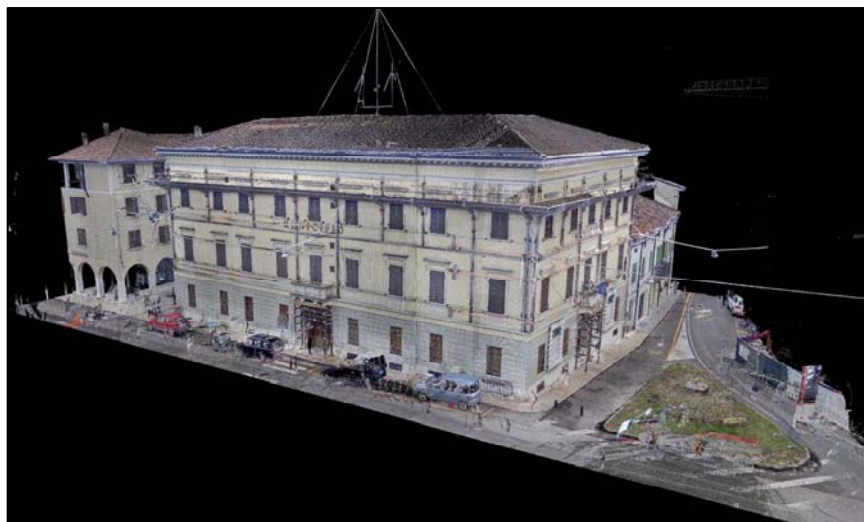




COMUNE DI QUISTELLO



INTERVENTO DI RIPRISTINO DEI DANNI SISMICI,
MIGLIORAMENTO SISMICO, RESTAURO ARCHITETTONICO,
COMPRESI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO IMPIANTI ED
EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO TAV. ST 4	OPERE STRUTTURALI DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI	SCALA
PROGETTAZIONE ARCH. STEFANO RIGHI <i>ISCRIZIONE ORDINE DEGLI ARCHITETTI DI MANTOVA N. 275</i>		
PROGETTAZIONE STRUTTURE ING. LUCA SIGNORINI <i>ISCRIZIONE ALL'ALBO DEGLI INGEGNERI DI MANTOVA N. 972</i>		
PROGETTAZIONE IMPIANTI MECCANICI ING. PAOLO LOTTI <i>ISCRIZIONE ALL'ALBO DEGLI INGEGNERI DI MANTOVA N. 804</i>		
PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI P.I. ALESSANDRO NEGRINI <i>ISCRIZIONE ALL'ALBO DEI PERITI INDUSTRIALI DI MANTOVA N. 900</i>		
ESECUZIONE DEI RILIEVI GEOGRA <i>via Indipendenza, 106 SERMIDE (MN) 0386-62628 www.geogra.it e-mail: info@geogra.it</i>		IL-RESPONSABILE-DEL-PROCEDIMENTO
DATA 19-12-2016	REVISIONE	ARCHIVIO

OGGETTO

**RECUPERO FUNZIONALE
DELLA RESIDENZA MUNICIPALE DI PIAZZA MATTEOTTI N. 1
A SEGUITO DEI DANNI RIPORTATI CON GLI EVENTI SISMICI DEL 2012**

COMMITTENTE

Comune di Quistello
Piazza Matteotti n. 1, 46026 Quistello (MN)

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE SUI MATERIALI

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE
DEGLI ELEMENTI TECNICI**

Borgo Virgilio, 19/12/2016

IL TECNICO

Ing. Luca Signorini

Sommario

Premessa.....	3
1) Conglomerato cementizio per c.a. classe C25/30 (Rck 30).....	3
a) Conglomerato cementizio per fondazioni.....	3
b) Conglomerato cementizio per solai e travi in genere.....	3
c) Conglomerato cementizio per solette.....	3
d) Ripresa di solette in c.a. per diaframmi di piano.....	4
2) Malte per uso strutturale.....	4
a) Malta di calce per murature storiche.....	4
b) Malta di calce per inghisaggi e rasature.....	5
c) Malta di cemento per nuove murature portanti.....	5
3) Blocchi in laterizio per murature.....	5
a) Mattoni pieni per riparazione e tamponamenti in murature storiche.....	6
b) Mattone forato formato Doppio UNI per nuove murature.....	6
4) Materiali ferrosi.....	6
a) Acciaio per c.a. in barre.....	6
b) Acciaio per c.a. in reti elettrosaldate.....	7
c) Acciaio ordinario per carpenterie metalliche in genere (profili standard, piatti, ecc.).....	7
d) Acciaio classe 8.8 per bulloni e barre lisce o filettate.....	7
e) Acciaio inossidabile per carpenterie metalliche in genere (piatti e tondi).....	7
5) Composti e tessuti fibrorinforzati.....	7
a) Reti bidirezionali in fibra di vetro per rasature consolidanti di volte e murature.....	8
b) Reti bidirezionali in fibra di vetro per rasature consolidanti di solette in c.a.....	8
c) Fasce in FRP unidirezionali in carbonio.....	9
d) Sistemi di ancoraggio di FRP in fibra aramidica o carbonio.....	9
6) Legnami.....	10
a) Legno strutturale massiccio.....	10
b) Legno strutturale con giunti a dita.....	11
c) Legno lamellare incollato.....	11
d) Pannelli a base di legno.....	11
e) Altri prodotti a base di legno.....	11
f) Adesivi.....	11
g) Elementi meccanici di collegamento.....	12

Premessa

Nel seguito vengono illustrate le caratteristiche compositive e prestazionali, con riferimenti alle principali norme di riferimento, per i diversi materiali ed elementi tecnici considerati nell'ambito della progettazione svolta. L'elenco degli elementi trattati è riportato nel precedente sommario.

