



Ente di gestione
delle aree protette dei
Parchi Reali

OGGETTO:

RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DELLA EX CENTRALINA IDROELETTRICA PER ATTIVITA' DI ACCOGLIENZA E OFFERTA TURISTICA

ENTE APPALTANTE :

Ente di Gestione delle Aree Protette dei Parchi Reali

Sede legale viale C. Emanuele II, 256 - 10078 Venaria Reale (To) - 011.4993328

partita IVA e c.f. 01699930010 <http://www.parchireali.it> - protocollo@parchireali.to.it - parchireali@legalmail.it

PROGETTISTA :

RTP:

- **arch. LUIGI UMBERTO CASETTA** - via Matteotti, 49 - 10068 Villafranca Piemonte (To)
CSTLMB64M14G674V - 348.7941024 - cst@xero.it - PEC luigicasetta@architettitorinopec.it
- **ing. ALESSANDRO GRAZZINI** - via Avigliana, 21 - 10100 Torino
GRZLSN76L19L219W - 347.9800918 - ing.alessandrograzzini@gmail.com - PEC alessandro.grazzini@ingpec.eu
- **ing. MARCO BAVA** - via Avigliana, 21 - 10100 Torino
BVAMRC73H20L219S - 329.9849034 - bava@bging.it - PEC marco.bava@ingpec.eu



RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

dott.sa STEFANIA GRELLA - Ente di Gestione delle Aree Protette dei Parchi Reali

UBICAZIONE EDIFICIO:

Parco della Mandria - Venaria Reale (To) - NCT : Foglio 14 mapp. n. 5

ELABORATO:

RELAZIONE SUI MATERIALI STRUTTURALI

Elab / TAV. n.

ST 4.1

data : ottobre 2024

rev 01:

rev 02:

scale :

Livello di progettazione:

ESECUTIVO

Ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018 e Circolare 21/02/2019 n. 7, i materiali strutturali da utilizzare negli interventi strutturali in fondazione sono essenzialmente **calcestruzzi, acciaio d'armatura e resine epossidiche**.

Il calcestruzzo utilizzato in opera sarà di tipo normale avente massa volumica, dopo essiccazione a 105 °C, compresa fra 2000 e 2600 kg/mc. Dovrà essere garantita, unitamente alla resistenza, la durabilità delle strutture in conglomerato cementizio. Pertanto, nel caso di calcestruzzi a "prestazione garantita" (UNI EN 206-1), dovranno essere rispettate anche le prescrizioni relative alla composizione ed alle caratteristiche del conglomerato fresco ed indurito, nonché quant'altro esplicitamente o implicitamente contenuto nella documentazione tecnica di progetto. Per i soli calcestruzzi di sottofondazione (indicati anche come "magroni"), è possibile produrre miscele a dosaggio con $R_{ck} \geq 15$ N/mm². I materiali impiegati per il confezionamento del calcestruzzo sono: aggregato di inerti (sabbia e ghiaia o pietrisco), pasta di cemento (cemento e acqua) ed eventuali additivi. Tali materiali dovranno rispettare quanto indicato nelle normative di riferimento sopra elencate.

Durabilità - Vista la collocazione delle opere e le sue caratteristiche costruttive, nonché la situazione ambientale nella quale si troverà a svolgere la sua funzione, si ritiene opportuno assegnare al conglomerato ai sensi delle UNI 11104 e UNI EN 206-1 la classe di esposizione – XC2 in quanto abbiamo un ambiente di esposizione del tipo bagnato, raramente secco essendo strutture di fondazione e strutture contenenti liquidi. Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si richiamano le indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Classe di consistenza -

Saranno utilizzabili calcestruzzi con le seguenti classi di consistenza misurata con la prova di abbassamento del cono di Abrams, secondo la norma UNI EN 12350-2.

Classe	Abbassamento (mm)	Utilizzo	Prescrizioni
S2	50 - 90	magroni – getti con particolare pendenza	Carico ridotto Non pompabile
S3	100 – 150	muri – solai – fondazioni	Pompabile
S4	160 – 210	solai – platee	Pompabile

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto, ed al procedimento di posa in opera

del conglomerato. Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo anche conto dell'acqua contenuta negli inerti. Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua/cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

Aggregati di inerti - Si utilizzeranno aggregati di massa volumica normale compresa fra 2000 e 3000 kg/mc. Gli inerti in genere dovranno corrispondere ai requisiti prescritti dalla normativa vigente e dalle UNI EN 12620. Dovrà essere attentamente analizzata la possibilità di insorgenza di reazioni tipo "ASR" (alcalisilice), prendendo tutti i provvedimenti e le precauzioni indicate nella UNI EN 206-1, nella UNI 8520/22:2002 e nella UNI 8981-8:1999.

