedano le norme) le seguenti classi:

C8/10 –C12/15 –C16/20 –C20/25 –C25/30 –C28/35 –C30/37 –C32/40 –C35/45 –C40/50 –C45/55 –C50/60 – C55/67 – C60/75 – C70/85 –C80/95 –C90/105 –C100/120

In base ai valori della resistenza caratteristica a compressione, i calcestruzzi sono suddivisi nei seguenti campi:

- calcestruzzo non strutturale: C8/10 – C12/15
- calcestruzzo ordinario (NSC – Normal Strenght Concrete): C16/20 C45/55
- calcestruzzo ad alte prestazioni (HPC): C50/60 – C60/75
- calcestruzzo ad alta resistenza (HSC): C70/85 – C100/120

Classi di esposizione del calcestruzzo

Le norme introducono 6 classi di esposizione per il calcestruzzo strutturale e 17 sottoclassi in funzione dell'entità del degrado (dove oltre al massimo rapporto a/c e al minimo contenuti di cemento viene indicata anche la minima classe di resistenza tutto per garantire la durabilità del materiale).

Tali classi sono state riportate anche nelle Linee Guida sul Calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Le norme prevedono quanto segue:

- Assenza di rischio di corrosione dell'armatura
- X0; minima classe di resistenza: C12/15.Corrosione delle armature indotta da carbonatazione:
- XC1 – asciutto o permanentemente bagnato: a/cmax = 0,60 (0,65); dosaggio minimo di cemento (kg/m3) = 300 (260); minima classe di resistenza: C25/30 (C20/25)
- XC2 – bagnato, raramente asciutto: a/cmax = 0,60; dosaggio minimo di cemento (kg/m3) = 300 (280); minima classe di resistenza: C25/30
- XC3 – umidità moderata: a/cmax = 0,55; dosaggio minimo di cemento (kg/m3) = 320 (280); minima classe di resistenza: C28/35(C30/37)
- XC4 – ciclicamente asciutto e bagnato: a/cmax = 0,50; dosaggio minimo di cemento (kg/m3) = 340 (300); minima classe di resistenza: C32/40(C30/37)

- Corrosione delle armature indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare:
- XD1 – umidità moderata: a/cmax = 0,55; dosaggio minimo di cemento (kg/m3) = 320(300); minima classe di resistenza: C28/35(C30/37)
- XD2 – bagnato, raramente asciutto: a/cmax = 0,50 (0,55); dosaggio minimo di cemento (kg/m3) = 340 (300); minima classe di resistenza: C32/40(C32/40)
- XD3 – ciclicamente bagnato e asciutto: a/cmax = 0,45; dosaggio minimo di cemento (kg/m3) = 360(320); minima classe di resistenza: C35/45

*Classi di consistenza del calcestruzzo*

La lavorabilità del calcestruzzo fresco, designata con il termine consistenza dalla normativa vigente, è un indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto in situ nella cassaforma.

Secondo le norme la consistenza deve essere determinata mediante le seguenti prove dai cui risultati vengono definite le classi di consistenza del calcestruzzo.

La misura della lavorabilità deve essere condotta dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0,3 m³ di calcestruzzo.

Classi di consistenza mediante abbassamento al cono di Abrams:

- S1 – consistenza umida: abbassamento (slump) da 10 a 40 mm
- S2 – consistenza plastica: abbassamento (slump) da 50 a 90 mm
- S3 – consistenza semifluida: abbassamento (slump) da 100 a 150 mm
- S4 – consistenza fluida: abbassamento (slump) da 160 a 210 mm
- S5 – consistenza superfluida: abbassamento (slump) ≥ 220 mm.

Classi del calcestruzzo riferite alle dimensioni massime dell'aggregato

Le dimensioni massime dell'aggregato sono in relazione con lo spessore del copriferro e con l'interferro minimo delle armature metalliche.

Se il calcestruzzo è classificato in funzione della dimensione massima dell'inerte, la classificazione farà riferimento alla dimensione nominale più elevata della frazione di aggregato più grossa che si indica con Dmax.

Dmax rappresenta la dimensione massima del setaccio con il quale è determinata la dimensione dell'aggregato secondo la UNI EN 12620.

La dimensione massima dell'aggregato deve essere scelta in modo che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre d'armatura senza pericolo di segregazione.
Secondo quanto stabilito dalle NTC e dalla relativa Circolare esplicativa delle NTC, il diametro massimo dell'inerte deve essere tale che:

- Dmax < 1/4 della dimensione minima dell'elemento strutturale per evitare di aumentare la eterogeneità del materiale;
- Dmax < dell'interferro (in mm) – 5 mm per evitare che l'aggregato più grosso ostruisca il flusso del calcestruzzo attraverso i ferri di armatura;
- Dmax < 1,3 volte lo spessore del copriferro per evitare che tra i casseri e l'armatura sia ostruito il passaggio del calcestruzzo.

Processi di maturazione del calcestruzzo

Si farà riferimento al punto 7 delle *LINEE GUIDA PER LA MESSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO STRUTTURALE che nel merito prescrive che il calcestruzzo deve essere maturato e protetto dall'essiccamento in modo da:*

- evitare modifiche dell'idratazione del cemento;
- ridurre il ritiro in fase plastica e nella fase iniziale dell'indurimento (1 ÷ 7gg);
- *far raggiungere un'adeguata resistenza meccanica alla struttura;*
- ottenere un'adeguata impervietà, compattezza e durabilità della superficie;
- migliorare la protezione nei riguardi delle condizioni climatiche (temperatura, umidità, ventilazione) e/o danni di tipo meccanico;
- evitare vibrazioni, impatti, o danneggiamenti sia alla struttura che alla superficie, ancora in fase di indurimento.

Nello stesso punto vengono evidenziate le responsabilità dell'appaltatore per la corretta maturazione del calcestruzzo e per la corretta manutenzione a cui tenuto. Tutti gli elementi tecnico scientifici ivi riportati costituiscono parte integrante e sostanziale della presente relazione che ad essi rimanda.