1) Conglomerato cementizio per c.a. classe C25/30 (Rck 30)

L'impiego del conglomerato cementizio C25/30 è previsto nei seguenti elementi strutturali principali:

- fondazioni
- solai in laterocemento, travi ed elementi affini
- solette di limitato spessore per diaframmi di piano
- ripresa di solette in c.a. per diaframmi di piano.

Nonostante sia previsto l'impiego di un calcestruzzo di classe omogenea, in ciascuno degli elementi strutturali sopra elencati, il calcestruzzo deve presentare specifiche caratteristiche che lo rendano idoneo per lo specifico impiego, specialmente con riferimento ad elementi di limitato spessore come le solette dei diaframmi.

Il riferimento normativo principale sono le NTC 2008 di cui al D.M. 14/01/2008, con particolare riferimento al capitolo 11, in cui vengono indicate le procedure e le normative da adottare per la composizione, la maturazione e la posa in opera del materiale (UNI ENV 13670-1:2001 e Linee Guida pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici).

Sono inoltre indicati i riferimenti normativi per il prelievo e maturazione dei campioni di calcestruzzo (UNI EN 12390-1:2002 e UNI EN 12390-2:2002), per la determinazione della resistenza a rottura degli stessi (UNI EN 12390-3:2003 e UNI EN 12390-4:2002) ed il metodo da seguire per lo svolgimento del controllo di accettazione in cantiere del materiale.

a) Conglomerato cementizio per fondazioni

Presenta le seguenti caratteristiche prestazionali

- resistenza a 28 giorni C25/30 (Rck 30)
- classe di esposizione XC2 (bagnato, raramente asciutto)
- classe di lavorabilità S3
- contenuto minimo di cemento 300 kg/mc
- rapporto acqua/cemento < 0.60
- dimensiona massima inerti 25 mm
- tipo di inerti conformi alla UNI 8520/2
(contenimento dei minerali alcali reattivi come la silice amorfa, quarzo criptocristallino, quarzo a estinzione ondulata, tridimite, cristobalite, etc)
- copriferro minimo 4 cm

b) Conglomerato cementizio per solai e travi in genere

Presenta le seguenti caratteristiche prestazionali

- resistenza a 28 giorni C25/30 (Rck 30)
- classe di esposizione XC1 (asciutto o permanentemente bagnato)
- classe di lavorabilità S4
- contenuto minimo di cemento 300 kg/mc
- rapporto acqua/cemento < 0.60
- dimensiona massima inerti 20 mm
- tipo di inerti conformi alla UNI 8520/2
(contenimento dei minerali alcali reattivi come la silice amorfa, quarzo criptocristallino, quarzo a estinzione ondulata, tridimite, cristobalite, etc)
- copriferro minimo 3.5 cm

c) Conglomerato cementizio per solette

Presenta le seguenti caratteristiche prestazionali

- resistenza a 28 giorni C25/30 (Rck 30)
- classe di esposizione XC1 (asciutto o permanentemente bagnato)
- classe di lavorabilità S5 o autolivellante
- contenuto minimo di cemento 300 kg/mc
- rapporto acqua/cemento < 0.60
- dimensiona massima inerti 8 mm

- | | |
|---------------------|---|
| - tipo di inerti | conformi alla UNI 8520/2
(contenimento dei minerali alcali reattivi come la silice amorfa, quarzo
criptocristallino, quarzo a estinzione ondulata, tridimite, cristobalite, etc |
| - copriferro minimo | non rilevante |

d) Ripresa di solette in c.a. per diaframmi di piano

I materiali impiegati sono costituiti da malte cementizie premiscelate, generalmente a presa rapida, dotate di elevate resistenze meccaniche ed elevata adesione al supporto.

Come riferimento tipologico è stato assunto il prodotto Exocem One della Ditta Ruredil (si richiede pertanto che le prestazioni del prodotto o dei prodotti effettivamente posati in opera forniscano prestazioni equivalenti o superiori al prodotto di riferimento adottato).

La malta tipo Exocem One è un premiscelato a base di cemento, inerti selezionati, additivi superfluidificanti, agenti per il controllo del ritiro, sia in fase plastica che in fase indurita, e fibre di polipropilene. Dopo l'aggiunta di acqua si ottiene una malta tixotropica, fortemente adesiva, a rapido indurimento e di alta durabilità da applicarsi in spessori compresi tra 3 e 40 mm, anche per strati.

La particolare formulazione della malta consente la passivazione dei ferri di armatura, riparazioni in spessore e per rivestimenti millimetrici (rasatura) di solette, travi, pilastri, frontalini, rampe, facciavista, elementi decorativi, cornicioni e opere infrastrutturali in genere.

La malta deve essere conforme alla norma EN 1504 ("Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo definizioni requisiti controllo di qualità e valutazione della conformità) e classificata in classe R3 (per usi strutturali con resistenza minima a compressione >25MPa e resistenza all'aderenza >1.5MPa)

2) Malte per uso strutturale

L'impiego di malte è previsto nei seguenti elementi strutturali principali:

- malta di calce per murature storiche
- malta di calce per inghisaggi e rasature
- malta di cemento per nuove murature portanti.