Cementi - I cementi devono rispettare le norme, le indicazioni, le caratteristiche e le prescrizioni contenute nella UNI EN 197/01 e nelle normative Legge 26/05/1965 n. 595 e DM 03/06/1968 "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi". CEMENTO: Tipo 32.5 R o 42.5 R.

Acqua - L'acqua di impasto dovrà ottemperare alle prescrizioni della UNI EN 1008:2003 o presentare, in alternativa, un tenore di sali disciolti minore dello 0.2% in peso. Per le acque non provenienti dai normali impianti di distribuzione di acqua potabile, si dovrà stabilirne l'idoneità mediante gli esami necessari per rilevare la presenza di sostanze con influenza negativa sui fenomeni di presa e indurimento del calcestruzzo, nonché sulla durabilità. L'acqua dovrà essere comunque limpida, incolore, inodore e sotto agitazione non dovrà dare luogo a formazione di schiume persistenti.

Additivi - Gli additivi dovranno corrispondere alle prescrizioni delle UNI 7110:1972, UNI EN 934-2:2002, UNI 10765:1999, UNI EN 480-8:1998, UNI EN 480-10:1998. Gli additivi eventualmente utilizzati dovranno migliorare e potenziare le caratteristiche finali dei manufatti ed essere impiegati secondo le precise prescrizioni del produttore che dimostrerà, con prove di un Laboratorio Ufficiale da sottoporre al giudizio del Direttore dei Lavori, di rispondere ai requisiti richiesti ed alle disposizioni vigenti.

Casseri - Se in legno saranno muniti di paraspigoli e bagnati fino a totale saturazione e dovranno risultare particolarmente rigidi.

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività. L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

L'impasto, quando non esplicitamente indicato, si intende dotato di almeno 16 cm di slump misurato al cono di Abrams come da normativa.

Getto - A strati successivi dello spessore di 15 cm ed altezza di caduta minore di 2 metri. Nel caso di impiego di vibratori meccanici il loro utilizzo sarà limitato alla sola costipazione e compattazione del getto. L'operazione di getto dovrà compiersi prima che inizi il processo di presa che mediamente avviene dopo 2 ore la preparazione per temperature $t = 15 \div 20$ °C. Il conglomerato comunque non verrà posto in opera a temperature inferiori ai 0 °C, salvo il ricorso ad additivi antigelo o ad opportune precauzioni quali il riscaldamento dell'acqua di impasto o degli inerti. Il getto deve avvenire in maniera tale che il conglomerato possa avvolgere perfettamente le armature metalliche e riempire completamente le casseforme. Per evitare segregazione nell'effettuare il riempimento dei casseri con versamento da una certa altezza, rimpasto dovrà essere guidato in modo da sboccare verticalmente a poca altezza sul livello del getto e alla massima distanza possibile dalle pareti delle casseforme.

Disarmo - Non prima delle 48 ore per le sponde dei casseri di travi e pilastri; 15 giorni per sostegni provvisori (puntelli) di solette e travi.

Calcestruzzo - Il calcestruzzo potrà essere confezionato con processo industrializzato in uno stabilimento esterno o in cantiere secondo quanto indicato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018 al paragrafo 11.2 e nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale edita dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004; si indicano le seguenti caratteristiche del calcestruzzo in funzione delle caratteristiche statiche e di esposizione ambientale richieste:

Calcestruzzo strutture di elevazione:

- classe di resistenza C25/30
- $R_{ck} \geq 30$ MPa (300 kg/cmq)
- classe di esposizione XC2 (UNI EN 206-1 UNI 11104)
- rapporto a/c max 0,60
- dosaggio minimo cemento 300 kg/mc
- classe di consistenza S4 (UNI 9418)
- diametro massimo aggregato 30 mm

- copriferro C = 45 mm

Calcestruzzo strutture in fondazione:

- classe di resistenza C28/35

- $R_{ck} \geq 35 \text{ MPa}$ (350 kg/cmq)

- classe di esposizione XC2 (UNI EN 206-1 UNI 11104)

- rapporto a/c max 0,60

- dosaggio minimo cemento 300 kg/mc

- classe di consistenza S4 (UNI 9418)