Procedure di posa in opera

Si richiama il punto 8.5.5 delle già indicate Linee Guida che nel merito così si esprime: *La posa deve avvenire in presenza di adeguate protezioni contro condizioni climatiche avverse. Il calcestruzzo può essere livellato con staggiatura semplice manuale, con vibro-staggiatura manuale o con sistema di vibro-stesura*

*automatizzata. In corrispondenza dei giunti di costruzione, e comunque sempre contro cassero, deve essere curata la costipazione del calcestruzzo al fine di limitare la formazione di macrocavità o nidi di ghiaia che facilmente si formano in tale posizione. Se non previsto in fase progettuale in maniera diversa, l'accostamento dei getti deve essere effettuato a tutta sezione verticale.*

Per i lavori di adeguamento del Complesso Scolastico di Cosio sono stati adoperati calcestruzzi delle seguenti caratteristiche:

| | |
|---|---|
| MAGRONE PER SOTTOFONDAZIONE | Classe di resistenza C12/15<br>Classe di esposizione ambientale X0 |
| STRUTTURE | Classe di resistenza C25/30<br>Classe di esposizione ambientale XC2: rapporto acqua/cemento: a/cmax = 0,60; dosaggio minimo di cemento (kg/m3) = 300 (280)<br>Classi di consistenza del calcestruzzo: S4 |

# 2. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

## *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 dei Lavori;
- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti di cui al punto 11.3.1.7. del D.M. 17 gennaio 2018 e successiva Circolare applicativa del 21 gennaio n. 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.

Per quanto riguarda la marchiatura dei prodotti e la documentazione di accompagnamento vale quanto indicato nel D.M. 17 gennaio 2018 e successiva Circolare applicativa del 21 gennaio n. 7.

Reti e tralicci elettrosaldati: gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere saldabili.

L'interasse delle barre non deve superare 330 mm.

I tralicci sono dei componenti reticolari composti con barre ed assemblati mediante saldature.

## *2.2 Procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario – barre e rotoli*

Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e secondo quanto disposto al punto 11.3.2.10 del D.M. 17 gennaio 2018 e successiva Circolare applicativa del 21 gennaio n. 7 devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura della Direzione dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al punto 11.3.1.7 del D.M. 17 gennaio 2018 e successiva Circolare applicativa del 21 gennaio n. 7, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.
La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.
3.8.3 Procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario – reti e tralicci elettrosaldati
Controlli di accettazione in cantiere
I controlli sono obbligatori e devono essere effettuati su tre saggi ricavati da tre diversi pannelli, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione.
Qualora uno dei campioni sottoposti a prove di accettazione non soddisfi i requisiti previsti nelle norme tecniche relativamente ai valori di snervamento, resistenza a trazione del filo, allungamento, rottura e resistenza al distacco, il prelievo relativo all'elemento di cui trattasi va ripetuto su un altro elemento della stessa partita. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti.

### *2.3 Tipo di acciaio utilizzato*

É ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.2.1 e controllati secondo le modalità riportate nel § 11.3.2.11.
Con riferimento al § 11.3.2 del D.M. 17/01/2018 per tutte le strutture è stato adoperato l'acciaio B450C del quale si riporta integralmente la caratterizzazione meccanica della richiamata Normativa:

**Tab. 11.3.Ia**

| | |
|---|---|
| $f_{y\,nom}$ | 450 N/mm² |
| $f_{t\,nom}$ | 540 N/mm² |

**Tab. 11.3.Ib**

| Caratteristiche | | Requisiti | Frattile (%) |
|---|---|---|---|
| Tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk}$ | $\geq f_{y\,nom}$ | 5.0 |
| Tensione caratteristica a carico massimo | $f_{tk}$ | $\geq f_{t\,nom}$ | 5.0 |
| | $(f_t/f_y)_k$ | $\geq 1{,}15$ | 10.0 |
| | | $< 1{,}35$ | |
| | $(f_y/f_{ynom})_k$ | $\leq 1{,}25$ | 10.0 |
| Allungamento | $(A_{gt})_k$ | $\geq 7{,}5\%$ | 10.0 |
| Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: | $\phi < 12$ mm | $4\,\phi$ | |
| | $12 \leq \phi \leq 16$ mm | $5\,\phi$ | |
| | per $16 < \phi \leq 25$ mm | $8\,\phi$ | |
| | per $25 < \phi \leq 40$ mm | $10\,\phi$ | |

Le tolleranze dei tondini devono essere in accordo con il D.M. 2018 § 11.3.2.7.

| Diametro nominale (mm) | Da 5 a ≤ 8 | Da > 8 a ≤ 40 |
|---|---|---|
| Tolleranza in % sulla sezione | ± 6 | ± 4,5 |

## 3. CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

La Direzione dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione come previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 e successiva Circolare applicativa del 21 gennaio n. 7.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza della Direzione dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dalla Direzione dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dalla Direzione dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo della Direzione dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- a data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;
- i valori di resistenza misurati.

### *3.1 Resistenza al fuoco*

Le verifiche di resistenza al fuoco potranno eseguirsi con riferimento a UNI EN 1992-1-2.

### *3.2 Armatura delle travi*

Negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata per uno sforzo di trazione pari al taglio.

Almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

### *3.3 Armatura dei pilastri*

Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm e non potranno avere interassi maggiori di 300 mm.

Le armature trasversali devono essere poste ad interasse non maggiore di 12 volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 250 mm. Il diametro delle staffe non deve essere minore di 6 mm e di ¼ del diametro massimo delle barre longitudinali.

### *3.4 Copriferro e interferro*

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.

Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

### *3.5 Ancoraggio delle barre e loro giunzioni*

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di 20 volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 4 volte il diametro;

- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;
- giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali tipi di giunzioni devono essere preventivamente validati mediante prove sperimentali.