Gli interventi previsti con malte presentano caratteristiche profondamente diverse l'uno dall'altro.

Nel caso di malta per murature storiche, si tratta invece di malte a base di calce e prive di cemento, da impiegare nella riparazione di murature storiche, nella chiusura di nicchie e porte, ecc. al fine di realizzare una struttura muraria con caratteristiche meccaniche omogenee e simili all'esistente.

Nel caso di malta per inghisaggi e rasature, si prevede invece l'utilizzo di malte a base di calce ad elevata resistenza meccanica, in modo da garantire una adeguata efficacia del collegamento e dell'inghisaggio o una adeguata aderenza della rasatura.

Il riferimento normativo principale sono le NTC 2008 di cui al D.M. 14/01/2008, con particolare riferimento al capitolo 11, in cui vengono indicate le procedure e le normative da adottare per garantire il necessario livello di prestazione del materiale comprendono la composizione, la maturazione, la posa in opera ed il sistema di certificazione del materiale. Ciascun prodotto deve essere dotato di Marcatura CE secondo il sistema di attestazione della conformità previsto nella norma UNI EN 998-2.

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nella norma UNI EN 1015-11: 2007.

a) Malta di calce per murature storiche

La malta per la riparazione e la ripresa di murature storiche, impiegata anche per il completamento delle stesse nel caso di chiusura di porte e nicchie, deve presentare caratteristiche costitutive e meccaniche simili alla malta esistente, in modo da non determinare un irrigidimento eccessivo delle zone di intervento rispetto alle porzioni originarie di muratura.

Come riferimento tipologico è stato assunto il prodotto NaturCalce Stilatura della Ditta Ruredil (si richiede pertanto che le prestazioni del prodotto o dei prodotti effettivamente posati in opera forniscano prestazioni equivalenti o superiori al prodotto di riferimento adottato).

La malta NaturCalce Stilatura è una malta da costruzione a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (conforme alla norma EN 459-1) da utilizzare nelle murature in mattoni, in pietra o miste. La malta può essere impiegata sia per l'allettamento di mattoni e blocchi nella realizzazione di murature faccia a vista, sia per la stilatura dei giunti nel restauro degli edifici di pregio storico e artistico. Il prodotto

premiscelato, opportunamente confezionato con l'aggiunta di acqua, permette di ottenere una malta plastica a composizione prescritta conforme alla norma EN 998-2.

Tipo di malta (EN 998-2)	malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali
Proporz. dei costituenti in volume (EN 998-2):	
- calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN 459-1)	30 - 60%
- inerti	40 - 70%
Dimensione massima inerte (UNI EN 1015-1)	0.35 mm
Assorbim. d'acqua capillare (UNI EN 1015-18)	0,4 kg/(m ² x min ^{0,5})
Permeabilità al vapore acqueo	μ 15 ÷ 35 (valore tabulato)
Conducibilità termica	0,83 W/mK (valore tabulato) (λ 10, dry)
Resistenza a compressione (EN 998-2)	M2.5
Aderenza al supporto (UNI EN 1015-12)	$\geq 0,55$ N/mm ² FP:B

b) Malta di calce per inghisaggi e rasature.

Nel caso di inghisaggi si è optato per malte a base di calce con elevate prestazioni meccaniche e colabili, in modo da garantire un adeguato grado di resistenza dell'inghisaggio.

Come riferimento tipologico è stato assunto il prodotto Albaria Struttura della Ditta Basf (si richiede pertanto che le prestazioni del prodotto o dei prodotti effettivamente posati in opera forniscano prestazioni equivalenti o superiori al prodotto di riferimento adottato).

La malta Albaria Struttura è una malta da costruzione a base di calce pozzolanica priva di cemento, ad alta resistenza, di colore bianco, premiscelata, applicabile a cazzuola, spruzzo o per colaggio, composta da aggregati silicei naturali con diametro massimo 2 mm. Non rilascia sali idrosolubili e non induce formazione di efflorescenze. Garantisce una resistenza a compressione > 15 MPa ed è quindi classificabile come malta da muratura di tipo M15 secondo la normativa europea UNI EN 998/2.

c) Malta di cemento per nuove murature portanti.

Nella realizzazione di nuove murature portanti in blocchi semipieni tipo Doppio UNI, al fine di realizzare un elemento strutturale con buone caratteristiche di portata, ma non eccessivamente performante rispetto alle murature storiche presenti, si è optato per una malta a base cementizia con classe di resistenza M5 e conforme alla UNI EN 998/2.

In alternativa potrà essere impiegata una malta a base di calce con resistenza in classe M5.

3) Blocchi in laterizio per murature

L'impiego di blocchi in laterizio è previsto nei seguenti elementi strutturali principali:

- mattoni pieni per riparazione e tamponamenti in murature storiche
- mattone forato formato Doppio UNI per nuove murature

Gli interventi previsti sulle murature presentano caratteristiche profondamente diverse l'uno dall'altro.

Nel caso di riparazione e tamponamenti di murature esistenti e storiche dovranno essere impiegati blocchi di laterizio con caratteristiche dimensionali compatibili con quelli presenti in loco e con caratteristiche meccaniche equivalenti, in modo da non introdurre discontinuità o elementi con rigidità difforme dall'esistente. Dovranno pertanto essere impiegati mattoni di recupero, integri ed in buone condizioni di conservazione, adeguatamente ripuliti e trattati in superficie in modo che possano ben inserirsi nella matrice muraria esistente e ben collaborare con la malta esistente e di nuova realizzazione.