- diametro massimo aggregato 25 mm

- copriferro C = 30 mm

Caratteristiche meccaniche di progetto del calcestruzzo:

Classe NTC 2018 (EC2 - UNI EN 206-1:2006) C25/30

Resistenza caratteristica a compressione cubica $R_{ck} = 30,0 \text{ Mpa}$

Resistenza caratteristica a compressione cilindrica $f_{ck} = 24,9 \text{ Mpa}$

Coefficiente di sicurezza del cls. $\gamma_c = 1,50$

Coefficiente per i carichi di lunga durata $\alpha_{cc} = 0,85$

Resistenza a compressione di calcolo ($s \geq 5 \text{ mm}$) $f_{cd} = 14,11 \text{ Mpa}$

Resistenza media a trazione assiale ($C \leq C50/60$) $f_{ctm} = 2,56 \text{ Mpa}$

Resistenza caratteristica a trazione assiale (frattile 5%) $f_{ctk,0.05} = 1,79 \text{ Mpa}$

Resistenza di calcolo a trazione assiale ($s \geq 5 \text{ mm}$) $f_{ctd} = 1,19 \text{ Mpa}$

Modulo di elasticità secante ($\sigma=0 \text{ } \sigma=0.4f_{cm}$) $E_{cm} = 31447 \text{ Mpa}$

Modulo di Poisson $\nu = 0,20$

Modulo di elasticità tangenziale $G_c = 13103 \text{ Mpa}$

Tensione max per comb. rara ($s \geq 5$ mm) $\sigma_{c,rara} = 14,9$ Mpa

Tensione max per comb. quasi permanente ($s \geq 5$ mm) $\sigma_{c,qp} = 11,2$ Mpa

Classe NTC 2018 (EC2 - UNI EN 206-1:2006) C28/35

Resistenza caratteristica a compressione cubica $R_{ck} = 35,0$ Mpa

Resistenza caratteristica a compressione cilindrica $f_{ck} = 29,0$ Mpa

Coefficiente di sicurezza del cls $\gamma_c = 1,50$

Coefficiente per i carichi di lunga durata $\alpha_{cc} = 0,85$

Resistenza a compressione di calcolo ($s \geq 5$ mm) $f_{cd} = 16,43$ Mpa

Resistenza media a trazione assiale ($C \leq C50/60$) $f_{ctm} = 2,83$ Mpa

Resistenza caratteristica a trazione assiale (frattile 5%) $f_{ctk,0.05} = 1,98$ Mpa

Resistenza di calcolo a trazione assiale ($s \geq 5$ mm) $f_{ctd} = 1,32$ Mpa

Modulo di elasticità secante ($\sigma=0$ $\sigma=0.4$ fcm) $E_{cm} = 32575$ Mpa

Modulo di Poisson $\nu = 0,20$

Modulo di elasticità tangenziale $G_c = 13573$ Mpa

Tensione max per comb. rara ($s \geq 5$ mm) $\sigma_{c,rara} = 17,4$ Mpa

Tensione max per comb. quasi permanente ($s \geq 5$ mm) $\sigma_{c,qp} = 13,1$ Mpa

Prove di accettazione in cantiere - Secondo quanto indicato dalle attuali norme (D.M. 2018). Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera ed alla presenza del Direttore dei Lavori o di persona di sua fiducia, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini. La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo" che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo. Il prelievo non viene accettato se la differenza fra i valori di resistenza dei due provini supera il 20% del valore inferiore; in tal caso si applicano le procedure di cui al §11.2.5.3.

È obbligo del Direttore dei Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo tutte le

volte che variazioni di qualità e/o provenienza dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso, tale da non poter più essere considerato omogeneo.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2012 e UNI EN 12390-2:2009. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2009 e UNI EN 12390-4:2002.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della massa volumica vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390- 7:2009.

Il controllo di accettazione è eseguito dal Direttore dei Lavori su ciascuna miscela omogenea e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A di cui al § 11.2.5.1;
- controllo di tipo B di cui al § 11.2.5.2.

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla Tab. 11.2.I seguente:

Tab. 11.2.I

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_{c,min} \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_{cm28} \geq R_{ck} + 3,5$ (N° prelievi: 3)	$R_{cm28} \geq R_{ck} + 1,48 s$ (N° prelievi ≥ 15)

Ove: R_{cm28} = resistenza media dei prelievi (N/mm²); $R_{c,min}$ = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm²);
s = scarto quadratico medio

Nelle opere in oggetto si prevedono quantitativi di miscela omogenea non superiori ai 300 mc, pertanto si prescrive il controllo di tipo A:

Ogni controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 mc ed è costituito da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 mc di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 mc massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Nelle costruzioni con meno di 100 mc di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

Acciaio d'armatura.