# 4. ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE

## *4.1 Prescrizioni di carattere generale*

Riferimenti Normativi principali:

- D.M: 17.01.2018 § 4.2.1;
- UNI EN 10025 *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali;*
- UNI EN 10162 (2006): Profilati di acciaio laminati a freddo - Condizioni tecniche di fornitura -

L'acciaio, costituito da una lega ferro-carbonio, si distingue in funzione della percentuale di carbonio presente in peso; in particolare si suddividono in: acciai dolci (C=0,15%-0,25%), acciai semiduri, duri e durissimi (C>0,75%).

Gli acciai per usi strutturali, denominati anche *acciai da costruzione* o *acciai da carpenteria* hanno un tenore di carbonio indicativamente compreso tra 0,1% e 0,3%. Il carbonio infatti, pur elevando la resistenza, riduce sensibilmente la duttilità e la saldabilità del materiale; per tale motivo gli acciai da costruzione devono essere caratterizzati da un basso tenore di carbonio.

I componenti dell'acciaio, comprensivi del ferro e del carbonio, non dovranno comunque superare i valori limite percentuali specificati nella normativa europea UNI EN 10025-5 (per i laminati).

A tal proposito gli acciai vengono suddivisi in "legati" e "non legati", a seconda se l'acciaio considerato contiene tenori della composizione chimica che rientrano o meno nei limiti della UNI EN 10020 per i singoli elementi costituenti. Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno in tutti i casi 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), e già recanti la Marcatura CE secondo norma UNI EN 1090-1.

Per le tipologie dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore dovrà essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834 (parte 2 e 4).

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377, UNI EN ISO 6892-1 e UNI EN ISO 178-1.

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

- modulo elastico E = 210.000 N/mm$^2$
- modulo di elasticità trasversale G = E / [2 (1 + v)] N/mm$^2$
- coefficiente di Poisson v = 0,3

- coefficiente di espansione termica lineare α = 12 x 10-6 per °C-1 (per temperature fino a 100 °C)
- densità ρ = 7850 kg/m$^3$

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento $f_{yk}$ e di rottura $f_{tk}$ riportati nelle tabelle seguenti.

*Tabella 4.2.I NTC 2018 : Laminati a caldo con profili a sezione aperta*

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale "t" dell'elemento | | | |
|---|---|---|---|---|
| | t ≤ 40 mm | | 40 mm < t ≤ 80 mm | |
| | $f_{yk}$ [N/mm²] | $f_{tk}$ [N/mm²] | $f_{yk}$ [N/mm²] | $f_{tk}$ [N/mm²] |
| 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 |

*Tabella 4.2.II NTC 2018 : 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 | |
| | $f_{yk}$ [N/mm²] | $f_{tk}$ [N/mm²] | $f_{yk}$ [N/mm²] | $f_{tk}$ [N/mm²] |
| 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 | | |

L'acciaio da carpenteria utilizzato nel presente progetto strutturale sarà del tipo S275 per i profili laminati e S235 per piastre e lamiere adeguatamente protetto alla corrosione.

Tutta la carpenteria metallica deve essere protetta dalla corrosione con applicazione di antruggine al cromato di zinco o di piombo.

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le caratteristiche meccaniche di cui sopra, dovranno avere una composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme UNI EN di riferimento.

Il processo di saldatura dovrà essere conforme a quanto indicato al punto § 11.3.4.5 del D.M. 2018. Tutte le saldature salvo diverse indicazioni riportate nei grafici progettuali, dovranno essere a completa penetrazione e prive di difetti (cfr. UNI EN ISO 5817:2004 livello B).

Tutti gli elementi in acciaio dovranno essere posi in opera con adeguata protezione alla corrosione.

I bulloni, conformi a quanto indicato al punto § 11.3.4.6.1 del D.M. 2018, devono appartenere alla classe di

resistenza 8.8, le cui caratteristiche meccaniche dovranno essere le seguenti:

Proprietà

Classe della vite 8.8

Classe dei dadi 10

$f_{yb}$ - Tensione di snervamento delle viti $\geq 640 (N/mm^2)$

$f_{tb}$ - Tensione di rottura delle viti $\geq 800 (N/mm^2)$

### *4.2 Requisiti per la Progettazione e l'Esecuzione*

Spessori limite

È vietato l'uso di profilati con spessore t < 4 mm.

Una deroga a tale norma, fino ad uno spessore t = 3mm, è consentita per opere sicuramente protette contro la corrosione, quali per esempio tubi chiusi alle estremità e profili zincati, od opere non esposte agli agenti atmosferici.Le limitazioni di cui sopra non riguardano elementi e profili sagomati a freddo.

Acciaio incrudito

È proibito l'impiego di acciaio incrudito in ogni caso in cui si preveda la plasticizzazione del materiale (analisi plastica, azioni sismiche o eccezionali, ecc.) o prevalgano i fenomeni di fatica.

Giunti di tipo misto

In uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento di forza (ad esempio saldatura e bullonatura), a meno che uno solo di essi sia in grado di sopportare l'intero sforzo, ovvero sia dimostrato, per via sperimentale o teorica, che la disposizione costruttiva è esente dal pericolo di collasso prematuro a catena.

Problematiche specifiche

In relazione a:

- Preparazione del materiale,
- Tolleranze degli elementi strutturali di fabbricazione e di montaggio,
- Impiego dei ferri piatti,
- Variazioni di sezione,
- Intersezioni,
- Collegamenti a taglio con bulloni normali e chiodi,
- Tolleranze foro – bullone. Interassi dei bulloni e dei chiodi. Distanze dai margini,
- Collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza,

- Collegamenti saldati,
- Collegamenti per contatto, oltre al D.M. 17 gennaio 2018 e successiva Circolare applicativa del 21 gennaio n. 7, si può far riferimento a normative di comprovata validità.

Apparecchi di appoggio

La concezione strutturale deve prevedere facilità di sostituzione degli apparecchi di appoggio, nel caso in cui questi abbiano vita nominale più breve di quella della costruzione alla quale sono connessi.