Nel caso invece di nuove murature (previste nella Ex Casa del Custode), i blocchi dovranno essere di nuova fattura e rispondenti alle norme vigenti.

Il riferimento normativo principale sono le NTC 2008 di cui al D.M. 14/01/2008, con particolare riferimento al capitolo 11, in cui vengono indicate le procedure e le normative da adottare per garantire il necessario livello di prestazione del materiale. Ciascun prodotto deve essere dotato di Marcatura CE secondo il sistema di attestazione della conformità previsto nella norma UNI EN 771.

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione degli elementi per muratura sono riportate nella norma UNI EN 772-1: 2002.

a) Mattoni pieni per riparazione e tamponamenti in murature storiche

Per questi elementi non vengono fornite specifiche prestazionali stringenti, ma solamente indicazioni qualitative e di accettazione del materiale.

Per quanto riguarda la conformazione geometrica del blocco in termini di conformità e regolarità delle dimensioni dei blocchi, configurazione, planarità e parallelismo delle facce, si potrà far riferimento alle norme UNI EN 772-16 e UNI EN 772-20.

Per quanto attiene la curabilità, in termini di contenuti in sali solubili, potrà farsi riferimento alla norma UNI EN 772-5. Comunque la superficie visibile dovrà presentarsi regolare e priva di lacune o porzioni friabili.

Per quanto attiene resistenza a compressione si richiede che il blocco presenti una resistenza media minima pari a 15 N/mm², in modo da garantire, con un certo margine di sicurezza, i livelli prestazionali considerati nelle verifiche svolte (rif.: muratura adottata nella Ex Casa del Custode con carico di rottura 3.0 N/mm²).

b) Mattone forato formato Doppio UNI per nuove murature

I blocchi forniti dovranno essere dotati di certificazione CE, conformi alla norma UNI EN 771 e presentare le seguenti caratteristiche minime.

- resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal produttore	fdk > 12 N/mm ²
- resistenza caratteristica a compressione in direzione trasversale	fdk > 1.6 N/mm ²
- lunghezza del blocco	25 cm
- larghezza del blocco	12 cm
- altezza del blocco	12 o 15 cm
- percentuale di foratura	< 45%

Datta tabella 11.10.5 delle NTC 2008, combinando questo blocco con una malta strutturale con classe di resistenza M5, si ottiene una muratura con:

- resistenza caratteristica $f_k = 5.22$ N/mm²
- resistenza a taglio coesiva $f_{vk0} = 0.2$ N/mm²
- modulo elastico 5200 N/mm²

4) Materiali ferrosi

L'impiego di materiali ferrosi è previsto nei seguenti elementi strutturali principali:

- acciaio per c.a. in barre
- acciaio per c.a. in reti elettrosaldate
- acciaio ordinario per carpenterie metalliche in genere (profili standard, piatti, ecc.)
- acciaio per barre filettate e bulloneria in genere
- acciaio inossidabile per carpenterie metalliche in genere (piatti e tondi)
- acciaio per chiodi e viti per legno

Come riferimento numerico, le verifiche sono state condotte considerando le seguenti classi di acciaio:

- acciaio classe B450C per barre di armatura per c.a.
- acciaio classe B450C e B450A per reti elettrosaldate per c.a.
- acciaio classe S275 per carpenteria metallica
- acciaio classe 8.8 per bulloni e barre lisce o filettate
- chiodature e viti per legno: si è fatto riferimento alle resistenze fornite dal produttore

Per gli acciai inossidabili sono state richieste prestazioni analoghe alle corrispondenti classi sopra elencate, a seconda della tipologia di elemento e di utilizzo.

Dove applicabile, in base alla norma UNI EN 1090-2:2011, le strutture in carpenteria metallica devono essere fornite con marcatura CE. Inoltre, a causa della classe di importanza dell'edificio in oggetto (almeno CC2), tali carpenterie richiedono, nonostante l'intervento possa classificarsi in bassa categoria di produzione (PC1) ed in bassa categoria di servizio (SC1), la classificazione in classe di esecuzione **EXC2**.

La norma richiede pertanto alcuni requisiti documentali per poter certificare correttamente l'opera metallica realizzata ed in particolare è richiesta la presenza di:

- documenti di ispezione e controllo dei prodotti metallici per tipologia di materiale e di prodotto
- rintracciabilità dei materiali impiegati
- identificazione dei materiali impiegati
- requisiti per la esecuzione di saldature.

a) Acciaio per c.a. in barre

L'acciaio in barre per c.a. deve essere conforme alle specifiche riportate nel cap. 11 delle NTC 2008 per la classe di resistenza B450C.

Il controllo di accettazione in cantiere deve prevedere la verifica documentale del materiale fornito (qualificazione del prodotto e del Produttore, bolle di trasporto), la verifica dei requisiti dell'eventuale Centro di Trasformazione che si è occupato delle lavorazioni di pre-sagomatura e pre-assemblaggio delle barre e controlli di accettazione in cantiere con prelievo di campioni di barre da sottoporre a prove di trazione e piegamento secondo la norma UNI EN ISO 15630-1: 2004.

b) Acciaio per c.a. in reti elettrosaldate

L'acciaio in reti elettrosaldate per c.a. deve essere conforme alle specifiche riportate nel cap. 11 delle NTC 2008 per la classe di resistenza B450C o B450A.