L'acciaio da utilizzare deve provenire da uno stabilimento qualificato e deve essere controllato in stabilimento secondo le procedure descritte dalle norme tecniche (NTC 2018 paragrafo 11.3). Deve quindi essere sempre marchiato ed accompagnato dalla relativa documentazione, in particolare:

- dichiarazione di conformità CE o attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale riportanti un timbro in originale e almeno la data di spedizione ed il destinatario;
- documento di trasporto che indichi lo stabilimento di provenienza, le dimensioni, il tipo, la quantità ed il destinatario.

Nel caso di acciaio lavorato in centri di trasformazione questi ultimi sono tenuti ad effettuare i controlli previsti nelle Norme Tecniche e ad accompagnare la fornitura in cantiere con:

- documento di trasporto con dichiarazione degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal direttore tecnico del centro di trasformazione, con indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata.

Prescrizioni dell'acciaio per le barre di armatura e reti elettrosaldate:

Classe NTC 2018 B450C barre di armatura

- Resistenza caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 540,0 \text{ MPa}$
- Resistenza caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 450,0 \text{ MPa}$
- Coefficiente di sicurezza dell'acciaio $\gamma_s = 1,15$
- Tensione di calcolo a snervamento $f_{yd} = 391,3 \text{ MPa}$
- Modulo di elasticità di progetto $E_s = 206000 \text{ MPa}$
- Deformazione a snervamento dell'acciaio $\epsilon_{yd} = 0,0019$
- Rapporti di sovrarresistenza $1.15 \leq (f_t/f_y)_k \leq 1.35$; $(f_y/f_{ynom})_k \leq 1.25$
- Allungamento $(A_{gt})_k \geq 7.5 \%$
- Saldabilità e tenore di Carbonio secondo quanto indicato nelle NTC 2018

Prove di accettazione in cantiere - Controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori per tutti i tipi di acciaio (per le opere in calcestruzzo armato e per le opere in carpenteria metallica). Nel caso degli acciai da calcestruzzo armato i controlli di accettazione in cantiere devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale. Essi devono essere eseguiti in ragione di 3 campioni ogni 30 t di acciaio impiegato della stessa classe proveniente dallo stesso stabilimento o Centro di trasformazione, anche se con forniture successive.

Ogni controllo è costituito da 1 prelievo, ciascuno costituito da 3 campioni di uno stesso diametro sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento nonché la stessa classe di acciaio.

Qualora non si raggiungano le quantità sopra riportate deve essere effettuato almeno un controllo per ogni giorno di lavorazione.

Tutte le prove suddette, che vanno eseguite dopo le lavorazioni e le piegature, devono riguardare la resistenza, l'allungamento, il piegamento e l'aderenza.

I risultati delle prove devono essere conformi a quanto indicato nella Tabella seguente.

Tab. 11.3.VI a) – Valori di accettazione nei centri di trasformazione – barre e rotoli dopo la raddrizzatura

Caratteristica	Valore limite	Note
f_y minimo	425 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
f_y massimo	572 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
A_{gt} minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
A_{gt} minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
f_t / f_y	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
f_t / f_y	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento / Raddrizzamento	Assenza di cricche	per acciai B450A e B450C
f_t / f_p	per 5 mm ≤ Ø ≤ 6 mm ≥ 0.035 per 6 mm ≤ Ø ≤ 12 mm ≥ 0.040 per Ø ≥ 12 mm ≥ 0.056	per acciai B450A e B450C provenienti da rotolo

Resine epossidiche.