Verniciatura e zincatura

Gli elementi delle strutture in acciaio, a meno che siano di comprovata resistenza alla corrosione, devono essere adeguatamente protetti mediante verniciatura o zincatura, tenendo conto del tipo di acciaio, della sua posizione nella struttura e dell'ambiente nel quale è collocato. Devono essere particolarmente protetti i collegamenti bullonati (precaricati e non precaricati), in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del collegamento.

Anche per gli acciai con resistenza alla corrosione migliorata (per i quali può farsi utile riferimento alla norma UNI EN 10025-5) devono prevedersi, ove necessario, protezioni mediante verniciatura.Nel caso di parti inaccessibili, o profili a sezione chiusa non ermeticamente chiusi alle estremità, dovranno prevedersi adeguati sovraspessori.Gli elementi destinati ad essere incorporati in getti di calcestruzzo non devono essere verniciati: possono essere invece zincati a caldo.

Montaggio

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano sovrasollecitate o deformate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto, nel rispetto dello stato di sollecitazione previsto nel progetto medesimo.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il

traffico di cantiere sulla eventuale sottostante sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione dei Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata, ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

Processo di saldatura

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9606-1 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN ISO 9606-1, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN ISO 14732.

Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 3834 e la UNI EN ISO 15614-1.

Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi

particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 17635.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9712 almeno di secondo livello.

## 5. RAFFORZAMENTO STRUTTURE IN C.A MEDIANTE PLACCAGGI METALLICI

Si fa riferimento al rafforzamento dei pilastri e delle travi in cemento armato della palestra. Si riportano il trattamento preliminare delle superfici e le modalità di applicazione degli elementi metallici (lamine e/o profili) alle superfici esistenti in c.a.

TRATTAMENTO PRELIMINARE DELLE SUPERFICI IN C.A. ESISTENTI

- Asportazione completa dell'intonaco e di ogni parte incoerente del conglomerato in fase di distacco sulle superfici di distacco del copriferro procedere alla pulizia del calcestruzzo vivo e dei ferri di armatura eventualmente messi in vista mediante l'eliminazione di ogni traccia di polvere, ruggine, lattime di cemento, grassi, olii, vernici o pitture mediante idroscarificazione e lavaggio a pressione
- Applicazione sulle barre di armatura messe a giorno di malta cementizia anticorrosiva del tipo MAPEFER o equivalente.
- Bagnare con acqua il sottofondo fino a saturazione e attendere l'evaporazione dell'acqua in eccesso, utilizzando, se necessario, aria compressa.
- Ricostruzione del copriferro con malta a ritiro controllato fibrorinforzata del tipo MAPEGROUT tissotropico o equivalente, curando la perfetta planarità delle superfici ricostruite con quelli esistenti.

MODALITA' DI APPLICAZIONE DEGLI ELEMENTI METALLICI DI PLACCAGGIO

- A maturazione e indurimento delle superfici di cls ricostruite provvedere alla sabbiatura e molatura delle superfici di calcestruzzo e di acciaio che dovranno venire in contatto,curando particolarmente che non si abbiano difetti di planarità a 1/1,5 mm/m.
- Incollaggio dei profilati e/o delle lamiere al supporto in c.a. mediante stesa di adesivo epossidico strutturale bicomponente in pasta; del tipo KIMITECH EP-TX o equivalente.
- Messa in forza degli elementi metallici (profilati o lamiere ≠8) mediante pinze fino a rifiuto dell'adesivo di incollaggio sottostante e garantire con idonei puntoni e/o pinze (o altri fissaggi metallici provvisori) la perfetta adesione dei profilati al calcestruzzo in attesa dell'indurimento completo dell'adesivo.

*SOLO PER I PILASTRI:*

- Posa in opera dei calastrelli mediante saldatura a filo degli angolari e a completa compenetrazione.
- Verifica della perfetta adesione del profilato e/o della lamiera al supporto tramite battitura con martellina
- Nel caso di formazione di vuoti tra elemento metallico e supporto; prevedere la iniezione negli stessi di resina superfluida del tipo KIMITECH EP-IN o equivalente fino a rifiuto

- Trattamento delle superfici metalliche in vista mediante verniciatura con prodotto anticorrosivo certificato

## 6. MATERIALI SPECIALI PER IL RAFFORZAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA LATERIZIA DEL SOTTOTETTO DEL CORPO A

Il rinforzo strutturale delle murature laterizie è stato eseguito mediante l'applicazione di intonaco strutturale e successivo incollaggio e impregnazione di nastri in tessuto di acciaio.

L'intervento si compone di una FASE 1 – preparazione della murature e posa in opera dell'intonaco strutturale armato e di una FASE 2 – posa in opera dei nastri in tessuto di acciaio. Tale metodologia innovativa è stata preferita a quella prevista nel progetto preliminare (applicazione di lastre e/o elementi metallici di placcaggio) per la più semplice e rapida esecuzione con materiali innovativi di estrema leggerezza e reversibilità. Si riportano le fasi così come consegnate nella tavola richiamata.

FASE 1: PREPARAZIONE MURATURE E POSA IN OPERA DI INTONACO STRUTTURALE ARMATO

1. PREPARAZIONE DEL SOTTOFONDO.
2. SUPERFICI ESTERNE DELLA MURATURA DI CORONAMENTO
   a) Procedere alla completa rimozione degli intonaci, manualmente o con mezzi meccanici. L'operazione sarà estesa alla muratura sottostante fino ad ottenere un supporto pulito, sano e compatto. Durante la rimozione degli intonaci, se necessario, risarcire grossi vuoti, tramite l'utilizzo di nuove pietre, di caratteristiche fisiche quanto più possibili corrispondenti al materiale in sito. Rimuovere il materiale incoerente, la polvere, e procedere al lavaggio con acqua a bassa pressione della muratura; l'acqua in eccesso dovrà essere lasciata evaporare in modo che il supporto da riparare sia saturo di acqua ma a superficie asciutta (s.s.a.). Per accelerare questa operazione può essere utilizzata aria compressa.
3. SUPERFICI INTERNE DEL SOTTOTETTO
   a) Procedere alla completa pulizia delle superfici in laterizio e di cls con le modalità esposte sub. A.
4. POSA IN OPERA DEI TUBI IN PVC RIGIDO ∅26/30
   a) Realizzazione di fori ∅30 per il successivo inserimento dei tubi in PVC ∅26/30 e dei connettori intubati come da specifica e da grafici in tavola. Inserimento dei tubi in PVC rigido, emergenti di qualche centimetro dalle superfici murarie esterne, bloccati all'estremità con malta a rapida presa.
5. APPLICAZIONE DEL PRIMO STRATO DI INTONACO INTOMAP R2 DELLA MAPEI.
6. POSA DELLA RETE TIPO MAPENET EM, contestualmente all'applicazione del primo strato di intonaco, posizionare in maniera diffusa la rete strutturale tipo MAPENET , comprimendola dolcemente con una spatola piana in modo da farla aderire perfettamente alla malta applicata ed