Il controllo di accettazione in cantiere deve prevedere la verifica documentale del materiale fornito (qualificazione del prodotto e del Produttore, bolle di trasporto), la verifica dei requisiti dell'eventuale Centro di Trasformazione che si è occupato delle lavorazioni di pre-sagomatura e pre-assemblaggio delle reti e controlli di accettazione in cantiere con prelievo di campioni di rete da sottoporre a prove di trazione e piegamento secondo la norma UNI EN ISO 15630-1: 2004.

c) Acciaio ordinario per carpenterie metalliche in genere (profili standard, piatti, ecc.)

L'acciaio per carpenteria metallica deve essere conforme alle specifiche riportate nel cap. 11 delle NTC 2008 per la classe di resistenza S275.

In generale, la fornitura di carpenterie metalliche, è soggetta a marcatura CE ai sensi della norma UNI EN 1090-2:2011. Per questi elementi strutturali il controllo di accettazione in cantiere deve prevedere la verifica della marcatura CE, della documentazione di fornitura annessa ed il prelievo di campioni di materiale da sottoporre a prove in Laboratori Autorizzati (prova di trazione su provetta UNI EN ISO 6892-1, eventuale prova di resilienza UNI EN ISO 148-1 e determinazione della composizione chimica per la verifica della saldabilità).

Per gli elementi non soggetti a marcatura CE, in quanto lavorati in cantiere e non semplicemente assemblati, il controllo di accettazione in cantiere deve prevedere la verifica documentale del materiale fornito (qualificazione del prodotto e del Produttore, bolle di trasporto), la verifica dei requisiti dell'eventuale Centro di Trasformazione che si è occupato delle lavorazioni di pre-sagomatura e controlli di accettazione in cantiere con prelievo di campioni di materiale da sottoporre a prove in Laboratori Autorizzati (prova di trazione su provetta UNI EN ISO 6892-1, eventuale prova di resilienza UNI EN ISO 148-1 e determinazione della composizione chimica per la verifica della saldabilità).

d) Acciaio classe 8.8 per bulloni e barre lisce o filettate

Per bulloni e barre lisce o filettate si è fatto riferimento alla classe di resistenza 8.8 definita dalla norma UNI EN ISO 898-1:2001 (richiamata nel cap. 11 delle NTC 2008) e conformi, per caratteristiche dimensionali, alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968.

Per quanto attiene il controllo di accettazione del materiale in cantiere, valgono le indicazioni riportate nel precedente punto c).

e) Acciaio inossidabile per carpenterie metalliche in genere (piatti e tondi)

Come anticipato, gli acciai inossidabili sono stati individuati sulla base di caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe S275, per prodotti "Piani" ed alla classe 8.8 per bulloni, per prodotti "Lunghi".

In particolare quindi:

- piatti e lamiere in acciaio inox, equivalente all'acciaio S275, sono stati individuati negli acciai austenitici di classe AISI 304 (EN 1.4301) o AISI 316 (EN 1.4401), caratterizzati da resistenza a trazione > 540 N/mm²
- barre e vergelle in acciaio inox, equivalente all'acciaio per bulloni classe 8.8, sono stati individuati negli acciai martensitici di classe AISI 416 (EN 1.4029) bonificato QT850, caratterizzato da resistenza a trazione > 850 N/mm².

Per quanto attiene il controllo di accettazione del materiale in cantiere, valgono le indicazioni riportate nel precedente punto c).

5) Composti e tessuti fibrorinforzati

L'impiego di composti e tessuti fibrorinforzati, è previsto nei seguenti elementi strutturali principali:

- reti bidirezionali in fibra di vetro per rasature consolidanti di volte e murature
- reti bidirezionali in fibra di vetro per rasature consolidanti di solette in c.a.
- fasce in FRP unidirezionali in carbonio
- sistemi di ancoraggio di FRP in fibra aramidica o carbonio

I materiali compositi in FRP a base di carbonio, fibra di vetro, PBO, aramide, ecc. sono normati dalle CNR-DT 200 R1/2013 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati" e dalla "Linea guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti" emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Le norme individuano due categorie di prodotti: "sistemi di rinforzo preformati" e "sistemi di rinforzo realizzati in situ".

Sistemi di rinforzo preformati:

- norma: UNI-EN 13706-1-2-3
- il Produttore deve essere dotato di un processo di produzione in qualità secondo la norma UNI EN 9001
- per la commercializzazione di un prodotto privo di marcatura CE o di Benestare Tecnico Europeo, il Produttore deve conseguire, per ciascun prodotto, il Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (nel seguito CIT) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale
- ogni materiale deve essere dotato di una Marcatura che ne consenta l'identificazione ed accompagnato da una Scheda Tecnica di prodotto
- in cantiere il D.L. deve verificare la correttezza della documentazione di cui sopra e predisporre prove meccaniche per ciascun materiale fornito e per ciascun lotto di fornitura.