La resina scelta per l'intervento in oggetto viene classificata come resina mediamente espandente, dato che essa sviluppa pressioni di rigonfiamento dell'ordine di 1.5 Mpa in condizioni di elevato confinamento (densità finale $\gamma = 1100 \text{ kg/m}^3$),

Ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018 e Circolare 21/02/2019 n. 7, i materiali strutturali da utilizzare negli interventi di consolidamento e riduzione del rischio sismico

dell'edificio denominato Ex Centralina Idroelettrica sono:

- **Barre elicoidali in acciaio inox** AISI 316 per le cuciture dei quadri fessurativi, che dovrà avere le seguenti minime caratteristiche: diametro nominale 10-12 mm, durezza 215, carico di rottura a trazione $> 28,3$ kN, carico di rottura a taglio > 17 kN, modulo elastico > 150 Gpa, area nominale $29,8 \text{ mm}^2$, allungamento dopo rottura $> 3\%$, resilienza > 60 J.
- **Acciaio per carpenterie classe S275 J0** (Fe430 C) conforme a D.M. 14/01/2008; carico di snervamento $f_{yk} > 275$ Mpa; carico a rottura $f_{tk} > 430$ Mpa; resilienza KV minima per spessori fino a 100 mm 27J a $+0^\circ\text{C}$ per acciaio J0; il trattamento superficiale dovrà essere concordato con la D.L. e dovrà in generale prevedere la zincatura e la verniciatura.

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+, e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del § 11.1 delle N.T.C.. Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali $f_y = R_eH$ e $f_t = R_m$ riportati nelle relative norme di prodotto. Per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE, si rimanda a quanto specificato al punto B del §11.1 delle N.T.C. e si applica la procedura di cui al § 11.3.4.11. 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 377:1999, UNI 552:1986, EN 10002-1:2004, UNI EN 10045-1:1992 In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale: modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$ modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$ coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$ coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ per $^\circ\text{C}^{-1}$ (per temperature fino a 100°C) densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed 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 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta Tabella 11.3.X - Laminati a caldo con profili a sezione cava.

- **acciaio per piastre:** inox AISI 304L o 316L, classe di resistenza non inferiore a S275 (Fe430);

- **acciaio per legature** inserite nei giunti: barre inox AISI 304 o 316 ad aderenza migliorata B450C;
- **bulloni:** acciaio inox A2 (o A4) classe di resistenza C80 secondo UNI 7323 parte 8;
- **inghisaggi:** acciaio inox A2 (o A4) classe di resistenza C50 secondo UNI 7323 parte 8;
- **finitura superficiale delle parti in acciaio a vista:** pallinatura e/o verniciatura (da concordare con la D.L. e la Soprintendenza mediante campionature).
- **Mattoni pieni** (secondo D.M. 14/01/2008): $f_{bk} \geq 5$ MPa (nella direzione portante) $f_{bk} \geq 1,5$ MPa (nella direzione perpendicolare a quella portante)
- **Malta di allettamento:** M5 (secondo D.M. 14/01/2008) Oltre alle caratteristiche meccaniche indicate, per le murature è richiesto:
- **Malta per scuci-cuci e stilature strutturali:** Malta di calce idraulica naturale NHL 3.5/5 secondo EN 459-1 classificata M5 secondo UNI EN 998-2. In zone critiche particolarmente sollecitate potrà essere richiesto l'utilizzo di malta di calce M10 o M15.
- **Malta a ritiro nullo** o leggermente espansiva NHL - Resistenza a Compressione 28gg (MPa) 15, Modulo Elastico 28 gg (MPa) 10.000.
- **Mattoni per scuci-cuci e ricostruzioni:** mattoni pieni antichi di recupero o su autorizzazione della D.L. mattoni pieni fatti a mano (tecnologia a pasta molle). Finitura superficiale con malta di calce naturale giudicata idonea dalla D.L. e dalla Soprintendenza previa esecuzione di campionature.
- **Inghisaggio** delle legature trasversali e comunque delle barre di ancoraggio inserite entro perforazioni con malta tipo "Tassullo FEN-X/B" o "Albaria Iniezione" o equivalente. Per applicazioni particolari e limitate la D.L. potrà autorizzare l'utilizzo di resina epossidica (es. tipo Hilti RE500 o equivalente).
- **Tessuto in acciaio zinco galvanizzato** con le seguenti caratteristiche: resistenza funi: modulo elastico a trazione: > 200 GPa; allungamento a trazione dell'acciaio: 0,88%; diametro treccia: 1 mm; peso acciaio: 650 g/mq; spessore equivalente: 0,083 mm; trama metallica in filo di acciaio flessibile; carico massimo per unità di larghezza: 223,57 N/ mm; corde fioccate realizzate con il medesimo tessuto.

- **Rinforzo con materiali fibrorinforzati (FRP).** Il sistema di rinforzo strutturale CFRP (Carbon fiber-reinforced plastics) prevede generalmente l'utilizzo di fibre di carbonio annegate in una matrice costituita da resina epossidica conforme alla norma UNI EN 1504-4.