opportunamente posizionata con i connettori precedentemente applicati. La rete in teli sarà posta in opera con sovrapposizione di almeno 15 cm.

7. APPLICAZIONE DEL SECONDO STRATO DI INTONACO. Successivamente, si proceda all'applicazione del secondo strato di intonaco uniforme di ca. 20 mm in modo tale da coprire completamente la rete ed i connettori. Applicazione con spatola metallica piana o a spruzzo di uno strato di rasante uniforme di ca. 20 mm Regolarizzare l'intera parete in maniera tale da ottenere uno strato perfettamente planare. Procedere sulla superficie compianata dell'intonaco asciutto all'applicazione dei nastri in tessuto di acciaio come da Specifiche A e B

FASE 2: APPLICAZIONE MEDIANTE INCOLLAGGIO E IMPRAGNAZIONE DI NASTRI IN TESSUTO DI FILI DI ACCIAIO ZINCO GALVANIZZATI AD ALTA RESISTENZA

*SPECIFICA A*

1. STESURA DEL PRIMO STRATO DI MATRICE
   - Sulla superficie compianata dell'intonaco armato già predisposto saranno realizzate le piste di livellamento e di allettamento con stesa di malta di calce antiritiro.
   - Applicazione sulla superficie compianata delle piste di primer tipo KIMICOVER FIX . Il primer avrà la duplice funzione di consolidante per il supporto e di aggrappo per le successive lavorazioni.
   - Ad indurimento delle piste di allettamento procedere alla stesura del primo strato di matrice costituita da malta KIMISTEEL MX CALCE.
2. APPLICAZIONE E ANCORAGGIO DEI NASTRI
   - A prodotto ancora fresco applicare il nastro in tessuto KIMISTEEL GLV 2000, mediante stesura sulla matrice ancora fresca eseguita con spatola o cazzuola a leggera pressione.
   - Ove indicato procedere agli ancoraggi dell'estremità dei nastri orizzontali mediante sovrapposizione e incollaggio di altro nastro che sarà arrotolato longitudinalmente su se stesso in modo da formare un tondino che sarà inghisato nel foro di estremità ∅30, precedentemente predisposto come da grafico e saturato con malta KIMISTEEL MX CALCE.
   - Procedere all'applicazione dei connettori a fiocco, secondo quanto indicato nella SPECIFICA B, in corrispondenza dei tubi PVC gia precedentemente predisposti nella FASE 1. L'applicazione dei connettori sarà preceduta dal taglio a raso delle superfici murarie rifinite dei tubi di PVC ∅26/30.
3. APPLICAZIONE SECONDO STRATO DI MATRICE DI INGLOBAMENTO E PROTEZIONE

- Fresco su fresco applicazione sul tessuto costituito da nastri, con spatola metallica e/o cazzuola, di un'ulteriore mano della stessa matrice KIMISTEEL MX CALCE, precedentemente impiegata come strato di incollaggio del tessuto di armatura.
- A lavorazione ultimata le piste di rinforzo verranno compianate con finitura di intonaco fibrorinforzato a base di calce e leganti idraulici tipo INTOMAP R2 della MAPEI

*SPECIFICA B: MODALITÀ' ESECUTIVE PER L'APPLICAZIONE DEI CONNETTORI A FIOCCO E DEGLI ANCORAGGI NELLE PARETI, COSTITUITI DAGLI STESSI NASTRI DI LARGHEZZA CENTIMETRI 30 ARROTOLATI LONGITUDINALMENTE*

*ANCORAGGI DI TESTA DEI NASTRI*

Eseguire la perforazione nella zona di ancoraggio scelta in fase progettuale e successivamente ripulirla da polveri o residui presenti nel foro. Il diametro del foro deve essere Ø 30.

*INSERIMENTO DEL CONNETTORE NEL TUBO* Inserire il nastro arrotolato ad una estremità su di un tondino di acciaio all'interno del foro facendo corrispondere la parte rigida del tondino con lo sviluppo del foro.

SATURAZIONE DEL TUBO IN PVC

La saturazione potrà avvenire mediante iniezione e il riempimento del tubo (nel quale è collocato il nastro arrotolato) con pistola di resina epossidica tipo KIMITECH EP-IN della KIMIA.

*APERTURA DEI FIOCCHI*

Servendosi di uno strumento adatto (tipo pettine) aprire le estremità dei nastri arrotolati che fuoriescono dai fori in fiocchi e stendere gli stessi sulle strisce di tessuto già applicate in precedenza come da SPECIFICA A

*IMPREGNAZIONE DEI FIOCCHI*

Manualmente tramite un apposito rullo, impregnare ancora con una prima stesa di malta, KIMISTEEL LM miselata con KIMITECH B2, il tessuto utilizzato per il rinforzo strutturale e le parti a fiocco precedentemente stese.