Sistemi di rinforzo realizzati in situ:

- fibre: norma ISO 13002 e UNI EN 13002-2 (fibres di carbonio), UNI 8746 e UNI 9409 (fibres di vetro) e UNI EN 13003-1-2-3 (fibres di arammide)
- resine: norma ISO 178, ISO 527, ISO 11359; quelle utilizzate per solidarizzare i sistemi di rinforzo realizzati in situ alla struttura da consolidare devono essere conformi alla norma UNI EN 1504-4
- il Produttore deve essere dotato di un processo di produzione in qualità secondo la norma UNI EN 9001
- per la commercializzazione di un prodotto privo di marcatura CE o di Benestare Tecnico Europeo, il Produttore deve conseguire, per ciascun prodotto, il Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego combinato di fibra e resina (nel seguito CIT) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale
- ogni materiale deve essere dotato di una Marcatura che ne consenta l'identificazione ed accompagnato da una Scheda Tecnica di prodotto (fibra + resina)
- in cantiere il D.L. deve verificare la correttezza della documentazione di cui sopra e predisporre prove meccaniche per ciascun materiale fornito e per ciascun lotto di fornitura (Per la determinazione del modulo elastico e della resistenza a trazione dei rinforzi FRP realizzati in situ si deve far riferimento al metodo indicato nella norma UNI EN 2561).

a) Reti bidirezionali in fibra di vetro per rasature consolidanti di volte e murature

Il consolidamento delle volte in muratura presenti nell'edificio, finalizzato principalmente a conseguire una maggior duttilità e resistenza a trazione alla struttura portante della volta, è stato conseguito impiegando materiali compatibili con il supporto murario (rasanti in malta di calce) e rinforzi con basso tenore di fibra, in modo da non apportare eccessive variazioni di rigidezza al sistema esistente.

Come riferimento tipologico è stato assunto il prodotto Mapegrid G 120 abbinato con la malta Planitop HDM Restauro della Ditta Mapei (si richiede pertanto che le prestazioni del prodotto o dei prodotti effettivamente posati in opera forniscano prestazioni equivalenti o superiori al prodotto di riferimento adottato).

Il tessuto Mapegrid G 120 è costituito da una rete in fibre di vetro A.R. alcali resistente, con contenuto di ossido di zirconio pari al 17%, pre-apprettata, con comportamento strutturale bi-direzionale con le seguenti caratteristiche medie:

Tipo di fibra:	fibres di vetro A.R.
Contenuto di ossido di Zirconio (ZrO ₂) (%)	17
Grammatura (g/m ²):	125
Dimensione delle maglie (mm):	12,7 x 12,7
Resistenza a trazione (kN/m):	30
Modulo elastico (GPa):	72
Area resistente per unità di larghezza (mm ² /m):	23,51
Spessore equivalente di tessuto secco (mm):	0,024
Allungamento a rottura (%):	1,8

Tessuto classificabile in classe 60G ai sensi della Tabella 4 delle "Linea guida".

L'applicazione del tessuto è previsto con Planitop HDM Restauro, malta premiscelata bicomponente, a base di calce idraulica (NHL) ed Eco-Pozzolana, fibrorinforzata ad elevata duttilità per il rinforzo strutturale "armato" di supporti in muratura. Classe di resistenza M15 (EN 998-2).

b) Reti bidirezionali in fibra di vetro per rasature consolidanti di solette in c.a.

Il consolidamento delle solette in c.a. esistenti nell'edificio, finalizzato principalmente a conseguire una adeguata resistenza a trazione alla struttura, è stato conseguito impiegando materiali compatibili con il supporto in calcestruzzo (rasanti in malta di cemento) e rinforzi con medio tenore di fibra.

Come riferimento tipologico è stato assunto il prodotto Mapegrid G 220 abbinato con la malta Planitop HDM Maxi della Ditta Mapei (si richiede pertanto che le prestazioni del prodotto o dei prodotti effettivamente posati in opera forniscano prestazioni equivalenti o superiori al prodotto di riferimento adottato).

Il tessuto Mapegrid G 220 è costituito da una rete in fibre di vetro A.R. alcali resistente, con contenuto di ossido di zirconio pari al 17%, pre-apprettata, con comportamento strutturale bi-direzionale con le seguenti caratteristiche medie:

Tipo di fibra:	fibre di vetro A.R.
Grammatura (g/m ²):	225
Dimensione delle maglie (mm):	25 x 25
Densità della fibra (g/cmc):	2.50
Resistenza a trazione (kN/m):	45
Modulo elastico (GPa):	72
Area resistente per unità di larghezza (mm ² /m):	35,27
Spessore equivalente di tessuto secco (mm):	0,035
Allungamento a rottura (%):	1,8

Tessuto classificabile in classe 60G ai sensi della Tabella 4 delle "Linea guida".

L'applicazione del tessuto è previsto con Planitop HDM Maxi, malta cementizia premiscelata bicomponente, a prestazione garantita, a base di leganti a reattività pozzolanica, fibrorinforzata ad elevata duttilità per il rinforzo strutturale "armato" di supporti in muratura e calcestruzzo. Classe di resistenza M25 (EN 998-2).

c) Fasce in FRP unidirezionali in carbonio

Il sistema di tirantature interne dei singoli diaframmi di piano, presenti in ciascuna stanza dell'edificio, è realizzato con fasce al carbonio unidirezionali di larghezza 250 mm, applicate superiormente alla soletta, precedentemente consolidata.

Come riferimento tipologico è stato assunto il prodotto Ruredil X WRAP 310 abbinato con impregnante Ruredil X WRAP PRIMER e l'adesivo Ruredil X WRAP RESIN della Ditta Ruredil (si richiede pertanto che le prestazioni del prodotto o dei prodotti effettivamente posati in opera forniscano prestazioni equivalenti o superiori al prodotto di riferimento adottato).