Il sistema, applicato sulla superficie opportunamente pulita e trattata con un primer per migliorarne l'adesione, deve risultare efficace e adatto alle differenti geometrie degli elementi strutturali. Il sistema a barre invece non prevede l'impiego delle resine sopra descritte.

Le tipologie di rinforzo CFRP usualmente utilizzate possono identificarsi nei seguenti sistemi:

- il Sistema a Barre costituito da barre pultruse di carbonio per la riparazione di elementi in calcestruzzo, legno e muratura. Le fibre scelte devono essere in carbonio ad alta resistenza ed in carbonio ad alto modulo elastico. Il sistema così composto può essere abbinato ai ripristini strutturali con l'uso di malte o resine dedicate.
- il Sistema a Lamine costituito da piattine di carbonio e da resina in pasta epossidica. Il sistema è tarato per la messa in opera rapida del rinforzo. Le resine devono essere particolarmente indicate per interventi di rasatura e di incollaggio e dotate di buona lavorabilità, riducendo al minimo la tempistica necessaria al rinforzo.
- il Sistema a Fibre costituito da tessuti e da una resina impregnante di tipo epossidico, dotata di una adeguata viscosità per permettere la corretta impregnazione dei tessuti. Affinchè l'adesione al supporto possa essere perfetta, deve essere eseguita una corretta preparazione del supporto stesso. Questo sistema deve ottimizzare al massimo il quantitativo di fibra presente sulla struttura e risultare versatile per realizzare rinforzi in più direzioni. Alcuni sistemi a fibre possono essere applicabili con resine epossidiche o con malte cementizie. Per propria natura i prodotti FRP sono anisotropi e tendenzialmente elastici lineari in trazione fino a rottura. Contrariamente all'acciaio non sono duttili, nè plastici. Nella loro applicazione quindi non devono essere sottoposti a compressione; le fibre non devono essere tagliate o forate. Ulteriori caratteristiche da tenere presenti infatti, sono:

- 1) che non esiste trasferimento tensionale tra una fibra posta in direzione longitudinale ed un'altra posta nella direzione trasversale;
- 2) tutti i prodotti FRP non possono essere saldati tra loro. Il collegamento tra uno strato e l'altro avviene esclusivamente mediante una resina.

- **Lamina poltrusa in fibra di carbonio** con le seguenti caratteristiche: resistenza meccanica a rottura valore medio: 3095,5 MPa; resistenza meccanica a rottura valore caratteristico: 2759

MPa; modulo elastico: 159 GPa; allungamento rottura a trazione: 1,76 %. Il sistema di rinforzo così realizzato sarà in classe di resistenza 150/2300C, modulo elastico > 150 GPa, resistenza caratteristica a trazione > 2300 MPa e risulterà in possesso di CIT, ai sensi del punto 11.1, caso C, delle NTC 2008, secondo le procedure di qualificazione dei sistemi di rinforzo realizzati in situ al punto 5.2 delle *“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”*.

– **Legno massiccio C24 (UNI EN 338)**

Tensione caratteristica a flessione (f_{mk}) 24 N/mm²

Tensione caratteristica a trazione parallela alle fibre (f_{t0k}) 14 N/mm²

Tensione caratteristica a trazione perpend. alle fibre (f_{t90k}) 0,5 N/mm²

Tensione caratteristica a compressione parallela alle fibre (f_{c0k}) 21 N/mm²

Tensione caratteristica a compressione perpend. alle fibre (f_{c90k}) 2,5 N/mm²

Tensione caratteristica a taglio (f_{vk}) 2,5 N/mm²

Modulo di elasticità parallelo alle fibre medio (E_{0mean}) 11 KN/mm²

Modulo di elasticità parallelo alle fibre ($E_{0,05}$) 7,4 KN/mm²

Modulo di elasticità perpend. alle fibre medio (E_{90mean}) 0,37 KN/mm²

Modulo di taglio medio (G_{mean}) 0,69 KN/mm²

Massa volumica (ρ_k) 350 Kg/m³

Ing. Alessandro Grazzini

A circular professional stamp for Alessandro Grazzini, an Engineer (Ingegnere) in the Province of Pisa. The stamp contains the text: "INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PISA", "Dott. Ing. ALESSANDRO GRAZZINI", and "N. 116678 Y". To the right of the stamp is a handwritten signature.