*FINITURA*

Sarà applicato, quindi, il secondo strato di matrice di inglobamento e protezione come da SPECIFICA A.

| Caratteristiche | Valore tipico | Valore tipico |
|---|---|---|
| Prodotto | Kimisteel GLV 650 | Kimisteel GLV 2000 |
| Peso netto tessuto [g/m²] | 650 | 1970 |
| Peso totale tessuto [g/m²] | 737 | 2025 |
| Tensione di rottura a trazione dell'acciaio [MPa] | 3200 | 3200 |
| Modulo elastico a trazione dell'acciaio [GPa] | 210 | 210 |
| Allungamento a trazione dell'acciaio [%] | 1.6 | 1.6 |
| Diametro treccia [mm] | 1.07 | 1,07 |
| Spessore nominale del nastro (solo acciaio) [mm] | 0.082 | 0,293 |
| Area resistente [mmq/m] | 82 | 293 |
| Resistenza unitaria del tessuto [N/mm] | 263 | 791 |

# 7. MALTE E MURATURE

La muratura impiegata è in laterizi semipieni con malta cementizia a composizione prescritta. Il riferimento normativo è § 11.10.2 delle NTC 2018.
La malta utilizzata è del tipo cementizio di classe M12 di cui alla Tabella 11.10.V delle NTC 2018 con resistenza a compressione di 12 N/mm$^2$.

**Tab. 11.10.V -** *Corrispondenza tra classi di resistenza e composizione in volume delle malte*

| Classe | Tipo di malta | Composizione | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Cemento | Calce aerea | Calce idraulica | Sabbia | Pozzolana |
| M 2,5 | Idraulica | – | – | 1 | 3 | – |
| M 2,5 | Pozzolanica | – | 1 | – | – | 3 |
| M 2,5 | Bastarda | 1 | – | 2 | 9 | – |
| M 5 | Bastarda | 1 | – | 1 | 5 | – |
| M 8 | Cementizia | 2 | – | 1 | 8 | – |
| M 12 | Cementizia | 1 | – | – | 3 | – |

In ordine agli elementi in laterizio la classificazione è quella corrispondente a quella degli elementi semipieni della Tabella 4.5.1a delle NTC 2018 § 4.5.2

**Tabella 4.5.Ia -** *Classificazione elementi in laterizio*

| Elementi | Percentuale di foratura φ | Area f della sezione normale del foro |
|---|---|---|
| Pieni | $\varphi \leq 15\%$ | $f \leq 9$ cm$^2$ |
| Semipieni | $15\% < \varphi \leq 45\%$ | $f \leq 12$ cm$^2$ |
| Forati | $45\% < \varphi \leq 55\%$ | $f \leq 15$ cm$^2$ |

## *7.1 Malte per placcaggi strutturali, protezione delle barre di armatura e ricostruzione del copriferro*

Tali malte devono rispondere alle indicazioni della EN-1504-9 - *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo: definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità. Principi generali per l'uso dei prodotti e sistemi.*

*7.1.1 Malta per placcaggi strutturali e per protezione barre di armatura*

Trattasi di malta cementizia anticorrosiva per la protezione dei ferri di armatura sulle strutture esistenti dopo la loro messa a giorno a seguito dell'asportazione dei copriferri ammalorati e prima della ricostruzione del nuovo copriferro. La malta svolge una protezione anticorrosiva dei ferri di armatura del calcestruzzo e migliora l'adesione delle malte impiegate nel ripristino del copriferro stesso.

L'azione anticorrosiva della malta si esplica attraverso:

- la presenza di inibitori di corrosione per proteggere le superfici metalliche dall'ossidazione;
- l'elevata alcalinità;
- l'ottima adesione al metallo.
-

*7.1.2 Malta per ricostruzione copriferro*

Trattasi di una malta premiscelata che impastata con acqua si trasforma in una malta ad elevata fluidità, idonea per l'applicazione mediante colatura entro casseri, senza rischio di segregazione, anche se applicata in forti spessori.

La malta una volta indurita deve possedere le seguenti qualità:

- elevate resistenze meccaniche alla flessione e alla compressione;
- modulo elastico, coefficiente di dilatazione termica e coefficiente di permeabilità al vapore acqueo simili a quelli del calcestruzzo di alta qualità;
- impermeabilità all'acqua;
- ottima adesione sia al vecchio calcestruzzo, purché precedentemente inumidito a rifiuto con acqua, sia ai ferri di armatura;
- elevata resistenza all'usura per abrasione.

In aggiunta al riferimento normativo già esposto la malta deve rispondere ai requisiti minimi richiesti EN – 1504-3 *Riparazione strutturale e non strutturale* per le malte strutturali classe R4.

| | **CARATTERISTICA PRESTAZIONALE** | **SUBSTRATO DI RIFERIMENTO (EN 1766)** | **METODO DI PROVA** | **REQUISITO STRUTTURALE CLASSE R4** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Resistenza a compressione | Nessuno | EN 12190 | > 45 MPa |
| 2 | Contenuto ioni cloruro | Nessuno | EN 1015-17 | < 0,05% |
| 3 | Legame di aderenza | MC (0,40) | EN 1542 | > 2,0 MPa |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 | Ritiro/espansione impedita | MC (0,40 | EN 12617-4 | Forza di legame dopo la prova > 2,0 MPa |
| 5 | Resistenza alla carbonatazione | Nessuno | EN 13295 | dk < calcestruzzo di controllo [MC(0,45)] |
| 6 | Modulo elastico | Nessuno | EN 13412 | > 20 GPa |
| 7 | Compatibilità termica, Parte 1, gelo-disgelo | MC (0,40) | EN 13687-1 | Forza di legame dopo 50 cicli > 2,0 MPa |
| 8 | Compatibilità termica, Parte 2, Temporali | MC (0,40) | EN 13687-2 | Forza di legame dopo 30 cicli > 2,0 MPa |
| 9 | Compatibilità termica, Parte 4, Cicli a secco | MC (0,40) | EN 13687-4 | Forza di legame dopo 30 cicli > 2,0 MPa |
| 10 | Resistenza allo slittamento | Nessuno | EN 13036-4 | Classe I: > 40 unità con prova a umido Classe II: > 40 unità con prova a secco Classe III: > 55 unità con prova a umido |
| 11 | Coefficiente di espansione termica | Nessuno | EN 1770 | Non richiesto se sono eseguite le prove 7,8 o 9, altrimenti valore dichiarato |
| 12 | Assorbimento capillare | Nessuno | EN 13057 | < 0,5 kg. $m^{-2}$ $h^{-0,5}$ |

### *7.2 Resine per inghisaggi, riprese di getto ed interventi in beton-plaquè*

Tutte le resine impiegate per l'incollaggio, l'inghisaggio delle barre, le riprese di getto dovranno possedere i requisiti normativi e garantire in ogni caso sempre la rottura del substrato.