Il tessuto X WRAP 310 è costituito da un nastro unidirezionale in fibre di carbonio con grammatura 310 g/mq, fornito generalmente in rotoli di altezza 25 cm e lunghezza 26 m, con le seguenti caratteristiche medie:

Tipo di fibra:	carbonio
Grammatura (g/m ²):	300
Spessore equivalente (tessuto secco) (mm):	0.17
Deformazione ultima (tessuto secco) (%):	> 1.5
Modulo elastico composito riferito all'area delle fibre E fib [GPa]:	230
Sforzo di rottura composito riferito all'area delle fibre f fib [MPa]:	3400

Tessuto classificabile in classe 210 C ai sensi della Tabella 4 delle "Linea guida".

L'applicazione del tessuto è previsto con X WRAP PRIMER e con X WRAP RESIN, resine epossidiche bicomponenti ad alto potere impregnate e ad elevata adesione con le seguenti caratteristiche meccaniche:

	X WRAP PRIMER	X WRAP RESIN
Resistenza a compressione (EN 12190)	>40 MPa	>50 MPa
Forza di adesione (EN 12188)	>16 MPa	>16 MPa

d) Sistemi di ancoraggio di FRP in fibra aramidica o carbonio

Il sistema di tirantature interne dei singoli diaframmi di piano, presenti in ciascuna stanza dell'edificio, è realizzato con fasce al carbonio unidirezionali di larghezza 250 mm, collegate attraverso le murature interne ed ancorate alle murature esterne di facciata, mediante corde in fibra aramidica.

Come riferimento tipologico è stato assunto il prodotto Ruredil X JOINT abbinato a X WRAP RESIN per il collegamento con fasce al carbonio e con malte di inghisaggio a base di calce e ad alta resistenza tipo Basf Albaria Struttura (si richiede pertanto che le prestazioni del prodotto o dei prodotti

effettivamente posati in opera forniscano prestazioni equivalenti o superiori al prodotto di riferimento adottato).

La corda Ruredil X JOINT è costituita da un fascio di fibre al carbonio fornito nei diametri 6-10-12 mm, con le seguenti caratteristiche medie:

Tipo di fibra:	carbonio
Carico di rottura a trazione della fibra:	4800 MPa
Modulo elastico della fibra:	230 GPa
Densità fibra	1.82 g/cmc

L'applicazione tipica della corda (con impregnazione del fiocco su muratura mediante malta inorganica di natura pozzolanica Ruredil X JOINT INJECT) presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

Diametro della corda	Ø6	Ø10	Ø12
Tensione di rottura a trazione (MPa)	>900	>900	>900
Dilatazione di delaminazione per muratura (%)	0.84	0.84	0.84

6) Legnami

Gli elementi strutturali in legno presentano caratteristiche diversificate a seconda della loro forma produttiva e si possono individuare:

- legno strutturale massiccio
- legno strutturale con giunti a dita
- legno lamellare incollato
- pannelli a base di legno
- altri prodotti a base di legno

Inoltre si individuano:

- adesivi
- elementi meccanici di collegamento

Il riferimento normativo principale sono le NTC 2008 di cui al D.M. 14/01/2008, con particolare riferimento al capitolo 11 in cui vengono riportate le regole e procedure di qualificazione e classificazione dei materiali.

Importante riferimento sono inoltre le CNR-DT 206/2007 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle strutture di legno".

In generale l'identificazione e la qualificazione dei materiali deve essere effettuata secondo tre diverse casistiche:

- caso A) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata, il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della Marcatura CE;
- caso B) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la Qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme (Attestato di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici). Tutte le forniture devono essere accompagnate dall'attestato di Qualificazione e documentazione relativa alle caratteristiche tecniche del prodotto ed ogni elemento deve essere marchiato dal Produttore e rintracciabile;
- caso C) materiali e prodotti per uso strutturale innovativi o comunque non citati nel presente capitolo e non ricadenti in una delle tipologie A) o B). In tali casi il produttore potrà pervenire alla Marcatura CE in conformità a Benestare Tecnici Europei (ETA), ovvero, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

a) Legno strutturale massiccio

La produzione di elementi strutturali di legno massiccio a sezione rettangolare dovrà risultare conforme alla norma europea armonizzata UNI EN 14081 e recare la Marcatura CE (caso A) oppure dotati di Attestato di Qualificazione (caso B).

La classificazione può avvenire assegnando all'elemento una Categoria, definita in relazione alla qualità dell'elemento stesso con riferimento alla specie legnosa e alla provenienza geografica, sulla base di specifiche prescrizioni normative. Al legname appartenente a una determinata categoria, specie e provenienza, può essere assegnato uno specifico profilo resistente, utilizzando le regole di classificazione previste base nelle normative applicabili.

La Classe di Resistenza di un elemento è definita mediante uno specifico profilo resistente unificato, a tal fine può farsi utile riferimento alle norme UNI EN 338:2004 ed UNI EN 1912:2005, per legno di provenienza estera, ed UNI 11035:2003 parti 1 e 2 per legno di provenienza italiana.

Le strutture esistenti e nuove in legno massiccio sono state considerate in classe di resistenza C24 (NTC 2008) e in classe di servizio 2 ($k_{mod}=0.9$ e $k_{def}=0.8$ per carichi variabili di breve durata).

b) Legno strutturale con giunti a dita

In aggiunta a quanto prescritto per il legno massiccio, gli elementi di legno strutturale con giunti a dita devono essere conformi alla norma UNI EN 385:2003, e laddove pertinente alla norma UNI EN 387:2003.