#### *7.2.1 Resina per inghisaggi*

La resina deve possedere caratteristiche tecniche di alta fluidità esente da segregazioni e capace di scorrere anche in spazi di conformazione intricata. Deve possedere inoltre, le seguenti qualità:

- ottima impermeabilità all'acqua;
- ottima resistenza ai solfati;
- ottima adesione al ferro ed al calcestruzzo;
- ottima resistenza alle sollecitazioni meccaniche anche di tipo dinamico;

- modulo elastico e coefficiente di dilatazione termica simili a quelli del calcestruzzo di alta qualità;
- non contenere aggregati metallici e polvere di alluminio.

In aggiunta al riferimento normativo già esposto la resina epossidica bicomponente deve rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-6 *Ancoraggio dell'armatura di acciaio*.

*7.2.2 Resina per riprese di getto*

La resina epossidica fluida bicomponente per riprese di getto deve rispondere ai principi definitivi dalla EN 1504-4:2004. È un prodotto da incollaggio strutturale, che tollera l'umidità, a base di resine epossidiche e filler speciali, che viene fornito sotto forma di 2 componenti predosati (componente A: resina, e componente B: induritore).

*7.2.3 Resina per interventi in beton-plaquè*

La resina utilizzata deve rispondere ai principi definitivi dalla già richiamata EN-1504-9; ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-5 *Iniezione del calcestruzz*o ed anche a quelli richiesti dalla EN 1504-6 *Ancoraggio dell'armatura d'acciaio.*

Trattasi di resina epossidica bicomponente superfluida atta a ricollegare strutturalmente il supporto oppure a rinforzarlo mediante aggiunta all'esterno di lastre d'acciaio di dimensioni calcolate (*beton plaqué*). L'iniezione dovrà avvenire attraverso tubetti iniettori opportunamente posizionati e fissati con stucco epossidico tra i due materiali da collegare. Lo stesso stucco epossidico dovrà essere utilizzato per la sigillatura di contenimento del materiale d'iniezione.

8. INTONACO ARMATO CON RETE

Nell'ambito dell'intervento di progetto si utilizzeranno materiali compositi a formare una rete strutturale preformata in materiale composito costituite da intonaco di fondo fibrorinforzato a base di calce aerea e legami idraulici. Tale intonaco sarà armato con rete in firbra di vetro resistente agli alcali al fine di migliorarne il comportamento antifrattura e la resistenza alle azioni dinamiche.

Si è fatto riferimento alla tipologia di intonaco INTOMAP R2 FIBRO con rete MAPENET 150 della MAPEI o ad altri prodotti equivalenti.

Le caratteristiche meccaniche, le modalità esecutive e le prestazioni sono consegnate nella Tav. E-SE003

Il prodotto dovrà avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

| | |
|---|---|
| Rapporto dell'impasto: | 100 parti di **Intomap R2 Fibro** con 19-21 parti di acqua (circa 4,8-5,2 l di acqua per ogni sacco da 25 kg di prodotto) |
| Massa volumica dell'impasto (EN 1015-6) (kg/m$^3$): | 1.750 |
| Temperatura di applicazione permessa: | da +5°C a +35°C |
| Durata dell'impasto (EN 1015-9): | circa 1 h (a +20°C) |
| Spessore massimo di applicazione per singola mano (mm): | 30 |
| Tempo di attesa tra la prima e la seconda mano: | 24 h |
| Tempo di attesa per la frattazzatura: | circa 1 h (a +20°C) |
| Tempo minimo di attesa per la pitturazione: | 28 gg |

Caratteristiche meccaniche impiegando il 20% di acqua (miscelazione secondo EN 1015-2):

| | |
|---|---|
| Resistenza a compressione a 28 gg (EN 1015-11) (N/mm$^2$): | Categoria CS II (da 1,5 a 5,0) |
| Adesione al supporto (laterizio) (1015-12) (N/mm$^2$): | ≥ 0,3 (Modo di rottura FP = B) |
| Assorbimento d'acqua per capillarità (EN 1015-18) [kg/(m$^2$·min$^{0,5}$)]: | Categoria $W_c$ 0 |
| Coefficiente di permeabilità al vapore acqueo (EN 1015-19) (μ): | ≤ 12 |
| Conducibilità termica (EN 1745) ($\lambda_{10,dry}$) (W/m·K): | 0,57 (P = 50%) |
| Reazione al fuoco (EN 13501-1) (Euroclasse): | A1 |
| Consumo (per cm di spessore) (kg/m$^2$): | circa 14 |

Con riferimento alla rete tipo MAPENET 150 la caratterizzazione meccanica viene di seguito consegnata

| RESISTENZA ALLA TRAZIONE (in conformità alle prove contenute nella guida ETAG 004) | |
|---|---|
| Carico di rottura indicativo rete tal quale | ordito > 40 N/mm (pari a 2000 N/5 cm) trama > 40 N/mm (pari a 2000 N/5 cm) |

| | |
|---|---|
| Carico di rottura indicativo dopo invecchiamento | ordito > 20 N/mm (pari a 1100 N/5 cm) trama > 20 N/mm (pari a 1100 N/5 cm) e comunque > al 50% del valore tal quale |

## 9. PRESIDI ANTISFONDELLAMENTO

Si tratta di interventi a presidio delle cadute di intonaco e laterizio dall'intradosso dei solai del primo piano e sottotetto dell'Edificio A.

L'intervento di messa in sicurezza prevede l'applicazione di una controsoffittatura antisfondellamento tipo SICURTECTO eseguita con lastre di gesso fibrorinforzate in CLASSE A2-s1,d0 di reazione al fuoco, sp. 13 mm, fissate attraverso viti auto foranti (con punta a chiodo e testa svasata) all'intelaiatura primaria in profilati sagomati C60x27x0,7 mm in acciaio zincato ad elevata resistenza meccanica secondo la normativa EN 17195, ancorati ai travetti del solaio attraverso tasselli meccanici ad espansione, classe minima 8.8 secondo norma UNI 5739 - DIN 933, con bussola in ottone e cavaliere in acciaio zincato di connessione, spessore 1,2 mm, con resistenza a strappo superiore a 150 kg. La controsoffittatura antisfondellamento è completa di guide U28x30x0,5 mm in acciaio zincato per il fissaggio lungo le pareti perimetrali. La finitura è eseguita con garza adesiva, due mani di stucco lungo i bordi delle lastre, ed un cordolo di silicone lungo il perimetro, per rendere le superfici pronte per le opere di tinteggiatura.

## 10. STRUTTURE IN LEGNO DELLA COPERTURA

I Materiali e prodotti devono essere qualificati secondo le procedure di cui § 11.1 punto c delle NTC 2018. In tali casi il fabbricante dovrà pervenire alla Marcatura CE sulla base della pertinente "Valutazione Tecnica Europea" (ETA), oppure dovrà ottenere un "Certificato di Valutazione Tecnica" rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale, anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili; con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, su conforme parere della competente Sezione, sono approvate Linee Guida relative alle specifiche procedure per il rilascio del "Certificato di Valutazione Tecnica".

In aggiunta si fa riferimento alle Linee Guida per l'impiego di prodotti , materiali e manufatti innovativi in legno per uso strutturale approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

La produzione, la lavorazione, fornitura e utilizzazione dei prodotti di legno e dei prodotti a base di legno per uso strutturale dovranno avvenire in applicazione di un sistema di assicurazione della qualità e di un sistema di rintracciabilità che copra la catena di distribuzione dal momento della prima classificazione e marcatura dei singoli componenti e/o semilavorati almeno fino al momento della prima messa in opera.

Con riferimento al punto 11.7.1.1 Proprietà dei materiali delle richiamate NTC2018 per il progetto e la verifica di strutture realizzate con legno massiccio,o con prodotti per uso strutturale derivati dal legno, si utilizzano i valori di resistenza, modulo elastico e di massa volumica costituenti il profilo resistente, che deve comprendere almeno quanto riportato nella seguente Tab. 11.7.I.

**Tab. 11.7.I** – *Profilo resistente per materiali e prodotti a base di legno*

| Resistenze caratteristiche | | Moduli elastici | | Massa volumica | |
|---|---|---|---|---|---|
| Flessione | $f_{m,k}$ | Modulo elastico parallelo medio ** | $E_{0,mean}$ | Massa volumica caratteristica | $\rho_k$ |
| Trazione parallela | $f_{t,0,k}$ | Modulo elastico parallelo caratteristico | $E_{0,05}$ | Massa volumica media *,** | $\rho_{mean}$ |
| Trazione perpendicolare | $f_{t,90,k}$ | Modulo elastico perpendicolare medio ** | $E_{90,mean}$ | | |
| Compressione parallela | $f_{c,0,k}$ | Modulo elastico tangenziale medio ** | $G_{mean}$ | | |
| Compressione perpendicolare | $f_{c,90,k}$ | | | | |
| Taglio | $f_{v,k}$ | | | | |

* La massa volumica media può non essere dichiarata.

** Il pedice *mean* può essere abbreviato con m

Per il progetto delle coperture lignee della Scuola di Cosio la caratterizzazione del legno è consegnata nella tabella seguente:

| LEGNO MASSICCIO PER PILASTRI E TRAVI DELLE STRUTTURE DI COPERTURA DI CLASSE C24 UNI - EN 338 | | |
|---|---|---|
| Resistenza MPa | | |
| Flessione | $f_{mk}$ | 24 |
| Trazione parallela alla fibratura | $f_{t0k}$ | 14 |
| Trazione perpendicolare alla fibratura | $f_{t90k}$ | 0,5 |
| Compressione parallela alla fibratura | $f_{c0k}$ | 21 |
| Compressione perpendicolare alla fibratura | $f_{c90k}$ | 2,5 |
| Taglio | $f_{vk}$ | 2,5 |
| Modulo elastico (GPa) | | |
| Modulo elastico medio parallelo alla fibre | $E_{0mean}$ | 11 |
| Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre | $E_{00,5}$ | 7,4 |
| Modulo elastico medio perpendicolare alle fibre | $E_{90mean}$ | 0,37 |
| Modulo di taglio medio | $G_{mean}$ | 0,69 |
| Massa volumica (kg/m$^3$) | | |
| Massa volumica caratteristica | $\rho_k$ | 350 |
| Massa volumica media | $\rho_m$ | 420 |

## 11. PACCHETTO DI COPERTURA DEL TETTO

Sono stati previsti per le coperture lignee della Palestra e dell'Edificio C pannelli in bi-lamiera in poliuretano del tipo PGB TD5 con profilo grecato *Marcegaglia* o equivalenti.
Si tratta di un pannello autoportante tipo *Marcegaglia* composto da due strati metallici, che contengono in maniera solidale uno strato isolante di schiuma poliuretanica, che ne fanno un elemento applicabile alle più diverse strutture portanti. Con lato esterno grecato ed interno micronervato dello spessore di 12 cm. per assicurare la necessaria coibenza in relazione all'indice di trasmittanza del pannello stesso.
Il pannello è realizzato con:

- supporto esterno in lamiera di acciaio zincato in conformità alla norma UNI EN 10143 - UNI EN 10346;
- isolamento termico con formulazioni poliuretaniche esenti da CFC e HCFC che producono schiume isolanti anigrospiche, antimuffa e ad alto contenuto di celle chiuse > 95% con altissima aderenza ai supporti;
- supporto interno in lamiera di acciaio zincato in conformità alla norma UNI EN 10143 -- UNI EN 10147 .