Nel caso di giunti a dita a tutta sezione il produttore dovrà comprovare la piena efficienza e durabilità del giunto stesso, mediante prove eseguite in maniera da produrre gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il giunto sarà soggetto per gli impieghi previsti nella struttura.

Elementi in legno strutturale massiccio congiunti a dita non possono essere usati per opere in classe di servizio 3.

Non sono presenti elementi di questa tipologia.

c) Legno lamellare incollato

Gli elementi strutturali di legno lamellare incollato debbono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14080 e prodotti con marcatura CE.

Le dimensioni delle singole lamelle dovranno rispettare i limiti per lo spessore e l'area della sezione trasversale indicati nella norma UNI EN 386:2003.

I giunti a dita "a tutta sezione" devono essere conformi a quanto previsto nella norma UNI EN 387:2003.

I giunti a dita "a tutta sezione" non possono essere usati per elementi strutturali da porre in opera nella classe di servizio 3, quando la direzione della fibratura cambi in corrispondenza del giunto.

La classificazione dell'elemento strutturale in base alla propria resistenza può essere svolta secondo due diverse metodologie:

- in base delle proprietà delle lamelle: le singole lamelle vanno tutte individualmente classificate dal produttore come previsto al § 11.7.2. L'elemento strutturale di legno lamellare incollato può essere costituito dall'insieme di lamelle tra loro omogenee (elemento "omogeneo") oppure da lamelle di diversa qualità (elemento "combinato") secondo quanto previsto nella norma UNI EN 1194:2000.396. Nella citata norma viene indicata la corrispondenza tra le classi delle lamelle che compongono l'elemento strutturale e la classe di resistenza risultante per l'elemento lamellare stesso, sia omogeneo che combinato.

- in base a prove sperimentali: nei casi in cui il legno lamellare incollato non ricada in una delle tipologie previste dalla UNI EN 1194:2000, è ammessa l'attribuzione diretta degli elementi strutturali lamellari alle classi di resistenza sulla base di risultati di prove sperimentali, da eseguirsi in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 14080.

Le strutture esistenti in legno lamellare sono state considerate in classe di resistenza GL24h (NTC 2008) equivalente alla classe BS11 ((DIN 1052/96)) e in classe di servizio 2 ($k_{mod}=0.9$ e $k_{def}=0.8$ per carichi variabili di breve durata).

d) Pannelli a base di legno

I pannelli a base di legno per uso strutturale debbono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 13986 e prodotti con marcatura CE.

Per la valutazione dei valori caratteristici di resistenza e rigidezza da utilizzare nella progettazione di strutture che incorporano pannelli a base di legno, può farsi utile riferimento alle norme UNI EN 12369-1:2002 e UNI EN 12369-2:2005.

Non sono presenti elementi di questa tipologia.

e) Altri prodotti a base di legno

Gli altri prodotti derivati dal legno per uso strutturale, per i quali non vige l'obbligo di marcatura CE in quanto non soggetti a norma armonizzata Europea (caso A) o non è applicabile quanto specificato nel caso C), devono essere qualificati secondo quanto indicato nel caso B).

Non sono presenti elementi di questa tipologia.

f) Adesivi

Gli adesivi per usi strutturali devono produrre unioni aventi resistenza e durabilità tali che l'integrità dell'incollaggio sia conservata, nella classe di servizio assegnata, durante tutta la vita prevista della struttura.

Adesivi per elementi incollati in stabilimento, adesivi fenolici ed amminoplastici, devono soddisfare le specifiche della norma UNI EN 301:2006. La medesima norma viene applicata, in mancanza di norme specifiche, anche agli adesivi di natura chimica diversa.

Adesivi per elementi incollati in cantiere, in attesa di una specifica normativa europea, gli adesivi utilizzati in cantiere (per i quali non sono rispettate le prescrizioni di cui alla norma UNI EN 301:2006) devono essere sottoposti a prove in conformità ad idoneo protocollo di prova, per dimostrare che la

resistenza a taglio del giunto non sia minore di quella del legno, nelle medesime condizioni previste nel protocollo di prova.

Non sono presenti elementi di questa tipologia.

g) Elementi meccanici di collegamento

Per tutti gli elementi metallici che fanno parte di particolari di collegamento (metallici e non metallici, quali spinotti, chiodi, viti, piastre, ecc...) le caratteristiche specifiche verranno verificate con riferimento alle specifiche normative applicabili per la categoria di appartenenza.

Gli elementi di collegamento sono stati dimensionati sulla base dei dati forniti dal Produttore degli stessi in classe di servizio 2 ($k_{mod}=0.9$ e $k_{def}=0.8$ per carichi variabili di breve durata).

Il dimensionamento degli elementi strutturali ed i dispositivi meccanici di collegamento, è stata svolta sulla base delle indicazioni contenute nelle NTC 2008 e nelle CNR-DT 206/2007, a cui si rimanda per le specifiche. Per quanto attiene in particolare ai dispositivi ancoraggio mediante chiodi e viti per legno si è fatto particolare riferimento alla documentazione tecnica messa a disposizione dai Produttori di tali dispositivi (nella fattispecie Catalogo Viti e Catalogo Chiodi della Ditta Rothoblaas).

IL TECNICO

Ing. Luca Signorini